

# Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Zumpango, Estado de México, 2014.

*Entrega Final*



ZUMPANGO  
ESTADO DE MÉXICO  
AYUNTAMIENTO 2013 - 2015



Fecha: 31 de diciembre de 2014  
Entrega Final  
Número de obra: 415120PP003177  
Municipio de Zumpango, Estado de Mexico.

EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.  
Av. Paseo de la Reforma No. 42, Piso 1, Oficina A, Colonia Centro.  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, 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.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción .....	4
1.1. Introducción .....	4
1.2. Antecedentes .....	4
1.3. Objetivo .....	5
CAPÍTULO II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica .....	8
2.1. Localización y determinación de la zona de estudio .....	8
2.2. Barrios y Colonias .....	8
2.3. Niveles de análisis y escalas de representación cartográfica .....	9
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural .....	11
3.2. Geomorfología .....	11
3.3. Geología .....	13
3.4. Edafología .....	14
3.5. Hidrografía .....	15
3.6. Cuencas y Sub-cuencas .....	16
3.7. Clima .....	16
3.8. Uso de suelo y vegetación .....	17
3.9. Áreas naturales protegidas .....	18
3.10. Problemática ambiental .....	18
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos .....	19
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, pirámide de edades, mortalidad, densidad de población. ....	19
4.2. Características sociales (escolaridad, hacinamiento, población con discapacidad, marginación, pobreza) .....	24
4.3. Principales actividades económicas en la zona .....	29
4.4. Características de la población económicamente activa .....	29
4.5. Reserva territorial .....	29
CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural .....	30
5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico .....	30
5.1.1 Erupciones volcánicas .....	30
5.1.2. Sismos .....	37
5.1.3 Tsunamis .....	43
5.1.4 Inestabilidad de laderas .....	44
5.1.5 Flujos .....	46

5.1.6 Caídos y derrumbes .....	47
5.1.7 Hundimientos.....	47
5.1.8 Subsistencia.....	49
5.1.9 Agrietamientos .....	49
5.2. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico.....	49
5.2.1 Ondas cálidas y gélidas.....	50
5.2.2 Sequías .....	53
5.2.3 Heladas.....	53
5.2.4 Tormentas de granizo.....	55
5.2.5 Tormentas de nieve .....	59
5.2.6 Ciclones tropicales.....	60
5.2.7 Tornados .....	61
5.2.8 Tormentas de polvo.....	61
5.2.9 Tormentas eléctricas.....	62
5.2.10 Lluvias extremas.....	64
5.2.11 Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres .....	67
CAPÍTULO VI. Obras de mitigación .....	80
CAPÍTULO VII. Anexo.....	83
7.1. Glosario de Términos.....	83
7.2. Bibliografía.....	87
7.3. Cartografía Empleada .....	90
7.4. Fichas de campo .....	90
7.5. Memoria Fotográfica .....	90
7.6. Peligros Antropogénicos.....	90
7.7. Nombre de la consultoría y personas que elaboran el atlas.....	90
CAPÍTULO VIII. Metadatos.....	90

## CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción

### 1.1. Introducción

El Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Zumpango, Estado de México, que integra el presente trabajo, se deriva del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH), a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). En las Reglas de este programa el municipio se encuentra catalogado como de Alto Riesgo, por lo cual resulta relevante generar el Atlas de Riesgos integrado dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG), con criterios y formatos homologados, que sirva como herramienta para la toma de decisiones en la Gestión Integral de Riesgos que ha venido desarrollando el municipio.

El diagnóstico es el preámbulo de una buena planeación, por lo que *la mejor estrategia para reducir el impacto de los riesgos es la prevención*, la cual precisa de la percepción de la existencia de un fenómeno peligroso, de la estimación de la susceptibilidad o peligrosidad, de la evaluación de la vulnerabilidad y su reducción, así como la adopción de medidas para mitigar los efectos. Una fase fundamental en la prevención de riesgos naturales, es su identificación y caracterización, lo cual usualmente se expresa de forma cartográfica mediante la zonificación del territorio. Este último concepto tiene su mayor expresión en un Atlas de Riesgos, concebido como una herramienta básica que permite orientar políticas y programas de:

- Protección Civil (mitigación, prevención, atención de emergencias, difusión y capacitación).
- Desarrollo urbano y Ordenamiento territorial (normatividades, planes de desarrollo urbano, atención y gestión de riesgo en zonas de asentamientos irregulares).
- Regularización de vivienda y reubicación de asentamientos.
- Normatividad y cumplimiento de Programas Internos de Protección Civil.
- Aseguramiento de infraestructura.

El Atlas de Riesgos Naturales permitirá al municipio de Zumpango, hacer un mejor uso del suelo y orientar políticas de ordenamiento urbano, donde determine la aptitud del terreno y sus posibles riesgos. Asimismo, los resultados de este estudio, deben involucrar a todos los niveles de gobierno, medios de comunicación, y a los habitantes del municipio, para que el manejo y la comprensión de la información con respecto a los riesgos, permita reducir significativamente su impacto.

### 1.2. Antecedentes

En lo referente a los peligros geológicos, a lo largo del tiempo se han manifestado fisuras y cambios dentro de la Laguna de Zumpango, al igual que en los terrenos con fallas, deslizamientos y sus efectos pueden reflejarse en el daños a la infraestructura, servicios y actividades económicas.

Respecto a los riesgos hidrometeorológicos, las intensas lluvias han afectado la población considerablemente, provocando inundaciones, que repercuten en la vida cotidiana de la personas y de igual modo en la salud de ellas.

Algunas afectaciones históricas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Afectaciones históricas.

REFERENCIA	FECHA	CAUSAS O AFECTACIONES
<b>El Universal</b> Sequía en Laguna de Zumpango preocupa a vecinos <a href="http://www.eluniversaledomex.mx/otros/sequia-en-laguna-de-zumpango-preocupa-a-vecinos.html">http://www.eluniversaledomex.mx/otros/sequia-en-laguna-de-zumpango-preocupa-a-vecinos.html</a>	22 de junio del 2013	El Santuario del Agua Laguna de Zumpango está en ruinas. Dos fisuras provocaron la pérdida de 12 millones de metros cúbicos en 20 días y actualmente sólo alberga tres millones de metros cúbicos, cuando su nivel óptimo son 80 millones de metros cúbicos.
<b>Global México</b> Laguna Contaminada <a href="http://www.global-mexico.com/home/editorial/183-laguna-de-zumpango-lago-de-zumpango-contaminacion-zumpango-mexico">http://www.global-mexico.com/home/editorial/183-laguna-de-zumpango-lago-de-zumpango-contaminacion-zumpango-mexico</a>	11 de Mayo del 2012	El santuario Ecológico "Laguna de Zumpango", que entre los meses septiembre y febrero recibe más de 55 mil aves migratorias provenientes del norte del continente Americano, está en grave peligro debido a que al vaso regulador le llegan aguas altamente contaminadas provenientes del Emisor Poniente, las cuales contienen metales pesados altamente cancerígenos entre otros elementos tóxicos.
<b>Hoy Estado de México</b> Laguna de Zumpango, en riesgo de desaparecer <a href="http://www.hoyestado.com/nota.html?ver=11057">http://www.hoyestado.com/nota.html?ver=11057</a>	20 de Abril del 2013	Bolaños manifestó que de los 100 millones de metros cúbicos de capacidad que tiene la laguna actualmente almacena 30, por lo que si las autoridades municipales y estatales no implementan acciones inmediatas para su cuidado y preservación, entre ellas la inyección de 15 millones de litros de manera urgente, en tres o cuatro meses podría desaparecer.
<b>El Universal</b> Fisuras amenaza laguna de Zumpango <a href="http://www.eluniversaledomex.mx/otros/fisuras-amenaza-laguna-de-zumpango.html">http://www.eluniversaledomex.mx/otros/fisuras-amenaza-laguna-de-zumpango.html</a>	23 de junio del 2013	Conagua debe localizar y reparar las fisuras en la cuenca, pues de lo contrario el líquido seguirá filtrándose al subsuelo
<b>El Universal</b> Sequía en laguna de Zumpango <a href="http://www.eluniversaledomex.mx/otros/sequia-en-laguna-de-zumpango-preocupa-a-vecinos.html">http://www.eluniversaledomex.mx/otros/sequia-en-laguna-de-zumpango-preocupa-a-vecinos.html</a>	22 de junio del 2013	El ecologista mencionó que el agua se ha ido por las fisuras con peces y basura, lo que contamina el subsuelo y probablemente los mantos freáticos de la zona.
<b>La Prensa</b> Reportan inundaciones severas en Zumpango y Tecámac, Edo. Mex. <a href="http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3042775.htm">http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3042775.htm</a>	5 de julio del 2013	Severas inundaciones y encharcamientos fue el resultado de la intensa lluvia que se registró en Zumpango.

Algunas zonas catalogadas como de riesgo, en el 2002, según la Dirección de Protección Civil del Municipio de Zumpango son:

COMUNIDAD	FENÓMENO	RIESGO IDENTIFICADO
Col. Hornos, Col. Independencia	Morfoedafológico	Inundación Pluvial y desbordamiento de río
Parte de San Pedro y San Marco	Morfoedafológico	Inundación Pluvial
Barrios de San Marco	Geológico	Zona de minas naturales (hundimientos).
San Bartolo		Almacenamiento de Gas
Cuatlalpan, San Pedro y San Juan Zitlaltepec	Social	(incompatibilidad de uso de suelo).
Barrio de San Marcos, San Juan Zitlaltepec, Cuevas, San Bartolo Cuatlalpan y San Juan	Plagas	Enjambre de abejas
Zonas agrícolas	Social	Incendios provocados no controlados
Margen del Río Las Avenidas de Pachuca	Morfoedafológico/ Geológico	Suelos inundables e inestables
Barrio de San Miguel	Hidrometeorológico	Inundación(época de lluvias) Causa: desbordamiento del río Las Avenidas de Pachuca
Margen de la Carretera a Cuatitlán	Social	Manejo de material explosivo

Documentos que sirven como antecedente al presente estudio, son:

- Atlas 2013, del Municipio de Zumpango, acorde a los requerimientos de la Dirección General de Protección Civil del Estado de México.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local, SEMARNAT, 2010.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano.

### 1.3. Objetivo

Elaborar **el Atlas de Riesgos Naturales y Antropogénicos del Municipio de Zumpango**, a fin de detectar, clasificar y zonificar las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos perturbadores de origen natural que impacten al territorio municipal. Adicionalmente, se realizará el análisis de los peligros antropogénicos, contemplando las amenazas de origen socio-organizativo, químico-tecnológico y sanitario ambientales.

Se analizarán a detalle los **fenómenos naturales perturbadores que tengan relevancia** dentro del territorio municipal y se delimitarán las zonas de peligro y riesgo, a escala municipal y local, permitiendo visualizar la información con un mayor detalle. El riesgo será determinado tomando como base información de INEGI. 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. El Atlas de Peligros y Riesgos será una herramienta estratégica *que fortalecerá las políticas de planeación urbana, ordenamiento territorial así como estrategias de prevención y mitigación*, que ha venido llevando a cabo el Municipio de Zumpango.

#### 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 y adiestramiento y perfeccionamiento de protocolos de respuesta.

#### 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. Se integrará la información relevante con que cuente el municipio, misma que será integrada en el Atlas de Riesgos para su consulta, manipulación, análisis y actualización.

#### Metodología

Los análisis que integran este documento, se apegan de manera específica 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, 2014"** (BEEAR), emitidos por la SEDATU. Asimismo, se consideran de manera general, 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 el municipio.
- 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, CONAPO).
- 6) Estimación del riesgo por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos.
- 7) Recomendaciones para la mitigación.

### **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.

Trabajo de campo:

- 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**

No aplica, debido a que no se localizan o identifican afloramientos rocosos con relieve sobreescarpado dentro del municipio.

#### **7. HUNDIMIENTOS**

Cartografía de hundimientos. Levantamiento en campo de las zonas afectadas, determinando tipo de hundimiento, causas, geometría de las oquedades o manifestaciones generadas en superficie. Se determinará el tipo de infraestructura o viviendas potencialmente afectables y estos procesos serán representados a mayor detalle.

#### **8. SUBSIDENCIA**

En el municipio, no se detectaron afectaciones o rasgos visibles de este fenómeno, por lo tanto se considera que NO APLICA.

#### **9. AGRIETAMIENTOS**

En el municipio, no se detectaron afectaciones o rasgos visibles de este fenómeno, por lo tanto se considera que NO APLICA.

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

#### **10. ONDAS CÁLIDAS Y GÉLIDAS**

##### **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.

##### **NEVADAS**

Se cuantificarán de manera anual los días con Nevadas, se extrapolará la probabilidad de ocurrencia de nevadas a los periodos de retorno de 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 isopletas 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

Análisis de registros históricos de precipitación máxima.

Generación de mapa de precipitación máxima e isolineas.

### 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;

#### 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 pudieran ser afectados por los 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, permitirá establecer cuáles son los riesgos así como las medidas de mitigación, su geo-referenciación y las colonias o áreas involucradas. Este análisis permitirá obtener como resultado los polígonos o zonas de riesgo.

#### Contenido del Atlas de Riesgo

El presente documento está estructurado de la siguiente manera:

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

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

Capítulo III. Incluye las características físicas del área de estudio, abarcando la fisiografía, geología regional, geomorfología, vegetación y los tipos de uso de suelo, climas.

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

Capítulo VI. Se señalan las obras de mitigación, una breve descripción y la ubicación de las mismas, a fin de contar con elementos que permitan orientar los estudios para remediar el terreno o a buscar alternativas para reducir los riesgos.

Capítulo VII. 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. (Anexo Digital).

Capítulo VIII. Metadatos de la información generada (Anexo digital).

#### Fundamento Jurídico

El Atlas de Riesgos Naturales, 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.

En lo que respecta a las leyes estatales, se contempla en la **Ley de Protección Civil del Estado Libre y Soberano de México**, en el Título Segundo, "De la organización de la Protección Civil en el Estado"; Capítulo Primero: "Del Sistema Estatal de Protección Civil", en el Artículo 11.- Son Atribuciones del Sistema Estatal de Protección Civil las siguientes:

...

VIII. Aplicar los recursos estatales y federales a las acciones correctivas, de prevención, de auxilio y de recuperación;

...

XI. Desarrollar, actualizar y difundir por lo menos cada seis meses, los atlas municipales de riesgos;

...

XV. Investigar, estudiar y evaluar riesgos y daños provenientes de elementos, agentes naturales y antropogénicos generadores de riesgo o desastres;

XIX. Desarrollar, actualizar y difundir por lo menos cada seis meses el Atlas de Riesgos del Estado de México.

De esta forma, la realización del Atlas de Riesgos, se constituye como un avance importante en la Gestión Integral de Riesgos que emprende actualmente el Municipio de Zumpango, Estado de México.

## CAPÍTULO II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

### 2.1. Localización y determinación de la zona de estudio

El Municipio de Zumpango, Estado de México, se localiza al norte de la Ciudad de México, entre los 19° 43' 10" y 19° 54' 52" N de latitud y 98° 58' 12" y 99° 11' 36" O de longitud, a una altitud de 2 520 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Limita al norte con los municipios de Tequixquiac y Hueyponxtla; al sur con Teoloyucan, Cuautitlán, Nextlalpan, Jaltenco y Tecámac; al oriente con Tizayuca y Tecámac; al poniente colinda con Cuautitlán, Teoloyucan, Coyotepec y Huehuetoca; todos del estado de México, excepto Tizayuca que pertenece al estado de Hidalgo. Posee una extensión superficial de 244.08 km<sup>2</sup> equivalente al 1.08 % del territorio del Estado de México (Atlas de Riesgos de Zumpango, Dirección General de Protección Civil del Estado de México, 2013).

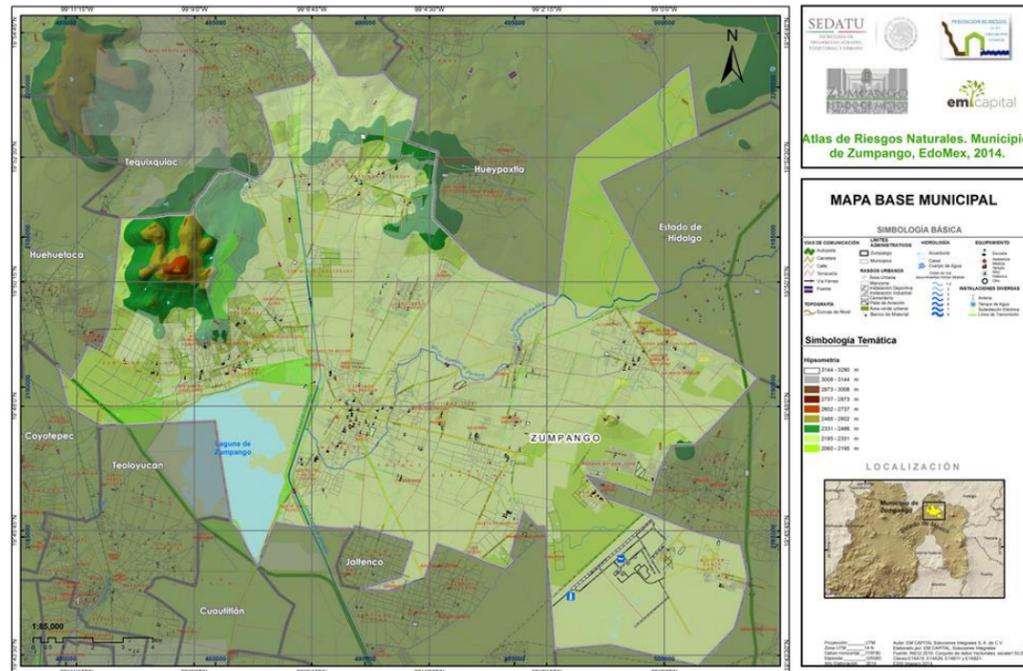


Fig. 2.1. Mapa base del Municipio de Zumpango.

### 2.2. Barrios y Colonias

Su división política se compone de la siguiente manera (PMDU, 2013-2015):

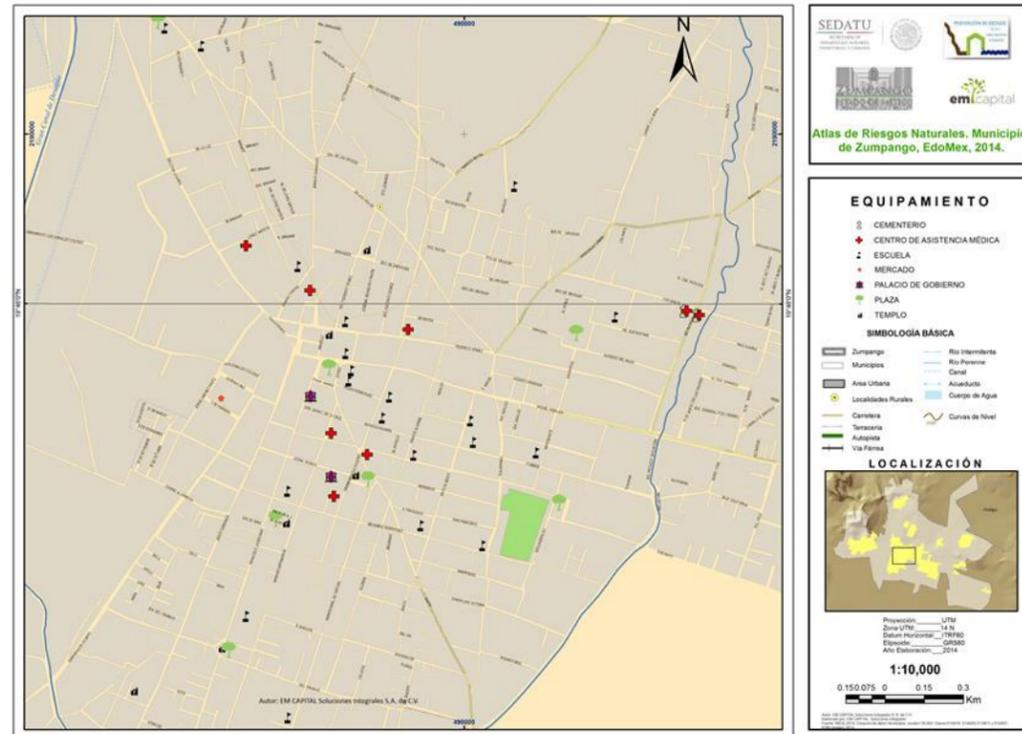
**Tabla 2.2.1. Nombres y división política.**

(Fuente: Bando Municipal del H. Ayuntamiento de Zumpango 2003-2006).

<p><b>A) CABECERA MUNICIPAL</b> ZUMPANGO DE OCAMPO</p> <p><b>B) PUEBLOS</b> San Juan Zitlaltepec San Bartolo Cuautlalpan Santa María Cuevas San Sebastián San Pedro De La Laguna San Miguel Bocanegra</p>	<p><b>E) COLONIAS</b> Los Alcanfores Olmos Ampliación San Bartolo Los Compadres Independencia Hombres Ilustres Pueblo Nuevo De San Pedro Los Hornos Loma Linda Magisterial San Juan De Guadalupe Primer De Mayo Pueblo Nuevo De Morelos Cuatro Caballerías</p>	<p><b>G) FRACCIONAMIENTOS</b> Unidad Familiar Ctc Jaltenco Unidad Familiar Ctc Santa María FOVISSSTE Villas 2000 A.C. La Trinidad, El Chilar, Fraccionamiento Zumpango, Paseos De San Juan Y San Retes.</p> <p><b>H) BASE AEREA MILITAR</b> Santa Lucia (Base Aérea Militar No. 1)</p>
<p><b>C) RANCHERIAS</b> Buenavista La Encarnación, Barrio De San Marcos</p>	<p><b>F) BARRIOS</b> Santiago 1ª Sección Santiago 2ª Sección San Juan San Lorenzo San Marcos San Miguel Santa María San Lorenzo San Juan Zitlaltepec San Miguel San Juan Zitlaltepec San Pedro San Juan Zitlaltepec Santa María San Juan Zitlaltepec El Rincón España, Loma Larga Santa María El Llano San Marcos El Llano Zapotitlán Miltenco Cuautlalpan:</p>	<p><b>I) EJIDOS</b> Zumpango (Restitución) Santa María Cuevas Santiago Tequisquiac, Ampliación Wenceslao Labra San Miguel Y San Lorenzo San Bartolo Cuautlalpan San Juan Zitlaltepec San Miguel Bocanegra San Sebastián San Lucas Xolox Naucalpan</p>

### Servicios y equipamiento urbano

El municipio cuenta con 3 escuelas de nivel medio superior, 4 escuelas secundarias, 8 escuelas primarias, 9 jardines de infantes y 4 guarderías maternas, 4 centros de salud y 2 hospitales privados, 1 supermercado, 4 cementerios, 8 áreas deportivas, 2 parques urbanos.



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

### 2.3. 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 2.3.1 y 2.3.2 muestran las diferentes escalas y niveles de análisis de acuerdo a cada tipo de peligro considerado.

**Tabla 2.3.1. Fenómenos geológicos**

Peligro	Nivel conceptual de análisis	Escala de análisis	Escalas
1. Erupciones volcánicas	Nivel 1	Municipal, localidad urbana	1:85,000
2. Sismos	Nivel 2	Municipal	1:85,000
3. Tsunamis	No aplica	-	-
4. Inestabilidad de laderas	Nivel 2	Municipal	1:85,000, 1:10,000
5. Flujos	Nivel 2	Municipal	1:85,000, 1:10,000
6. Caídos o derrumbes	No aplica.	-	-
7. Hundimientos	Nivel 1	Municipal, localidad urbana	1:85,000, 1:10,000
8. Subsistencia	No aplica.	-	-
9. Agrietamientos	No aplica.	-	-

**Tabla 2.3.2. 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	Municipal	1:85,000
11. Sequías	Aplica. El análisis se realizará con el método de nivel 1	Municipal	1:85,000
12. Heladas	Aplica. El análisis se realizara con el método de nivel 2	Municipal	1:85,000
13. Tormentas de granizo	Se analizará, en el cual se obtendrá un mapa probabilidad de ocurrencia y se tipificara en niveles de peligro.	Municipal	1:85,000
14. Tormentas de nieve	Se analizará, en el cual se obtendrá un mapa probabilidad de ocurrencia y se tipificara en niveles de peligro.	Municipal	1:85,000
15. Ciclones tropicales	No aplica.	Municipal	1:85,000
16. Tornados	No aplica.	Municipal	1:85,000
17. Tormentas polvo	No aplica.	Municipal	1:85,000
18. Tormentas eléctricas	Aplica. El análisis se realizara con el método de nivel 1	Municipal	1:85,000
19. Lluvias extremas	Aplica. El análisis se realizara con el método de nivel 1	Municipal	1:85,000
20. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	Aplica. Se realizará con el método de Nivel 2.	Municipal	1:85,500 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 2.3.3.).

**Tabla 2.3.3. Niveles de análisis y escalas de elementos sociales-demográficos y económicos**

Elementos sociales, económicos y demográficos	Metodología y fuentes de información	Nivel de análisis	Escalas
Distribución de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Densidad de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Grado de escolaridad	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Grados de marginación	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Viviendas sin energía eléctrica	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Viviendas sin agua	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Viviendas sin drenaje	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Hacinamiento	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000
Equipamiento urbano	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:85,000 1:10,000

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

La Laguna de Zumpango es el remanente antiguo del Lago de Zumpango. En la época prehispánica, el Lago de Zumpango formaba parte del sistema lacustre integrado por cinco grandes lagos: Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Xochimilco y Chalco. Es precisamente en esta cuenca cerrada donde está edificada La Zona Metropolitana del Valle de México. Por lo que en épocas de lluvias estos lagos se convertían en uno solo de 2,000 Km<sup>2</sup> de superficie lo que traía como consecuencia periódicas inundaciones.

Desde entonces y hasta la fecha, la cuenca de México, ha sufrido un proceso de desecación resultado de la constante urbanización. Aunado a lo anterior, sus habitantes han tenido que lidiar con el fenómeno de las inundaciones, así como del tratamiento y desalojo de sus aguas residuales.

#### 3.1. Fisiografía.

La fisiografía de la Cuenca del Valle de México está conformada por unidades morfológicas superficiales de características distintivas; de origen y morfología propios. Una región se considera provincia fisiográfica cuando cumple con un origen geológico unitario sobre mayor parte de su área, morfología y litología propia y distintiva.

La región Zumpango, se encuentra ubicado en el sistema orográfico de la provincia del Eje Volcánico Transversal y subprovincias de los Lagos y Volcanes Anáhuac y de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. El relieve es regular, dominando las llanuras, lomeríos y cerros. Tomando como referencia la orientación de norte a sur y de oeste a este, la orografía inicia con un sistema vinculado con la Sierra de Pachuca, donde sobresale por su altitud el Cerro Picacho con 2,910 m.s.n.m. En otra sección está la Mesa La Ahumada que, como zona orográfica, comprende la transición del valle de México al valle del Mezquital.

MUNICIPIO	SUB-PROVINCIA	SISTEMAS DE TOPOFORMAS
Nextlalpan	Lagos y Volcanes de Anáhuac (100%)	Vaso lacustre salino (57.17%), Vaso lacustre de piso rocoso o cementado (26.21%) y Vaso lacustre con lomerío (16.62%)
Teoloyucan	Lagos y Volcanes de Anáhuac (100%)	Vaso lacustre con lomerío (92.47%), Escudo volcanes (3.62%), Lomerío de tobas (2.83%) y Vaso lacustre salino (1.08%)
Tepetzotlán	Lagos y Volcanes de Anáhuac (100%)	Lomerío de tobas (64.37%), Escudo volcanes (27.48%) y Vaso lacustre con lomerío (8.15%)
Tultitlán	Lagos y Volcanes de Anáhuac (100%)	Vaso lacustre con lomerío (56.99%), Escudo volcanes (24.25%), Vaso lacustre salino (18.45%), Vaso lacustre (0.3%) y Lomerío de tobas (0.01%)
Zumpango	Lagos y Volcanes de Anáhuac (100%)	Valle de laderas tendidas (33.24%), Vaso lacustre con lomerío (21.01%), Vaso lacustre de piso rocoso o cementado (20.17%), Vaso lacustre salino (15.87%) y Lomerío de tobas (9.71%)

Tabla 3.1.1. Fisiografía de los municipal y topoformasde los municipios con los cualesse limita (Fuente: INEGI, 2009).

Tabla 3.1.2 Áreas y porcentajes

Área	247.00 km <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
<b>Fisiografía</b>		
<b>Eje Volcánico Transversal</b>	247.00 km <sup>2</sup>	100%

El 100% del área de estudio pertenece a la provincia del eje Neovolcánico, las subprovincias y sistemas de topoformas de los municipios que conforman el área de estudio se presentan en la tabla 3.1.1.

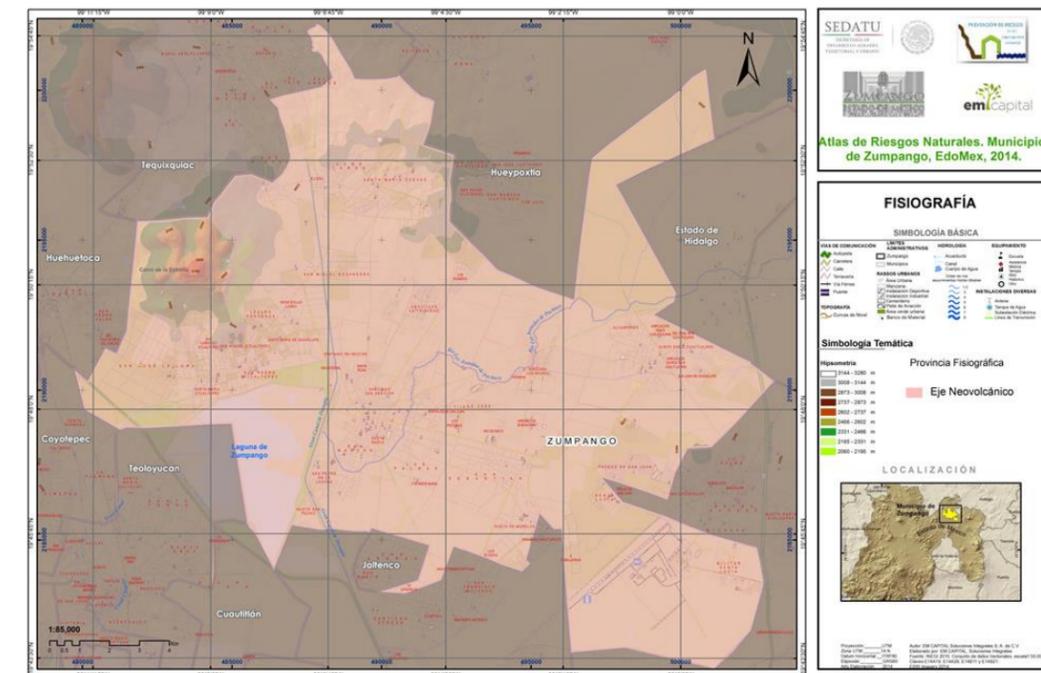


Fig. 3.1.1. Mapa de fisiografía.

#### 3.2. Geomorfología

Con base en el análisis por sobreposición de la litología y las curvas de nivel de la zona de estudio, se identifican cuatro unidades Geomorfológicas con las áreas y superficies que se describen en la tabla 3.2.1.

- 1.- Endógeno Volcánico (Montaña ligeramente diseccionada)
- 2.- Endógeno volcánico (lomeríos)
- 3.- Exógeno lomeríos medianamente ondulados
- 4.- Exógeno acumulativo planicie ligeramente ondulada

**Tabla 3.2.1. Áreas y porcentajes de las unidades Geomorfológicas**

Área	247.00 km <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
<i>Geomorfología</i>		
<b>Endógeno Volcánico (Montaña ligeramente diseccionada)</b>	0.419	0.17
<b>Endógeno Volcánico (Lomeríos)</b>	3.21	1.3
<b>Exógeno-Lomeríos (Medianamente ondulados)</b>	27.92	11.3
<b>Exógeno-Acumulativo (Planicie ligeramente ondulada)</b>	215.4	87.2

El territorio registra pendientes que van de entre 2% y 15%, presentando una tendencia a incrementarse hacia la zona norte, presentando extensas zonas con pendientes menores a 6%, es decir, con topografía plana.

En el norte, se identifican pendientes que se encuentran en el rango de 15%, aptas para el desarrollo urbano, aunque con algunas restricciones para la construcción de vivienda unifamiliar, industria ligera y comercial de productos básicos; aunque no son aptas para la construcción de vivienda plurifamiliar, industria pesada, establecimientos comerciales, de abasto y zonas deportivas, debido a que este tipo de pendientes genera un costo extra en la instalación de infraestructura hidráulica y sanitaria, principalmente.

La altitud promedio es de 2 250 m.s.n.m. en la parte plana, los lomeríos promedian una altura de 2 350 y la mayor elevación pertenece al Cerro Zitlaltepec (Cerro de la Estrella), con 2 660 m.s.n.m.

**Tabla 3.2.2. Cuadro explicativo de las unidades morfofenéticas de la porción central de la cuenca de México.**

Origen del relieve	Tipo de relieve	Edad	Litología	Clases de relieve*
Endógeno Volcánico Modelado (Denudatorio y tectonizado)	Laderas Montañosas 0 (Lm0)	Plioceno	Flujos piroclásticos y basalto.	4-16°, 2740-2940 m, 360 m
Endógeno Volcánico muy tectonizado	Laderas Montañosas 1 (Lm1)	Plioceno - Pleistoceno	Rocas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	4-14°, 2700-3160 m, 460 m
	Laderas Montañosas 11 (Lm11)	Pleistoceno-Holoceno	Andesita, andesita-basáltica y flujos piroclásticos.	4-22°, 2340-3460 m, 320 m
	Laderas Montañosas 2 (Lm2)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas ácidas e intermedias y flujos piroclásticos.	4-16°, 2420-2580 m, 320 m
Endógeno Volcánico Tectoniz.	Laderas Montañosas 3 (Lm3)	Pleistoceno	Derrames dacítico o andesítico y flujos piroclásticos.	4-12°, 3200-3360 m, 280 m
	Laderas Montañosas 8 (Lm8)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	4-24°, 3020-3240 m, 620 m
	Laderas Montañosas 10 (Lm10)	Pleistoceno	Derrames lávicos y material piroclástico.	8-22°, 3200-3320 m, 460 m
Endógeno Volcánico Modelado (Modelado glacial y muy tectonizado)	Laderas Montañosas 12 (Lm12)	Pleistoceno y Holoceno	Coladas de lava de andesita-basáltica, basalto, andesita y dacita y fluj. piroclást.	4-14°, 2420-2540 m, 320 m
	Laderas Montañosas 4 (Lm4)	Pleistoceno	Derrames riolíticos, de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	6-20°, 3600-3720 m, 440 m
	Laderas Montañosas 5 (Lm5)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	12-26°, 3560-3760 m, 360 m
Endógeno Volcánico Modelado (Modelado glacial y muy tectonizado)	Laderas Montañosas 6 (Lm6)	Pleistoceno	Rocas volcánicas de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	12-20°, 3020-3240 m, 300 m
	Laderas Montañosas 7 (Lm7)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	8-26°, 3800-3920 m, 480 m
	Laderas Montañosas 9 (Lm9)	Pleistoceno	Derrames de andesita-basáltica y andesita y flujos piroclásticos.	4-26°, 3920-4040 m, 280 m
Endóg.Volc.(Tectoniz. denudat.)	Laderas Montañosas 13 (Lm13)	Pleistoceno y Holoceno	Derrames de lava y ceniza basáltica o basáltica-andesítica, y flujos piroclásticos.	4-24°, 2660-2780 m, 360 m
Endógeno Volcánico Modelado (Denudatorio y tectonizado)	Laderas Montañosas Altas 14 (Lma14)	Terciario	Derrames de lava de andesita-basáltica a andesita, traquiandesita y dacita y flujos piroclásticos.	6-16°, 2860-3020 m, 260 m
Endógeno Volcánico Denudatorio	Lad. Montañ. Altas 15 (Lma15)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas andesítica, riolítica y dacítica y flujos piroclásticos.	20-34°, 2780-2900 m, 320 m
	Lad. Montañ. Altas 16 (Lma16)	Pleistoceno	Rocas basáltica o basáltica-andesítica y flujos piroclásticos.	6-16°, 3880-4000 m, 320 m
Endógeno Volcán. Muy tectoniz.	Lad. Montañ. Altas 17 (Lma17)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita, riolítica y dacita y flujos piroclásticos.	4-22°, 3480-3600 m, 240 m
Endógeno Volcánico Modelado (Modelado glacial, muy tectonizado)	Lad. Montañ. Altas 18 (Lma18)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	28-40°, 3560-3720 m, 320 m
	Laderas Montañ. Altas 19 (Lma19)	Pleistoceno y Holoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	18-28°, 4520->4600 m, 240m
Endóg.Volcán.Model.y Denudat.	Lad.Montañ.Medias 20(Lmm20)	Terciario	Andesita-basáltica a andesita, traquiandesita y dacita y flujos piroclásticos.	8-18°, 2980-3120 m, 300 m
Endóg.Volc.(muy tect. y denud.)	Lad.Montañ.Medias (Lmm21)	Plioceno-Pleistoceno	Andesita, riolítica y dacita y flujos piroclásticos.	6-14°, 3600-3760 m, 280 m
Endóg. Volcánico muy tectoniz.	Lad.Montañ.Medias (Lmm22)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	6-14°, 2900-3040 m, 340 m
Endógeno Volcánico Modelado (Modelado glacial y muy tectonizado)	Laderas Montañosas Medias 23 (Lmm23)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita y flujos piroclásticos.	20-44°, 3200-3320 m, 240 m
Endógeno Volcánico Modelado (Modelado glacial y muy tectonizado)	Laderas Montañosas Medias 24 (Lmm24)	Pleistoceno y Holoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita, derrames de andesita basáltica y andesita. Con flujos piroclásticos.	8-16°, 3800-3960 m, 320 m,
Endóg.Volcán.Mod.muy tectoniz.	Lad.Montañ.Medias (Lmm25)	Pleistoceno y Holoceno	Rocas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	4-14°, 2540-2660 m, 240 m
Endógeno Volcánico Modelado (Tectonizado y denudatorio)	Laderas Montañosas Bajas 26 (Lmb26)	Plioceno-Pleistoceno	Derrames de lava de andesita-basáltica a andesita, traquiandesita y dacita y flujos piroclásticos.	8-22°, 2620-2740 m, 280 m
	Lad. Montañ. Bajas 27 (Lmb27)	Plioceno-Pleistoceno	Derrames de lava de andesita, riolítica y dacita y flujos piroclásticos.	8-16°, 2380-2500 m, 280 m
Endógeno Volcánico Modelado Muy tectonizado	Lad.Montañ.Bajas 28 (Lmb28)	Pleistoceno	Depósitos laháricos con capas de pómez, y flujos piroclásticos.	4-14°, 2820-2980 m, 300 m
	Laderas Montañosas Bajas 29 (Lmb29)	Pleistoceno	Derrames lávicos de andesita y dacita, brechas volcánicas epiclásticas, depósitos glaciofluviales y turba, grava, aluvión de origen volcanoclástico y capas de loess.	4-14°, 2500-2660 m, 360 m
Endógeno Volcánico Modelado (Modelado glacial y muy tectonizado)	Laderas Montañosas Bajas 30 (Lmb30)	Pleistoceno y Holoceno	Derrames de dacita, derrames lávicos de andesita y dacita, depósitos glaciofluviales y turba, arena, grava, aluvión de origen volcanoclástico y pómez.	4-14°, 3600-3760 m, 240 m
Endógeno Volcánico Modelado (Denudatorio y muy tectonizado)	Laderas Montañosas Bajas 31 (Lmb31)	Pleistoceno y Holoceno	Andesita-basáltica, basalto y dacita y flujos piroclásticos.	4-16°, 2380-2500 m, 280 m
Endógeno Volcánico Modelado (Denudatorio y muy tectonizado)	Laderas Montañosas de Superf. Tectonizada (Lmtec1 a 5-32)	Terciario Superior	Rocas volcánicas epiclásticas y flujos piroclásticos.	4-14°, 2700-3120 m y 3020-3400 m, va de 220 a 280 m
Endógeno Volcánico Modelado	Superficie Cumbrial 63 en Lad. Montañosas 12 (Supcum63)	Pleistoceno y Holoceno	Flujos lávicos, ceniza, depósitos epiclásticos, rocas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	0-8°, 2580-2700 m, 280 m

Endógeno Volcánico y Volc. Denudatorio)	Lomeríos 33 (Lo33)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas epiclásticas, ácidas e intermedia, y flujos piroclásticos.	0-14°, 2300-2460 m, 160 m
Model. (Tectoniz. y Denudatorio)	Lomeríos 36 (Lo36)	Pleistoceno y Holoceno	Rocas básicas e intermedias, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos y flujos piroclásticos.	0-10°, 2420-2580 m, 160 m
Endógeno Volcánico y Endógeno Volcánico Modelado (Denudatorio)	Lomeríos 34 (Lo34)	Plioceno-Pleistoceno	En algunos casos de vulcanitas ácidas y en otro de rocas epiclásticas y flujos piroclásticos.	4-16°, 2300-2420 m, 160 m
Endógeno Volcánico y Endógeno Volcánico Modelado (Tectoniz.)	Lomeríos 35 (Lo35)	Pleistoceno y Holoceno	Basalto a dacita, derrames de lava con brecha volcánica epiclástica, til glacial, brecha lahárica y depósitos fluviales interestratificados.	4-14°, 2620-2780 m, 160 m
	Lomeríos 37 (Lo37)		Depósitos glaciofluviales y turba, derrames lávicos andesita y dacita, arena, grava, aluvión de origen volcanoclástico y capas de loess	4-14°, 2900-3080 m, 140 m
Endógeno Volcánico y Volcánico Modelado (Tectonizado)	Lomeríos Bajos 38 (Lob38)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas y tobas, flujos piroclásticos, ignimbrita y pómez.	4-10°, 2420-2540 m, 120 m
	Lomeríos Bajos 39 (Lob39)	Pleistoceno y Holoceno	Derrames de lavas, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos, vulcanitas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	0-6°, 2460-2580 m, 120 m
Endógeno Volcánico Modelado (Denudatorio y muy tectonizado)	Lomeríos Tectonizados Sobre Superf. Tectoniz. 40 (Lotec40)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas y tobas y flujos piroclásticos, ignimbrita y pómez.	0-10°, 2580-2740 m, 160 m
	Lomerío Tectonizado Sobre Superf. Tectonizad 41 (Lotec41)	Pleistoceno y Holoceno	Derrames de lavas, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos, vulcanitas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	0-6°, 2500-2620 m, 160 m
Exógeno Acumulativo (Denudatorio)	Piedemontes 42 (Pi42)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas, depósitos laháricos de composición intermedia a ácida, tobas, capas de pómez y series clásticas de material andesítico y flujos piroclásticos.	0-10°, 2300-2420 m, 280 m
Exógeno Acumulativo (Denudatorio y tectonizado)	Piedemontes 43 (Pi43)	Pleistoceno y Holoceno	Arena, grava Depósitos glaciofluviales y turba, grava, arena y aluvión de origen volcanoclásticos, pómez y capas de loess.	0-8°, 2500-2660 m, 360 m
	Piedemontes 44 (Pi44)		Compuestos de lavas, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos y basalto y basalto-andesítica, y flujos piroclásticos, lahar, tobas, cenizas y pómez.	0-6°, 2500-2740 m, 360 m
Exógeno Acumulativo (Tectonizado)	Piedemontes 45 (Pi45)	Pleistoceno y Holoceno	Depósitos glaciofluviales y turba, grava, arena y aluvión de origen volcanoclástico y capas espesas de loess.	0-6°, 2460-2660 m, 200 m
Exógeno Acumulativo (Denudatorio y muy tectonizado)	Piedemontes de Lahar 46 (Pilah46)	Pleistoceno y Holoceno	Pequeños abanicos de lavas, cenizas, depósitos epiclásticos y laháricos, vulcanitas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	0-10°, 2260-2380 m, 240 m
Exógeno Acumulativo (Denudatorio y tectonizado)	Piedemontes de Lomeríos 47 (PiLo47)	Pleistoceno y Holoceno	Colada de lava, cenizas, depósitos epiclásticos y laháricos, vulcanitas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	0-10°, 2300-2380 m, 320 m
Exógeno Acumulativo (Denudatorio y tectonizado)	Piedemontes Altos 48 (Pia48)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas, algunos de ellos contienen depósitos laháricos y pómez, y flujos piroclásticos.	0-10°, 2380-2500 m, 320 m
Exógeno Acumulativo (Denudatorio y muy tectonizado)	Piedemonte Alto 49 (Pia49)	Pleistoceno y Holoceno	Colada de lava, cenizas, depósitos epiclásticos, vulcanitas básicas e intermedias, con flujos piroclásticos.	4-14°, 2340-2460 m, 240 m
Exógeno Acumulativo	Piedemontes formados por abanicos 50 (Piab50)	Pleistoceno y Holoceno	Depósitos glaciofluviales, turba en forma de grava cubierta con tobas eólicas y aluviales y arenas, arenas limosas y arcillas volcánicas.	0-6°, 2500-2580 m, 280 m
Exógeno Acumulativo (Denudatorio)	Piedemontes Bajos 51 (Pib51)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas andesítica y tobas, en forma de flujos laháricos y flujos piroclásticos.	0-8°, 2300-2380 m, 240 m
	Piedemontes Bajos 52 (Pib52)	Pleistoceno y Holoceno	Coladas, cenizas, depósitos epiclásticos, vulcanitas básicas e intermedias, con flujos piroclásticos.	0-6°, 2260-2380 m, 240 m

Exógeno Acumulativo (Denudatorio)	Piedemontes Bajos Ondulados 53 (Pibond53)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas andesítica y tobas y flujos piroclásticos y pómez.	0-8°, 2300-2420 m, 240m
Exógeno Modelado Acumulativo (Tectonizado)	Piedemontes Bajos Ondulados 54 (Pibond54)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas andesítica y tobas, con flujos piroclásticos y pómez.	0-10°, 2300-2420 m, 240 m
Exógeno Acumulativo (Muy tectonizado)	Piedemonte Asociado con Ladera Montañosa 55 (Pialm55)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas con flujos piroclásticos.	0-14°, 2780-2940 m, 340 m
Exógeno Acumulativo (Muy tectonizado)	Piedemontes Locales Intermontanos 56 (Pilocint56)	Pleistoceno y Holoceno	Derrames de dacitas, cenizas, depósitos epiclásticos, vulcanitas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	0-8°, 3120-3240 m, 240 m
Exógeno Acumulativo (Tectonizado)	Piedemonte Intercalado con Lomeríos 57 (Pislo57)	Plio-Pleistoceno Pleistoceno y Holoceno	Rocas volcánicas epiclásticas, derrames de lava, cenizas, depósitos epiclásticos, vulcanitas básicas e intermedias y flujos piroclásticos.	2-8°, 2460-2500 m, 120 m
Exógeno Modelado Acumulativo (Denudatorio)	Piedemonte Superior 58 (Pisup58)	Plioceno-Pleistoceno	Rocas volcánicas epiclásticas andesítica y tobas incluyendo depósitos laháricos y flujos piroclásticos y pómez.	0-10°, 2500-2620 m, 280 m
Exógeno Acumulativo (Aluvial)	Planicie Aluvial 59 (Pia59)	Pleistoceno y Holoceno	Depósitos clásticos, en su parte inferior de material aluvial y lahárico en forma de grava cubierta con tobas eólicas y aluviales y brechas de pómez que cambian a arenas.	0-4°, 2260-2300 m, 40 m
Exógeno Acumulativo (Aluvial)	Plan. Aluv. Ondul. 60 (Piaond60)	Pleistoceno y Holoceno	Arenas limosas y arcillas volcánicas.	0-6°, 2300-2380 m, 80 m
Exógeno Acumulativo (Lacustre)	Planicie Lacustre 61 (Pila61)	Pleistoceno y Holoceno	Concentración de sedimentos clásticos y productos piroclásticos, los cuales se depositaron en un ambiente lacustre.	0-2°, 2260-2300 m, 40m
Exógeno Acumulativo (Aluvial)	Planicies Locales Intermontanas 62 (Pilocint62)	Pleistoceno y Holoceno	Depósitos glaciofluviales y clásticos, material aluvial y lahárico en forma de grava cubierta con tobas eólicas y aluviales y brechas de pómez que cambian a arenas, arcillas volcánicas y capas espesas de loess.	0-6°, 3240-3360 m, 80 m

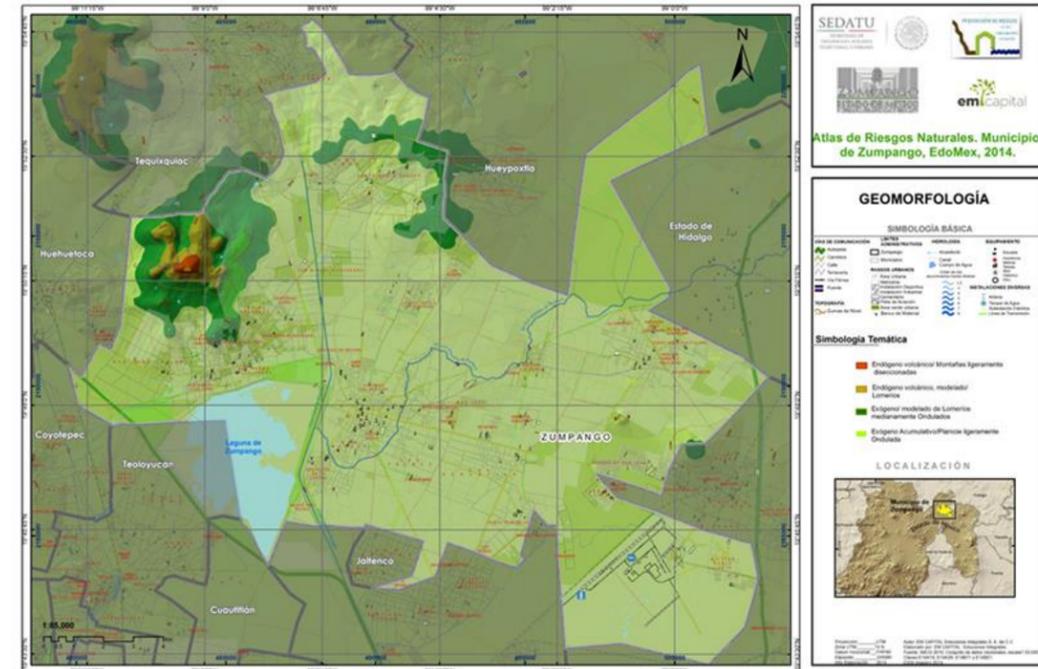


Fig. 3.2.2. Mapa de geomorfología.

