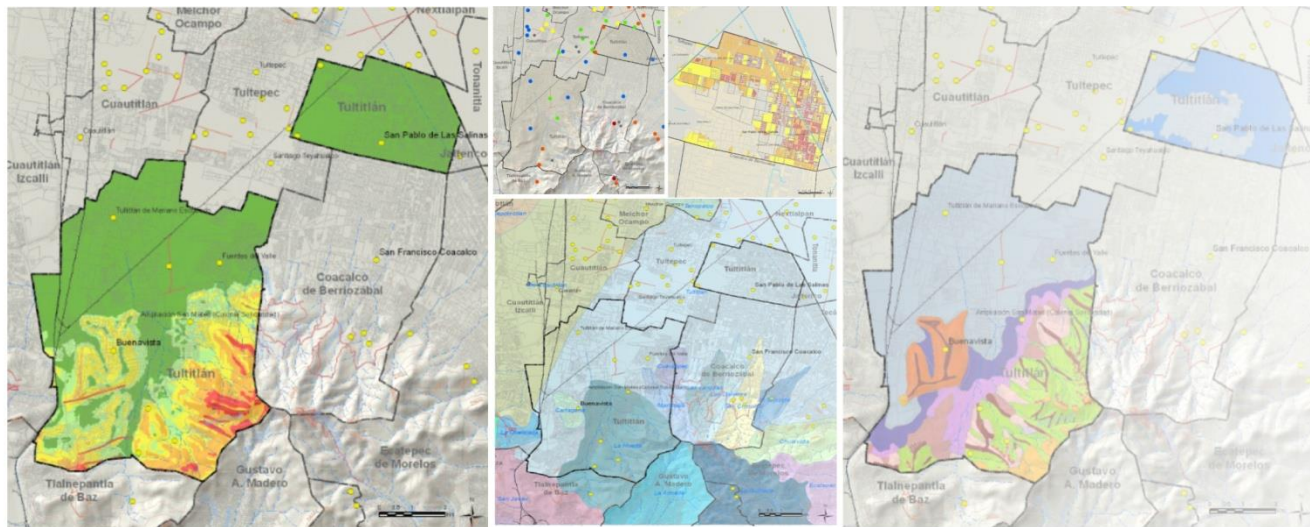




Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Tultitlán, Estado de México



SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



TULTITLÁN
GOBIERNO MUNICIPAL
Trabajando en Grande



GIESA
GRUPO INGENIEROS ESPECIALIZADOS S.A. DE CV
Ingeniería: Mecánica, Eléctrica, Civil, Ambiental
Proyectos, Mantenimiento y Montajes Industriales



Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Tultitlán, Estado de México



2013 • 2015

TULTITLÁN
GOBIERNO MUNICIPAL
Trabajando en Grande

20/12/2013



GIESA

GRUPO INGENIEROS ESPECIALIZADOS S.A. DE C.V.

Ingeniería: Mecánica, Eléctrica, Civil, Ambiental
Proyectos, Mantenimiento y Montajes Industriales

TULTITLÁN ESTADO DE MÉXICO

GIESA

Independencia 202 Col. San Luis Mextepec, Municipio de

Zinacantepec Estado de México

(722) 3 79 21 43

Presentación

El Gobierno Municipal de Tultitlán, ha realizado importantes acciones para promover un desarrollo social ordenado y sustentable. El Atlas de Riesgo, es una herramienta indispensable para alcanzar este importante objetivo. Trabajamos con rigor y profesionalismo en su realización, ya que nos interesa contar con un diagnóstico preciso de los peligros, la vulnerabilidad y los riesgos intrínsecos a nuestro territorio.

Los objetivos que buscamos alcanzar al crear este documento, son: reducir el riesgo a través de una planeación y prevención adecuadas, disminuir la vulnerabilidad de la población ante los efectos destructivos de los fenómenos naturales por medio de la mejora en sistemas estructurales de mitigación, el respeto irrestricto a la normatividad de los métodos constructivos, el fortalecimiento de la cultura de la prevención y el uso adecuado del territorio.

El Atlas de Riesgo con que cuenta el Municipio de Tultitlán, se ha elaborado en apego a los criterios establecidos por el Gobierno de la República a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y demás normatividad aplicable en la materia.

El Ayuntamiento de Tultitlán 2013 – 2015, asume que el mayor bien a tutelar es la vida además de la seguridad física y patrimonial de los ciudadanos. Este documento, es un firme paso en la dirección correcta para prevenir y, en la medida de lo posible, evitar las consecuencias trágicas derivadas de fenómenos naturales.

El Atlas de Riesgo, es por lo tanto, un medio para hacer de nuestra comunidad un mejor lugar para vivir, más seguro y ordenado. Este esfuerzo, en esencia, representa una visión basada en la decidida promoción del desarrollo sustentable y sostenido para el municipio.

La Administración que tengo el honor y responsabilidad de encabezar, continuará aplicado una política eficaz en materia de Protección Civil y prevención de desastres, es un deber ético irrenunciable para con la sociedad a las que debemos y queremos servir. Trabajamos por un Tultitlán más próspero, justo, seguro y moderno.

Atentamente

M. en D. Sandra Méndez Hernández
Presidenta Municipal Constitucional

Directorio Municipal

Presidenta Municipal

M en D. Sandra Méndez Hernández

Síndico 1

Lic. Jorge Fragozo Perete

Síndico 2

Lic. Mariano Ruiz Zubieta

Síndico 3

Lic. José Alfredo Contreras Suárez

Regidor 1

C. Germán Aldana Juárez

Regidor 2

C. Francisco Javier Cadena Corona

Regidor 3

Lic. José Sergio Cruz Vázquez Palacios

Lic. Alejandra Calzada Herrera

Regidor 4

Lic. Alejandra Calzada Herrera

Regidor 5

Lic. Edgar Irak Vargas Ramírez

Regidor 6

Lic. Axel Roth Velázquez

Regidor 7

C. Lucía Jaramillo Hernández

Regidor 8

Lic. Octavio Hernández López

Regidor 9

C. José Manuel Mancera Sánchez

Regidor 10

C. Reyna González Casas

Regidor 11

Lic. Rodolfo Correa Morales

Regidor 12

C. Ma. de la Luz Alvizo González

Regidor 13

C. Jacob Francisco Jiménez Nieto

Regidor 14

C. Xóchitl Rodríguez García

Regidor 15

C. José Gustavo Juárez Molina

Regidor 16

C. Quintín Torres Méndez

Secretario del Ayuntamiento

Lic. Higinio Alfredo García Durán

Director de Protección Civil y Bomberos

C. Axel Nava Hernández

Subdirector de Protección Civil

Comandante José Antonio Yáñez Becerril

Coordinador de Atlas de Riesgos

Lic. en P.T. José Luis Ávila García

El presente documento fue elaborado por el H. Ayuntamiento de Tultitlán, Estado de México, precedido por la M. en D. Sandra Méndez Hernández; en coordinación con la empresa consultora *Grupo Ingenieros Especializados S.A de C.V.*; en concordancia con las “Bases para la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013” emitido por la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano.

Responsables del Proyecto:

Del H. Ayuntamiento de Tultitlán.

Presidenta Municipal de Tultitlán, Estado de México

M. en D. Sandra Méndez Hernández

Director de Protección Civil y Bomberos

Comandante Axel Nava Hernández

Subdirector de Protección Civil y Bomberos

Comandante Antonio Yáñez Becerril

Coordinador de Atlas de Riesgos

L. en P.T. José Luís Ávila García

De la empresa Grupo Ingenieros Especializados S.A de C.V.

Coordinador General de Proyectos

L.D. y L. en PL.U. Rodolfo Díaz López

Coordinador General de Atlas de Riesgos

M. en A.E.G. Francisco Reyna Sáenz

Coordinador de Proyecto

L. en P.T. Adrian Pedraza Cuadros

Analistas

Ing. Juan Carlos Izquierdo González

L. en P.T. Octavio Guadarrama Colín

L. en P.T. María de Luz Bernal Sánchez

L. en P.T. Brenda Nohemí Valdés Flores

L. en P.T. Ilhuilxochitl Tenorio Martínez

L. en P.T. Francisco Guadarrama Cruz

Arq. Jesús E. Fuentes

Analistas en Sistemas de Información Geográfica

Elizabeth Jasmín Velásquez Guerrero

Norma Angélica Zapi Salazar

ÍNDICE

I. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN	4
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.2 ANTECEDENTES	5
1.3 OBJETIVO.....	8
1.4 ALCANCES	8
1.5 METODOLOGÍA GENERAL.....	8
1.6 CONTENIDO DEL ATLAS DE RIESGOS	10
II. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA	11
2.1 DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA	17
III. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL	19
3.1 FISIOGRAFÍA	19
3.2 GEOMORFOLOGÍA.....	21
3.3 GEOLOGÍA.....	25
3.4 EDAFOLOGÍA.....	27
3.5 HIDROGRAFÍA	30
3.6 CUENCAS Y SUBCUENCAS	33
3.7 CLIMA	37
3.8 USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	40
3.9 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	43
IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS	45
4.1 ELEMENTOS DEMOGRÁFICOS.....	45
4.2 CARACTERÍSTICAS SOCIALES	53
4.3 PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS	62
4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA	64
V. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PELIGROS Y VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL	65
5.1 RIESGOS, PELIGROS Y/O VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS DE ORIGEN GEOLÓGICO	65
5.1.1 <i>Erupciones volcánicas</i>	66
5.1.2 <i>Sismos</i>	70
5.1.3 <i>Inestabilidad de laderas</i>	80
5.1.4 <i>Flujos</i>	89
5.1.5 <i>Caídos o derrumbes</i>	91
5.1.6 <i>Hundimientos, subsidencias y agrietamientos</i>	93
5.1.7 <i>Fallas y fracturas</i>	97

5.2	RIESGOS, PELIGROS Y/O VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO	100
5.2.1	<i>Ondas cálidas y gélidas</i>	101
5.2.2	<i>Sequías</i>	111
5.2.3	<i>Heladas</i>	121
5.2.4	<i>Tormentas de granizo</i>	124
5.2.5	<i>Tormentas de nieve</i>	127
5.2.6	<i>Ciclones tropicales</i>	129
5.2.7	<i>Tornados</i>	134
5.2.8	<i>Tormentas eléctricas</i>	137
5.2.9	<i>Lluvias extremas</i>	139
5.2.10	<i>Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres</i>	144
5.2.11	<i>Avenidas repentinas</i>	155
	<i>Vulnerabilidad</i>	160
	<i>Riesgos</i>	169
	<i>Obras propuestas</i>	178

I. Antecedentes e Introducción

1.1 Introducción

El Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tultitlán contiene el análisis detallado del origen y mecanismos de formación de peligros así como de la vulnerabilidad de la sociedad ante eventos naturales, a partir de estos aspectos, se hace la evaluación concreta del riesgo que representan y se proponen medidas de mitigación para contribuir a disminuir o a evitar sus efectos.

El presente estudio se enmarca dentro del programa PRAH (Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos) impulsado y coordinado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) cuyo propósito es contribuir al fortalecimiento de las capacidades de los municipios en materia de prevención de riesgos, reducción de vulnerabilidad y en la disposición de instrumentos para la planeación de acciones protección civil.

La elaboración del Atlas se realizó considerando las disposiciones establecidas en la Ley General de Protección Civil (LGPC), así como los lineamientos conceptuales, metodológicos y operativos de la SEDATU. En el desarrollo del mismo, se siguieron e integraron los valiosos aportes de las áreas de la Secretaría encargadas del seguimiento y revisión del Atlas.

El Atlas aborda los fenómenos naturales geológicos e hidrometeorológicos, definidos en la LGPC de la siguiente manera:

Fenómeno Geológico: Agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos, las erupciones volcánicas, los tsunamis, la inestabilidad de laderas, los flujos, los caídos o derrumbes, los hundimientos, la subsidencia y los agrietamientos.

Fenómeno Hidrometeorológico: Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y eléctricas; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados.

El Atlas de Riesgos es una necesidad fehaciente en municipios como Tultitlán, donde se conjugan aspectos socio-ambientales que derivan en diversos factores de riesgo para la población. El inventario

detallado de los peligros posibilita llevar a cabo acciones que disminuyan los niveles de vulnerabilidad y/o riesgo.

En este sentido, después de un estudio de los aspectos centrales del medio físico y socioeconómico, en el presente documento se realiza un diagnóstico detallado de los peligros de origen natural en Tultitlán, con énfasis en sus particularidades espacio-temporales. En seguida, se evalúan los grados de vulnerabilidad de la población, atendiendo a sus características sociales y densidades de población, para posteriormente identificar los lugares donde confluyen amenazas naturales altas e índices de vulnerabilidad también elevados, es decir, todos aquellos sitios donde es importante tomar acciones para evitar cualquier tipo de contingencia o desastre. Finalmente, con el propósito de coadyuvar a la planeación territorial, a la toma de decisiones y a la implementación de acciones concretas en materia de riesgos, se formula una propuesta de proyectos que aplica el conocimiento técnico y científico a las situaciones reales que viven de forma cotidiana los pobladores de este municipio.

El presente Atlas constituye un hito en la generación de instrumentos para la gestión de riesgos naturales en el municipio de Tultitlán.

1.2 Antecedentes

El municipio de Tultitlán es sensible a diversos peligros de origen natural, en épocas recientes, los fenómenos que mayor impacto han ocasionado a la población son las inundaciones, los hundimientos y subsidencias así como los procesos de remoción en masa. Espacialmente, estos fenómenos tienen un patrón de distribución marcado en mayor o menor medida, las zonas de inundación se presentan en la amplia planicie del municipio, en especial en áreas próximas a la vialidad José López Portillo y en sitios puntuales cercanos a los canales de desagüe; los hundimientos del terreno, aunque de génesis regional, tienen mayor incidencia en la zona oriente (isla municipal) y; los procesos gravitacionales se circunscriben a la región sur donde se encuentra la Sierra de Guadalupe y en la mesa lávica donde se localizan los asentamientos de Lomas de Cartagena, El Paraje y Lomas del Parque, entre otros.

Los peligros naturales en Tultitlán obedecen a la interacción del conjunto de componentes físicos que conforman el sistema territorial: geomorfología, geología, clima (denominados macroestructuras), suelos, hidrología y vegetación (conocidos como mesoestructuras) y cada vez de forma más determinante, las acciones humanas que modifican estos elementos.

En el territorio, la expresión del paisaje actual es el resultado de procesos físicos naturales que han actuado a través del tiempo. Un aspecto fundamental que ayuda a explicar las condiciones geomorfológicas e hídricas del municipio es la existencia del sistema de lagos en la cuenca cerrada de México cuyas aguas en diferentes periodos de máxima extensión llegaban hasta las laderas de la Sierra de Guadalupe. En la época prehispánica, los humedales eran un aspecto fisonómico característico de la planicie del municipio.

A lo largo de miles de años, los sedimentos transportados por las corrientes fluviales y los procesos de escorrentía difusa de las laderas de la sierra aledañas al lago, se depositaron en el fondo del lago, formando estratos o capas prácticamente horizontales, lo cual es la causa de la escasa pendiente del terreno que vemos hoy día.

Con el desagüe de la cuenca, los antiguos lechos de lagos fueron ocupados en primera instancia por asentamientos humanos relativamente dispersos y actividades agropecuarias, para dar lugar posteriormente al proceso de urbanización. Los elevados ritmos de urbanización de la cuenca, particularmente desde mediados del siglo pasado, trajeron consigo la necesidad de abastecimiento de agua para un número creciente de población. La explotación intensiva de los acuíferos data del periodo de 1936 a 1944.

Bajo este contexto, el municipio de Tultitlán se enfrenta a situaciones derivadas del manejo del agua similares a otros municipios y delegaciones de la Cuenca de México: confinamiento en canales de las aguas pluviales y fluviales, las cuales son conducidas de forma conjunta con aguas residuales fuera de la cuenca; subsidencia del terreno por la sobreexplotación de mantos freáticos; bajos niveles de infiltración de la precipitación por la expansión de áreas urbanas. Eventualmente, las dificultades de desalojo del agua superficial en el municipio detonan problemas de inundaciones.

Gran parte de la lluvia que precipita en la Sierra de Guadalupe fluye hacia la planicie del municipio de Tultitlán. Cuando se presentan tormentas intensas, la combinación del agua de lluvia con los escurrimientos que bajan de la sierra hace insuficiente la infraestructura de drenaje generándose encharcamientos y en no pocos casos, inundaciones importantes. Los escurrimientos superficiales en la zona montañosa se han acrecentado por la disminución de la cobertura vegetal. Un gran número de población se ve afectada periódicamente por las inundaciones registradas en Tultitlán, tanto del propio municipio como de otros municipios y delegaciones que forman parte del complejo urbano del noroeste de la Ciudad de México.

Por definición, los procesos gravitacionales actúan en zonas con terrenos inclinados. En el sur del municipio la evolución de las estructuras volcánicas por intemperismo, modelado hídrico y tectonismo (fallas, fracturas), da lugar a la formación natural de escarpes o taludes, especialmente en las partes altas. No obstante, las alteraciones realizadas por la población abriendo caminos, deforestando, haciendo cortes en las laderas y la ocupación de zonas con elevada pendiente, generan inestabilidad de los materiales superiores de terreno (bloques de rocas y suelo). El problema se agrava por la construcción de vivienda masiva al pie de las laderas de la Sierra de Guadalupe, para cuyo emplazamiento se modifica la topografía y dejan a colonias y fraccionamientos en condiciones de alta vulnerabilidad ante fenómenos de remoción en masa.

En suma, el municipio de Tultitlán presenta condiciones naturales que influyen el desarrollo de amenazas naturales, sin embargo, la intensidad de estos peligros se incrementan por las modificaciones históricas y presentes hechas por el hombre al entorno.



Entre los principales esfuerzos realizados para la atención del riesgo por inundaciones se encuentran el atlas de inundaciones elaborado por la Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM) en el 2007, así como los atlas de inundaciones de agua potable, alcantarillado y saneamiento de Tultitlán (APAST 2011 y 2012), la información contenida en estos atlas fue retomada y procesada en la zonificación de peligro realizada en el presente estudio.

Asimismo, las zonas en riesgo por inestabilidad de laderas identificadas por el área de protección civil municipal (colonias El Paraje, San Marcos, Real del Bosque) fueron analizadas dentro de los apartados de peligros correspondientes.

1.3 Objetivo

El objetivo es la generación de un instrumento para la gestión del riesgo en el municipio de Tultitlán, el cual contenga el diagnóstico detallado de peligros así como la detección de vulnerabilidad y riesgos. En este sentido, se pretende que el Atlas de Riesgos permita ubicar e identificar el tipo y grado de riesgos existentes de acuerdo a su origen, con la finalidad de prevenir escenarios futuros ante un desastre.

1.4 Alcances

El presente Atlas de Riesgos se circunscribe a la evaluación de los riesgos de origen natural del municipio, de acuerdo a los fines del programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH) impulsado y coordinado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU): fenómenos geológicos e hidrometeorológicos.

Concretamente, los tipos de riesgos del municipio de Tultitlán a ser abordados en el presente estudio son aquellos reconocidos en la Ley General de Protección Civil (LGPC) en su artículo 2, fracción XXII-XXIII (DOF, 2012).

En general, durante el desarrollo del Atlas de Riesgos se buscará en todo momento el empleo de la información más actual, precisa y veraz disponible, un contacto permanente con las autoridades y la población municipal, así como el uso de las tecnologías más modernas para el inventario, sistematización y procesamiento de la información requerida.

Los alcances específicos en torno a los fenómenos a ser analizados, la profundidad de los diferentes análisis y el ámbito geográfico en el que serán abordados, pueden ser consultados en el Capítulo II. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.

1.5 Metodología General

Las bases conceptuales que soportan la metodología del presente Atlas se relacionan fundamentalmente con los conceptos del Centro Nacional para la prevención de Desastres (CENAPRED), del Sistema Nacional de Protección Civil y de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

En términos generales, la metodología empleada incluyó los siguientes aspectos, algunos de ellos no siguen un orden secuencial porque fueron realizados en diferentes periodos como son los trabajos de campo y las reuniones con personal del H. Ayuntamiento:

1. Integración del grupo de trabajo y planeación de actividades.
2. Recopilación de información cartográfica, documental y gráfica del territorio de Tultitlán.
3. Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona en estudio.
4. Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados.

5. Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad.
6. Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, tanto natural como antropogénico.
7. Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales y antropogénicos, peligro, vulnerabilidad y riesgo considerando los recursos técnicos y humanos.
8. Levantamiento de información en campo con el empleo de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).
9. Retroalimentación del contenido y validación de avances con diferentes áreas del H. Ayuntamiento vinculadas a la temática de riesgos.
10. Los métodos de análisis se basaron principalmente en los lineamientos de las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013. En casos particulares fueron usados métodos alternos o complementarios en función de la disponibilidad de datos y el área de conocimiento del grupo de trabajo.

La calidad de los resultados de los estudios territoriales depende en gran medida de la cantidad y calidad de la información empleada. En el presente Atlas, se buscó en todo momento usar la información más actual, precisa y de mayor escala posible. En este sentido, fueron generados u obtenidas los siguientes temas de información:

Zonificación geomorfológica detallada del municipio de Tultitlán, considerando que la información geomorfológica es fundamental en la correcta evaluación de los peligros geológicos.

Digitalización de la cartografía geológica y edafológica escala 1:50,000 del INEGI.

Generación del mapa de vegetación y uso del suelo a escala local el cual solo estaba disponible a una escala sumamente pequeña (250,000) y por tanto general para el territorio municipal, asimismo, la información disponible no correspondía a la situación actual del municipio dado el fuerte dinamismo de los procesos de cambio de uso del suelo en Tultitlán.

Integración de la cartografía urbana del municipio (Áreas Geoestadísticas Básicas y manzanas) lo cual permitió llevar a cabo el análisis de datos socioeconómicos de manera más detallada.

Integración de otras variables geográficas trascendentes para la elaboración del estudio: cartografía de canales, colonias, microcuencas, entre otras.

Un elemento importante en el análisis de riesgos es el procesamiento de datos territoriales digitales a través de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica (*Geographic Information Systems, GIS*). Además de los usos tradicionales de estas herramientas para almacenar, visualizar y representar información, en el desarrollo del presente atlas se llevó a cabo el análisis espacial y el modelado digital de múltiples riesgos naturales.

El modelado espacio-temporal de riesgos naturales permite sistematizar las secuencias de análisis adentrándose en el conocimiento de la estructura y dinámica de los procesos y permite la construcción de diferentes escenarios.

Los Sistemas de Información Geográfica fueron usados para evaluar el riesgo que representan los diferentes fenómenos naturales a través de funciones de sobreposición de mapas de peligro y vulnerabilidad.

1.6 Contenido del Atlas de Riesgos

El Atlas de Riesgos del municipio de Tultitlán comprende la siguiente estructura y contenidos:

Capítulo 1. Antecedentes: Breve reseña histórica de todas aquellas problemáticas relacionadas a los riesgos de origen natural que a lo largo del tiempo se han presentado en el municipio, a partir de investigación documental y estadística.

Capítulo 2. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica: Para cada uno de los fenómenos perturbadores presentes, se determinarán los métodos que serán aplicados así como el ámbito territorial de análisis y de representación cartográfica.

Capítulo 3. Caracterización de los elementos del medio natural: Se explican las condiciones del medio físico - geográfico del municipio de Tultitlán, se hace énfasis en los componentes o variables que proporcionan información para la evaluación de riesgos naturales. Se abordan las siguientes temáticas: fisiografía, geomorfología, geología, edafología, hidrografía, clima, uso del suelo y vegetación.

Capítulo 4. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos:

Incluye el diagnóstico de aspectos demográficos, sociales y económicos relevantes tales como dinámica demográfica, distribución de la población, pirámides de edades, mortalidad y densidad de población; asimismo se abordan los temas relativos al grado de escolaridad de la población, índice de hacinamiento, población vulnerable (discapacidad, marginación y pobreza) y de las principales actividades económicas.

Capítulo 5. Identificación de peligros, vulnerabilidad y riesgos ante fenómenos perturbadores de origen natural: Incluye una evaluación profunda y concisa de cada uno de los riesgos naturales geológicos e hidrometeorológicos existentes en el territorio de Tultitlán. Se determinan los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo en las diferentes áreas de la geografía municipal



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

Localización Geográfica

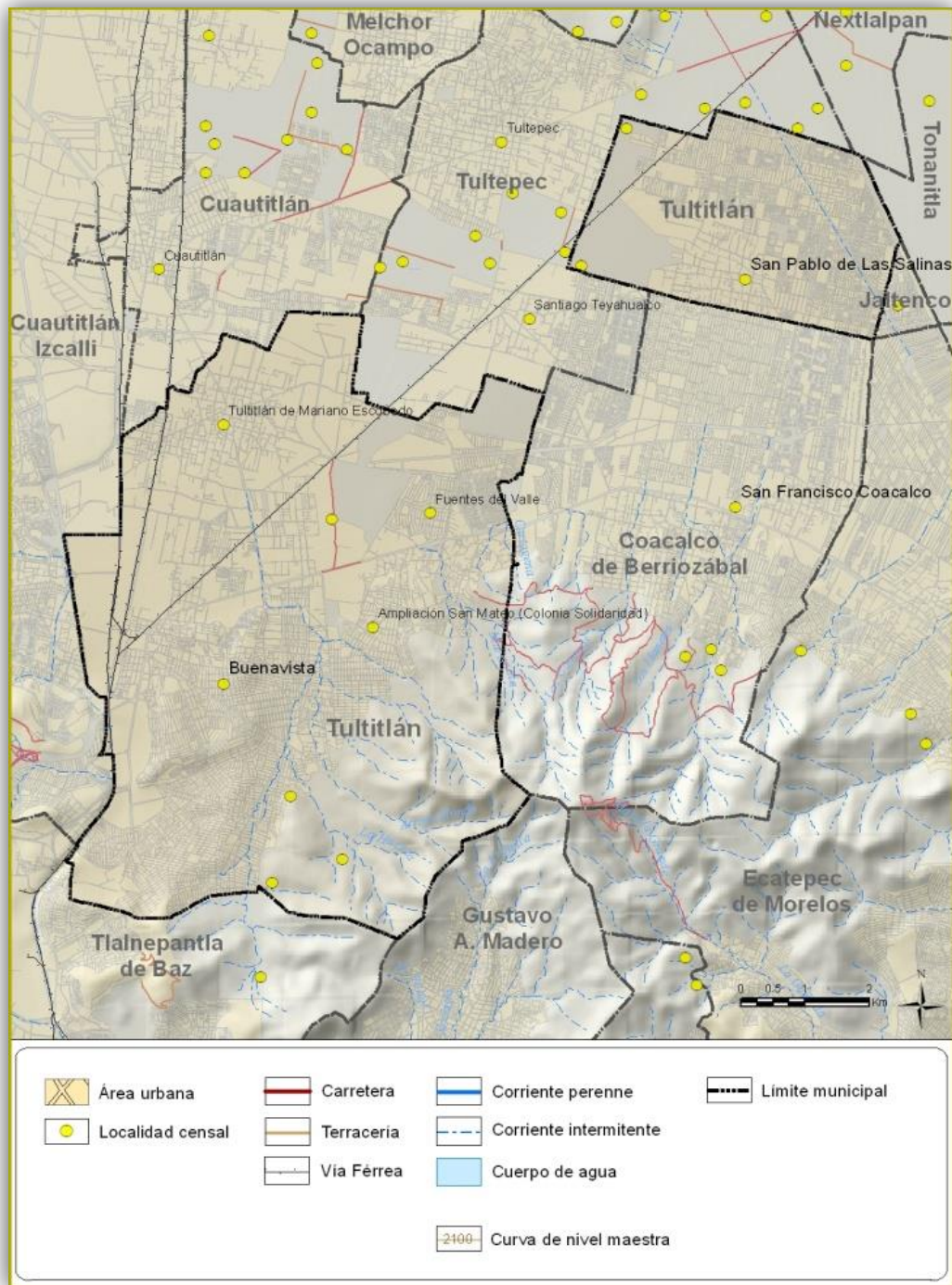
El municipio de Tultitlán se localiza en la parte norte-central del Estado de México y pertenece a la región II del mismo.

Limita al norte con los municipios de Cuautitlán y Tultepec, al oriente con Jaltenco, Ecatepec de Morelos y Coacalco de Berriozábal, al sur con Tlalnepantla de Baz y la delegación Gustavo A. Madero (Distrito Federal) y al poniente con Cuautitlán Izcalli.

Las coordenadas geográficas en el centro de la cabecera son 19°39'44" de latitud norte y 99°10' de longitud oeste.

El municipio cuenta actualmente, de acuerdo marco geoestadístico municipal del INEGI, con una superficie de 65.98 kilómetros cuadrados y está conformado por dos secciones: en la mayor se encuentra la cabecera municipal, la parte sur y suroeste, contando con una extensión de 53.25 kilómetros cuadrados. La segunda sección es la llamada isla municipal, localizada en la zona nororiente, la cual cuenta con 12.73 kilómetros cuadrados, en ella se localiza el pueblo de San Pablo de las Salinas y una gran cantidad de fraccionamientos, como son Granjas, Unidad Morelos Tercera Sección, Izcalli San Pablo, el Kiosko, entre muchos otros.

Figura 1. Mapa base del Municipio de Tultitlán



Fuente: INEGI. Conjunto de datos vectoriales escala 1:50,000 de la carta E14A29
Principales resultados por localidad (ITER) 2010
Marco Geoestadístico Municipal 2010.

División Político Territorial

El territorio municipal se divide en una cabecera municipal, denominada Tultitlán de Mariano Escobedo (integrada por 7 barrios), 4 pueblos, 56 colonias, 43 fraccionamientos, 115 condominios, 4 zonas industriales, 5 parques industriales, 7 ejidos y un parque ecológico.

Tabla 1. Integración política-territorial del municipio de Tultitlán

Cabecera Municipal	
Tultitlán de Mariano Escobedo	
Barrios de la Cabecera Municipal	
Barrio Belem	Barrio San Juan
Barrio La Concepción	Barrio Los Reyes
Barrio Nativitas	Barrio Santiaguito
Barrio San Bartolo	
Pueblos	
San Francisco Chilpan	Santa María Cuauhtepic
San Mateo Cuauhtepic	San Pablo de Las Salinas
Colonias	
Ampliación El Fresno	Recursos Hidráulicos
Ampliación Buenavista	Rinconada San Marcos
Ampliación Buenavista 1ra. Sección	Santa Clara
Ampliación Buenavista 2da. Sección	Santa María de Guadalupe
Ampliación El Tesoro	Solidaridad 1ra. Sección
Ampliación San Marcos	Solidaridad 2da. Sección
Ampliación Las Torres Segunda Sección	Solidaridad 3ra. Sección
Bello Horizonte	Valle Verde
Benito Juárez	Valle de Tules
Buenavista Parte Alta	Ampliación La Sardaña
Buenavista Parte Baja	FIMESA I (El Paraje)
Emilio Chuayffet	Villa Esmeralda
El Cueyamil	Las Torres
El Fresno	La Chinampa
El Paraje San Francisco Chilpan	Bello Horizonte (Ejido San Antonio Tultitlán)
El Tesoro	Las Cruces
Ferrocarrilera Mariano Escobedo	La Loma San Francisco Chilpan
Independencia	Ex Hacienda Casco La Mariscal Col Santa María Cuauhtepic
La Joya	Cabecera Municipal (Centro)
La Libertad	El Jaral
Las Torres I	Rancho La Ponderosa
Lázaro Cárdenas (Zona Hornos)	San Pablito
Lechería	Diez de Junio

Los Reyes	FIMESA II
Mariano Escobedo	Sustitución Arista
Nueva Tultitlán	Tabla La Loma
Ojo de Agua Primera Sección	Las Adoberas
Ojo de Agua Segunda Sección	
Fraccionamientos	
Alborada I	Lomas de Cartagena
Alborada II	Lomas del Parque I
Ciudad Labor	Lomas del Parque II
COCEM	Lomas del Parque III
Conjunto Habitacional Lomas del Parque	Magnolias 2000
Fuentes del Valle Primera Sección	Privadas El Sol
Fuentes del Valle Segunda Sección	Residencial San Pablo II
Granjas San Pablo	San Pablo Castera II
Hacienda San Pablo	Solidaridad Social (Lote 105)
IMMEX II	Mariano Escobedo (Los Faroles)
Izcalli del Valle	Unidad Habitacional La Granja
Izcalli Rinconada	Unidad Morelos 2da. Sección
Izcalli San Pablo	Unidad Morelos 3ra. Sección
Izcalli San Pablo II	Unidad Morelos 3ra. Sección Infonavit
Jardines de La Cañada	Villas de San Francisco I
Jardines de Los Claustros I	Villas de San José
Jardines de Los Claustros II	Unidad CTM
Jardines de Los Claustros III	Jardines de Tultitlán
Jardines de Los Claustros IV	Las Llanuras
Jardines de Los Claustros V	Residencial Magnolias
Jardines de Los Claustros VI	Las Estepas
Las Tórtolas	
Condominios	
Ampliación COCEM	Lote 64 (Octavio Paz)
Arbolada La Loma	Lote 76 (El Reloj)
Arcos I, II, III, IV, V y VI	Lote 82 (Guillermo González)
Azul Cielo	Lote 84 (Las Adelas)
Bonito Tultitlán (Lote 60)	Lote 90 (Juana de Asbaje)
Bosques de Tultitlán	Lote 92 (Las Rosas)
Casitas San Pablo	Lote 93 (Las Amalias)
Conjunto Brillante	Lote 104 (Tehuantepec)
Conjunto Fortuna	Lote 115 (Ébano)
Conjunto San Pablo	Llanura Verde
Conjunto Urbano La Loma	Mayorazgo de Tultitlán
Coyoli Martínez	Parque San Pablo

Alcázar	Pensamientos
El Alcázar I	Plaza Arbolada La Loma
El Campanario	Portal San Pablo I
El Faro (Lote 3 Pte)	Portal San Pablo II
El Golfo	Porto Alegre
El Kiosco	Prados A
El Laurel	Prados B
El Obelisco	Privada Los Prados
El Rocío	Privadas del Sol
Estrella de Tultitlán (Lote 55 Pte)	Quintas San Pablo
Gustavo Baz	Real del Bosque
Hogares de Castera I	Residencial La Esperanza
Hogares de Castera II	Residencial Los Reyes
Isidro Fabela	Residencial Morelos
Jardines de San Pablo	Rincón Colonial
Jardines de Tultitlán	Villas del Sol
La Loma I	San Pablo Castera
La Loma II	San Pablo II
La Loma III	San Pablo III-A
La Isla	San Pablo III-B
Las Almenas	Sol de Tultitlán (Zona Oriente)
Las Bugambilias	Solar San Pablo
Las Fuentes I	Sustitución Arista
Las Granjas	Unidad Habitacional San Pablo de Las Salinas
Las Terrazas	Unidad Electricistas
Los Agaves (Lote 71)	Verde Claro
Los Agaves Tultitlán	Villa Don Damián
Los Portales	Villas de San Francisco II
Los Tulipanes	Villas de San Pablo
Los Sauces	Villas de Tultitlán
Lote 12 (Crepúsculo)	Villas Jardín
Lote 41 (El Carmen)	Villas Loreto
Lote 46 (El Reloj Villas)	Villas San Pablo (Lote 117 Sur)
Lote 47 (El Reloj Residencial)	Villas Santa Teresita
Lote 48 (El Reloj Cronos)	Villas Tultitlán (Lote 65)
Lote 49 (Las Arboledas)	Lote 63 Conjunto Pilares
Lote 50 A	Unidad Habitacional Lava 46
Lote 50 B (Las Laderas)	Hacienda Real de Tultepec
Lote 50 C (Real de Tultitlán)	Las Terrazas
Lote 50 D	Conjunto Cristal
Lote 52 (Torres de Tultitlán)	Lote 117 A y B

Lote 55 (Los Tejados)	Galaxias de Tultitlán
Lote 56 (Los Girasoles)	Unidad Habitacional Lote 48
Lote 59 (Torres del Reloj)	Quinta El Ángel
Lote 62 (Juan Rulfo)	Lote 48 Oriente

Fuente: H. Ayuntamiento de Tultitlán

2.1 Determinación de Niveles de Análisis y Escalas de Representación Cartográfica

Tabla 2. Riesgos Geológicos

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Escala de representación	Nivel de Peligro (CIPP)
Erupciones volcánicas	X	X	X	X	Municipal	Muy bajo
Sismos	X	X	X		Municipal	Medio
Tsunamis	NA					NA
Inestabilidad de Laderas	X	X		X	Sierra de Guadalupe y áreas adyacentes	Medio
Flujos	X				Sierra de Guadalupe y áreas adyacentes	Muy bajo
Caídos o Derrumbes	X	X			Sierra de Guadalupe y áreas adyacentes	Bajo
Hundimientos	X				Municipal	Muy alto
Subsidencia *					Municipal	Muy alto
Agrietamientos *					Municipal	Bajo

* Métodos no mencionados en la guía de la SEDATU

Tabla 3. Riesgos Hidrometeorológicos

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Escala de representación	Nivel de Peligro (CIPP)
Ondas cálidas y gélidas	X				Municipal	Bajo
Sequias	X	X	X		Municipal	Bajo
Heladas		X	X		Municipal	Bajo
Tormenta de granizo *	X				Municipal	Bajo
Tormenta de nieve		X	X		Municipal	Muy bajo
Ciclones tropicales	X	X			Municipal	Muy bajo
Tornados *	NA				Municipal	NA
Tormentas de polvo *	NA				Municipal	NA
Tormentas eléctricas	X	X			Municipal	Muy bajo
Lluvias extremas *	X	X			Municipal	Alto
Inundaciones, pluviales, fluviales, costeras y lacustres	X	X			Municipal	Muy alto

* Fenómenos no descritos en el apartado de Métodos, evidencias e indicadores de vulnerabilidad de los peligros (SEDATU, 2013). Como nivel I, señalado en esta tabla, se entiende a la recopilación y análisis de registros históricos (en caso de existir), de los principales estudios realizados y de datos de percepción de la población.

Tabla 4. Sistema de referencia espacial del Atlas de Riesgos del Municipio de Tultitlán

Proyección:	Universal Transversa de Mercator (UTM)
Zona:	14
Datum:	ITRF92
Elipsoide:	GRS80
Unidades:	Metros

III. Caracterización de los elementos del medio natural

3.1 Fisiografía

De acuerdo a IGCEM (1993), Tultitlán se ubica dentro de la provincia del Sistema Volcánico Transversal en la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac. Al interior de la subprovincia, el municipio está comprendido dentro de tres unidades fisiográficas: Lomerío de Colinas Redondeadas (zona sur), Vaso Lacustre (abarca la mayor parte de la zona oriente) y Vaso Lacustre con Lomeríos (suroeste de la zona oriente y centro del municipio).

La zonificación fisiográfica detallada se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Fisiografía

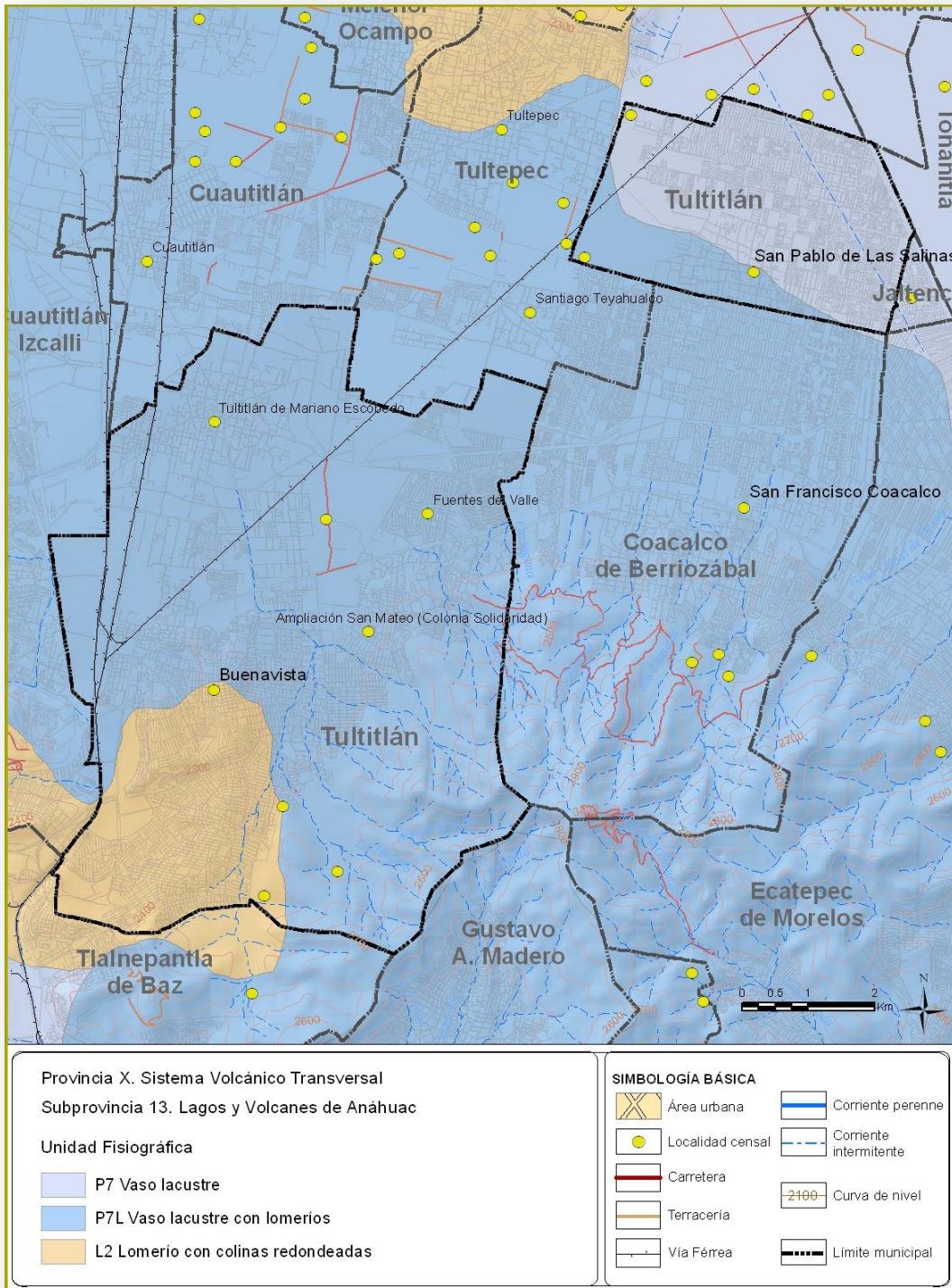
Provincia	Subprovincia	Unidad Fisiográfica	Área Km2	Porcentaje
X. Sistema Volcánico Transversal	13. Lagos y Volcanes de Anáhuac	L2: Lomerío de Colinas Redondeadas	10.76	15.53
		P7: Vaso Lacustre	9.95	14.37
		P7I: Vaso Lacustre con Lomeríos	48.55	70.09
			69.27	100.00

Fuente: Elaborado con base a IGCEM, 1993.

A nivel local, se distinguen claramente dos zonas topográficas, la primera localizada al sur-sureste, comprende las elevaciones de origen volcánico extrusivo de la Sierra de Guadalupe, mayormente cubierta por remanentes de vegetación natural (bosques de encino, matorral crasicaule) y vegetación inducida (pastizales, eucaliptos y cedros blancos). La segunda, en toda la zona centro y oriente, constituye una amplia planicie de origen lacustre y volcano-sedimentaria, la cual está casi totalmente urbanizada a excepción de escasas superficies destinadas a la agricultura.



Figura 2. Fisiografía



Fuente: Elaborado con base a IGCEM, 1993.

3.2 Geomorfología

La altitud del municipio oscila entre los 2,221 a 2,889 msnm, los sitios más bajos se localizan al poniente (colonias Industrial Lechería e Izcalli del Valle) y los valores más altos corresponden a las elevaciones de la Sierra de Guadalupe (Cerro Picacho).

Geomorfológicamente, el municipio presenta dos sistemas perfectamente delineados, el sistema de planicies y el sistema montañoso mismo que prácticamente coincide con las estructuras de la Sierra de Guadalupe. Entre ambos, se encuentran diversas formas del relieve transicionales.

Las cotas 2,240-2,250 constituyen el límite de la planicie de acumulación con pendiente inferior a 1.5 grados (en el mapa corresponden a las unidades de planicie lacustre y planicie de acumulación lacustre, fluvial y volcánica). A partir de esta altitud, en dirección a la sierra, se distribuyen planicies ligeramente inclinadas (entre 1.5 y 6.0 grados de pendiente) (Lugo y Salinas, 1996).

Los procesos volcánicos extrusivos dieron lugar a las formas primarias del relieve, las estructuras de los domos volcánicos dominan las partes elevadas de la sierra en los límites con los municipios de Naucalpan, Coacalco de Berriozábal y delegación Gustavo A. Madero. En general, los domos volcánicos son producto de vulcanismo efusivo de edad oligocénica, el cual emanó de fallas y fracturas que forman las crestas que coinciden con las divisorias de agua. Las laderas con geometría convexa son las menos afectadas por los procesos denudativos en virtud de la sólida constitución de los domos volcánicos.

Una mesa de lava se localiza al suroeste del municipio, actualmente casi urbanizada en su totalidad, coincide con la localización de Lomas de Cartagena, Lomas del Parque, Jardines de La Cañada, Ciudad Labor, Benito Juárez y Buenavista, entre otros asentamientos.

En algunas partes bajas de la sierra, el intemperismo prolongado ha generado el retroceso de laderas de lava. La unidad denominada sistemas de barrancos corresponde a laderas de forma cóncava, tienen una extensión amplia, lo cual expresa el predominio de procesos exógenos en la morfología de la sierra, su formación se debe a la combinación de procesos de erosión fluvial y gravitacionales que han actuado sobre los materiales ígneos originales.

Si bien la formación de pies de monte es común en regiones montañosas frecuentes en el centro del país, la presencia de lagos que se extendían hasta la base de la sierra propicia la acumulación casi horizontal de sedimentos y por tanto formación de planicies.

Las planicies están compuestas por una alternancia de sedimentos de origen lacustre, fluvial u volcanoclástico. Cartográficamente se han diferenciado por el origen preponderante de sus materiales y por el grado de inclinación del terreno. El área de depósitos casi exclusivamente lacustres se localiza en la región Tultitlán Oriente.

La erosión en la Sierra de Guadalupe ha sido preponderantemente vertical y actúa con mayor intensidad en las rocas fracturadas y contactos litológicos (Lugo y Salinas, 1996). En consecuencia, se presenta disección vertical importante con formación de valles fluviales estrechos.

En el trabajo de campo, no se apreciaron cantidades importantes de detritos en la parte baja de la sierra como tampoco en la proximidad de los circos erosivos. No se considera el desarrollo de procesos erosivos de gran intensidad a lo cual contribuye la extrema dureza de las rocas de la sierra. Se advierte la posibilidad de desprendimientos esporádicos de rocas especialmente en los escarpes que se corresponden con líneas de fracturas.

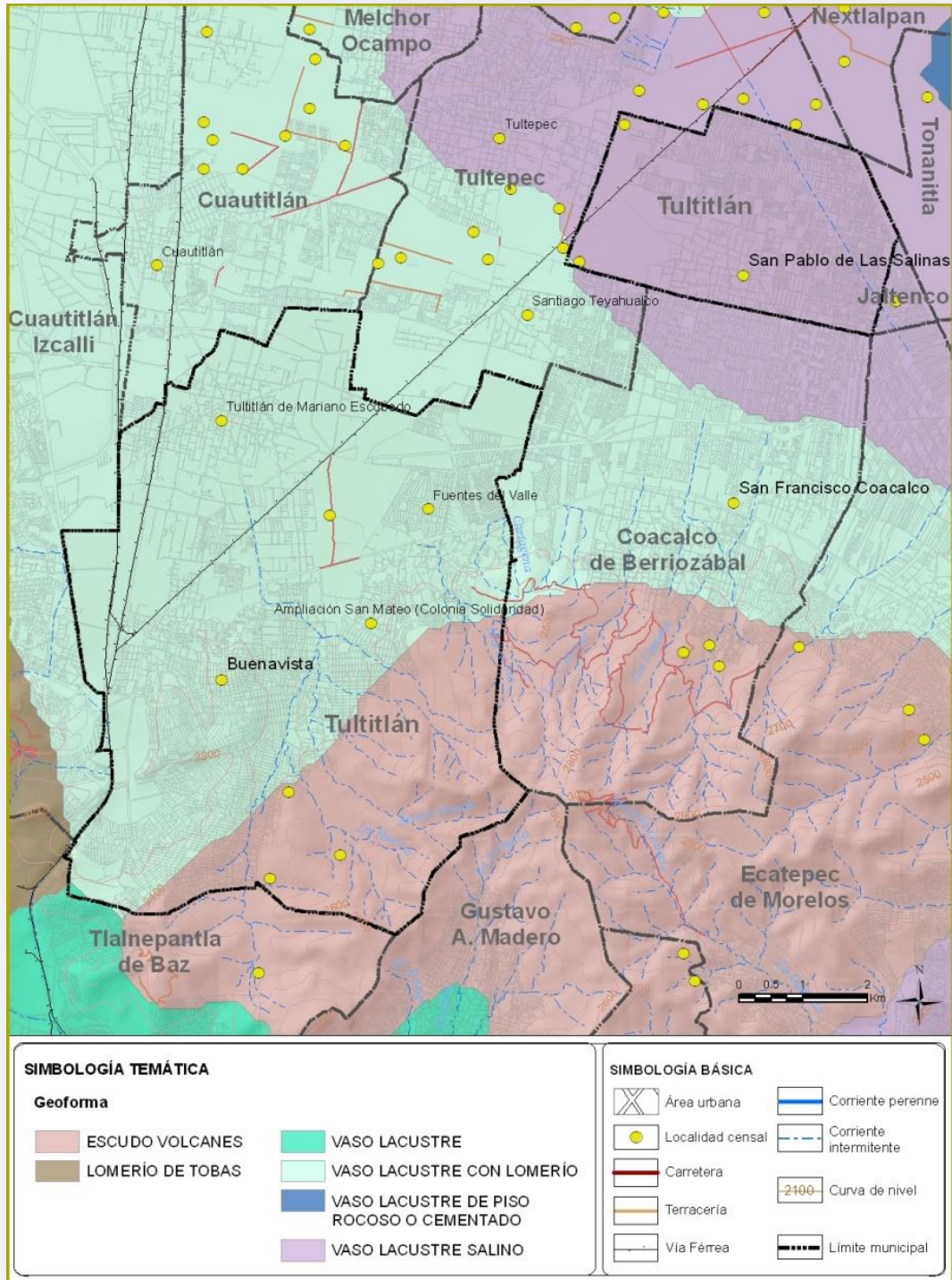


Tabla 6. Unidades geomorfológicas locales

Geoforma	Superficie km ²	Porcentaje
Circo erosivo	0.34	0.52
Domo volcánico	1.39	2.11
Laderas convexas de lava	2.53	3.83
Mesa de lava	2.71	4.11
Planicie de acumulación de origen esencialmente volcánico (3 - 6 grados de pendiente)	3.07	4.65
Planicie de acumulación lacustre, fluvial y volcánica	32.75	49.63
Planicie de origen esencialmente volcánico (1.5 - 3 grados de pendiente)	3.72	5.64
Planicie lacustre	7.32	11.10
Sistema de valles erosivos	7.89	11.96
Superficie de divisoria de aguas	2.15	3.26
Superficie de erosión formada por el retroceso de laderas de lava	2.11	3.19
	65.98	100.00

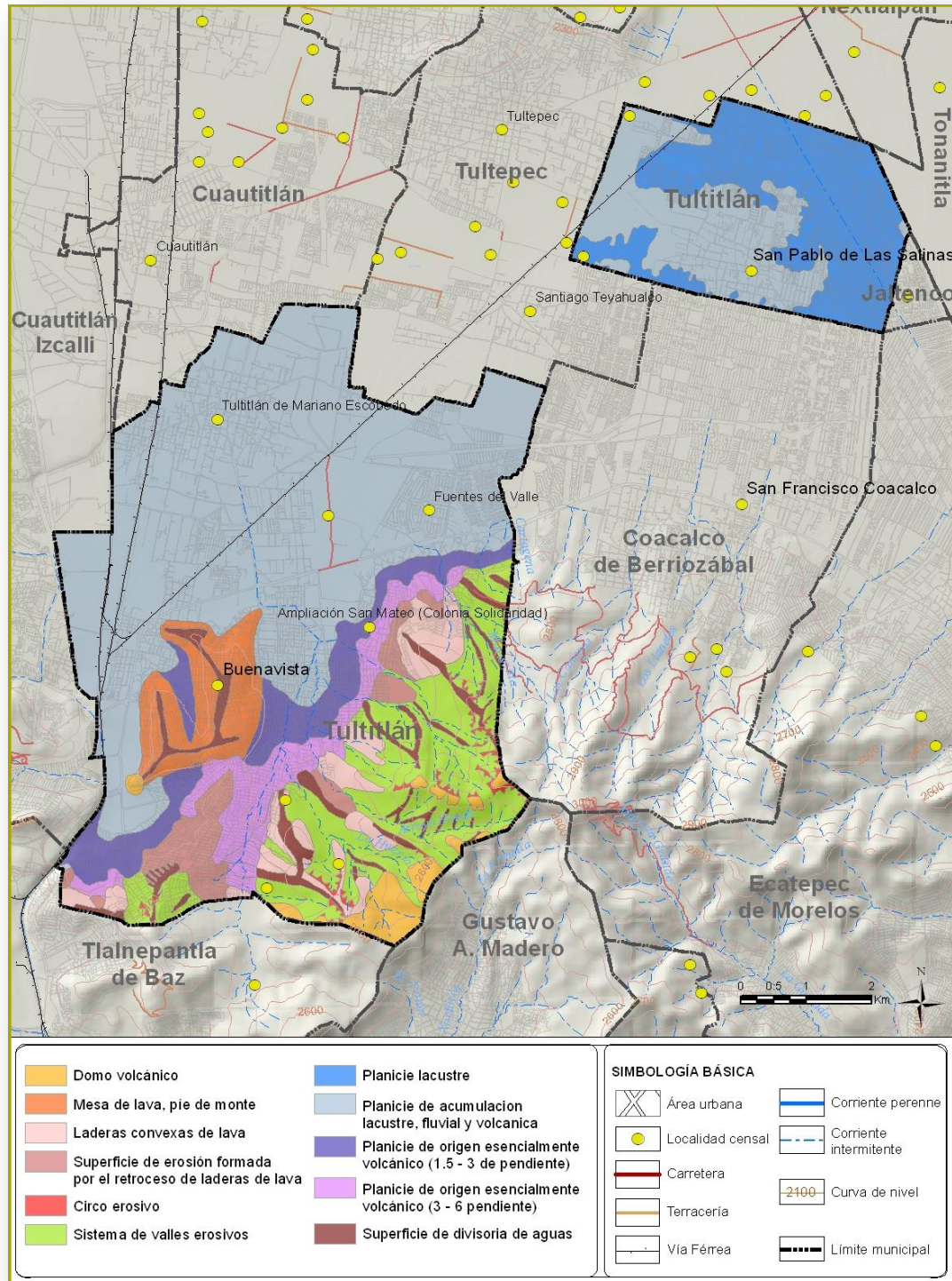
Fuente: Elaborado a partir del mapa de geomorfología local.

Figura 3. Geomorfología



Fuente: Elaborado a partir de INEGI. S/F. Sistema de Topoformas, escala 1: 000 000.

Figura 4. Geomorfología local



Fuente: Elaboración propia. Se retomaron algunos elementos de Lugo y Salinas (1996), para el área de la Sierra de Guadalupe.

3.3 Geología

La zona de estudio se haya adscrita a la provincia geológica denominada Faja Volcánica Transmexicana, la geología de la zona está representada principalmente por rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario cubiertas por secuencias sedimentarias lacustres y lacustres-fluviales-volcánicas. En el municipio afloran rocas cuyas edades varían del Terciario al reciente.

La geología del municipio de Tultitlán está representada por rocas ígneas extrusivas como son andesitas y brechas volcánicas, ambas del terciario superior, por rocas sedimentarias (areniscas) del terciario y por materiales aluviales y lacustres del cuaternario.

La Sierra de Guadalupe constituye uno de los cuatro rangos volcánicos ubicados en la Cuenca de México (García-Palomo, et al. 2006). Los tipos de rocas predominantes en la Sierra de Guadalupe son las andesitas y en cantidades menores dacita y riolita (Lugo y Salinas, 1996). En la parte baja de la sierra afloran areniscas de origen continental y la amplia planicie que cubre la mayor parte del municipio está compuesta de materiales lacustres, aluviales y depósitos volcánicos. Esta unidad es clasificada por el INEGI como suelos de origen aluvial. Los materiales lacustres se distribuyen en la zona oriente de Tultitlán. De acuerdo a Lugo y Salinas (1996), en las laderas de la Sierra de Guadalupe coexisten derrames lávicos con diversos tipos de depósitos entre los que se encuentran lahares, ceniza, arena, combinaciones de ceniza y arena, pómez, brecha y conglomerado, entre otros.

La actividad volcánica que dio origen a la Sierra de Guadalupe comprendió al menos dos etapas, la primera con procesos explosivos de gran intensidad, originó los edificios volcánicos mayores y, una segunda fase con eventos menores de poca duración. Se calcula una edad del mioceno-pleistoceno. La estructura más representativa del municipio es el estratovolcán El Picacho.

La Sierra de Guadalupe es atravesada por diversos sistemas de fallamiento y fracturamiento con orientación aproximada NW–SE, NE–SW y EW, las cuales están relacionadas con los eventos efusivos que dieron origen a las estructuras que forman parte de la Sierra de Guadalupe. Las estructuras geológicas son descritas en el apartado de fallas y fracturas del presente atlas.

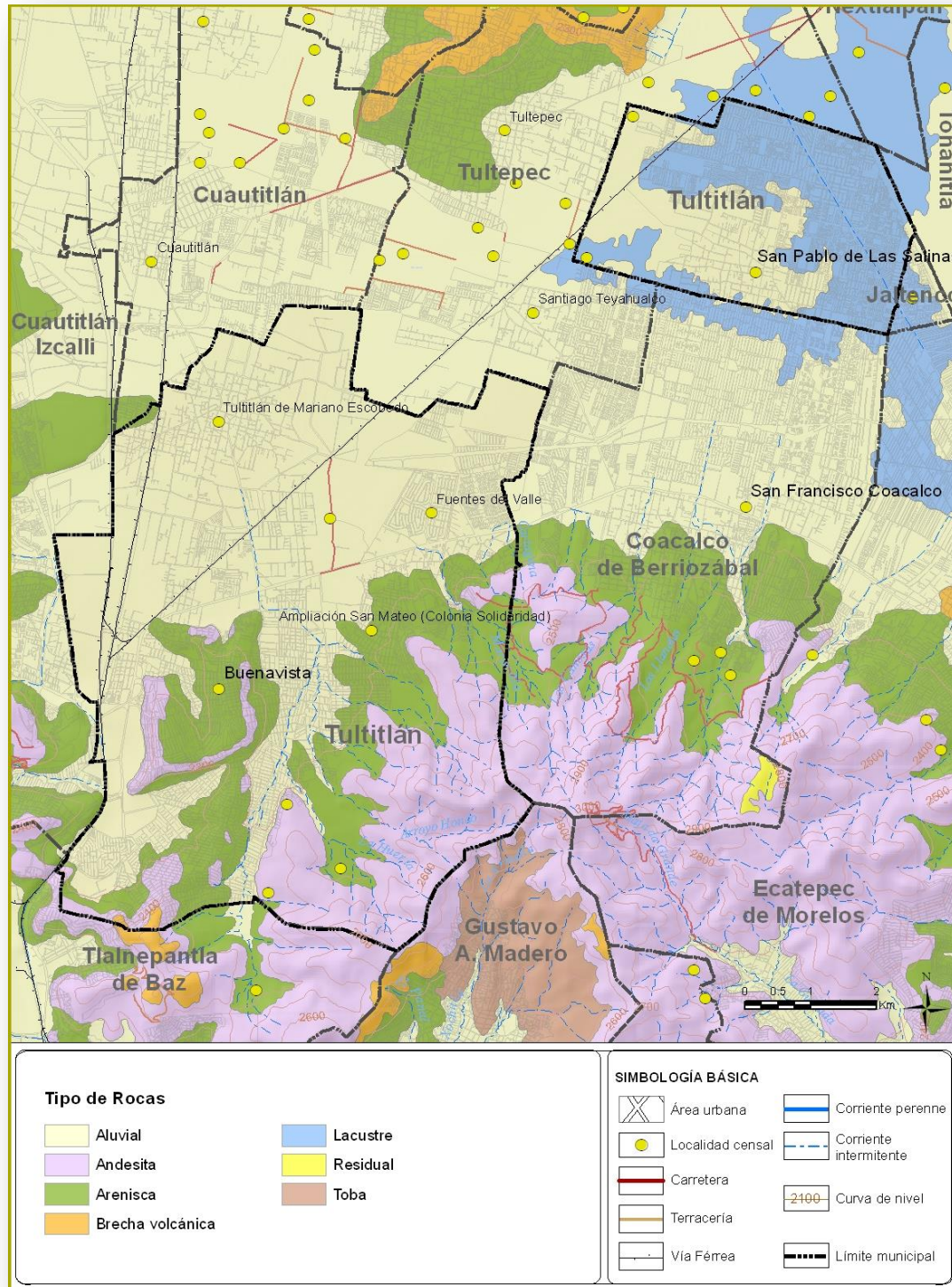
En la siguiente tabla se muestra la superficie ocupada por cada tipo de litología y su correspondiente porcentaje respecto al área total del municipio.

Tabla 7. Unidades Geológicas

Tipo de roca	Superficie km ²	Porcentaje
Aluvial	36.40	55.16
Andesita	10.72	16.24
Arenisca	11.45	17.35
Brecha volcánica	0.10	0.15
Lacustre	7.32	11.10
Total	65.98	100.00

Fuente: Elaborado a partir del mapa geológico.

Figura 5. Geología



Fuente: INEGI. 1976. Carta Geológica E14A29 escala 1:50,000.

3.4 Edafología

La pedogénesis está determinada por las condiciones geológicas, hidro-climáticas, geomorfológicas y por la cubierta vegetal de Tultitlán. En virtud de las condiciones ambientales prevalecientes, los suelos del municipio cuentan con diversos grados de desarrollo, se distinguen unidades edáficas jóvenes (cambisol, litosol), ya sea como unidades primarias o secundarias así como unidades de mayor desarrollo entre las que se encuentran los vertisoles. Como indicadores del bajo nivel de desarrollo de algunos suelos se encuentran las fases lítica profunda y dúrica, especialmente en algunas superficies de topografía accidentada.

De acuerdo a INEGI (1982), en el municipio de Tultitlán el tipo de suelo más extendido es el vertisol pélico con poco más de la mitad de su superficie, en segundo término se encuentran los litosoles y los suelos feozem con aproximadamente 15% de la superficie municipal. Otras unidades con distribuciones más restringidas incluyen cambisol eútrico y solonchak mólico y órtico (Tipos de suelos en base a la Clasificación Mundial de Suelos FAO/UNESCO/1970).

Tabla 8. Tipos de suelo del municipio de Tultitlán

Tipo de suelo	Superficie Km2	Porcentaje
Cambisol eútrico	2.17	3.29
Feozem calcárico	0.02	0.03
Feozem háplico	9.94	15.06
Litosol	10.32	15.65
Solonchak mólico	3.86	5.84
Solonchak órtico	5.44	8.24
Vertisol pélico	34.23	51.88
Total	65.98	100.00

Fuente: Elaborado a partir del mapa edafológico.

La morfología de planicies con un sustrato geológico de depósitos lacustres, aluviales y volcánicos dan origen a las unidades de cambisoles, vertisoles y solonchak, la unidad de solonchak órtico se deriva a partir de depósitos lacustres en tanto que los cambisoles y litosoles se desarrollan preferentemente sobre las laderas andesíticas.

De acuerdo a la Guía para la Interpretación de Cartografía Edafológica-INEGI (www.inegi.org.mx), los vertisoles son suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estacionalidad de los periodos seco y lluvioso. Se caracterizan por un alto contenido de arcilla, lo cual crea superficies lisas por expansión en la época húmeda y ligeros agrietamientos en la época seca. Presentan fertilidad de moderada a alta, aunque su dureza puede dificultar la labranza, presentan baja susceptibilidad a la erosión y tendencia a la salinización.

Los cambisoles se desarrollan a partir de la alteración de materiales procedentes de un amplio espectro de rocas, como son los depósitos de carácter aluvial, coluvial y eólico. Son suelos recientes que se

originan y evolucionan *in situ*, presentan una fertilidad media a baja, alta permeabilidad y profundidad media. Son accesibles de manejar para usos agrícolas, no obstante, presentan elevada susceptibilidad a la erosión (Strahler y Strahler, 1996; Silva, 1978).

Los feozem son suelos con una capa orgánica importante, el material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados; destacan los depósitos aluviales, glaciares y el loess con predominio de materiales con propiedades básicas. El relieve es plano o suavemente ondulado, muy permeables y presentan una fertilidad de moderada a alta, pueden soportar una gran variedad de cultivos de temporal y de riego así como pastizales. Sus limitaciones más importantes son las inundaciones y la erosión.

Los suelos solonchak se caracterizan por la acumulación de sales, se originan a partir de suelos salitrosos en terrenos que están o estuvieron cubiertos por agua. Su uso agrícola es limitado, la vegetación natural incluye normalmente pastizales y otras especies halófilas.

Finalmente los litosoles son suelos muy someros, de escasos centímetros, su uso agrícola no es recomendable, son suelos altamente frágiles cuyo uso debe ser planeado cuidadosamente y bajo restricciones puntuales.

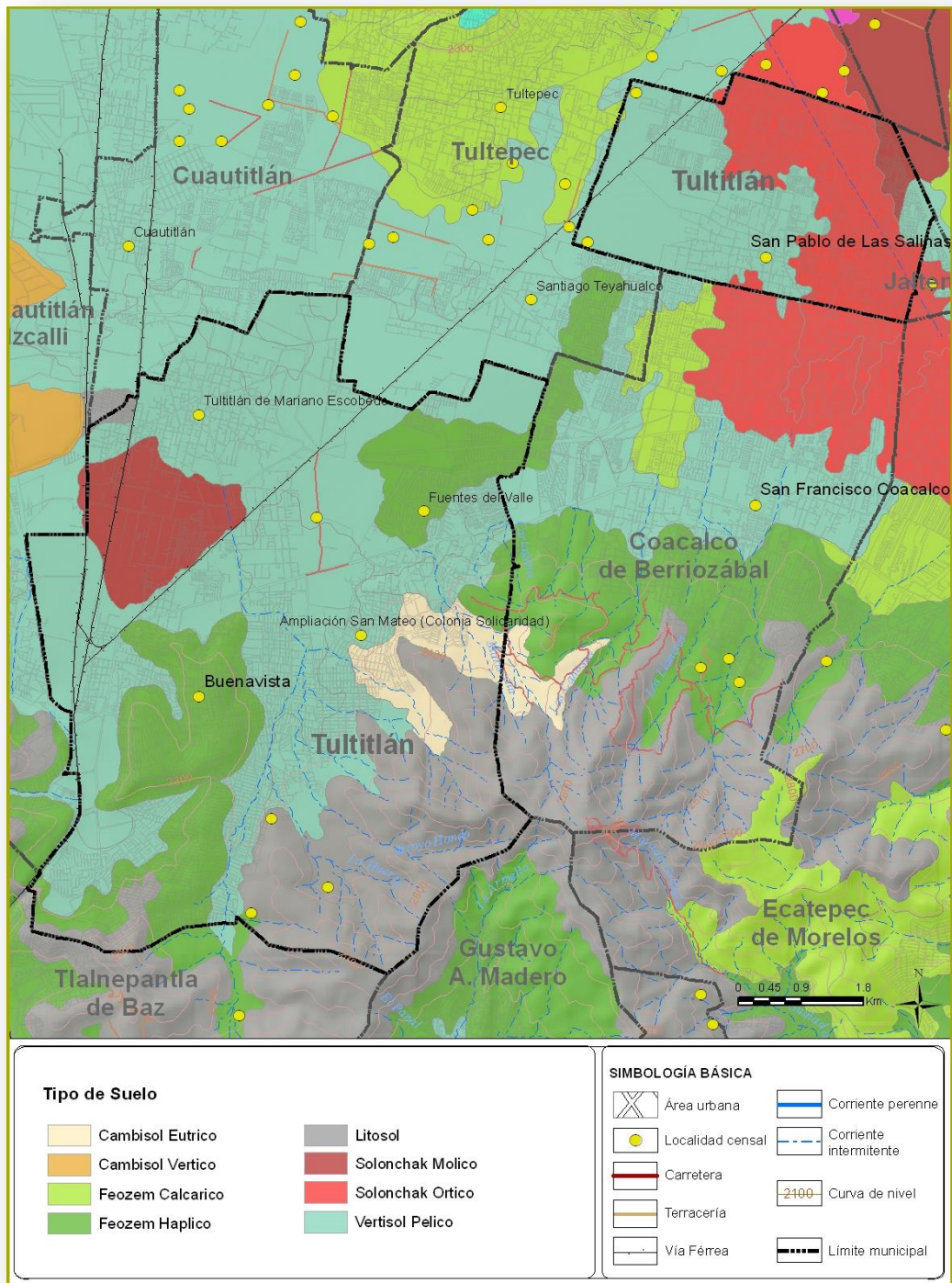
En el noreste del municipio predominan los suelos solonchak órtico de textura fina, solonchak mólico de textura media cuya unidad secundaria es solonchak gléyico y órtico, vertisol pélico de textura media con feozem calcárico como unidad secundaria, feozem calcárico con vertisol pélico de textura fina y feozem háplico con vertisol pélico de textura fina.

En el centro del municipio sobresale el vertisol pélico de textura fina, vertisol pélico de textura fina con feozem háplico como unidad secundaria y vertisol pélico de textura media con regosol eútrico. Al oeste del municipio se observan suelos de tipo solonchak órtico con vertisol pélico como unidad secundaria con textura fina, en menor medida se encuentran litosoles con vertisol pélico con textura fina y fase física dúrica. Hacia el este encontramos cambisol eútrico con vertisol pélico de textura media y fase física dúrica.

Al sur en las laderas de la Sierra de Guadalupe existen dos tipos de suelos predominantes, los suelos feozem háplico y litosol. Especialmente los litosoles abarcan las áreas de mayor pendiente en esta sierra y considerando su escasa profundidad y susceptibilidad a la erosión, es recomendable su ocupación por vegetación natural.

Los suelos de mayor fertilidad del municipio (vertisoles) están actualmente ocupados por asentamientos humanos casi en su totalidad.

Figura 6. Edafología



Fuente: INEGI. 1982. Carta Edafológica E14A29 escala 1:50,000.

3.5 Hidrografía

Tultitlán es un municipio sumamente humanizado, las condiciones naturales originales presentan hoy día un alto grado de alteración. Esta situación es especialmente tangible con relación a los procesos hidrológicos.

Las corrientes superficiales son de carácter estacional, sujetas al régimen de lluvias, no existen arroyos permanentes, no obstante, aun cuando la mayor parte del año no contienen agua, las barrancas y cañadas constituyen el medio para el desalojo del agua superficial que fluye en la zona de estudio en la época húmeda del año. Los cauces de los escurrimientos superficiales descienden de la Sierra de Guadalupe en dirección preponderante norte sur, hasta la planicie donde discurren por las vialidades o son captados por los sistemas de drenaje. Tanto los escurrimientos fluviales como el agua de lluvia son canalizados a través de un sistema de conducción artificial hacia el norte-noreste (canales Atlautla, Cartagena, Gansos, Jazmines, La Palma, Las Cruces, Las Flores, Margarita Maza de Juárez, Mariscala, Ponderosa, San Mateo, Santiaguito, Temamatla y Gran Canal de Desagüe).

Los principales escurrimientos superficiales son los arroyos Mariscala, La Huerta y Arroyo Hondo, de acuerdo a la clasificación de Strahler, los dos primeros son de categoría 4 y el Arroyo Hondo de categoría 2.

La historia geomorfológica e hídrica del municipio le confiere particularidades hídricas importantes. Los antiguos lagos de la cuenca cerrada de México cubrían prácticamente todo el territorio municipal hasta la parte baja de las laderas de las montañas. En la época prehispánica esta región estaba conformada por un mosaico de humedales, el nombre de Tultitlán proviene de los vocablos del Náhuatl *tullin* (tules) y *titlan* (entre), y significa "entre tules" (IGECEM, 1993), lo cual es representativo de la historia del sitio ligada a ambientes lagunares.

El desalojo de agua de la Cuenca de México ha sido tradicionalmente un problema que se ha tratado de resolver desde la época colonial. Las dificultades están representadas básicamente por dos hechos: su condición de cuenca cerrada y el relieve con escasa pendiente, ambas propiedades dificultan el drenaje natural por lo cual ha sido necesario la inversión en grandes obras de infraestructura. Paradójicamente, se invierten hoy día grandes recursos para llevar agua a la principal concentración de población del país y por otro lado, se hacen también grandes esfuerzos para desalojar las aguas residuales, fluviales y pluviales de la cuenca. Los costos económicos, sociales y ambientales de estas acciones son enormes.

La proliferación de asentamiento humanos en las planicies del municipio, la mayoría de ellas con grados de inclinación del terreno muy bajos (inferiores a 1.5 grados), la presencia de canales que conducen las aguas no solo del territorio municipal sino de otras zonas del Valle de México, la cercanía de colonias en lugares donde confluyen los escurrimientos de la Sierra de Guadalupe, aunado a la insuficiencia de la infraestructura de drenaje, originan un riesgo latente de inundaciones en la época de lluvias en diversos sitios de la geografía municipal.

Los materiales consolidados de la Sierra de Guadalupe (andesitas, riolitas, dacitas) presentan baja permeabilidad e Infiltración por el fracturamiento que mantienen (Cedillo et al. 2007), en contraste, los materiales de depósito de la planicie del municipio tienen posibilidades altas de contener agua

subterránea. El débil fracturamiento de las rocas ígneas extrusivas de la sierra y los escasos sitios de infiltración libres de pavimento y construcciones en las planicies permiten volúmenes bajos de filtración de la precipitación en la época de lluvias.

Tabla 9. Geohidrología

Unidad geohidrológica	Superficie Km2	Porcentaje
Material consolidado con posibilidades bajas	8.225	12.466
Material no consolidado con posibilidades altas	45.581	69.080
Material no consolidado con posibilidades bajas	12.176	18.453
Total	65.982	100.000

Fuente: INEGI. 1999. Carta de Aguas Subterráneas escala 1:250,000 Serie I

El abastecimiento de agua potable en Tultitlán se realiza básicamente a través del sistema Cutzamala y de la explotación de pozos profundos.

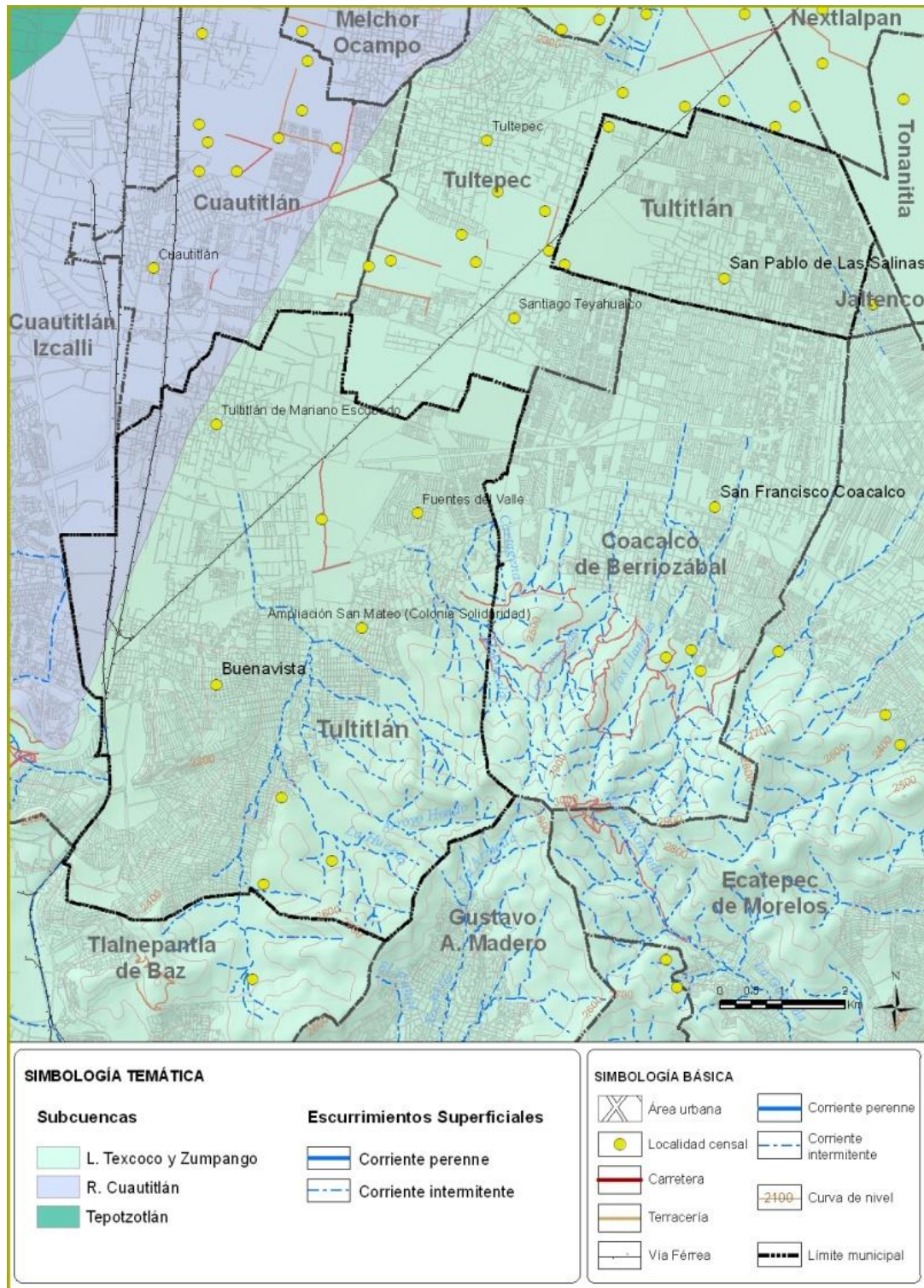
Desde hace varias décadas, en la región conocida como Valle de México se extrae un volumen de agua por encima de los valores de recarga, razón por la cual actualmente los dos acuíferos que coinciden espacialmente con el municipio de Tultitlán (Cuautitlán-Pachuca y Zona Metropolitana de la Ciudad de México) están en condición de sobreexplotación (CONAGUA. 2010).

Tabla 10. Acuíferos

Nombre del acuífero	Superficie Km2	Porcentaje
Cuautitlán-Pachuca	55.68	84.39
Zona Metropolitana de la Ciudad de México	10.30	15.61
Total	65.98	100.00

Fuente: CONAGUA. 2010.

Figura 7. Hidrografía



Fuente: SIATL. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#

3.6 Cuencas y Subcuencas

El municipio de Tultitlán se encuentra en la región hidrológica número 26 *Alto Pánuco*, cuenca *D Río Moctezuma* y dentro de las subcuencas *p Lago de Texcoco* Zumpango y *n Río Cuautitlán*.

La cuenca del Río Moctezuma abarca gran parte del Distrito Federal, el estado de Hidalgo, norte y noreste del Estado de México, y parte de los estados de Querétaro, Tlaxcala, San Luis Potosí, Veracruz, Puebla, Morelos y Michoacán. A nivel nacional es una de las cuencas con mayor grado de alteración producto de problemáticas socio-ambientales diversas entre las que vale la pena destacar la presencia de la Ciudad de México y su zona metropolitana así como su sistema de abastecimiento de agua potable y de desalojo de aguas residuales. En última instancia, los efectos de la degradación ambiental debido al manejo inadecuado del territorio repercute directamente en el estado de salud de las cuencas y de los ríos (Cotler, 2010).

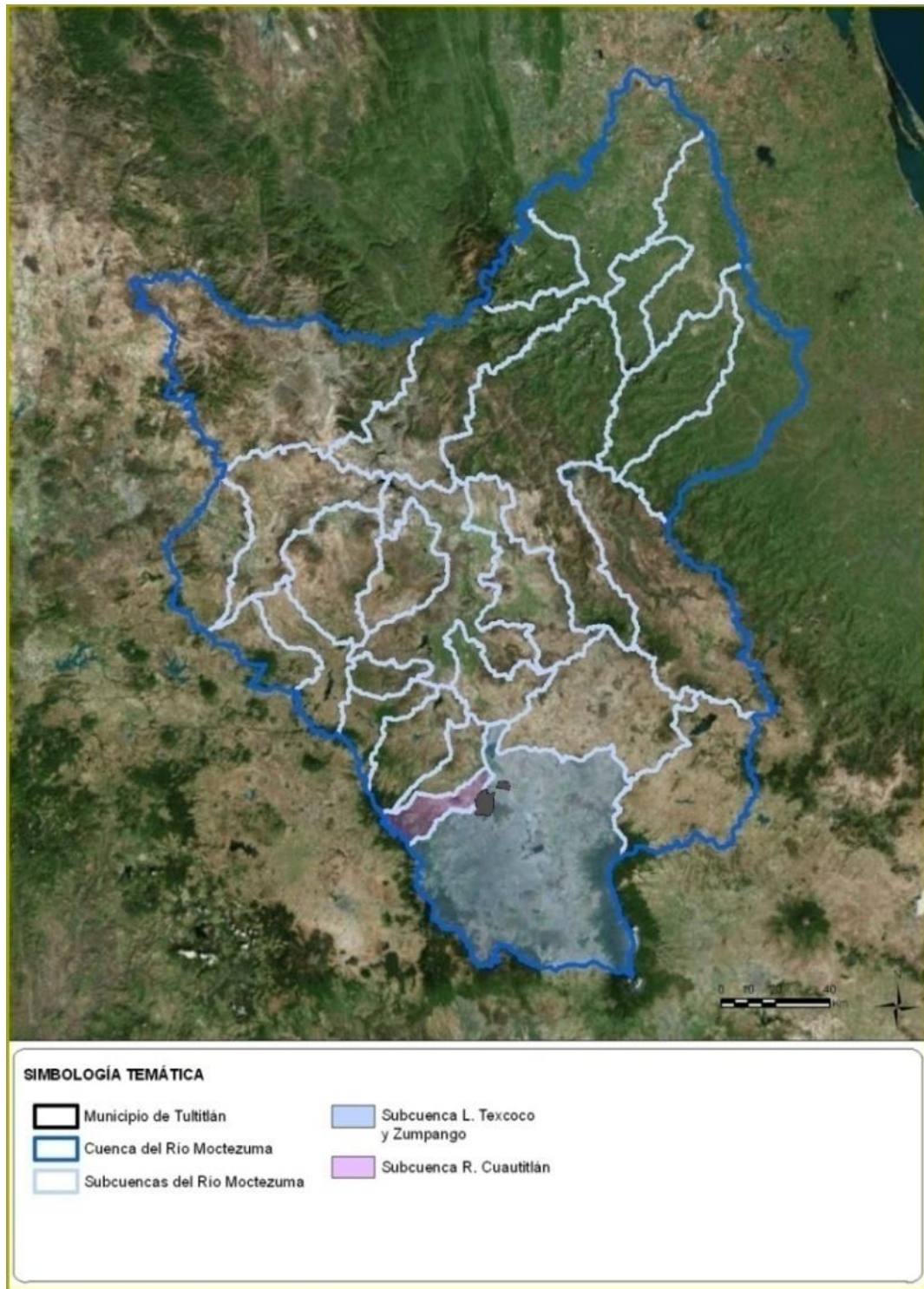
Al interior de la cuenca del Río Moctezuma, la subcuenca con mayor grado de deterioro es la subcuenca Lago de Texcoco y Zumpango, donde se encuentra asentada la mayor parte de la Ciudad de México.

Tabla 11. Cuencas y Subcuencas

Clave	Subcuenca	Área Km	%
RH26Dn	R. Cuautitlán	3.94	5.97
RH26Dp	L. Texcoco y Zumpango	62.04	94.02
	Total	65.98	100

Fuente: INEGI. SIATL. *Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas*.
http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#

Figura 8. Cuencas y subcuencas



Fuente: INEGI. SIATL. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas.

http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#

Microcuencas

El drenaje natural de Tultitlán ha sido ampliamente modificado especialmente en la zona plana del municipio, por medio de la construcción de canales. Los cauces naturales formados una vez registrado el proceso de regresión de las aguas del lago, han desaparecido a causa del desarrollo urbano. La pendiente ligeramente inclinada de la planicie aluvial y lacustre drena la superficie municipal hacia el norte-noreste.

En el territorio municipal se identificaron siete microcuencas principales: Cartagena, Cuauhtepac, La Huerta, Río Cuautitlán, La Quebrada y Tultitlán. La microcuenca La Quebrada, aunque prácticamente fuera de Tultitlán, descarga sus aguas prácticamente en el límite municipal, por lo que el municipio es el receptor de los flujos de esta cuenca.