### 3.3. Geología

El Estado de México queda comprendido dentro de la llamada Cordillera o Eje Volcánico y la Sierra Madre del Sur, por ello está constituido en su mayor parte por rocas volcánicas, así como por depósitos sedimentarios fluviales y lacustres en las porciones centro, norte y oeste de la Cuenca de México.

Municipalmente las estructuras volcánicas más notables están representadas por el complejo volcánico de la Sierra Nevada constituido por los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, así como por los domos volcánicos de los cerros Telapón y el Mirador o Tláloc en el parque nacional Zoquiapan, en los municipios de Ixtapaluca y Texcoco.

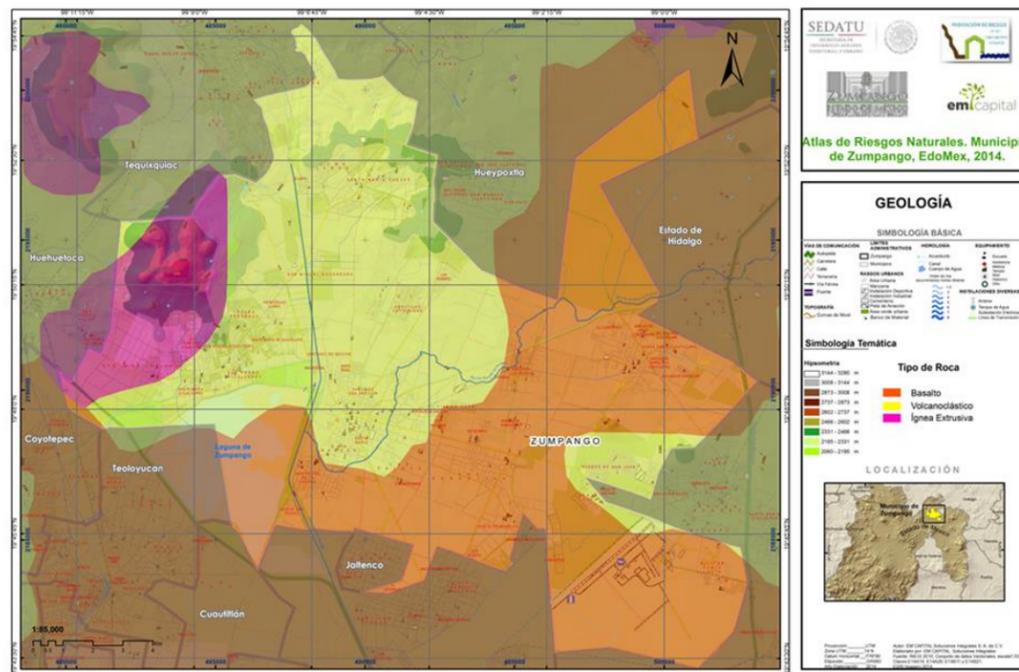
Geológicamente, la zona de estudio corresponde al Cuaternario (45.47%) y Neógeno (31.44%), con la presencia de rocas ígneas extrusivas, entre ellas:

- volcanoclástico
- basalto
- Ígneas extrusivas

**Tabla 3.3.1 Áreas y porcentajes de las unidades geológicas**

Division unidad geologica	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
<b>Volcanoclastica</b>	106.35	43.03%
<b>Basalto</b>	117.55	47.59%
<b>Ignea extrusiva</b>	21.21	8.59%

Existen materiales de origen sedimentario, las cuales se localizan básicamente en la Cabecera Municipal, San Juan Zitlaltepec y en pequeña proporción en las localidades de San Sebastián, Buenavista, así como al norte y este del municipio. La rocas ígneas extrusivas se pueden localizar en toda la parte noroeste del municipio principalmente entre la cota 2 350 m.s.n.m, a 2 550 m.s.n.m, al norte de San Juan Zitlaltepec, que es la zona de mayor pendiente en todo el municipio. Sus posibilidades de uso para el desarrollo urbano son de moderadas a bajas. Dentro del municipio se presentan fallas del tipo normal y fracturas localizadas al noroeste en la zona montañosa.



**Fig. 3.3. Mapa geológico.**

### 3.4. Edafología

En el municipio, se pueden identificar varias unidades edafológicas, como las siguientes:

- **Feozem.** Son suelos aptos para la agricultura en condiciones de clima templado; presentan una marcada acumulación de materia orgánica; son de fácil manejo y alcanzan un alto grado de productividad agrícola; son susceptibles a la erosión moderada y alta. Se encuentran en zonas de acumulación de materiales en áreas de poca pendiente.
- **Litosol.** En estos suelos, el arraigamiento está limitado por la profundidad del solum y únicamente la presencia de grietas o diaclasas en la roca permite la penetración de las raíces a mayor profundidad. Aparecen sobre rocas que han resistido la meteorización, proceso favorecido comúnmente por una topografía quebrada que facilita la erosión de los productos resultantes. Desde el punto de vista genético, no puede decirse que los Litosoles son suelos jóvenes, debido a que la mayoría de ellos muestran evidencias claras de una acción prolongada de los procesos de formación del suelo, tales como acumulación de materia orgánica, formación de arcilla, desarrollo de estructura y liberación de óxidos.
- **Cambisol.** Son suelos jóvenes, de características poco definidas; se presentan en diferentes condiciones topográficas y climáticas; son de moderadamente aptos para la agricultura. En el caso particular de la Región II, Zumpango, los suelos muestran una capa superficial de color claro, pobre en material orgánico y tienen acumulación de caliche suelto.
- **Vertisol.** Presentan alto contenido de arcilla, con grietas anchas y profundas en la época de secas, y pegajosos con la humedad, son poco adecuados para la agricultura de temporal, pero aptos para la agricultura de riego y tecnificada. Se encuentran en zonas bajas y de lomeríos. Presentan problemas de inundación debida a su baja permeabilidad, asimismo se destacan por ser expansivos, lo que quiere decir que al saturarse de agua provocan fuertes presiones de empuje o alzamiento, y al secarse se contraen y agrietan, con lo que afectan las estructuras que se construyen sobre este tipo de suelo.
- **Solonchak.** Son suelos que acumulan sales en condiciones de aridez, lo que limita el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales; son de color claro y no son aptos para la agricultura.
- **Regosol.** Están formados por material suelto diferente del aluvial reciente, como los depósitos fluviales, dunas o cenizas volcánicas; con frecuencia son someros y pedregosos; su aptitud para la agricultura es moderada; se localizan, sobre todo, en zonas de montaña y lomeríos; tienen materiales calcáreos entre los 20 y 50 cm superficiales. Este tipo de suelo es colapsable, esto quiere decir que sufren fuertes asentamientos repentinos cuando se saturan de agua, por lo que se requiere hacer estudios especiales para el desarrollo de diversos tipos de obra.

El desarrollo urbano se encuentra sujeto a la pendiente del terreno y al tipo de roca que conforma el subsuelo, lo que condiciona su uso, potencial de excavación, desarrollo en actividades agrícolas, forestales y pecuarias. Algunos procesos o fases que afectan a los suelos de la zona son: fase lítica y la dúrica. La fase lítica presenta una capa de roca que limita la profundidad del suelo entre 10 y 50 centímetros lo que

representa un obstáculo para el desarrollo de la vegetación y de actividades productivas. La fase dúrica se caracteriza por una capa al menos de 50 cm de profundidad; limita el desarrollo de la vegetación la actividad productiva.

**Tabla 3.4. Áreas y porcentajes**

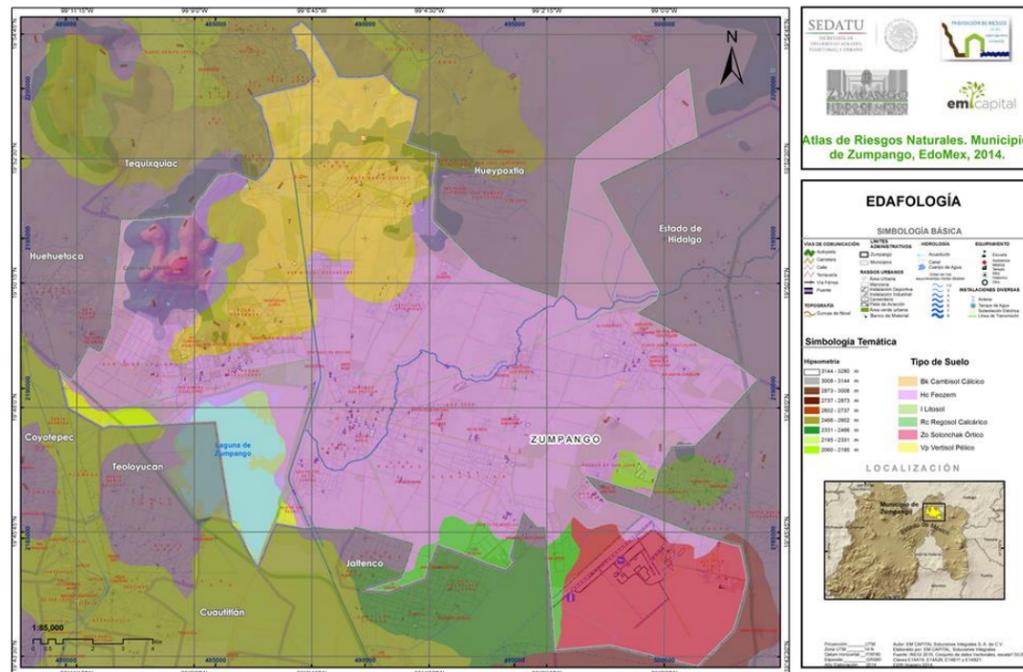
Área	247.00 km <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
<i>Edafología</i>		
<b>Feozem</b>	39.84	17.8
<b>Litosol</b>	9.46	4.2
<b>Cambrisol</b>	118.9	53
<b>Vertisol</b>	9.37	4.2
<b>Solonchak</b>	0.88	0.39
<b>Rigosol</b>	27.2	12.2

### 3.5. Hidrografía

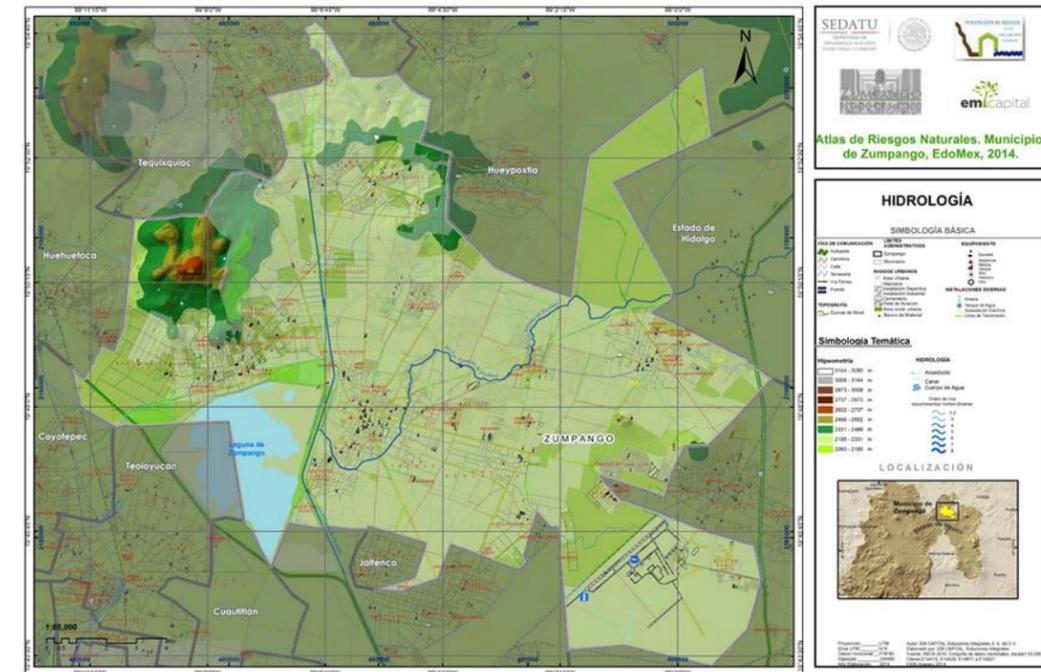
Los recursos hidrológicos que destacan en el municipio son:

- La Laguna de Zumpango, que representa el acuífero de mayor importancia, debido a que representa el mayor recurso hídrico para el desarrollo agrícola de riego en el territorio municipal.
- El Río de las Avenidas de Pachuca, que nace en el Estado de Hidalgo y como salida la incorporación de sus aguas al "Gran Canal". Este río atraviesa por los municipios de Hueyoxtla (25.67 %), Temascalapa (3.98 %), Zumpango (34.47 %), Tecámac (0.88 %) y el Estado de Hidalgo con un 35%.

En el abastecimiento para suministro de agua potable, proviene de aguas subterráneas, sustraídas mediante pozos profundos. Los escurrimientos que se generan de esta cuenca, son utilizados para riego de las áreas agrícolas.



**Fig. 3.4. Mapa edafológico.**



**Fig. 3.5. Mapa de hidrografía.**

### 3.6. Cuencas y Sub-cuencas

En la carta emitida por el Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente, podemos localizar que el municipio de Zumpango, tiene las subcuencas del Lago de Texcoco y Zumpango, la cuales forman parte de la cuenca de México. La cuenca de México o valle del Anáhuac, es una región geográfica que se localiza en el centro sur de la República Mexicana. Originalmente se trataba de una cuenca endorreica que albergaba los lagos Zumpango, Texcoco, Xaltocán, Xochimilco y Chalco.

El lago de Texcoco, formaba parte de un sistema de lagos, actualmente en proceso de desaparición, localizado al suroeste del valle de México, en el centro del Eje Neovolcánico que atraviesa el territorio nacional desde la costa del Pacífico. La superficie total de la cuenca hidrológica del lago de Texcoco (que incluye también a los lagos del norte y sur del valle de México) abarca más de 2,000 km<sup>2</sup> y corresponde a la subcuenca del lago de Texcoco-Zumpango, de la región hidrológica del río Pánuco.

El lago de Zumpango, es un cuerpo de agua ubicado al norte de la cuenca de México, entre los municipios del Estado de México de Zumpango y Teoloyucan, su superficie es de 19 km<sup>2</sup>, es afluente para ríos locales y arroyos, desembocando en el río de Tula.

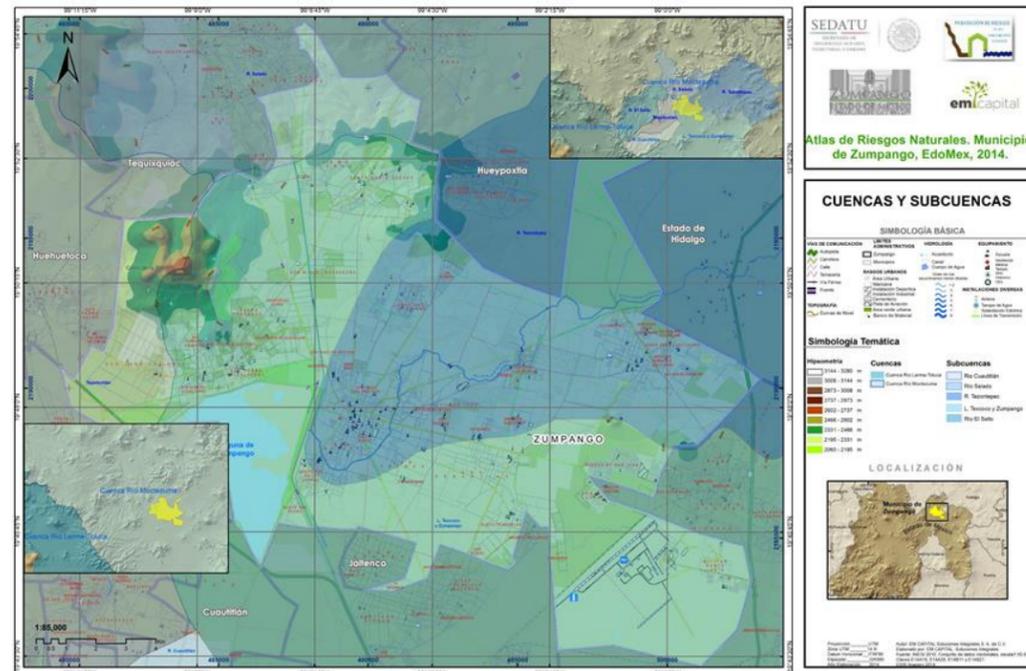


Fig. 3.6. Mapa de cuencas y subcuencas.

### 3.7. Clima

Dada la ubicación geográfica del territorio, el clima dominante debería ser tropical; sin embargo, las variaciones del relieve originan diversidad de climas.

Existe el **templado subhúmedo C(w)** que comprende 40% del territorio; y el **semiseco templado B(s)** que corresponde un 60%. Según la clasificación de Köppen, modificada por E. García, en la figura 3.7.1. se muestran los tipos de clima presentes en la entidad, así como su distribución espacial.

Tabla 3.7. Áreas y porcentajes

Área	247.00 km <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
Climas		
Templado sub-húmedo	89.38	40%
Semiseco templado	132.7	60%

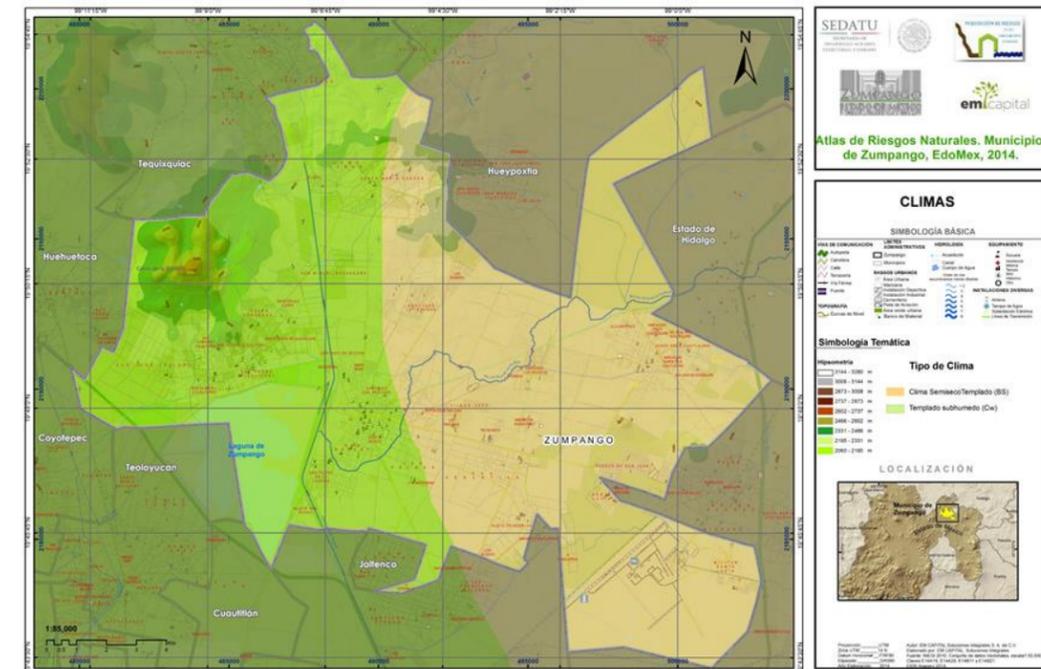


Fig. 3.7.1. Mapa de climas.

## Temperatura

La temperatura que se registra es de 31°C la máxima y de -2.3°C la mínima, con una media anual de 14.8°C. La precipitación pluvial total anual es de entre 600 y 800 milímetros, registrándose la mayor precipitación pluvial en junio.

De mayo a junio tienen lugar fuertes granizadas y ocasionalmente ocurren heladas en septiembre, diciembre, enero, febrero, marzo y excepcionalmente en abril.

Los vientos predominantes proceden del norte; en febrero son características las tolvaneras más agresivas, llegan por el sureste. En septiembre se manifiestan más los efectos de los ciclones de los mares.

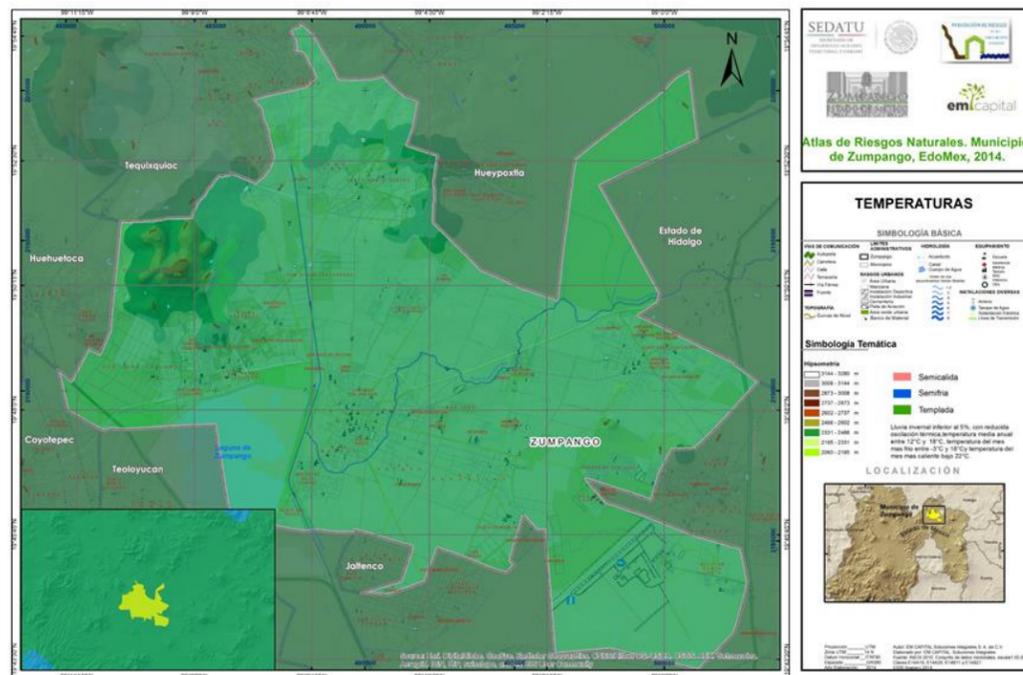


Fig. 3.7.2 Mapa de temperatura.

El potencial del suelo es:

- Agricultura de riego anual
- Agricultura de temporal anual
- Agricultura de riego anual y permanente
- Zona Urbana
- Asentamientos humanos

La vegetación consiste en:

- Matorral crasicaule
- Pastizal halófilo
- Pastizal inducido
- Agricultura de riego anual
- Agricultura de temporal anual y permanente
- Agricultura temporal anual y permanente
- Vegetación halófila

Tabla 3.8. Áreas y porcentajes

Área Mapa	247.00 km <sup>2</sup> Área	100 % Porcentaje
<i>Uso de suelo y vegetación</i>		
Matorral Crasicaule	4.27	1.9
Pastizal halófilo	23.9	10.7
Pastizal inducido	10.28	4.6
Agricultura de riego anual	77.76	33.43
Agricultura de temporal anual	20.35	9.1
Agricultura temporal anual y permanente	12.54	5.6
Vegetación halófila	12.36	5.5
Asentamientos humanos	2.33	2.6
Zona Urbana	11.37	5

## 3.8. Uso de suelo y vegetación

De acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de Zumpango (2013), los usos de suelo en las áreas urbanas se encuentran clasificados en:

- Habitacional
- Centros urbanos
- Equipamiento y
- Baldíos

Estos usos, representan un área urbana de 2 706.27 hectáreas, abarcando el 11.09 % del territorio municipal.

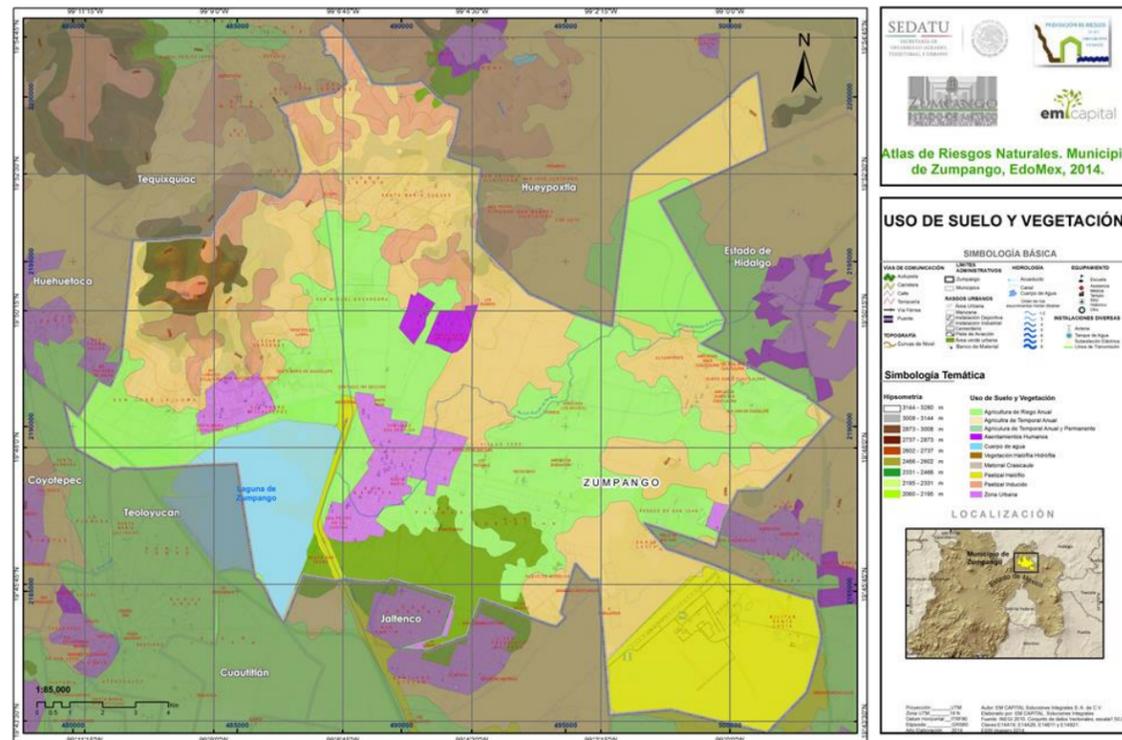


Fig. 3.8. Mapa de uso de suelo y vegetación.

### 3.9. Áreas naturales protegidas

Las condiciones físicas y climáticas de la Región II, Zumpango, son propicias para el desarrollo de una variedad importante de formas de vida, en donde se pueden encontrar sitios de gran riqueza biológica, tanto animal como vegetal. La Región II, Zumpango, comparte solamente un área natural protegida (ANP) de las 73 de la entidad. En este municipio se localiza solamente un área natural protegida (ANP), el cual es el Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango, conformado por los municipios de la región de Zumpango, Nextlalpan, Tequixquiac y 6 municipios de la Región C. Izcalli, donde Zumpango cuenta con una superficie de 7,447 hectáreas.

El decreto para esta laguna fue el 23 de Junio del 2003, como Parque Estatal Santuario de Agua Laguna Zumpango. El área natural protegida, fue declarada acorde a la necesidad de fomentar el patrimonio natural de la entidad, mediante la instrumentación de acciones tendientes a rescatar le equilibrio ecológico y la biodiversidad, gracias al Plan de Desarrollo del Estado de México 199-2005. Así se puede mantener la importante función ambiental, como la capacitación y almacenamiento de agua pluvial, propiciar la recarga de mantos freáticos; protección de más de una decena de manantiales entre otros.

Tabla 3.9.1. Características de la ANP.

Nombre (año de Decreto)	Superficie total del ANP (ha.)	Superficie protegida en la Región (ha.)	Tipo de vegetación
Parque Estatal para la Protección y Fomento del Santuario del Agua Laguna de Zumpango (2003).	20,108.70	7,447	Chaparrales, matorrales y pastizales.

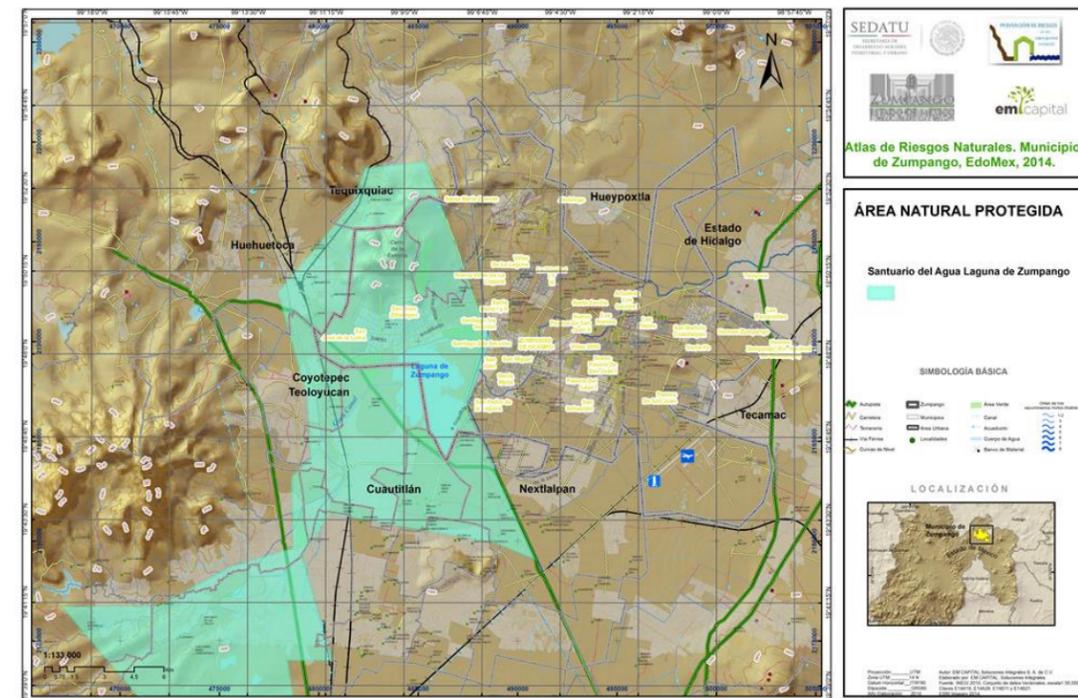


Fig. 3.9. Mapa de Áreas Naturales Protegidas.

### 3.10. Problemática ambiental

En el municipio se tienen identificados 5 tiraderos de basura (3 clandestinos y dos municipales). En estos tiraderos se dispone la basura a cielo abierto sin ningún control favoreciendo la presencia de malos olores y lixiviados que contaminan los suelos.

La laguna de Zumpango, presenta problemas socio-ambientales como lo son la reducción de la cantidad y calidad del agua, pérdida de la biodiversidad, crecimiento urbano desordenado, cambio climático y fenómenos naturales.

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

Para iniciar este diagnóstico es importante señalar que la Región XVI Zumpango la integran siete municipios, el de Zumpango, como cabecera regional, así como los de Apaxco, Hueypoxtla, Jaltenco, Nextlalpan, Tequixquiac y Tonanitla. Cabe aclarar que este último debido a su reciente creación (3 de diciembre de 2003), no se incluye en las series históricas, por lo cual su estadística sólo se toma en cuenta a partir de 2006 y a la fecha, así como en los casos que aplique.

De acuerdo con lo anterior, la Región XVI Zumpango se encuentra entre las zonas metropolitanas del Valle de México (ZMVM) y del estado de Hidalgo, asimismo colinda con tres regiones del Estado de México: la IV Cuautitlán Izcalli, la VIII Naucalpan y la XIV Tultitlán. Dicha ubicación convierte a la Región XVI Zumpango en una zona espacial estratégica que le permite unir al Distrito Federal (DF) y su área metropolitana (ZMVM) con el estado de Hidalgo, localización que también le otorga una particular relevancia en términos económicos y de vinculación, que representan tanto una oportunidad como un reto en el desarrollo de la entidad.

En este contexto, el municipio de Zumpango concentra a la mayor parte de la población de la Región XVI Zumpango. Al respecto es de destacarse que desde 1990 ha incrementado su Índice de Primacía Demográfica de manera constante, ya que en ese año registró un Índice de 73.2, que pasó a ser de 92.7 en 2010. Por el contrario, el municipio con el menor Índice de Primacía fue Tonanitla, con 3.18 registrado el mismo año.

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

En el municipio de Zumpango, habitan un total de 159,647 personas, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, de los cuales el 49.24 % son hombres (en cifras corresponde a 78,608) y el 50.76 % corresponde a población femenina, es decir 81,039 (Fig. 4.1.1).

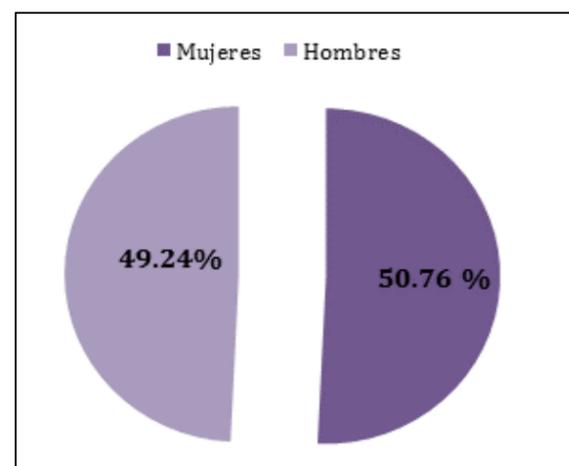


Figura 4. 1.1 Población según género. Municipio Zumpango

En el siguiente mapa (Fig. 4.1.2) se encuentra la distribución de la población total por cada una de las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) que integran al municipio de Zumpango.

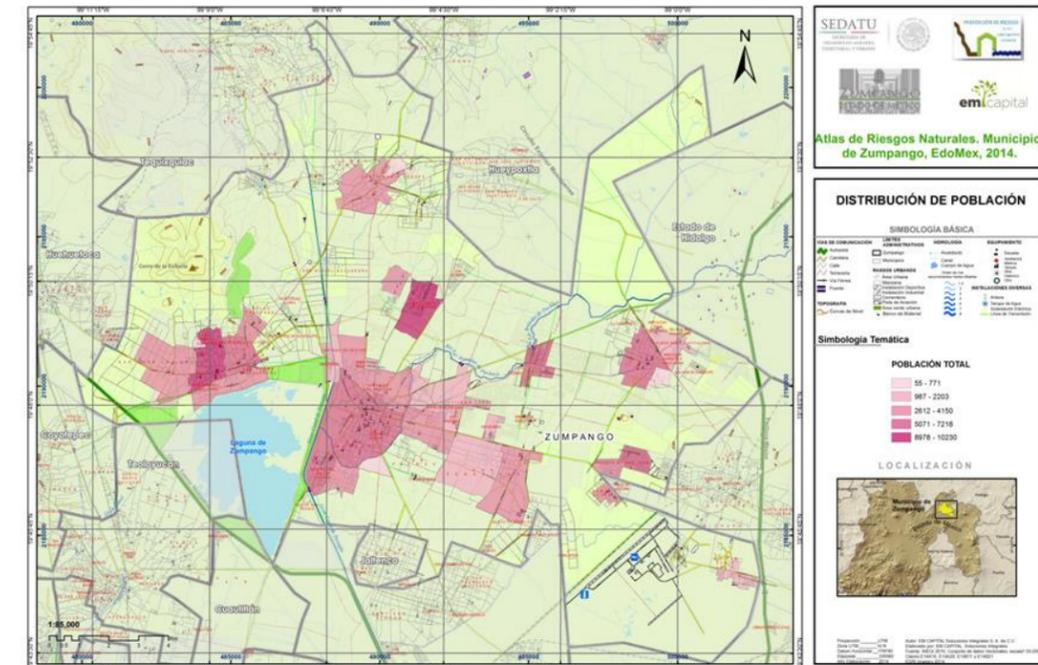
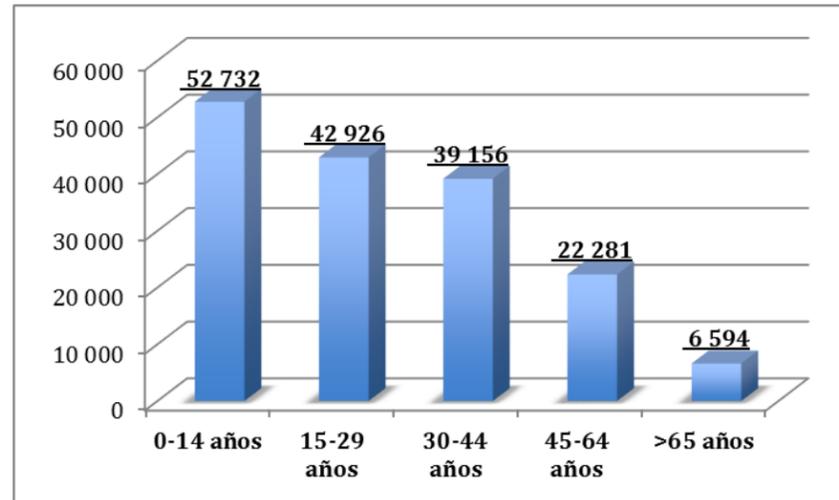


Figura 4.1.2. Distribución de la población por AGEB.

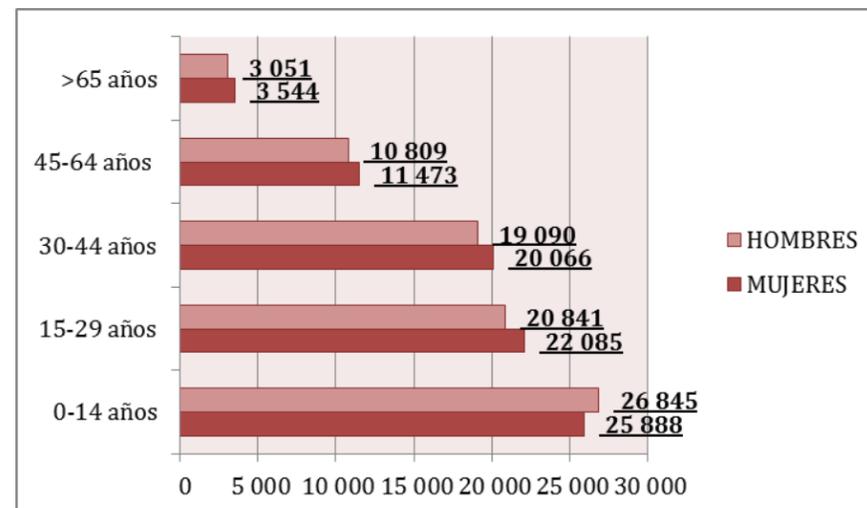
La división en grupos quinquenales de población de acuerdo con las cifras publicadas por el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, muestran que la mayor población se concentra entre las edades de 0 a 14 años, es decir que **la mayor parte de la población es infantil y adolescentes**. De acuerdo con el INEGI, el promedio de edad de la mayoría de la población que vive en el municipio de Zumpango, es de 30-44 años.

En la gráfica de la figura 4.1.3 se puede observar que la población va disminuyendo a partir de los grupos de edades mayores a los 40 años.



**Figura 4.1.3. 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 gráfica poblacional (Fig. 4.1.4), de acuerdo con los resultados del censo poblacional (INEGI, 2010).



**Figura 4.1.4. Pirámide Poblacional por grupo de edad y género.**

Las localidades del municipio de Zumpango en las que se concentra la mayor cantidad de población son tres: Zumpango de Ocampo, San Bartolo Cuautlalpan y San Juan Zitlaltepec, siendo las dos primeras comunidades mayores a 2,500 habitantes. La localidad Zumpango de Ocampo concentra 37.93% del total de la población (Tabla 4.1.1).

**Tabla 4.1.1 Distribución poblacional de las localidades con mayor población.**

Localidad	Población	Porcentaje del total (%)
Zumpango de Ocampo	50,742	37.93
San Bartolo Cuautlalpan	10,989	8.21
San Juan Zitlaltepec	19,600	14.65

La densidad poblacional de Zumpango a nivel es de 159,647 [hab/km<sup>2</sup>], mientras que por área geoestadística básica se tienen los siguientes valores de densidad poblacional (Tabla 4.1.2).

**Tabla 4.1.2. Densidad de población por área geoestadística básica (AGEB).**

AGEB	Densidad de población (Hab/Km <sup>2</sup> )
1201	226.58
1204	4.19
1206	4.35
1207	1.97
12013	15.17
12014	23.17
12019	2.66
12023	11.97
12024	0.2
12031	0.08
12035	5.5
12041	49.07
12045	18.86
12046	87.52
12051	1.14
12054	26.36
12056	16.25
12057	16.12
12059	18.81
12068	8.91
12070	9.81
12072	2.36
12076	3.49
12083	2.6
12090	0.04

AGEB	Densidad de población (Hab/Km <sup>2</sup> )
120103	1.26
120105	0.07
120108	0.05
120111	0.32
120144	0.11
120147	0.11
120148	3.61
120149	0.06
120161	3.59
120162	0.26
120163	7.52
120164	0.04
120168	3.77
120171	1.41
120172	0.19
120173	3.95
120175	45.68
120177	0.25
120178	1.12
120179	0.7
120182	0.51
120183	1.36
120186	0.7
120187	2.5
120198	44.88
120199	0.12
120200	1.66
120201	0.94
120202	6.84
120203	2.04
120204	17.97
120205	1.85

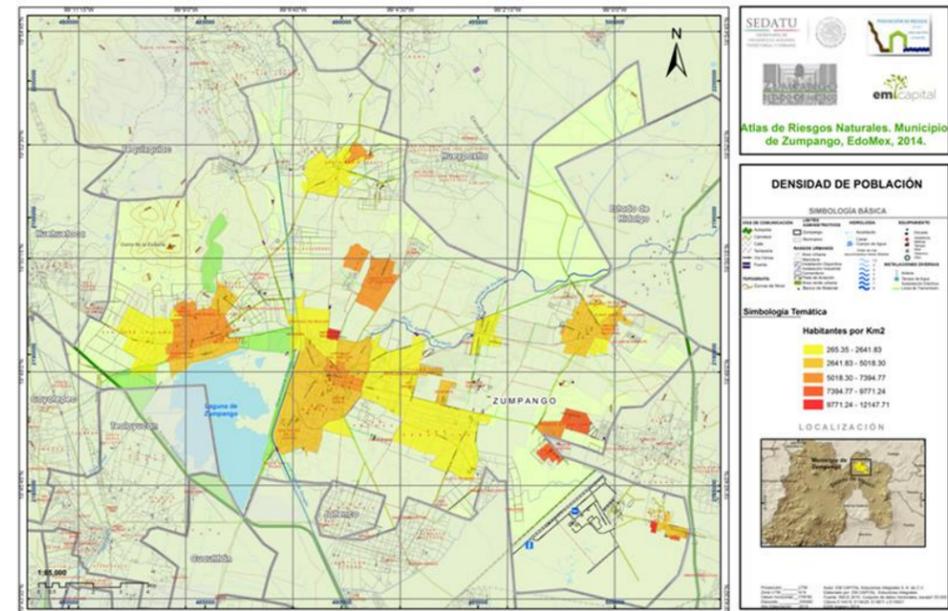
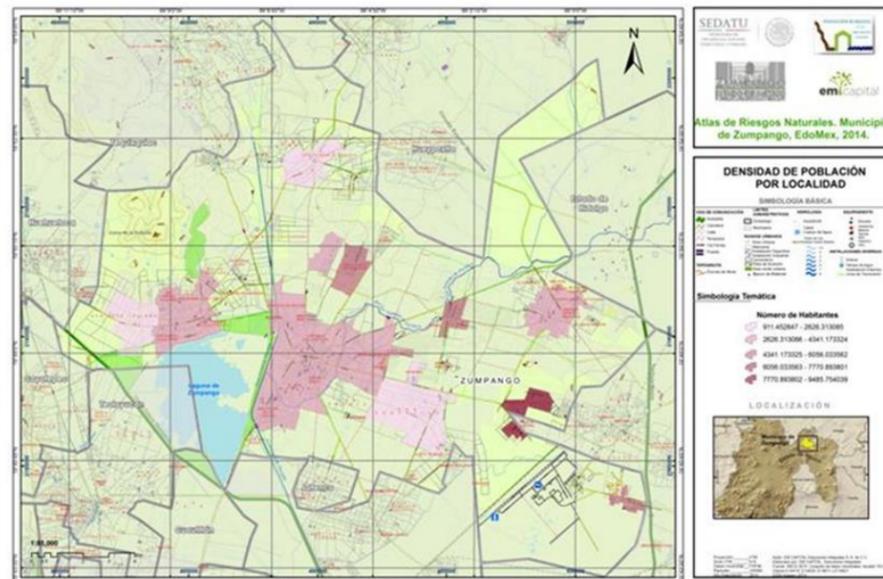


Figura 4.1.5. Densidad de Población por AGEB.