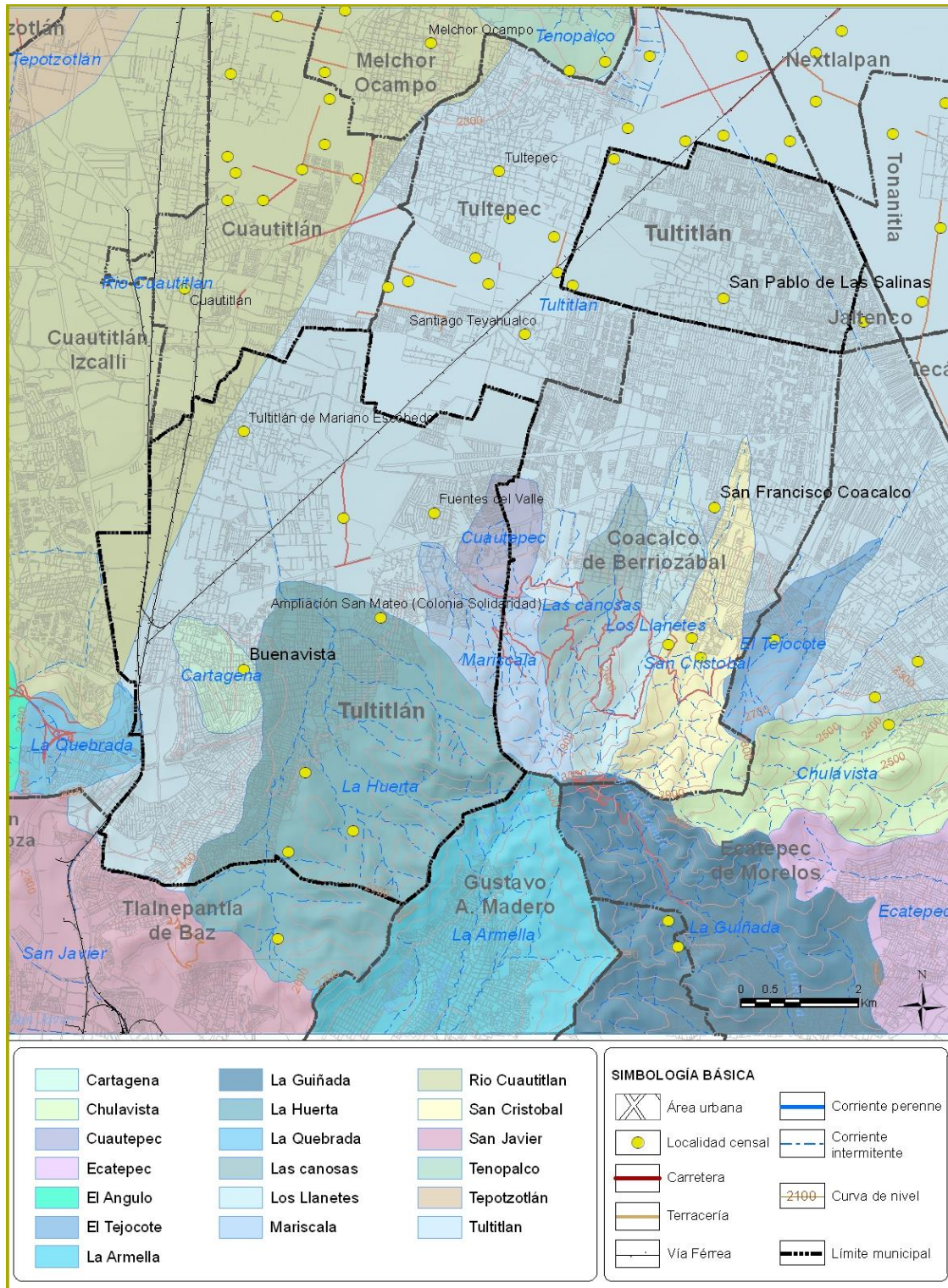
Tabla 12. Microcuencas

Nombre de la microcuenca	Superficie Km2	Porcentaje
Cartagena	1.94	2.95
Cuauhtepac	1.20	1.82
La Huerta	17.88	27.10
La Quebrada	0.07	0.10
Mariscala	2.26	3.42
Río Cuautitlán	3.94	5.97
Tultitlán	38.69	58.64

Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía vectorial escala 1:50,000. INEGI

Además de la denominada microcuenca Tultitlán, la cual comprende toda la planicie y pequeñas laderas que vierten sus aguas directamente también sobre el área plana, destaca la microcuenca La Huerta debido a que capta una gran parte de la precipitación de la Sierra de Guadalupe, incluso más allá del territorio municipal (hacia el sur la microcuenca se extiende al municipio de Naucalpan de Juárez), lo cual tiene repercusiones directas sobre la disponibilidad de este líquido en Tultitlán y, contribuye asimismo a la presencia de la problemática de inundaciones

Figura 9. Microcuencas



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía vectorial escala 1:50,000. INEGI

3.7 Clima

El clima del municipio de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García es C(w0)(w)b(i')g el cual se define como templado subhúmedo (el de menor precipitación de los templados), con lluvias en verano, con porcentaje de lluvia invernal menor a 5%, con poca fluctuación térmica y la temperatura más elevada se presenta antes del solsticio de verano (IGECM, 1993).

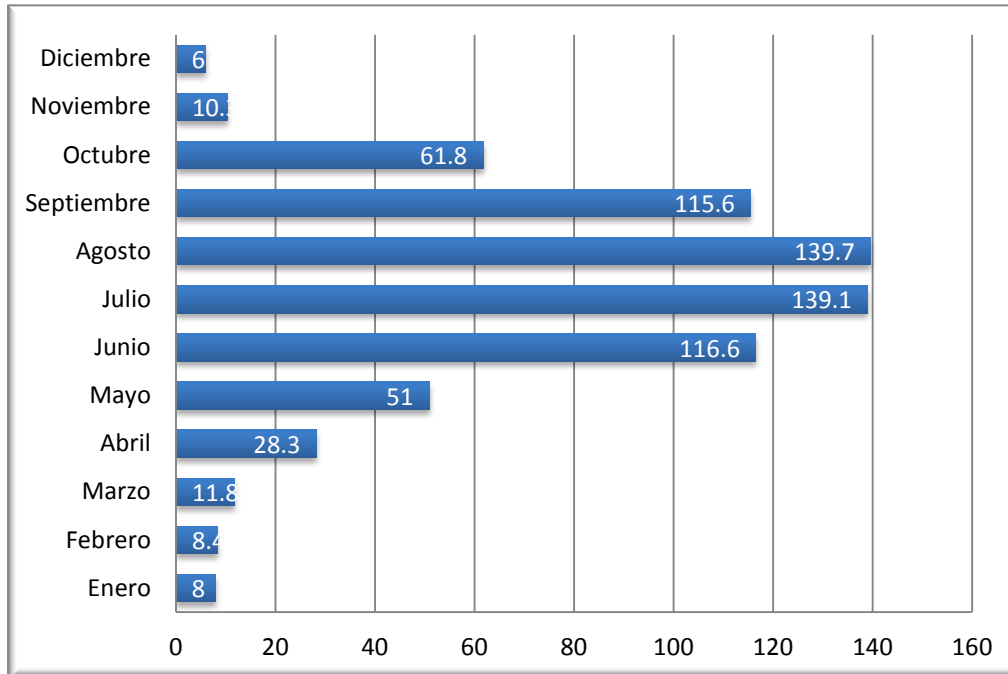
Las lluvias en el municipio tienen su origen en la humedad acarreada por los sistemas tropicales tanto del océano Atlántico como del Pacífico, principalmente en el verano, aunque no es extraño el registro de fuertes precipitaciones en los últimos meses de la temporada de ciclones en los meses de octubre y noviembre. En menor proporción, las precipitaciones se asocian también a fenómenos convectivos en la época cálido-húmeda del año (cuando el aire ascendente por el calentamiento del suelo tiene la humedad suficiente para dar lugar a la condensación y su posterior precipitación) así como a los nortes y frentes fríos en la época invernal.

La precipitación media anual es de 696.6 mm, siendo diciembre el mes más seco, con 6 mm y agosto el mes más húmedo con 139.7 mm. La distribución anual de las precipitaciones muestra una estación lluviosa definida entre los meses de mayo a octubre, periodo en el cual se precipita aproximadamente un 89.5% de la lluvia media anual, el valor máximo generalmente ocurre entre julio y septiembre.

La temperatura media mensual es de 15.6 grados siendo mayo el más cálido con 18.4 grados centígrados y el mes más frío enero con 12.2 grados, la oscilación térmica promedio es de tan solo 3.4 grados. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas en el municipio varían de 34 hasta -6.5 grados.

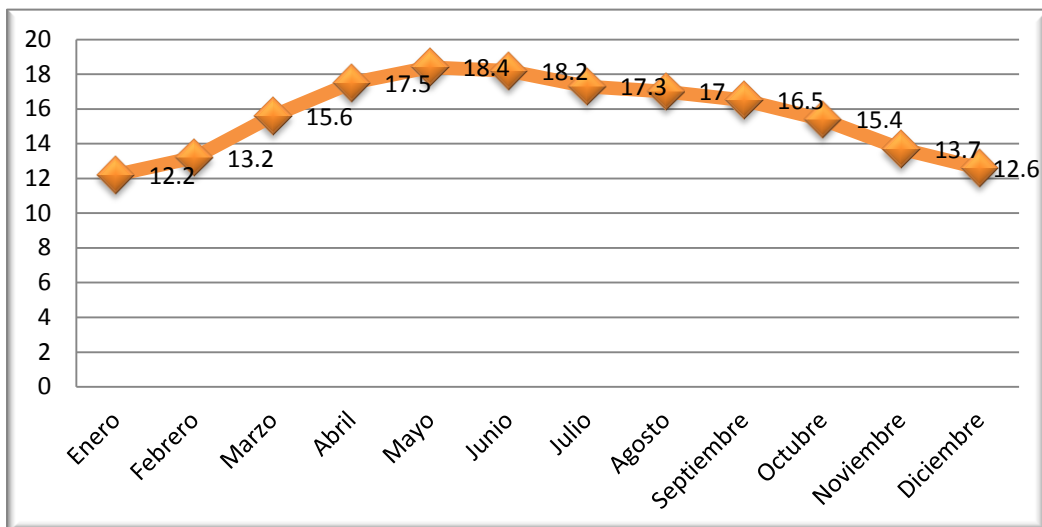
En las partes altas de la Sierra de Guadalupe, se considera que los siguientes valores de temperatura extrapolados: la temperatura promedio anual oscila entre los 8 y 12 grados, las temperaturas máximas promedio fluctúan entre los 16 y 20 grados, mientras que las mínimas promedio varían entre -2 y 6°C (Cedillo et al. 2007).

Gráfico 1. Precipitación media mensual (milímetros)



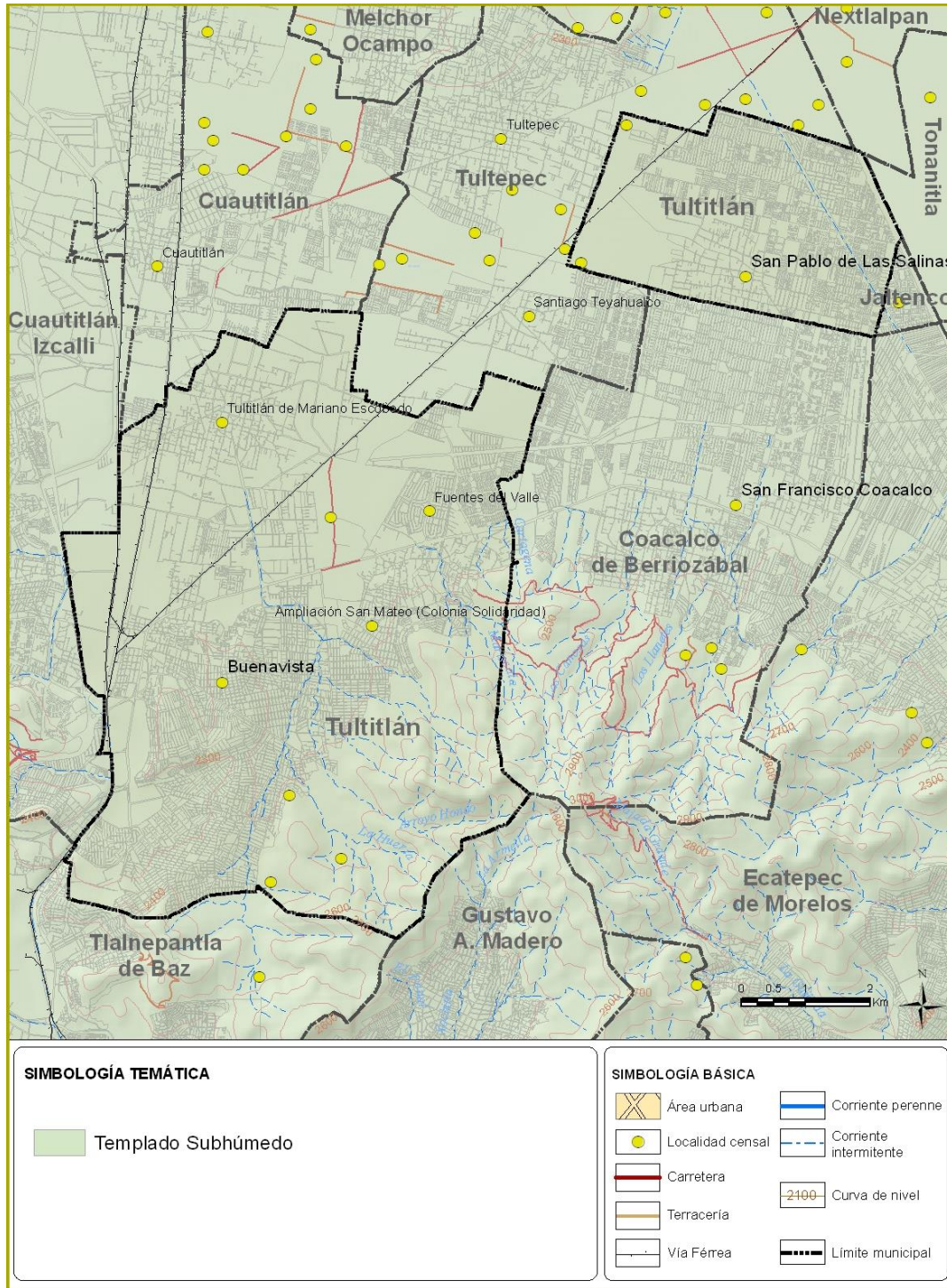
Fuente: Elaboración propia con base a datos del Servicio Meteorológico Nacional (Normales Climatológicas)
Estación 00015098 San Martín Obispo.

Gráfico 2. Temperatura media normal (grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia con base a datos del Servicio Meteorológico Nacional (Normales Climatológicas)
Estación 00015098 San Martín Obispo.

Figura 10. Climas

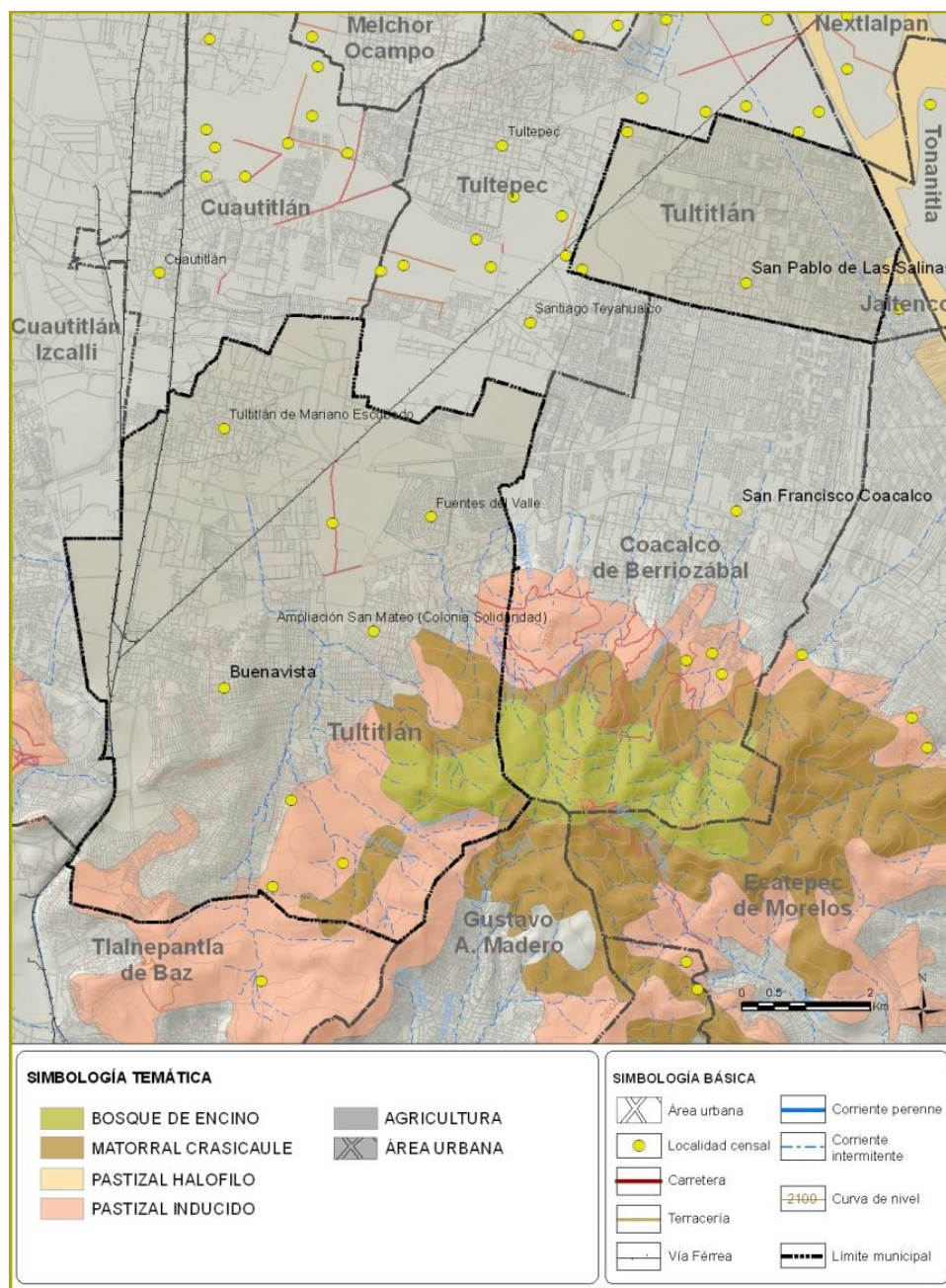


Fuente: INEGI. S/F. Unidades climáticas escala 1:1,000,000.

3.8 Uso de suelo y vegetación

Los usos del suelo del municipio de Tultitlán incluyen áreas urbanas, agricultura, bosques de encino, matorrales xerófilos y pastizal inducido.

Figura 11. Uso de suelo y vegetación



Fuente: INEGI. 2010. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV escala 1:250,000.

Los usos del suelo y la vegetación original del municipio han sido transformados drásticamente. El paisaje del municipio en la época prehispánica estaba compuesto por el sistema ecológico que conformaban las serranías cubiertas de bosques y matorrales y el sistema lacustre que dominaba las planicies. En este último se entremezclaban lagos, pantanos e incipientes áreas de cultivo, cuya extensión y características no representaban factores de alteración del entorno importantes.

Los cambios de uso del suelo y el poblamiento del municipio de Tultitlán no pueden entenderse sino desde su inserción dentro de la Cuenca de México y en el área de influencia de lo que ha sido el centro político del país a lo largo de su historia:

La historia del desagüe del Valle de México. La lucha contra las inundaciones desde la época colonial ha sido uno de los principales argumentos para la desecación de la cuenca. De forma paralela, este proceso ha tenido como objetivo disponer de mayores espacios para asentamientos humanos y actividades productivas agrícolas e industriales. En la práctica, las acciones de desecación se han traducido en la creación de diversas obras de infraestructura, entre ellos, el gran canal de desagüe.

La expansión de la Ciudad de México y el proceso de conurbación física con municipios de entidades federativas vecinas.

La extracción masiva de agua subterránea. Aun cuando desde los años veinte del siglo pasado, los desequilibrios ocasionados por la explotación excesiva de los mantos freáticos comenzaron a provocar el hundimiento de la ciudad, actualmente se continúa con la misma tendencia de sobreexplotación.

La industrialización de la economía mexicana y lo que fue durante mucho tiempo la tendencia centralizadora de la economía nacional.

En este contexto, la configuración de usos del suelo actuales es en gran parte el resultado de la conjugación de los procesos históricos mencionados. Hoy día las antiguas planicies lacustres que posteriormente dieron lugar a asentamientos humanos dispersos y zonas agrícolas productivas, están casi totalmente cubiertas por el área urbana, asimismo, la vegetación natural de la zona montañosa ha sufrido alteraciones severas de sus condiciones originales.

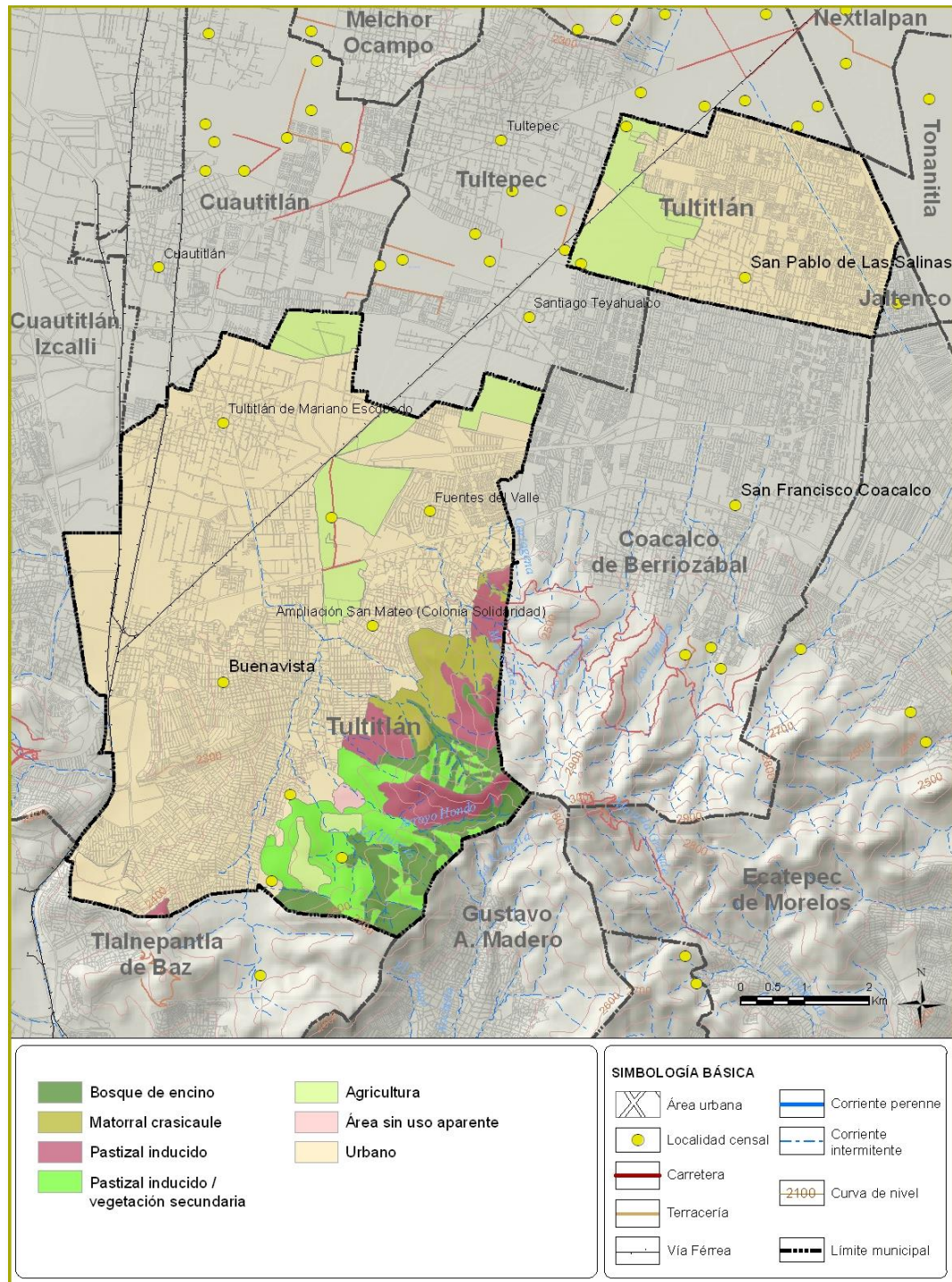
La configuración detallada de los usos del suelo y vegetación actuales puede verse en la figura 12.

Tabla 13. Vegetación y uso del suelo

Uso del suelo y vegetación	Superficie km ²	Porcentaje
Agricultura	6.84	10.36
Área sin uso aparente	0.15	0.23
Bosque de encino	2.75	4.17
Matorral crasicaule	1.79	2.72
Pastizal inducido	2.73	4.14
Pastizal inducido / vegetación secundaria	3.32	5.03
Urbano	48.40	73.35
Total	65.98	100

Fuente: Elaborado a partir del mapa de vegetación y uso del suelo local.

Figura 12. Uso de suelo y vegetación local



Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía urbana de INEGI, interpretación de imágenes de satélite del portal <http://www.google.com/earth> verificación en campo.

3.9 Áreas Naturales Protegidas

En el municipio de Tultitlán existen porciones del territorio que tienen como objetivo conservar la biodiversidad representativa de sus diferentes ecosistemas, para asegurar la continuidad y el equilibrio de los procesos ecológicos y evolutivos de las características que no han sido en su esencia modificadas.

El 10 de agosto de 1976 fue decretado por el gobierno del Estado de México el parque estatal denominado Sierra de Guadalupe ubicado en los municipios de Tlalnepantla, Ecatepec de Morelos, Coacalco y Tultitlán, Estado de México. Se definió como área de protección a la parte de la sierra por arriba de la cota de los 2,350 metros sobre el nivel del mar. Posteriormente, el 23 noviembre de 1978 se adicionan a este parque estatal las áreas ubicadas entre las cotas 2,250 y 2,350 metros sobre el nivel del mar comprendiendo parte de los ejidos de Santa María Cuauhtepac, San Mateo Cuauhtepac y San Pedro Chilpan, municipio de Tultitlán.

A su vez, el gobierno del Distrito Federal decretó el área natural protegida Sierra de Guadalupe, con la categoría de ZSCE (zona sujeta a conservación ecológica) con fecha del 20 de Agosto de 2002, con el objetivo de realizar acciones para proteger y conservar los recursos naturales y regular las actividades que se desarrollan en la porción de la sierra que se encuentra dentro de su demarcación territorial.

El parque tiene una extensión aproximada de 7,178.272 hectáreas de las cuales 2,401.936 se encuentran dentro del territorio de Tultitlán. El 36.40 por ciento de la superficie municipal se encuentra dentro de esta área natural protegida.

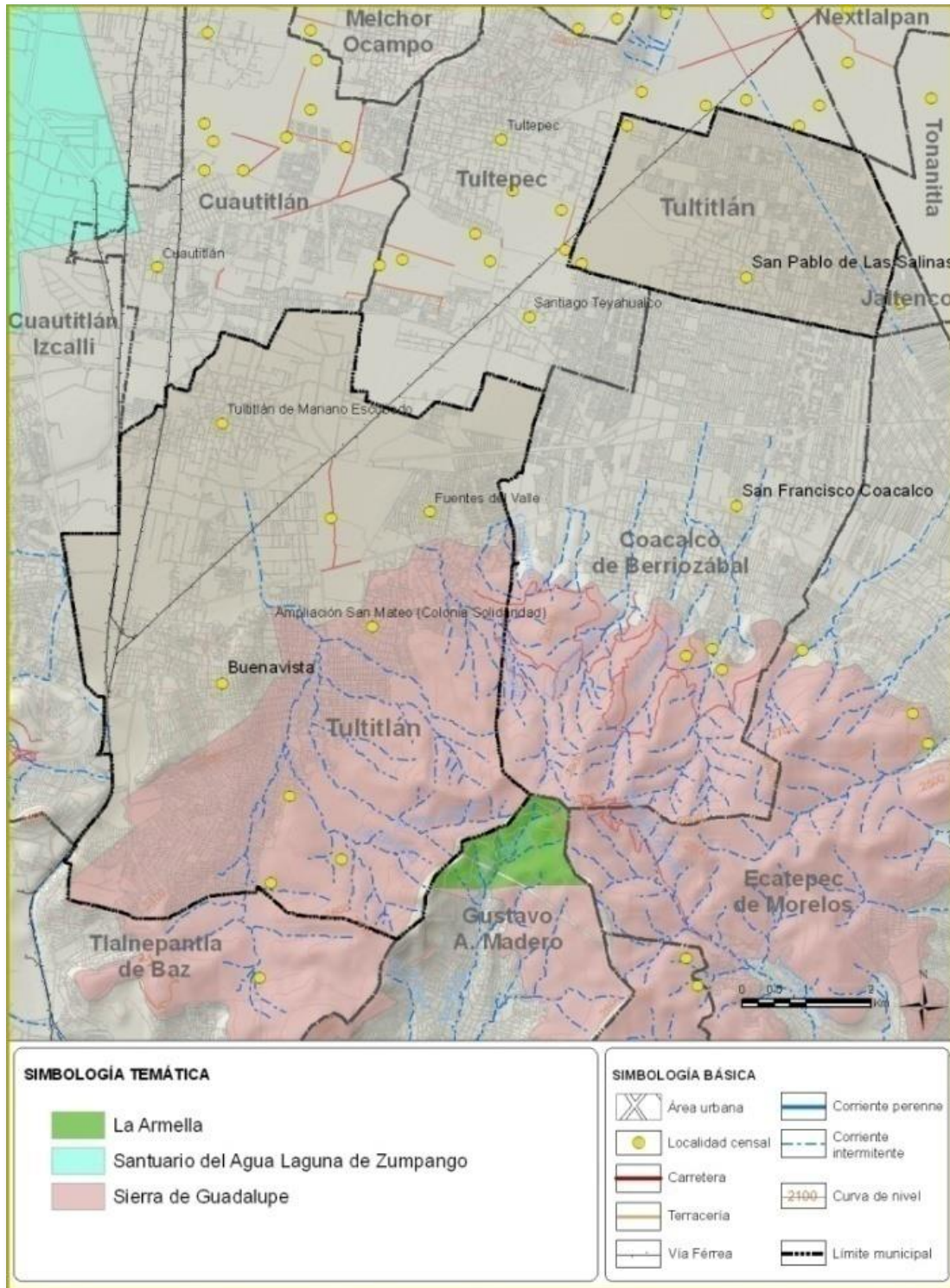
El programa de manejo del parque data de febrero de 1999, su objetivo central es lograr el manejo sustentable del área natural protegida en los ámbitos social, ambiental y económico. Actualmente el parque es administrado por la Secretaría del Medio Ambiente y cuenta con infraestructura diversa para actividades recreativas.

La vegetación natural más representativa son los bosques de encino y los matorrales xerófilos, existen además pastizales, vegetación secundaria y arbolado de especies inducidas.

El parque estatal Sierra de Guadalupe presenta una serie de problemáticas entre las que destacan las siguientes:

- ❖ Asentamientos irregulares.
- ❖ Presencia de tiraderos de desechos sólidos.
- ❖ Degradación de los recursos suelo, agua, fauna y flora.
- ❖ Recurrencia de incendios forestales.
- ❖ Deforestación.
- ❖ Erosión del suelo.
- ❖ Introducción de especies para acciones de reforestación (eucalipto, cedro blanco, casuarina).

Figura 13. Áreas Naturales Protegidas



Fuente: CONABIO. Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México Versión 1.0 Arc GIS. 08/2007.

IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

El estudio de los riesgos y vulnerabilidad de una población ante fenómenos naturales perturbadores, representa el primer paso para poder combatir cualquier tipo de eventualidad o contingencia de manera oportuna y eficiente.

El contar con información sociodemográfica nos permitirá conocer las condiciones generales del estado que guarda el municipio y que expresen el nivel de vulnerabilidad que tiene dicha población una vez identificadas las áreas de riesgos, el fenómeno perturbador y las características sociodemográficas presentes.

4.1 Elementos demográficos

Distribución de la Población

La población del municipio de Tultitlán se concentra preponderantemente en las amplias planicies del centro, norte y noreste (en la isla municipal). La Sierra de Guadalupe no presenta asentamientos humanos excepto en la parte baja de las laderas en las cuales es tangible la presión de la expansión urbana sobre el área natural protegida.

Entre las colonias con mayor número de población absoluta se encuentran: San Bartolo, Santiaguito, San Juan, Bosques de Tultitlán, Los Agaves, Villa Esmeralda, San Miguel, Lomas del Parque, Jardines de La Cañada, Tulipanes, Las Torres, Lote 59 Pte., San Pablo, Lomas de San Pablo y Rancho La Mora. En el otro extremo, con un número reducido de población se encuentran las colonias de Parque Industrial Cartagena, Lázaro Cárdenas, Santiago Teyahualco, Bello Horizonte, Industrial Lechería, COCEM y Solidaridad 3ra. Sección, entre otras.

El municipio cuenta con 12 localidades censales, en las cuales la población se distribuye de la siguiente manera:

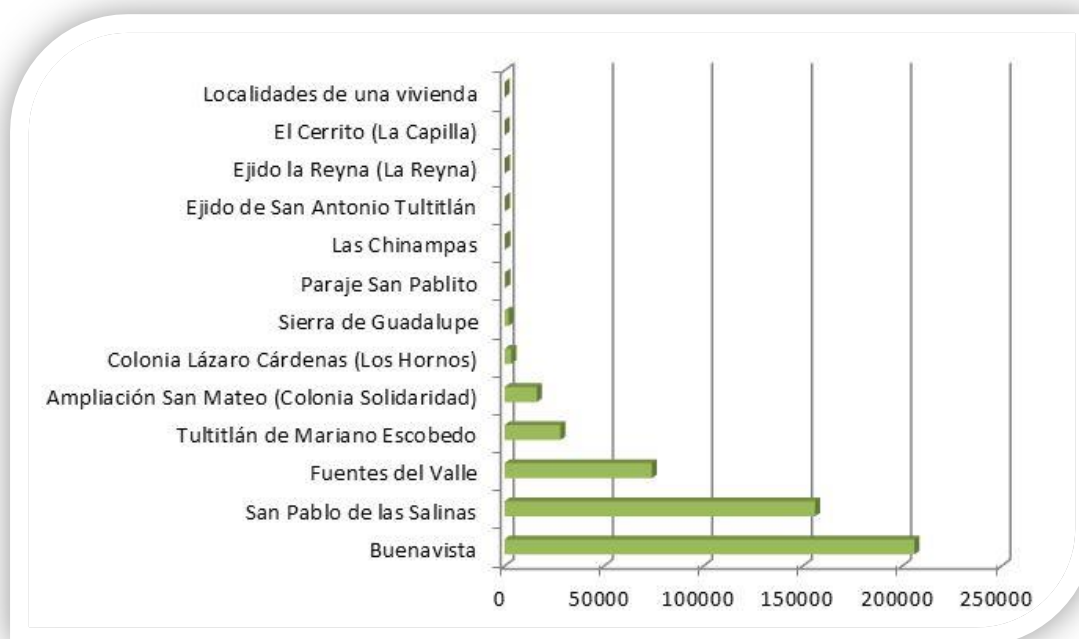


Tabla 14. Distribución de la población por localidad censal

Localidad	Población
Ampliación San Mateo (Colonia Solidaridad)	16,250
Buenavista	206,081
Colonia Lázaro Cárdenas (Los Hornos)	3,337
Ejido de San Antonio Tultitlán	155
Ejido la Reyna (La Reyna)	105
El Cerrito (La Capilla)	1
Fuentes del Valle	74,087
Las Chinampas	325
Paraje San Pablito	438
San Pablo de las Salinas	156,191
Sierra de Guadalupe	2,011
Tultitlán de Mariano Escobedo	28,017
Total del municipio	486,998

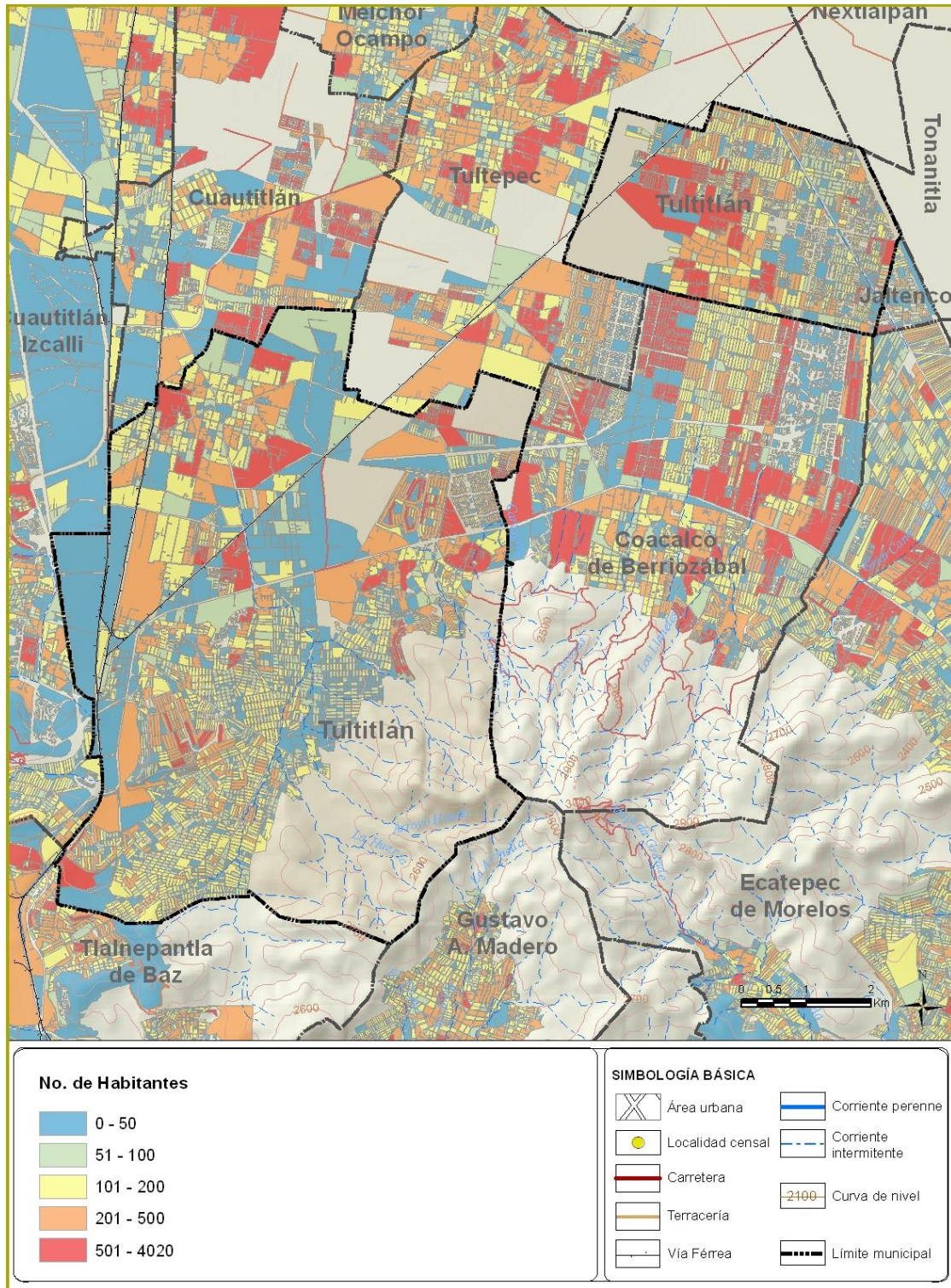
Fuente: INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda

Gráfico 3. Distribución de la población por localidad



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2010. Censo de Población y Vivienda 2010.

Figura 14. Distribución de población



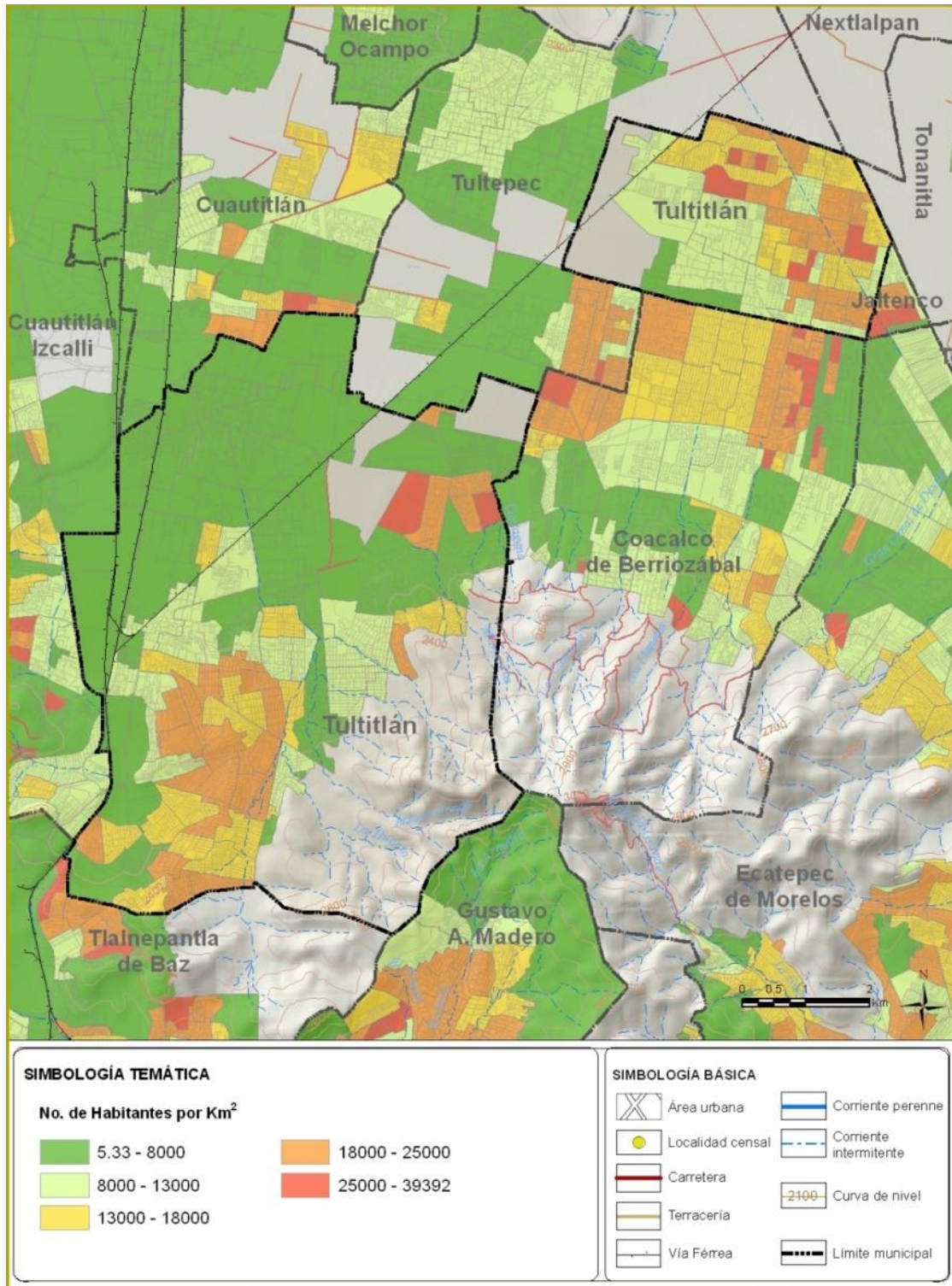
INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda; INEGI. 2009. Cartografía Urbana

Densidad de Población

El municipio de Tultitlán cuenta con una extensión territorial de 65.98 Km² y una densidad poblacional promedio de 7,381 habitantes por cada kilómetro cuadrado. No obstante el análisis de la densidad de población por área geoestadística básica arroja valores de cerca de 40,000 habitantes por kilómetro cuadrado, lo cual es un indicio de la gran concentración de población en algunos asentamientos del municipio. Destacan el centro histórico, la isla municipal (Tultitlán oriente) así como las colonias Fuentes del Valle y Villas de San José. Bajos niveles de concentración de población se encuentran en la mayor parte del norte del polígono poniente de Tultitlán, en las áreas agrícolas y por supuesto, en la Sierra de Guadalupe prácticamente despoblada.

En la zona oriente, la existencia de edificios multifamiliares genera grandes aglomeración de población en áreas reducidas, potencialmente algunos fenómenos naturales como los hundimiento y los sismos pueden causar daños a un número mayor de personas y viviendas.

Figura 15. Densidad de población por AGEB

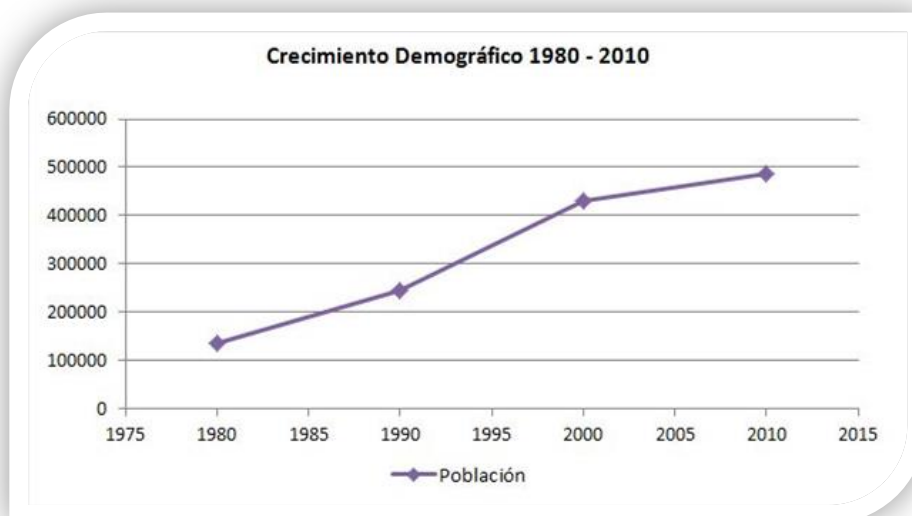


Fuente: Elaboración propia con base al Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI e INEGI. 2009. Cartografía Urbana.

Dinámica Demográfica

El crecimiento demográfico ha sido sin duda uno de los fenómenos sociales que más ha impactado al municipio derivado entre muchos factores por pertenecer a una zona en constante crecimiento urbano, social y económico, así como por su ubicación dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En términos porcentuales en los últimos 30 años la población se incrementó en un 255%, pasando de 136,829 en 1980 a 486,998 habitantes en el año 2010.

Gráfico 4. Crecimiento Demográfico 1980 – 2010



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, Censo General de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000 y 2010

Derivado del crecimiento progresivo de la población, no sólo en el municipio, sino en todo el territorio nacional es esencial contar con indicadores que reflejen de manera clara el crecimiento tendencial de la población. Con lo anterior se podrán considerar futuras acciones o políticas públicas que favorezcan el desarrollo y plenitud de las familias y la sociedad en general.

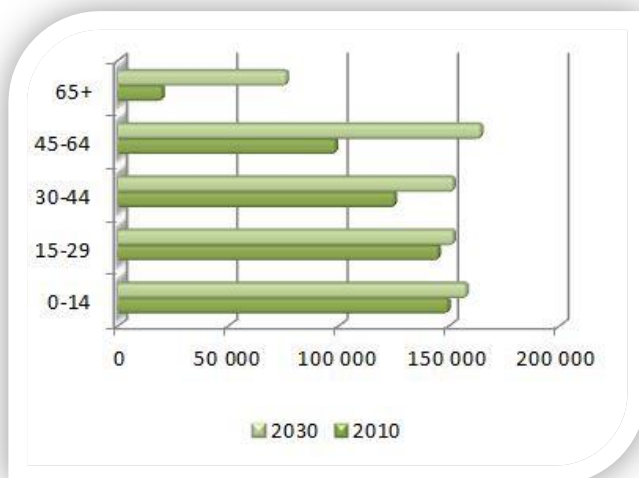
Las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO) desagregados por grupos de edad son las siguientes:

Tabla 15. Proyecciones de población 2010-2030

Rango de Edad	Año	
	2010	2030
0-14	149,447	157,641
15-29	144,976	151,788
30-44	125,119	151,745
45-64	98,387	164,202
65+	19,870	76,153

Fuente: elaboración propia con base en las proyecciones de población CONAPO 2010-2030

Gráfico 5. Proyecciones de población 2010-2030



Fuente: elaboración propia con base en las proyecciones de población CONAPO 2010-2030

Cómo puede observarse el crecimiento de la población presenta un ritmo acelerado, se considera que este continuará al menos hasta que las áreas marginales dedicadas actualmente a cultivos sean ocupadas por asentamientos humanos.

Pirámide de edades (estructura de la población por rangos de edad)

La estructura de la población por grupos de edad nos muestra aun una base amplia en los primeros estratos, lo que representa todavía un predominio de la población joven, no obstante comienza a registrarse una ligera contracción de la base de la pirámide, lo cual es el reflejo del decremento de las tasas de natalidad. Por otro lado, la población de 60 años y más si bien comprende la parte más angosta de la pirámide, tiende a incrementar su participación proporcional en el conjunto de población.

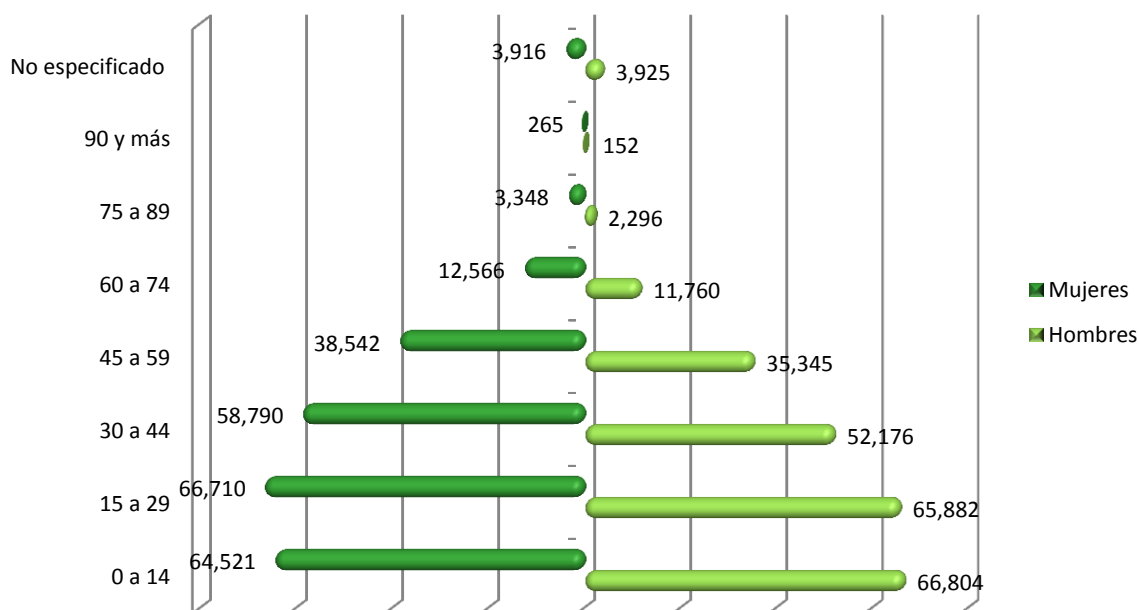
La tendencia de la población de acuerdo a los grupos de edad indica que la participación relativa de los grupos vulnerables se invertirá con el tiempo, es decir, disminuirá la población en el rango de 0 a 14 años y en cambio se incrementará en el grupo de 65 y más años. Asimismo, la relación de dependencia (Relación de la población de 15 a 64 años, en teoría la fuerza laboral de una sociedad, respecto al resto de la población) tiende a disminuir, lo cual a su vez contribuirá a bajar los niveles de vulnerabilidad social.

Tabla 16. Distribución poblacional por sexo y grandes grupos de edad

Rangos de edad	Hombres	Mujeres
0 a 14	66,804	64,521
15 a 29	65,882	66,710
30 a 44	52,176	58,790
45 a 59	35,345	38,542
60 a 74	11,760	12,566
75 a 89	2,296	3,348
90 y más	152	265
No especificado	3,925	3,916

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2010. Censo de Población y Vivienda 2010

Gráfico 6. Distribución poblacional por sexo y grandes grupos de edad.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2010. Censo de Población y Vivienda 2010

4.2 Características sociales

Escolaridad

El grado promedio de escolaridad en Tultitlán es de 9.64 años, por encima del valor promedio para la entidad (9.10 grados) y ocupa el lugar 14 entre los municipios del Estado de México con mayor grado de escolaridad, solo por debajo de municipios como Metepec, Coacalco de Berriozábal, Cuautitlán Izcalli, Tlalnepantla de Baz o Toluca. Este indicador refleja que en promedio la población del municipio cursa al menos el nivel básico de educación.

El grado promedio de escolaridad es el resultado de dividir el número de grados escolares aprobados por las personas de 15 a 130 años de edad entre las personas del mismo grupo de edad (INEGI, 2010).

Al interior de Tultitlán, el grado promedio de escolaridad muestra algunos patrones de distribución bien definidos, por ejemplo, una mezcla entre los rangos de número de años aprobados de entre 7-8 y 9-11 se aprecia en una franja paralela a la Sierra de Guadalupe, en las colonias de Buenavista 2da.Sección, Solidaridad 3ra.Sección, Solidaridad 2da.Sección, El Tesoro, Valle de Tules y San Marcos. Algunas de las áreas más representativas con valores bajos de educación se encuentran en San Mateo Cuauhtepac, Sierra de Guadalupe y en la colonia San Pablo al suroeste de la isla municipal. Los niveles más altos se ubican en diversas manzanas de Lomas de Cartagena, Lomas del Parque, Jardines de La Cañada y Ciudad Labor, en el suroeste del municipio, así como en Real del Bosque, Fuentes del Valle, Izcalli San Pablo y Morelos 2da. Sección, entre otras colonias.

En los rubros de matrícula, docentes y escuelas, el Municipio de Tultitlán (según CONAPO, en su informe 2011-2012), contribuye con 107,885 alumnos, así como con 4,322 docentes, y de manera específica, con 423 Instituciones educativas. En términos generales, estas cantidades significan un impacto favorable en la educación en el territorio porque se tiene una aportación regular respecto a la población.

Sin embargo, llama la atención que a escala regional el mismo CONAPO advierte (a través de sus indicadores educativos, como el grado de promedio escolar, absorción, analfabetismo, deserción, cobertura, reprobación, atención y eficiencia terminal) que el nivel educativo que se encuentra en desventaja es el medio superior, por ejemplo, el índice de deserción en el nivel región es de 15.5%, cifra superior a la estatal, que es de 15.2%, y aun más que la nacional, de 14.5%. Lo mismo sucede en el rubro de cobertura, puesto que se encuentra por debajo del porcentaje estatal y nacional que están en 63.2% y 68.5%, respectivamente, en tanto la región cubre sólo 47.7%; otro impacto que tiene que ver con Tultitlán al ser parte de la región en cita, es lo relacionado con el índice de reprobación en el nivel secundaria, pues éste se encuentra en 18.9%, cifra elevada respecto a la entidad y al nivel nacional, donde es de 16.5% y 15.0%, respectivamente. Por último, otro indicador interesante surge al comparar el índice de cobertura en el nivel de educación superior, pues apenas se alcanza 15.0% en la región, inferior al estatal que se encuentra en 23.3% e incluso es menor que el nacional, que se ubica en 29.3%.

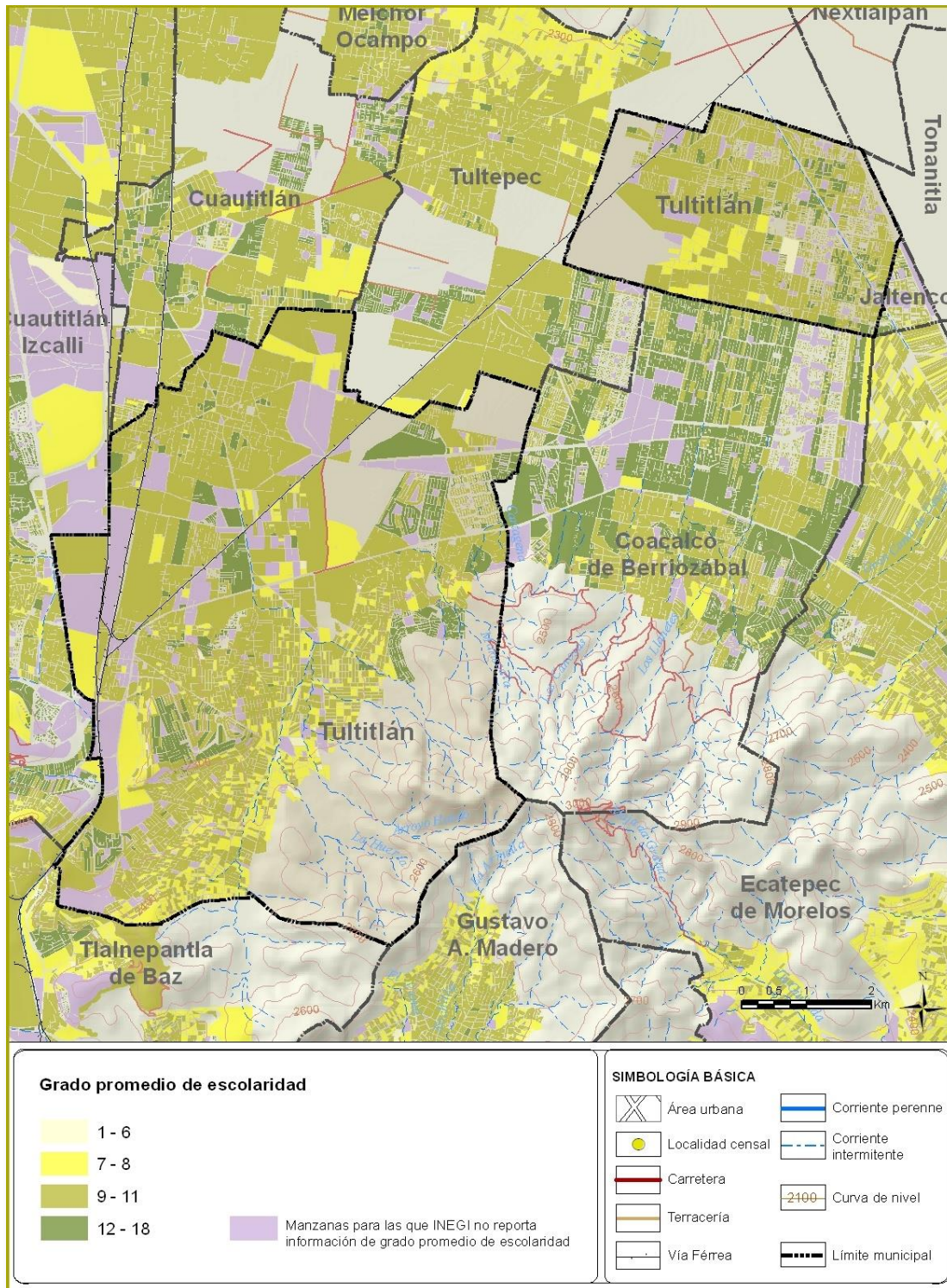
El municipio cuenta con 423 planteles, de los cuales 158 son de nivel preescolar, de nivel primario 162, de nivel secundaria 55, media superior 23 y superior 4.

Tabla 17. Total de centros educativos según nivel

Total de escuelas en educación básica y media superior	423
Escuelas en preescolar	158
Escuelas en primaria	162
Escuelas en primaria indígena	0
Escuelas en secundaria	55
Escuelas en medio superior	23
Escuelas en superior	4
Otros	21

Fuente: Elaboración propia con base en IGECEM 2010

Figura 16. Grado promedio de escolaridad



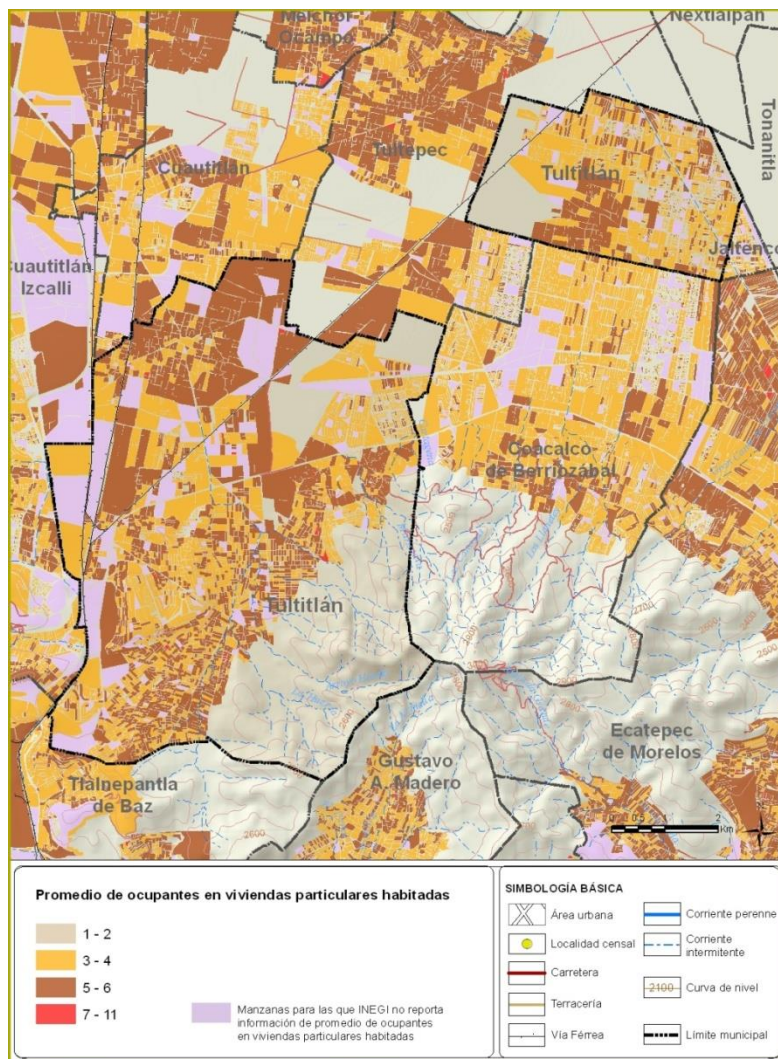
INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda; INEGI. 2009. Cartografía Urbana).

Índice de Hacinamiento

El índice de hacinamiento se define como el promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, se obtiene de la división entre el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas, entre el número de esas viviendas (INEGI, 2010).

En promedio, a nivel municipal existen 3.91 personas por vivienda (un poco por debajo del valor estatal de 4.06). En Tultitlán, en general, los valores más bajos se ubican en las colonias del centro, al norte de Tultitlán poniente y en diversas colonias, fraccionamientos y condominios de la isla municipal. Mayores residentes en viviendas se encuentran en las colonias Parque Industrial Cartagena, San Bartolo, Santiaguito, San Juan, Recursos Hidráulicos, Independencia, Lomas de San Pablo y San Pablo, principalmente.

Figura 17. Índice de hacinamiento



INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda; INEGI. 2009. Cartografía Urbana).

Población con Discapacidad

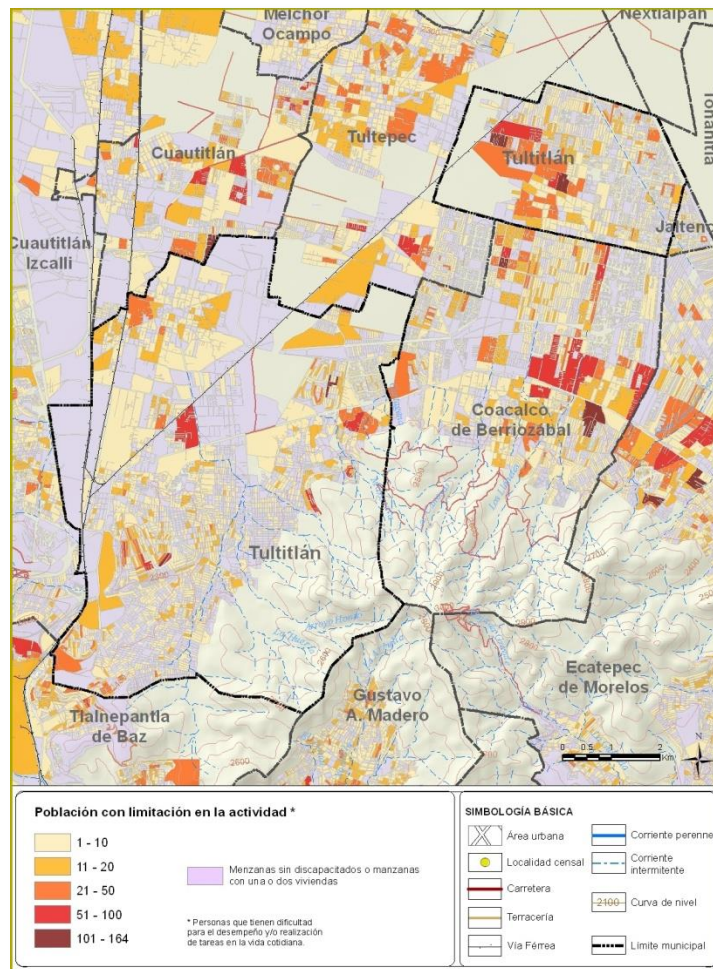
De acuerdo con la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, presentada en 2001, las personas con discapacidad son aquellas que tienen una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales y que al interactuar con distintos ambientes del entorno social pueden impedir su participación plena y efectiva en igualdad de condiciones a las demás.

El INEGI define a la población con limitación en la actividad como aquellas personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana.

El número de personas discapacitadas según tipo de discapacidad por localidad censal puede consultarse en la tabla 18.

En el territorio municipal, se identifican zonas muy puntuales con presencia de personas discapacitadas, entre otras se encuentran Bosques de Tultitlán, Sol de Tultitlán, Jardines de La Cañada, Lomas del Parque, Santa María Cuauhtepac, San Pablo, Lote 59 Pte, El Reloj y Lomas de San Pablo.

Figura 18. Población con Limitación en la Actividad



INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda; INEGI. 2009. Cartografía Urbana).

Tabla 18. Población con discapacidad

Nombre de la Localidad	pcon_lim	pclim_mot	pclim_vis	pclim_leng	pclim_aud	pclim_mot2	PCLIM_MEN	PCLIM_MEN2
Ejido de San Antonio Tultitlán	2	1	1	0	0	0	0	0
Las Chinampas	23	12	4	3	4	3	6	3
Paraje San Pablito	31	24	9	1	6	3	0	1
Sierra de Guadalupe	68	30	22	3	7	1	1	4
Colonia Lázaro Cárdenas (Los Hornos)	76	37	18	11	10	2	5	8
Ampliación San Mateo (colonia Solidaridad)	481	262	118	30	38	16	23	61
Tultitlán de Mariano Escobedo	1066	511	375	56	118	41	33	102
Fuentes del Valle	2370	1172	873	216	286	122	150	220
San Pablo de las Salinas	5903	2869	1924	484	591	278	313	630
Buenavista	7701	3760	2801	617	853	363	361	680
El Cerrito (la Capilla)	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda

PCON_LIM	Población con limitación en la actividad
PCLIM_MOT	Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar
PCLIM_VIS	Población con limitación para ver, aún usando lentes
PCLIM_LENG	Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar
PCLIM_AUD	Población con limitación para escuchar
PCLIM_MOT2	Población con limitación para vestirse, bañarse o comer
PCLIM_MEN	Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas
PCLIM_MEN2	Población con limitación mental

Tabla 19. Población total por sexo y condición de derechohabencia según tipo de limitación en la actividad, 2010

Condición de derechohabencia	Población total	Condición de limitación en la actividad								
		Sin limitación	Con limitación ¹							
			Total	Caminar o moverse	Ver ²	Escuchar ³	Hablar o comunicarse	Atender el cuidado personal	Poner atención o aprender	Mental
Derechohabiente	317,990	305,344	11,602	5,943	4,079	1,256	835	572	546	943
No derechohabiente	197,274	190,479	6,103	2,730	2,059	655	584	257	344	762
No especificado	8,810	660	16	5	7	2	2	0	2	4
										8,134

Notas:

¹La suma de los distintos tipos de limitaciones puede ser mayor al total debido a la población que presenta más de una limitación.

²Incluye a las personas que aun con anteojos tenían dificultad para ver.

³Incluye a las personas que aun con aparato auditivo tenían dificultad para escuchar.

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Tabulados básicos.

De acuerdo con el INEGI, el Municipio de Tultitlán cuenta con 17,721 personas con algún tipo de discapacidad, lo que representa un alto índice de pobladores que requieren servicios especializados así como de infraestructura para su mejor atención y desenvolvimiento en su comunidad; el gobierno municipal ha hecho esfuerzos y ha aplicado políticas públicas como recursos necesarios para que este sector de la población tenga a su alcance calles, avenidas e instalaciones gubernamentales con infraestructura adecuada a sus necesidades de movilidad urbana.

Marginación

El índice y grado de marginación son elaborados por el Consejo Nacional de Población(CONAPO), cosntituye una medida-resumen del déficit social con relación a tres rubros: falta de acceso a la educación, residencia en viviendas inadecuadas y carencia de bienes.

El COMAPO genera los índices de marginación para entidades federativas, municipios, localidades censales y Areas Geoestadísticas Básicas Urbanas (AGEBS) con el propósito de identificar espacialmente a la población con menores oportunidades de desarrollo.El índice se clasifica en cinco categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Tultitlán presenta un índice de marginación bajo, lo cual se explica en parte por su ubicación dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El CONAPO clasifica las localidades censales del INEGI, en grados de marginación alto, bajo y muy bajo. Existe cierta polarización de la marginación municipal, en especial derivado del carácter irregular de algunos asentamientos o de su aislamiento geográfico.

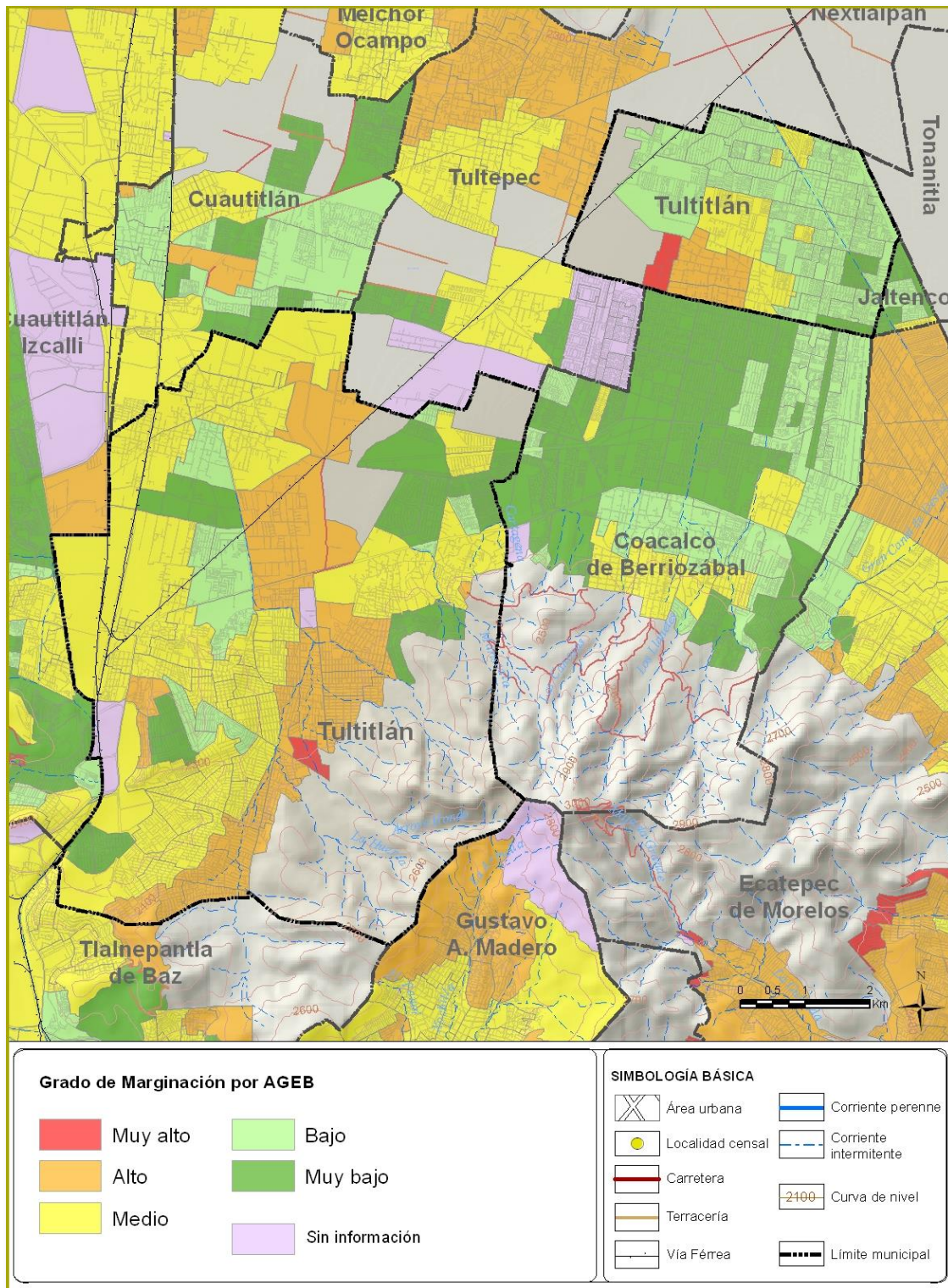
20. Marginación por localidad

Nombre de la Localidad	Índice de Marginación	Grado de Marginación
Ejido de San Antonio Tultitlán	-0.271	Alto
Las Chinampas	-0.505	Alto
Paraje San Pablito	-0.731	Alto
Sierra de Guadalupe	-0.645	Alto
Colonia Lázaro Cárdenas (Los Hornos)	-1.209	Bajo
Ampliación San Mateo (Colonia Solidaridad)	-1.240	Bajo
Tultitlán de Mariano Escobedo	-1.394	Muy bajo
Fuentes del Valle	-1.539	Muy bajo
San Pablo de Las Salinas	-1.505	Muy bajo
Buenvista	-1.365	Muy bajo

Fuente: CONAPO, 2010

A nivel AGEB, la marginación muestra tendencias espaciales particulares, se distinguen dos áreas con muy alta marginación: porciones de Sierra de Guadalupe y San Pablo. Con un grado de marginación alto existe un grupo de AGEBS adyacentes a la zona montañosa, así como las colonias de Lázaro Cárdenas, Santiago Teyahualco y Cueyamil. Izcalli del Valle, Lomas de Cartagena, Villas de San José, Fuentes del Valle, Los Portales, IMMEX II, Hacienda San Pablo, Izcalli San Pablo, entre otros asentamientos, tienen marginación muy baja. Los grados de marginación bajo y medio son las clases predominantes en el municipio.

Figura 19. Índice de marginación



Fuente: CONAPO, 2010.

Pobreza (Índice de Rezago Social)

Según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), el índice de Rezago Social permite ordenar los municipios y localidades de mayor a menor grado de rezago social en un momento del tiempo.

El Índice de Rezago Social es un parámetro resumen de carencias sociales en el ámbito educativo, acceso a servicios de salud, servicios básicos en la vivienda, calidad y espacios en la misma y de activos en el hogar.

El grado de rezago social de Tultitlán se cataloga como muy bajo.

Cómo se observa, los índices que reflejan la pobreza son bajos, por la misma razón que con la marginación, al ubicarse en una planicie perteneciente a la Zona Metropolitana del Valle de México, lo que indirectamente potencializa las posibilidades educativas, de salud y de empleo de la población.

4.3 Principales actividades económicas

El análisis de las actividades económicas del municipio de Tultitlán se realizó a partir de la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) (INEGI, 2013).

Las actividades económicas preponderantes están concentradas en el sector servicios, sobresalen las actividades relacionadas con restaurantes, servicios de salud (consultorios médicos), servicios educativos (principalmente escuelas de educación preescolar y primarias) y negocios de equipos electrónicos. Estas actividades económicas concentran la mayor parte de establecimientos.

Con relación al personal ocupado aproximadamente el 85% de establecimientos tienen cinco o menos empleados. Los mayores empleadores de personal están también relacionados con actividades educativas, de salud y de actividades de gobierno. De acuerdo al INEGI, las unidades económicas que mayor población emplean en Tultitlán son el Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios número 36, el Ayuntamiento de Tultitlán, el DIF Tultitlán, el IMSS, la Universidad Politécnica del Valle de México y el Conalep.

Tabla 21. Actividades económicas que tienen 10 o más establecimientos

Descripción de la actividad económica	No. de Establecimientos
Administración pública en general	42
Agrupaciones de autoayuda para alcohólicos y personas con otras adicciones	56
Bares, cantinas y similares	44
Billares	45
Casas de juegos electrónicos	132
Centros de acondicionamiento físico del sector privado	54
Clubes deportivos del sector privado	11
Consultorios de medicina especializada del sector privado	17
Consultorios de medicina general del sector privado	77
Consultorios dentales del sector privado	187
Escuelas de arte del sector privado	15
Escuelas de deporte del sector privado	28
Escuelas de educación preescolar del sector público	72
Escuelas de educación preescolar del sector privado	89
Escuelas de educación primaria del sector público	112
Escuelas de educación primaria del sector privado	24
Escuelas de educación secundaria general del sector público	27
Escuelas del sector privado dedicadas a la enseñanza de oficios	10
Guarderías del sector público	13
Guarderías del sector privado	38
Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	32
Otros consultorios del sector privado para el cuidado de la salud	17
Otros restaurantes con servicio limitado	599
Restaurantes con servicio completo	43
Restaurantes de autoservicio	44
Restaurantes de comida para llevar	657
Transporte colectivo urbano y suburbano de pasajeros en autobuses de ruta fija	16
Transporte de pasajeros en taxis de sitio	24

Fuente: INEGI, 2013 (DENUE)

Tabla 22. Número de establecimientos económicos según rango de personal ocupado

Personas ocupadas	No. de establecimientos	Porcentaje
0 a 5 personas	2274	84.19
6 a 10 personas	218	8.07
11 a 30 personas	165	6.11
31 a 50 personas	23	0.85
51 a 100 personas	14	0.52
101 a 250 personas	5	0.19
251 y más personas	2	0.07

Fuente: INEGI, 2013 (DENUE)

4.4 Características de la población económicamente activa

La población económicamente activa incluye a las personas de 12 años y más que trabajaron; tenían trabajo pero no trabajaron o; buscaron trabajo en la semana de referencia (INEGI, 2010).

La población económicamente activa de Tultitlán es de un total de 204,326 personas, es decir, el 54.71% de la población de 12 años y más.

Uno de los indicadores económicos usualmente empleados en estudios de riesgo y vulnerabilidad es la razón de dependencia. La razón de dependencia relaciona a la suma de personas que por su edad se consideran dependientes (menores de 15 años y mayores de 64 años) con las personas teóricamente en edad productiva (entre 29 y 64 años). A mayor índice de dependencia se incrementan las desventajas sociales y disminuye la capacidad de respuesta ante desastres.

El índice de dependencia de Tultitlán es de 46.35. Sin embargo este indicador tiene valores más elevados en sitios muy puntuales: Parque Industrial Cartagena, Santiago Teyahualco, Los Agaves, El Paraje, Sierra de Guadalupe y algunas porciones de Solidaridad 3ra.Sección.

Otro indicador económico relevante es la tasa de desempleo abierto, este relaciona las variables de personas desocupadas y población económicamente activa, es un parámetro que ayuda a medir el desempleo y por lo tanto la capacidad de la población para generar recursos y acceder a bienes de consumo.

El promedio de la tasa de desempleo abierta en Tultitlán es de 5.78 (de acuerdo a datos del censo del 2010). Localmente, valores altos de desempleo se ubican principalmente en diversos asentamientos de la isla municipal, en segundo término, en Campo Remachadores, Mariano Escobedo, El Paraje, porciones de Los Reyes, La Joya y Buenavista.

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

Entre los factores generales que determinan la existencia de peligros naturales de orden geológico en Tultitlán se encuentran su situación en el centro del país, en la provincia fisiográfica denominada Sistema Volcánico Transversal, la cual guarda una alta coincidencia espacial con la región geológica Faja Volcánica Mexicana, la cual se encuentra altamente influenciada por las placas tectónicas de Cocos, la Placa Norteamericana y la placa Rivera. Como el nombre de estas dos regiones lo indican, el vulcanismo es una constante a lo largo de una amplia franja en el centro del país (aproximadamente alrededor del paralelo 19), así como al relieve asociado al mismo, que consiste principalmente en sistemas montañosos, presencia de volcanes poligenéticos, campos de vulcanismo monogenético, lomeríos de materiales consolidados y semiconsolidados así como llanuras y planicies aluviales y lacustres, derivadas del trabajo de corrientes fluviales y por la construcción del drenaje natural por factores volcánico - tectónicos que dieron lugar a la presencia de enormes cuerpos de agua.

Estos aspectos se conjugan con factores climáticos e hídricos los cuales intervienen para detonar la aparición o para acrecentar la intensidad de estos fenómenos. Asimismo, las actividades humanas, especialmente la forma de ocupación del suelo constituye un elemento adicional que propicia el desarrollo de fenómenos físicos que pueden ser potencialmente desastrosos para la población y la infraestructura.

Tultitlán es susceptible a las siguientes amenazas geológicas: erupciones volcánicas, sismos, inestabilidad de laderas, flujos, caídos o derrumbes, hundimientos, subsidencia y agrietamientos. Obviamente el peligro de tsunamis está ausente debido a la ubicación del municipio en la zona centro del país, lejos de las zonas costeras.

5.1.1 Erupciones volcánicas

Los peligros volcánicos (erupciones) tienen una distribución discreta en el territorio, lo cual simplifica un poco su análisis y la implementación de medidas de mitigación, usualmente se considera la ubicación puntual de volcanes, las áreas donde existen volcanes activos y la distancia limitada a partir de la fuente para la cual la actividad volcánica representa un peligro evidente.

En la República Mexicana existen 12 volcanes activos (<http://www.geofisica.unam.mx>), de ellos, solo 2 se encuentran a menos de 200 kilómetros de distancia del municipio de Tultitlán, (el volcán Popocatepetl a aproximadamente 84.5 kilómetros y el Nevado de Toluca a 78.7 Kilómetros).

Figura 20. Volcanes activos de México



Fuente: <http://www.geofisica.unam.mx/vulcanologia/spanish/volcanes.html>

El Popocatepetl es un volcán poligenético o estratovolcán andesítico - dacítico, compuesto por derrames de lava, brechas volcánicas, arenas y cenizas. Sus últimas erupciones han estado constituidas por materiales piroclásticos. Se localiza en la zona centro del país, en los límites de los estados de Morelos, Puebla y Estado de México, a una altitud de 5,452 msnm.

El Nevado de Toluca o Xinantécatl es también un estratovolcán, constituido por andesitas y dacitas calcialcalinas, situado al suroeste del Valle de Toluca, en el Estado de México a 4,690 metros sobre el nivel del mar. La última erupción del Nevado de Toluca tuvo lugar hace aproximadamente 3,300 años, esta última erupción del holoceno lo ubica como un volcán activo en estado de quietud (Macías, 2005).

Los mapas de peligros del volcán Popocatepetl elaborados por el Instituto de Geofísica de la UNAM en 1995, delimitan áreas de peligro por flujos de materiales volcánicos (áreas que podrían ser afectadas por derrames de lava), por derrumbes gigantes y flujos de lodo (desplome parcial del aparato volcánico), por caída de materiales volcánicos (productos piroclásticos principalmente arena volcánica y pómez) y por caída de productos balísticos (fragmentos de rocas a gran velocidad arrojados por las explosiones volcánicas) (consultar <http://www.cenapred.unam.mx/es/Instrumentacion/InstVolcanica/MVolcan/MapaPeligros/>).

Las amenazas de la actividad volcánica del Popocatepetl tienen en general una marcada orientación hacia el sur, en los estados de Morelos y Puebla por las condiciones topográficas prevalecientes.

Las áreas bajo peligro por derrames lávicos fluctúan entre 20 y 50 kilómetros, no obstante, su alcance puede extenderse por varias decenas de kilómetros más por el desplazamiento de materiales en los cauces de las corrientes superficiales. Potencialmente pueden afectar a diversos municipios del oriente del Estado de México, noreste de Morelos y poniente de Puebla. Las áreas trazadas en esta zonificación no abarcan delegaciones del Distrito Federal.

Un desplome parcial del aparato volcánico afectaría porciones del Estado de México, desde los municipios de Amecameca y Ozumba hacia el sur, áreas del Estado de Puebla incluyendo el poblado de Atlixco y especialmente a grandes regiones del Estado de Morelos.

Los peligros por caída de productos balísticos tienen una distribución más restringida, comprenden radios de 5, 8 y 14 kilómetros para grados de peligrosidad alta, media y baja, respectivamente, teniendo por tanto una influencia muy focalizada.

De acuerdo al Instituto de Geofísica (1995), el municipio de Tultitlán puede ser afectado por la caída de materiales volcánicos. Tultitlán se sitúa en el área de peligro 3 (entre 40 y 100 kilómetros), el área de menor peligro por caída de arena volcánica y pómez, la cual solo sería afectada en caso de erupciones de gran magnitud. Asimismo, en función de la dirección estacional de los vientos, la mayor acumulación de piroclastos tendría lugar en el período de mayo a septiembre, cuando el viento sopla hacia el poniente. En los últimos 40,00 años han ocurrido 10 erupciones de esa naturaleza.

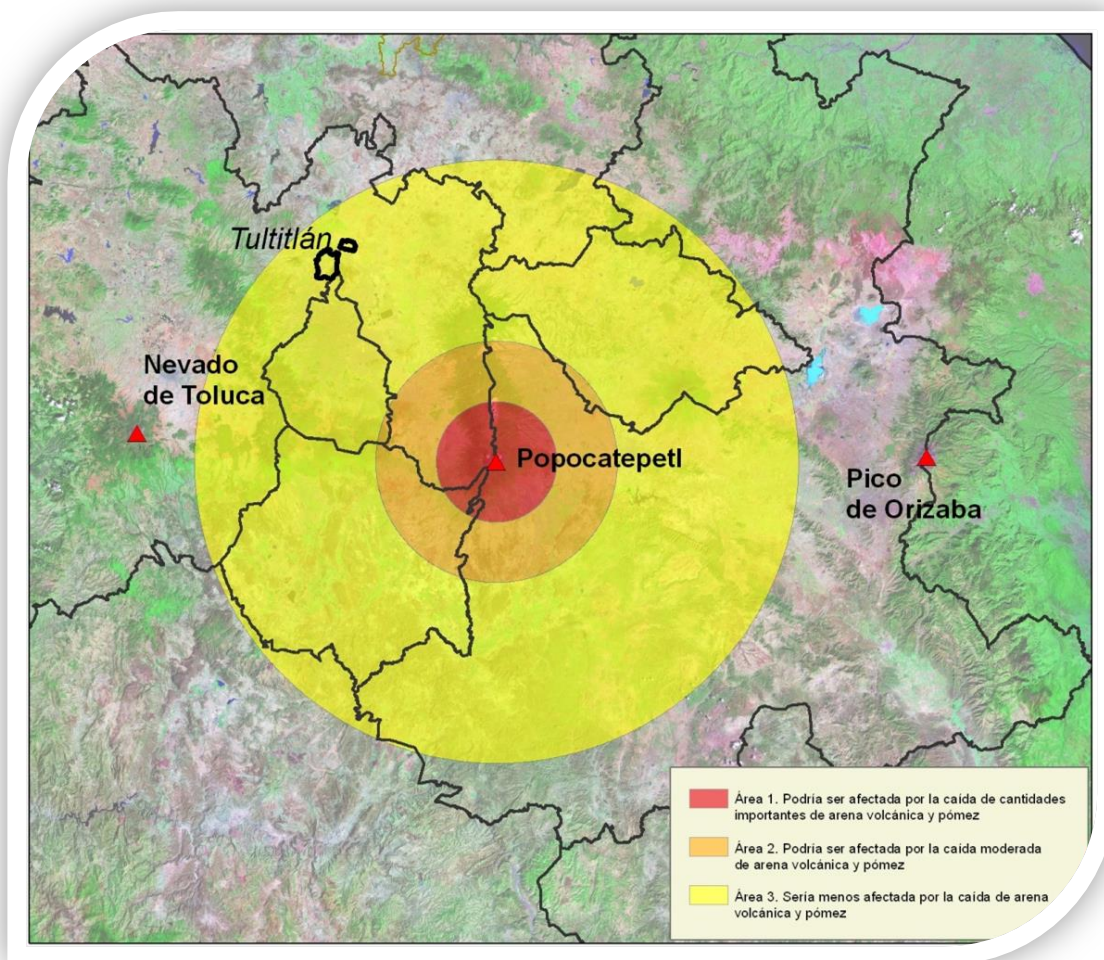
Después de un período de 67 años de inactividad (desde el período eruptivo de 1919-1927), el volcán Popocatepetl ha presentado desde el 21 de Diciembre de 1994 a la fecha actividad eruptiva a escala reducida, no obstante, la actividad reciente del volcán se considera de mayor magnitud a la ocurrida de 1919 a 1927 (Macías, 2005). La actividad reciente del Popocatepetl alterna periodos de relativa quietud con erupciones relativamente mayores como las registradas el 30 de Junio de 1997, 18 de Diciembre del 2000 o el 21 de Enero de 2001. Las erupciones más grandes registradas en este último periodo lanzaron proyectiles a 5-6 kilómetros de distancia del cráter, los lahares derivados de estas erupciones tuvieron un alcance de alrededor de 12-21 kilómetros. La dispersión de las cenizas abarca áreas más extensas por la altitud que alcanzan las emisiones y por la acción del viento. Por ejemplo, en la erupción del 30 de junio de 1997, la lluvia de cenizas cayó en parte de la Ciudad de México obligando al cierre temporal del aeropuerto internacional.