Figura 4.1.6. Densidad de Población por Manzana.

El siguiente mapa, presenta la densidad poblacional 133,780 (hab/km<sup>2</sup>), que se tiene en cada área geostatística básica (Fig. 4.1.5), por manzana (Fig. 4.1.6) y por localidad (Fig. 4.1.7).



**Figura 4.1.7. Densidad de Población por Localidad.**

**Proyección de población al 2030. CONAPO**

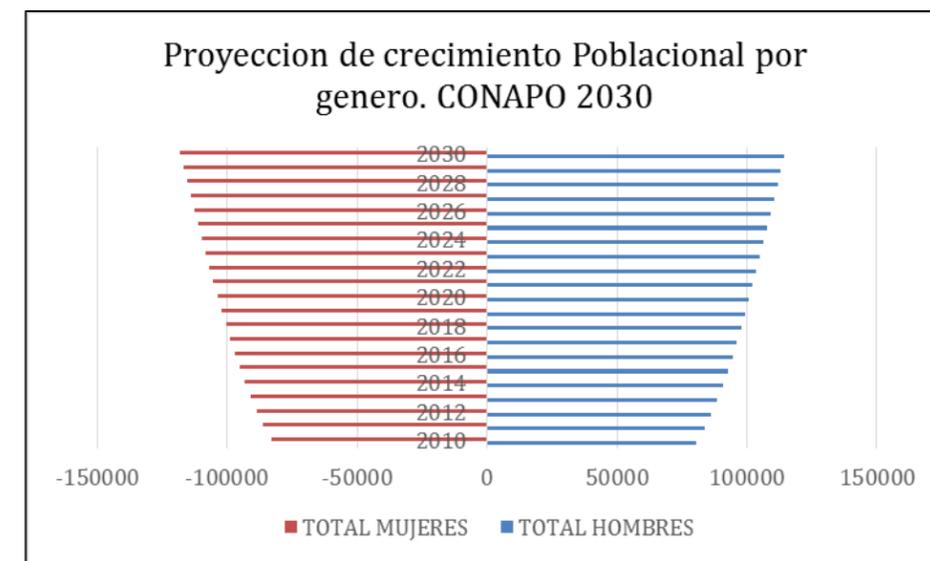
Las proyecciones del volumen, la dinámica y la composición por edades de la población son un instrumento indispensable para llevar a cabo la planeación demográfica, económica, social y política del país. A partir de ellas es posible calcular los requerimientos futuros en materia de educación, empleo, vivienda, salud y seguridad social, entre otros, así como su distribución territorial. El municipio de Zumpango presentó una población total para el 2000 de 99,774 habitantes, concentrándose fundamentalmente en Cabecera Municipal (41.2%), San Juan Zitlaltepec (17.2%) y San Bartolo Cuautlalpan (9.1%).

**Tabla 4.1.3. Proyección de población al 2030.**

Municipio	Sexo	Grupos de Edad	Habitantes 2030
Zumpango	Hombres	0-14	27 963
		15-29	28 492
		30-44	23 279
		45-64	26 490
		65+	8 196
	Mujeres	0-14	26 579
		15-29	27 707
		30-44	24 866
		45-64	29 038
		65+	9 795

**Tabla 4.1.4. Proyección de población al 2030, ambos sexos.**

Municipio	Sexo	Grupos de Edad	Habitantes 2030
Zumpango	Ambos	0-14	54 541
		15-29	56 199
		30-44	48 145
		45-64	55 528
		65+	17 991



**Figura 4.1.8. Gráfica de proyección de población al 2030.**

A su vez, las proyecciones de población permiten estudiar los efectos derivados de variaciones en la fecundidad, la mortalidad y la migración en la estructura por edades.

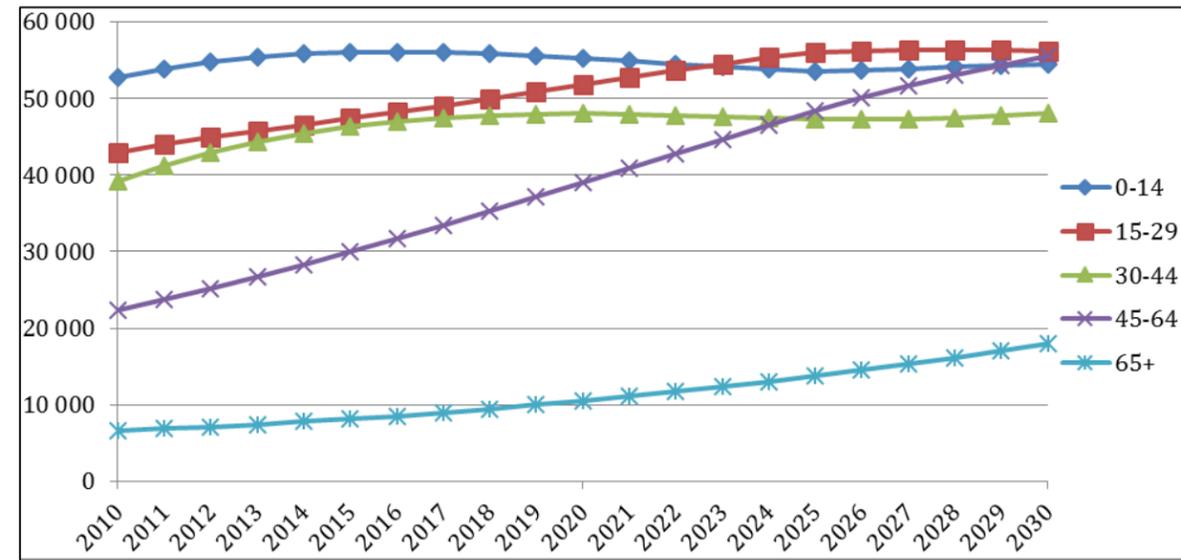


Figura 4.1.9. Proyección de población al 2030. CONAPO.

### Natalidad y mortalidad

Respecto al tema de la natalidad en el 2012 se registraron 3,605 nacimientos, de los cuales 1,768 fueron varones y 1,837 fueron mujeres, en el caso de la mortalidad en el 2012 se registraron 645 muertes, de las cuales 388 fueron hombres y 256 mujeres. Se registraron 55 muertes de menores de un año.

La Figura 4.1.11. muestra una estadística de hijos fallecidos de mujeres de 15 a 49 años con datos del 2010.

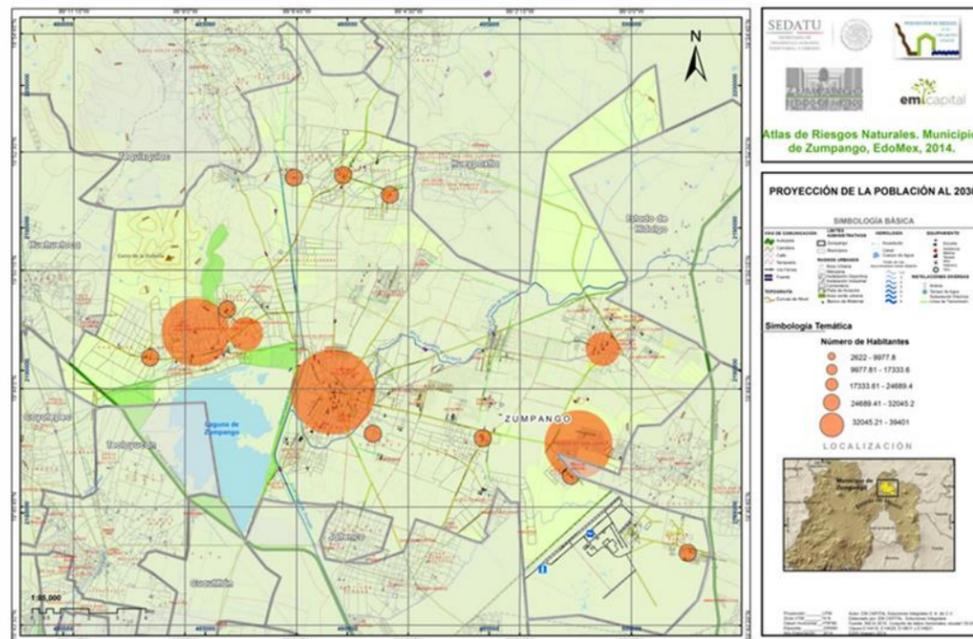


Figura 4.1.10. Proyección de población al 2030.

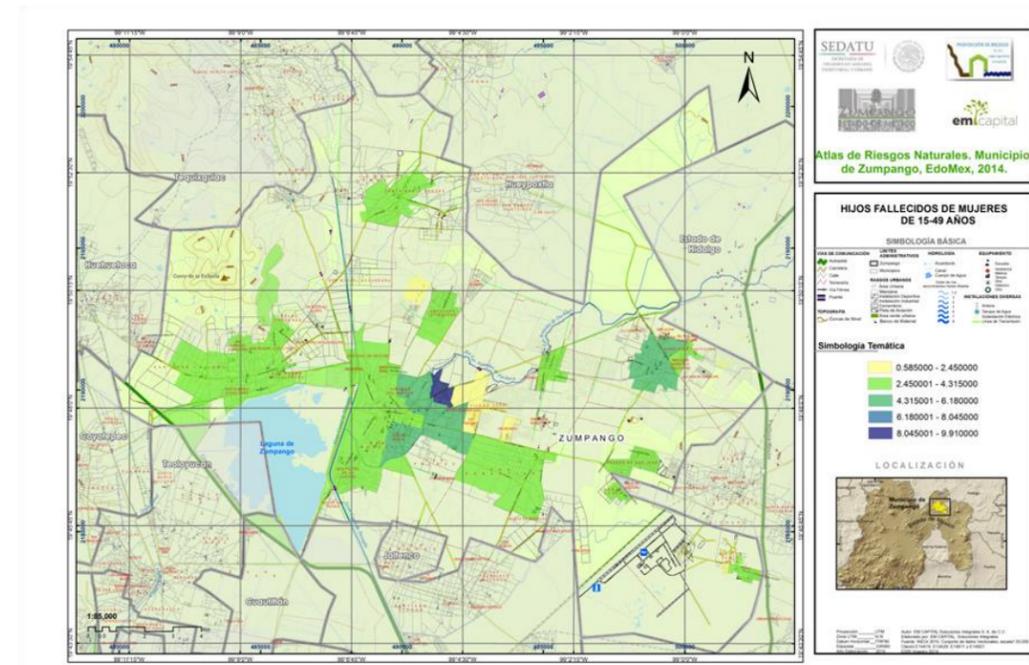


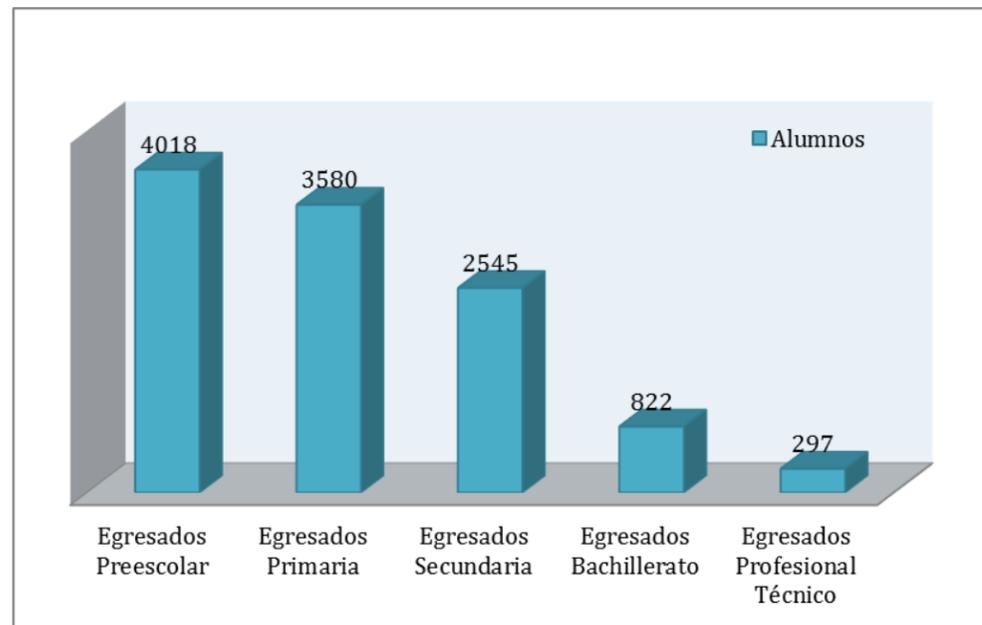
Figura 4.1.11. Hijos fallecidos de mujeres de 15 a 49 años.

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

##### Educación

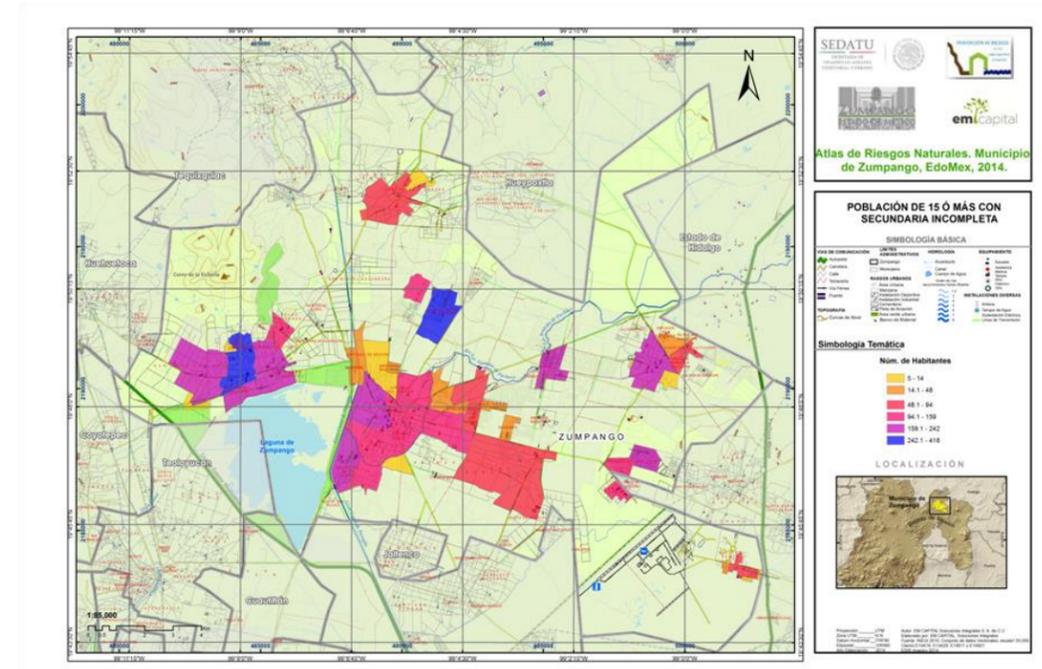
En el municipio se cuenta con un total 190 escuelas básicas y medias; para la impartición en educación preescolar se cuenta con 67, para escuela primaria 71, para secundaria 35, para profesionales técnico 1, para bachillerato 16 y formación de trabajo 5.

La tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años, es de un promedio de 99.3%. El índice de aprovechamiento a nivel primaria fue del 97.3%, a nivel secundaria del 80.3% y de bachillerato del 92%. Los índices de retención para primaria, fue del 95.4%, para secundaria de 93.4% y par\*a bachillerato del 92% (Fig. 4.2.1).



**Figura 4.2.1 Alumnos egresados por nivel educativo en el 2011.**

La figura 4.2.2 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 4.2.2. Población de 15 años o más sin secundaria concluida, por AGEB.**

##### Hacinamiento

En el siguiente mapa (Fig. 4.2.3) se presenta el porcentaje de viviendas por área geoestadística básica con hacinamiento.

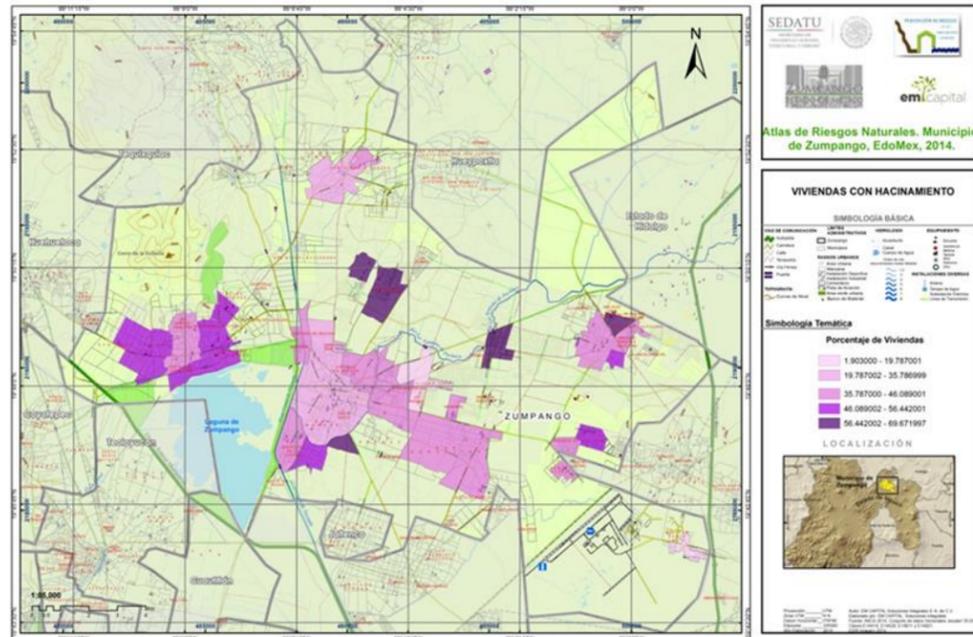


Figura 4.2.3. Viviendas con hacinamiento.

### Discapacidad

De acuerdo con la información publicada en el Censo de Población y Vivienda del INEGI, en el municipio de Zumpango hay 6,301 personas con algún tipo de limitación, representando un 4.18% del total de la población municipal.

Entre las principales limitaciones que presenta la población está la dificultad para caminar, moverse o subir y bajar, se indica que hay 3,197 con esa limitación, 1 956 personas indicaron tener limitación para ver y usan lentes, 546 están limitadas para hablar y 732 para escuchar (Fig. 4.2.4; Fig 4.2.5).

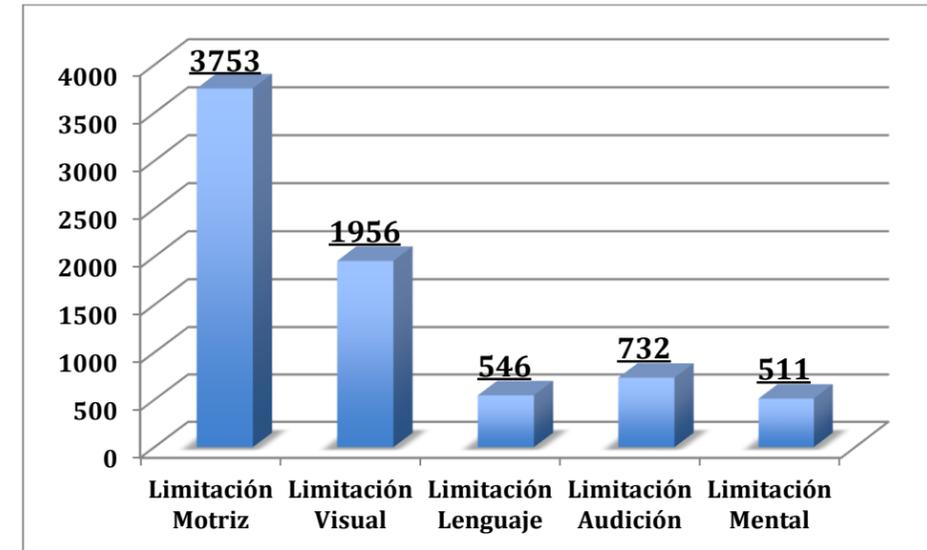


Figura 4.2.4. Distribución de las principales limitaciones de la población.

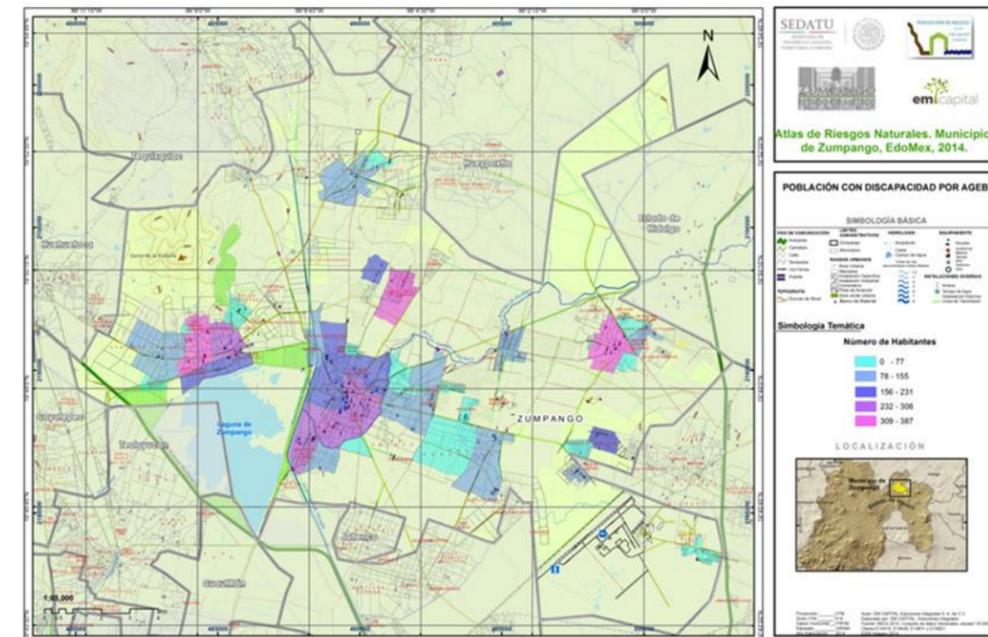


Figura 4.2.5. Población con discapacidad.

En la siguiente tabla se presenta las cifras de población con discapacidad por área geoestadística básica, donde se puede encontrar la población total con algún tipo de limitación, así como las cifras por tipo de limitación (Tabla 4.2.1).

**Tabla 4.2.1. Población con discapacidad por AGEB.**

AGEB	Población con limitación	Limitación motriz	Limitación visual	Limitación del lenguaje	Limitación auditiva	Limitación Mental
15120	6,301	3,753	1,956	546	732	511

### Marginación

De acuerdo con datos publicados por la CONAPO el municipio de Zumpango, Estado de México, está catalogado como un grado de marginación de muy bajo. En las siguientes tablas y figuras (Tablas 4.2.2. y 4.2.3; Fig. 4.2.6) 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 4.2.2. Indicadores de Marginación por AGEB**

Clave AGEB	%Pob. de 15 años o más analfabetas	%Pob. de 15 años o más sin primaria completa	%Ocup. en viviendas sin drenaje, ni excusado	%Ocup. en viviendas sin energía eléctrica	%Ocup. en viviendas sin agua entubada	%Viv. con algún nivel de hacinamiento	%Ocup. en viviendas con piso de tierra	%Pob. en localidades con menos de 5000 hab.	%Pob. Con ingreso de hasta 2 salarios min.
15120	5.72	4.10	14.32	0.76	0.68	4.27	45.03	2.97	29.40

**Tabla 4.2.3. Índices y grado de marginación y lugar ocupado de cada área geoestadística básica a nivel estatal y nacional**

Clave AGEB	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Ind. De Mar. Escala 0-100	Lugar Nacional	Población Total
151201	-1.3111	Bajo	4.2436	103 761	50 742
151204	-1.1185	Bajo	5.7726	98 723	939
151206	-1.2339	Bajo	4.8564	102 213	974
151207	-1.4846	Muy bajo	2.8665	105 739	442
1512013	-1.2589	Bajo	4.6577	102 776	3 398
1512014	-1.3081	Bajo	4.2673	103 705	5 190
1512019	-1.5058	Muy bajo	2.6982	105 896	596

Clave AGEB	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Ind. De Mar. Escala 0-100	Lugar Nacional	Población Total
1512023	-0.8071	Alto	8.2449	84 377	2 681
1512024	0.4914	Alto	18.5529	27 959	45
1512031	-0.0573	Alto	14.1967	46 771	19
1512035	-0.8593	Medio	7.8304	87 147	1 231
1512041	-0.9752	Medio	6.9102	92 727	10 989
1512045	-0.9325	Medio	7.2488	90 782	4 223
1512046	-0.9753	Medio	6.9090	92 733	19 600
1512051	-0.9563	Medio	7.0600	91 884	255
1512054	-1.2309	Bajo	4.8805	102 129	5 904
1512056	-1.5828	Muy bajo	2.0864	106 418	3 639
1512057	-1.1203	Bajo	5.7580	98 790	3 610
1512059	-1.0838	Bajo	6.0479	97 395	4 213
1512068	-1.0332	Medio	6.4493	95 301	1 995
1512070	-0.9611	Medio	7.0217	92 123	2 196
1512072	-0.6799	Alto	9.2544	77 590	528
1512076	-1.4388	Muy bajo	3.2297	105 362	781
1512083	-0.9052	Medio	7.4661	89 470	583
1512090	-1.3950	Muy bajo	3.5773	104 926	8
15120103	0.9711	Muy alto	22.3612	17 243	282
15120105	0.4596	Alto	18.3004	28 823	16
15120108	-0.4419	Alto	11.1436	64 880	11
15120111	-0.8186	Medio	8.1530	85 020	71
15120144	-1.0216	Medio	6.5417	94 805	24
15120147	-0.3972	Alto	11.4987	62 528	24
15120148	-0.8142	Alto	8.1886	84 759	809
15120149	-0.1852	Alto	13.1815	52 414	14
15120161	-1.3713	Muy bajo	3.7656	104 648	804
15120162	-0.3516	Alto	11.8606	60 189	58
15120163	-1.0068	Medio	6.6594	94 142	1 685
151201644	-1.7527	Muy bajo	0.7377	107 369	9
15120168	-1.2125	Bajo	5.0264	101 652	844
15120171	-1.1596	Bajo	5.4465	100 118	316
15120172	-0.6623	Alto	9.3939	76 626	42

Clave AGEB	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Ind. De Mar. Escala 0-100	Lugar Nacional	Población Total
15120173	-0.5503	Alto	10.2831	70 618	885
15120175	-1.3107	Bajo	4.2464	103 750	10 230
15120177	0.4265	Alto	18.0379	29 730	56
15120178	-0.7448	Alto	8.7392	81 050	251
15120179	-0.7947	Alto	8.3431	83 725	156
15120182	0.2385	Alto	16.5450	35 593	114
15120183	-0.3034	Alto	12.2433	57 882	305
15120186	0.0917	Alto	15.3802	40 887	156
15120187	-0.8343	Medio	8.0283	85 851	560
15120198	-1.4599	Muy bajo	3.0624	105 537	10 050
15120199	-0.2844	Alto	12.3940	56 942	26
15120200	-0.5300	Alto	10.4447	69 575	371
15120201	-0.5885	Alto	9.9802	72 681	211
15120202	-1.3116	Bajo	4.2395	103 777	1 532
15120203	-1.4707	Muy bajo	2.9764	105 630	456
15120204	-1.3375	Muy bajo	4.0342	104 194	4 024
15120205	-1.2564	Bajo	4.6777	102 725	414

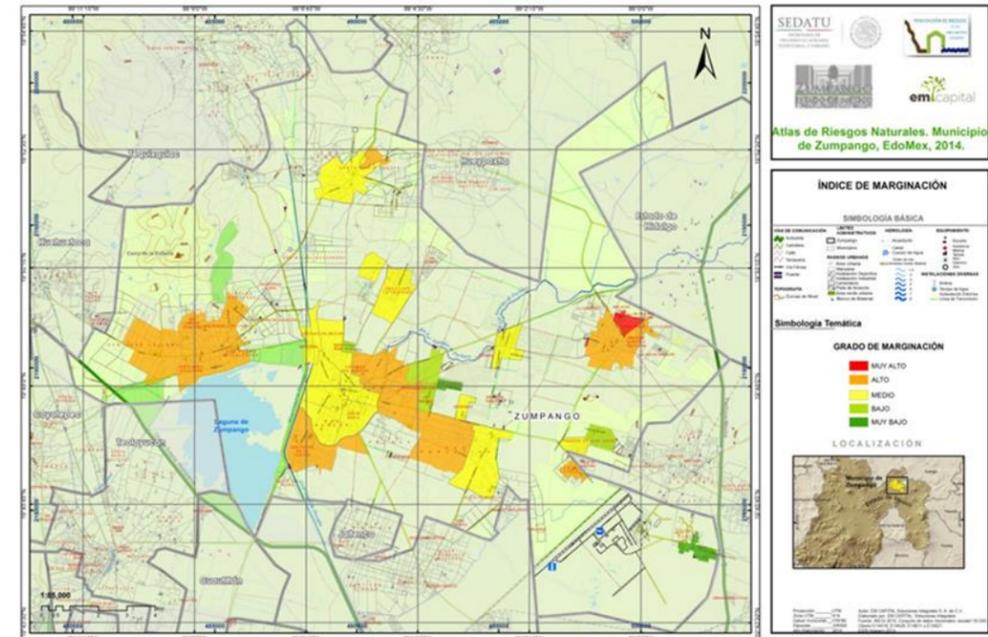


Figura 4.2.6. Índice de marginación por AGEB.

**Pobreza**

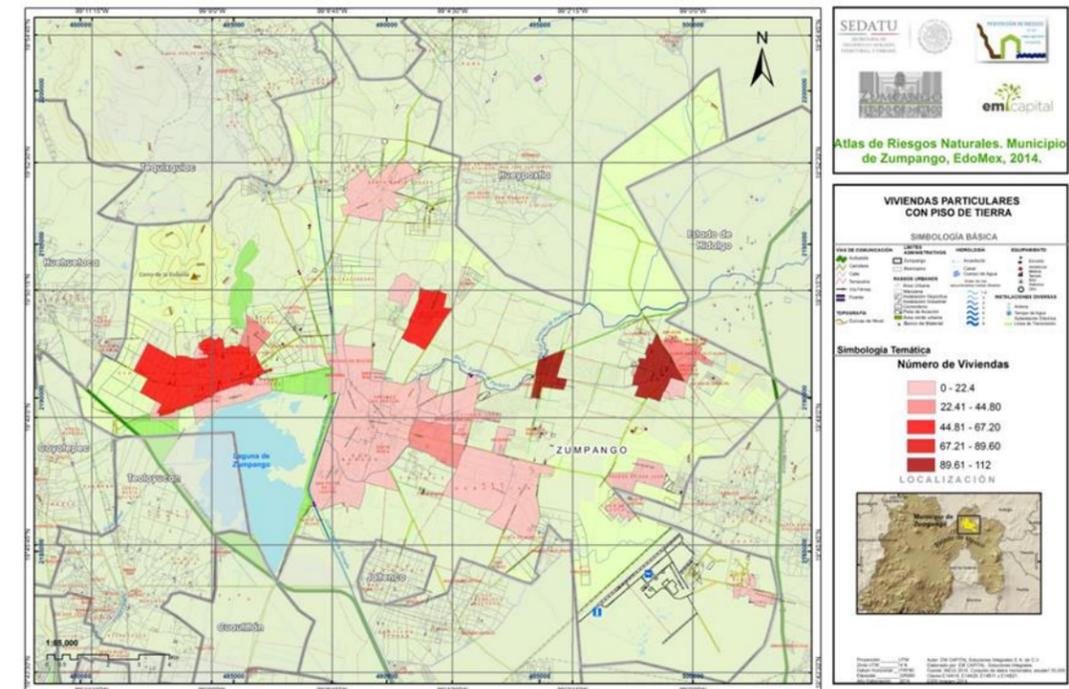
**Hogares, vivienda y urbanización**

En el 2010 se contabilizaron 37,175 hogares, el 81.11% de los hogares tienen jefatura masculina mientras que el 18.89% son hogares con jefatura femenina. La cantidad de viviendas particulares habitadas contabilizadas en el censo de población y vivienda del 2010, fue de 37,645, con un promedio de ocupantes de 4.3 (Figura 4.2.7).

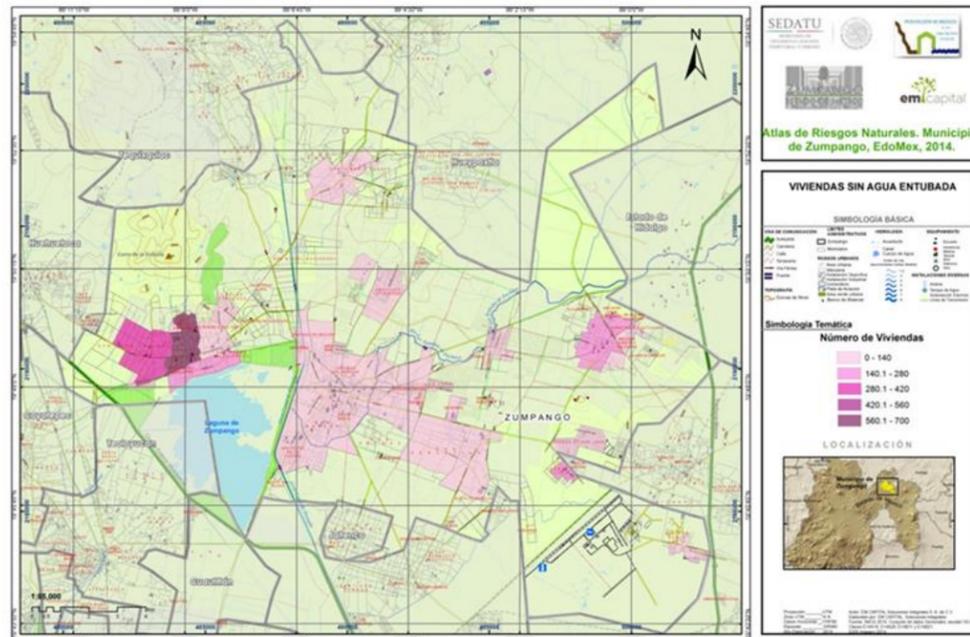


**Figura 4.2.7. Cantidad de viviendas particulares por servicios.**

En los siguientes mapas (Figuras 4.2.8: 4.2.9) se presenta la distribución porcentual de viviendas particulares que no cuentan con el servicio de agua entubada y de viviendas que tienen piso de tierra, los cuales son indicadores para establecer la pobreza y marginación en la que se encuentran los habitantes de estas viviendas.



**Figura 4.2.9. Viviendas con piso de tierra.**

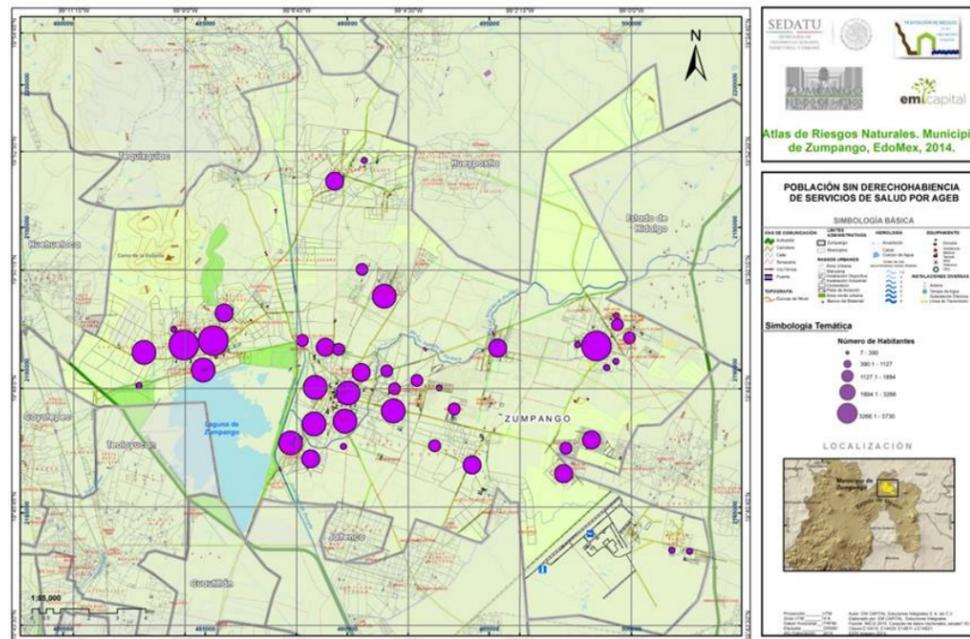


**Figura 4.2.8. Viviendas sin agua entubada.**

## Salud

En total 82,001 habitantes son derechohabientes a algún servicio de salud, de los cuales 45,205 reciben servicio en el IMSS; 8,851 habitantes se encuentran afiliados al ISSSTE y 78,319 a instituciones públicas de Seguridad Social. La población sin derechohabiencia es de 75,629. Se han registrado 11,325 familias beneficiadas por el seguro popular. El total de personal médico disponible durante el 2011 es de 146, donde 23 médicos son parte del personal del IMSS y 71 pertenecen a la Secretaría de Salud del Estado. En el 2011 se contabilizaron 14 unidades médicas, y el promedio de consultas por médico fue de 2 421.

El siguiente mapa (Fig. 4.2.10) 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 4.2.10. Población sin derecho a salud.**

## 4.3. Principales actividades económicas en la zona

De acuerdo al INEGI para el 2011, Zumpango cuenta con 18,694 hectáreas destinadas al uso agropecuario, que representan el 83.47% de la superficie municipal, de las cuales 12,421 hectáreas están destinadas al cultivo de temporal, en tanto para el cultivo de riego con una superficie de 6,273 hectáreas. Adicionalmente, analizando el grado de especialización del municipio se obtiene que es altamente especializado en las actividades agrícolas de riego. En el ciclo primavera-verano del 2011 se cosecharon 17,214 hectáreas, de las cuales 1,450 hectáreas fueron cosechadas de alfalfa, 767 de avena forrajera, 950 de frijol y 70 de trigo de grano. Las principales especies animales en el municipio son las aves, la producción del 2011 en volumen de

carne en canal de gallináceas fue de 7,193 toneladas y 31 toneladas en guajolotes, en la producción bovina fue de 152 toneladas, porcinas en un total de 692 y una tonelada de caprino. Las zonas más productoras se localizan al oriente, norte y nororiente de la Cabecera Municipal.

En el sector manufacturero del municipio de Zumpango cuenta con una base industrial diversificada; sin embargo, presenta una marcada concentración en las siguientes tres ramas: fabricación de sustancias químicas básicas (3512), alimentos preparados para animales (3122) y molienda de nixtamal y fabricación de tortillas (3116); las cuales concentraban en conjunto 40.94% del total de la población que labora en actividades industriales. Por lo anterior, la mayor generación de empleos y de valor agregado radica precisamente en estos sectores, constituyéndose así como los más importantes entre las actividades industriales que se desarrollan en el municipio. Otro sector es el de comercio y servicios el cual no sólo se ha especializado en el desarrollo de actividades comerciales, sino también en la prestación de servicios, tales como: servicios profesionales, restaurantes, bares y servicios de reparación y mantenimiento automotriz.

## 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 61,044 habitantes, de los cuales 18,311 son mujeres mientras que 42,733 son hombres. Se contabilizaron 54,769 personas consideradas como económicamente inactivas.

De la población económicamente activa, 57,488 habitantes están ocupados, 17,626 son mujeres y el 39,862 % son hombres. Mientras que 3,556 personas están desocupadas.

## 4.5. Reserva territorial

En general, el territorio municipal presenta elevaciones hacia el norte en las que prácticamente no existen asentamientos humanos, sin embargo, en la zona centro y sur se presenta una planicie, que no representa inconveniente para el desarrollo urbano.

Por lo anterior, el territorio se divide de manera general en función de las características del subsuelo, pendientes y aptitudes naturales del suelo, determinando la siguiente clasificación:

a) Zonas Aptas al Desarrollo Urbano: Las zonas aptas para el desarrollo urbano en el municipio son las siguientes: La Cabecera Municipal, San Juan Zitlaltepec, San Bartolo Cuautlalpan (zonas medias y zonas bajas). Cabe mencionar que el área urbana de la Cabecera Municipal, se sitúa sobre suelos aluviales susceptibles a inundarse, por lo que presenta algunas restricciones.

b) Zonas No Aptas al Desarrollo Urbano: Las zonas detectadas como no aptas para el desarrollo urbano, se localizan principalmente al norte del municipio, en las inmediaciones de las localidades de Cuevas, San Miguel Bocanegra y San Juan Zitlaltepec, sin embargo, presentan condiciones favorables para el uso agrícola con altos rendimientos. Estas zonas se encuentran condicionadas por el tipo de suelo y las pendientes pronunciadas, así como por las fallas y fracturas existentes.

## 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

En el municipio de Zumpango el peligro volcánico lo representan las formaciones volcánicas de la Sierra de Guadalupe, la Sierra de las Cruces, la Sierra Chichinautzin, y los volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca, ubicadas a distancias de entre 21 y 100 km del municipio, es decir dentro del radio de 100 km, considerado como la zona de influencia volcánica que puede llegar a representar alguna amenaza, a corto o largo plazo (Martínez-Bringas, et al., 2006a).

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.

Dado que un volcán es considerado 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, es necesario hacer un análisis de la actividad eruptiva pasada de las formaciones volcánicas cercanas al área, a fin de determinar si representan algún tipo de peligro para el municipio.

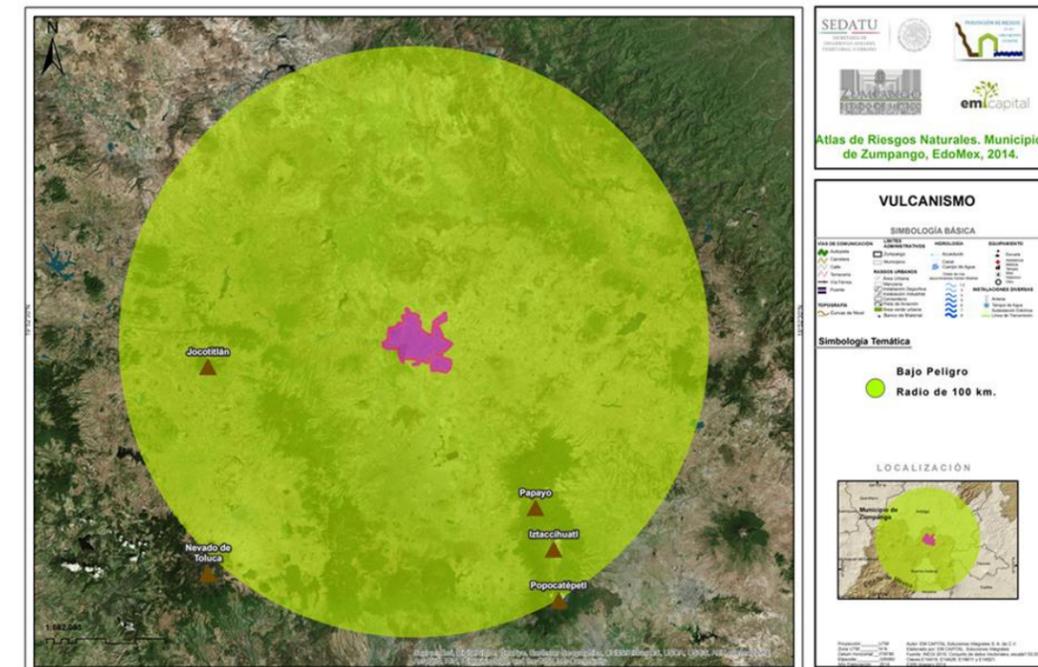


Figura 5.1.1.1. a. Actividad volcánica en un radio de 100 km

#### - Sierra de Guadalupe

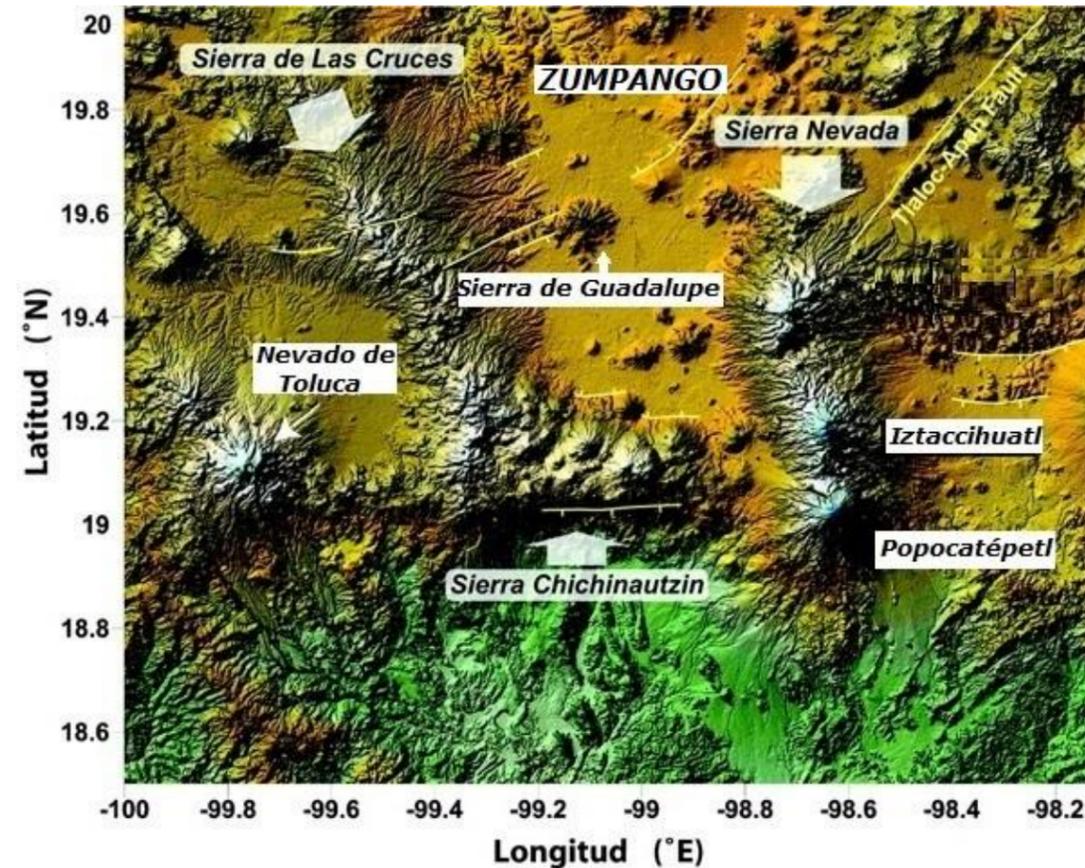
La Sierra de Guadalupe se localiza a 21 km al Sur de Zumpango, está constituida por al menos 8 estratovolcanes (Guerrero, Zacatenco, Jaral, María Auxiliadora, Los Díaz, Tres Padres y Moctezuma), formados por poderosas erupciones explosivas, y por domos resultado de la actividad extrusiva, como son el Gordo, Chiquihuite, Tepeyac, Tenayo, etc. (Lugo y Salinas, 1996), asociados a estas estructuras se encuentran depósitos de caída, avalanchas, lahares, flujos piroclásticos y de lava.

Las rocas predominantes son las andesitas y en menor proporción riolitas y dacitas, lo que muestra la alta explosividad que dio origen a esta Sierra (Ordoñez, 1895; Campa-Uranga, 1965; Lozano-Barraza, 1968). Se distinguen dos tipos de actividad volcánica, el primer tipo y más antiguo se caracteriza por procesos explosivos de gran intensidad que culminaron con procesos extrusivos, el segundo tipo lo representan los procesos efusivos que son escasos y de corta extensión (Lugo y Salinas, 1996).

La actividad volcánica inició con la formación de la fosa Barrientos, a la que se le ha calculado una edad de 14 a 16 Ma (Mioceno) a través de estudios radiométricos (K-Ar) realizados en las rocas dacíticas, (Lozano-Barraza, 1968; Jacobo-Albarrán, 1985), a esta le siguió la formación de la caldera Cuauhtepc del Plioceno inferior (5 Ma), posteriormente la fosa Cuauhtepc, los estratovolcanes y los domos de la periferia. Siguió a estos la formación del volcán Moctezuma y un grupo de domos volcánicos que constituyen la zona más elevada de la Sierra, de entre 2800 y 3000 msnm, y representan la zona que produjo la mayor actividad volcánica (Lugo y Salinas, 1996; Lozano-Barraza, 1968; Mooser *et al.*, 1992).

Al parecer la última actividad eruptiva de Sierra de Guadalupe tuvo lugar hace aproximadamente 11,500-10,000 años (Pleistoceno superior), dando como resultado la formación de un cono de escoria en el poblado de Guadalupe Victoria, (Campa-Uranga, 1965; Lozano-Barraza, 1968).

La actividad volcánica en la Sierra de Guadalupe inició aproximadamente hace de 16 Ma y aparentemente desde hace 10,000 años no se ha reportado nueva actividad, sin embargo, debido a la juventud de las unidades volcánicas, es posible que pudieran llegar a presentar algún tipo de actividad en un futuro. En la actualidad no ha sido registrada ningún tipo de actividad volcánica, por lo que no se considera que representen algún tipo de peligro a corto plazo para el municipio de Zumpango.



**Figura 5.1.1.1.b Ubicación de las formaciones volcánicas activas en un radio menor a 100 km del municipio de Zumpango.**

#### - Sierra de las Cruces

La Sierra de las Cruces se ubica a una distancia de entre 35 y 50 km al Oeste-Suroeste de Zumpango. 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 Bufa (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 5.1.1.1b). La edad de la Sierra de las Cruces es considerablemente variable y están basada 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 (de 3.6 Ma a 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.

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).

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

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 el municipio de Zumpango.

#### - Sierra Chichinautzin

Aproximadamente 61 km al Sur de Zumpango 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 5.1.1.1b) 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 se observan en el volcán Xitle (Márquez et al., 1999). También se han identificado alrededor de diez domos de lava, constituidos por flujos de gran espesor, como es el domo Xicomulco (Cas y Wright, 1996). Asimismo, se presentan 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).

Dada la edad de la Sierra Chichinautzin de menos de 10,000 años, se considera activa. Sin embargo, al igual que en el caso de las Sierras mencionadas 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 Zumpango.

#### - Volcán Nevado de Toluca

El Nevado de Toluca o Xinantécatl se localiza a aproximadamente 100 km al suroeste del municipio de Zumpango. Es un estratovolcán complejo con una elevación de 4,680 msnm y representa la cuarta cima más alta del país. Su edad es Pleistoceno tardío-Holoceno y está constituido por andesitas y dacitas calcialcalinas (Bloomfield y Valastro, 1974; Cantagrel et al., 1981; García-Palomo et al., 2002) (Figura 5.1.1.1b). Lo conforman dos cráteres antiguos en forma de anfiteatro (flancos SE y NE), relacionados con el colapso parcial del edificio.

Presenta un cráter truncado de forma 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, que fue destruido por una erupción hace 10,445 ± 95 años. En el interior del cráter existen dos lagos denominados el Sol y la Luna, separados por un domo dacítico central conocido como "El Ombligo" (Macías, 2005).

El Nevado de Toluca se ha caracterizado por erupciones muy explosivas con períodos largos de descanso. 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).

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), estas erupciones han originado 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 ± 2,000 años, y produjo el Flujo de Pómez Rosado (Macías et al., 1997a). Después de este evento eruptivo, hace 37,000 - 28,925 años, se presentaron dos eventos de destrucción de domos (VEI=4) que produjeron el depósito de flujos de bloques y ceniza (Bloomfield y Valastro, 1977; Macías et al., 1997a) y ocurrió el emplazamiento del domo parásito del Cerro Gordo.

Hace 26,610 ± 1,208 años el volcán tuvo una erupción vulcaniana (VEI=3) 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). Le siguieron cinco erupciones vulcanianas (VEI=1-2), de las cuales se han fechado el flujo de pómez La Ciervita de edad 24,000 ± 500 años (Aceves-Quezada et al., 2006); ceniza Las Huertas de edad 15,340 ± 150 años (Newton y Metcalf, 1999) y el flujo de pómez de edad 13,400 ± 350 años (Aceves-Quezada et al., 2006). Una nueva erupción pliniana (VEI=3), ocurrió hace 12,040 ± 92 años y depositó la Pómez Blanca Intermedia (Cervantes de la Cruz, 2001).

Posteriormente se depositaron extensas capas de pómez de caída, la Pómez Toluca Superior, producto de una erupción ultrapliniana (VEI=5) ocurrida hace aproximadamente 10,445 ± 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. 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 de edad de 3,140 ± 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

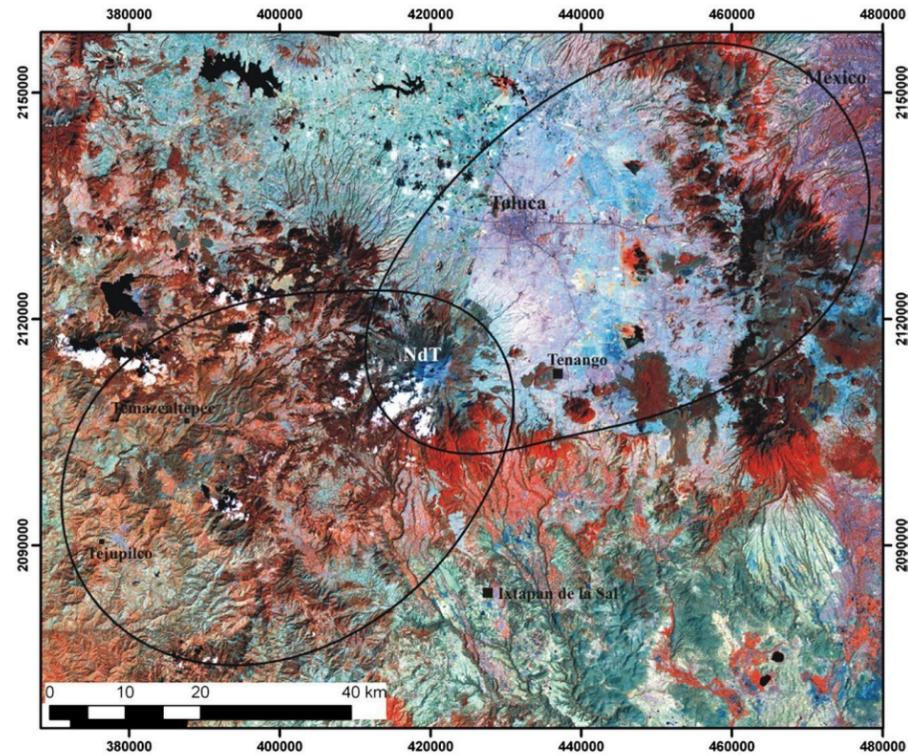
al Nevado de Toluca como un volcán activo en estado de quietud. La Tabla 5.1.1.1 es el resumen de la historia eruptiva del Nevado de Toluca.

**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 Ultrapliniana. Columna eruptiva de 35 km.
± 3,100	Flujos de ceniza

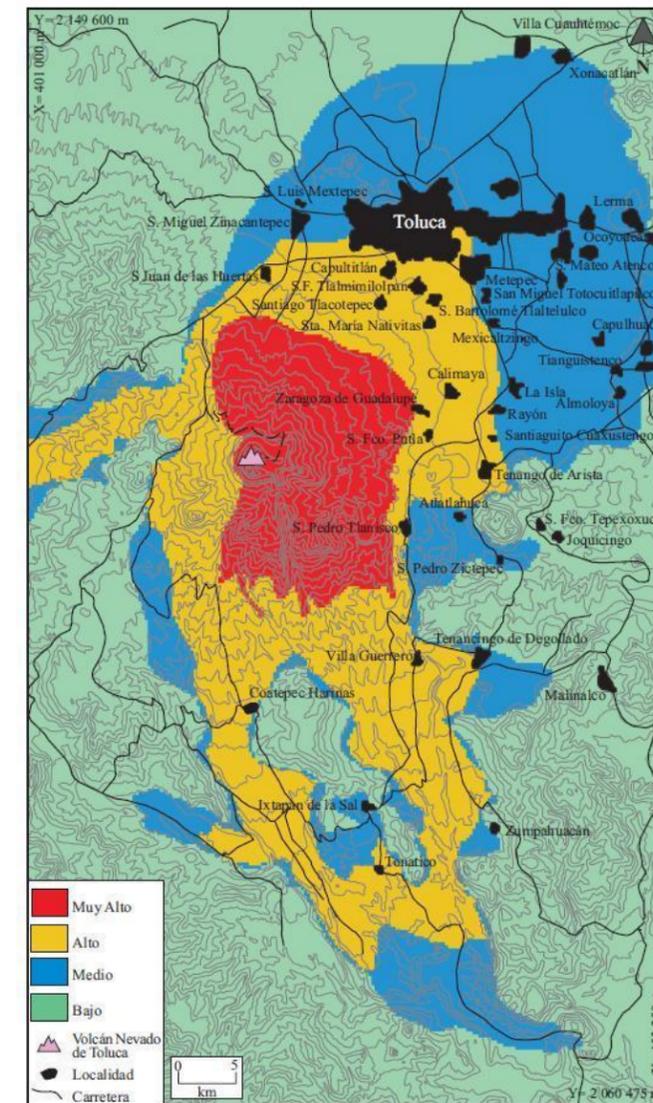
De acuerdo con los estudios stratigráficos, durante los últimos 42,000 años, el Nevado de Toluca ha presentado al menos 12 erupciones importantes a intervalos de entre 1,000 y 8,000 años (Capra et al., 2008). Debido a la escasa la información con que se cuenta hasta el momento, no ha sido posible identificar 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.

Sin embargo, de ocurrir nuevamente una erupción como la de hace 10,500 años, el territorio de Zumpango se vería fuertemente afectado por material de caída. En la Figura 5.1.1.2 se muestra un mapa que simula una erupción similar a la de hace 10,500 años, con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) 6, en el que se observan las áreas que resultarían afectadas por la caída de pómez y ceniza, con un espesor de 10 cm (Capra et al., 2008). Zumpango se ubica aproximadamente a 15 km al norte de esta zona, por lo que podrían esperarse espesores de alrededor de 5 cm en el área del Municipio, lo que acarrearía graves problemas a la infraestructura y a la salud de la población.



**Figura 5.1.1.2 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. La Figura 5.1.1.3 es el Mapa de Peligros del Nevado de Toluca, en donde se muestran las áreas afectadas por los diferentes peligros volcánicos en erupciones de todo tipo (Aceves-Quezada et al., 2006).



**Figura 5.1.1.3 Mapa de Peligros del Nevado de Toluca (Aceves-Quezada et al., 2006).**

**- Volcán Popocatepetl**

La Sierra Nevada está constituida principalmente por el volcán considerado extinto Iztaccihuatl y el volcán activo Popocatepetl (Figura 5.1.1.1b). El volcán Popocatepetl se localiza a 96 km al Sureste de Zumpango, 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. El primer edificio volcánico formado y que constituye la base del actual Popocatepetl 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 entre 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 Popocatepetl, edificado por una serie de depósitos piroclásticos y coladas de lava de composición andesítica-dacítica (Macías, 2005).

El Popocatepetl a lo largo de su historia ha sido recurrentemente activo presentando una gran variedad en sus formas de actividad eruptiva. Durante los últimos 20,000 años, la actividad explosiva del Popocatepetl 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 fueron 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 Popocatepetl.

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 entre 3 y 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	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 solfatárica considerable
1920-1927	Actividad explosiva
1992-1993	Actividad fumarólica
1994-a la fecha	Actividad explosiva

La Figura 5.1.1.4 muestra el mapa de peligros del volcán Popocatepetl, en el que se observa que el peligro volcánico potencial para el municipio de Zumpango son los materiales volcánicos de caída (ceniza volcánica). Zumpango se ubica dentro del Área 3, que de acuerdo con el mapa, corresponde a un área la cual sería menos afectada por la caída de arena volcánica y pómez. No habría caída durante erupciones pequeñas pero podrían acumularse varios 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 5.1.1.5 (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.

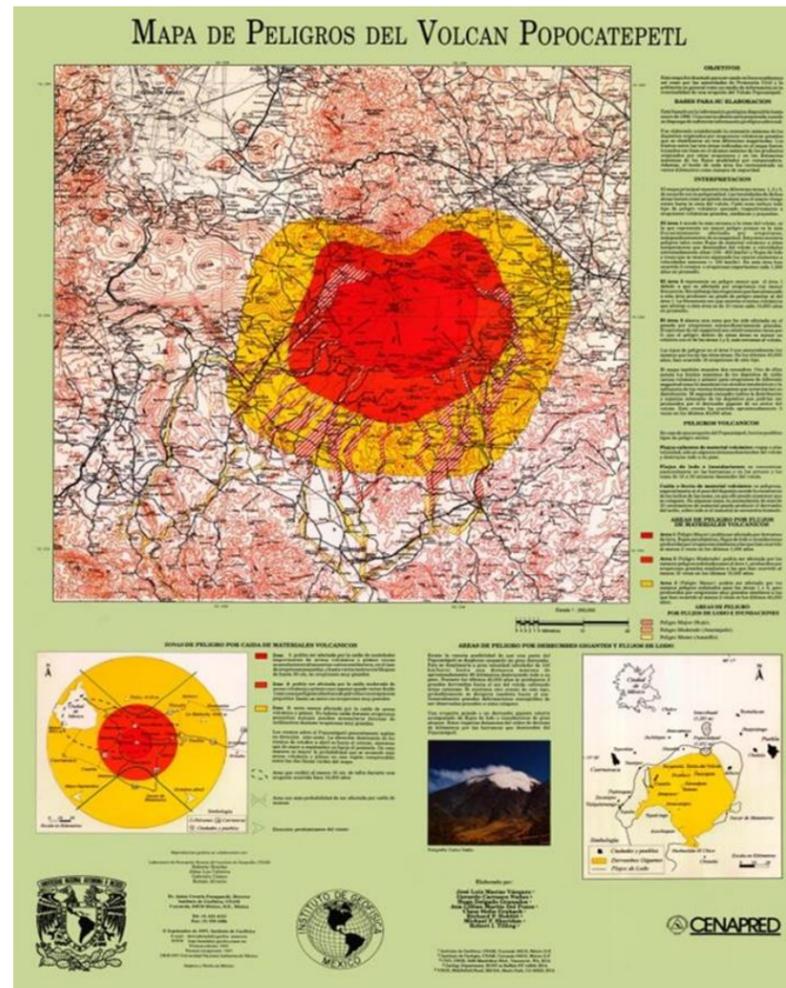


Figura 5.1.1.4 Mapa de peligros del volcán Popocatépetl (Macías et al., 1997b).

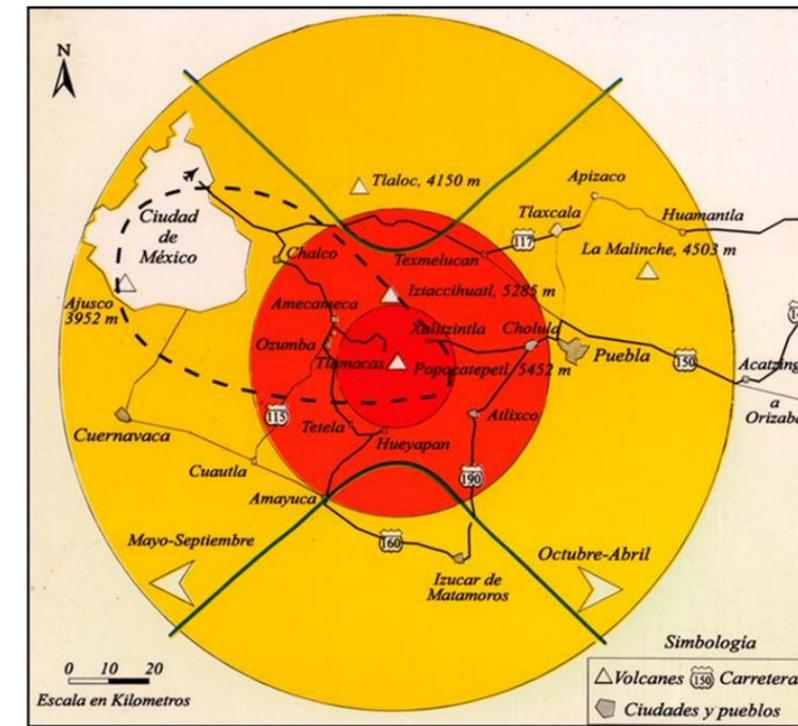
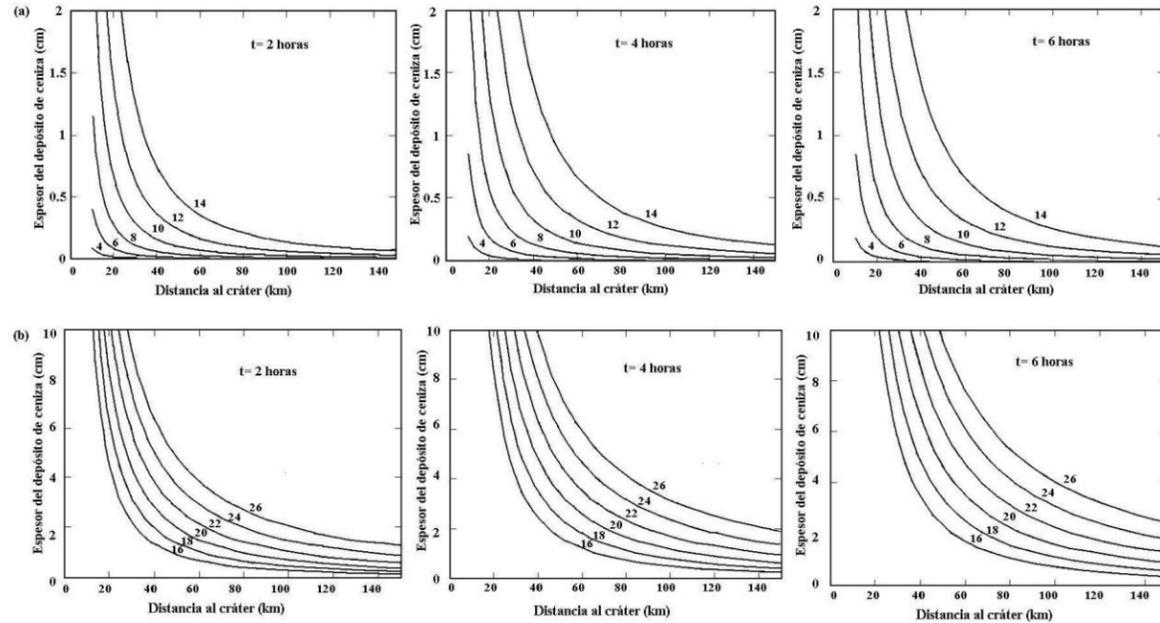


Figura 5.1.1.5 Zonas de peligro por caída de materiales volcánicos del mapa de peligros del volcán Popocatépetl (Macías et al., 1997b).

**- Peligro por ceniza volcánica**

De acuerdo con el análisis del peligro volcánico para la región de Zumpango, el peligro volcánico potencial lo representa la caída de cenizas. En las gráficas de la Figura 5.1.1.6 se muestra la estimación de espesores de ceniza volcánica en función de la distancia, en escenarios eruptivos del volcán Popocatépetl, que actualmente es la única fuente volcánica que se encuentra en erupción, dentro del área de peligro para Zumpango.

Se consideraron erupciones con duraciones de 2, 4 y 6 horas, velocidad del viento de 50 km/h y dirección hacia Zumpango; 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 Zumpango varía de alrededor de 0.1 cm, para un evento de dos horas de duración y una columna de 4 km de altura, hasta 4.5 cm para el escenario extremo de una erupción con duración de 6 horas y una columna eruptiva de 26 km de altura.



**Figura 5.1.1.6 Estimación de espesores de cenizas volcánicas en función de la distancia, para erupciones del volcán Popocatepetl, en 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 alcanzan 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 para la gente y vehículos en movimiento, 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)**

La inhalación de la ceniza puede provocar el empeoramiento de enfermedades pulmonares, asma, silicosis por exposición prolongada al aire libre.  
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.  
Puede causar daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea.  
Colapso de techados: Capas de ceniza de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de techados con pendientes menores a 20°; y/o con estructuras de mala calidad.  
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.  
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.  
Interferencias de radio y televisión, así como fallas en el suministro eléctrico.  
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 preparada para trabajar en medios muy abrasivos.  
La ceniza disminuye rápidamente la capacidad de filtración del suelo, taponando cañerías y cauces de agua, aumentando considerablemente el riesgo de inundaciones.  
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.  
Este fenómeno afecta también a la ganadería, arruinando pastos y dañando considerablemente la lana de los animales.  
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.  
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.  
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.  
Pueden ocasionar accidentes de automóviles (carreteras resbaladizas y escasa visibilidad). Accidentes aéreos, por ingreso de ceniza en los motores.

En función de la baja probabilidad que presentan, cualquiera de las fuentes volcánicas cercanas a Zumpango, de generar un fenómeno volcánico de tal magnitud que pudiera, en un momento dado, afectar a la zona de acuerdo a las condiciones actuales de actividad del Nevado de Toluca, de la Sierra de las Cruces, Sierra de Guadalupe, Sierra Chichinautzin y volcán Popocatepetl, se puede considerar que el peligro volcánico en el municipio de Zumpango es de nivel **BAJO** con un grado de detalle de estudio de Nivel 3.

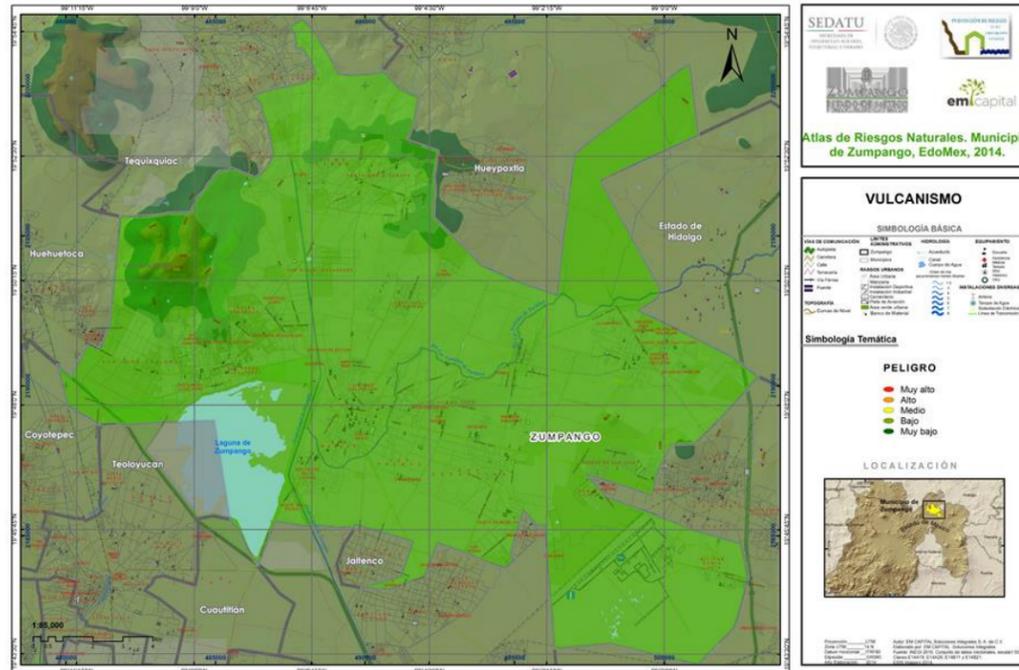


Figura 5.1.1.7. Mapa de peligro volcánico.

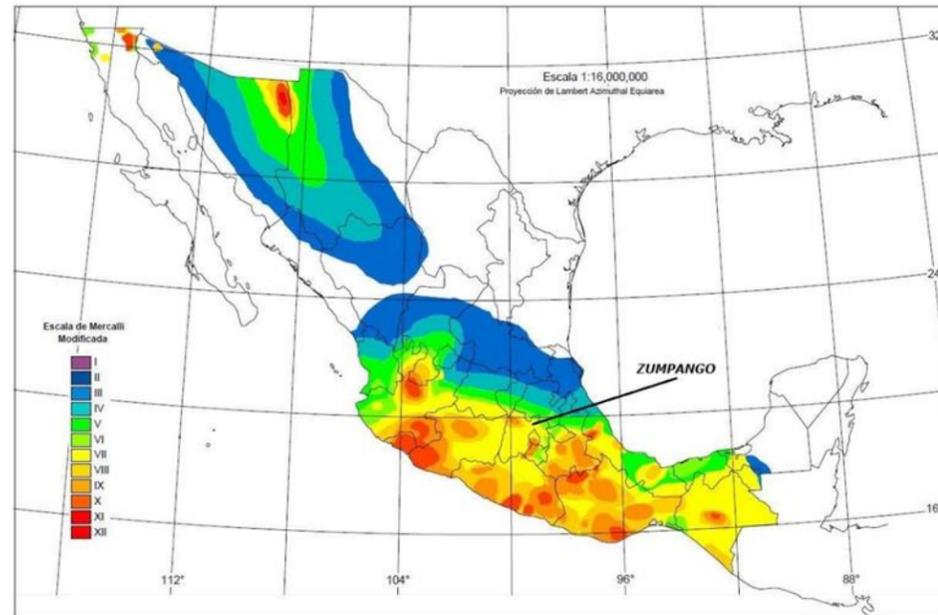
### 5.1.2. Sismos

La Cuenca de México, a la que pertenece el municipio de Zumpango, se encuentra ubicado 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.

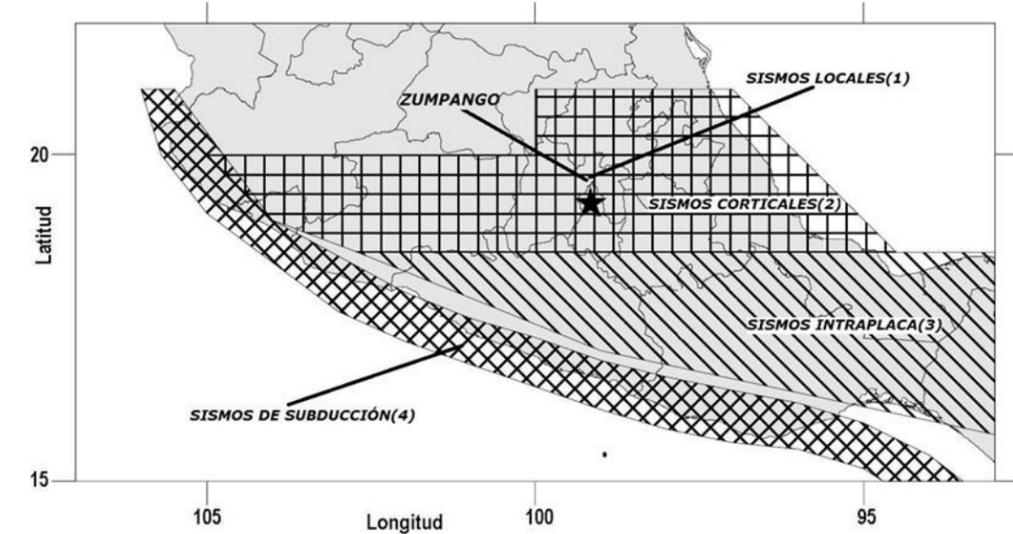
De acuerdo a la distribución general de intensidades (Mercalli Modificado 1931, MM) de la República Mexicana, realizada con base en los sismos ocurridos de 1845 a 1985 (Figura 5.1.2.2), Zumpango ha sido afectado, en forma general, con intensidades máximas del orden de VII (MM).



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

Lo que significa, según la escala de intensidades de Mercalli Modificado 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 sísmogénicas 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 Zumpango 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 sísmogénicas que afectan al municipio de Zumpango (Ordaz et al., 2000).**

- Fuente: Sismicidad local (1).

La sismicidad local se refiere a los sismos originados dentro del territorio de Zumpango y sus alrededores, con magnitudes menores a 5.5 ( $M \leq 5.5$ ) y profundidades menores a los 10 km. Los sismos locales se presentan como una fuerte sacudida vertical casi instantánea, seguida por vibraciones rápidas de muy corta duración. El origen de este tipo de sismos es difícil de asociar a alguna estructura geológica en particular. Frecuentemente estos sismos son acompañados de un fuerte ruido subterráneo, y en ocasiones se presentan como una secuencia o enjambres de varios eventos en corto tiempo y ubicaciones epicentrales cercanas.

En la zona de Zumpango no es posible conocer con detalle este tipo de sismicidad debido a la carencia de datos y estaciones sísmicas en la zona, tampoco se cuenta con documentación o registros históricos de sismos originados dentro de los terrenos del Municipio. En la Tabla 5.1.2.1 se presentan los sismos registrados por el Servicio Sismológico Nacional (SSN), cercanos a la zona de Zumpango de 1998 a la fecha.

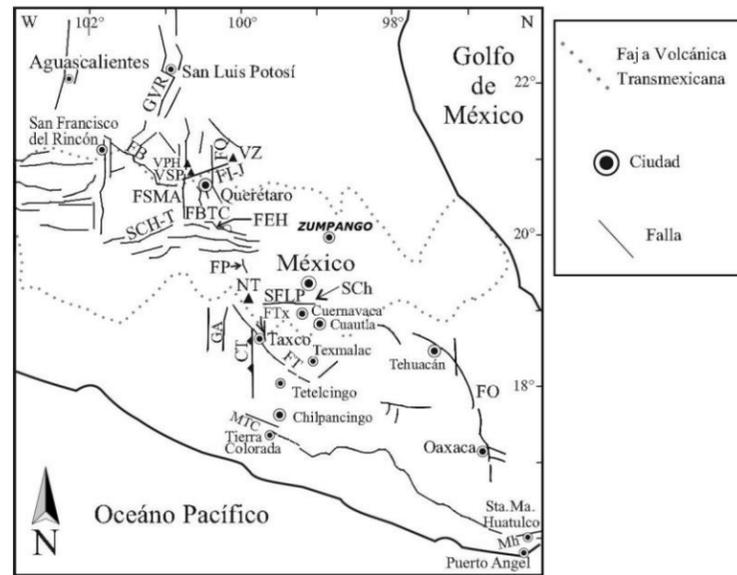
**Tabla 5.1.2.1 Sismos registrados en la zona de Zumpango de 1998 a 2014 (Servicio Sismológico Nacional, SSN, <http://www.ssn.unam.mx/>).**

Fecha	HHMMSS	Lat N	Lon W	Prof km	Mag	Descripción
1998-07-04	02:45:01	19.82	99.16	11	3.2	Eje Volcanico Central
2004-10-08	02:08:58	19.64	99.18	20	2.8	Eje Volcanico Central
2009-07-14	04:18:19	19.83	99.14	13	3.6	2 km al noreste de S Juan Zitlaltepec, Mex
2013-08-11	14:57:17	19.78	98.94	10	3.1	3 km al noreste De Sta Maria Ajoloapan, Mex.
2013-09-23	03:03:40	19.92	99.09	3	3.4	6 km al este de Tequiquiac, Mex

- Fuente: Sismicidad cortical (2).

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 ( $M \leq 7.0$ ) que producen daños locales, este tipo de sismos son poco frecuentes.

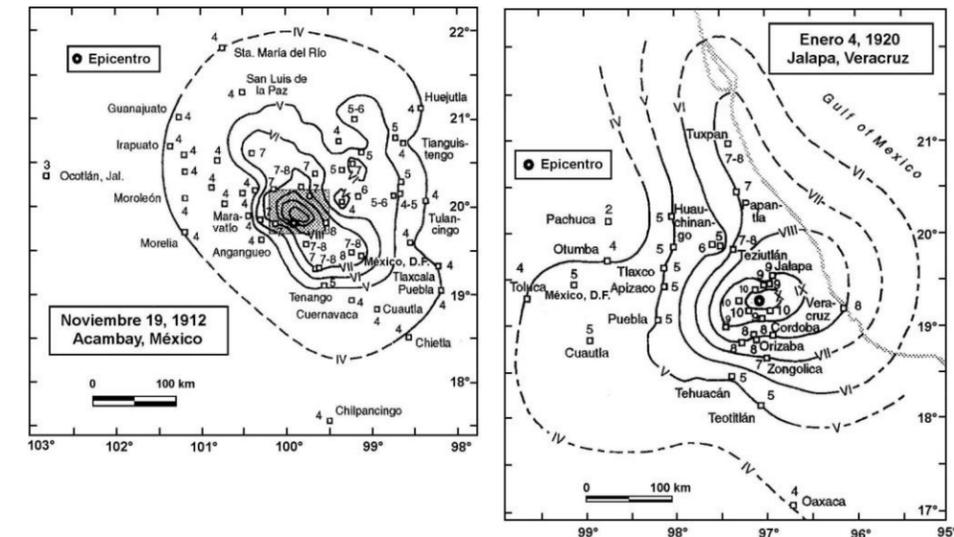
El municipio de Zumpango se ubica en la región central de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), la que se caracteriza por la presencia de sismicidad cortical (Engdahl, 1988). Esta sismicidad tiene su origen en las numerosas fallas normales con dirección E-W presentes en la Faja, se percibe su presencia a través de pronunciados escarpes que presentan distintos grados de actividad sísmica (Figura 5.1.2.4) (Suter et al., 1992, 1995a, 1995b). Las profundidades de estos sismos son generalmente menores a 20 km, y dependiendo de su cercanía a Zumpango pudieran llegar a ser muy destructivos. Como ejemplo de este tipo de sismos que han afectado al Municipio se tiene el de Acambay, Edo. de México, en 1912 y el de Jalapa, Veracruz en 1920. La Figura 5.1.2.5, muestra la distribución de intensidades sísmicas (mapa de isosistas) con que se manifestaron estos dos sismos.



**Figura 5.1.2.4 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), se manifestó con una intensidad de V-VI (MM) en Zumpango, produciendo algunos daños, en la zona de Acambay provocó más de 700 víctimas entre muertos y heridos (Reinoso, 2007). Este sismo fue claramente sentido hasta Santa María del Río, San Luis Potosí; Chilpancingo, Guerrero; Ocotlán Jalisco y la zona oeste del estado de Puebla (Figura 5.1.2.5) (Suter et al., 1996).

El sismo del 4 de enero de 1920, ocurrido en Jalapa, Ver., causó graves daños en Veracruz. En Zumpango se manifestó con una intensidad de IV (MM) (Figura 5.1.2.5), fue sentido por muchas personas en los interiores, vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; crujido de muros, balanceo de vehículos de motor estacionados (Suter et al., 1996).



**Figura 5.1.2.5 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).**

- Fuente: Sismicidad intraplaca de profundidad intermedia (3).

La sismicidad intraplaca se origina por 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 bajo la placa continental. Esta fuente produce sismos de profundidad intermedia (40-100 km) y magnitudes de alrededor de 7.0 y son más frecuentes que la sismicidad cortical. El rango de intensidades con que se han manifestado estos sismos en Zumpango es de II-VII (MM). Sismos de este tipo son como el de Huajuapán de León, Oaxaca en 1980 ( $M=7.0$ ) y el ocurrido el 15 de junio de 1999 en Tehuacán, Puebla ( $M_w=7.0$ ), que produjo intensidades de V (MM) en Zumpango (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 de moderadas a grandes, y ocupan más de la cuarta parte del total de los grandes sismos ocurridos en el país, además de que sus hipocentros se localizan generalmente bajo las áreas más densamente pobladas del país, lo que ha provocado que estos sismos hayan sido los causantes de numerosas muertes y daños materiales a lo largo de los dos últimos siglos en las poblaciones del altiplano mexicano.

La Tabla 5.1.2.2, contiene algunos de los sismos intraplaca más importantes registrados, y que han sido sentidos en Zumpango. Se observa que los sismos se han manifestado con intensidades de III a V (MM), lo que indica desde daños moderados.

**Tabla 5.1.2.2 Sismos intraplaca sentidos en Zumpango de 1900 a la fecha (Figuroa, 1963; Figuroa, 1975; Yamamoto et al., 1984; Alcocer et al, 1999; López et al., 1999)**

Fecha	Lat. N	Lon. W	Prof (km)	Mag.	Intensidad (MM) en Zumpango
3-febrero-1911	17.850	97.630	80	7.3	III-IV
9-febrero-1928	17.850	97.630	84	6.5	III
16-abril-1928	17.750	97.100	80	7.7	IV
15-enero-1931	16.340	96.870	40	7.8	IV
26-junio-1937	18.480	96.080	85	7.3	III
11-octubre-1945	18.320	97.650	95	6.5	III
24-mayo-1959	17.720	97.720	80	6.8	III
28-agosto-1973	18.300	96.530	84	7.0	IV
24-octubre-1980	18.030	98.270	65	7.0	IV
15-junio-1999	18.200	97.470	80	7.0	V

- Fuente: Sismicidad de subducción (4).

La cuarta y más importante fuente sísmica que afecta a Zumpango es el proceso de subducción de la placa de Cocos y Rivera bajo la Norteamericana, que es la que da origen a los sismos de más grandes magnitudes ( $M > 8.0$ ) ocurridos en la República Mexicana (Suárez y Singh, 1986; Pardo y Suárez, 1995), así como también debido a la frecuencia e intensidad que alcanzan estos sismos. 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 Cuenca de México, se originan en la zona de subducción del Pacífico mexicano. Estos terremotos se generan a distancias de entre 280 y 550 km, y son sentidos en la región como un movimiento oscilatorio horizontal de período largo.

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

Esta fuente ha 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 los temblores de subducción generan el 85% de la energía sísmica de todo México (Lomnitz, 1994), y son los que históricamente han causado los mayores daños.

El sismo del 19 de Septiembre de 1985 ( $M=8.1$ ), se localizó en la costa de Michoacán, a una distancia aproximada de 400 km de Zumpango, se manifestó con una intensidad variable que alcanzó un valor de IX (MM) en algunas partes de la Ciudad de México. 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 Cuenca de México; por que las características y propiedades del subsuelo desempeñan un papel importante en eventos tan grandes (Díaz-Rodríguez, 2006).

**Tabla 5.1.2.3 Sismos de subducción con  $M > 7.0$  sentidos en Zumpango de 1900 a 2014 (Servicio Sismológico Nacional, SSN, <http://www.ssn.unam.mx/> )**

FECHA	OBSERVACIONES
14-IV-1907	En la costa de Guerrero, cerca de Acapulco. Magnitud 7.9. Se sintió en el Distrito Federal, Acapulco, Jalisco, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz; Chilpancingo queda reducido a escombros.
30-VII-1909	En la Costa Grande de Guerrero. Magnitud 7.5. Intensidad IX-X en la escala Mercalli Modificada en Acapulco, Gro. Gran destrucción en Acapulco, Chilpancingo, Chilapa y otras poblaciones. Se sintió fuerte en Oaxaca, Puebla, Distrito Federal, Michoacán, Veracruz, Morelos y Estado de México. Réplica de magnitud 6.9 el 31 de julio.
7-VI-1911	En la costa de Michoacán. Magnitud 7.8. 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. Sentido en el Estado de México.
16-XII-1911	Costa de Guerrero Magnitud 7.5. Intensidad IX en la escala Mercalli Modificada en Acapulco, Gro. Se sintió fuerte en Oaxaca, Puebla, Distrito Federal, Michoacán, Veracruz, Morelos, Estado de México, Jalisco y Veracruz.
22-III-1928	En la Costa de Oaxaca. Magnitud 7.7 Sentido en Tlaxcala, Puebla, Querétaro, Guerrero, Michoacán, Veracruz, Tabasco, Ciudad de México y Estado de México.
17-VI-1928	En las costas de Oaxaca. Magnitud 8.0. Intensidad VI en la Ciudad de México y Estado de México.
4-VIII-1928	En las costas de Oaxaca. Magnitud 7.4. Intensidad VI en la Ciudad de México y Estado de México.
9-X-1928	En la costa de Oaxaca de magnitud 7.8. Daños importantes en la región epicentral. Sentido Estado de México y Distrito Federal.
3-VI-1932	En las costas de Jalisco. El sismo más grande que se haya registrado este siglo en México. Magnitud 8.4. En el D.F. numerosas grietas y casas derrumbadas. Gran cantidad de cañerías reventadas. Derrumbó varias casas y tiró muchas bardas. Sentido fuertemente en el Estado de México.
15-IV-1941	En las costas de Colima. Magnitud 7.9. En el D.F. dañó la cúpula del cine Insurgentes. Cuarteó edificios y produjo grietas en las calles. Sentido fuerte en el Estado de México.
28-VII-1957	Cerca de Acapulco. Magnitud 7.7. Destruyó varias casas y edificios en la ciudad de México. Derribó el Angel de la Independencia. Se levantó el pavimento en varios sitios. Sentido fuertemente en el Estado de México.
14-III-1979	En Petatlán. Magnitud 7.6. Daños en la colonia roma. Destruyó la Universidad Iberoamericana en la colonia Campestre Churubusco. Sentido fuerte en el Estado de México.
19 y 20-IX-1985	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. Gran destrucción en el centro de la ciudad de México. Sentido fuertemente en el Estado de México.
14-IX-1995	Costa de Guerrero. Magnitud 7.3. Sentido fuertemente en la Ciudad de México y Estado de México. Intensidad IV-V.
21-I-2003	En las costas de Colima Magnitud 7.6. Sentido fuertemente en la Ciudad de México. Sentido fuerte en el Estado de México.
20-III-2012	Al Sur de Ometepepec, costa de Gro. Magnitud 7.4. Sentido fuerte en la Ciudad de México y Estado de México.
18-IV-2014	Costa de Guerrero. Magnitud 7.2. Sentido fuertemente en la Ciudad de México y Estado de México.



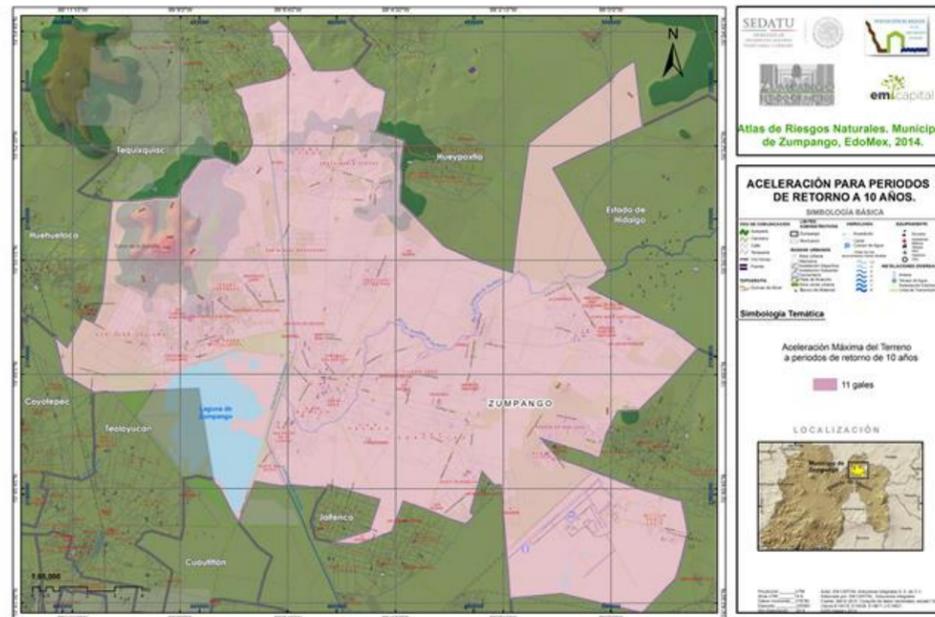


Figura 5.1.2.8 Mapa de aceleración para Tr= 10 años.