De acuerdo al CENAPRED (<http://www.cenapred.unam.mx/es/PreguntasFrecuentes/faqpovo2.html#preg3>), el análisis histórico de las erupciones del Popocatepetl indican que probablemente su actividad se mantendrá en un rango moderado como el mantenido desde 1994. Las exhalaciones que

han caracterizado a este período no ponen en riesgo la vida de la población que vive cerca del volcán y mucho menos a la población de ciudades más lejanas, ubicadas a varias decenas de kilómetros.

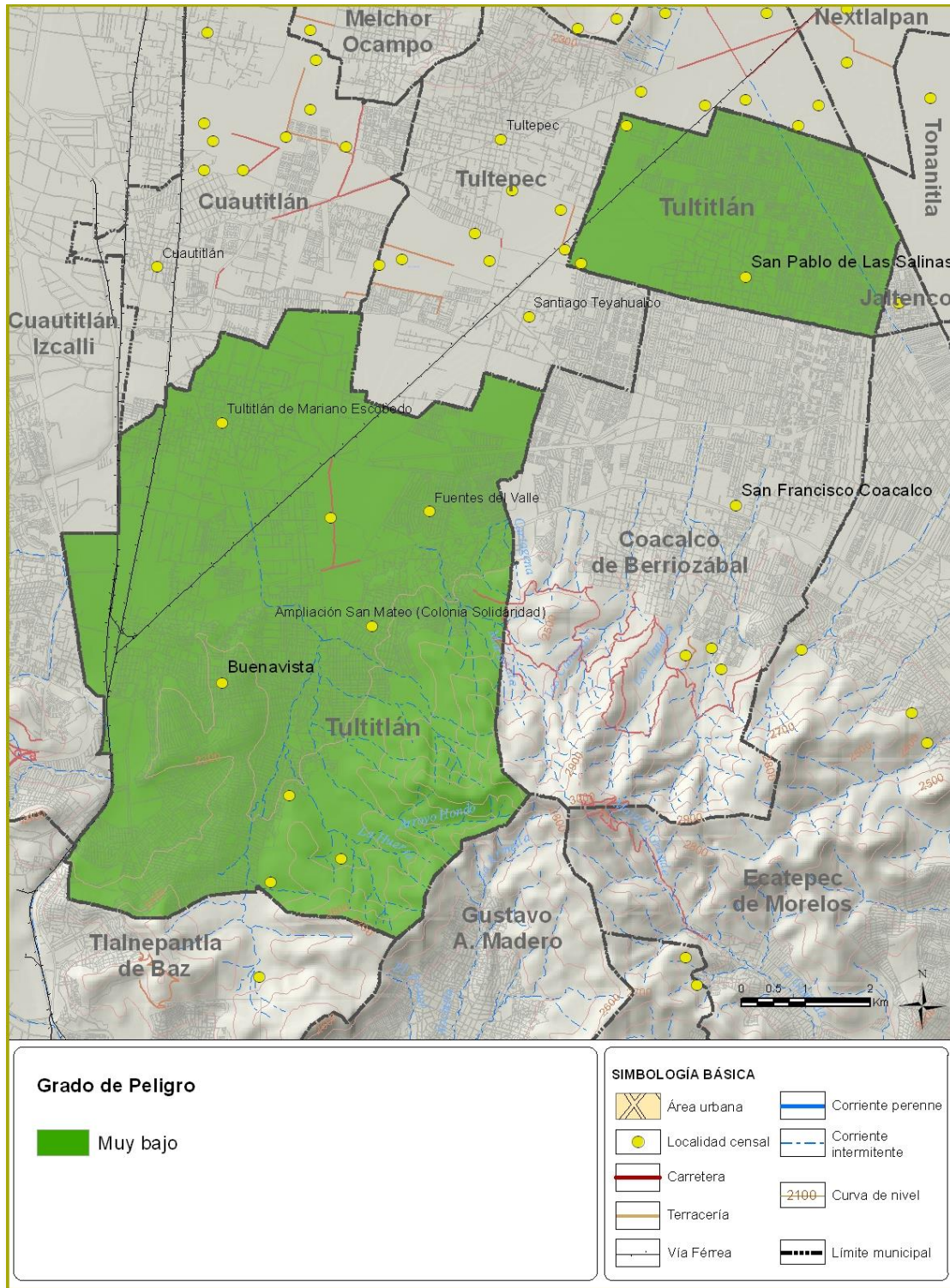
En suma, Tultitlán solo podría verse afectado por una erupción de gran magnitud del volcán Popocatepetl, las probabilidades de ocurrencia de una erupción grande de este volcán son bajas, la última gran erupción del Popocatepetl data del año 800 de nuestra era. El municipio de Tultitlán se vería afectado por la caída de ceniza volcánica cuyas principales repercusiones serían el colapso de techos en mal estado, el taponamiento de alcantarillas y problemas respiratorios.

Figura 21. Áreas de peligro por caída de materiales volcánicos del Volcán Popocatepetl



Fuente: Instituto de Geofísica. 1995

Figura 22. Peligro por erupciones volcánicas



Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto de Geofísica. 1995.

5.1.2 Sismos

Los sismos son vibraciones o movimientos de la tierra ocasionados por la propagación, en el interior o en la superficie de ésta, de varios tipos de ondas elásticas. El término terremoto se emplea con frecuencia para aludir a los grandes sismos.

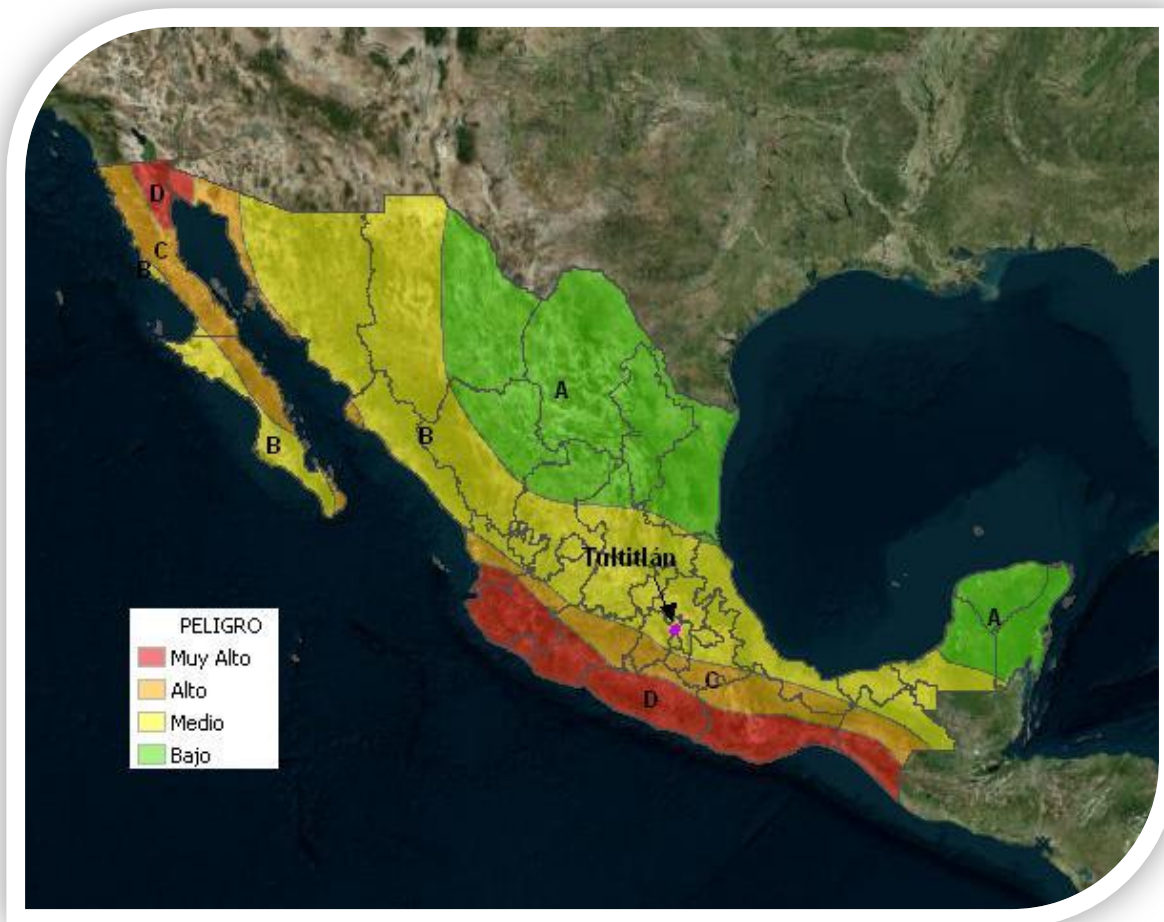
De acuerdo a su origen los sismos pueden clasificarse en naturales (tectónicos, volcánicos y de colapso) o artificiales (usualmente derivadas de explosiones convencionales o atómicas). La causa principal de la gran mayoría de los sismos es la ruptura o fracturamiento de las rocas de la corteza terrestre, como resultado de la interacción de placas tectónicas.

Cuando una roca es sujeta a esfuerzos durante periodos largos de tiempo (años o meses), acumula energía elástica de deformación, cuando la energía acumulada excede la resistencia de las rocas, estas se rompen súbitamente (ruptura de falla). El movimiento repentino de grandes masas de roca a ambos lados de la falla produce ondas elásticas, conocidas como ondas sísmicas. Al sitio donde ocurre la ruptura se le conoce como foco, en tanto que al punto de su proyección en la superficie de la Tierra se le conoce como epicentro.

Este proceso tiene lugar en la zona de contacto entre placas tectónicas de la costa del Pacífico, la mayor parte de los sismos de gran magnitud han tenido como epicentro las zonas costeras de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

De acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), aproximadamente la mitad septentrional del Estado de México y por tanto, el territorio del municipio de Tultitlán, son clasificados con un nivel de peligro moderado. En la zona B del mapa de regionalización sísmica de México de la CFE, aun cuando no han ocurrido con frecuencia grandes temblores, en algunos sitios con materiales geológicos poco compactados (basamento de antiguas zonas lacustres, valles aluviales) el factor local del suelo tienen una influencia directa en el poder destructivo de los movimientos telúricos

Figura 23. Regionalización sísmica de la República Mexicana



Fuente: CENAPRED, 2005 (Manual de Obras Civiles de la CFE); CENAPRED. 2001. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana

Empleando los registros históricos de grandes sismos en México, los catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud, se ha definido la Regionalización Sísmica de México.

Ésta cuenta con cuatro zonas. La zona A es aquella donde no se tienen registros históricos, no se han reportado sismos grandes en los últimos 80 años y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10% del valor de la gravedad (g).

En la zona D han ocurrido con frecuencia grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70% de gravedad.

Las zonas B y C, intermedias a las dos anteriores, presentan sismicidad con menor frecuencia o bien, están sujetas a aceleraciones del terreno que no rebasan el 70% de gravedad.

El municipio de Tultitlán es afectado por sismos de diferente tipo e intensidad, estos son los temblores locales con epicentro dentro de la Cuenca de México, sismos de falla normal y sismos de subducción, estos dos últimos tipos de temblores son los más comunes. Para el municipio de Tultitlán, la percepción y parámetros de los movimientos sísmicos registrados obedecen a la magnitud del movimiento, frecuencias de las ondas sísmicas, los efectos de amplificación regional, los efectos de sitio y los efectos de atenuación de ondas.

En el registro histórico del servicio sismológico nacional, en el periodo comprendido entre enero de 1998 a octubre del 2013, el epicentro de un único sismo se localiza en el territorio municipal (08 de octubre del 2004, con magnitud de 2.8). En el mismo periodo, en un radio de 100 kilómetros de distancia del límite municipal, se registraron un total de 263 sismos, con magnitudes que fluctuaron entre 1.6 y 4.3 grados Richter.

No obstante, la principal amenaza sísmica para el centro del país, proviene de los grandes sismos de subducción que tienen lugar en las costas del pacífico mexicano. Del año 1900 a octubre del 2013, ocurrieron en el territorio nacional 77 sismos con magnitud igual o superior a 7 grados, la mayor parte de ellos en la margen occidental del país. 26 eventos tuvieron magnitudes del orden de 7.5 – 8.2 grados.

Las características de un sismo están esencialmente controladas por su magnitud (cantidad de energía liberada), la distancia (el movimiento disminuye con la distancia) y con las propiedades locales del terreno (amplificación del movimiento).

Los parámetros sísmicos de aceleración y velocidad máximas del suelo (parámetros cinemáticos del movimiento del suelo) son usados frecuentemente en la estimación de daño en tuberías enterradas, contenidos y elementos no estructurales (Jaimes, 2009). Estos parámetros son ampliamente usados para establecer zonas de riesgo debido a que los daños ocasionados por los movimientos telúricos están más correlacionados con velocidad y la aceleración sísmica que con la magnitud del sismo. La aceleración es más relevante en el caso de sismos moderados y la velocidad tiene mayor importancia en el caso de sismos grandes. Ambos parámetros son usados en Estados Unidos para la estimación rápida de los mapas de sacudida (shake maps).

La Aceleración Pico del Suelo (*Peak Ground Acceleration, PGA*) o aceleración sísmica es medida en términos de porcentaje de gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$) y la velocidad (*Peak Ground Velocity, PGV*) es medida en cm/s.

Tabla 23. Relación de sismos en México con magnitud igual o superior a 7.5 registrados en el periodo 1900-2013

No.	Año	Mes	Día	Latitud	Longitud	Prof	M_máx	Región
1	1902	4	19	14.900	-91.500	25	7.5	Guatemala (A 70 km de la frontera con México)
2	1902	9	23	16.500	-92.500	25	7.7	Chiapas
3	1903	1	14	15.000	-93.000	5	7.6	Costa de Chiapas
4	1907	4	15	16.700	-99.200	33	7.6	Costa de Guerrero
5	1908	3	26	16.700	-99.200	33	7.5	Costa de Guerrero
6	1911	6	7	17.500	-102.500	33	7.6	Jalisco
7	1911	12	16	16.900	-100.700	50	7.5	Costa de Guerrero
8	1928	3	22	15.670	-96.100	33	7.5	Oaxaca
9	1928	6	17	16.330	-96.700	33	7.6	Oaxaca
10	1928	10	9	16.300	-97.300	33	7.5	Oaxaca
11	1931	1	15	16.340	-96.870	40	7.8	Oaxaca
12	1932	6	3	19.570	-104.420	33	8.2	Jalisco
13	1932	6	18	19.500	-103.500	33	7.8	Jalisco
14	1941	4	15	18.850	-102.940	33	7.6	Michoacán
15	1942	8	6	14.800	-91.300	50	7.9	Guatemala (A 80 km de la frontera con México)
16	1957	7	28	17.110	-99.100	33	7.8	Guerrero
17	1965	8	23	16.178	-95.877	12	7.6	Oaxaca
18	1973	1	30	18.412	-103.019	24	7.6	Costa de Michoacán
19	1976	2	4	15.262	-89.198	13	7.5	Guatemala (A 150 km de la frontera con México)
20	1978	11	29	16.013	-96.586	23	7.6	Oaxaca
21	1985	9	19	18.419	-102.468	15	8.1	Costa de Michoacán
22	1985	9	21	17.828	-101.681	17	7.6	Costa de Michoacán
23	1995	10	9	18.993	-104.245	25	8.0	Colima-Jalisco
24	1999	9	30	16.010	-97.000	42	7.5	Oaxaca
25	2001	1	13	13.150	-89.940	10	7.6	El Salvador
26	2003	1	21	18.220	-104.600	10	7.6	Costa Colima

Fuente: Servicio Sismológico Nacional y CENAPRED, 2005

La PGA es el parámetro más usado para describir la intensidad y la capacidad destructiva de un sismo en un determinado lugar debido a la facilidad de su medición y porque las fuerzas de inercia están en función directa de la aceleración (la fuerza de inercia actúa sobre la masa cuando un cuerpo está sometido a una aceleración). No obstante existen excepciones notables de terremotos con valores de PGA bajos y daños elevados, como el sismo de la Ciudad de México de 1985 con tan solo 0.17 g de PGA.

La influencia de la PGV es menos evidente en la dinámica estructural, sin embargo, en algunos códigos sísmicos se emplean de manera conjunta PGA y PGV, se estima que el cociente de ambos parámetros es un buen indicador de las frecuencias dominantes del suelo. De manera conjunta se consideran indicadores apropiados para evaluar el potencial de daño a líneas subterráneas y potencial de licuefacción en suelos, asimismo, tiene una alta correlación con el daño en estructuras de período intermedio y con valores altos de intensidad macrosísmica (Alguacil et al. 2012).

La combinación del comportamiento de la aceleración y la velocidad proporcionan información sobre el grado de intensidad y la destructividad de un terremoto. La escala Modificada de Mercalli (*Modified Mercalli Intensity, MMI*) ha sido ampliamente usada para representar la intensidad de los valores de aceleración y velocidad.

En la siguiente tabla se muestra la correlación de estos dos parámetros sísmicos con la intensidad estimada, la percepción del temblor y su capacidad destructiva o potencial de daño.

Tabla 24. Correlación de los parámetros de aceleración y velocidad sísmica con la escala de Mercalli

Intensidad Estimada (Escala de Mercalli)	Aceleración sísmica (%g)	Velocidad sísmica (cm/s)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Débil	Ninguno
IV	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Ligero	Ninguno
V	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve
VI	0.092 - 0.18	8.1 - 16	Fuerte	Leve
VII	0.18 - 0.34	16 - 31	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 - 0.65	31 - 60	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 - 1.24	60 - 116	Violento	Fuerte
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte

Fuente: <http://earthquake.usgs.gov>

ShakeMap on the world-wide web: <http://www.trinet.org/shake>

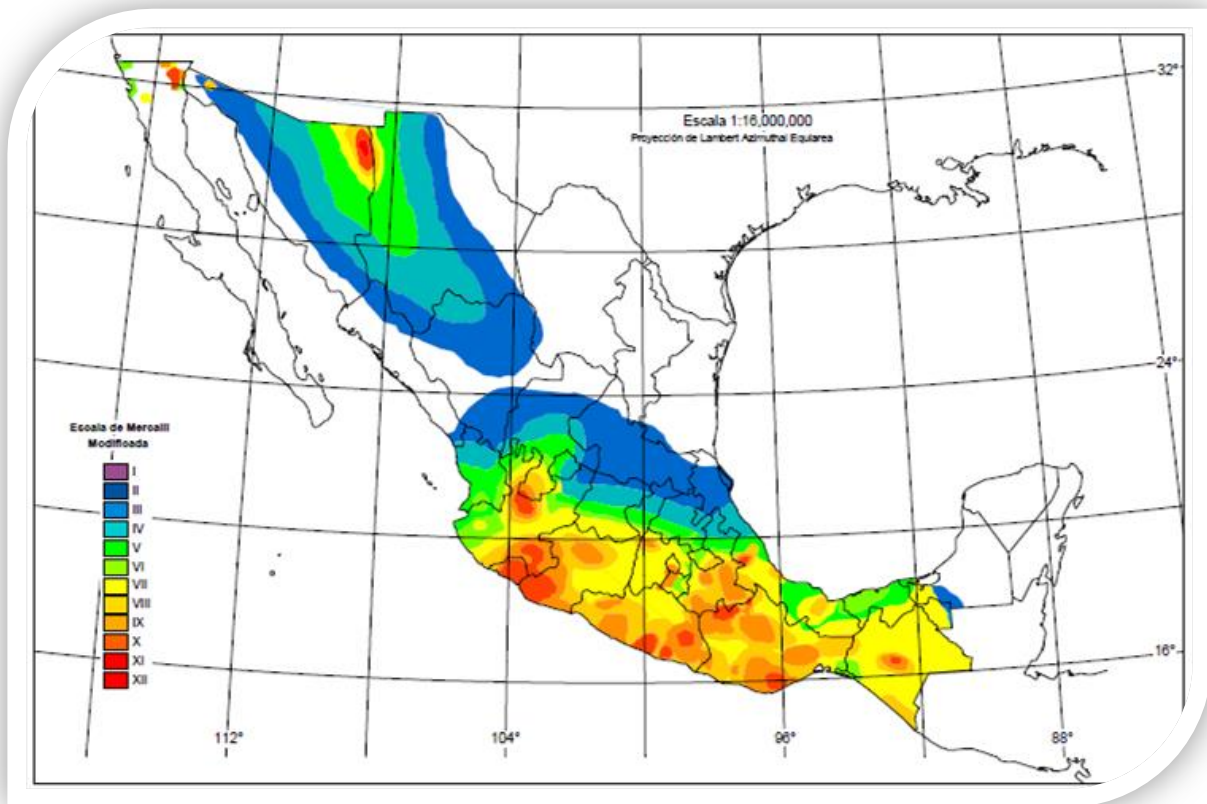
La intensidad sísmica máxima registrada para el municipio de Tultitlán se encuentra en el rango VII – VIII en la escala de Mercalli (CENAPRED, 2001). Lo anterior con base al análisis de sismos de gran magnitud registrados en el periodo de 1845 a 1985. Constituye por tanto un indicador que refleja los posibles daños que el territorio municipal puede sufrir a causa de la generación de movimientos sísmicos superiores a 7 grados en la escala de Richter.

De acuerdo a la escala de Mercalli, lo anterior significa que estos movimientos telúricos pudieron haber provocado los siguientes efectos en el territorio de Tultitlán:

VII. Daños insignificantes en edificios de buen diseño y construcción, ligeros a moderados en estructuras ordinarias bien construidas; Daños considerables en estructuras mal construidas o mal diseñadas; algunas chimeneas rotas.

VIII. Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable en edificios comunes bien contruidos, llegando hasta colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados.

Figura 24. Intensidades sísmicas globales

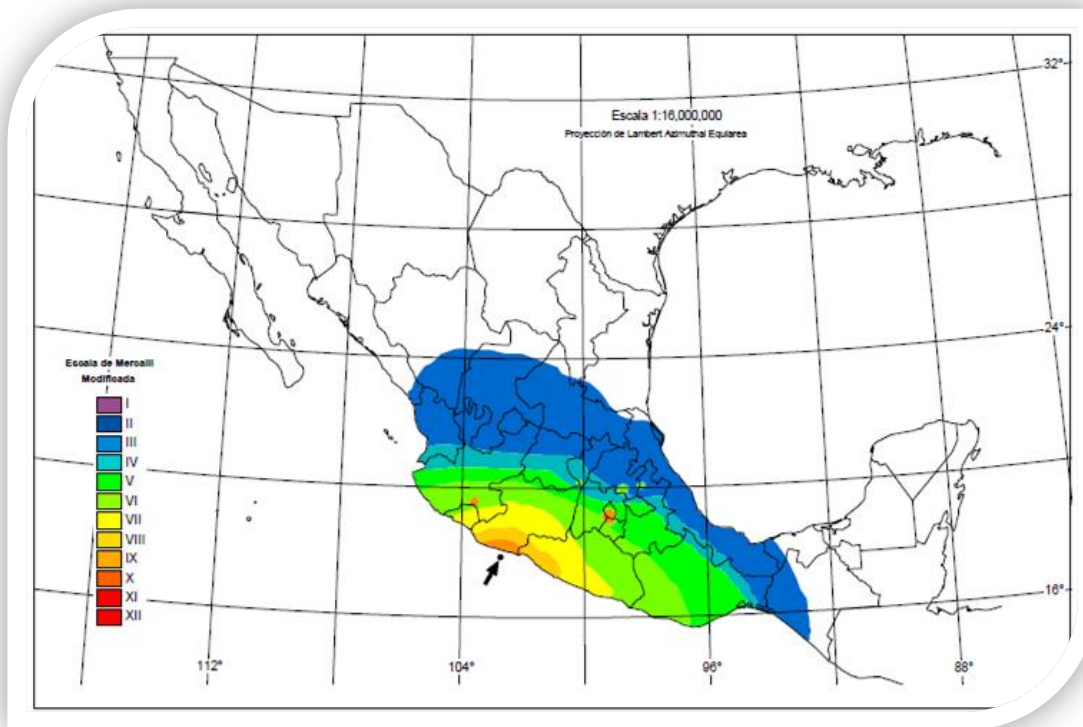


Fuente: CENAPRED, 2001. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México.

Los movimientos sísmicos más emblemáticos mismos que causaron una destrucción y daños sin precedentes, tuvieron lugar en septiembre de 1985, con epicentro en las costas del estado de Michoacán. Sitios ubicados a una gran distancia del origen del sismo (Ciudad de México y Ciudad Guzmán, Jalisco), registraron intensidades similares a las áreas próximas al epicentro debido al fenómeno conocido como efecto de sitio, es decir, por la amplificación de las ondas sísmicas en ciertos materiales blandos del subsuelo como son los depósitos lacustres.

Las intensidades relativas al sismo del día 19 de septiembre de 1985 se muestran en la figura 25.

Figura 25. Isosistas del sismo del 19 de septiembre de 1985



Fuente: CENAPRED, 2001. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México.

El sismo del 19 de septiembre de 1985 tuvo una intensidad de IV y V en la escala de Mercalli dentro del territorio municipal de Tultitlán. La percepción y efectos de intensidades de esta magnitud se describen a continuación:

IV. Sentido en interiores por muchos, al aire libre por unos pocos durante el día. Por la noche, algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas perturbados, las paredes crujen. Sensación como de camiones pesados impactando a los edificios. Los automóviles estacionados se mecen notablemente.

V. Sentido por casi todo el mundo, muchos despiertan. Algunos platos y ventanas rotas. Los objetos inestables se desplazan. Los relojes de péndulo pueden detenerse.

La aceleración máxima del terreno es un parámetro de uso general para evaluar posibles daños a construcciones y obras de infraestructura. Con base a los mapas de aceleración máxima del terreno, correspondientes a períodos de retorno de 10, 100 y 500 años (CENAPRED, 2006), Tultitlán presenta los siguientes valores:

Tabla 25. Aceleración máxima en periodos de retorno de 10, 100 y 500 años

Periodo de retorno (años)	Aceleración máxima (g)
10	0.011
100	0.081
500	0.135

Fuente: CENAPRED, 2006

Considerando que la aceleración mínima que puede producir daños importantes a construcciones e infraestructura es de 0.150 gravedad (15% de g), el riesgo sísmico para el municipio de Tultitlán no se considera severo. El periodo de retorno para sismos con aceleraciones de 0.15 gravedad o mayores en Tultitlán es de 1,069 años (CENAPRED, 2006).

Las condiciones geológicas locales influyen directamente en los daños a construcciones e infraestructura en general. El denominado efecto de sitio o efecto local de suelo consiste en la modificación de las ondas sísmicas que se propagan en los materiales superficiales de la corteza terrestre: rocas y suelos. Dichas modificaciones pueden consistir en incrementos significativos de la duración de la fase fuerte del movimiento sísmico, en amplificaciones de los valores de aceleración y en el filtrado selectivo del contenido frecuencial de la señal, generándose movimientos sísmicos en superficie con periodos predominantemente largos (Schmidt, 2011).

La clasificación de la geología superficial constituye por lo tanto, una herramienta importante en la estimación de la peligrosidad sísmica. En general, los materiales más jóvenes y menos consolidados son más susceptibles al fenómeno de amplificación en comparación con las rocas sólidas. La mayor amplificación se presenta cuando el suelo comienza a resonar bajo la influencia de la onda sísmica.

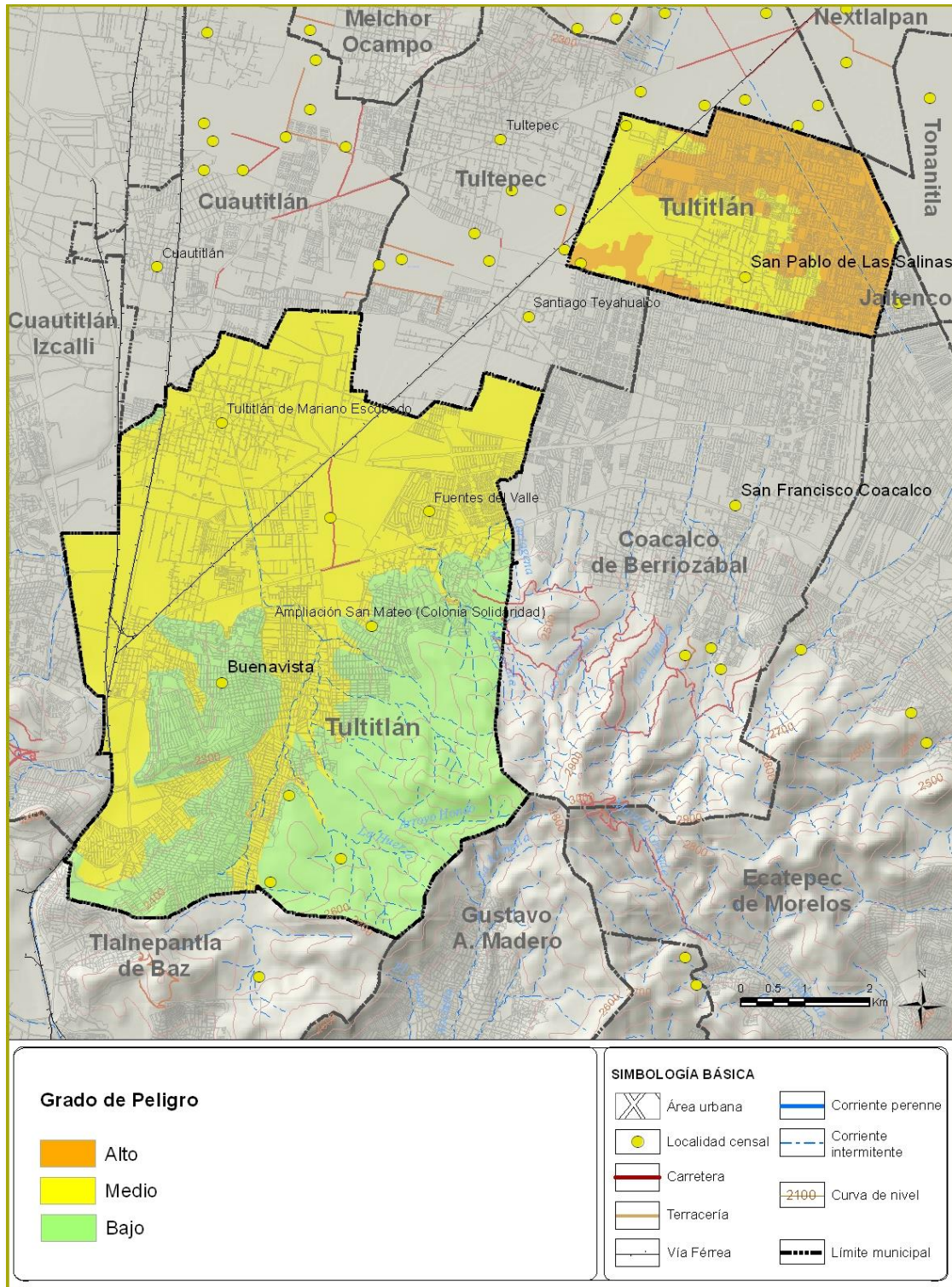
Las condiciones geológicas de Tultitlán incluyen tanto materiales de extrema dureza (ígneos extrusivos) hasta suelos de origen reciente (depósitos aluviales). La amplificación sísmica es muy importante desde el punto de vista de la ingeniería civil, sobre todo en los suelos formados por materiales sedimentarios suaves, mientras que es considerada prácticamente inexistente sobre la roca firme.

El mapa final de peligrosidad sísmica fue el resultado de las diferentes evaluaciones realizadas con relación a la amenaza sísmica regional, mapeo de sismos históricos, estimación del movimiento del suelo (Aceleración Máxima del Suelo (PGA), Velocidad Máxima del Suelo (PGV)), así como a partir de las características de la geología local.

El mapa de peligrosidad sísmica elaborado obedece a las siguientes premisas: La totalidad del territorio de Tultitlán presenta algún tipo de nivel de peligro. La intensidad es diferencial en colonias y áreas de Tultitlán dependiendo del tipo de sustrato geológico, especialmente, en función de sus características de compactación, es decir, la geología local juega un papel importante en la diferenciación espacial de la amenaza sísmica.

El mapa de peligro sísmico muestra niveles diferentes de peligrosidad por este fenómeno geológico (figura 26).

Figura 26. Peligro por sismos



Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Inestabilidad de laderas

Acorde a la clasificación establecida por el CENAPRED (2001_b), se abordará de manera conjunta dentro del apartado de inestabilidad de laderas el análisis teórico de los fenómenos de deslizamientos, caídos o derrumbes y flujos, debido a que todos ellos son procesos geomorfológicos asociados a la dinámica de laderas.

Los tres tipos de procesos asociados a la inestabilidad de laderas abordados en el presente Atlas se describen a continuación:

Deslizamientos de tierra. Movimiento que ocurre cuando un bloque de materiales se resbala sobre otro bloque subyacente. Se presenta cuando materiales poco consolidados están dispuestos sobre un estrato inclinado de materiales rígidos. La inclinación del sustrato sólido puede tener su origen en hundimientos diferenciales del terreno, fallas geológicas o procesos de plegamiento, principalmente. Estos movimientos se clasifican en lentos (*creep*) y rápidos.

Flujos: Movimiento ladera abajo de materiales sin consolidar que se comportan como un fluido, normalmente son flujos rápidos de materiales diversos: rocas, detritos, tierra o lodo.

Caídos o derrumbes. Los materiales del terreno que tienen un movimiento de caída libre se denominan caídos, estos tienen lugar en pendientes casi verticales del terreno, en escarpes o acantilados. Las pendientes sumamente altas de las formas del relieve pueden deberse a características geológicas o tectónicas (origen de una geoforma, fallas geológicas) o bien por la modificación de la pendiente original por la construcción de edificaciones o creación de infraestructura. Un derrumbe es el movimiento rápido de un bloque coherente de material del terreno, cuyo desplome puede deberse por ejemplo al trabajo erosivo de las corrientes fluviales en las márgenes de los cauces o por la saturación de agua del material superficial de una ladera.

La inestabilidad de laderas en Tultitlán tiene lugar en las zonas con pendientes elevadas situadas al sur y sureste del municipio, propiamente en las elevaciones topográficas (y zonas adyacentes) de la Sierra de Guadalupe. La Sierra de Guadalupe es uno de los sistemas volcánicos que existen dentro de la Cuenca de México, está constituida por una agrupación de domos de diferentes tamaños y por estratovolcanes colapsados (García-Palomo et al., 2006). En el municipio se sitúan los estratovolcanes Picacho y El Jaral, en los límites con el municipio de Coacalco de Berriozábal y con la delegación Gustavo A. Madero, respectivamente. Los materiales geológicos incluyen derrames de lava, flujos piroclásticos, cenizas, avalanchas y lahares asociados con las estructuras volcánicas mencionadas. Las rocas son de composición dacítica - riolítica e intermedia, con una edad del mioceno (García-Palomo et al., 2006).

Además de las propiedades geológico-geomorfológicas señaladas, las condiciones climáticas y la influencia del hombre son factores decisivos en la inestabilidad de los materiales superficiales. Las fuertes lluvias que suelen registrarse tanto en verano como en los primeros meses del año cuando se tiene la influencia de masas frías que se desplazan desde el norte del continente, contribuyen en formas diversas a la intensificación del grado de peligro por deslizamientos, por ejemplo, saturando de agua los materiales superficiales o aumentando la capacidad erosiva de los cauces.

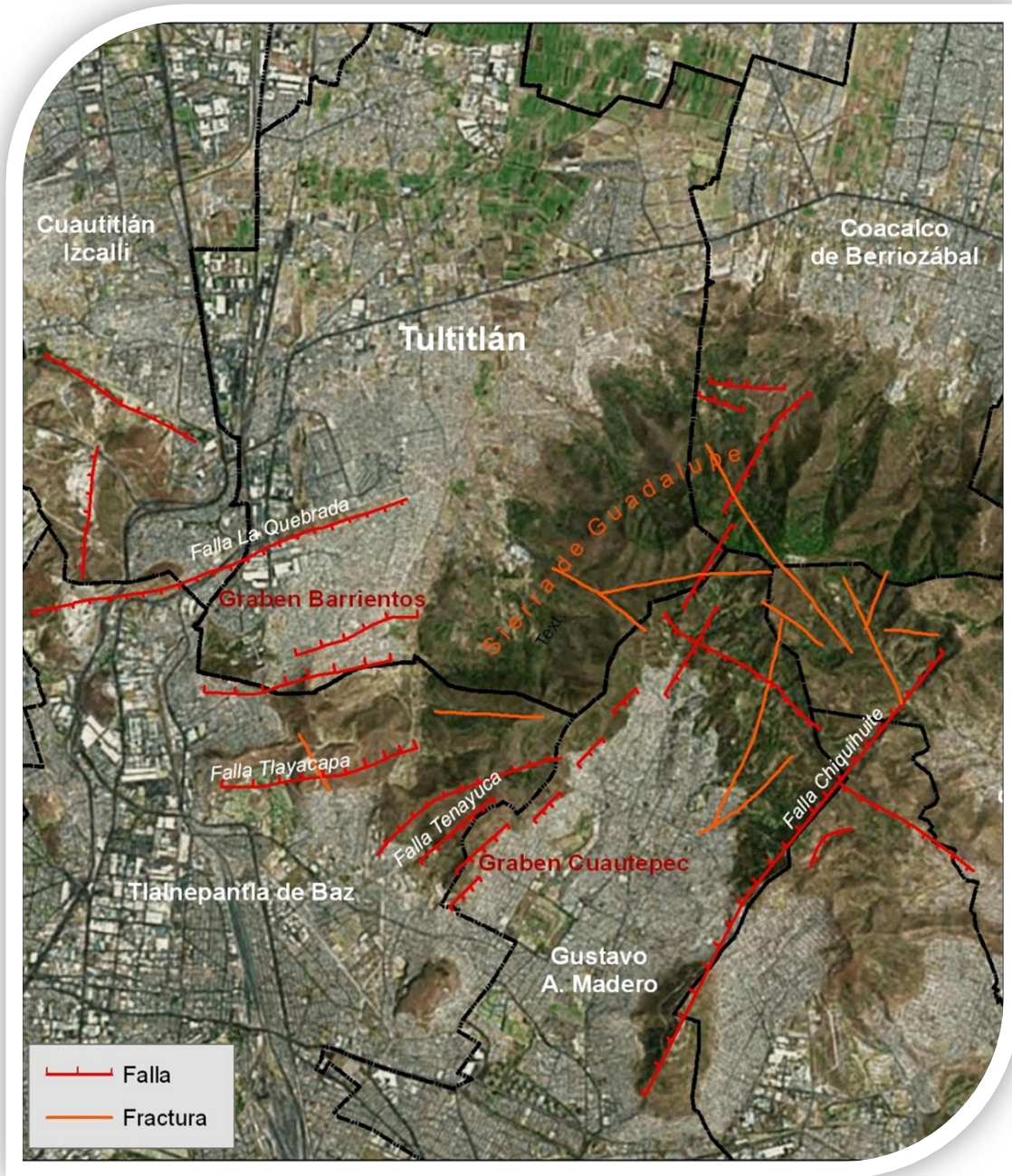
Entre las principales causas de la inestabilidad de laderas en la Sierra de Guadalupe y por tanto en la zona montañosa del municipio de Tultitlán, referidas por García-Palomo et al. (2006), se encuentran las siguientes:

- a) Las fallas de la región generan fuertes pendientes (>30 grados) las cuales superan el ángulo de fricción de los bloques de rocas y promueven deslizamientos.
- b) Las líneas de falla se acompañan de una zona altamente fracturada que facilita la generación de deslizamientos de rocas, derrumbes y volteados (rotacionales).
- c) Los deslizamientos de tierra también se ven facilitadas por la presencia de materiales con poca cohesión tales como brechas de falla que favorecen el desprendimiento de rocas propensas a la caída.
- d) El material poco consolidado y de grano fino (*gouge fault*) de las zonas de falla, similar a los materiales arcillosos, puede permitir el desencadenamiento de deslizamientos traslacionales o rotacionales.
- e) Si las rocas con fallas son suficientemente permeables, el agua infiltrada produce alta presión interna.

Uno de los factores centrales que generan la inestabilidad de laderas en Tultitlán son las características estructurales del área de estudio (intenso fallamiento y fracturamiento).

El municipio es afectado por fallas de carácter regional con orientación aproximada norte-sur las cuales se corresponden con otras fallas observadas en el sistema volcánico transversal. Estas son las estructuras más antiguas y se caracterizan por formar estructuras de *graben* y *horst*. A nivel local, se tienen dos sistemas de fallas, el primero, está formado por las fallas Tenayuca y Chiquihuite, mismas que forman el *graben* de Cuauhtepac, la falla Tenayuca se localiza en los límites del municipio con la delegación Gustavo A. Madero. El segundo, se sitúa en la zona suroeste del Municipio, está conformado por las fallas La Quebrada y Tlayacampa las cuales originan el *graben* Barrientos.

Figura 27. Fallas y fracturas geológicas



Fuente: García-Palomo et al., 2006; INEGI, 1978.

Los deslizamientos en la Sierra de Guadalupe se localizan principalmente en zonas de circos de erosión (característicos por su forma de herradura), en zonas de pendientes elevadas (valles profundos y laderas inclinadas) y material triturado de las fallas.

Asimismo, dado el elevado nivel de ocupación del territorio y de actividades humanas en general, los factores antropogénicos tienen un papel central en la génesis de los procesos de inestabilidad en laderas. De las actividades humanas que pueden desencadenar problemas de inestabilidad de laderas expuestas en CENAPRED (2001_b), en Tultitlán las que mayor influencia tienen en este fenómeno están relacionadas con las actividades de construcción de edificaciones y vialidades que involucran cambios en la pendiente natural del terreno que alteran el régimen natural de escurrimiento del agua superficial y subterránea, la eliminación de la cubierta de vegetación natural, la vibración causada por vehículos y la mala disposición de aguas residuales.

Durante el trabajo de campo, fueron observadas diferentes evidencias de inestabilidad de laderas, derivadas de la construcción de edificaciones en terrenos inclinados, modificación de la topografía original, procesos de deforestación y debido al socavamiento de la base de los valles fluviales por erosión hídrica vertical.

En el estudio denominado *Landslide inventory map of Guadalupe Range, north of the México Basin* (García-Palomo et al., 2006), se identifican 29 sitios con presencia de deslizamientos de tierra.

Tabla 26. Número de sitios con movimientos de tierra según tipo en el municipio de Tultitlán

	Número de sitios	Área (m ²)
Caídos o derrumbes	7	372.93
Deslizamientos	1	35.7
Volteo	15	919.1
Flujos	2	8.79
Complejos	4	558.41

García-Palomo et al., 2006

En la evaluación de la inestabilidad de laderas, se estableció una metodología que incluye técnicas de campo y gabinete para definir los factores involucrados en la estabilidad de los materiales superficiales del terreno, como son la topografía, litología, fracturamiento, actividad sísmica, clima, vegetación y factores antrópicos. Relacionando estas variables se procedió a la elaboración del mapa de inestabilidad de laderas.