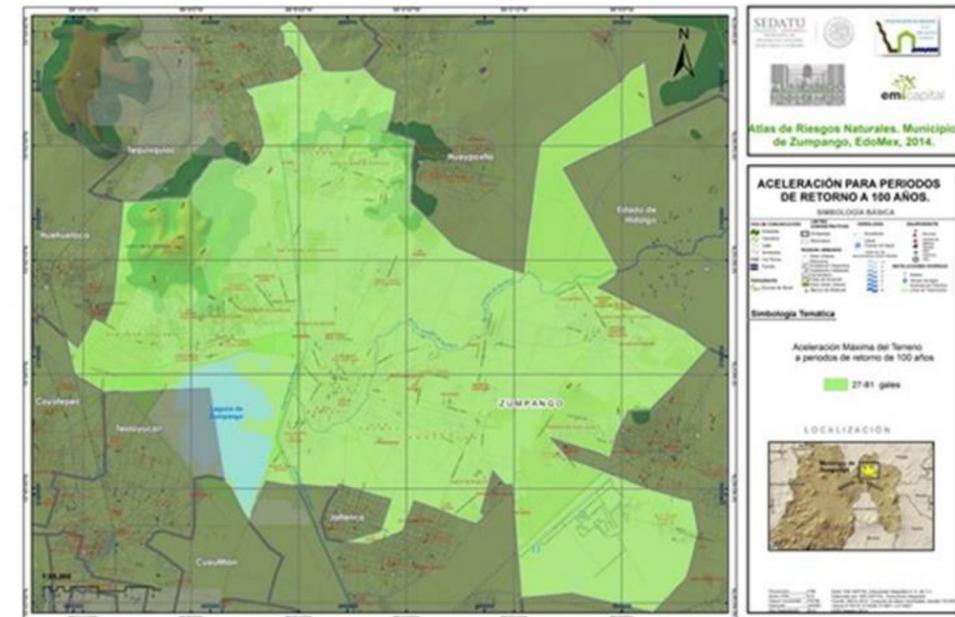


Figura 5.1.2.10. Mapa de aceleración para Tr= 500 años.

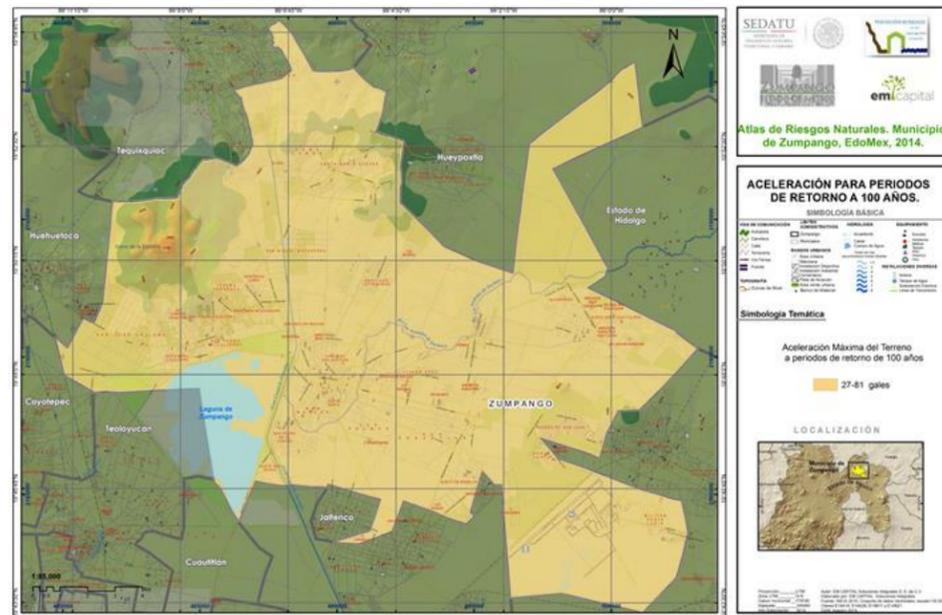


Figura 5.1.2.9 Mapa de aceleración para Tr= 100 años.

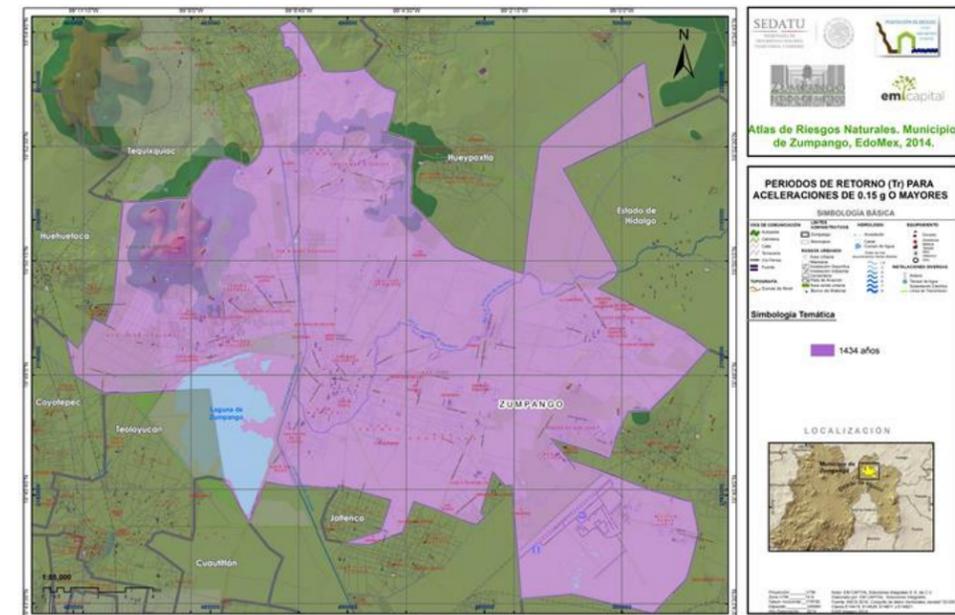


Figura 5.1.2.11. Mapa de periodos de retorno para aceleraciones de 0.15g.

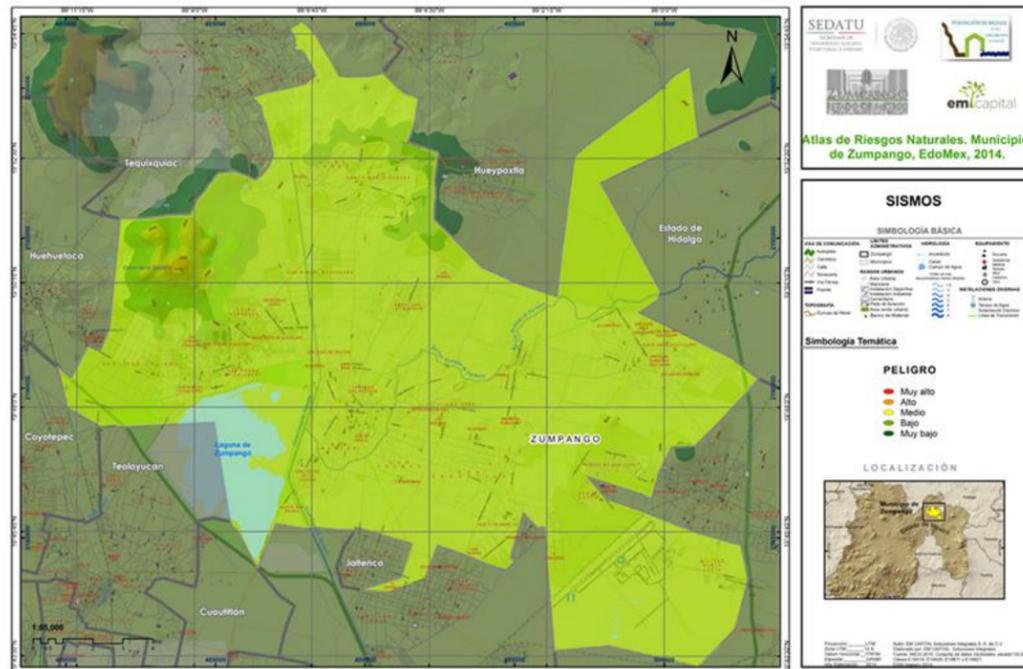


Figura 5.1.2.12. Mapa de peligro sísmico.

### 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).

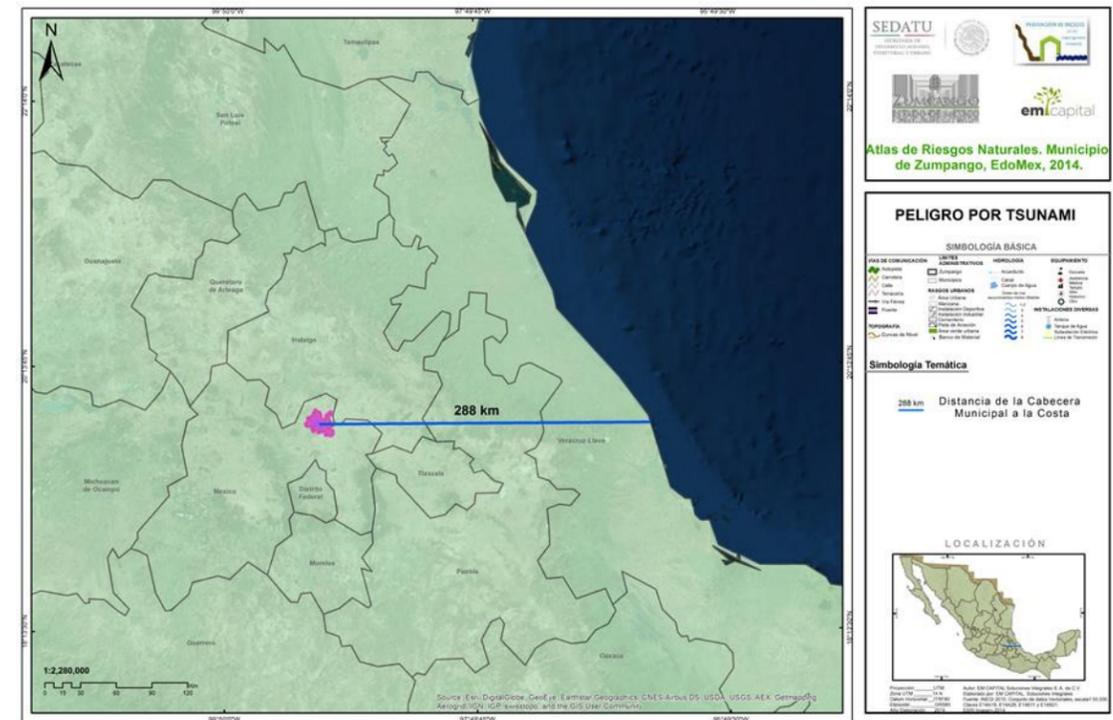


Figura 5.1.3.1. Distancia a la costa

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 Zumpango no se ve afectado por este tipo de fenómeno.**

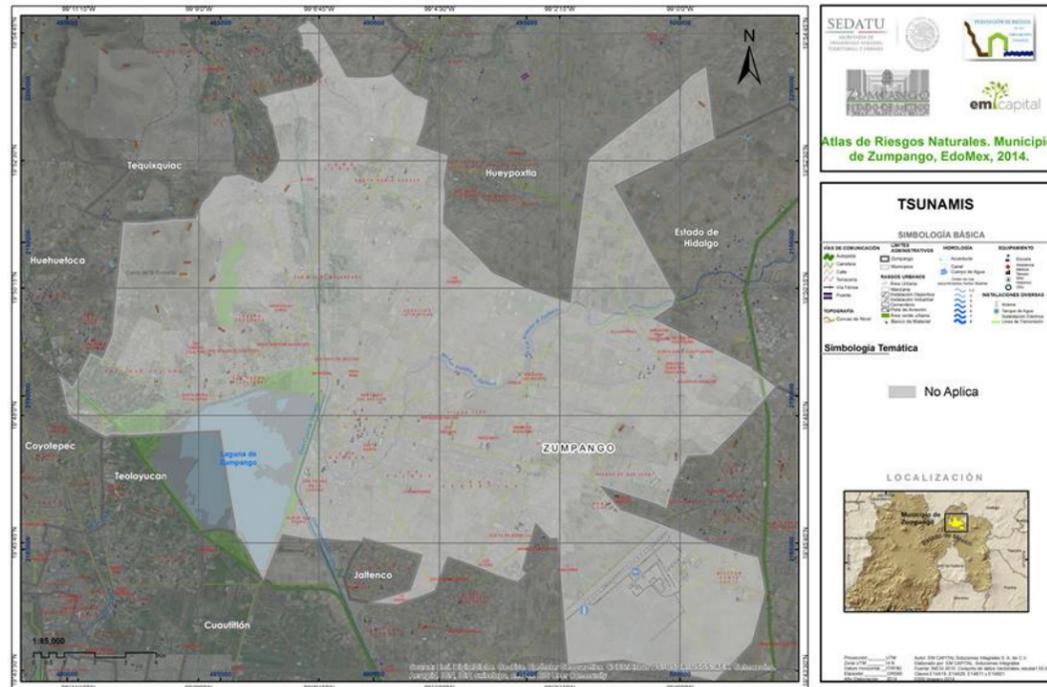


Figura 5.1.3.2. No existen afectaciones por tsunamis.

#### 5.1.4 Inestabilidad de laderas

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):

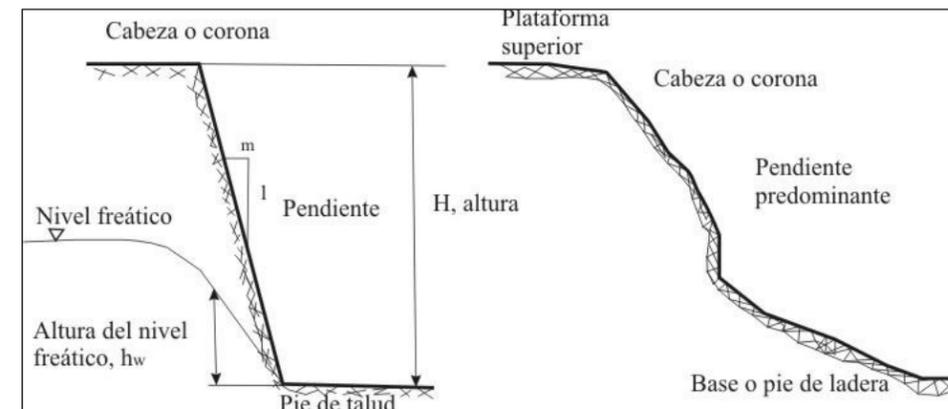


Figura 5.1.4.1.- Nomenclatura de un talud y una ladera (Modificado de Suárez, 1998).

**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:  $45^\circ$ ,  $100\%$ , 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).

## Metodología

La metodología empleada para deslizamientos fue ponderar las variables de mayor relevancia en la zona de estudio mediante el método de Jerarquías Analíticas. Los resultados del análisis se muestran en las siguientes figuras:

Método de las Jerarquías Analíticas

		Deslizamiento				(xij)/n	(xij/n)/Σ (xij/n)
		Litología	Pendiente	Uso de suelo y vegetación	Drenaje		
i	Litología	1.00	0.50	2.00	2.00	1.38	<b>0.28</b>
	Pendiente	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00	<b>0.40</b>
	Uso de suelo y vegetación	0.50	0.33	1.00	2.00	0.96	<b>0.19</b>
	Drenaje	0.50	0.50	0.50	1.00	0.63	<b>0.13</b>
Σ (xij/n)					4.96	1.00	

Figura 5.1.4.2. Ponderación para deslizamientos y peso de las variables.

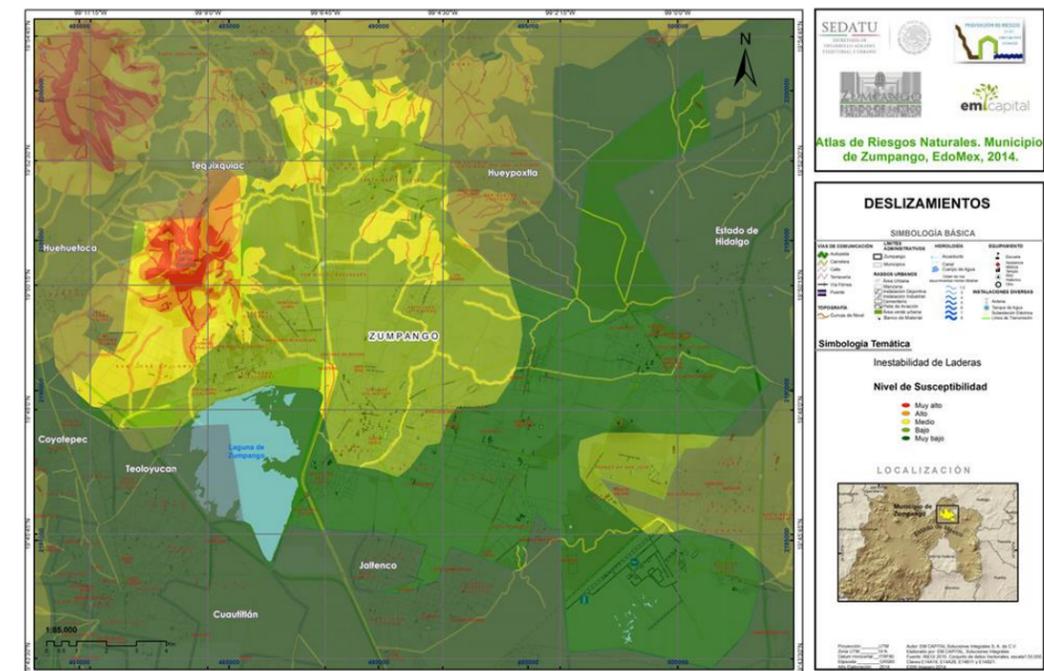


Figura 5.1.4.3 Mapa de Inestabilidad de laderas (susceptibilidad).

### 5.1.5 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).

### Metodología

La metodología empleada para analizar los flujos, fue ponderar las variables de mayor relevancia en la zona de estudio mediante el método de Jerarquías Analíticas. Evidentemente, el peso asignado a las líneas de drenaje fue mayor, considerando que estos procesos se concentran en los cauces o barrancas en los cuales existe material detrítico ya sea de origen natural o antrópico, ya que es común que las zonas de barrancas se conviertan en zonas donde la población arroja material de escombros, basura o cascajo producto de sus construcciones. Los resultados del análisis se muestran en las siguientes figuras:

Método de las Jerarquías Analíticas

**Flujos**

		j				(xij)/n	(xij/n)/Σ (xij/n)
		Litología	Pendiente	Uso de suelo y vegetación	Drenaje		
i	Litología	1.00	0.50	2.00	0.33	0.96	<b>0.18</b>
	Pendiente	2.00	1.00	3.00	0.50	1.63	<b>0.30</b>
	Uso de suelo y vegetación	0.50	0.33	1.00	0.33	0.54	<b>0.10</b>
	Drenaje	3.00	2.00	3.00	1.00	2.25	<b>0.42</b>
Σ (xij/n)					5.38	1.00	

Figura 5.1.5.1. Mapa de Inestabilidad de laderas (susceptibilidad).

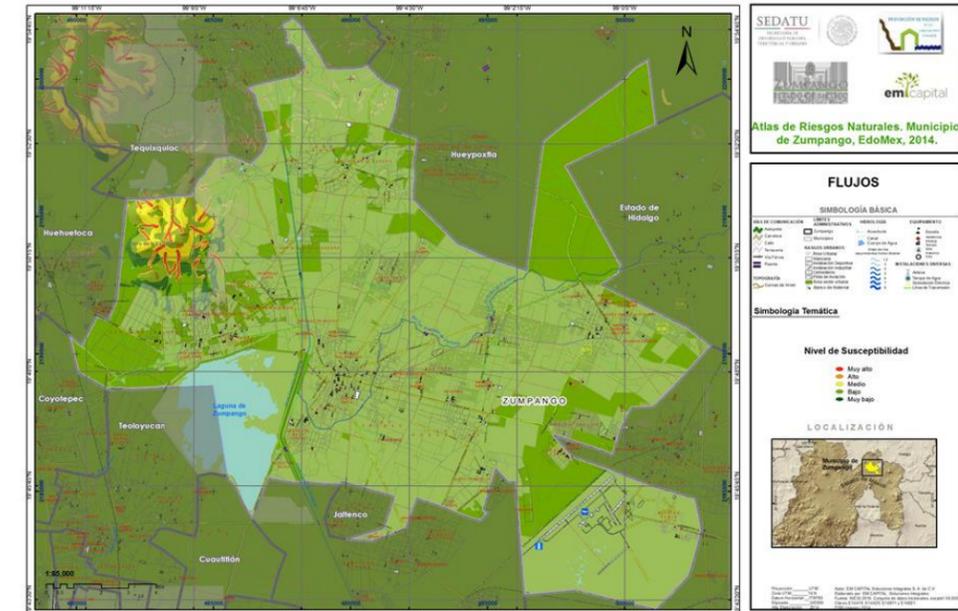


Figura 5.1.5.2. Mapa de susceptibilidad a flujos, escala municipal.

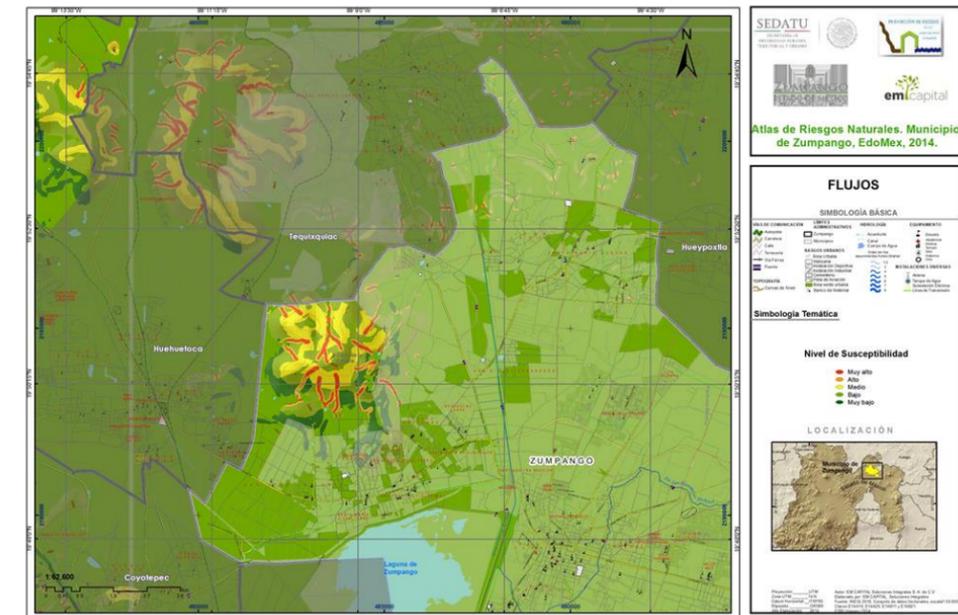


Figura 5.1.5.3. Mapa de susceptibilidad a flujos, acercamiento al Cerro de la Estrella.

### 5.1.6 Caídos y derrumbes

#### Caídos

Comprende el descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaño y forma variable, de taludes con fuerte pendiente. 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°, en taludes con una pendiente menor, los materiales generalmente rebotan y con pendientes menores a 45° 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).

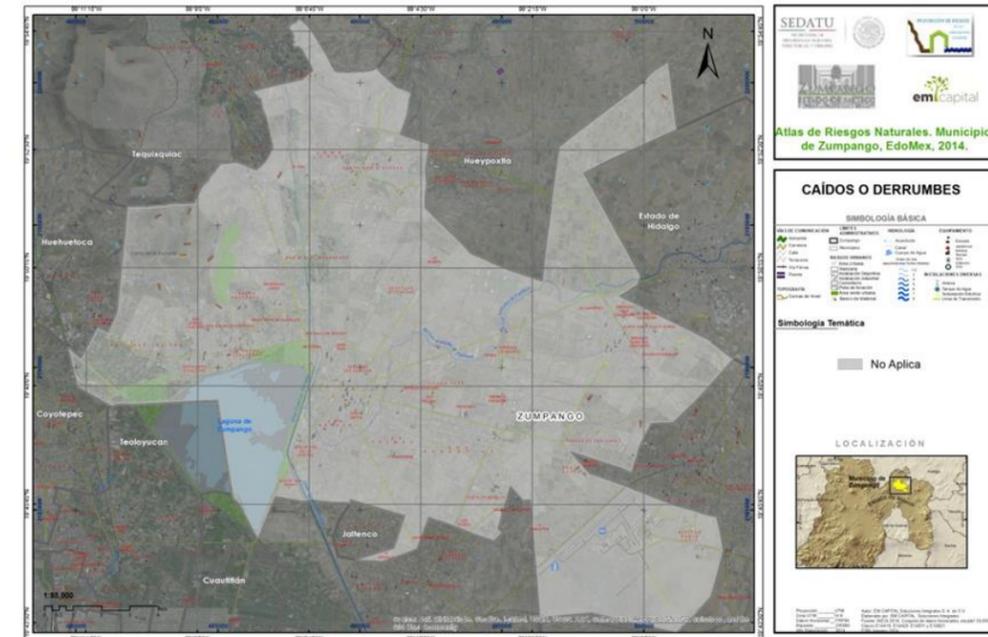
Un desprendimiento es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente, que en una parte de su trayectoria desciende por el aire en caída libre volviendo a entrar en contacto con el terreno donde se pueden producir saltos, rebotes y rodamiento. Este proceso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

#### Derrumbes (Volteos).

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.

En el municipio, no se encontraron fuertes pendientes y zonas escarpadas que favorecieran la presencia de este fenómeno, por lo cual se determinó que NO APLICA.



**Figura 5.1.6.1. Mapa de derrumbes. No aplica pues no existe relieve sobreescarpado que propicie este fenómeno.**

### 5.1.7 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 municipio, se detectaron algunas zonas de hundimiento, asociadas a contrastes litoestratigraficos importantes (Fig. 5.1.7.3).



Figura 5.1.7.1. Mapa de Hundimientos



Figura 5.1.7.2. Mapa de Hundimientos



Figura 5.1.7.3. La erosión de capas inferiores menos competentes, puede provocar hundimientos y colapsos del terreno.

### 5.1.8 Subsistencia

La subsidencia 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 subsidencia: 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 subsidencia 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 subsidencia.

- 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 subsidencia como consecuencia del cierre gradual de los huecos rellenos por el fluido extraído.

En el municipio, no se detectaron afectaciones o rasgos visibles de este fenómeno, por lo tanto se considera que NO APLICA.

### 5.1.9 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.

En el municipio, no se detectaron afectaciones o rasgos visibles de este fenómeno, por lo tanto se considera que NO APLICA.

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

Los fenómenos Hidrometeorológicos son causados por variaciones atmosféricas importantes, dando lugar a la ocurrencia de fenómenos intensos que con relativa frecuencia causan daños a la infraestructura de las ciudades y las personas que los habitan.

México por su parte, presenta una marcada heterogeneidad entre sus provincias, esto da a lugar que en el país se presenten una gran variedad de fenómenos tipificados como Hidrometeorológicos, y aún más complejo, resulta el caso que, en un mismo lugar, se presenten los efectos de fenómenos que pudieran sonar contrarios, pero que dadas las condiciones estacionales, hacen mella en un mismo sitio. Por ejemplo, como es el caso de nuestro municipio de estudio, se pueden presentar grados de peligro considerables por los efectos de las bajas temperaturas, y a su vez, ser un sitio donde las olas de calor repercuten de manera negativa en la salud de las personas.

Zumpango es un municipio muy característico, al cual, considerando que tiene un clima templado sub-húmedo se le podría considerar de manera general como un sitio relativamente frío, y si, los efectos del frío son muy representativos del municipio mexiquense, pero también presenta una mezcla de los efectos de las temperaturas altas, de las inundaciones y de las granizadas por citar algunos ejemplos.

En el presente apartado, con fundamento metodológico en las “Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de Riesgo y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2014”, se modelan el peligro de los distintos fenómenos Hidrometeorológicos, se caracteriza la vulnerabilidad de los elementos expuestos y finalmente se representa el riesgo ante cada fenómeno específico.



Figura 5.2.1 Inundaciones ocurridas el 6 octubre de 2013 (Fuente: [www.zumpango.gob.mx](http://www.zumpango.gob.mx))

### 5.2.1 Ondas cálidas y gélidas

Temperaturas Máximas Extremas.

Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar daños a la salud de los seres humanos. Como ejemplo se puede citar la ola de calor que causó la muerte de más de 500 personas en julio de 1995 en la ciudad de Chicago, EE.UU. (WHO 2001). Las personas mayores y los niños, son particularmente vulnerables ante la ocurrencia de bajas o altas temperaturas.

Una de las consecuencias más seguras y directas del cambio climático es un aumento en la morbilidad y la mortalidad humanas en períodos de clima extremos como son las olas de calor, y los periodos de bajas temperaturas. En el caso del calor, la letalidad de una ola de este tipo aumenta si ocurre al principio del verano (cuando la población todavía no ha podido aclimatarse al calor), si es de larga duración y si hay temperaturas nocturnas elevadas. En el caso de las bajas temperaturas, los efectos se dan principalmente en problemas respiratorios a la población.



**Figura 5.2.1.1. Efectos de temperaturas Bajas y Altas.**

#### Metodología

Para el municipio de Zumpango, se emprendió un análisis basado en los registros históricos de **temperatura Máxima y Mínima** que se recabaron de las estaciones climatológicas que inciden o que se encuentran cercanas a los límites municipales. Del total de estaciones, se escogieron las “estaciones base”, las cuales se filtraron en función del rango de datos medidos, el cual fue, al menos de 30 años de registros. Es de aclarar que la red de estaciones climatológicas, es administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y cuenta en la actualidad con alrededor de 3500 estaciones distribuidas a lo largo del país. Los datos se descargaron en línea desde el servidor del Servicio Meteorológico Nacional. Al final se llegó a 11 estaciones base, las cuales se muestran a continuación.

Estación	lat	long
15028	19.92	-99.13
15032	19.85	-99.20
15073	19.63	-99.25
15074	19.70	-99.28
15081	19.72	-99.23
15090	19.75	-98.95
15098	19.62	-99.18
15099	19.68	-99.03
15115	19.77	-99.35
15129	19.68	-99.10
15274	19.92	-99.00

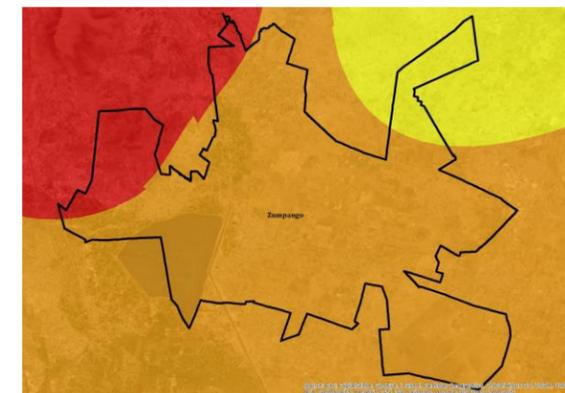
**Tabla 5.2.1.1. Estaciones Climatológicas Base**

Dado que todas las estaciones deben de compartir un periodo de datos medidos homogéneos, para poder realizar un análisis consistente, se utilizó el periodo de datos de **1976 a 2013**.

A continuación se describe la metodología empleada en cada tipo de peligro y se aclara que para el caso de las ondas Cálidas y Gélidas corresponde un nivel de **ANÁLISIS 1**.

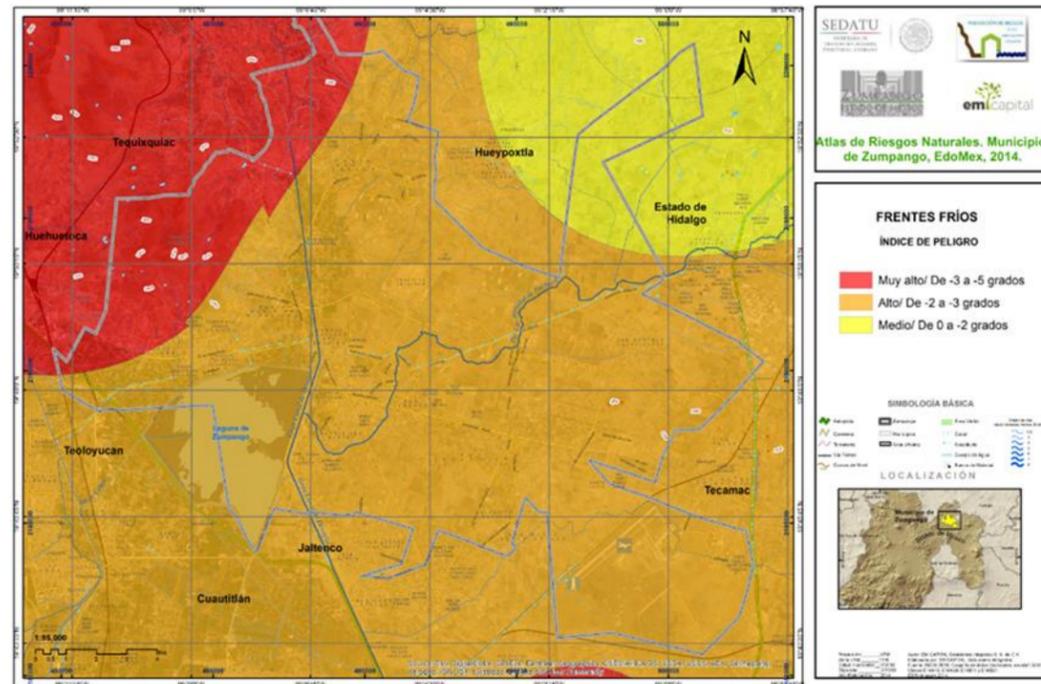
#### Análisis de Peligro por temperaturas Mínimas

Con base en los registros diarios de temperaturas mínimas en cada estación climatológica, se establecieron los valores mínimos-diarios-promedio-históricos. Luego se interpolaron los valores de cada estación por medio del método IDW con ayuda de un sistema de información geográfica. Finalmente se tipificó un nivel de peligro con base en los intervalos de temperatura dentro de la malla. A continuación se muestran las zonas de peligro por bajas temperaturas para Zumpango.



**Figura 5.2.1.2 Raster de Peligro por Bajas temperaturas (Ondas Gélidas)**

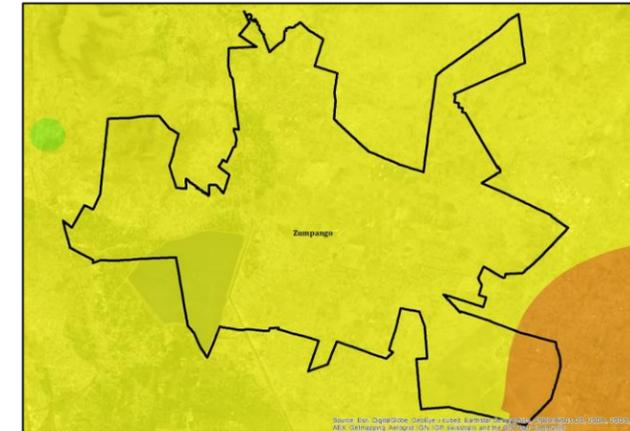
La distribución del peligro por bajas temperaturas muestra a la porción Oeste y Noroeste como las más frías (Muy Alto Peligro-Rojo), casi de manera paralela pero en el lado Este, hay un pequeño sector (amarillo) que muestra un peligro medio, y finalmente se observa que la gran mayoría del territorio municipal se encuentra en una zona de alto peligro por temperaturas mínimas.



**Figura 5.2.1.3. Mapa índice de Peligro por bajas temperaturas (Ondas Gélidas)**

### Análisis de Peligro por temperaturas Máximas

Con base en los registros diarios de temperaturas máximas en cada estación climatológica, se establecieron los valores promedio histórico. Luego se interpolaron los valores de cada estación por medio del método IDW y con ayuda de un sistema de información geográfica. Finalmente se tipificó un nivel de peligro con base en los intervalos de temperatura dentro de la malla.



**Figura 5.2.1.4. Raster de Peligro por altas temperaturas (Ondas Cálidas)**

La gran mayoría del Municipio se clasifica como de peligro medio por ondas cálidas, y una pequeña porción Sureste como de peligro alto.

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 primera instancia pudiéramos pensar que la ocurrencia de eventos de temperaturas máximas extremas en el municipio 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.

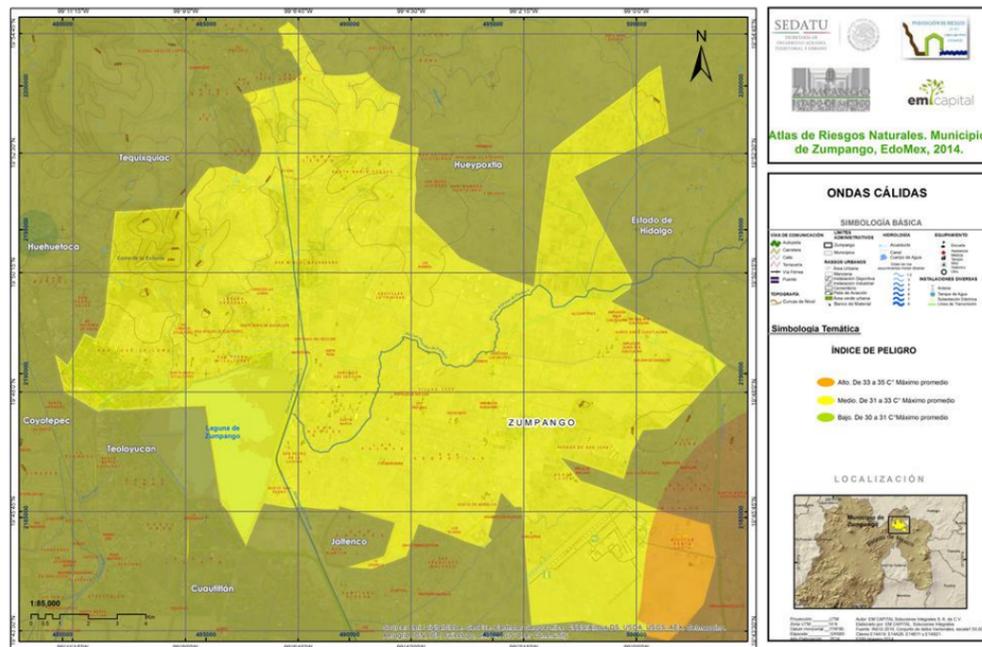


Figura 5.2.1.5. Mapa de Peligro por altas temperaturas (Ondas Cálidas)

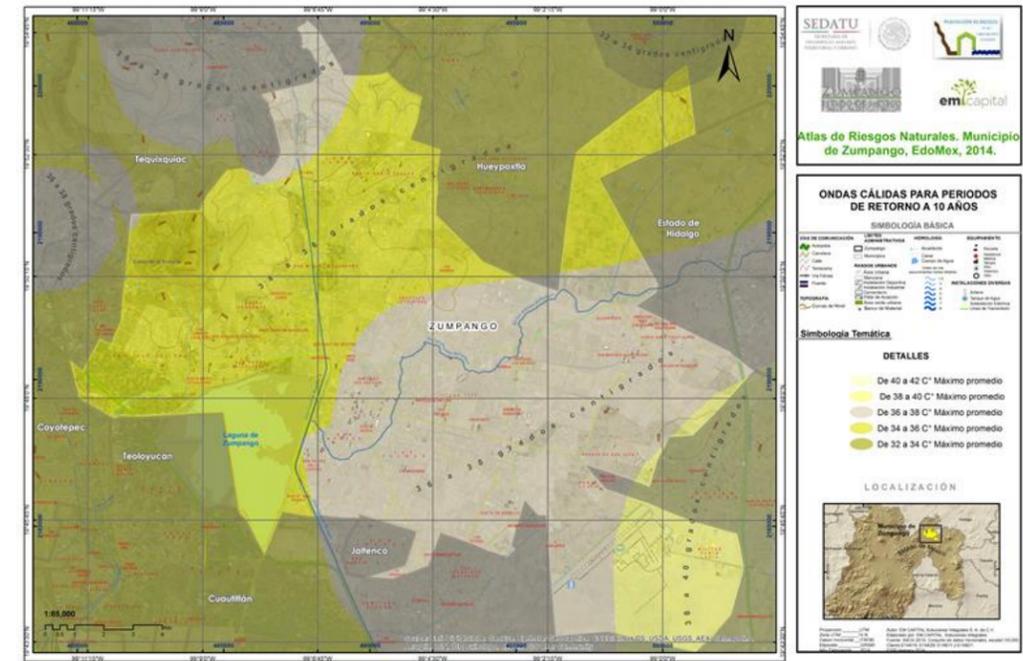


Figura 5.2.1.7. Ondas cálidas Tr. 10 años.

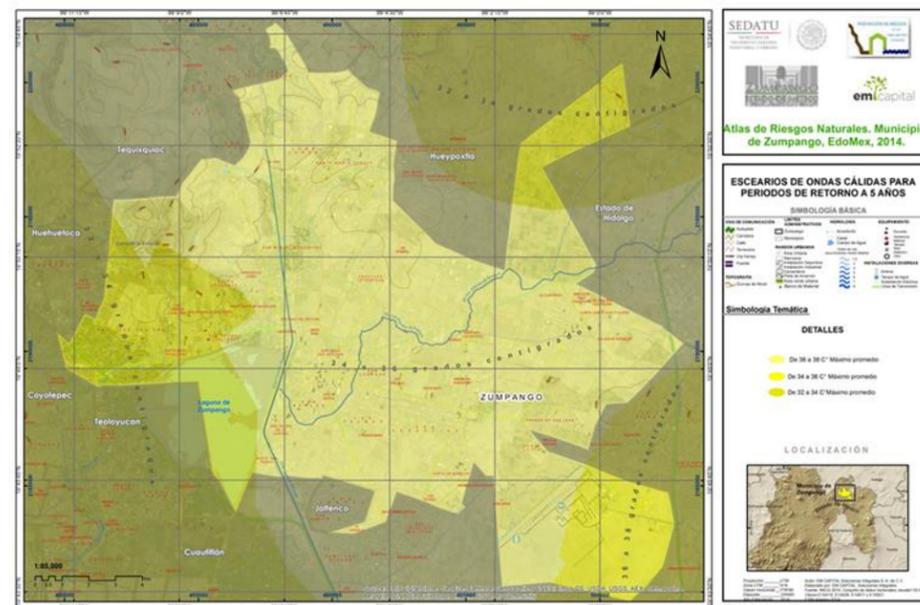


Figura 5.2.1.6. Ondas cálidas Tr. 5 años.

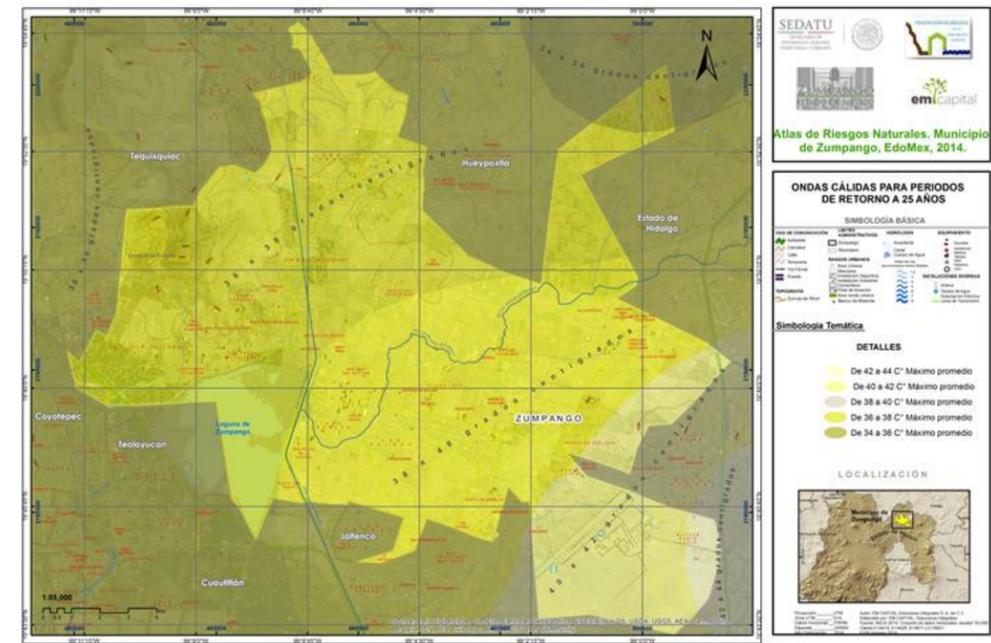


Figura 5.2.1.8. Ondas cálidas Tr. 25 años.

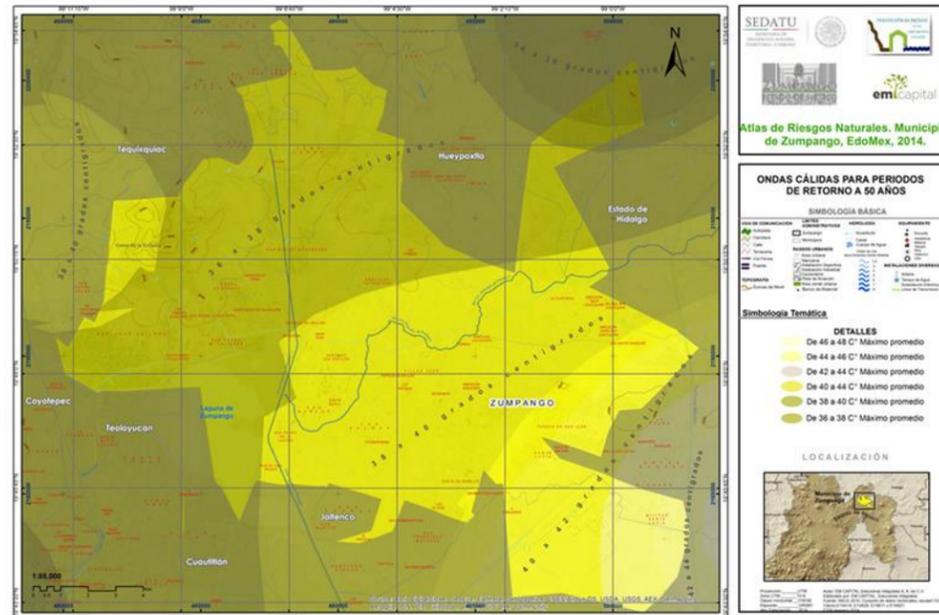


Figura 5.2.1.9. Ondas cálidas Tr. 50 años.