Entre otros, fueron usados como insumos el mapa topográfico, imágenes de satélite de alta resolución (www.google.com), ortofotos digitales, mapas de relieve sombreado, mapas morfométricos (pendiente del terreno, amplitud del relieve y densidad de disección), geología, suelos, vegetación y precipitación.

Las evaluaciones de gabinete fueron validadas y complementadas con trabajo de campo, a través de la ubicación de sitios donde han ocurrido eventos de este tipo, amenazas evidentes de movimientos de tierra y por medio de la obtención de información de la población.

La pendiente del terreno y la amplitud el relieve son dos de los mapas morfométricos centrales que proporcionan elementos para identificar áreas susceptibles a la inestabilidad de los materiales superficiales del terreno. La primera se refiere propiamente al grado de inclinación del terreno, determinante en la actuación de la fuerza de gravedad y por lo tanto en el movimiento de los objetos sobre la superficie terrestre. La segunda es un indicador de las diferencias verticales de altitud en unidades de área definidas a causa de factores tectónicos o erosivos, a mayores diferencias de altitud, será mayor la probabilidad y magnitud de desplazamiento de rocas y materiales no consolidados. En el presente estudio se empleó una unidad de área de 6.25 hectáreas.

Las pendientes mayores a 30 grados se localizan en las laderas de los volcanes de la Sierra de Guadalupe, especialmente en las laderas del cerro El Picacho y del Cerro El Jaral. El gradiente de la pendiente disminuye con la altitud hasta llegar a las zonas de depositación al pie de las montañas. Áreas importantes con pendientes entre 6 y 15 grados en el suroeste del municipio en áreas que comprenden las colonias Lomas del Parque, Santa Clara, Tulipanes, Rinconada San Marcos y áreas circundantes a las mismas. En el resto del territorio municipal la pendiente es muy baja, inferior a 3 grados.

La amplitud del relieve guarda una distribución espacial similar a la pendiente. Se tienen valores máximos de casi 200 metros de desnivel en áreas de 6.25 hectáreas en las principales estructuras geológicas al suroriente del municipio, estas disminuyen hacia el poniente para incrementarse nuevamente en las colonias Lomas del Parque, Santa Clara, Tulipanes y Rinconada San Marcos ya referidas.

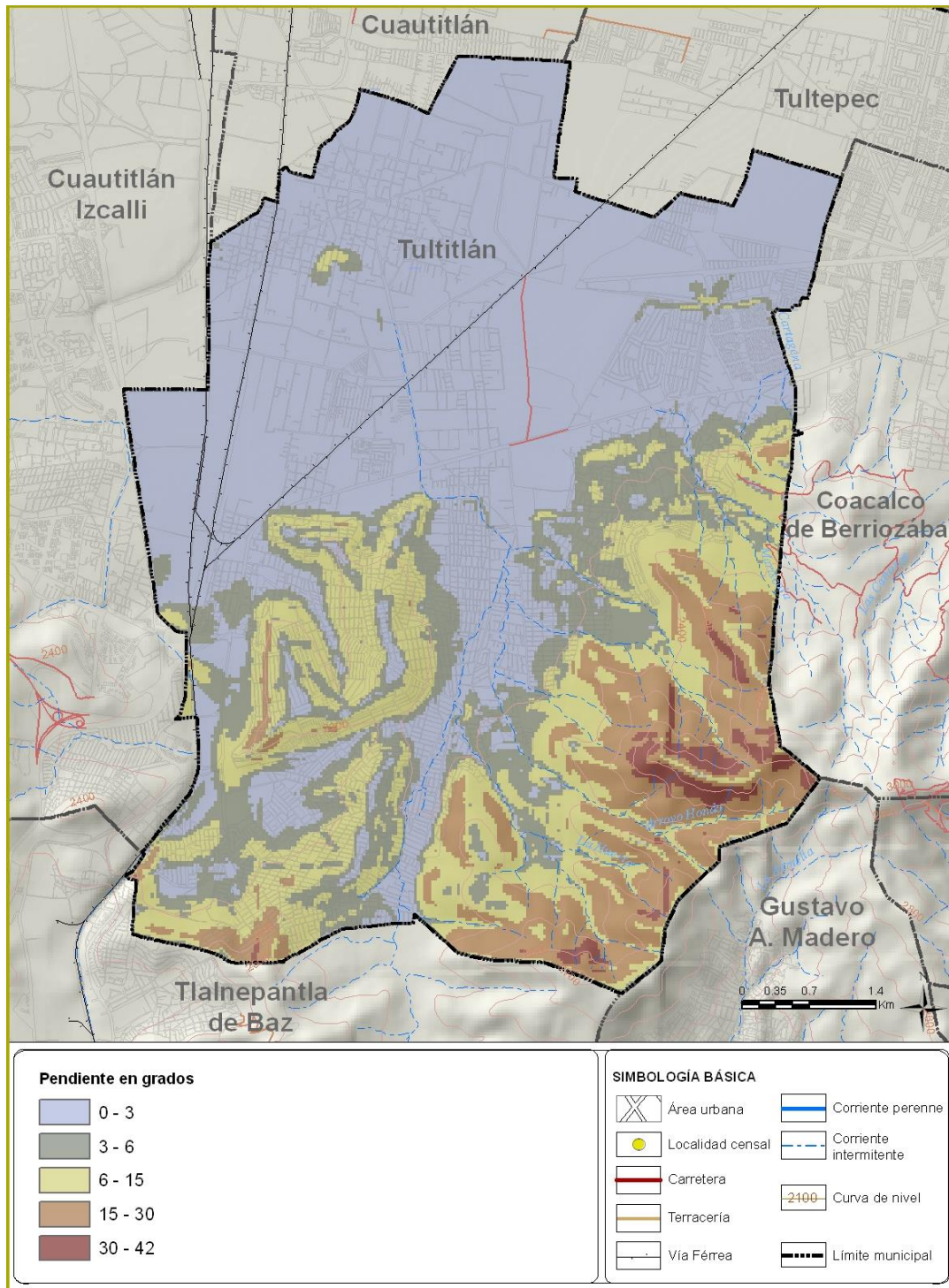


Laderas inestables adyacentes al Fraccionamiento Bosque de Tamarindos (Colonia Real del Bosque)



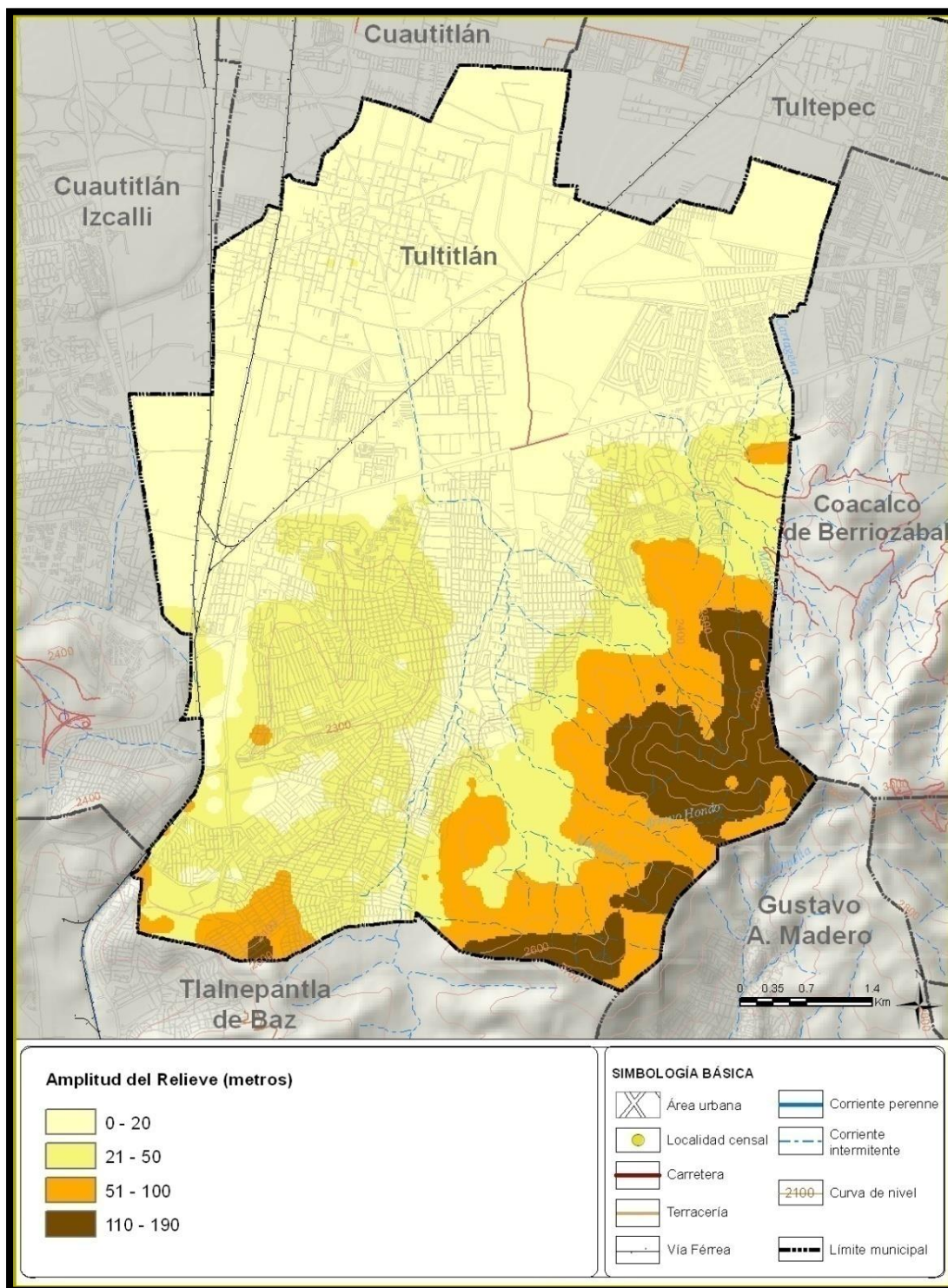
Terrenos inestables en la Colonia el Jaral. Suelo poco consolidado, con pendiente aproximada de 25 grados y saturación de agua.

Figura 28. Pendientes del terreno



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Amplitud del relieve



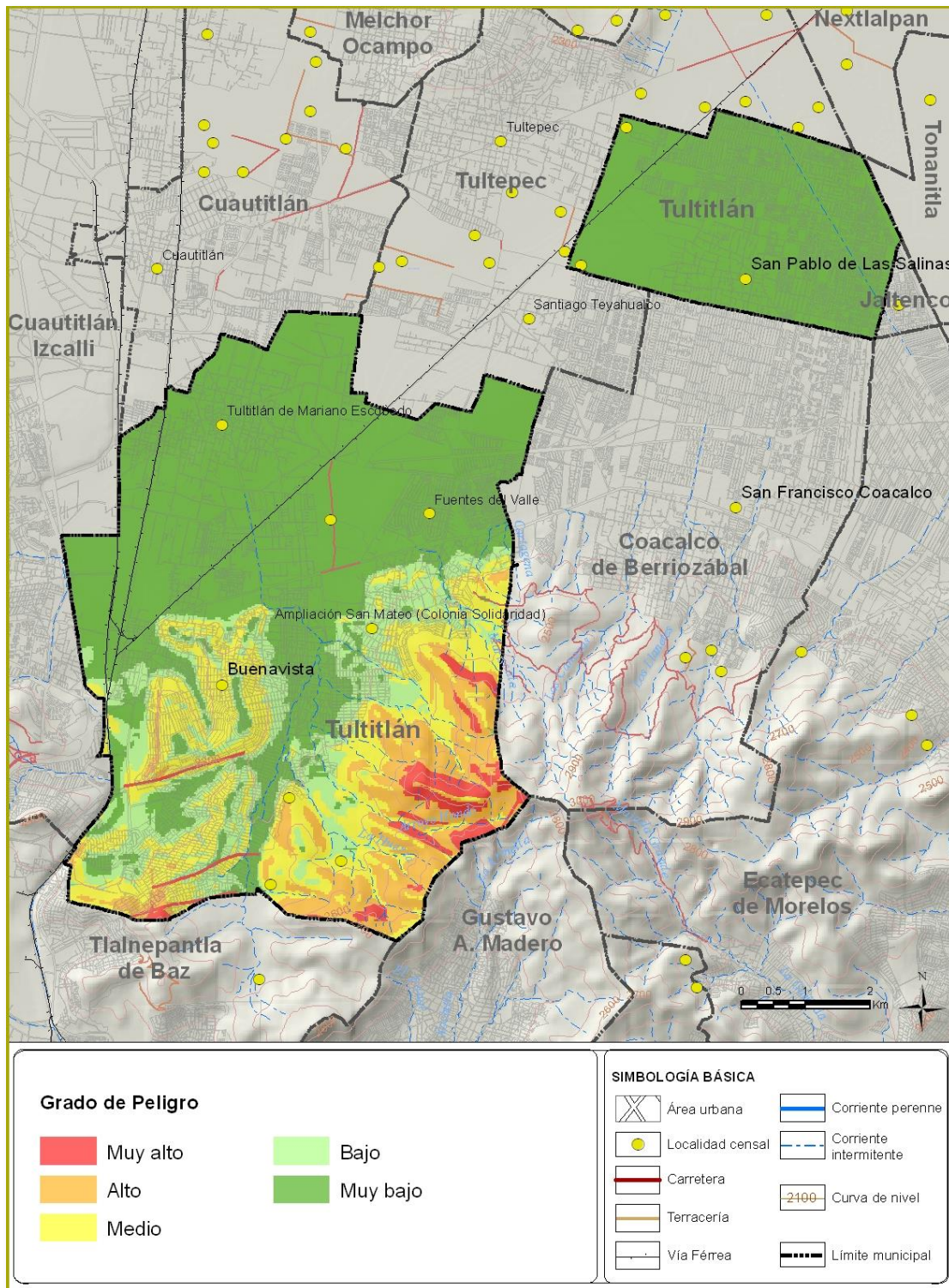
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30 se muestran los diferentes grados de peligro por inestabilidad de laderas en el municipio de Tultitlán, comprende solo las zonas de topografía accidentada, del sur y suroriente (Sierra de Guadalupe) donde se dan las condiciones físico – geográficas y antropogénicas que contribuyen a la génesis de estos fenómenos.



Panorámica del Fraccionamiento Bosque de Tamarindos en la base de laderas inestables de la Sierra de Guadalupe.

Figura 30. Peligro por inestabilidad de laderas (deslizamientos)



Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Flujos

En el municipio de Tultitlán, los flujos se han presentado normalmente en conjunción con otros fenómenos geomorfológicos e hidrometeorológicos como son los derrumbes y las avenidas repentinas. El disparador de estos eventos generalmente son las precipitaciones extremas de larga duración que saturan los materiales superficiales del terreno. De manera conjunta, las pendientes de terreno altas asociadas a fuertes lluvias, dan lugar a flujos de lodo y flujos de escombros. Estos se manifiestan en laderas abruptas y a través de los cauces fluviales.

El principal riesgo asociado a los flujos radica en la velocidad y volumen que pueden alcanzar pudiendo destruir o causar daños graves a diferentes tipos de infraestructura a grandes distancias.

En función de la dureza de la mayor parte de los materiales litológicos que conforman el relieve abrupto de Tultitlán, no es latente el peligro por flujos a gran escala. En caso de precipitaciones extraordinarias, estas pueden ocasionar el derrumbe de materiales en valles erosivos escarpados, los cuales en combinación con torrentes, pueden desplazar cantidades variables de detritos y lodo hasta la parte baja de la sierra, donde disminuye de forma drástica la inclinación del terreno y los escurrimientos depositan su carga de sedimentos. Estas zonas de depositación son conocidas como abanicos aluviales.

El mapa de peligro por flujos se elaboró a partir del análisis integral de diversos fenómenos geológicos, geomorfológicos, hídricos y meteorológicos. Asimismo, se tomaron como referencias los estudios realizados por Lugo y Salinas (1996) y García-Palomo et al. (2006).

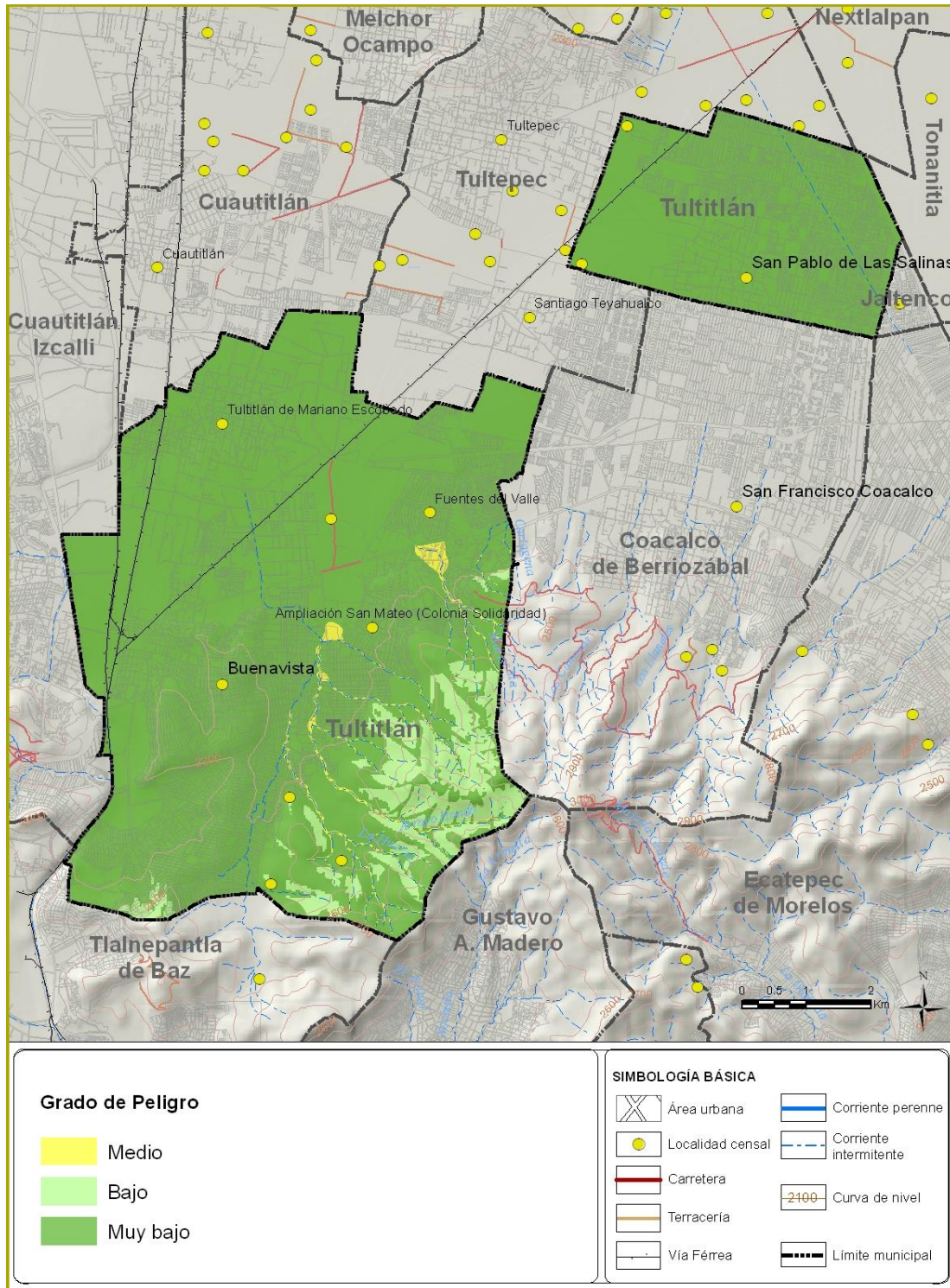
Debido a que los flujos de lodo y escombros están asociados en gran medida a los escurrimientos superficiales, las zonas de afectación potencial corresponden principalmente a los valles fluviales, sus áreas inmediatas de influencia y las zonas de depositación. En el municipio, las áreas potencialmente sensibles a este fenómeno se ubican al sur, en la Sierra de Guadalupe y planicies adyacentes.

Se identificaron dos áreas principales potencialmente afectables, la primera en la parte baja de la microcuenca del río La Huerta, la cual cuenta con la mayor superficie dentro de las unidades de captación de la Sierra de Guadalupe que drenan hacia Tultitlán, abarca porciones de las colonias Solidaridad 2da. Sección, Bello Horizonte, La Libertad, Valle de Tultitlán y 2da. Sección de Las Torres. La segunda, corresponde a la parte final de la microcuenca del río Mariscala, en las áreas cercanas a las colonias Fuentes del Valle, Brillante y San Mateo Cuauhtec.

Por otro lado, no se descarta que puedan presentarse flujos en los sitios identificados bajo amenaza por inestabilidad de laderas, debido a la gestación frecuente de procesos gravitacionales combinados.

De igual forma, la dinámica de ocupación del suelo en las laderas de la sierra y en las colonias de Lomas de Cartagena, Lomas del Parque, El Paraje, Lomas del Parque 2da. Sección, Tulipanes, Jardines de La Cañada, entre otras (construcción de casas habitación, apertura de caminos, edificación de instalaciones diversas) propician desequilibrios en laderas, valles fluviales o en escarpes, lo cual puede dar lugar también a la aparición de nuevos sitios bajo amenaza por flujos.

Figura 31. Peligro por Flujos



Fuente: Elaboración propia.

5.1.5 Caídos o derrumbes

El relieve de la zona estudiada tiene una estrecha relación con la estructura geológica, el fenómeno de caídos o derrumbes se relaciona directamente con los escarpes formados en los materiales andesíticos en la parte más alta de la Sierra de Guadalupe, en las líneas de fallas y fracturas así como en las barrancas formadas por las corrientes fluviales las cuales tienen también una fuerte dependencia estructural. La caída de rocas o de rocas y tierra se produce en los escarpes activos, especialmente en la época de lluvias, por bloques que normalmente se depositan a decenas o varios cientos de metros de distancia (Lugo y Salinas, 1996).

De forma análoga a otros fenómenos de remoción en masa, las actividades humanas constituyen un elemento que incrementa el nivel de peligro por la modificación del terreno, normalmente para aplanar sitios con pendiente elevada para actividades de construcción o para abrir caminos. En campo, diversos sitios con presencia de caídos fueron observados en los taludes formados artificialmente en las márgenes del circuito carretero de la Sierra de Guadalupe.

El mapa de peligros por caídos o derrumbes se elaboró a partir de los principios teóricos de la geomorfología y se apoyó en las observaciones realizadas en campo. Los sitios más propensos a derrumbes identificados coinciden con aquellos señalados por Lugo y Salinas (1996) y García-Palomo et al. (2006) en los estudios geomorfológicos y de riesgos realizados en la Sierra de Guadalupe.

Debido a que los mecanismos de remoción en masa suelen presentarse de manera combinada, es posible que puedan ocurrir derrumbes en zonas de peligro por inestabilidad de laderas (deslizamientos) y por flujos, en particular, en los asentamientos humanos emplazados en áreas de elevada pendiente.

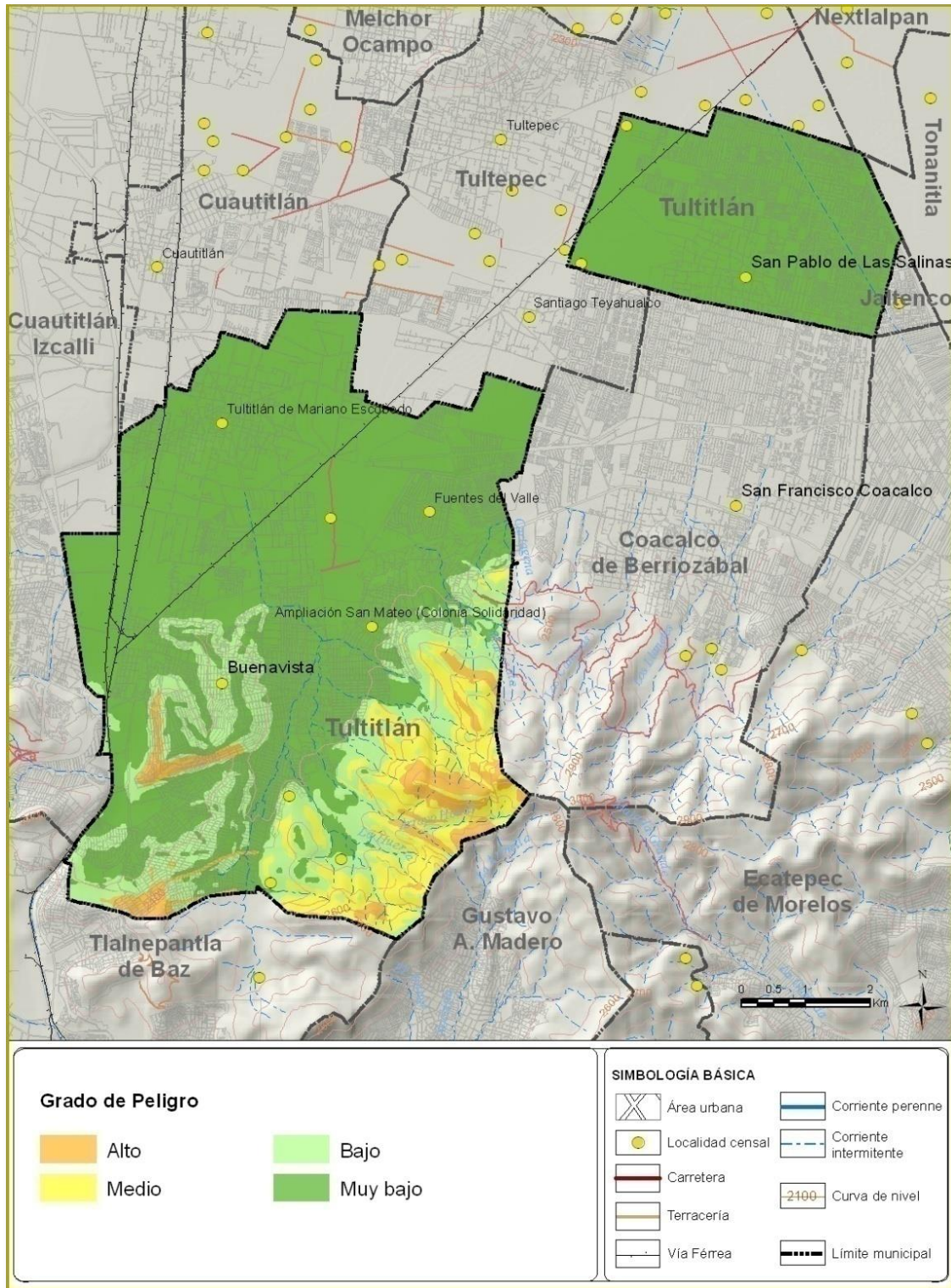


Peligro de deslizamientos de tierra y derrumbes en la Escuela Primaria Isidro Fabela (Colonia San Marcos)



Sierra de Guadalupe: Los cortes realizados en terrenos de alta pendiente ocasionan caídos y derrumbes.

Figura 32. Peligro por caídos o derrumbes



Fuente: Elaboración propia.

5.1.6 Hundimientos, subsidencias y agrietamientos

Los fenómenos de hundimientos, subsidencias y agrietamientos están relacionados en el municipio de Tultitlán con la extracción de agua subterránea. En este municipio los agrietamientos del terreno se originan a su vez por los procesos de hundimiento.

El agua subterránea es uno de los recursos más valiosos para la sociedad, las condiciones naturales en las que se desarrollan le confieren atributos y ventajas importantes (<http://www.cna.gob.mx>):

- ✚ Menores pérdidas por evaporación.
- ✚ Menor exposición a la contaminación.
- ✚ Disponibilidad menos afectada por las variaciones climáticas.
- ✚ Amplia distribución espacial.
- ✚ No hay pérdida de la capacidad de almacenamiento.
- ✚ Temperatura del agua constante

En México, los acuíferos constituyen una fuente de agua potable primordial para extensas zonas áridas y semiáridas así como para algunas de las ciudades más pobladas del país. Este último es el caso de la Ciudad de México y su zona metropolitana, donde se sitúa el municipio de Tultitlán.

El manejo del agua en la Cuenca de México y más concretamente en el área llamada comúnmente como Valle de México, ha sido una acción compleja desde la época prehispánica. Durante varios siglos, han sido diseñadas diferentes obras para el desecamiento del Valle de México con el propósito de contar con mayores superficies para asentamientos humanos así como para evitar inundaciones.

La situación actual de los hundimientos tiene como origen el proceso histórico de desecamiento de los lagos en el Valle de México y la extracción más reciente de agua subterránea.

En este sentido, la problemática de hundimiento en el municipio de Tultitlán es común en toda la Cuenca de México que antiguamente estaba cubierta por lagos. La Ciudad de México presenta hundimientos permanentes con valores que oscilan entre 0.10 y 0.45 metros al año.

De acuerdo a la CONAGUA, aproximadamente el 68% del agua potable que abastece hoy día a la Ciudad de México proviene de pozos de extracción.

La sobreexplotación de los acuíferos es un grave problema que ha ido en aumento, en el país, en 1975 había 32 acuíferos en condición de sobreexplotación; en 1985 ascendió a 80 y en el año 2010 la cifra se incrementó a 105 (<http://cuentame.inegi.org>).

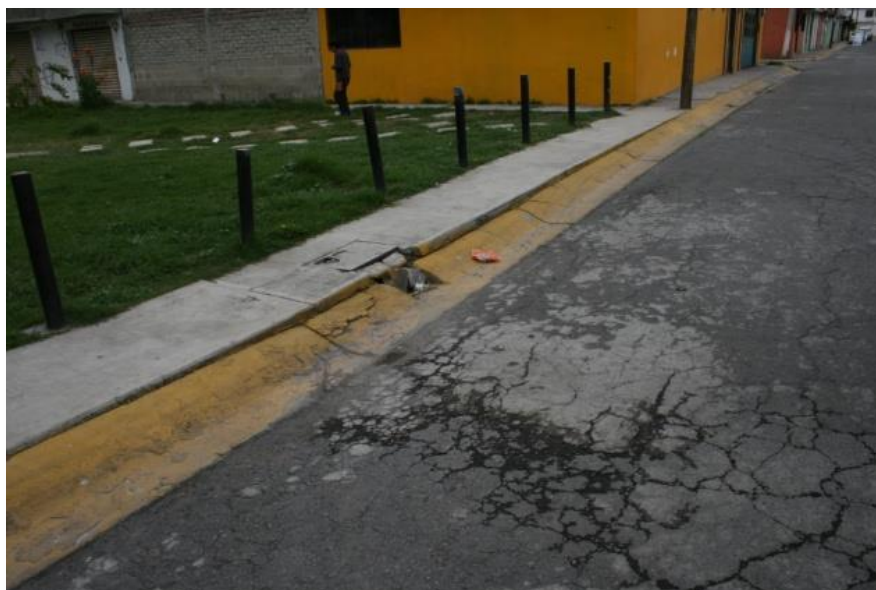
Se reconocen diversos impactos negativos de la sobreexplotación de acuíferos:

- Asentamientos y agrietamientos del terreno.
- Abatimiento de niveles del agua subterránea y disminución de las reservas de este recurso.
- Disminución del gasto y rendimiento de los pozos.
- Disminución de la productividad agrícola.
- Deterioro de la calidad del agua subterránea.
- Incremento del costo de extracción (perforación, consumo de energía).
- Alteración del ciclo hidrológico lo cual puede traducirse en la desaparición de lagos, humedales, manantiales, disminución del gasto de los escurrimientos superficiales, pérdida de ecosistemas, alteración del régimen de precipitaciones.

Gran parte del oriente del municipio se asienta en terrenos antiguamente cubiertos por los lagos formados en la cuenca cerrada de México, los cuales tuvieron su mayor amplitud en el pleistoceno, el agua del lago cubrió en diferentes periodos toda la planicie del municipio de Tultitlán hasta la base de la Sierra de Guadalupe. En la planicie del poniente del territorio municipal, los materiales de depósito incluyen una combinación de sedimentos lacustres, fluviales y volcánicos, relativamente, son materiales más consistentes que aquellos de la zona oriente del municipio. La Sierra de Guadalupe tiene un basamento sólido ajeno a los problemas de hundimiento por causas atribuibles al uso del agua subterránea.

Debido a lo anterior, las principales zonas afectadas se localizan en la isla urbana conocida como zona oriente. En esta, el sustrato geológico está conformado por depósitos lacustres, caracterizados por su bajo nivel de compactación y susceptibilidad al hundimiento por la explotación de los mantos acuíferos.

Algunas de las colonias más afectadas son Izcalli San Pablo, Lote 93 Amalia, Parque San Pablo, Hacienda San Pablo, entre otras. Un caso especial lo constituye el fraccionamiento Jardines de San Pablo, donde diversos edificios de vivienda multifamiliar presentan inclinación evidente y fuertes agrietamientos.

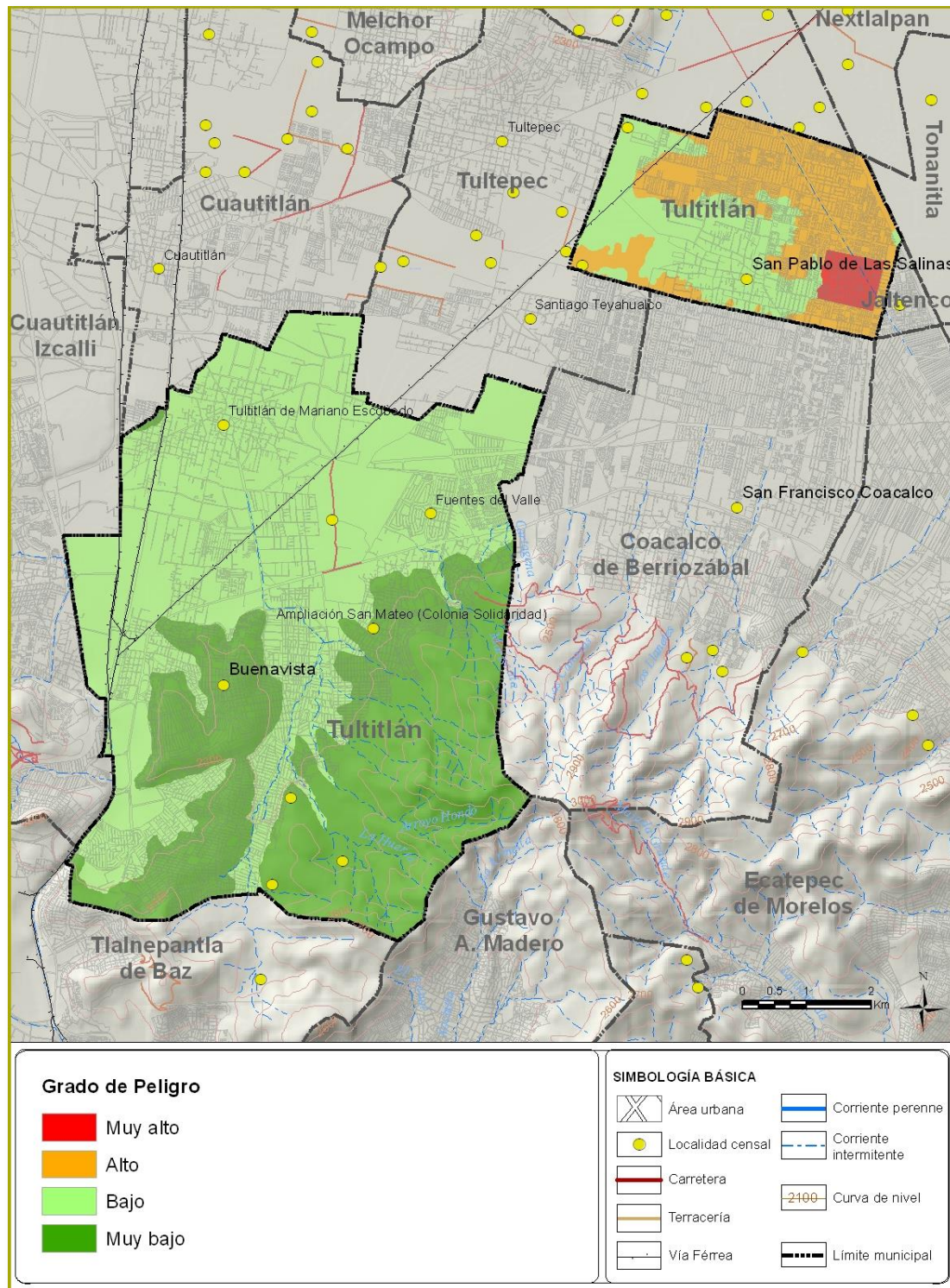


Agrietamiento del terreno en la Colonia Izcalli San Pablo



Inclinación de edificios por hundimiento en el Fraccionamiento Jardines San Pablo

Figura 33. Peligro por hundimientos, subsidencias y agrietamientos



Fuente: Elaboración propia.

5.1.7 Fallas y fracturas

Las fracturas son rupturas de las rocas producidas usualmente por esfuerzos tectónicos, presentan direcciones definidas a las cuales se les denomina sistemas de fracturamiento. Las fracturas tienen especial importancia en el modelado del relieve debido a que facilitan el intemperismo y la erosión. El fracturamiento está controlado por la estructura geológica de una región y por las deformaciones tectónicas.

Las fallas geológicas, a diferencia de las fracturas, se originan cuando hay movimiento de alguno de los bloques del terreno a lo largo de una ruptura, a través de un plano de falla. Generalmente una falla inicia por un estiramiento o compresión de las capas sometidas a tensión, hasta que sobrepasan el límite de elasticidad y es cuando se produce la rotura. Las fallas se encuentran asociadas con los límites entre las placas tectónicas de la Tierra o forman parte de las mismas.

En campo, las fallas se reconocen más fácilmente en las rocas sedimentarias, ya que el desplazamiento de una de las partes con relación a la otra provoca que los estratos no correspondan a uno y otro lado de la superficie de una fractura, no obstante, se presentan en todos los tipos de rocas.

La liberación de energía asociada con el movimiento rápido en fallas activas es la causa de la mayoría de los sismos. Los principales efectos son el daño en carreteras, aceras, cimientos de edificios y casas, se presentan pérdidas económicas por la reparación periódica de grietas en las paredes de diversas estructuras como edificios, casas, puentes y carreteras, deslaves en zonas con pendientes y con baja inestabilidad; en casos más graves producen terremotos donde hay pérdidas económicas y de vidas humanas.

Las estructuras geológicas en Tultitlán se encuentran preferencialmente en la Sierra de Guadalupe. Esta sierra es afectada por tres sistemas de fallas, el primero y más antiguo, de orientación aproximada norte-sur, se caracteriza por una serie de estructuras conocidas como *graben* y *horst* (hundimientos y levantamientos asociados a sistemas de fallas geológicas), las evidencias estratigráficas y estructurales indican que tales fallas forman parte de un sistema regional dentro del sistema volcánico transversal. El segundo sistema de fallas tiene una orientación noreste - suroeste, contienen dos fallas principales, las fallas Tenayuca y Chiquihuite, mismas que forman el *Graben* Cuauhtepac en el municipio del mismo nombre. Finalmente, el sistema de fallas más reciente con dirección aproximada este-oeste, tiene como fallas más prominentes a La Quebrada y Tlayacampa, la primera dentro del municipio de Tultitlán y la segunda en el municipio de Tlalnepantla de Baz, estas son las principales fallas que originan el *Graben* Barrientos (García-Palomo et al. 2006).

La falla La Quebrada se ubica en el suroeste del municipio en los límites de las colonias Lomas del Parque 2da. Sección, Tulipanes y La Sardaña. Fallas menores atraviesan las laderas norte de la Sierra de Guadalupe, en la zona de las colonias Buenavista 2da. Sección y San Marcos.

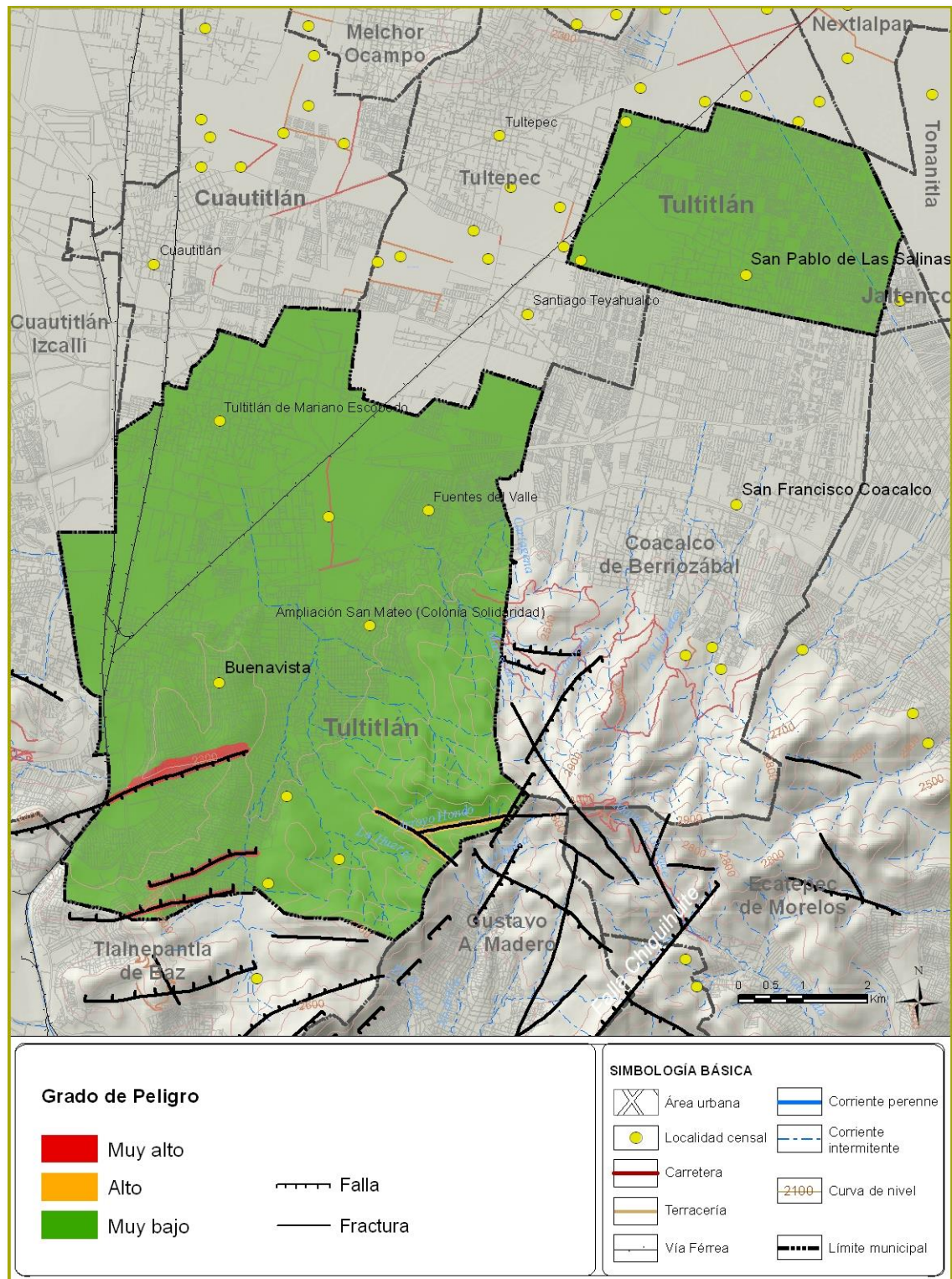


Asentamientos humanos en terrenos inclinados generados por procesos tectónicos: Falla La Quebrada (Colonia Tulipanes)



Colonia Tulipanes: Amenaza de deslizamientos de tierra y derrumbes en terrenos afectados por la Falla La Quebrada.