### 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.

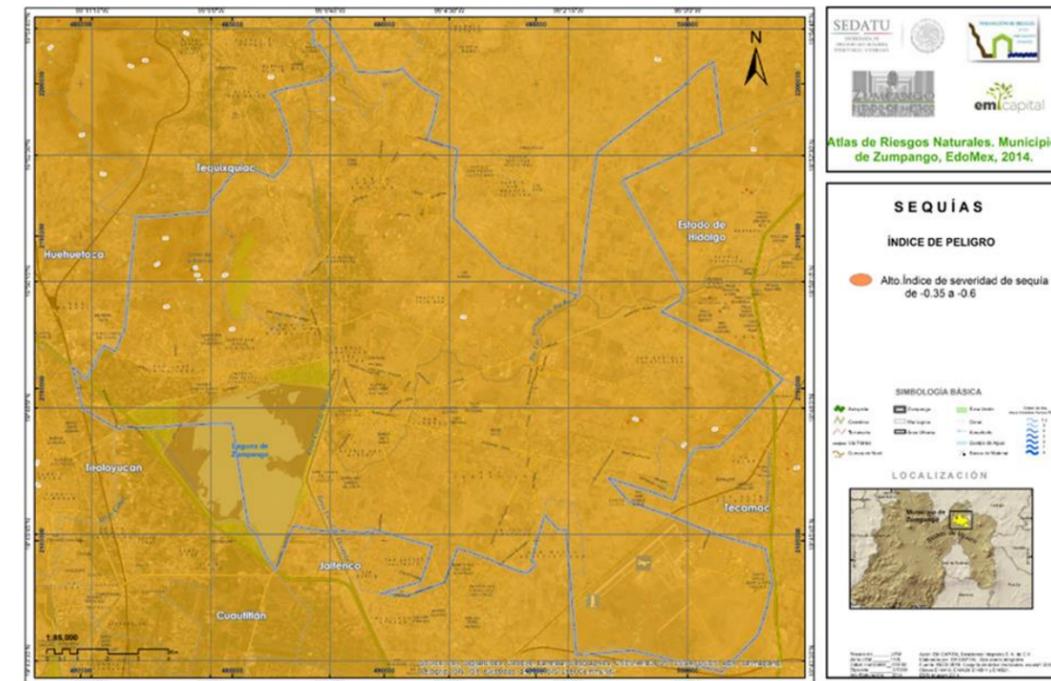


Figura 5.2.2.1. Mapa de Sequías.

### 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.

#### 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 continentales, 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.

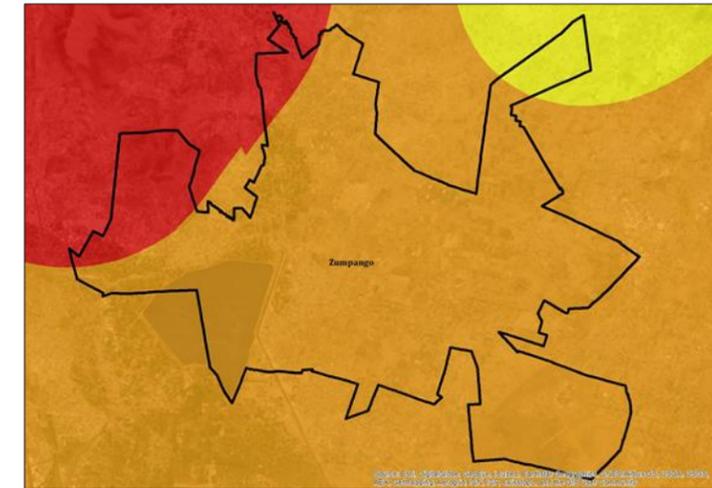
Partiendo de la definición del tercer párrafo (SMN) y tomando como base la información de temperaturas mínimas diarias recabada de 22 estaciones climatológicas base con el programa ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica) editado por el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) 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.

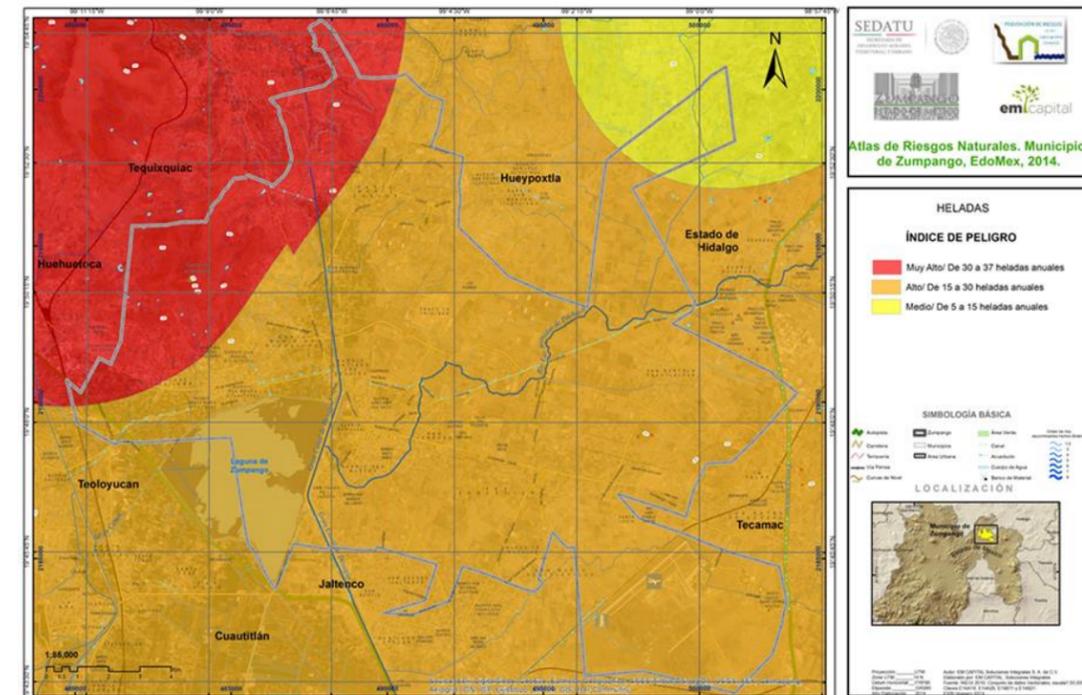
#### Análisis de Peligro por Heladas

Con base en los registros diarios de temperaturas mínimas en cada estación climatológica, se establecieron el número de registros que alcanzaban los 0° grados centígrados o menos, con esto se estableció si había helada, o no. Luego se interpolaron los valores de cada estación (número de heladas) por medio del método IDW y con ayuda de un sistema de información geográfica. Finalmente se tipificó un nivel peligro con base en el número de heladas promedio histórico.



**5.2.3.1. Raster de Peligro por Heladas**

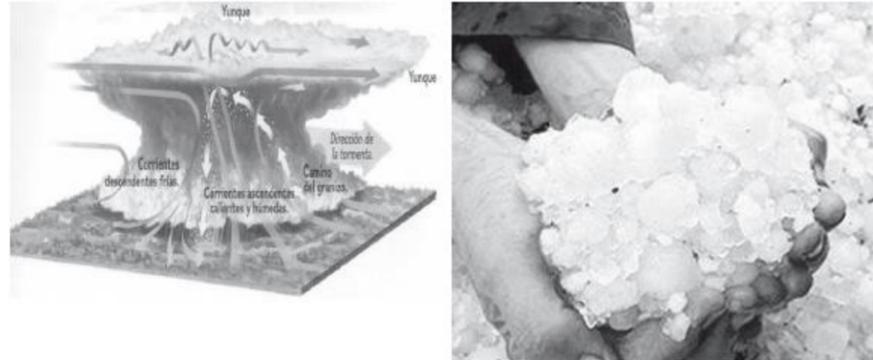
La gran mayoría del territorio municipal se encuentra en una situación de peligro Alto (Naranja), en menor medida, al Oeste hay un segmento de peligro Muy Alto (Rojo) y al Noreste como de peligro Medio (Amarillo).



**Figura 5.2.3.2. Mapa de índice 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 sobre enfriada, 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 obtención del mapa de peligro por Tormentas de Granizo para el municipio de Zumpango, se adoptó a la metodología de nivel 2 descrita en las "Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de Riesgo y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2014".

### Datos Base

Se constituyó una base de datos geográficos con registro de granizadas en 11 estaciones climatológicas administradas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Dichas estaciones se encuentran situadas geográficamente dentro del territorio municipal y en las cercanías del municipio. Un elemento importante a tomar en cuenta, es que los registros de tormentas de granizo se registran por ocurrencia del evento, es decir, si granizo se registra "1" y si no granizo "0", de tal modo que nuestro análisis estará enfocado en la cuantificación de eventos promedios históricos y en el ajuste de periodos de medición anuales para la estimación del peligro.

Dados que los periodos de medición en las estaciones climatológicas variaban y en algunas ocasiones se encontraban huecos de información, se decidió establecer al periodo de 1976 a 2006 como base de nuestro análisis.

Estación	lat	long
15028	19.92	-99.13
15032	19.85	-99.20
15073	19.63	-99.25
15074	19.70	-99.28
15081	19.72	-99.23
15090	19.75	-98.95
15098	19.62	-99.18
15099	19.68	-99.03
15115	19.77	-99.35
15129	19.68	-99.10
15274	19.92	-99.00

**Tabla 5.2.4.1. Estaciones Climatológicas Base**

### Análisis de Peligro por Granizadas

Con base en la cuantificación de eventos de granizo anuales de 1976 a 2006 se obtuvieron los valores promedio histórico de eventos de granizo para cada estación climatológica, después y con propósito de representar de manera continua el peligro dentro del municipio, se estableció una interpolación tipo IDW (Distancia Inversa Ponderada). Dada la interpolación se tipificaron rangos de peligro con base al número de granizadas anuales. El mapa de peligro por granizadas se presenta a continuación:

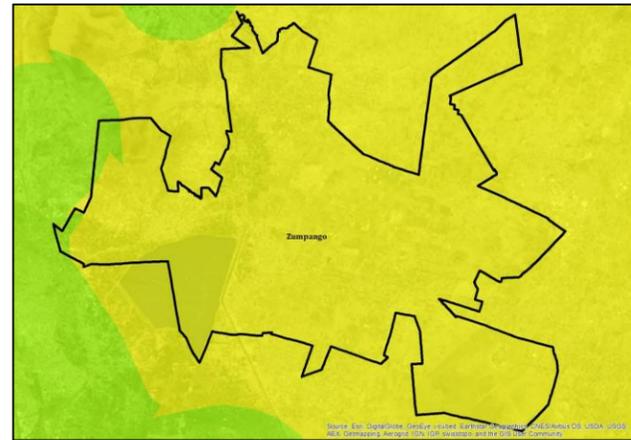


Figura 5.2.4.2. Raster de Peligro por granizo en Zumpango

Casi el 100% del territorio delegacional se encuentra en situación de peligro medio (amarillo), solo hay unos pequeños segmentos en el extremo oeste tipificados como de bajo peligro (verde)

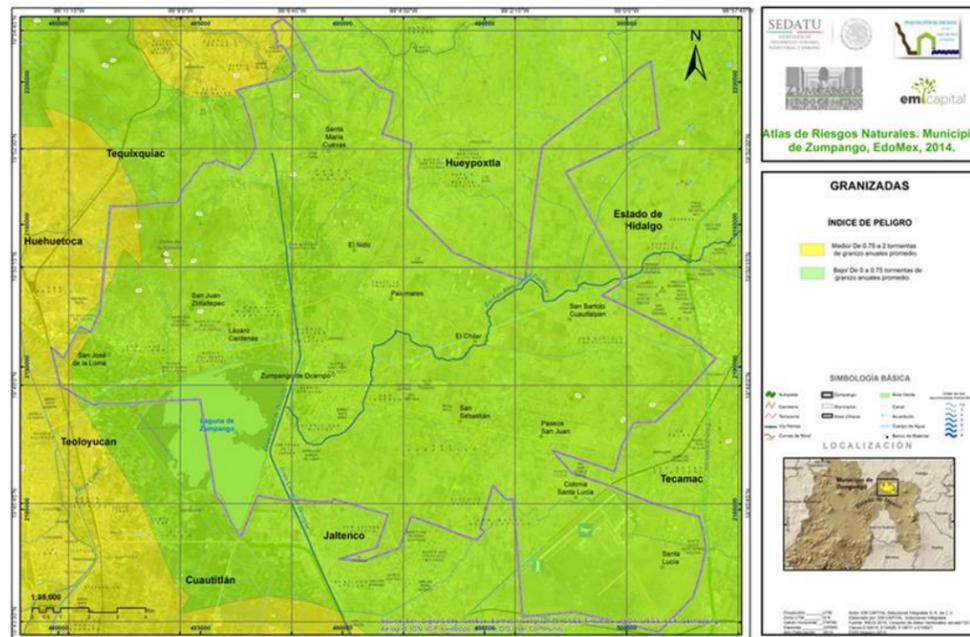


Figura 5.2.4.3. Mapa de índice de peligro por tormentas de granizo.

### Periodos de Retorno

Como parte de la metodología nivel 2 que se adoptó para el análisis del peligro por granizadas, es preciso estimar la ocurrencia de eventos a periodos de retorno dados, es decir, extrapolar y tratar de prever posibles daños ante la ocurrencia de eventos de granizo extraordinarios.

Para la extrapolación, fue base el número de granizadas anuales de 1976 a 2006 para cada estación climatológica y con esto se constituyó una serie de datos. Generada la serie de datos, se le ajusto una función de distribución de probabilidad y se establecieron los periodos de retorno para 5, 10, 25 y 50 años. Contando con el ajuste para cada estación se interpolaron con el método IDW con ayuda de Un Sistema de Información Geográfico. Cabe recalcar, que para el ajuste de la función de distribución de probabilidad se utilizó el programa gratuito **CÁLCULO DE EXTREMOS 2.0** (FLUMEN, Universidad de Catalunya). La función que mejor se ajusto a los valores fue la Gumbel.

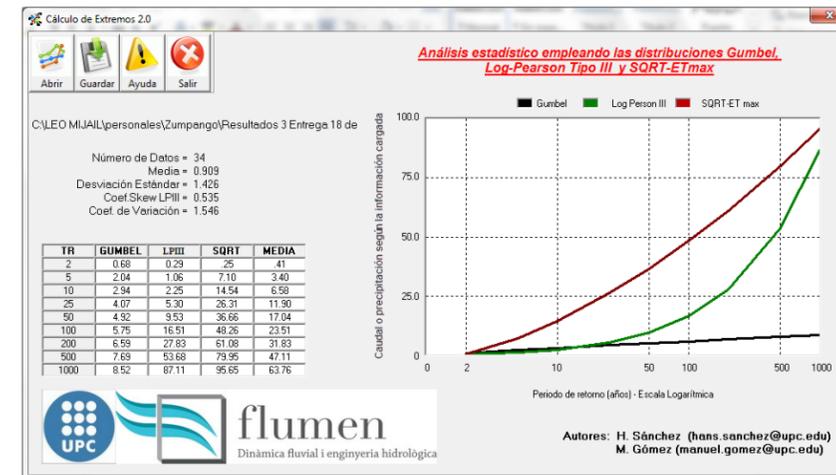


Figura 5.2.4.4. Programa "Cálculo de Extremos".

Los mapas de peligro asociados a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años se muestran a continuación.

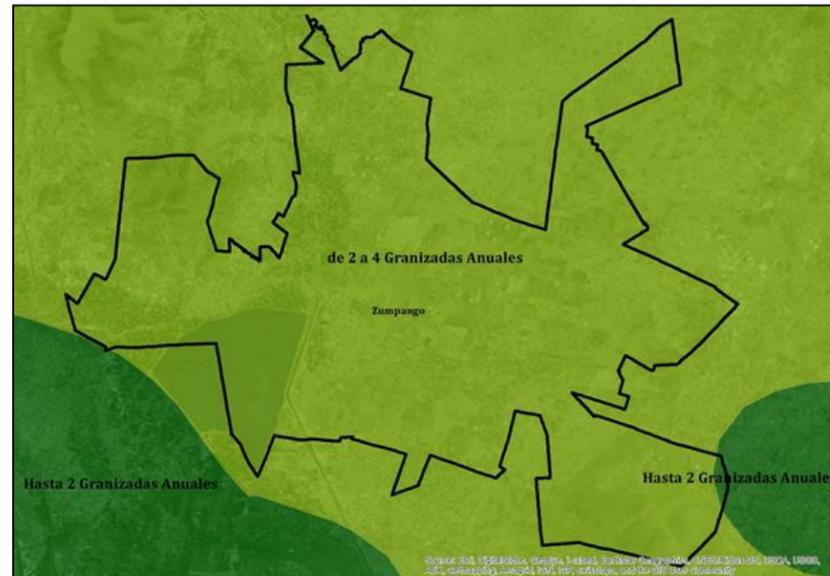


Figura 5.2.4.5. Raster de Tr 5 años Tormentas de Granizo

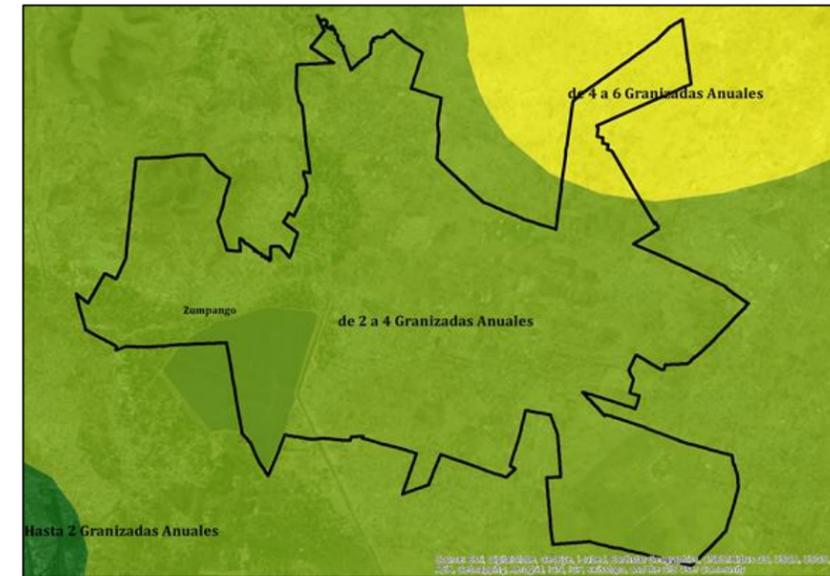


Figura 5.2.4.7. Raster de Tr 10 años Tormentas de Granizo

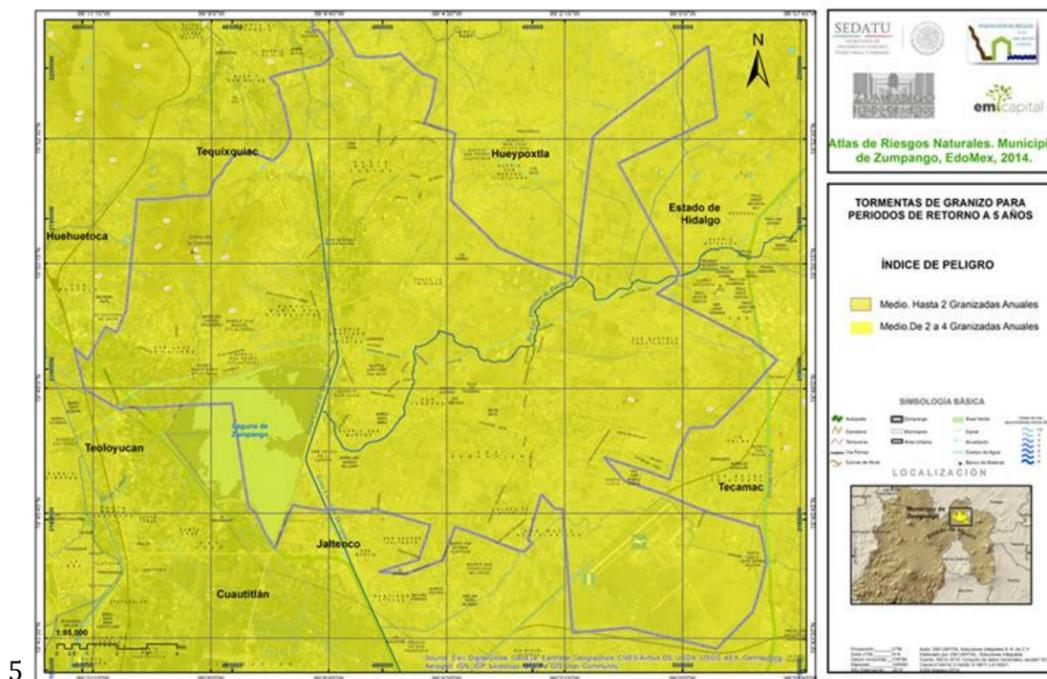


Figura 5.2.4.6. Mapa de tormentas de granizo.

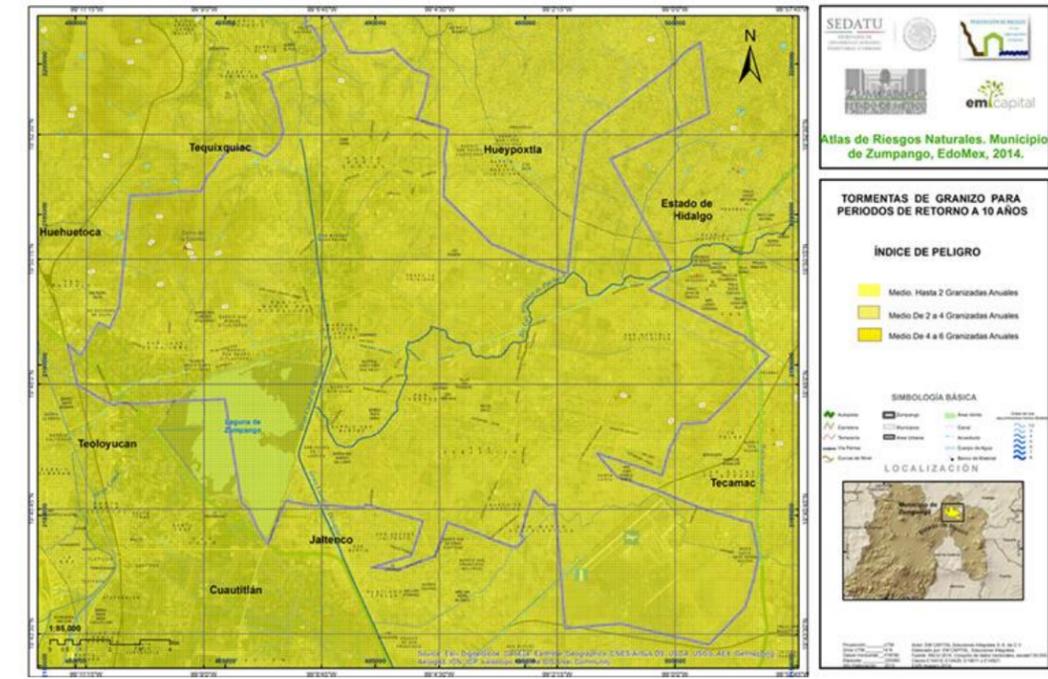


Figura 5.2.4.8. Mapa de tormentas de granizo Tr. 10 años.



Figura 5.2.4.9. Raster de Tr 25 años Tormentas de Granizo

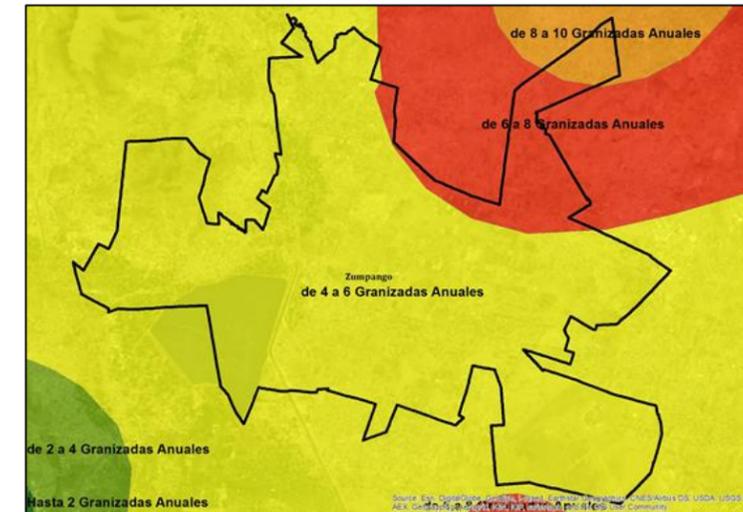


Figura 5.2.4.11. Raster de Tr 50 años Tormentas de Granizo

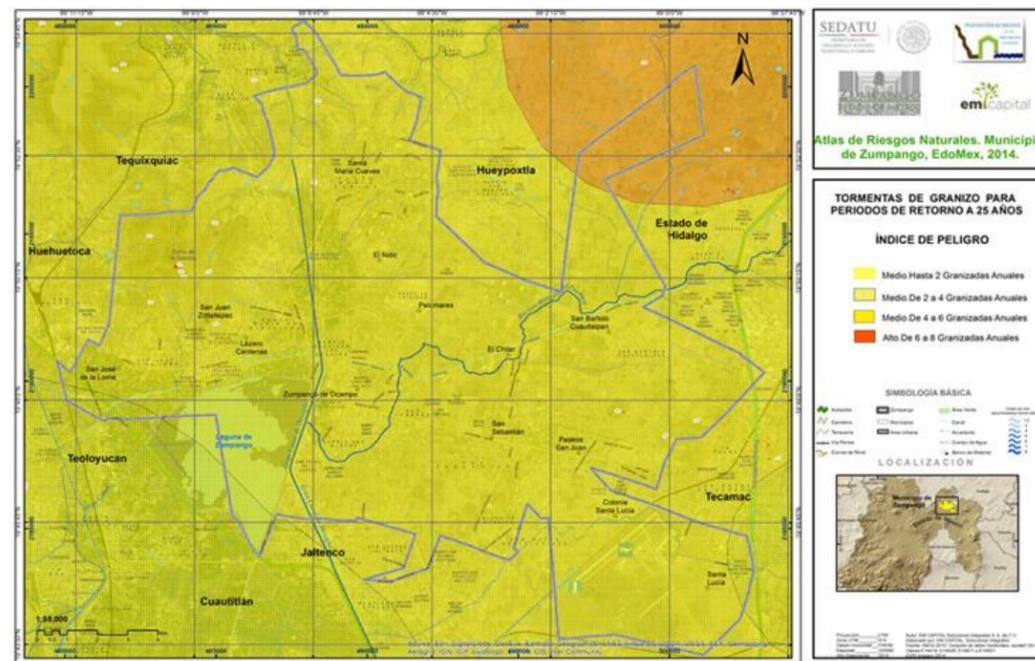


Figura 5.2.4.10. Mapa de tormentas de granizo Tr. 25 años.

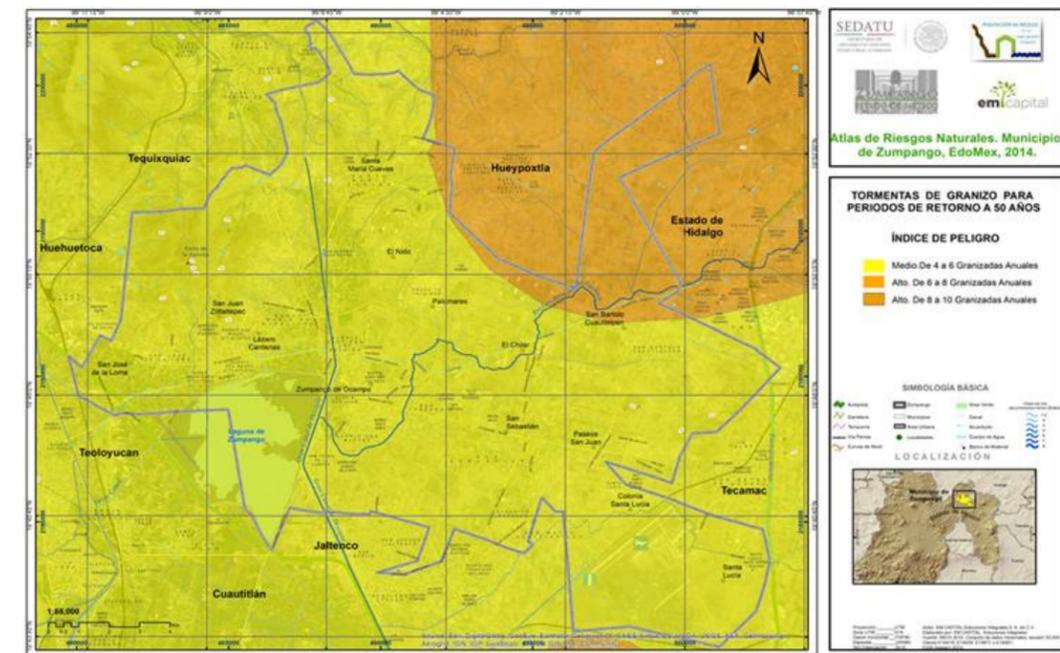


Figura 5.2.4.12. Mapa de tormentas de granizo.

### 5.2.5 Tormentas de nieve

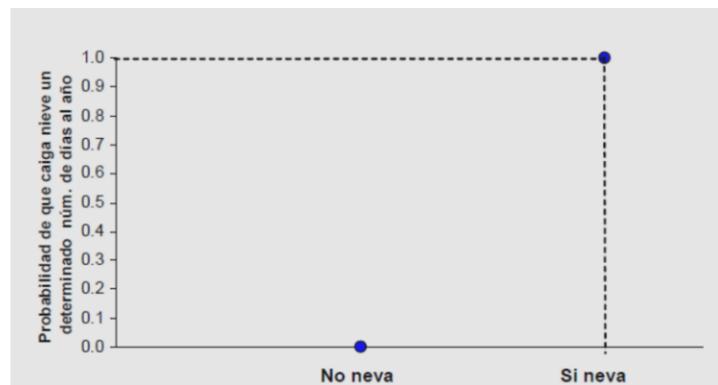
Las nevadas son una de las manifestaciones en que puede ocurrir una precipitación, estas se presentan cuando la temperatura en la atmósfera, al nivel superficial, es igual o menor de los 0° centígrados, además de otros factores, como es el viento, principalmente su componente vertical, y la humedad, 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.

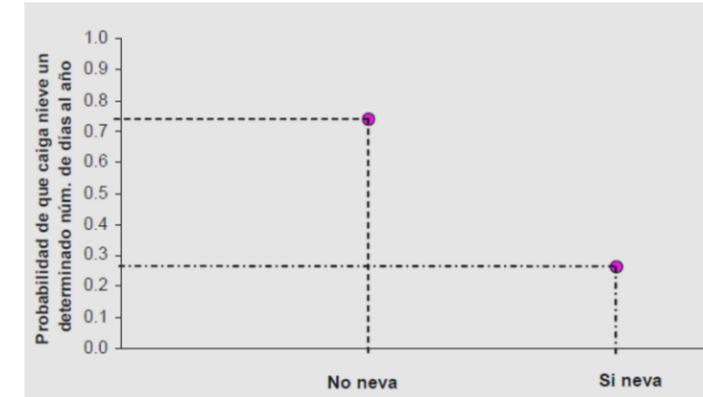
En las ciudades, los efectos negativos de las nevadas se manifiestan de distintas maneras: por el desquiciamiento del tránsito, apagones y taponamiento de drenajes: por los daños a estructuras endeble y derrumbes de techos. Pueden causar decesos en la población que no tiene la protección adecuada contra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

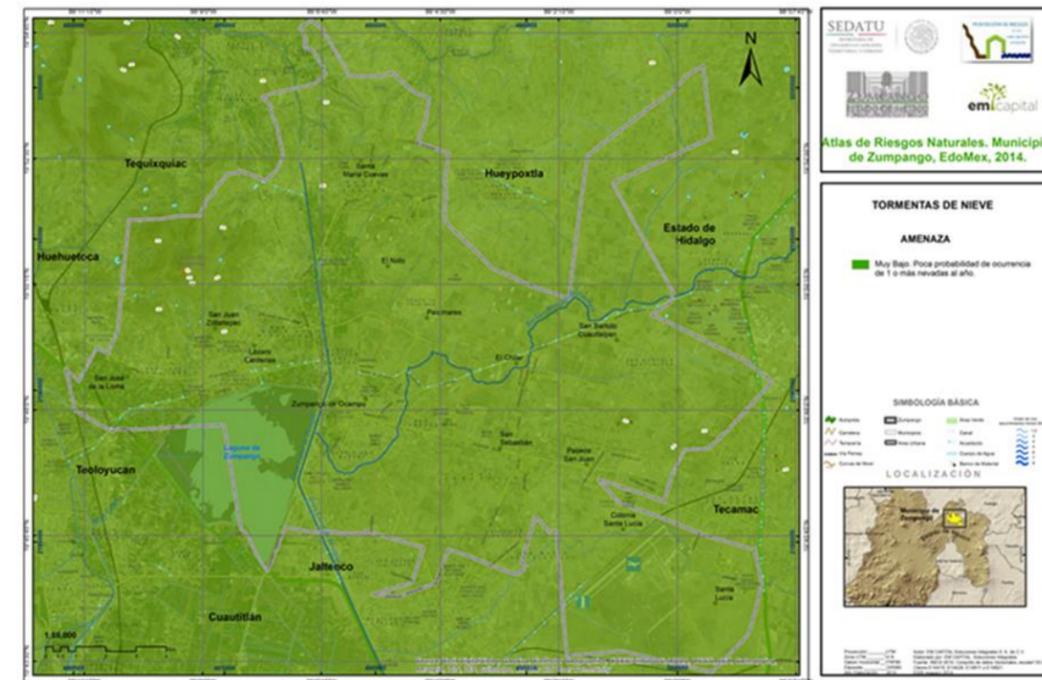


**Figura 5.2.5.1. Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm**



**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 el municipio.



**Figura 5.2.5.3. Mapa de tormentas de nieve.**

### 5.2.6 Ciclones tropicales

Es fenómeno meteorológico que consiste en un sistema de bajas presiones atmosféricas que se forman en los trópicos, todos los factores necesarios para la aparición es de una atmósfera inestable ya que causa diferencias en la cantidad de energía recibida por los polos terrestres. Con 30 km de diámetro, con aire circulante que gira en dirección contraria de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y a la inversa en el sur.

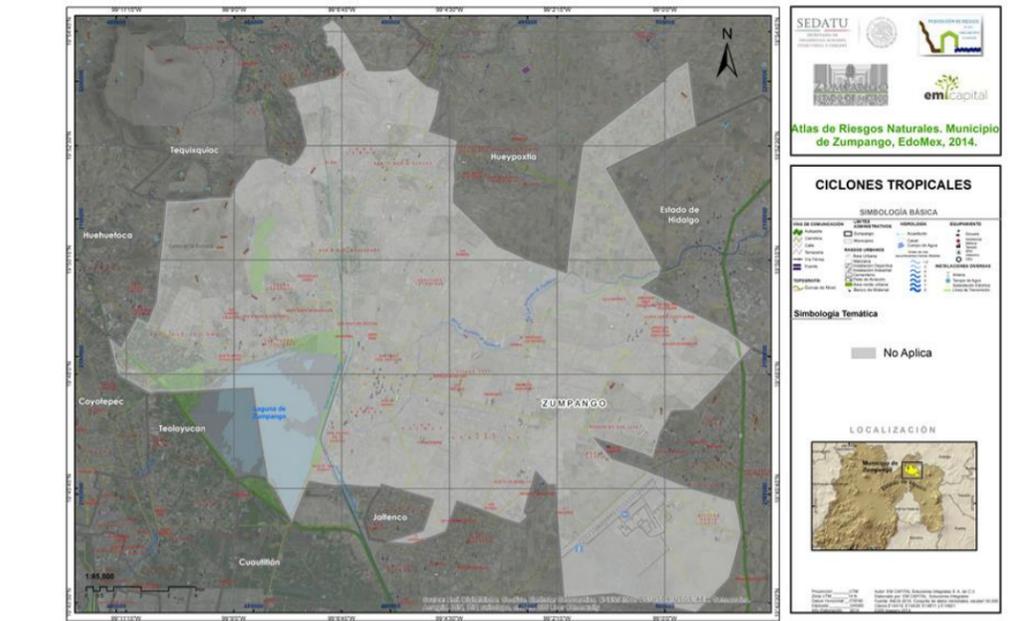
La Organización Meteorológica Mundial (OMM), los ha clasificado en “depresión tropical”, “tormenta tropical” y “huracán”, de acuerdo con la intensidad de sus vientos.

En una depresión tropical la intensidad de los vientos es menos a 61 Km/h equivalentes a 34 nudos y se tiene por lo menos una isobara cerrada. La tormenta tropical tiene vientos más intensos de 61 km/h de 34 nudos y menores a los 113 km/h es decir 63 nudos y las presiones son 2 isobaras cerradas al menos. Los huracanes se definen como ciclones tropicales con vientos de 114 km/h son 64 nudos o más.

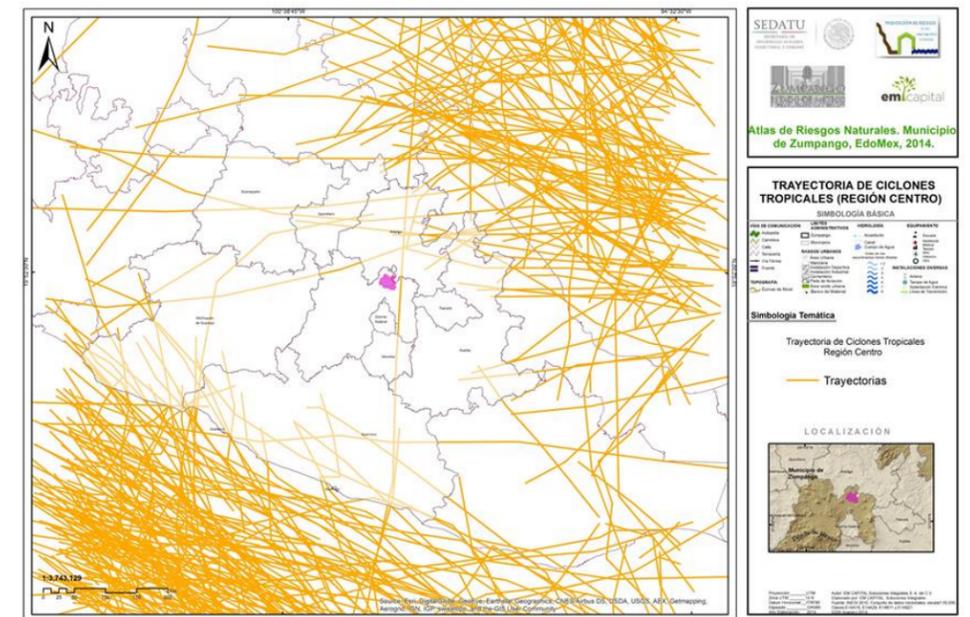
Se distinguen cinco categorías de sistemas de tiempo de acuerdo con sus escalas temporales y espaciales:

1. Categoría 1: Es la menor, con duración de pocas horas. Los cúmulos son de 1-10 km de diámetro, se generan por la convergencia de los vientos alisios. Torres individuales de cúmulos asociados a los chubascos violentos, llegan alcanzar hasta 20 000 m de altura, con vientos verticales de 10-15 m/s.
2. Categoría 2: Se presenta cuando los cúmulos se juntan en áreas convectivas de mesoescala de hasta 100 Km de ancho. Pueden llegar a constituir un racimo de la tercera categoría.
3. Categoría 3: Es de 100 a 1 000 km de diámetro, esta se pueden apreciar en imágenes de satélite como áreas nubosas amorfas. Su duración es de uno a dos días.
4. Categoría 4: Son los sistemas de tiempo que incluyen la sondas de escala sinóptica y su escala temporal es de una a dos semanas.
5. Categoría 5: Contiene a las ondas planetarias con longitudes de onda de 10 000 a 40 000 km, dos ocurren en la estratosfera ecuatorial y dos en la parte alta de la troposfera.

**Este fenómeno No Aplica en el territorio Municipal.**



**Figura 5.2.6.1. No aplica el fenómeno de Ciclones tropicales.**



**Figura 5.2.6.2. Trayectoria de ciclones, zona centro del país.**

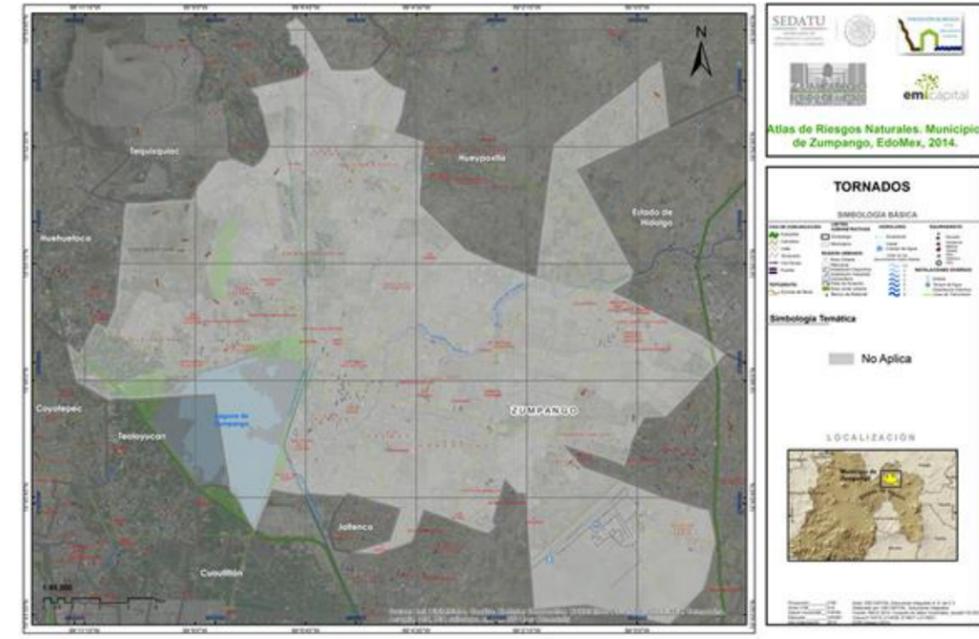
### 5.2.7 Tornados

Los tornados es un fenómeno violento el cual es un vórtice de alta velocidad o un embudo formado por fuertes corrientes de una nube de tormenta. Cuando la base del vórtice toca el suelo, se produce una senda de destrucción concentrada sin igual en la naturaleza. (P. Eden y C. Twist 1966). Esto cuenta un tiempo de vida, que comienza con un vórtice delgado aumentando su tamaño y fuerza; cuando el ciclo termina se debilita y se va ampliando hasta desaparecer o recupera su forma delgada, como un cordoncillo. La mayoría de estos inician como nube y forman un embudo y terminan de igual manera; pero cuando tocan tierra o agua en su etapa de madurez regresan a nube en forma de embudo cuando pierden fuerza y tamaño. Para que pueda darse la formación de estos fenómenos se necesita: humedad, aire caliente en los niveles bajos, aire seco en niveles superiores, inestabilidad atmosférica, una corriente a chorro, vientos bajos del sur y vientos occidentales en niveles altos también. Para poder saber la intensidad de un tornado, se estima mediante la escala denominada Fujita-Pearson, la cual se menciona enseguida.

Categoría	F-escala número	Denominación de Intensidad	Velocidad del viento	Tipo de daño
Débil	F0	Tornado Leve	64-116 Km/h	Algún daño a las chimeneas de las casas, ruptura de ramas de árboles; arranca árboles de raíces poco profundas; daño a letreros o anuncios comerciales.
Débil	F1	Tornado Moderado	117-180 Km/h	El límite inferior es el inicio de la velocidad de los vientos de los huracanes; desprende las techumbres; las casas móviles son empujadas fuera de sus basamentos o volteadas; los autos que circulan son empujados fuera de los caminos; los garajes o estacionamientos anexos a las casas pueden ser destruidos.
Fuerte	F2	Tornado Significativo	181-252 Km/h	Daños considerable. Los techos son completamente arrancados de las estructuras de las casas; las casas móviles son volcadas
Severo	F3	Tornado Severo	251-330 Km/h	Destrucción de viviendas; eleva vehículos y los desplaza a distancias; arranca árboles de raíz.
Intenso	F4	Tornado Devastador	331-420 Km/h	Genera proyectiles de gran tamaño; quita la corteza de los troncos que quedan en pie, demolición de paredes fuertes.
Destructivo	F5	Tornado Increíble	421 o más Km/h	Daña seriamente estructuras de hormigón armado, casas destruidas y las arrastra a distancias considerables; coches arrastrados a 100 m.

Tabla de escala de Fujita-Pearson. (Obtenida del libro Espacio Geográfico Epistemología y Diversidad, E. Olivera Patricia, 2003, Pagina: 238).

**No se han reportado fenómenos de este tipo en el municipio.**



**Figura 5.2.7.1. No aplica, fenómeno Tornados.**

### 5.2.8 Tormentas de polvo

Una tormenta de arena o polvo, es un fenómeno que se presenta por vientos de suficiente intensidad que soplan en arena suelta en una superficie seca. Las partículas de arena entonces son transportadas en la dirección del viento, ya sea por suspensión, o flotando o "saltación" (un término geológico que en palabras sencillas es el equivalente a que las partículas vayan dando verdaderos saltos depositándose nuevamente en el suelo, válido para las partículas más pesadas).

**Este fenómeno No Aplica en el Municipio.**

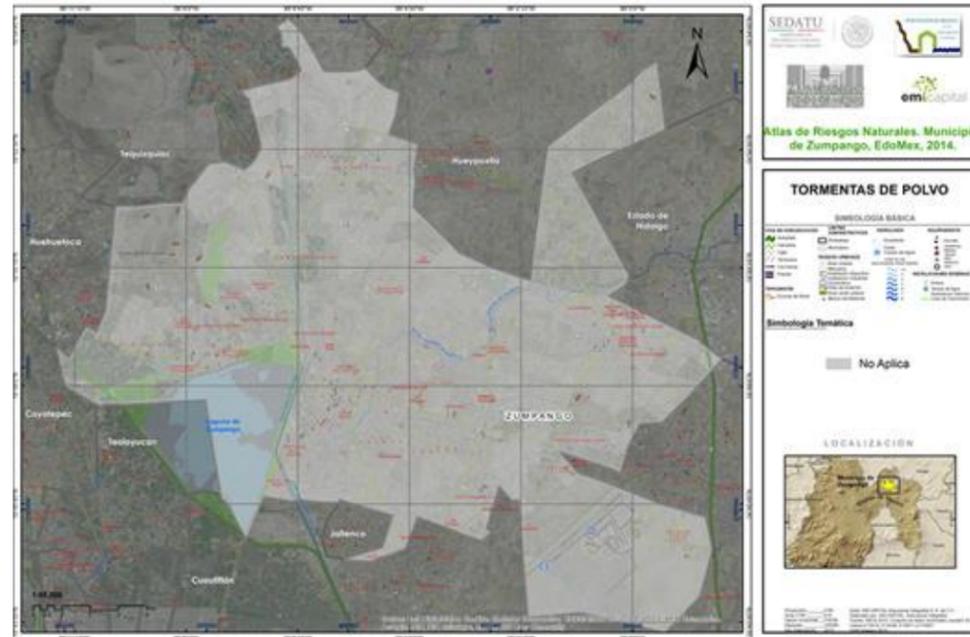


Figura 5.2.8.1. Tormentas de Polvo (No aplica).