Figura 34. Peligro por fallas y fracturas



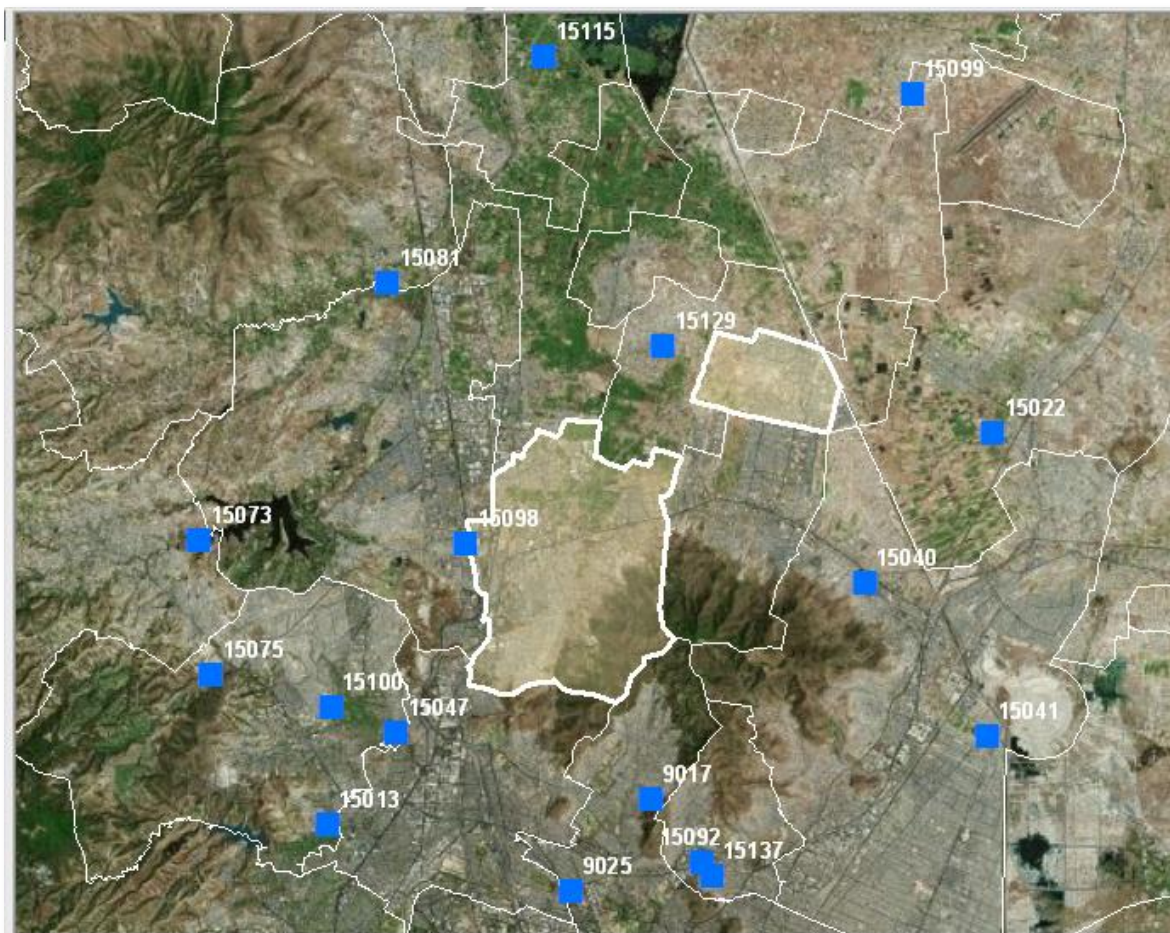
Fuente: Elaborado a partir de García-Palomo et al. 2006. INEGI. 2000.

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

En el presente Atlas, fue generada información diversa relacionada con fenómenos atmosféricos vinculada a amenazas hidrometeorológicas, para ello se recurrió a las bases de datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

En la siguiente figura se muestra la ubicación de las estaciones empleadas en todos los análisis donde fue requerido utilizar registros de elementos meteorológicos.

Figura 35. Estaciones meteorológicas empleadas en la evaluación de peligros hidrometeorológicos



Fuente: Elaborado a partir de las coordenadas de ubicación incluidas en la información de Normales Climatológicas (<http://smn.cna.gob.mx>)

Tabla 27. Estaciones meteorológicas empleadas en la evaluación de peligros hidrometeorológicos

Estado	Clave	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud
Distrito Federal	9017	Cuautepec Barrio Bajo	-99.131	19.542	2390
Distrito Federal	9025	Hacienda la Patera	-99.158	19.513	2240
Estado de México	15013	Calacoaya	-99.239	19.534	2290
Estado de México	15022	Chiconautla	-99.017	19.657	2340
Estado de México	15040	Gran canal km 02+120 bombas	-99.060	19.610	2250
Estado de México	15041	Gran canal km 27+250	-99.019	19.562	2236
Estado de México	15047	Las Arboledas	-99.216	19.563	2270
Estado de México	15073	Presa Guadalupe	-99.282	19.623	2310
Estado de México	15075	Presa las Ruinas	-99.278	19.581	2360
Estado de México	15081	Represa el Alemán	-99.219	19.704	2365
Estado de México.	15092	San Juan Ixhuatpec	-99.114	19.522	2235
Estado de México	15098	San Martín Obispo	-99.193	19.622	2255
Estado de México	15099	San Mateo Acuitlapilco	-99.044	19.763	2250
Estado de México	15100	San Mateo Tecoloapan	-99.238	19.571	2285
Estado de México	15115	Santo Tomás Puente Colgante	-99.167	19.775	2250
Estado de México	15129	Tultepec	-99.127	19.684	2245
Estado de México	15137	Amealco	-99.111	19.518	2240

Fuente: SMN. Normales Climatológicas (<http://smn.cna.gob.mx>)

5.2.1 Ondas cálidas y gélidas

En términos generales las ondas cálidas y gélidas se pueden definir como periodos relativamente largos de tiempo donde se registran temperaturas por arriba o por debajo de lo considerado como normal.

Estos fenómenos, como la mayoría de las condiciones climáticas, tienen una distribución regional amplia, en ocasiones de orden continental. Sus manifestaciones locales pueden ser ligeramente modificadas por los usos del suelo (por ejemplo la presencia de vegetación y cuerpos de agua favorece la estabilización de elementos atmosféricos, mientras que las áreas urbanizadas tienden a aumentar los valores de la temperatura) o bien por factores geomorfológicos como son las elevaciones topográficas, depresiones o la orientación de las laderas.

El análisis de las temperaturas extremas cobra relevancia en los últimos tiempos por las tendencias mundiales que se relacionan con el cambio climático global. Si bien existe una propensión al aumento de la temperatura, existen también alteraciones atmosféricas derivadas de este fenómeno que se manifiestan en periodos anormalmente fríos en algunas regiones.

Las temperaturas por arriba o por debajo de un umbral considerado como normal en un determinado sitio generan diferentes afectaciones a la salud de la población, pérdidas agropecuarias, afectaciones a las asociaciones florísticas, a la fauna silvestre e incluso pueden tener lugar afectaciones económicas graves.

Ondas cálidas

Las ondas cálidas u ondas de calor son periodos prolongados de calor excesivo (el cual puede o no estar acompañado de humedad), en comparación con los parámetros considerados normales de una determinada región.

Entre los principales orígenes de las ondas de calor se encuentran los siguientes:

- Altos periodos de radiación favorecida por escasa nubosidad y humedad atmosférica.
- Algunos periodos de altas temperaturas atípicos pueden presentarse por actividad solar inusual.
- Retraso del periodo de lluvias lo que ocasiona baja nubosidad y también un bajo nivel de vapor de agua presente en el aire.

Las ondas de calor tienen una serie de repercusiones negativas en la salud y el medio ambiente, entre las que se pueden distinguir las siguientes:

- Alteraciones en el organismo de las personas. Cuando el cuerpo humano es sobreexpuesto el calor, este se esfuerza más allá de sus límites y tiende a manifestar procesos de adaptación como la sudoración para mantener la temperatura estable. Usualmente, las personas sanas solo toleran una variación en su temperatura interna de aproximadamente 3°C sin que sus condiciones físicas y mentales sufran alteraciones importantes. Considerando la temperatura corporal promedio (37 grados), un aumento de la misma producirá reacciones fisiológicas para tratar de regularizarla. Más allá de ciertos límites, las personas pueden presentar síntomas como sequedad de la piel, cansancio, mareos, dolor de cabeza, náuseas y vómitos. Si los síntomas pasan desapercibidos o no existe una atención médica adecuada, puede conducir a la pérdida de la conciencia o a colapsos cardiorrespiratorios. En casos extremos el aumento de la temperatura corporal puede conducir a la muerte. Los niños, adultos mayores y personas con sobrepeso son los más vulnerables al calor extremo.
- Proliferación de enfermedades infecciosas. Las altas temperaturas usualmente favorecen la reproducción de virus y bacterias, lo cual aunado a una menor disponibilidad de agua para la higiene, puede desencadenar en algunos tipos de enfermedades infecciosas.
- Sequía. Las ondas cálidas tienden a disminuir la disponibilidad de agua y por tanto, provocar periodos de sequía. Los impactos de este tipo de amenaza pueden consultarse en el apartado de sequías (medio ambiente, cultivos, disponibilidad de agua, entre otros).

El clima de nuestro país presenta alteraciones estacionales derivados de la interacción de factores atmosféricos, oceánicos y continentales.

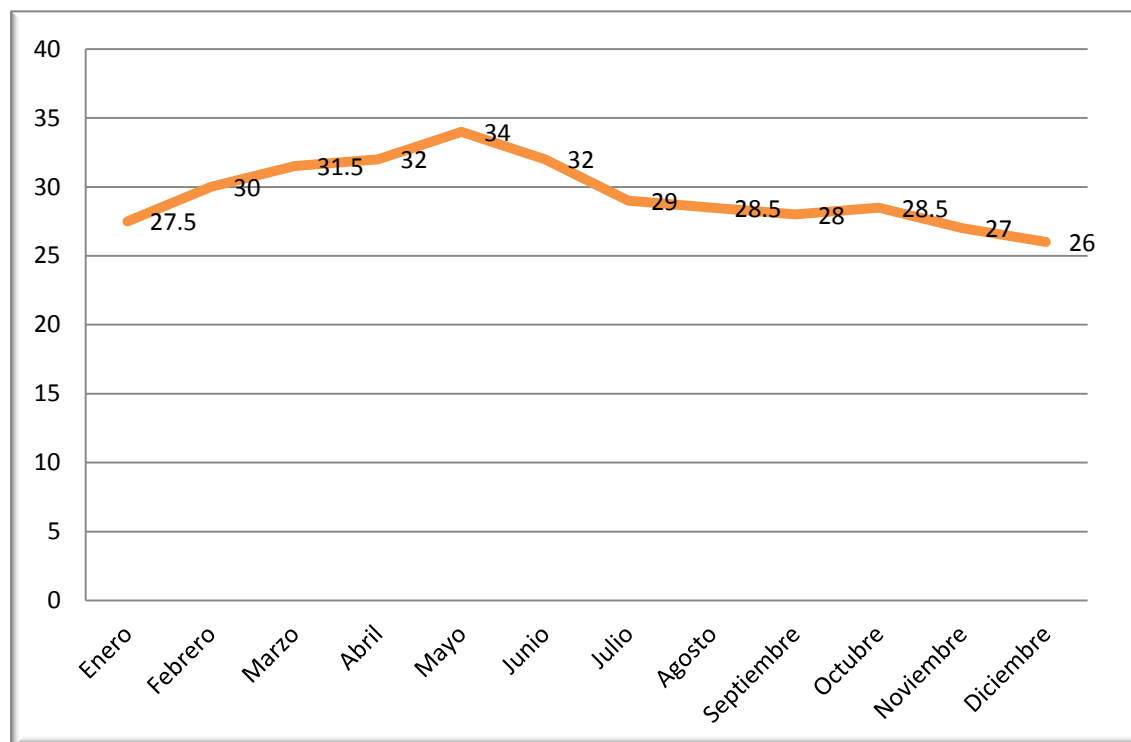
Tanto por los factores geográficos de latitud como de altitud el tipo de clima prevaleciente en Tultitlán es templado, con un nivel de humedad clasificado como subhúmedo. Aunque el aumento de temperaturas por encima de los valores normales puede darse en cualquier tipo de clima, tanto su percepción como sus efectos se intensifican en las zonas secas.

Ante la ausencia de registros sistemáticos disponibles sobre ondas cálidas, la evaluación de este peligro en el municipio se realizó por medio del registro histórico de temperaturas máximas extremas, es decir, con base a los datos climáticos de las estaciones de la región, se identifican las zonas más propensas a presentar valores altos de temperaturas.

Aun cuando los valores mensuales promedio no sobrepasan los 30 grados, en las estaciones climáticas del entorno de Tultitlán se han registrado temperaturas históricas máximas de hasta 48 grados centígrados. La interpolación de los datos de temperatura arroja valores más elevados en la zona oriente del municipio. Temporalmente, las temperaturas más altas se registran en el periodo de mayor insolación previo a la época de lluvias (abril-junio).

De acuerdo a los testimonios de la población de Tultitlán, los efectos del calor se sienten con mayor intensidad en el centro de la zona urbana, particularmente en la isla municipal, no obstante, no es percibido como un peligro importante. Entre las secuelas negativas asociadas a las ondas cálidas se reconocen a los incendios forestales registrados en la Sierra de Guadalupe.

Gráfico 7. Temperatura máxima mensual (grados centígrados)



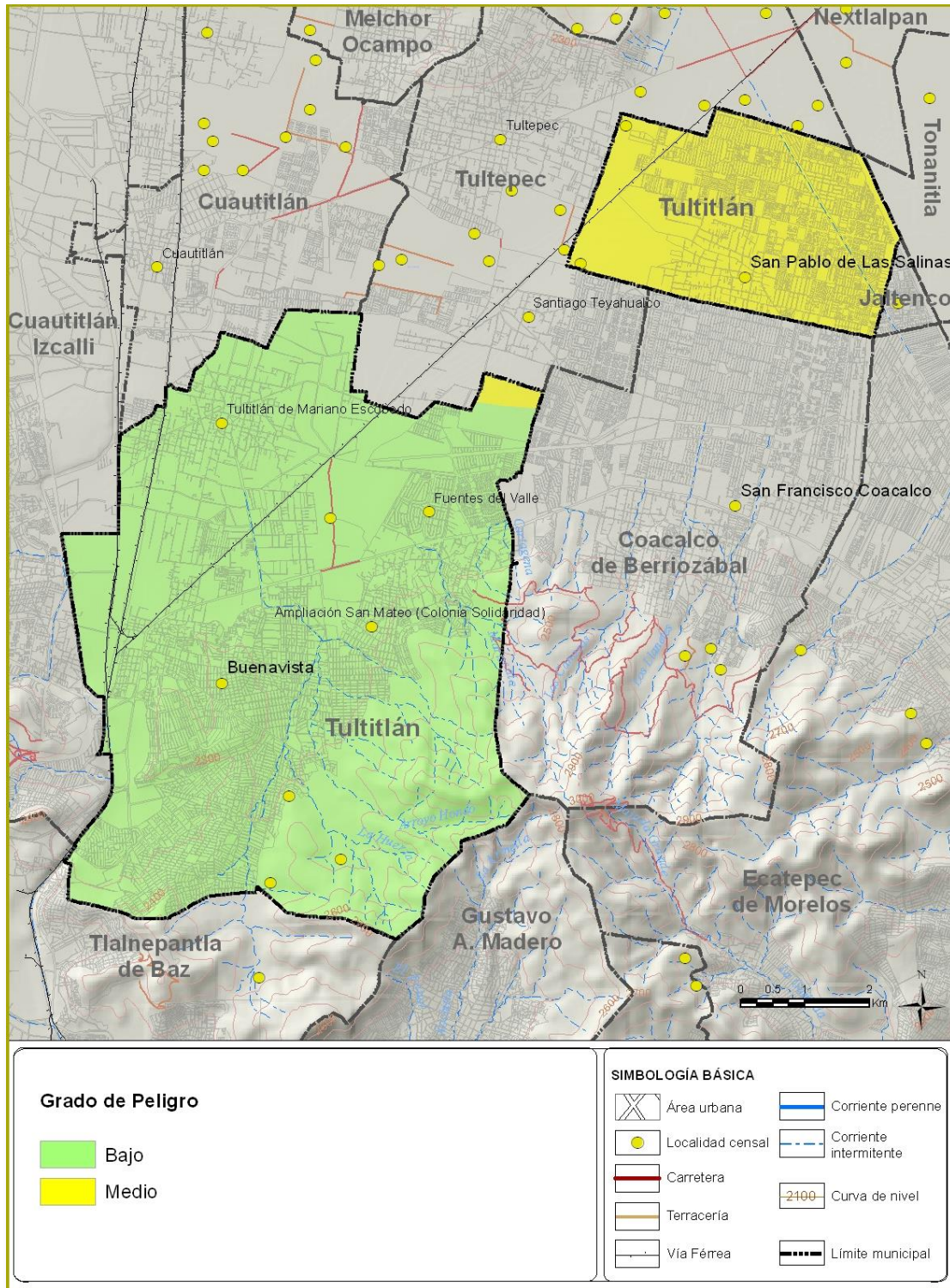
Fuente: Registros históricos de la estación meteorológica 15098 San Martín Obispo. SMN.

Tabla 28. Valores de temperaturas máximas mensuales en las estaciones meteorológicas en el entorno de Tultitlán

Clave	Nombre	Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max_hr
9025	Hacienda la Patera	29	30	31.5	33	35	32	29	30.5	29.5	30	29	29.5	35.0
9017	Cuautepec Barrio Bajo	29.5	31	33	34	34	32	30.5	30	30	29	29.5	27	34
15013	Calacoaya	28.5	30	33	37	38.5	39	34	32.5	34.5	29	29.5	28	38.5
15022	Chiconautla	28	29	32.5	34	35	32	30	29.5	29.5	29.5	31	29.5	35
15040	Gran canal km 02+120 bombas	29	30	33.5	34	34	31.5	29	29.5	30.5	29.5	28.5	27	34
15041	Gran canal km 27+250	29	30.5	32	36	34.5	34	30	29.5	30	29.5	29.5	27.5	36
15047	Las Arboledas	31.5	31.5	35	34.5	34	34	31	30	30	32	34	35	35
15073	Presa Guadalupe	29.5	30	35	34.5	37	33	33.5	29	29	29	29	29.5	37
15075	Presa las Ruinas	26.5	29	33	34	36	33	30	30	30	29.5	28	27	36
15092	San Juan Ixhuatepec	28.5	29.5	31.5	33	34	32	29	29	28	28	27	29	34
15098	San Martín Obispo	27.5	30	31.5	32	34	32	29	28.5	28	28.5	27	26	34
15099	San Mateo Acuitlapilco	29	31.5	33.5	39.5	36	48	32	32	32	30	29	29	48
15115	Santo Tomás Puente Colgante	29	30	34	33	33.5	33.5	32.5	30	30	30	29	30	34
15129	Tultepec	29	30	33	35	36	33	31	31	30	31	30	29	36

Fuente: SMN. Normales climatológicas

Figura 36. Peligro por ondas cálidas



Fuente: Elaboración propia.

Ondas gélidas

Las ondas gélidas son períodos prolongados de frío excesivo o la incursión repentina de masas de aire muy frío normalmente en zonas extensas. Las ondas gélidas usualmente van acompañadas de heladas y en algunos sitios de nevadas.

Las ondas gélidas se presentan generalmente en el periodo comprendido entre los meses de septiembre y marzo, Las masas de aire frío que provienen del norte del continente generan tormentas y clima frío en la región central del país. En ocasiones estos fenómenos vienen acompañados de los eventos conocidos como 'nortes', es decir, de rachas de viento de velocidades que pueden superar los 100 km/h, especialmente en amplias regiones sin obstáculos topográficos como el Istmo de Tehuantepec.

Clasificación de 'Nortes'

Clasificación	I. Débil	II. Moderado	III. Fuerte	IV. Intenso	V. Severo
Escala de Beaufort	4-5	6-7	8-9	10-11	12
Rango de vientos	20-38 km/h	39-61 km/h	62-88 km/h	89-117 km/h	> 118 km/h

Fuente: <http://smn.cna.gob.mx>

Como muchos fenómenos climáticos, las ondas gélidas tienen su origen en procesos atmosféricos globales y regionales, tales como la circulación general de la atmósfera o la pérdida de calor de la superficie por radiación hacia la atmósfera cuando los días son más cortos y las noches más largas.

En Tultitlán, como en gran parte del centro del país, las ondas gélidas inciden en la época fría del año (otoño e invierno) a causa de las masas polares y frentes fríos que se desplazan desde el norte del continente, ocasionando bruscos descensos de temperatura.

Las olas de frío y los fenómenos meteorológicos relacionados (lluvias, heladas, viento), pueden causar varios problemas a la población y sus bienes:

- ▲ Disminución de la temperatura corporal por debajo de 35 grados centígrados (hipotermia). Las personas con hipotermia pueden presentar los siguientes síntomas: temblor, confusión, torpeza en los movimientos y dificultad de razonamiento.
- ▲ Incremento de enfermedades respiratorias.
- ▲ Algunos efectos secundarios a la salud humana son las intoxicaciones por gases producto de la quema de combustibles utilizados para mantener la temperatura de habitaciones cerradas.
- ▲ Pérdida total o parcial de cultivos debido a que el frío por debajo de un determinado umbral constituye un factor limitante para el desarrollo vegetativo de las plantas. De igual forma, la disminución de la temperatura por debajo del punto de congelación genera la ruptura de diversos órganos de las plantas.
- ▲ Interrupción de las comunicaciones por virtud de que los caminos y otros tipos de infraestructura de transporte se hacen inseguros por la presencia de nieve o hielo.

De acuerdo a las observaciones del SMN, todas las estaciones meteorológicas utilizadas en los análisis climáticos han registrado valores de temperatura muy por debajo de los cero grados (hasta -11.5 en la estación Gran canal km 27+250). En la estación más próxima a Tultitlán, se han registrado temperaturas de -6.5 grados. Sin embargo, el municipio puede registrar temperaturas inferiores en las partes altas de la sierra, zona en la que no existen estaciones.

Tabla 29. Valores de temperaturas mínimas mensuales en las estaciones meteorológicas en el entorno de Tultitlán

Nombre	Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min_hr
Hacienda la Patera	-3	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-7	-7
Cuautepec Barrio Bajo	-2	1	1	1	7	5.5	7.5	8	3.5	4	-1	-4	-4
Calacoaya	-5.5	-6	-2	1.5	3	5.5	5	4	3	1	-3	-3	-6
Chiconautla	-10	-9.5	-5	-2.5	0	2	0.5	1	-1.5	-3	-9	-8	-10
Gran canal km 02+120 bombas	-7	-5.5	-4	1	4.5	4.5	5	5.5	2.5	0	-5	-5.5	-7
Gran canal km 27+250	-10	-11.5	-6	-3.5	-5	1	2.5	2.5	-2	-3.5	-9.5	-9.5	-11.5
Las Arboledas	-4.5	-5	-1	0.5	3	5	5	3.5	-0.5	-0.5	-5	-6.8	-6.8
Presa Guadalupe	-5.5	-4.5	-3	1	4	4	5.5	4.5	2.5	-0.5	-2.5	-5	-5
Presa Las Ruinas	-3	-5.5	-3	1	0.5	2	3	3	0	-1	-1	-3.5	-5
Represa El Alemán	-7	-7	-5	-1	3	-1	3	4	0	-2	-6	-6	-7
San Juan Ixhuatepec	-5	-6.5	-1	1	3	6	1	4	2	-1	-5	-2	-6.5
San Martín Obispo	-6.5	-6.5	-3.5	2	3.5	1	6	2	0.5	-1	-3	-4	-6.5
San Mateo Acuitlapilco	-7	-7.5	-5	0	3	2	4	3.5	-2	-3	-6	-7	-7.5
Santo Tomás Puente Colgante	-8	-6	-4	0	2	1	5	2	0	-4.5	-6	-7.5	-8
Tultepec	-6	-7	-4	-2	0	3	0	3	0	-5	-6	-7	-7

Fuente: SMN. Normales climatológicas

El mapa de peligro de ondas gélidas se elaboró a partir del análisis de las siguientes series de datos:

- ▲ Valores de temperatura mínimos promedio mensuales-
- ▲ Valores mínimos históricos registrados en cada una de las estaciones.
- ▲ Gradientes de temperatura por diferencias altitudinales en la Sierra de Guadalupe.

Las temperaturas máximas extremas fueron interpoladas para obtener franjas de valores iguales, los mapas resultantes fueron sobrepuestos, analizados y los contornos adecuados para obtener las áreas de distribución teóricas de temperaturas mínimas de acuerdo a los registros puntuales hechos en las estaciones.

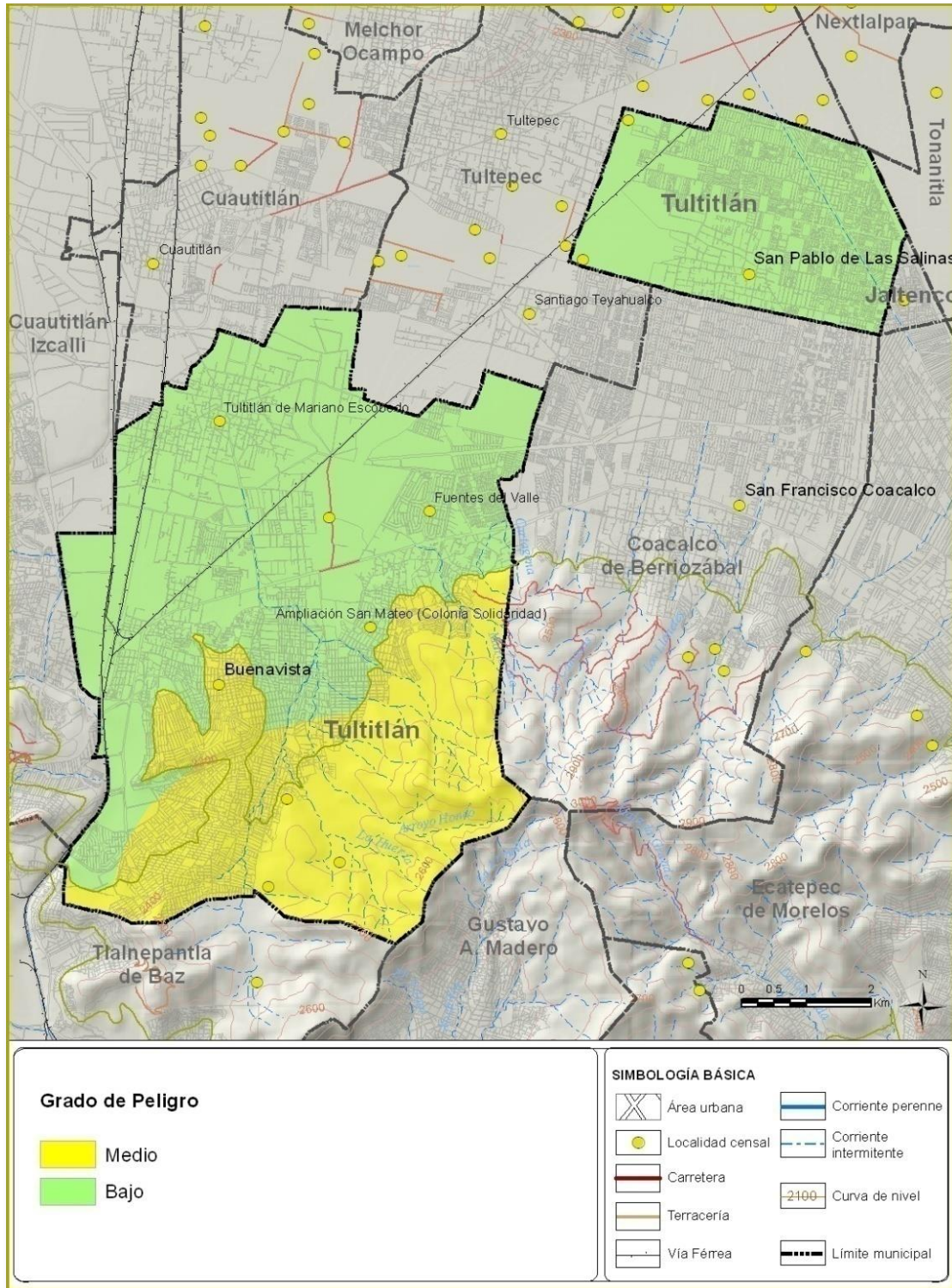
El análisis de la temperatura en función de rangos altimétricos se llevó a cabo bajo las siguientes asunciones:

- ✓ A partir de la correlación entre altitud y valor mínimo histórico de temperatura de cada estación, se obtuvo un valor de temperatura para la altitud al pie de la Sierra de Guadalupe.

- ✓ A partir de la base de la sierra, se considera que la temperatura disminuye a razón de 1 grado cada 155 metros. Lo anterior representa una disminución de 4.45 grados desde la cota de 2,200 msnm hasta la altitud máxima del municipio en la Sierra de Guadalupe de 2,890 msnm.

El análisis altitudinal de las temperaturas proyecta temperaturas inferiores a -8.0 grados a partir de la cota de los 2,302 msnm. Este es el valor crítico a partir del cual se clasifica la superficie municipal en zonas de peligro medio y bajo.

Figura 37. Peligro por ondas gélidas



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Sequías

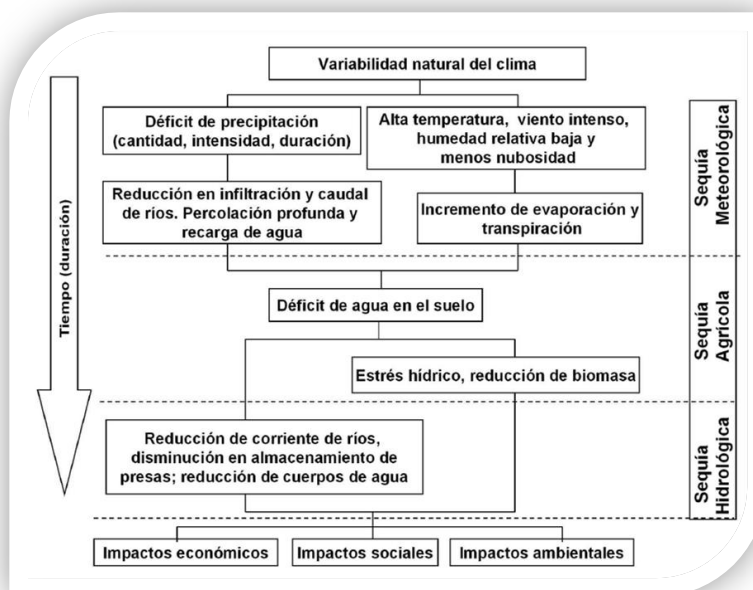
Existen diferentes enfoques científicos para definir el término de sequía, a continuación se vierten las definiciones más comunes (CENAPRED, 2002; Méndez, 2010):

Sequía meteorológica: Se presenta cuando la precipitación acumulada durante un cierto periodo de tiempo está significativamente por debajo de lo normal o de un umbral específico, es decir, la cantidad de lluvia es inferior al promedio de las precipitaciones registradas en dicho período o un valor particular de la precipitación. Usualmente este tipo de sequía precede a las otras.

Sequía Hidrológica: Se presenta cuando existe déficit de agua en los escurrimientos superficiales o en el subsuelo, con respecto a un valor promedio o umbral.

Sequía agrícola. Ocurre cuando el nivel de humedad en el suelo es insuficiente para satisfacer las necesidades de un cultivo, lo cual se puede manifestar por un menor o nulo desarrollo vegetativo y traducirse finalmente en bajo rendimiento de cultivos.

Gráfico 8. Características de los tipos de sequías



Fuente: Méndez, 2010.

El CENAPRED define a la sequía como "un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación, en un lapso, es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas" (CENAPRED, 2002).

El déficit de humedad ocasionado por las sequías se puede prolongar por varios años y la sequía termina hasta que la cantidad de lluvia es suficiente para abatir el déficit de agua. Este es el tipo de sequía que usualmente genera mayores daños.

Si bien la sequía es un fenómeno natural que afecta diversas regiones del mundo, su duración en general ha ido en aumento así como la frecuencia de las mismas. Usualmente afectan grandes extensiones de tierra, provocando pérdidas de cultivos, muerte de ganado, puede provocar la disminución de agua para usos agrícolas e industriales, así como la disminución de disponibilidad de agua para uso doméstico. La amenaza mundial de las sequías se incrementa por el calentamiento de la atmósfera asociado al cambio climático global.

Entre los principales factores que dan origen a las sequías se encuentran la circulación de vientos a escala planetaria, las diferencias regionales en la presión atmosférica, la cantidad de energía solar reflejada por la superficie de la tierra, la temperatura de la superficie de los océanos y la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera (CENAPRED, 2002). A nivel regional, la cantidad de precipitación y humedad son afectadas por la orografía, continentalidad, vegetación y uso del suelo, entre otros factores.

La variación de las precipitaciones en diferentes regiones del mundo es también el resultado de la presencia de fenómenos atmosféricos cíclicos como el fenómeno conocido como “El Niño”. El aumento en las temperaturas del mar del Pacífico Tropical ocasiona cambios en el avance de las corrientes marinas en el Pacífico Sur, lo cual provoca cambios drásticos en la dirección e intensidad de los vientos.

Por su localización geográfica, México es altamente susceptible a la amenaza natural que representan las sequías, se sabe que desde tiempos prehispánicos el territorio mexicano ha sido escenario de la manifestación recurrente de este fenómeno (Hernández, et al. 2009; Méndez, 2010.). Lo anterior obedece a su ubicación en la zona subtropical del planeta donde coexisten altos niveles de radiación solar y lluvias escasas.

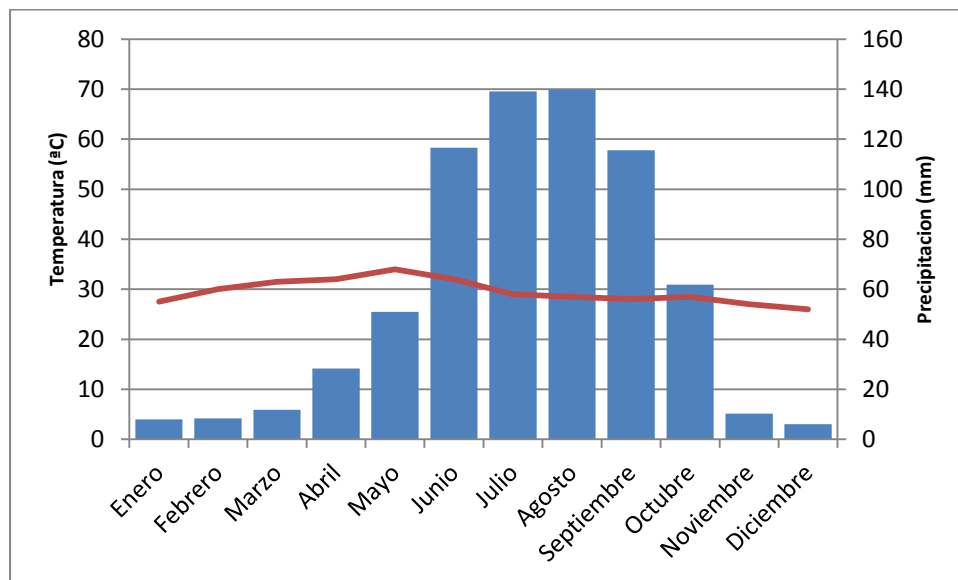
En nuestro país, a lo largo del siglo XX se registraron cuatro grandes períodos de sequías intensas en los siguientes años: 1948-1954, 1960-1964, 1970-1978 y 1993-1996 (Reyes, 1996). Adicionalmente, el CENAPRED (2002) reporta una sequía severa en el año de 1998 y la sequía del periodo 1999-2000. A partir de la distribución geográfica de zonas afectadas por el registro de sequías históricas, la zona poniente del municipio de Tultitlán se vio afectada por la sequía de 1993-1996 en tanto que la zona oriente registró sequías en los períodos 1960-1964 y 1993-1996.

Tultitlán presenta un clima C(w0)(w) templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano, con porcentaje de lluvia invernal menor de 5%. El régimen de lluvias presenta una estacionalidad muy marcada, es decir, una notoria concentración de las precipitaciones en la época húmeda del año. El amplio período de estiaje y la dependencia de la humedad acarreada por los sistemas tropicales de los océanos Atlántico y Pacífico, así como de las masas de aire que se desplazan desde el norte del continente en la época fría del hemisferio boreal, le confieren al municipio diversos grados de susceptibilidad a presentar déficit de agua.

En la estación más próxima al municipio (Estación meteorológica 15098 San Martín Obispo), la precipitación media anual es de 696.6 mm y la temperatura media mensual es de 15.6 grados.

El climograma de esta estación indica disponibilidad de agua en el periodo de junio a octubre y déficits de humedad de noviembre a mayo.

Gráfico 9. Climograma



Fuente: SMN. Normales climatológicas (Estación meteorológica 15098 San Martín Obispo)

Tabla 30. Valores promedio de precipitación y temperatura

Mes	Temperatura (grados centígrados)	Precipitación (mm)
Enero	12.2	8.0
Febrero	13.2	8.4
Marzo	15.6	11.8
Abril	17.5	28.3
Mayo	18.4	51.0
Junio	18.2	116.6
Julio	17.3	139.1
Agosto	17.0	139.7
Septiembre	16.5	115.6
Octubre	15.4	61.8
Noviembre	13.7	10.3
Diciembre	12.6	6.0
	15.6	696.6

Fuente: SMN. Normales climatológicas (Estación meteorológica 15098 San Martín Obispo)

Para el monitoreo de eventos climáticos extremos en territorio nacional, México participa de manera conjunta con Estados Unidos y Canadá dentro del programa Monitor de Sequía de América del Norte (*North American Drought Monitor, NA-DM*). El programa se inició en un taller de trabajo de tres días en Abril del 2002.

Uno de los productos del NA-DM son los mapas mensuales que desde el año 2002 registran la intensidad de la sequía en América del Norte de acuerdo a la siguiente clasificación (www.drought.gov):

Anormalmente Seco (D0): Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un período de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del período de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.

Sequía Moderada (D1): Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.

Sequía Severa (D2): Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.

Sequía Extrema (D3): Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.

Sequía Excepcional (D4): Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

De acuerdo al Centro Nacional de Datos Climáticos, (*National Climatic Data Center, NCDC*), durante el periodo de noviembre del 2002 a septiembre del 2013, Tultitlán registró los siguientes tipos de sequía:

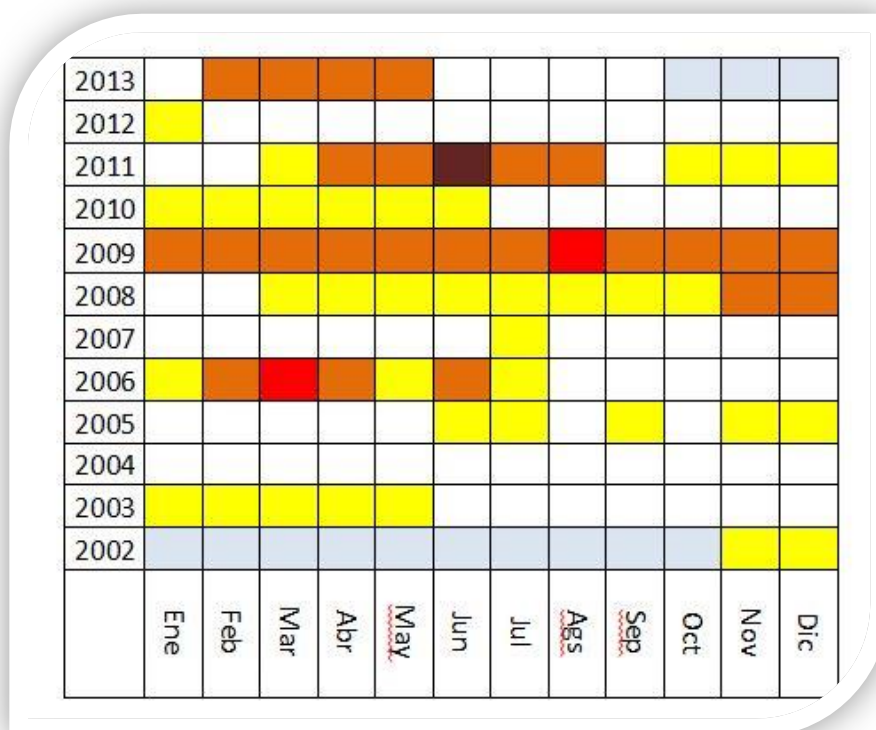
Tabla 31. Registro mensual de presencia de sequía en el territorio de Tultitlán

Mes / Año	Intensidad de sequía	Tipo de sequía/observaciones
Noviembre del 2002	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Diciembre del 2002	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Enero del 2003	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Febrero del 2003	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Marzo del 2003	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Abril del 2003	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Mayo del 2003	Anormalmente seco	Hidrológica
Junio del 2005	Anormalmente seco	Agrícola/ Hidrológica
Julio del 2005	Anormalmente seco	Agrícola/ Hidrológica
Septiembre del 2005	Anormalmente seco	Agrícola
Noviembre del 2005	Anormalmente seco	Agrícola
Diciembre del 2005	Anormalmente seco	Agrícola/ Hidrológica
Enero del 2006	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Agrícola
Febrero del 2006	Moderada	Agrícola/ Hidrológica
Marzo del 2006	Severa	Agrícola/ Hidrológica
Abril del 2006	Moderada	Agrícola/ Hidrológica
Mayo del 2006	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Junio del 2006	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Julio del 2006	Anormalmente seco	Agrícola/ Hidrológica
Junio del 2007	Moderada	Hidrológica
Julio del 2007	Anormalmente seco	Agrícola/ Hidrológica
Marzo del 2008	Anormalmente seco	Agrícola/ Hidrológica
Abril del 2008	Anormalmente seco	Agrícola/ Hidrológica
Mayo del 2008	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Agrícola/ Hidrológica
Junio del 2008	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Julio del 2008	Anormalmente seco	Hidrológica
Agosto del 2008	Anormalmente seco	Hidrológica
Septiembre del 2008	Anormalmente seco	Hidrológica
Octubre del 2008	Anormalmente seco	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Noviembre del 2008	Moderada	Hidrológica
Diciembre del 2008	Moderada	Hidrológica
Enero del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Febrero del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Marzo del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Abril del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Mayo del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica

Junio del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Julio del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Agosto del 2009	*Moderada y Severa	Agrícola / Hidrológica
Septiembre del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Octubre del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Noviembre del 2009	Moderada	Delimitada por impactos dominantes/ Hidrológica
Diciembre del 2009	Anormalmente seco y Moderada	Hidrológica
Enero del 2010	Anormalmente seco	Hidrológica
Febrero del 2010	Anormalmente seco	Agrícola / Hidrológica
Marzo del 2010	Anormalmente seco	Agrícola / Hidrológica
Abril del 2010	Anormalmente seco	Agrícola / Hidrológica
Mayo del 2010	Anormalmente seco	Agrícola / Hidrológica
Junio del 2010	Anormalmente seco	Hidrológica
Marzo del 2011	Anormalmente seco	Agrícola / Hidrológica
Abril del 2011	Moderada	Hidrológica
Mayo del 2011	Moderada	Agrícola / Hidrológica
Junio del 2011	Extrema	Agrícola / Hidrológica
Julio del 2011	Moderada	Agrícola / Hidrológica
Agosto del 2011	Moderada	Agrícola / Hidrológica
Octubre del 2011	Anormalmente seco	Largo plazo, por lo general mayor a 6 meses/corto plazo, por lo general menor a 6 meses
Noviembre del 2011	Anormalmente seco	Largo plazo, por lo general mayor a 6 meses (por ejemplo, la hidrología, la ecología)
Diciembre del 2011	Anormalmente seco	Largo plazo, por lo general mayor a 6 meses (por ejemplo, la hidrología, la ecología)
Enero del 2012	Anormalmente seco	Corto plazo, por lo general - 6 meses (por ejemplo, la agricultura, los pastizales)
Febrero del 2013	Moderada	Corto plazo, por lo general - 6 meses (por ejemplo, la agricultura, los pastizales)
Marzo del 2013	Moderada	Corto plazo, por lo general - 6 meses (por ejemplo, la agricultura, los pastizales)
Abril del 2013	Moderada	Corto plazo, por lo general - 6 meses (por ejemplo, la agricultura, los pastizales)
Mayo del 2013	Moderada	Corto plazo, por lo general - 6 meses (por ejemplo, la agricultura, los pastizales)

Fuente: Elaborado a partir de North American Drought Monitor, NA-DM. <http://www.ncdc.noaa.gov>

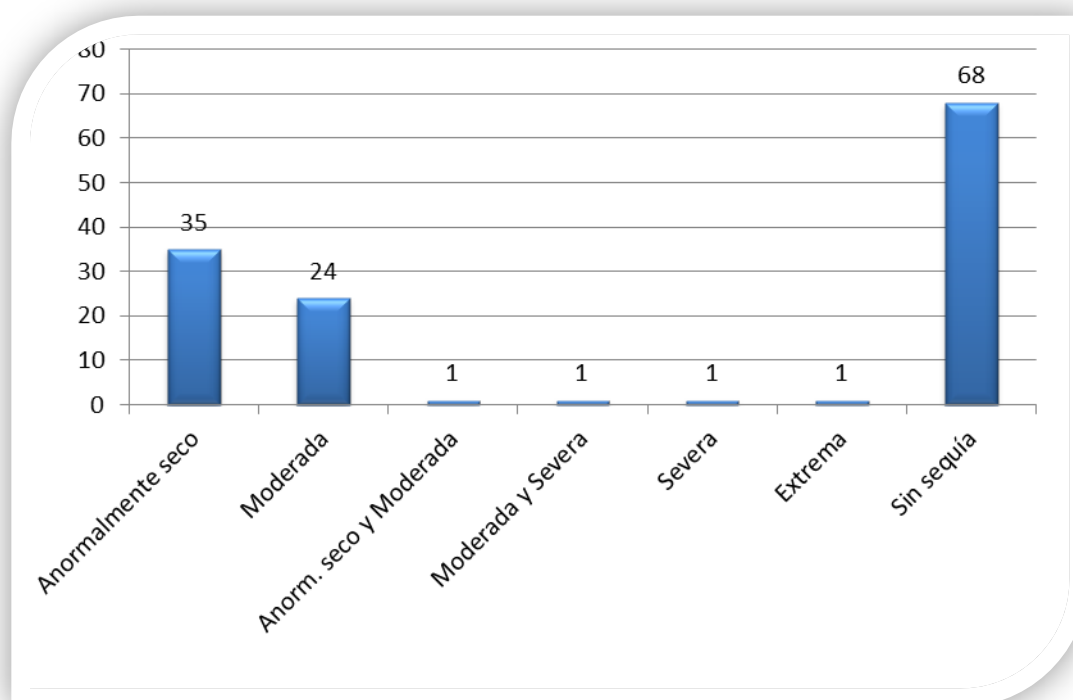
Gráfico 10. Registro mensual de presencia de sequía en el territorio de Tultitlán



Fuente: Elaborado a partir de North American Drought Monitor, NA-DM. <http://www.ncdc.noaa.gov>

Con base a la información reportada, Tultitlán presenta algún tipo de sequía en 63 de 131 meses (48.09%) es decir, en casi la mitad de los meses en que se lleva a cabo el reporte mensual, muestra algún tipo de déficit de agua. No obstante, en la mayoría de los casos se registran períodos anormalmente secos y sequía moderada, solo en dos casos existió sequía severa y un caso de sequía extrema, estos últimos en Marzo del 2006 y Junio del 2011, respectivamente.