### 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):

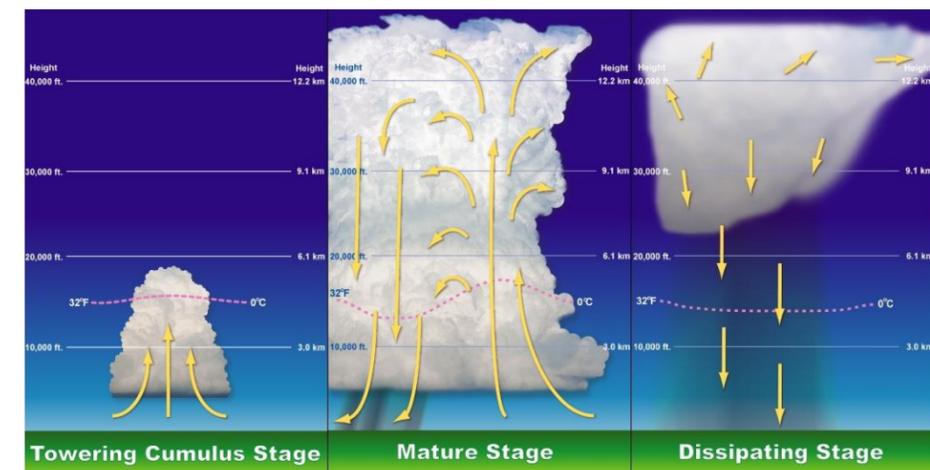


Figura 5.2.9.1. Formación de una tormenta eléctrica.

#### 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 densa 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 descendientes 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.

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbus) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo (OMM, 1993). Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados.

Asimismo, el desarrollo económico y poblacional de las ciudades hace posible que ocurran con mayor frecuencia efectos negativos generados por tormentas eléctricas (García, et al., 2007), por lo que es necesario implementar las medidas necesarias que minimicen sus efectos.

### **Características de Las Tormentas Eléctricas**

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantar a éste, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente en grupos o en líneas.

El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella. El estado de madurez de una tormenta está asociado con grandes cantidades de precipitación y rayos.

El rayo es una descarga electrostática que resulta de la acumulación de cargas positivas y negativas dentro de una nube de tormenta. Cuando las cargas adquieren la fuerza suficiente, aparecen los rayos, cuya manifestación visible es el relámpago, es decir, un destello de luz que se produce dentro de las nubes o entre éstas y el suelo. La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo.

Un rayo alcanza una temperatura en el aire que se aproxima a los 30,000 grados centígrados en una fracción de segundo. El aire caliente provoca que éste se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido llamado trueno, éste viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo.

Los rayos pueden ser de los siguientes tipos:

- a) Nube-aire. La electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta.
- b) Nube-nube. El rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario.
- c) Nube-suelo. Las cargas negativas de las nubes son atraídas por las cargas positivas del suelo.

El mapa de peligro por Tormentas Eléctricas para el municipio de Zumpango, se adoptó a la metodología de nivel 1 descrita en las "Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de Riesgo y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2014".

### **Metodología**

Al igual que otras variables meteorológicas que se registran en la red de estaciones climatológicas del SMN, la ocurrencia de tormentas eléctricas se registra con un "si hubo" y "no hubo". Las estaciones base para el análisis fueron las mismas 11 que se utilizan en los análisis precedentes.

Dado un periodo de datos de 1961 a 2010, se estimaron los valores promedio históricos de ocurrencia de tormentas eléctricas para cada estación climatológica, luego se realizó una interpolación IDW con ayuda de un Sistema de Información Geográfica.

Finalmente se tipificaron los niveles de peligro en base al número de eventos. El mapa resultado del análisis se muestra a continuación:

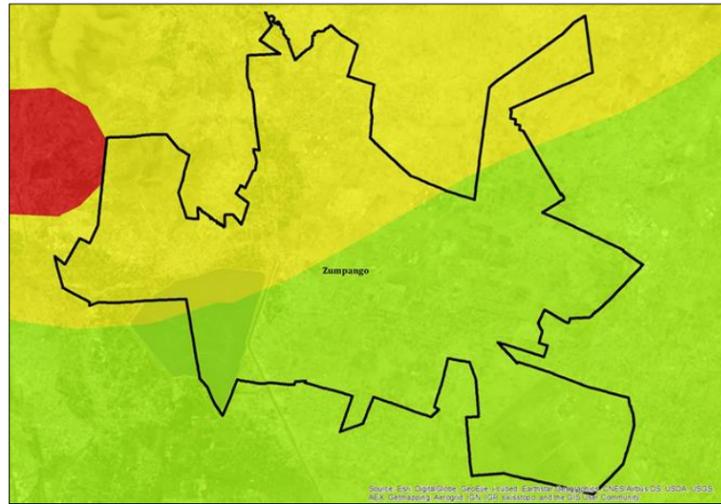


Figura 5.2.9.2. Raster de Peligro por Tormentas Eléctricas

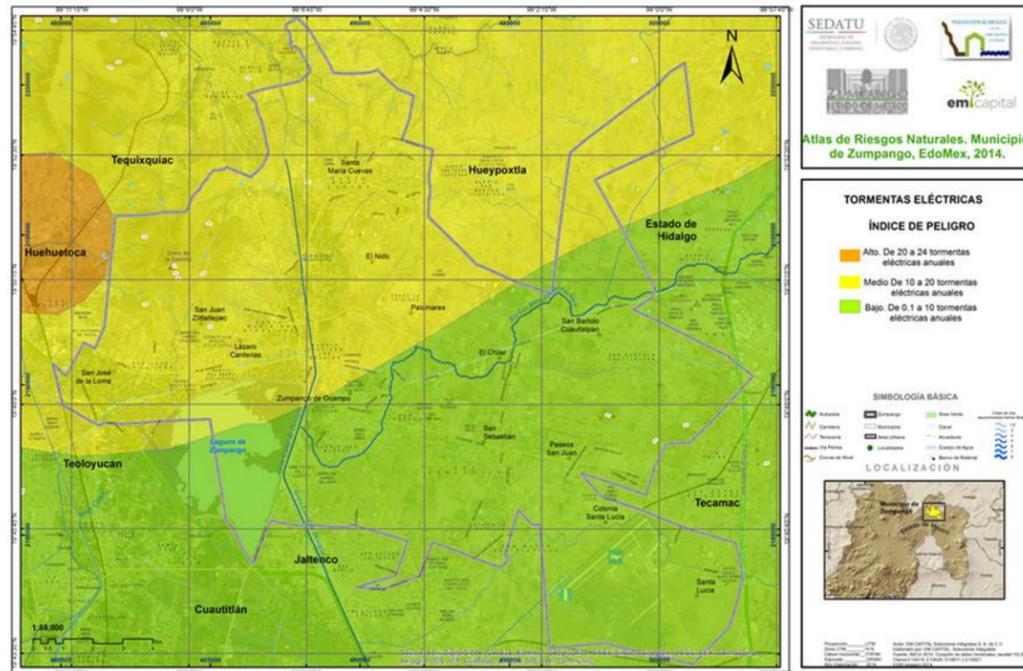


Figura 5.2.9.3. Mapa de tormentas eléctricas.

### 5.2.10 Lluvias extremas

Para la obtención del mapa de peligro por Tormentas extremas para el municipio de Zumpango, se adoptó a la metodología de nivel 2 descrita en las “Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de Riesgo y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo 2014”.

#### Datos Base

Se constituyó una base de datos geográficos con registro de lluvias acumuladas en 14 estaciones climatológicas administradas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Dichas estaciones se encuentran situadas geográficamente dentro del territorio municipal y en las cercanías del municipio. Para el análisis se utilizan las mismas 11 estaciones climatológicas que en los otros análisis en un periodo de 1961 a 2006.

#### Metodología

Con base en la cuantificación de láminas de lluvia máxima acumulada anuales de 1961 a 2013 se obtuvieron los valores máximos promedio históricos de lluvia para cada estación climatológica, después y con propósito de representar de manera continua el peligro dentro del municipio, se estableció una interpolación tipo IDW (Distancia Inversa Ponderada). Dada la interpolación se tipificaron rangos de peligro con base la lámina de lluvia precipitada. El mapa de peligro por Lluvias extremas se presenta a continuación:

Las precipitaciones intensas o lluvias extremas son eventos hidrometeorológicos extremos de gran intensidad, baja frecuencia temporal y aparente distribución espacial irregular, que provocan peligros naturales del tipo geomorfológico, como pueden ser los procesos de erosión superficial, procesos de remoción de masas, inundaciones fluviales, arroyamiento torrencial, y cambios en los cauces y en las llanuras aluviales, que desencadenan desastres afectando a las poblaciones (Bergueria y Lorente).

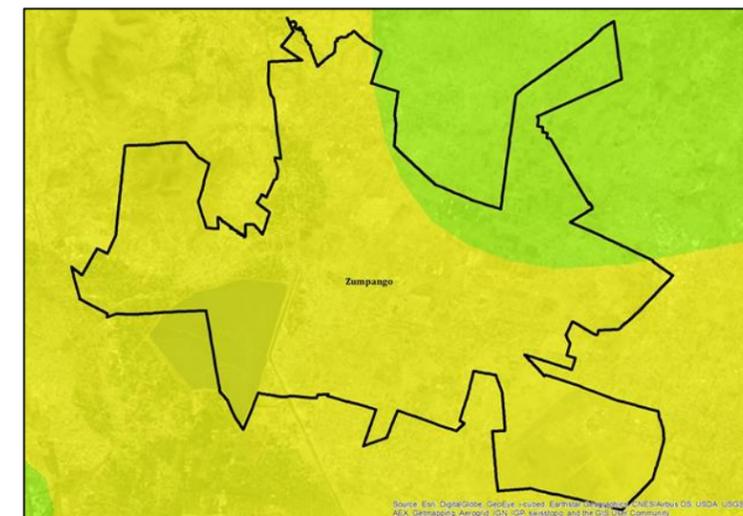


Figura 5.2.10.1. Raster de Peligro por Lluvias

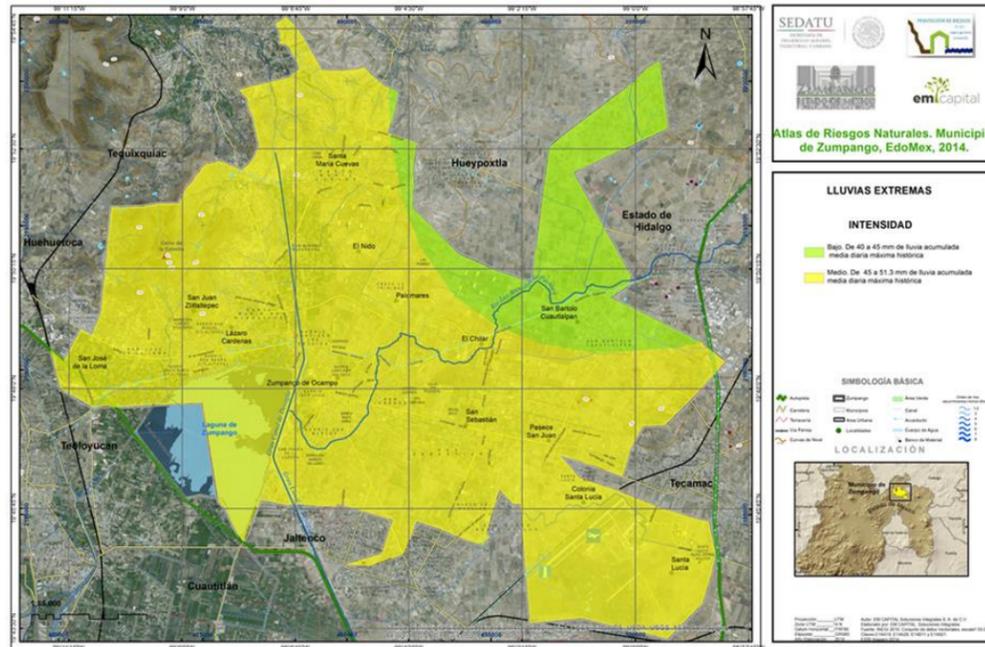


Figura 5.2.10.2. Mapa de lluvias extremas.

**Periodos de Retorno**

Como parte de la metodología nivel 2 que se adoptó para el análisis del peligro por lluvias extremas, es preciso estimar la ocurrencia de eventos a periodos de retorno dados, es decir, extrapolar y tratar de prever posibles daños ante la ocurrencia de eventos de lluvia extraordinarias. Para la extrapolación, fue base los valores máximos diarios de lluvia acumulada anuales de 1961 a 2006 para cada estación climatológica y con esto se constituyó una serie de datos. Generada la serie de datos, se le ajustó una función de distribución de probabilidad y se establecieron los periodos de retorno para 5, 10, 25 y 50 años. Contando con el ajuste para cada estación se interpolaron con el método IDW con ayuda de Un Sistema de Información Geográfico. Al igual que el análisis de granizo, para la estimación de periodos de retorno se utilizó el programa gratuito **CÁLCULO DE EXTREMOS 2.0** (FLUMEN, Universidad de Catalunya). La función que mejor se ajustó a los valores fue la Gumbel.

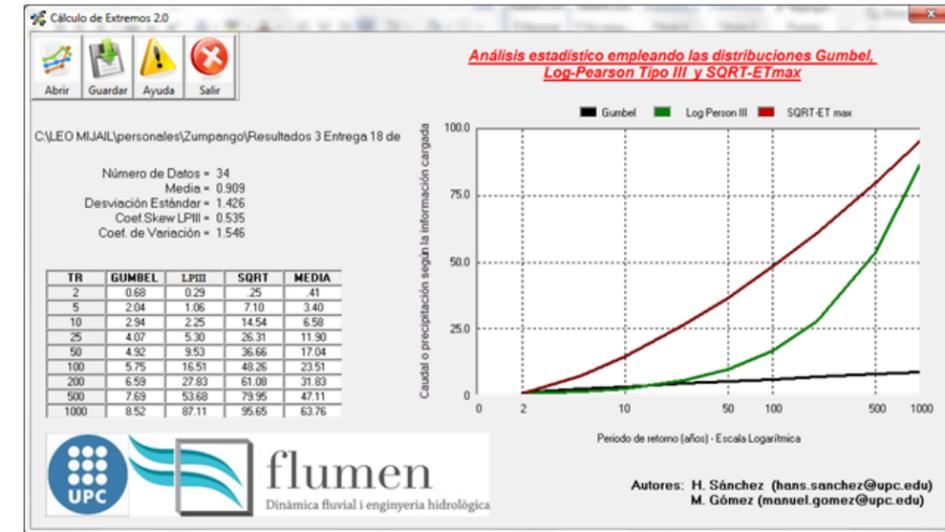


Figura 5.2.10.3. Cálculo de extremos de lluvia.

Los mapas de peligro asociados a periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años se muestran a continuación.



Figura 5.2.10.4. Lluvias extremas Tr 5 Años



Figura 5.2.10.5. Lluvias extremas Tr 10 Años

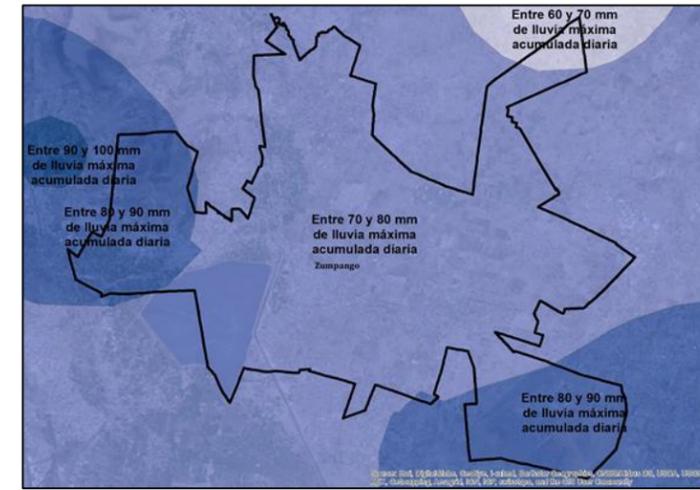


Figura 5.2.10.7. Lluvias extremas Tr 25 Años

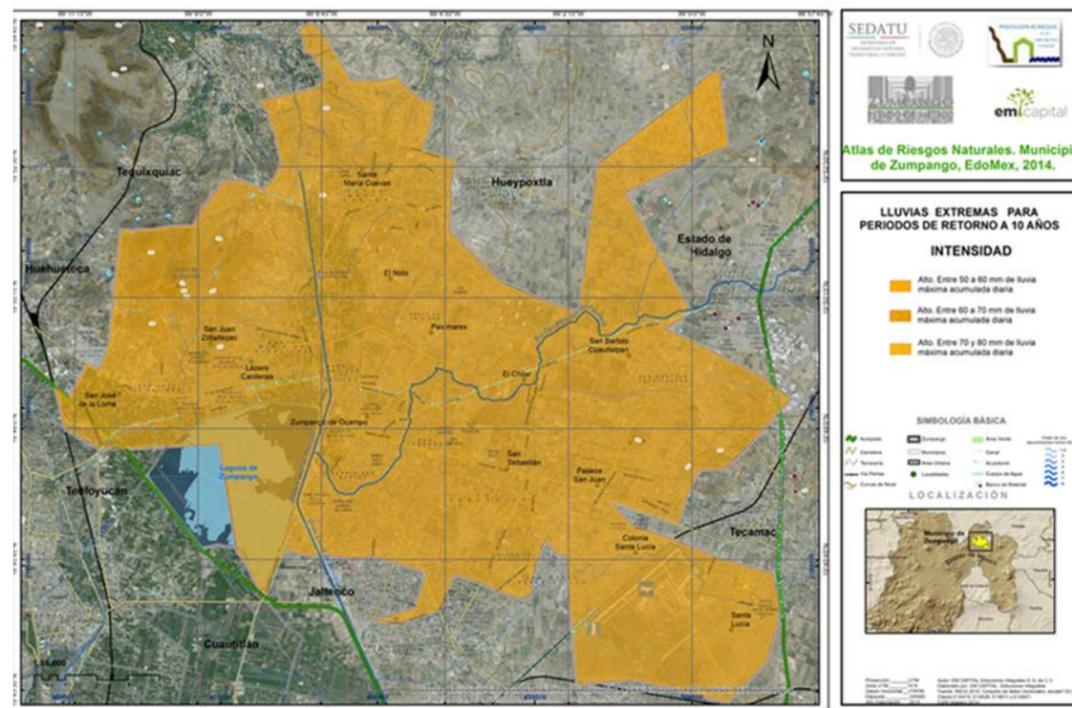


Figura 5.2.10.6. Mapa de lluvias extremas.

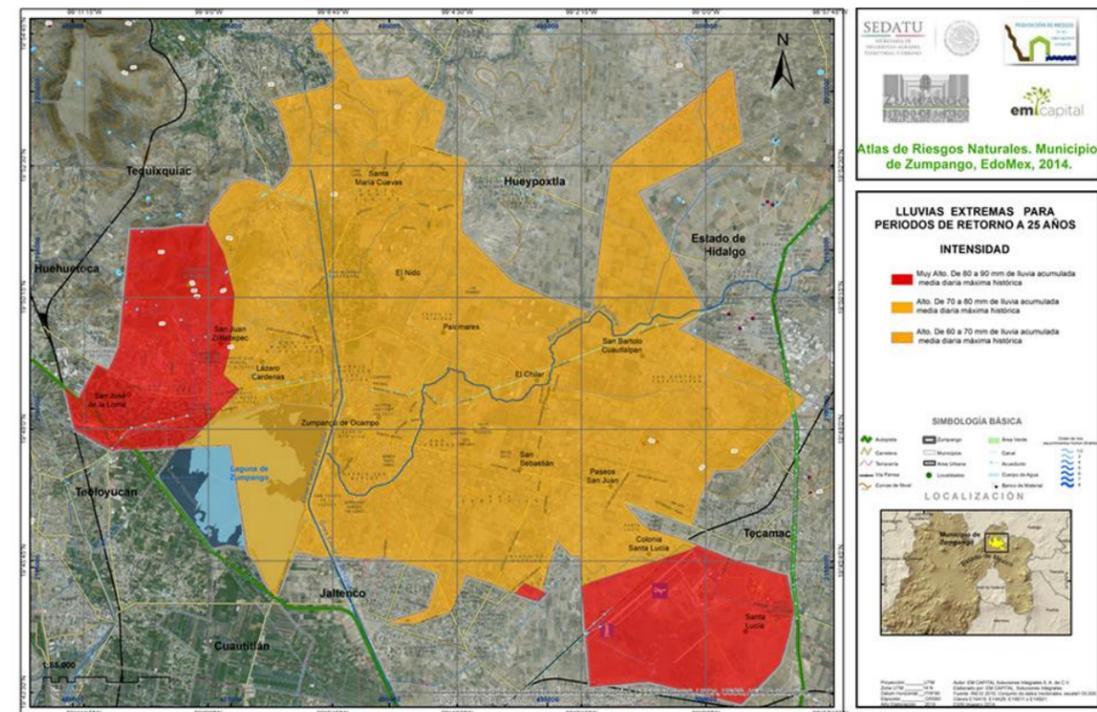


Figura 5.2.10.8. Mapa de lluvias extremas.

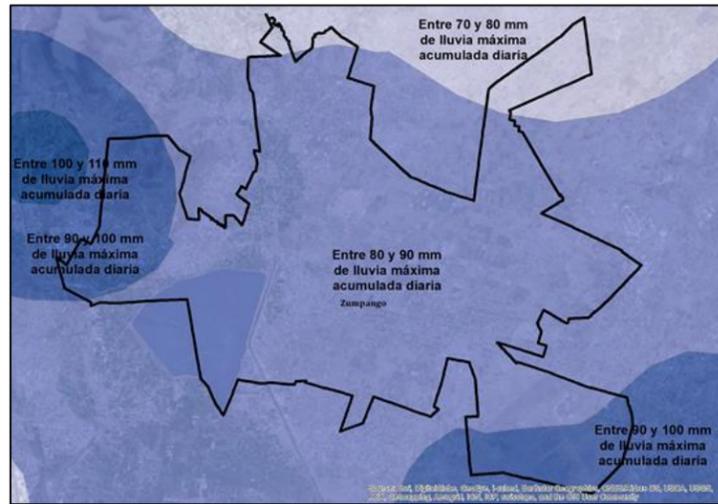


Figura 5.2.10.9 Mapa de lluvias extremas Tr 50 Años

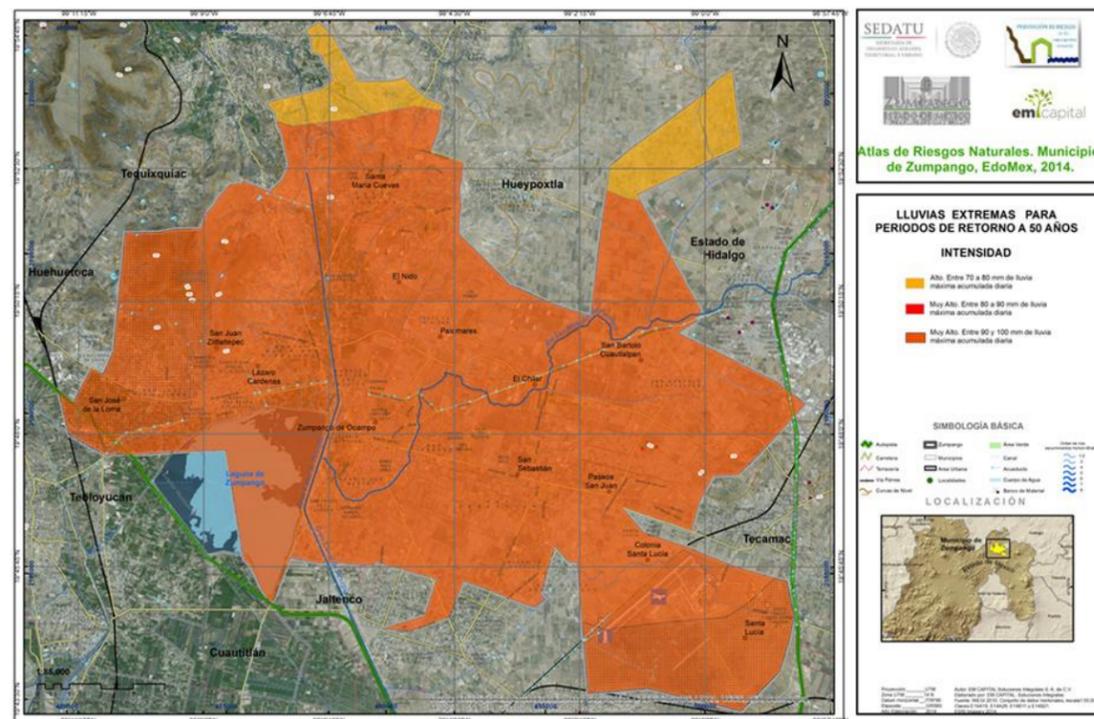


Figura 5.2.10.10. Mapa peligro por de lluvias extremas.

### 5.2.11 Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres

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 pérdidas humanas y materiales 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 los cuales se relacionan directamente con el tiempo de retorno del evento. De la misma manera, 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.

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 desarrollarán 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 del territorio analizado.

#### Determinación del peligro por Inundación

##### 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.

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

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

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, 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	$\alpha_y$	$\beta_y$	n	$\alpha_y$	$\beta_y$	n	$\alpha_y$	$\beta_y$	n	$\alpha_y$	$\beta_y$
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	1.556	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:

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

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:

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

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.

$a, b, c$  = 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:

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

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

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

$S_n$  = 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

#### 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.

#### Análisis Inundaciones

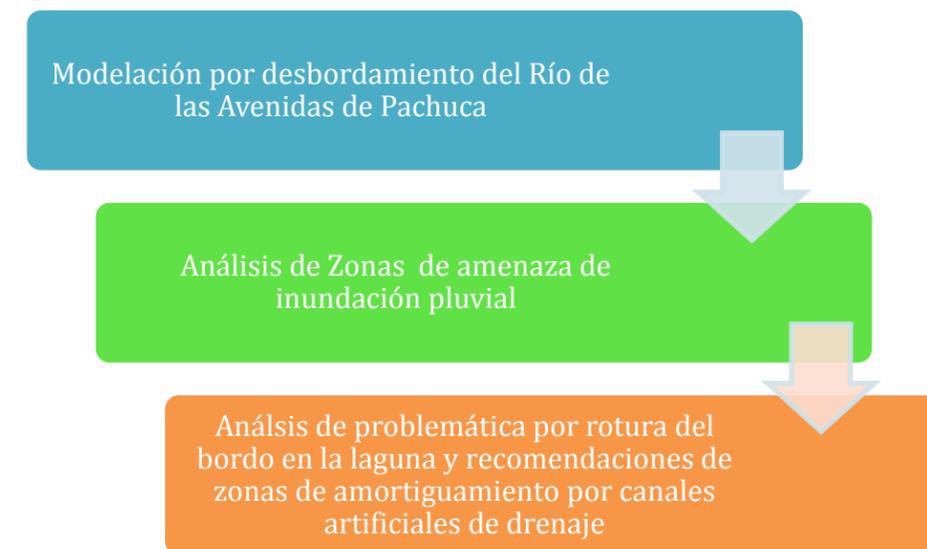
Como parte integral del análisis de Riesgos en el municipio de Zumpango, se desarrolla el presente apartado de Inundaciones. En él, se integran tanto la modelación del Río de las avenidas, como las zonas de potencial encharcamiento pluvial (Amenaza), además de que se integran los reportes de inundaciones previas en el

municipio, sirviendo de elemento antecedente de daños y de comprobación de la veracidad de nuestros resultados.

Otro factor promotor de la inundación es la ruptura de presas o embalses, afectando poblaciones ubicadas en zonas más bajas e incluso áreas lejanas al lugar en donde se presenta el fenómeno y dado que el municipio cuenta con la "Laguna de Zumpango", se analiza dicha problemática, la cual se descarta.

Por último se identificó la necesidad de establecer zonas de amortiguamiento de los canales artificiales que constituyen la red de drenaje fluvial que es tributaria a la laguna mencionada. Tales zonas no se integran en el Shapefile de peligro por inundación, dado los alcances del presente estudio, pero si se emiten recomendaciones de acuerdo a la normativa oficial y que servirán de base en la administración del riesgo con miras en el ordenamiento territorial del municipio. Dicho lo anterior, a continuación se muestra un diagrama general de análisis.

#### Metodología



**Figura 5.2.11.1. Composición del peligro por Inundaciones en Zumpango**

#### Régimen de Avenidas

##### Modelación de inundación fluvial en el Río de las Avenidas de Pachuca

El río de las avenidas de Pachuca, es el único elemento fluvial natural que fluye cerca de la zona urbana del municipio, aunque después es canalizado. El río es medido en primera instancia en el estado de Hidalgo en la estación Hidrométrica 26312, y después casi en su confluencia con el Río Moctezuma en la estación 26007. Dado los datos, se determinó el régimen de avenidas estimado en el tramo de interés. Esto con base en los datos hidrométricos del periodo de análisis de 1963 a 2010.

Tr	Gumbel	Tr	Gumbel
2	47.29	2	1.91
5	209.81	5	3
10	317.41	10	3.71
25	453.37	25	4.61
50	554.23	50	5.29
100	654.35	100	5.95
200	754.1	200	6.61
500	885.7	500	7.49
1000	985.16	1000	8.15

**Tabla 5.2.11.2. Régimen de avenidas para la estación 26007 y 26312**

Los regímenes de avenidas se calcularon con ayuda del programa **Retorno 2.0**. Finalmente dado un factor de transferencia, y específicamente nos interesa evaluar los Tr de 5, 10, 25, 50 y 100 años, se ponderan los siguientes valores finales de caudal para el tramo de interés.

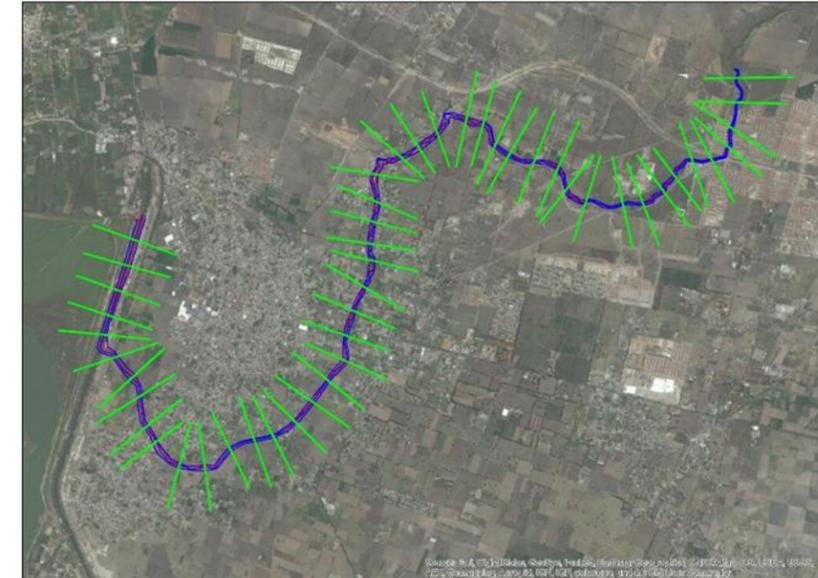
Tr (año)	Q (m3/s)
5	<b>42.0</b>
10	<b>63.5</b>
25	<b>90.7</b>
50	<b>110.8</b>
100	<b>130.9</b>

**Tabla 5.2.11.3. Régimen de avenidas para el tramo de interés.**

**Nota: La función de distribución de probabilidad que se ajustó fue la Gumbel.**

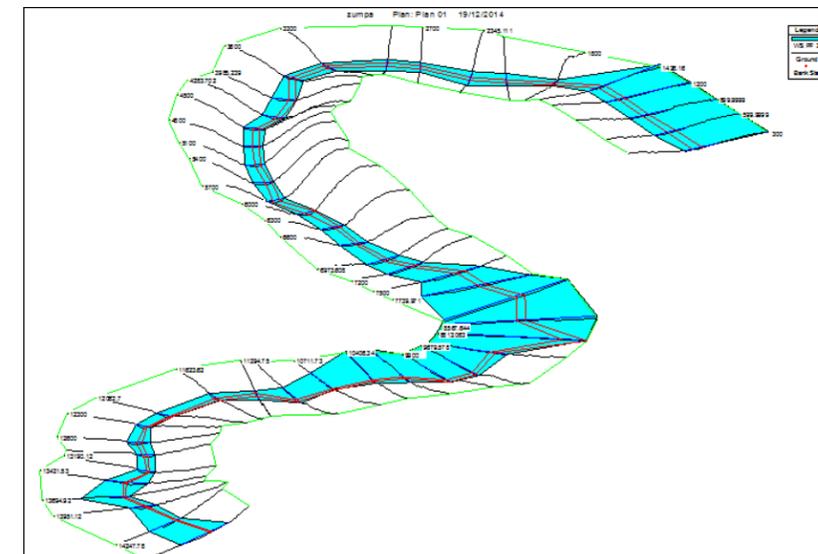
#### Modelo de Inundación Fluvial

Conociendo el régimen de avenidas, se hizo uso del programa de cálculo hidráulico Hec-Ras y de su extensión compatible con los sistemas de información geográfica Hec-Georas. Los pasos se muestran a continuación  
1.- Armado del modelo espacial, compuesto por los patrones de flujo, las márgenes y el eje del río. Así también se trazan las secciones transversales que servirán de base para el modelo.



**Figura 5.2.11.2. Modelo Espacial**

2.- Después se traslada el modelo espacial, para modelar los caudales en HEC-RAS.



**Figura 5.2.11.3. Modelo Hidráulico**

3.- Finalmente se modelan sobre la superficie (Continuo de elevaciones del INEGI V.3), y se generan las manchas de inundación.



**5.2.11.4 Zonas de Inundación**

Finalmente se tipifican como zonas de Muy Alto peligro aquellas que tienen un Tr de 10 años, Alto las de 25 años y Medio de un Tr de 100 años. Como parte de los entregables, se anexan las zonas de Inundación para los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

**Modelación de zonas con potencial de inundación pluvial (Amenaza)**

Mediante un análisis cualitativo, que toma como base la pendiente y la capacidad de infiltración del suelo, se zonifican las zonas de encharcamiento, aunado a una densificación de los sitios que presentan eventos peligrosos antecedentes.

**Puntos de inundación antecedente y peligro por rotura del bordo contención de la presa**

Con base en los reportes de daños proporcionados por el personal del municipio y de una búsqueda en diversas fuentes, se integró una base de puntos con reporte de inundación antecedente.

**Tabla 5.2.11.4. Sitios con reporte de inundación,**

Consecutivo	No. Ficha	Localidad	X	Y	Altitud (M.S.N.M.)	TIPO FICHA	OBSERVACIONES
1	1,2	Unidad habitacional Villas de la laguna	490450	2193380	2195	VF,IN	Zona inundable, Tirante de agua , 30-40cm
2	3	Unidad habitacional Villas de la laguna (entrada)	490052	2192729	2265	IN	Zona inundable, Diámetro de afectación 500m x 200m
3	4,5	La Trinidad	491315	2193493	2288	VF,IN	Zona Inundable, tirante de agua 60-70cm
4	6,7	Fraccionamiento Zumpango y Fraccionamiento del bosque	489487	2190789	2263	IN,VF	Canal de aguas negras, Rumbo S 50 E, Flujo SN, Ancho 13m, Prof 2m
5	8	Avenida bicentenario (puente)	494707	2190857	2270	IN	
6	9,10	Fraccionamiento Santa Fe (jardín de niños)	498602	2189519	2270	VF,IN	Zona inundable, tirante de agua 60-70cm, diámetro 115 x 200m
7	0	Fraccionamiento Santa Fe Paseo de la cereza	498430	2189577	2271	S/F	
8	11,12	Fraccionamiento Santa Fe II Paseo de la vainilla	498429	2189578	2273	VF,IN	Zona inundable con tirantes de agua de 50cm
9	0	Mina 1	498649	2189010	2280	S/F	

Consecutivo	No. Ficha	Localidad	X	Y	Altitud (M.S.N.M.)	TIPO FICHA	OBSERVACIONES
10	13,14	Barrio de Santiago 2da sección	488700	2190409	2205	VF,IN	Zona inundable, tirante 40cm diámetro 500m. (tramo Carretero) Las zanjas para que drene el agua están llenas de vegetación y basura.
11	15,16	Barrio de San Juan	488764	2188369	2247	VF,IN	Zona inundable, tirante de agua 80cm, diámetro 300-400m x 20m
*12	17,18	Esquina mágica y Avenida de las Cruces	490124	2189158	2258	VF,IN	Zona inundable, tirante 30-50cm, diámetro 100m x 10m
13	19	Avenida de las cruces	490020	2189273	2259	IN	Zona inundable, tirante 30cm, diámetro 200m x 10m
14	20,21	Barrio San miguel rio Pachuca	490953	2189321	2257	VF,IN	Rio Pachuca, Rumbo N 30 E, Flujo SW, Ancho 20m, Prof 5m, existe daño estructural en el punto de la calle
15	22,23	Barrio San Marcos rio Pachuca	490938	2189323	2248	VF,IN	Rio Pachuca, Rumbo N65E, Flujo SW, Ancho 22m, Prof 8m, existe un pozo de agua potable a 100m
16	54,25	San Marcos Ferrocarril Cintura	489212	2187277	2246	VF,IN	Rio Pachuca, Rumbo S65E, Flujo WE, Ancho 16m, Prof 5-6m, obra de mitigación, mampostería a los costados

Consecutivo	No. Ficha	Localidad	X	Y	Altitud (M.S.N.M.)	TIPO FICHA	OBSERVACIONES
17	26,27	Rinconada de la laguna 1er sección	490709	2191959	2252	VF,IN	Zona inundable , tirante de 80 cm
18	0	Ex hacienda de Guadalupe	501445	2190710	2213	S/F	
19	28,29	La esmeralda	501439	2190697	2267	VF,IN	Zona Inundable, tirante de agua 50cm, diámetro 350m
20	30	La esmerada calle Diamante	501263	2190785	2269	IN	Zona inundable, tirante de agua 1m, diámetro 300m x 70m
21	31,32	Fraccionamiento Santa Isabel	496868	2190503	2266	VF,IN	Zona inundable, tirante de 1.30m, diámetro 200m x 100m (Vaso regulador). Ancho: 12m, Profundidad: 5m. Rumbo: WE. Flujo: EW
22	33,34	Rinconada de la laguna 2nd seccion	4909936	2192367	2258	VF,IN	Zona inundable, tirante de agua 50cm, diámetro 100m x 10m
23	35	Laguna de Zumpango	487358	2186915	2248	VF	Parque ecoturístico Laguna de Zumpango

Consecutivo	No. Ficha	Localidad	X	Y	Altitud (M.S.N.M.)	TIPO FICHA	OBSERVACIONES
24	36	Laguna de Zumpango 2	488132	2189805	2245	VF	Filtración a un lado de la laguna, encharcamiento permanente
25	37	San Jose Pueblo Nuevo	494947	2186309	2197	VF	Zona de hundimiento. Procesos erosivos tipo remontante y diferencial. Intercalaciones de arena-arcilla
26	0	Fabrica de pintura	492463	2188461	2264	S/F	Fábrica de pintura
27	38,39,40	Av. Alcanfores	485221	2192257	2368	VF, PRM, GB	Zona de laderas con probabilidad de PRM por la gran cantidad de flujos de detritos. Zona que limita los municipios de San Juan Zumpango y Tequixquiac

#### Cuerpos de Agua - Laguna de Zumpango

Dentro de los límites del municipio se encuentra el embalse denominado "Laguna de Zumpango", en las coordenadas geográficas 19°47'25"N y 99°7'51' y a una altura de a los 2,200 msnm. Abarca el 5.67% del territorio municipal de Zumpango y el 9.51% del municipio de Zumpango en el Estado de México. Cuenta con una superficie de 1,865 ha, una periferia de 18 Km y una capacidad máxima de almacenamiento de 100 millones de m<sup>3</sup>.



Figura 5.2.11.5 Laguna de Zumpango

Actualmente la Laguna de Zumpango funciona como vaso regulador y de almacenamiento en el sistema de drenaje del Valle de México. Durante los meses de la temporada de lluvias, controla las avenidas pluviales del río Cuautitlán y del Emisor Poniente. Regularmente almacena en promedio 60 hm<sup>3</sup> al año mediante el canal de Santo Tomás. El agua de entrada es en su mayoría pluvial aunque también se introduce agua residual en una proporción de 80:20.

De acuerdo a la batimetría realizada en 2006, la "Laguna de Zumpango" tiene un nivel de bordo de 2,250.00 m.s.n.m, su nivel ecológico se encuentra en la cota 2,244.00: mientras que el nivel del vertedor se ubica a 2,248.50 m.s.n.m.

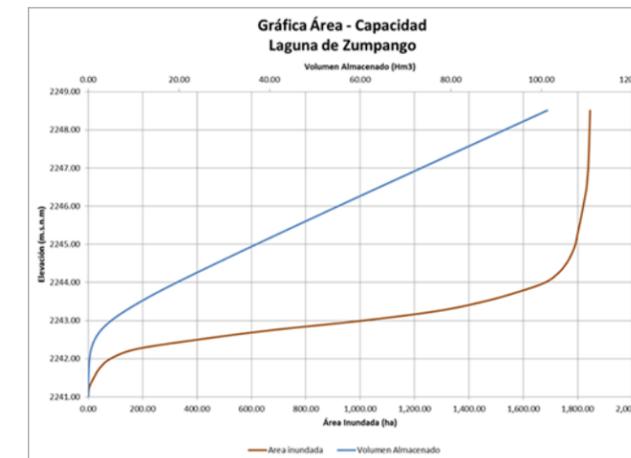


Figura 5.2.11.6. Gráfica Área Capacidad-Laguna de Zumpango

### Riesgo de falla y elementos antecedentes

De acuerdo con el documento titulado “Plan Estratégico para la Recuperación Ambiental de la Laguna de Zumpango. Diagnóstico e identificación de retos y problemas estrategias, objetivos, acciones y proyectos prioritarios”, elaborado por el Instituto Mexicano de tecnología del Agua y la Fundación Gonzalo Río Arronte, en noviembre de 2012; el municipio de Zumpango presenta riesgo por inundación causada por inundación pluvial y desbordamiento del río de las Avenidas. Sin embargo, uno de las principales preocupaciones del Ayuntamiento es sobre los posibles efectos que se pudiesen suscitar si la “Laguna de Zumpango” llegase a romperse: por ello se realiza una evaluación de dicho fenómeno crítico.

### Clasificación del embalse

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y según el criterio de para las obras de almacenamiento de ICOLD, los almacenamientos y presas en México se clasifican de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 5.2.11.5. Clasificación de Bordos y Presas.

Tamaño	Altura de la cortina	Almacenamiento
Grande	≥ 15 m	
	5 m ≤ h < 15 m	≥ 3 hm <sup>3</sup>
Pequeña	5 m ≤ h < 15 m	> 0.5 hm <sup>3</sup> y < 3 hm <sup>3</sup>
Bordo	< 3 m	≤ 0.5 hm <sup>3</sup>

Siguiendo este criterio, la “Laguna de Zumpango” es un embalse grande, ya que a pesar de tener un bordo de 5m sobre el nivel del terreno natural, tiene una capacidad de almacenamiento de 100 hm<sup>3</sup>, por lo que sus criterios de diseño son bastante rigurosos y se concluye que **no existe un potencial real de inundación** por rotura de presa en Zumpango, además de que en caso extraordinario, la topografía orienta el flujo hacia otros sitios.

### Peligro por Inundación

Finalmente se tipifican las zonas de peligro por inundación y se tipifican los niveles de peligro.

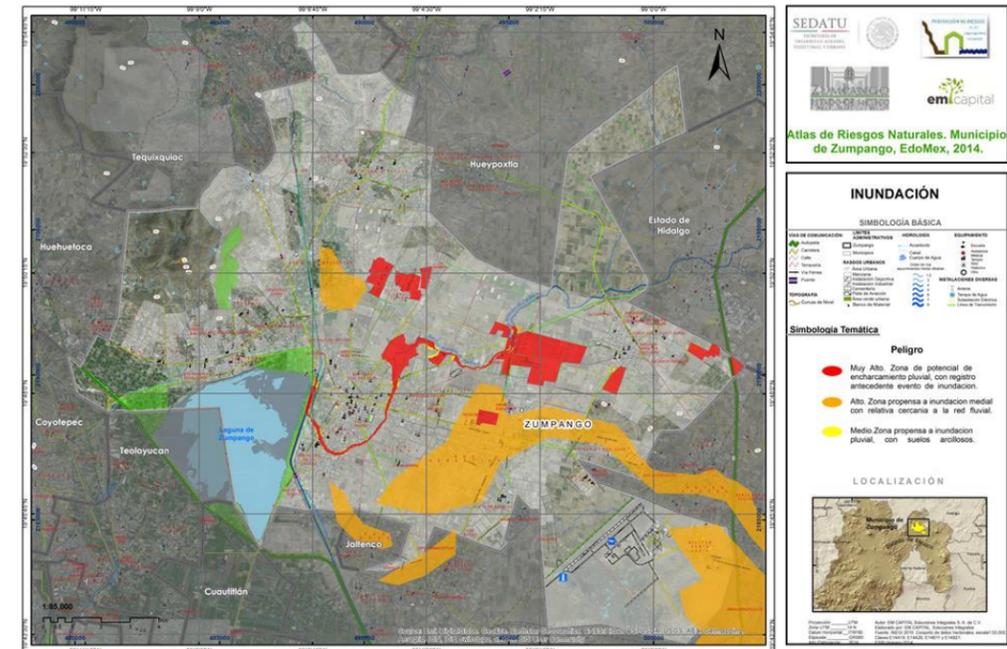


Figura 5.2.11.7. Peligro por inundación

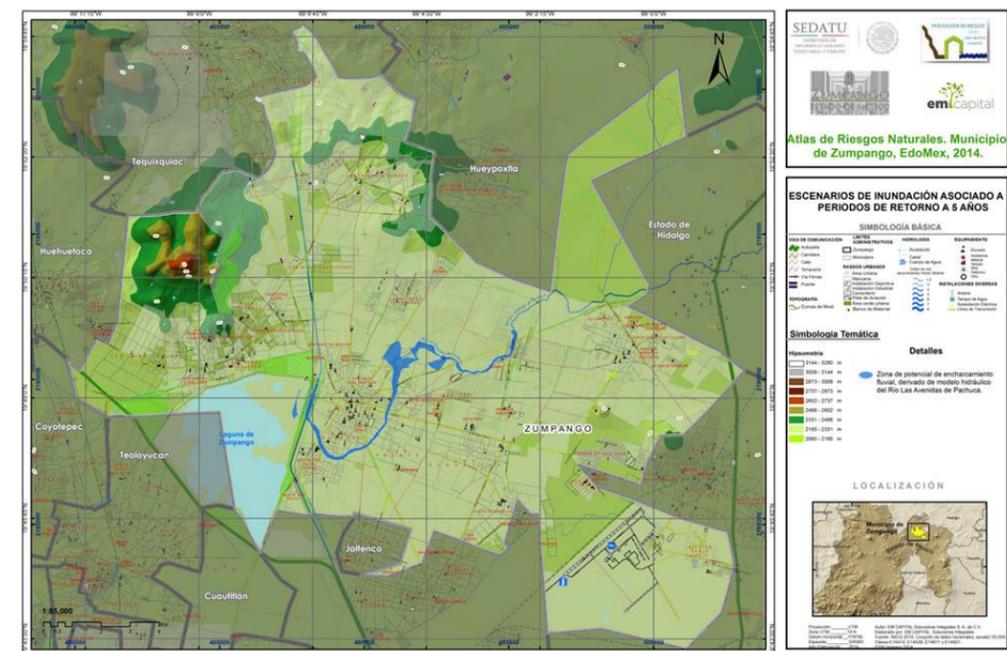


Figura 5.2.11.8. Inundación Tr. 5 años.

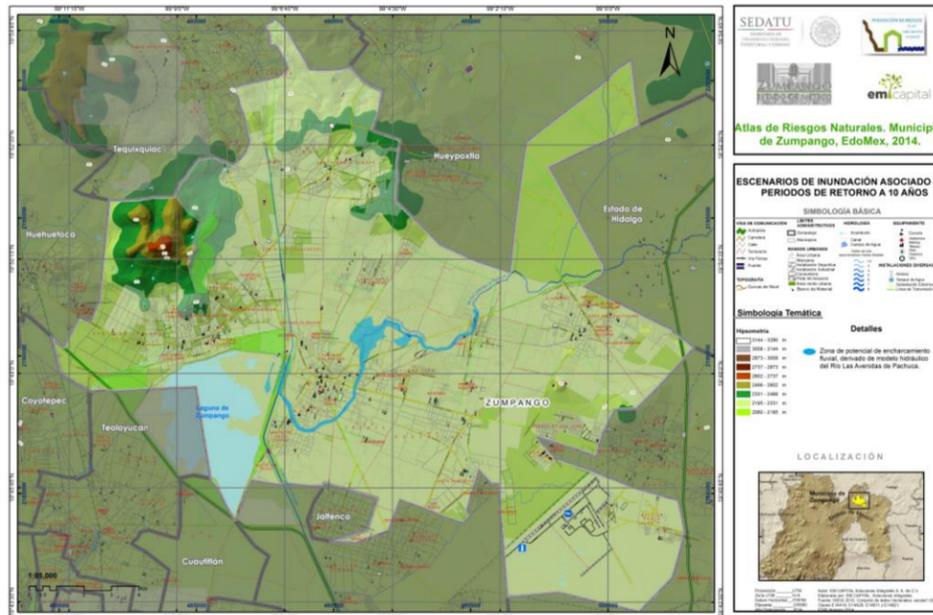


Figura 5.2.11.9. Inundación Tr. 10 años.

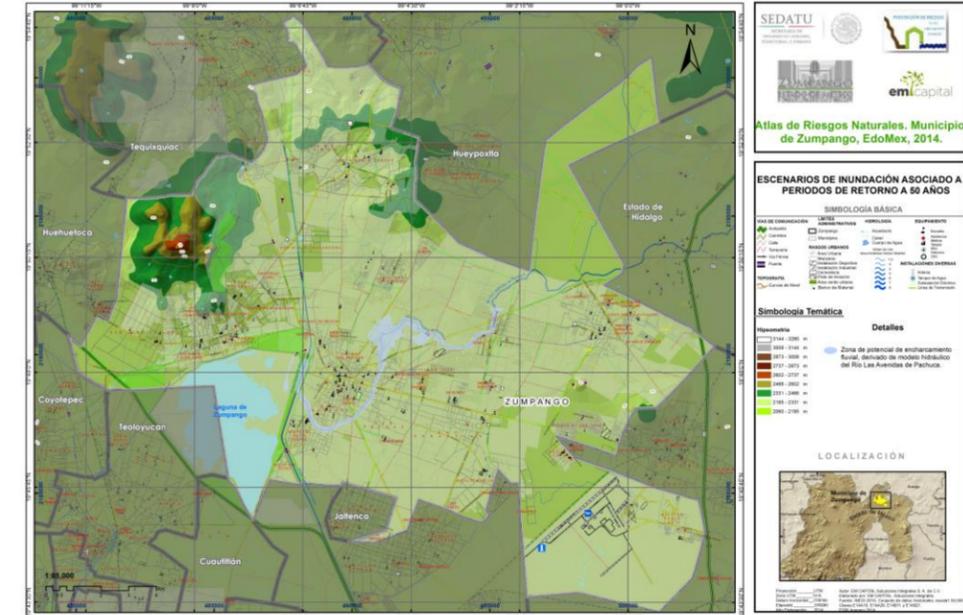


Figura 5.2.11.11. Inundación Tr. 50 años.

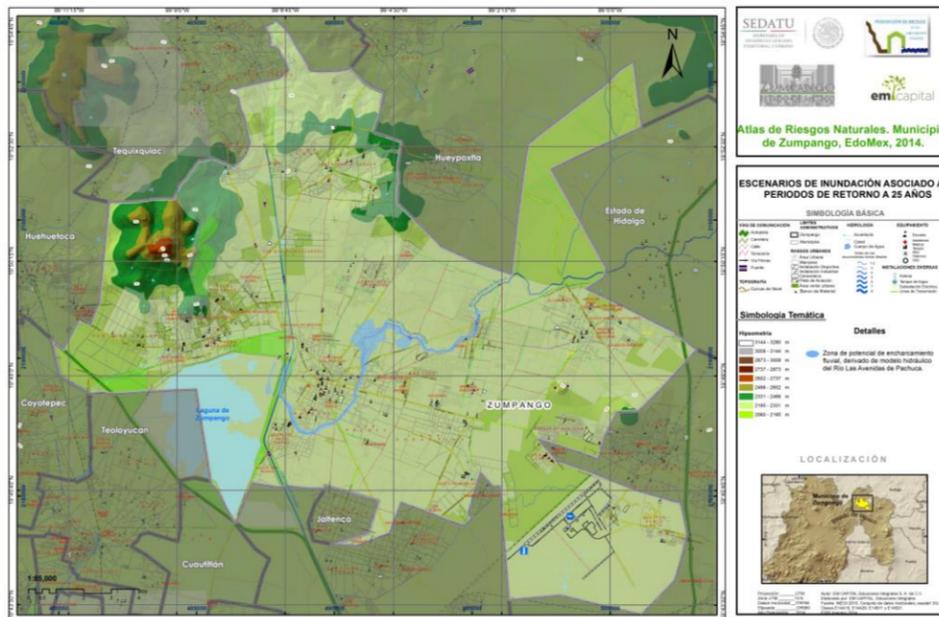


Figura 5.2.11.10. Inundación Tr. 25 años.

### Análisis de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es la medida de la susceptibilidad 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). 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.

En el presente análisis se hace énfasis en la vulnerabilidad Física, ya que dadas las características de los fenómenos Hidrometeorológicos, se derivará en un análisis de riesgo que tome en cuenta las características físicas de los hogares.

### FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LOS INDICADORES DE VULNERABILIDAD FÍSICA

Los datos empleados para el análisis de vulnerabilidad social fueron obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 del INEGI, en ellos, la información disponible se puede indicar hasta nivel manzana, razón por la cual decidimos plantear el análisis de vulnerabilidad en esta unidad de territorio. Los indicadores que se pueden encontrar son:

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

- a) Tasa de Mortalidad infantil.
- b) Porcentaje de la población no derechohabiente.

#### EDUCACIÓN

- c) Porcentaje de analfabetismo.
- d) Porcentaje de población de 5 a 14 años que asiste a la escuela
- e) Grado promedio de Escolaridad

#### VIVIENDA

- f) Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada.
- g) Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje
- h) Porcentaje de viviendas sin refrigeradores
- i) Porcentaje de viviendas con piso de tierra.
- j) Viviendas con algún tipo de hacinamiento

#### EMPLEO

- k) Razón de dependencia.
- l) Tasa de desempleo.

#### POBLACIÓN

- m) Densidad poblacional
- n) Porcentaje de población de habla indígena
- o) Dispersión poblacional.

#### Metodología

Para el análisis de vulnerabilidad se hace referencia a lo propuesto por el CENAPRED en su "Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas", con algunas variaciones, debidas a la disposición de los datos censales levantados de 2000 respecto de los de 2010, que son con los que se trabaja en este estudio. En dichas variables se busca establecer segmentos diferenciados de vulnerabilidad, esto, agrupando características clave. Las variables que consideramos son:

1. PISO DE TIERRA
2. SERVICIO DE ELECTRICIDAD
3. AGUA ENTUBADA
4. SERVICIO DE DRENAJE
5. VIVIENDA CON 3 CUARTOS O MAS

El Número de habitaciones por vivienda, nos indica las características de las paredes y de los techos, ya que una casa de 3 cuartos o más, muy probablemente cuenta con 2 pisos o más, y no puede estar hecha de cartón, una vivienda con estas características indica paredes de tabique o block y un techo de concreto. Otro indicador que se toma en cuenta, es que si la vivienda tiene piso de tierra, y si cuenta con servicios de electricidad, drenaje y agua entubada, este grupo de características seguramente indican el tipo de construcción.

#### Ponderación

Finalmente se hacen 2 propuestas de funciones de vulnerabilidad, esto debido a la naturaleza de los fenómenos Hidrometeorológicos, en un primer grupo se encuentran los correspondientes a las variaciones de la temperatura, es decir Ondas Cálidas, Ondas Gélidas y Heladas, también de modo anexo se ponen a las sequías (Función de Vulnerabilidad 1).

Es decir, si una casa presenta piso de tierra, menos de 3 cuartos, no tiene electricidad, sin drenaje y no cuenta con agua entubada, esa vivienda tendrá una vulnerabilidad de 1, es decir la más alta posible. Para combinaciones variadas como presentar 2 factores o 3, el valor de vulnerabilidad estará dictado por los pesos que nosotros de asignemos a cada variable, lo cual se resume del siguiente modo:

$$Vul = (P1 * V1) + (P2 * V2) + (P3 * V3) + (P4 * V4) + (P5 * V5)$$

Donde P1 a P5 son los pesos de cada variable, y V1 (si tiene piso de tierra), V2 (si no tiene servicio de electricidad), V3 (si no cuenta con agua entubada), V4 (si no tiene servicio de drenaje) y V5 (si la vivienda no cuenta con 3 cuartos o más)

Dicho esto, las ponderaciones propuestas para la Función 1 son:

Variable	Ponderación (%)
Piso de Tierra	20.0
Electricidad	30.0
Agua Entubada	20.0
Drenaje	10.0
3 Cuartos o mas	20.0

**Ponderación Función Vulnerabilidad 1**

La segunda función de vulnerabilidad (Función de Vulnerabilidad 2). Corresponde a los fenómenos de Lluvias, Granizo, Inundaciones, Tormentas Eléctricas y Tormentas de Nieve. La ponderación propuesta para la función 2 es:

Variable	Ponderación (%)
Piso de Tierra	40.0
Electricidad	5.0
Agua Entubada	5.0
Drenaje	30.0
3 Cuartos o mas	20.0

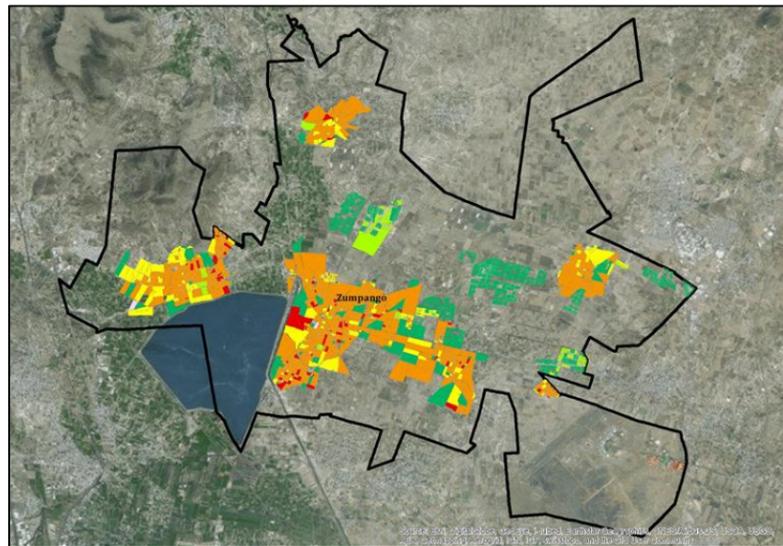
**Ponderación Función de vulnerabilidad 2**

Dadas las ponderaciones, el nivel de vulnerabilidad final se establece con los siguientes valores:

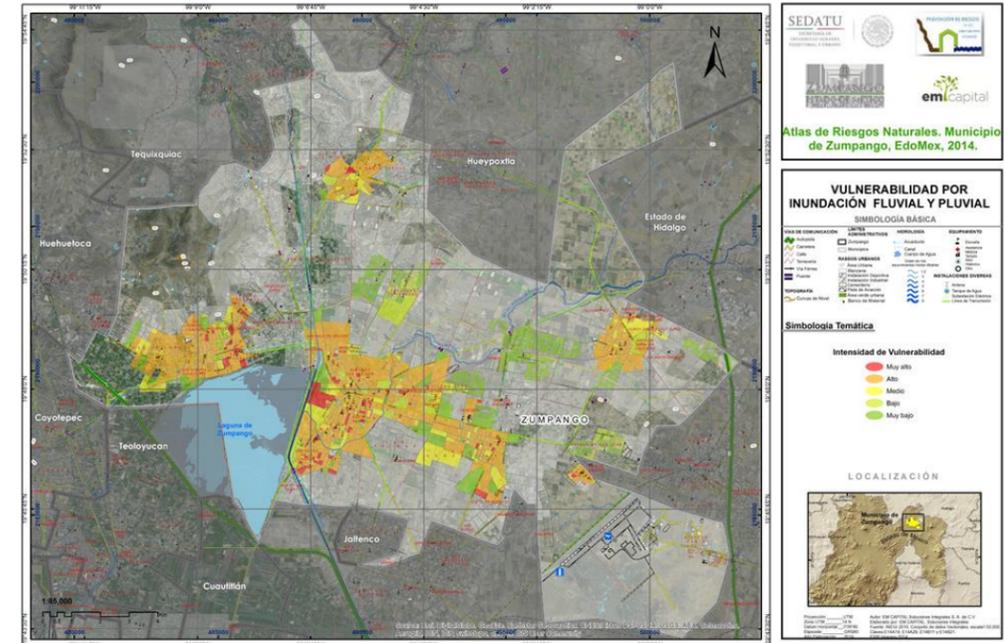
Nivel Vulnerabilidad	Intervalo
Muy Alto	0-0.2
Alto	0.1-0.4
Medio	0.41-0.6
Bajo	0.61-0.8
Muy Bajo	0.81-1

**Niveles de Peligro**

Finalmente las funciones de vulnerabilidad quedan como se muestran a continuación:



**Figura 5.2.11.12. Función de Vulnerabilidad 1 (Rojo= Muy Alto, Naranja= Alto, Amarillo= Medio, Verde Limón= Bajo, Verde= Muy Bajo)**



**Figura 5.2.11.13. Función de Vulnerabilidad 2 (Rojo= Muy Alto, Naranja= Alto, Amarillo= Medio, Verde Limón= Bajo, Verde= Muy Bajo)**

**Riesgo por Inundación**

Dada la zonificación de Peligro y la función de vulnerabilidad, se deriva en el Riesgo por Inundaciones. La cual base el criterio de intensidad en la siguiente matriz de decisión.

Niveles		VULNERABILIDAD				
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
RIESGO	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
	Muy Alto	Medio	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

**Matriz de decisión.**

Las zonas de Riesgo por inundación se muestran en la siguiente Figura.

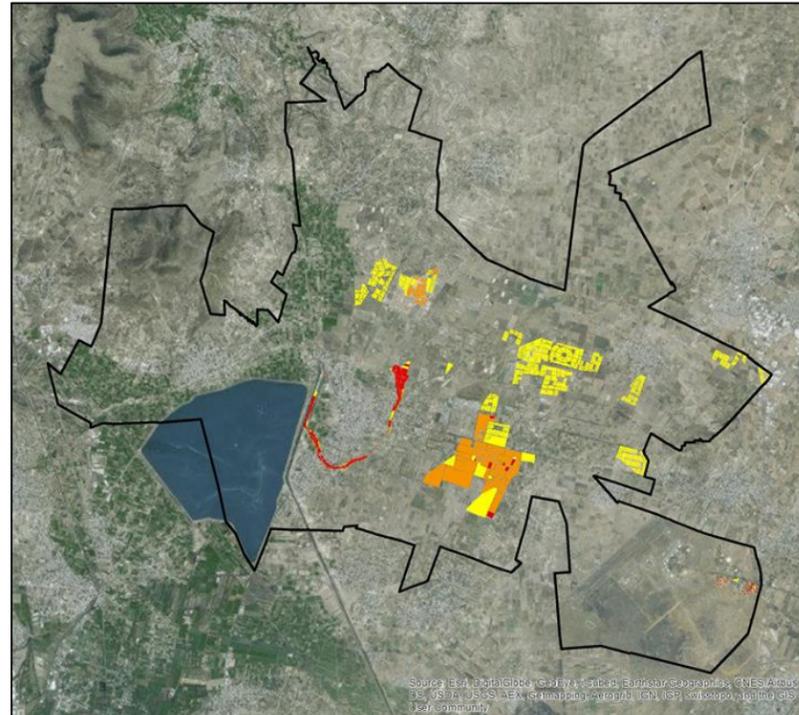


Figura 5.2.11.14. Riesgo por Inundación (Rojo= Muy Alto, Naranja= Alto, Amarillo= Medio, Verde Limón= Bajo, Verde= Muy Bajo)

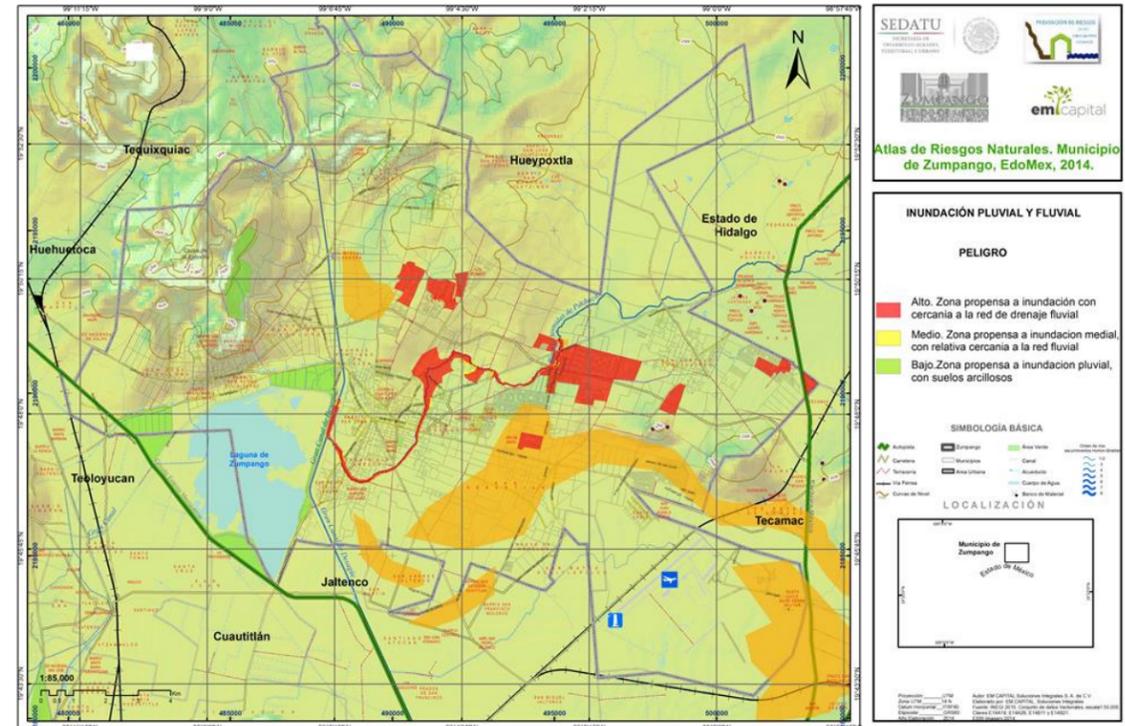


Figura 5.2.11.15. Mapa de zonas propensas a inundaciones.

Quantificación de elementos en situación de riesgo por Inundación en el municipio de Zumpango.

	Manzanas	Población
<b>Bajo</b>	12	49
<b>Medio</b>	398	826
<b>Alto</b>	183	6078
<b>Muy Alto</b>	140	4330

Manzanas y personas en situación de riesgo por inundación.

## CAPÍTULO VI. Obras de mitigación

### En materia de Inundación Fluvial

#### Estabilización y Rectificación de Cauces

El fenómeno de la erosión está presente en todos los escurrimientos, ya que éste comienza a producirse desde que la gota de lluvia golpea contra el suelo para después acumularse en zonas bajas o en los cauces de ríos, condición que ha provocado la pérdida de capacidad de conducción de los mismos. Sumado a ello todos los ríos se encuentran propensos a desplazamientos laterales provocados por la erosión producida en la margen exterior, mientras que en la parte interior existe sedimentación.

Estas condiciones deben de ser controladas para evitar afectaciones a vías de comunicación, poblaciones; ya sea mediante la extracción de sedimento del lecho del río (desazolve) para conservar las condiciones hidráulicas del cauce o recubrimientos marginales que eviten la erosión en las márgenes del río.

Los procedimientos más comunes para proteger las márgenes de los ríos sobre todo en zonas de curvas son los espigones, recubrimientos marginales y diques marginales; con ello se prevé evitar el contacto directo del material de la orilla con el flujo a alta velocidad además de permitir guiar el flujo en una dirección deseada.

#### Espigones

Son estructuras interpuestas a la corriente y su finalidad es direccionar el flujo de la corriente, alejando de la orilla las corrientes de velocidad erosiva, evitando que la fuerza de las aguas impacten los márgenes. Estas acciones generan zonas de sedimentación y consecuentemente de disposición de material sólido, reconstituyendo de esta forma, márgenes ya afectados por la erosión.

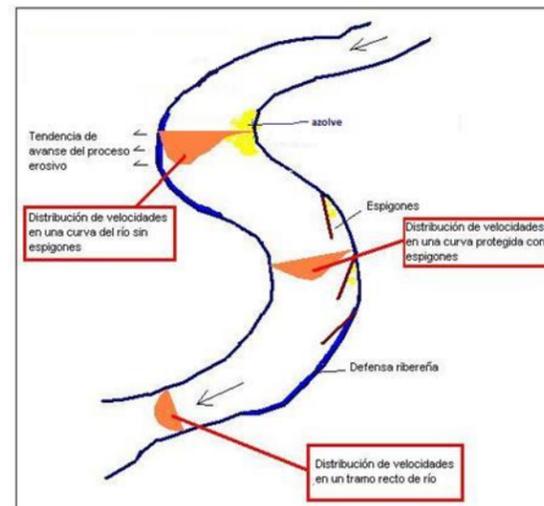


Figura 6.1. Esquema de funcionamiento de espigones

Pueden ubicarse simplemente unidos a la orilla o bien empotrados a la misma. Debido a sus características de permeabilidad, flexibilidad y resistencia mecánica, el gavión es la solución más eficaz para este tipo de infraestructura, ya que la presencia de agua no afecta el proceso constructivo de los espigones y eventuales asentamientos pueden ser evitados con plataformas de deformación en colchón.

La forma y la geometría específica de los espigones es definida en función del régimen del río, dado que esta obra altera el equilibrio natural del curso de agua, se recomienda realizarlo por etapas hasta establecer un nuevo equilibrio.

Los datos necesarios para el diseño de los espigones son la topografía y batimetría del río en la zona por proteger, secciones transversales a lo largo de las orillas que serán protegidas, características hidráulicas de la corriente como son, por ejemplo, el gasto dominante y el gasto asociado a un periodo de retorno entre 50 y 100 años, la elevación de la superficie del agua correspondiente a esos gastos, así como las velocidades medias de los escurrimientos y la velocidad del flujo a lo largo de las orillas por proteger; la granulometría y peso específico de los materiales del fondo y orillas del cauce, y finalmente los materiales de construcción disponibles.

Al ubicar esta obra, ya sea respecto de la orilla actual, o bien en una nueva margen, se requiere trazar en planta el eje del río y en las orillas delinear una frontera, generalmente, paralela a dicho eje, a la cual llegarán los extremos de los espigones. La longitud de cada espigón estará dada por la distancia de la orilla real a esa línea.

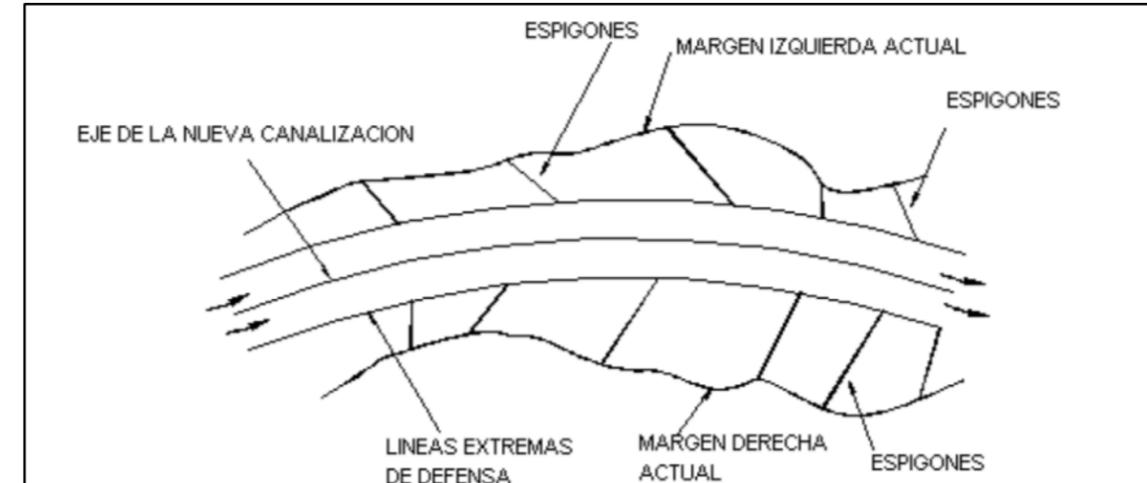


Figura 6.2. Determinación de longitud de espigón

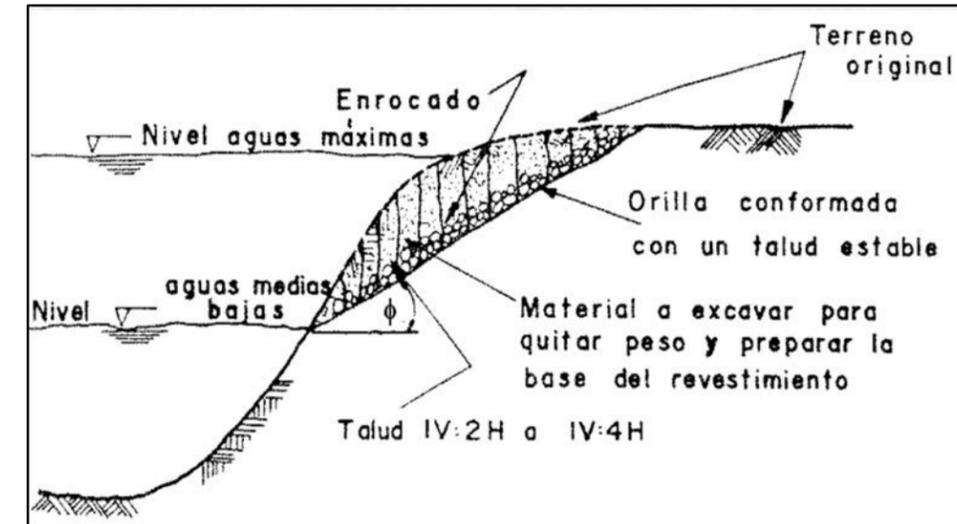
#### Recubrimiento o muros marginales

Son protecciones ubicadas directamente sobre la orilla del cauce por un material natural o artificial que no pueda ser arrastrado por la corriente aun en avenidas máximas. Para la instalación de éstas, normalmente se perfila la orilla con un talud que permita la colocación segura del material de protección.

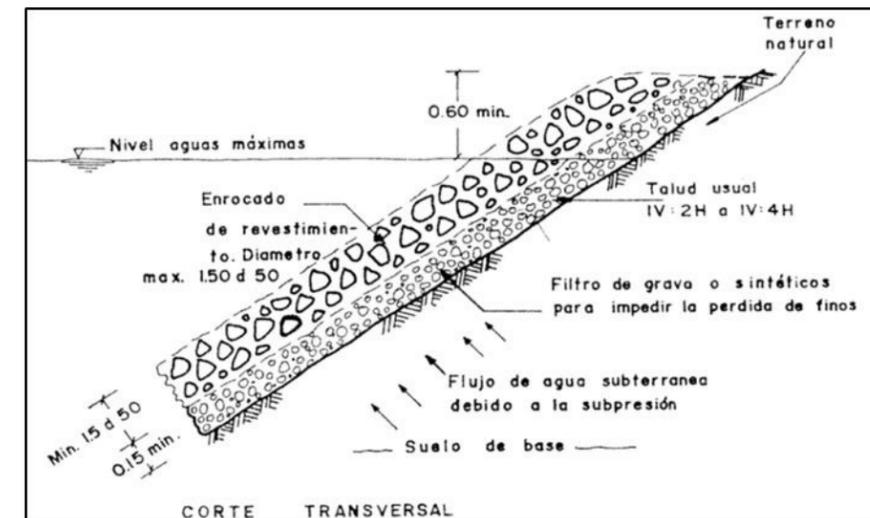
La aplicación del recubrimiento se hace en capas, entre las cuales se coloca un filtro (geotextil o materiales pétreos) cuyo tamaño decrece de afuera hacia la margen a cubrir, ello con la finalidad de evitar que partículas de la orilla salga a través de los orificios de la capa exterior.

Algunas de las recomendaciones para su instalación son:

- Los taludes, dependiendo del tipo de material presente en las márgenes del río, deben tener una pendiente entre 1:2 y 1:4 (V:H) con el fin de asegurar la estabilidad tanto del material a proteger como del protector.
- Los revestimientos o cubiertas protectoras de las orillas deben ser porosas para permitir el drenaje a través de ellas y evitar la presencia de subpresiones que levanten y dañen la cubierta.
- La cubierta debe ser colocada sobre un filtro construido de grava graduada o telas sintéticas colocado en los sitios donde pueda presentarse movimiento de partículas hacia el exterior.
- Las medidas protectoras deben extenderse hacia el lecho del cauce con el fin de proteger la pata del talud, especialmente en aquellos casos en que esta erosión sea agresiva y atente contra la estabilidad de todo el talud.
- La clase de revestimiento a usar está sujeta al tipo de operaciones que son permitidas en el cauce, por ejemplo, el acceso al río de personas o animales y consideraciones ecológicas.
- Los revestimientos deben ser flexibles, hechos con enrocado, gaviones o colchacreto, para que se acomoden a asentamientos y deformaciones, lo que no se logra con un revestimiento rígido de losas de concreto que requieren de gran control en la construcción y durante su vida útil.
- En el caso de utilizar geotextiles o colchacreto se deberá construir una trinchera de anclaje.



**Figura 6.3. Protección a cauce con enrocamiento.**



**Figura 6.4. Esquema de protección con enrocamiento.**

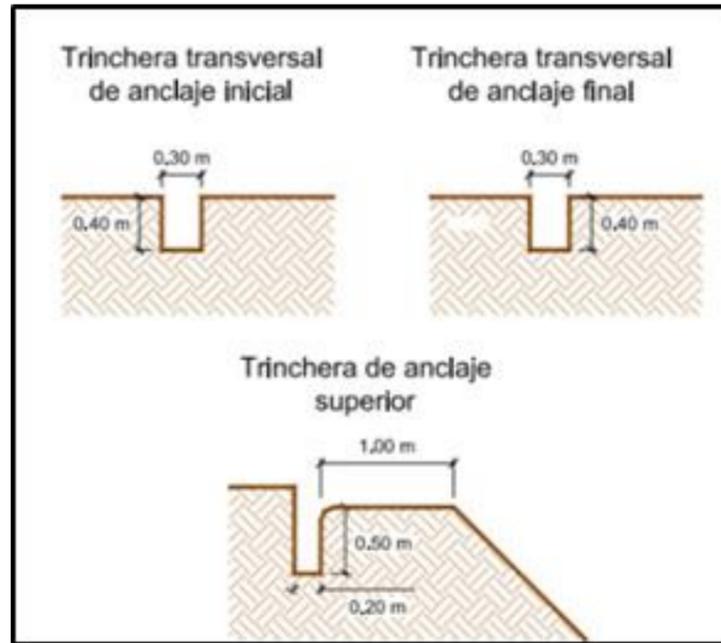


Figura 6.5. Trincheras de anclaje.

### Zonas de amortiguamiento por canales

La delimitación de las Zonas Federales de los cauces y cuerpos de agua contemplada en la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento, -que es la reglamentaria del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos,- donde se define la propiedad de las aguas, cauces y sus riberas así como los lechos de lagunas, es la fase en que mediante estudios de carácter topo-batimétricos e hidrológicos, se determina cuál es el terreno denominado zona federal perteneciente al Gobierno Federal. Estos trabajos sirven para que, en otra etapa posterior, se lleve a cabo el acto de autoridad denominado demarcación de la Zona Federal (ZF), que son los trabajos topográficos, administrativos, legales y en campo que mediante mojoneas se marque los límites de la misma. La zona federal es considerada una zona de amortiguamiento del elemento fluvial.

Las zonas federales se determinan en función de los niveles de aguas máximas ordinarias ocurridas en periodos medios de 5 a 10 años, pueden considerarse como zonas relativamente seguras para escurrimientos normales en la historia hidrométrica de los periodos estudiados. Dado los alcances del estudio no se considera proponer zonas de amortiguamiento los canales, pero si se recomienda un estudio a detalle.

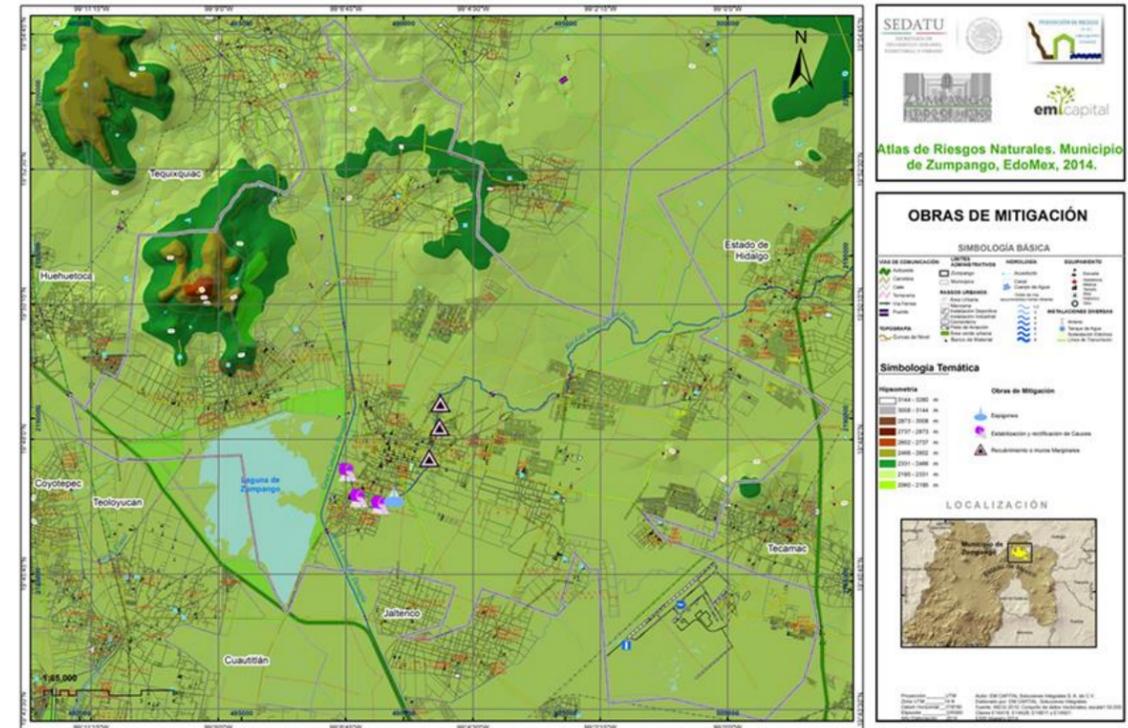


Figura 6.6.- Mapa de Obras de Mitigación.

**TABLA DE OBRAS DE MITIGACION**

Propuesta de Obras y Acciones				
Fenómenos/ Riesgos	Ubicación	Causas	Obra o Acción Propuesta	Observaciones
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7907 latitud Norte, -99.1119 de longitud Oeste	Socavación General a razón de crecidas fluviales,	Estabilización y rectificación de Cauces	Evitar socavación en el cauce y así conservar la capacidad hidráulica del mismo
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7834 latitud Norte, -99.1086 de longitud Oeste	Socavación General a razón de crecidas fluviales	Estabilización y rectificación de Cauces	Evitar socavación en el cauce y así conservar la capacidad hidráulica del mismo
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7815 latitud Norte, -99.1023 de longitud Oeste	Socavación General a razón de crecidas fluviales	Estabilización y rectificación de Cauces	Evitar socavación en el cauce y así conservar la capacidad hidráulica del mismo
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7842 latitud Norte, -99.0982 de longitud Oeste	Altas velocidades de flujo	Espigones	Se propone a razón de la dinámica fluvial en eventos de crecidas históricas
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.7948 latitud Norte, -99.0879 de longitud Oeste	Falta de capacidad hidráulica	Recubrimiento o muros Marginales	Incrementar la capacidad hidráulica de la corriente
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.8035 latitud Norte, -99.0849 de longitud Oeste	Falta de capacidad hidráulica	Recubrimiento o muros Marginales	Incrementar la capacidad hidráulica de la corriente
Inundaciones	Río Las Avenidas de Pachuca Coordenadas 19.8101 latitud Norte, -99.0846 de longitud Oeste	Falta de capacidad hidráulica	Recubrimiento o muros Marginales	Incrementar la capacidad hidráulica de la corriente

## CAPÍTULO VII. Anexo

### 7.1. 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 comuesto 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:  $Riesgo = Vulnerabilidad \times Valor \times Peligro$ . En esta relación, el valor se refiere al número de vidas humanas amenazadas o en general a cualquiera 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.

## 7.2. Bibliografía

- Atlas 2013, del Municipio de Zumpango, acorde a los requerimientos de la Dirección General de Protección Civil del Estado de México.
  - Programa de Ordenamiento Ecológico Local, SEMARNAT, 2010.
  - Plan Municipal de Desarrollo Urbano 2013-2015.
  - Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el Riesgo, 2014. SEDATU.
  - Términos de Referencia y Guía de contenido mínimo para los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, CENAPRED.
- Aceves-Quesada F., López-Blanco J. y Martin 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.
- 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.
- 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.
- Arce J.L., 1999. Reinterpretación de la erupción pliniana que dio origen a la Pómez Toluca Superior, Volcán Nevado de Toluca. Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis de maestría, 99 pp.
- 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.
- Bulletin of the Global Volcanism Network (BGVN), 1997. Largest ash emission of the 1994-97 eruption on 30 June. *Smith. Inst. vol. 22, no. 07. July 1997*.
- Bulletin of the Global Volcanism Network (BGVN). 2000. December set records in tremor, dome extrusion rates, SO<sub>2</sub> flux, and tilt. *Smith. Inst., vol. 25, no. 12. Dec. 2000*.
- Campa-Uranga, M. F., 1965, Breve Análisis Petrográfico de la Sierra de Guadalupe: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, tesis licenciatura, 61 p.
- 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.
- Capra L., Norini G., Gropelli G., Macías J.L., Arce J.L., 2008. Volcanic hazard zonation of the Nevado de Toluca volcano, México. *J. Volc. Geother. Res.*, Vol.176, 469-484 p.
- Cas R.A.F. y Wright J.V., 1996. *Volcanic successions modern and ancient*. Londres, Capman & Hall, 528 pp.
- 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.
- 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.
- De la Cruz-Reyna S, 2002. Análisis de escenarios posibles de formación de depósitos de ceniza volcánica alrededor del volcán Popocatepetl, incluyendo los sitios propuestos para aeropuertos. *Las cenizas volcánicas del Popocatepetl y sus efectos para la aeronavegación e infraestructura aeroportuaria*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. 89-101.
- 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.
- Engdahl R. E., 1988. Seismicity map of North America, Continent-Scale Map-004: Geological Society of America, Boulder, Colorado, Scale 1:5,000,000.
- Farreras, S., 2005. Tsunamis. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 39 p.
- Figuroa J., 1963. *Isosistas de Macrosismos Mexicanos*. Series del Instituto de Ingeniería No. 67. Universidad Nacional Autónoma de México, 24 pp.
- Figuroa J., 1975. *Sismicidad en Oaxaca*. Series del Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México, 73 pp.
- 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, 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.
- 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., Zamorano J.J., López-Miguel C., Galván-García A., 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*, v. 25, núm. 1, 158-178.
- 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.
- Jacobo-Albarrán, J. J., 1985. Estudio Petrogenético de las Rocas de la Porción Central del Eje Neovolcánico: Instituto Mexicano del Petróleo, Reporte Interno.
- Kirianov V.Y., Koloskov A.B., De la Cruz S., Martin A.L., 1990. The major stages of manifestation of recent volcanism in the Chichinautzin zone. *USSR Academy of Sciences, Geol Ser* 311:432–434.
- 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.
- Lomnitz C., 1994. *Fundamentals of earthquake prediction*. Wiley, New York, 326 pp.
- López O., Reyes C, Durán R., Bitrán D. y Lermo J., 2001. El Sismo de Oaxaca del 30 de septiembre de 1999 (Mw=7.5). *CENAPRED*, 65 pp.
- Lozano-Barraza, L., 1968, *Geología de la Sierra de Guadalupe, México, D. F.: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, tesis licenciatura*, 39 p.
- Lugo-Hubp, J., y Salinas Montes A., 1996, *Geomorfología de la Guadalupe Ranges (al norte de la Ciudad de México) y su Relación con Peligros Naturales: Universidad Nacional Autónoma de México: Instituto de Geología, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 13, 240-251.
- 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 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., 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.
- 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.
- Martín del Pozzo A.L. 1982. Monogenetic volcanism in Sierra Chichinautzin, Mexico. *Bulletin Volcanologique* 45, 9–24 p.
- 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.
- 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.
- 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.
- Mooser F., Meyer-Abich H., McBirney A. R., 1958. *Catalogue of the active volcanoes of the world including solfara fields. Part VI Central America: Napoli International Volcanology Asociation*, 1-36.
- 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.
- Mooser, F., 1992, *Nuevo Mapa Geológico del Sur-Poniente del Valle de México: Simposium Experiencias Geotécnicas en la Zona Poniente del Valle de México: Sociedad Mexicana de Mecánica de Rocas*, 5-15.
- 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. *Geofisica Internacional* 30, 61-70.
- 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.

Nixon G.T., 1988. Petrology of the younger andesites and dacites of Iztaccihuatl Volcano, Mexico, II. Chemical stratigraphy, magma mixing, and the composition of basaltic magma influx. *Journal of Petrology*, v. 29, p. 265-303.

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.

Ordoñez E., 1895. Las rocas eruptivas del suroeste de la Cuenca de México. Instituto Geológico de México, Boletín 2, 46 pp.

Pardo M. y Suárez G., 1995. Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implication: *Journal of Geophysical Research*, 100, 12357-12373.

Reiter L., 1990. *Earthquake Hazard Analysis*. Columbia University Press, 253 p.

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.

Reinoso E., 2007. Riesgo Sísmico en la Ciudad de México. Academia de Ingeniería, A.C., México. 50 p.

Robin C., 1984. Le volcan Popocatepetl (Mexique): structure, évolution pétrologique et risques: *Bulletin of Volcanology*, 47, 1-23.

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. The structure and emplacement of cinder cone fields. *American Journal of Science*, Vol. 279, 1089-1107 p.

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.

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.

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*.

Suárez G. y Singh K., 1986. Tectonic interpretation of the TransMexican Volcanic Belt Discussion: *Tectonophysics*, 127, 155-160.

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., Quintero O., López M., Aguirre G. and Farrar E., 1995a. The Acambay graben: active intra-arc extension in the trans-Mexican volcanic belt, Mexico, *Tectonics* 14, 1245-1262.

Suter M., Carrillo M., López M., and Farrar E., 1995b. The Aljibes halfgraben--active extension in the transition zone between the trans-Mexican volcanic belt and the southern Basin and Range, Mexico, *Geol. Soc. Am. Bull.* 107, 627-641.

Suter M., Carrillo-Martínez M., and Quintero-Legorreta O., 1996. Macroseismic 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.

Yamamoto J., Jiménez Z. y Motas R., 1984. El temblor de Huajuapán de León, Oaxaca, México, del 24 de octubre de 1980. *Geof. Int.* Vol. 23-1, 83-110.

#### Páginas WEB

- <http://www.eluniversaledomex.mx/otros/sequia-en-laguna-de-zumpango-preocupa-a-vecinos.html>
- <http://www.eluniversaledomex.mx/otros/fisuras-amenaza-laguna-de-zumpango.html>
- <http://www.hoyestado.com/nota.html?ver=11057>
- <http://www.global-mexico.com/home/editorial/183-laguna-de-zumpango-lago-de-zumpango-contaminacion-zumpango-mexico>
- <http://www.eluniversaledomex.mx/otros/sequia-en-laguna-de-zumpango-preocupa-a-vecinos.html>
- <http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3042775.htm>

**7.3. Cartografía Empleada**

Se anexa en formato digital.

**7.4. Fichas de campo**

Se anexa en formato digital.

**7.5. Memoria Fotográfica**

Se anexa en formato digital.

**7.6. Peligros Antropogénicos**

Se anexa en formato digital.

**7.7. Nombre de la consultoría y personas que elaboran el atlas.**

**EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.**  
Av. Paseo de la Reforma No. 42, Piso 1, Oficina A, Colonia Centro.  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México D.F.  
Tel: (55) 55 32 04 81, [www.emcapital.mx](http://www.emcapital.mx)

**CAPÍTULO VIII. Metadatos**

Se anexa en formato digital.

CARGO
<b>DIRECTOR DE PROYECTO</b> <i>Dr. Victor Carlos Valerio.</i>
<b>COORDINADORA DE RIESGOS GEOLOGICOS</b> <i>Dra. Alicia Martínez Bringas</i>
<b>COORDINADOR DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b> <i>Ing. Leo Mijail Castañeda Robles.</i>
<b>ANALISTA DE LA VULNERABILIDAD</b> <i>M. en C. Carlos Guillermo García Vargas</i>
<b>COORDINADOR DE SIG</b> <i>Lic. Sandra Itzel López Zepeda</i>
<b>ENCARGADOS DE TRABAJO DE CAMPO</b> <i>M. en C. Erick Osorio</i> <i>M. en C. Ariadna Padilla León</i> <i>M. en C. Arturo Téllez Sánchez</i> <i>M. en C. María Nadxely Guzmán Andrews.</i>