Gráfico 11. Número de meses según tipo de sequía en el municipio de Tultitlán

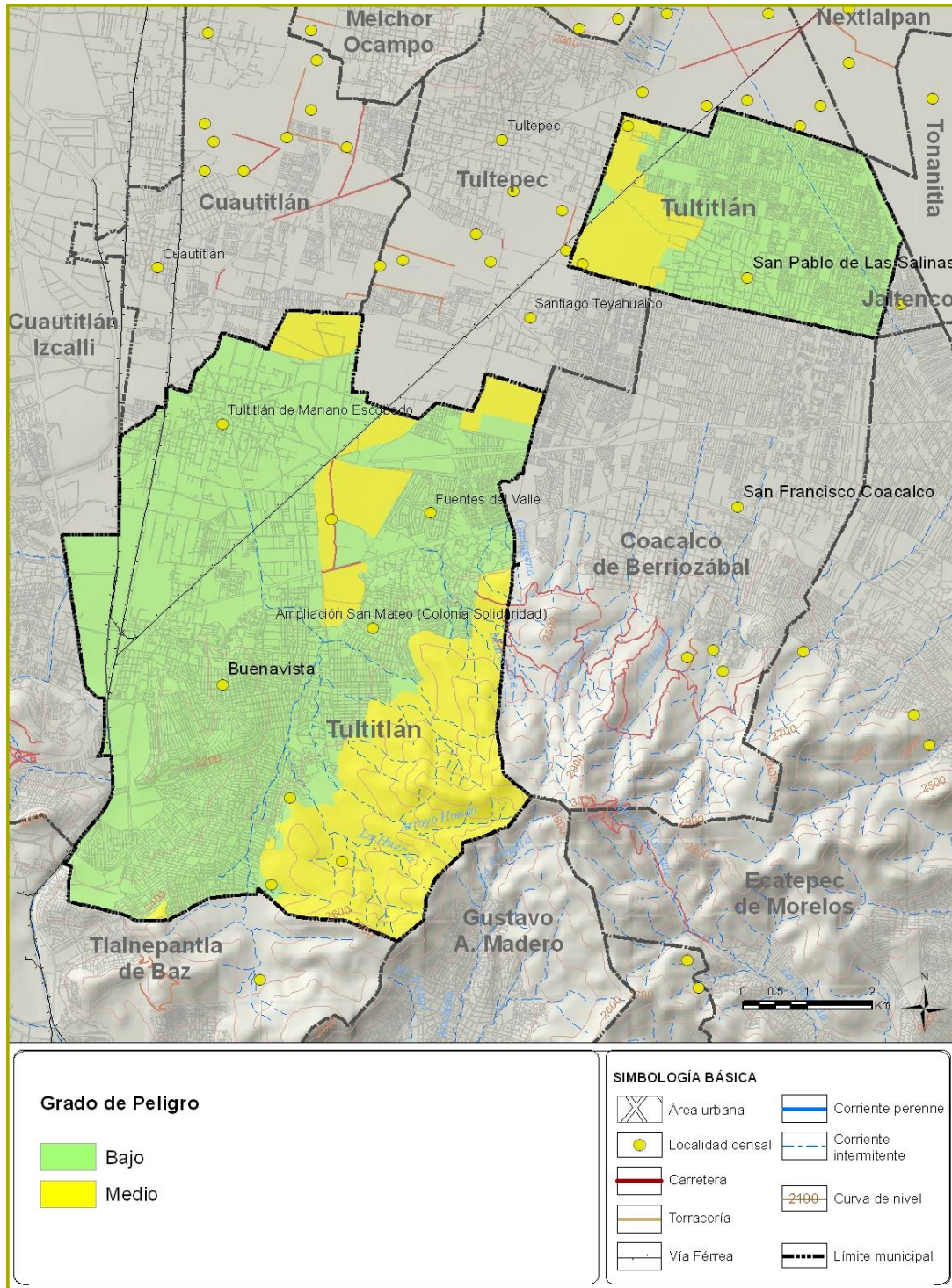


Fuente: Elaborado a partir de North American Drought Monitor, NA-DM. <http://www.ncdc.noaa.gov>

La mayoría de los casos, el tipo de sequía que se presentó fue de carácter agrícola aunque también se reportan sequías hidrológicas, la duración de las sequías es de corto período (típicamente inferior a 6 meses). Estos tipos de sequía producen usualmente estrés hídrico en la vegetación y afectan por tanto a la productividad de cultivos así como a las asociaciones florísticas presentes en la zona de estudio.

A partir de los datos de sequías publicados por CENAPRED (CENAPRED, 2002), del análisis de los mapas del programa NA-DM (<http://www.ncdc.noaa.gov>) e información climática del Servicio Meteorológico Nacional (smn.cna.gob.mx/), se llevó a cabo la zonificación del territorio municipal en función del grado de peligro a la presencia de sequías.

Figura 38. Peligro por sequías



Fuente: Elaboración propia.

En los períodos de sequía es frecuente la aparición de incendios forestales en la Sierra de Guadalupe, especialmente en la parte alta, afectando la vegetación de pastizal inducido, matorrales y bosques.

La mayor cantidad de incendios se presentan en el período enero-mayo, cuando existe abundante material combustible producto del efecto combinado de heladas, baja humedad atmosférica y, en los meses de abril y mayo, altas temperaturas. Las fuertes pendientes de la Sierra de Guadalupe son un factor que contribuye a la propagación del fuego. En su mayoría, los incendios forestales son provocados por actividades humanas.

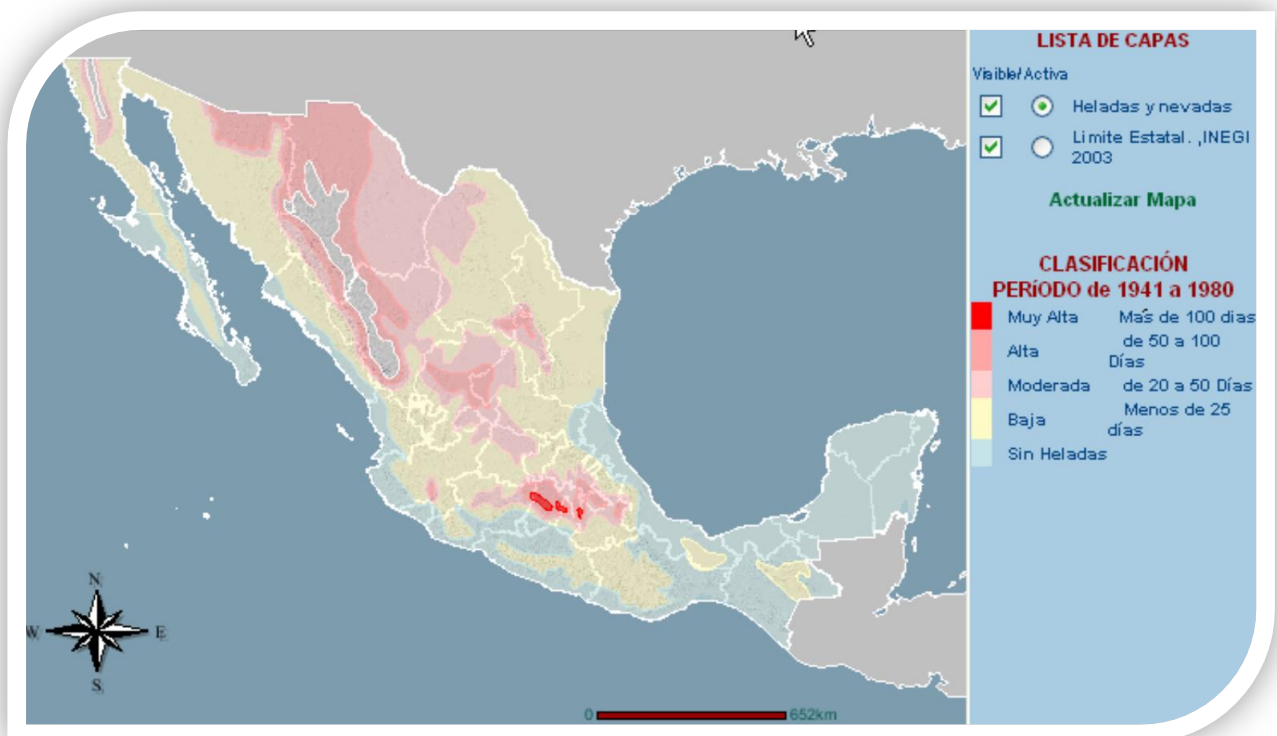
5.2.3 Heladas

Las heladas se presentan cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del suelo disminuye a 0°C o menos durante un tiempo mayor a cuatro horas. Normalmente, las heladas se forman cuando no hay viento, el cielo está despejado (existe una baja concentración de vapor de agua en el aire) y aparecen fuertes inversiones térmicas cercanas a la superficie (CENAPRED, 2001_a).

En México, las cadenas montañosas son afectadas por heladas severas (en algunos sitios más de 100 días al año) incluyendo áreas de la Sierra Madre Occidental, del Sistema Volcánico Transversal, en la Sierra Tarahumara y de Durango, entre otras. La altitud es un factor determinante para la presencia de heladas debido a que la temperatura del aire disminuye casi 5 grados por cada kilómetro de elevación sobre el nivel del mar.

A nivel local, las formas del relieve juegan un papel importante en la génesis de las heladas, los sitios más susceptibles son los valles y hondonadas cercanas a elevaciones topográficas, debido al descenso del aire frío durante la noche.

Figura 39. Zonificación de heladas en México



Fuente: <http://atl.cenapred.unam.mx/website/RiesgosHidrometeorologicos/Heladas/viewer.htm>

En el municipio de Tultitlán, tienen lugar entre 61 y 120 heladas al año, el peligro potencial por heladas en el municipio se cataloga como medio (CENAPRED, 2001).

Ante la ausencia de datos históricos sistematizados y disponibles acerca de la ocurrencia de heladas en el municipio, la evaluación del peligro de heladas se realizó a partir del análisis de la información de las normales climatológicas (1951-2010) y de valores extremos publicados por el Servicio Meteorológico Nacional en su sitio web <http://smn.cna.gob.mx>.

En todas las estaciones de la zona de estudio y su entorno, se presentan temperaturas mínimas extremas inferiores a cero grados y en la mayor parte de ellas se tienen también valores bajo cero en las temperaturas mínimas promedio durante el año. El gradiente de temperatura disminuye de sur a norte y de poniente a oriente.

Teóricamente las temperaturas mínimas deben registrarse en las elevaciones de la Sierra de Guadalupe, no obstante, la ausencia de estaciones climáticas en esta Sierra impiden una evaluación más precisa del comportamiento de esta variable meteorológica.

En el municipio de Tultitlán por lo tanto, es una constante la incidencia de este fenómeno natural, en la época fría del año (octubre-marzo), con diferentes niveles de intensidad. Los efectos de las heladas se traducen en problemas de salud (enfermedades respiratorias) y pérdida de productividad de los cultivos. Las posibles afectaciones a las asociaciones florísticas de la Sierra de Guadalupe (encinares, matorrales y pastizales) son consideradas como un fenómeno natural y por tanto no como un riesgo.

Tabla 32. Temperaturas mínimas anuales en las estaciones del entorno del municipio de Tultitlán

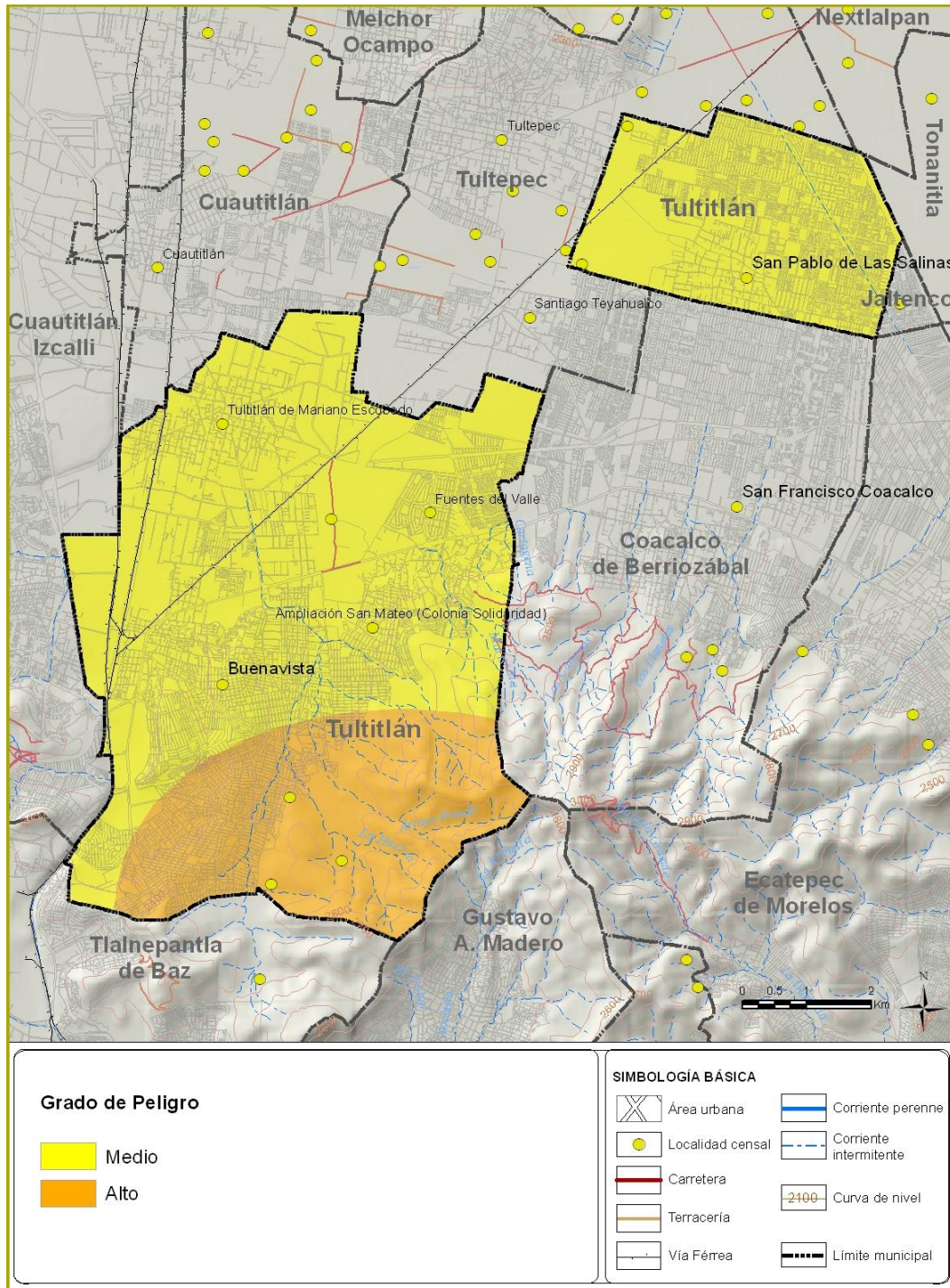
Clave	Nombre	TPMA	TMH
9017	Cuautepec Barrio Bajo	2.6	-4.0
9025	Hacienda la Patera	-0.8	-7.0
15013	Calacoaya	0.3	-6.0
15022	Chiconautla	-3.8	-10.0
15040	Gran canal km 02+120 bombas	-0.3	-7.0
15041	Gran canal km 27+250	-4.5	-11.5
15047	Las Arboledas	-0.5	-6.8
15073	Presa Guadalupe	0.0	-5.0
15075	Presa las Ruinas	-0.6	-5.0
15081	Represa el Alemán	-2.1	-7.0
15092	San Juan Ixhuatepec	-0.3	-6.5
15098	San Martín Obispo	-0.8	-6.5
15099	San Mateo Acuitlapilco	-2.1	-7.5
15115	Santo Tomás Puente Colgante	-2.2	-8.0
15129	Tultepec	-2.6	-7.0
15137	Amealco	0.0	-5.3

Fuente: SMN. Normales Climatológicas (<http://smn.cna.gob.mx>)

TPMA. Temperatura Mínima Promedio Anual

TMH. Temperatura Mínima Histórica

Figura 40. Peligro por heladas



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Tormentas de granizo

Las tormentas de granizo al igual que otros fenómenos meteorológicos que potencialmente pueden ocasionar desastres tienen un origen común en el desarrollo de tormentas severas, las cuales suelen caracterizarse por lluvias intensas, vientos fuertes, granizo, rayos y truenos e inundaciones, entre otras manifestaciones (CENAPRED, 2010).

Las tormentas severas se desarrollan a partir de nubes *cumulunimbus*, estas son nubes densas de formación vertical y gran dimensión, originadas por procesos de convección, turbulencia por fricción, ascenso orográfico y convergencia de masas de aire.

El granizo se forma cuando la humedad atmosférica es arrastrada por corrientes de aire ascendente a alturas superiores al nivel de congelación, al solidificarse las gotas de agua tienden a precipitarse por acción de la gravedad.

El peligro por granizadas para Tultitlán en el Atlas Nacional de Riesgos es catalogado como alto (CENAPRED, 2001). El número de días con granizo en el municipio fluctúa entre 0 y 2 (SMN. Normales climatológicas 1951-2010), con valores mínimos en la zona oriente del municipio y máximos al poniente en las colonias de Lechería, Santa Clara, Villa Jardín y Barrio La Concepción. Las granizadas en el municipio de Tultitlán se presentan periódicamente casi en cada temporada de lluvias, especialmente en aquellas que tienen lugar en la primavera y en el verano.

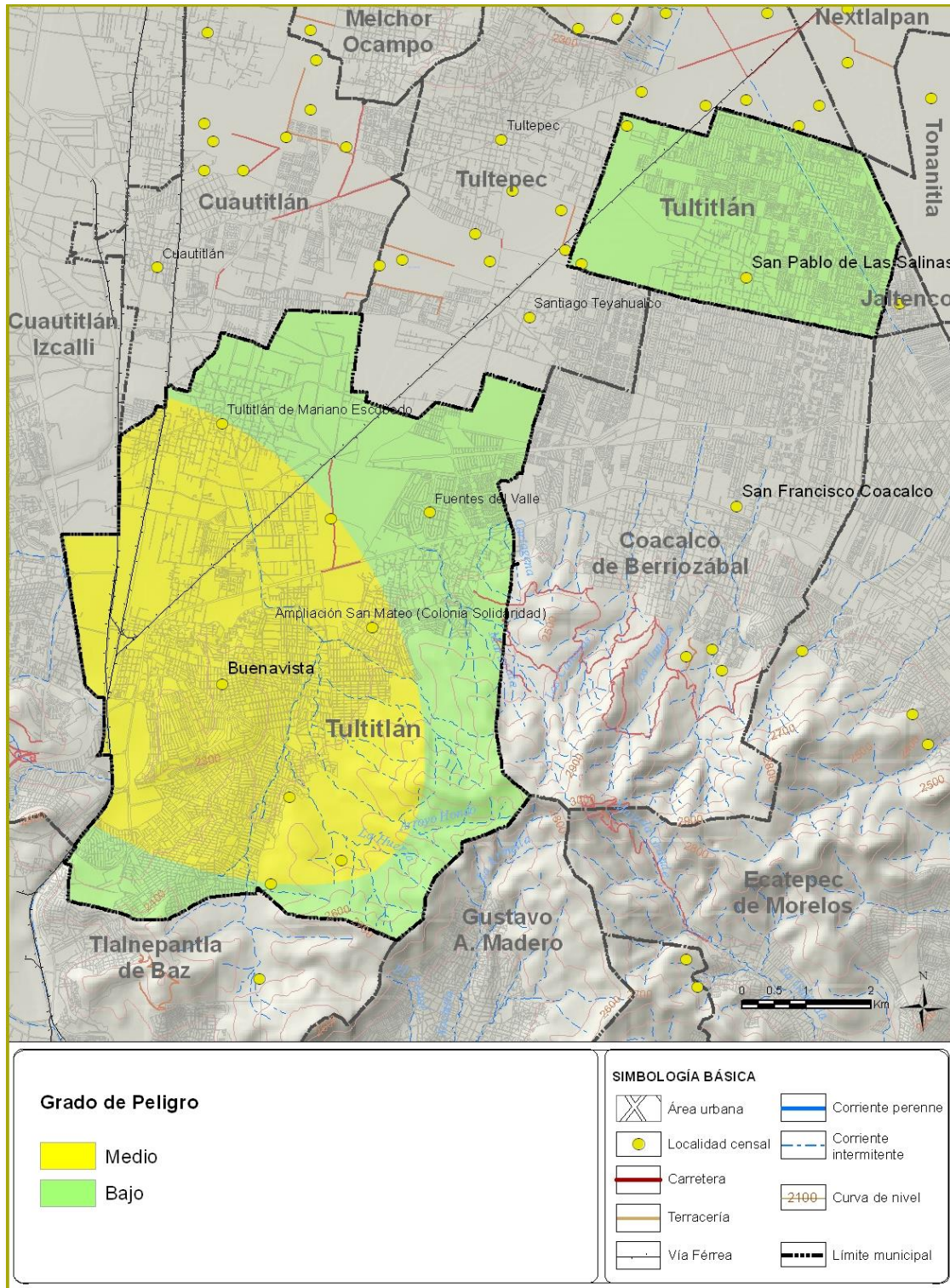
Aunque granizadas de gran intensidad y con tamaño de granizo de varios centímetros pueden ocasionar daños a vidrios y carrocería de automóviles, el principal daño es a los cultivos de las zonas agrícolas del municipio. Los efectos más notables ocurren por la acción mecánica del impacto de los granizos sobre los cultivos de maíz y leguminosas, de acuerdo a los testimonios de la población, han ocasionado desde la ruptura de hojas hasta el quiebre de tallos en casos extremos. Periódicamente los eventos más intensos se traducen en pérdidas parciales o totales de cultivos.

Tabla 33. Media anual de días con granizadas en el entorno del municipio de Tultitlán

Clave	Nombre de la estación	Días con Granizadas
9017	Cuautepec Barrio Bajo	1.3
9025	Hacienda la Patera	0.1
15013	Calacoaya	0.6
15022	Chiconautla	0.2
15040	Gran canal km 02+120 bombas	1.0
15041	Gran canal km 27+250	0.4
15047	Las Arboledas	0.2
15073	Presa Guadalupe	1.4
15075	Presa las Ruinas	0.0
15081	Represa el Alemán	0.0
15092	San Juan Ixhuatepec	1.5
15098	San Martín obispo	2.4
15099	San Mateo Acuitlapilco	1.8
15100	San Mateo Tecoloapan	0.4
15115	Santo Tomás Puente Colgante	1.0
15129	Tultepec	0.2

Fuente: SMN. Normales Climatológicas (<http://smn.cna.gob.mx>)

Figura 41. Peligro por tormentas de granizo



Fuente: Elaboración propia.

5.2.5 Tormentas de nieve

Las nevadas son un peligro meteorológico asociado a las bajas temperaturas. Para que una nevada pueda presentarse, es necesaria la conjugación de diferentes condiciones atmosféricas como humedad del aire elevada, temperaturas por debajo de los cero grados y corrientes de viento ascendentes.

Las nevadas en México tienen lugar en las zonas altas de los sistemas montañosos del centro y norte del país. En el Sistema Volcánico Transversal, ocurren con frecuencia este tipo de precipitación desde el volcán Pico de Orizaba hasta el Nevado de Toluca, aunque pueden abarcar áreas más amplias en algunos eventos.

El origen de las nevadas en Tultitlán son las tormentas severas cuya principal causa son los fenómenos conocidos como masas polares y frentes fríos. Se concentran en la época fría del año, aunque en ocasiones no es raro que se registren nevadas en los meses marzo y abril.

El índice de peligrosidad por nevadas a escala municipal es muy bajo y su incidencia es poco frecuente (CENAPRED, 2001). La última nevada que afectó al municipio referida tanto por la población local como en la bibliografía (CENAPRED, 2010), data de 1967, cuando condiciones climáticas atípicas provocaron nevadas en casi la mitad del país.

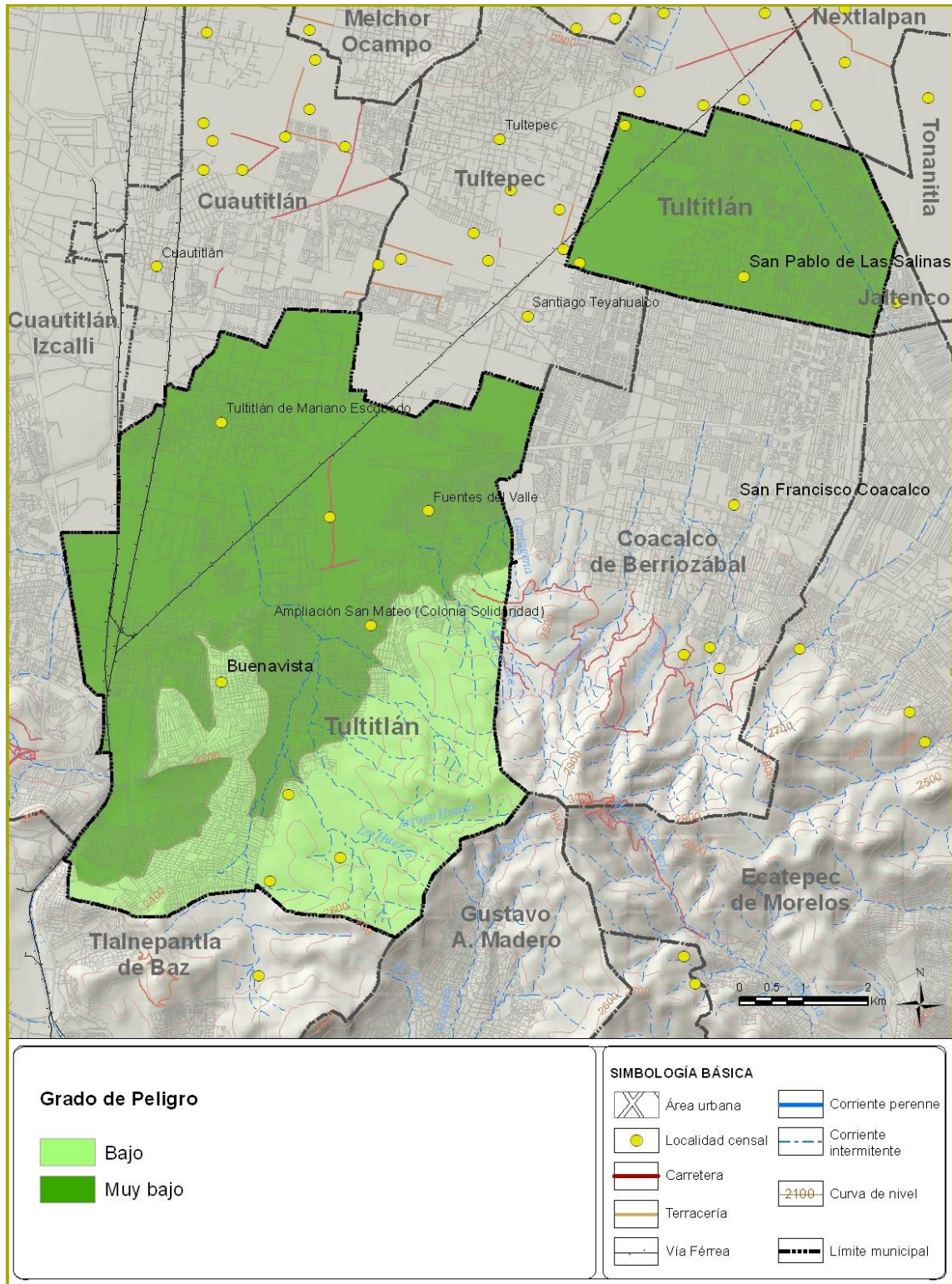
La probabilidad de ocurrencia de nevadas aumenta con la altitud del terreno. Las partes altas de la Sierra de Guadalupe son más sensibles a la amenaza por nevadas con relación a las partes bajas de la planicie aluvial.

Figura 42. Frecuencia de nevadas en la República Mexicana



Fuente: CENAPRED, 2010

Figura 43. Peligro por tormentas de nieve



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 Ciclonés tropicales

Dada la ubicación de la zona de estudio en la región centro del país, usualmente no se ve afectada por el impacto directo de huracanes, no obstante, se tiene una importante influencia periódica por los efectos meteorológicos y sus repercusiones ambientales, sociales, económicas, de los huracanes que se generan en los mares de la República Mexicana, tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico.

Los ciclones tropicales (conocidos también con los nombres de huracanes o tifones), constituyen uno de los fenómenos más intensos y peligrosos de la Tierra. Se originan normalmente en latitudes bajas (entre los 5 y 30 grados de latitud norte y sur) donde la temperatura del mar sobrepasa los 26 grados centígrados, estos sistemas meteorológicos requieren de dos condiciones esenciales para su desarrollo, humedad y altas temperaturas. Se caracterizan por una circulación circular de vientos de gran velocidad. Se subdividen en diferentes categorías en función de la velocidad de su Viento Máximo Sostenido en superficie (VMS): de acuerdo a la escala *Saffir-Simpson* para ciclones tropicales, estos se clasifican en las siguientes fases (Cenapred, 2007):

- a) Depresión Tropical: VMS menor a 63 km/h.
- b) Tormenta Tropical: VMS entre 63 y 118 km/h.
- c) Huracán: VMS mayor a 118 km/h.

La escala *Saffir-Simpson* define 5 categorías de huracanes basados sobre la velocidad del viento. Los huracanes de categoría tres y superiores son considerados huracanes mayores debido a su potencial para causar pérdidas significativas de vidas y daños. No obstante, los huracanes categorías uno y dos, también representan peligro por lo que deben tomarse medidas preventivas (<http://www.nhc.noaa.gov>).

Los tipos de daños posibles ocasionados en función de la velocidad de los vientos pueden consultarse en la siguiente tabla.

Tabla 34. Escala Saffir-Simpson para la Clasificación de Huracanes

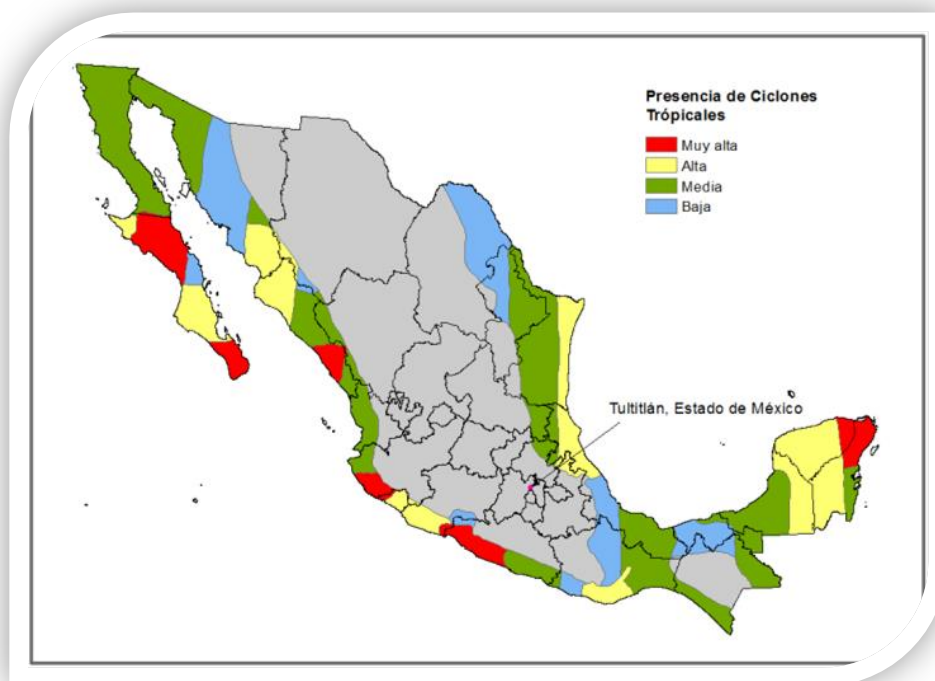
Categoría	Vientos Sostenidos (Km/h)	Tipos de Daños debido a la Velocidad de los Vientos
1	119-153	Vientos muy peligrosos producen algunos daños: casas con estructuras bien construidas podrían sufrir daños en techos, tejas, revestimientos de vinilo y en las canaletas. Grandes ramas de árboles pueden resquebrajarse y árboles con raíces superficiales pueden ser derribados. Extensos daños a líneas de alta tensión y postes posiblemente puedan dar lugar a cortes de energía.
2	154-177	Vientos extremadamente peligrosos causarán grandes daños: casas con estructuras bien construidas podrían sufrir grandes daños en techos y recubrimientos. Muchos árboles con raíces superficiales serán derribados y obstruirán numerosas carreteras. Casi total interrupción del suministro de energía eléctrica.
3	178-208	Se presentan daños devastadores. Casas con estructuras mal construidas pueden ser afectadas por la pérdida del techo y caída de paredes exteriores. Ventanas sin protección se rompen por el impacto de escombros. Casas con estructuras bien construidas pueden ser objeto de daños importantes, remoción de la cubierta de techos y tejados. Alto porcentaje de daños a techos y al revestimiento de edificios de apartamentos y edificios industriales. Pueden ocurrir daños aislados a estructuras de madera o acero, grandes edificios de mampostería no reforzada pueden colapsar. La mayor parte de señalizaciones, cercas y marquesinas son destruidas. Muchos árboles arrancados bloquean numerosas carreteras. Se interrumpen los servicios de electricidad y el agua potable.
4	209-251	Ocurren daños catastróficos. Alto riesgo de heridas y muerte de personas, ganado y mascotas debido a escombros que vuelan o caen. Casas pobremente construidas pueden sufrir el colapso de paredes y la pérdida de la estructura del techo. Casas bien construidas pueden presentar daños con pérdida de la mayor parte de la estructura del techo y/o algunas paredes exteriores. Puede ocurrir daño extensivo a recubrimiento de techos, puertas y ventanas. Se presenta un alto porcentaje de daños estructurales en los niveles superiores de edificios de apartamentos. Colapsa un alto porcentaje de edificios viejos no reforzados. Los vidrios de la mayoría de las ventanas vuelan por los aires. Casi todos los anuncios comerciales, cecas y marquesinas son destruidos. Muchos árboles son arrancados y postes de electricidad derribados dejando aisladas a las áreas residenciales. Interrupción de redes de servicios públicos.
5	252 km/h o más	Se presentan daños catastróficos. Personas, ganado y mascotas en alto riesgo de heridas o muerte por escombros volando. Un alto porcentaje de estructuras de casas son destruidas con el daño total de techos y caída de paredes. Daño extensivo a recubrimiento de techos, puertas y ventanas. Casi todas las ventanas sin protección y muchas ventanas con protección sufren daños. Daños significativos a techos de madera de establecimientos comerciales debido a la pérdida del recubrimiento de techos. Puede ocurrir el colapso completo de muchas estructuras viejas de metal. La mayoría de paredes sin cimientos de mampostería pueden caer lo cual puede conllevar al colapso de edificios. Un alto porcentaje de edificios de apartamentos de poca altura pueden ser destruidos. Casi la totalidad de anuncios comerciales, cercas y marquesinas son destruidos. Casi todos los árboles son arrancados y casi todos los postes de electricidad son derribados dejando aisladas a las áreas residenciales. Interrupción de redes de servicios públicos. Demora en la operación de los servicios públicos. La mayoría de áreas quedan inhabitables por semanas o meses.

Fuente: <http://www.nhc.noaa.gov>.

México se encuentra en la Región II Pacífico Este (*Eastern Pacific*) de acuerdo a la zonificación de la Organización Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization, WMO*).

De acuerdo a la zonificación del CENAPRED del territorio nacional en función de la presencia de huracanes, el municipio de Tultitlán no se encuentra en alguna de las categorías definidas: muy alta, alta, media y baja presencia de huracanes. Lo anterior obedece al factor de continentalidad (el Estado de México se localiza a una distancia considerable de las zonas costeras) y por razones topográficas, debido a que las cadenas montañosas del territorio nacional debilitan la intensidad de estos fenómenos.

Figura 44. Presencia de ciclones tropicales en México



Fuente: CENAPRED. 2002_a. Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México

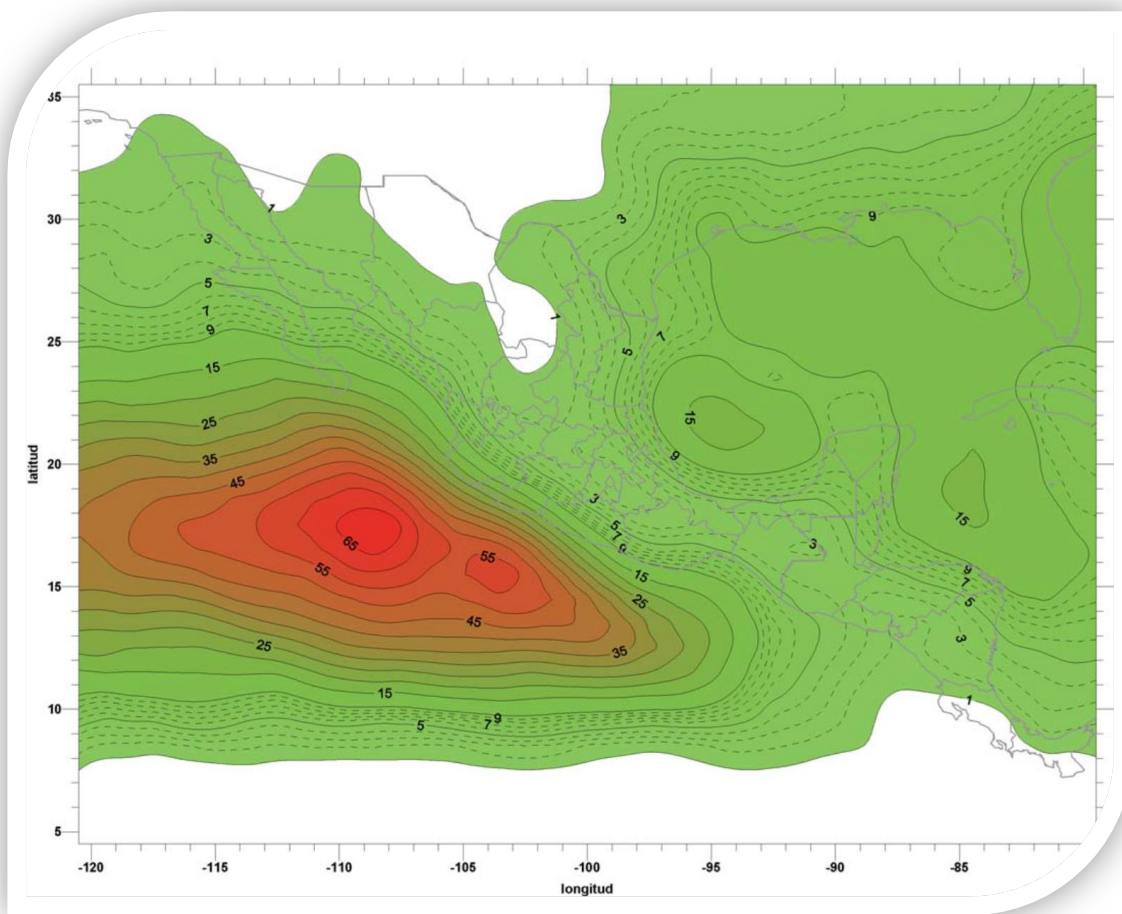
En la segunda mitad del siglo XX, el Distrito Federal y porciones de los estados de México, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Querétaro, fueron afectados directamente por dos sistemas tropicales (CENAPRED. 2002_a). La densidad de estos fenómenos meteorológicos para el centro del país es menor con relación al territorio nacional ubicado al oriente, sur y poniente del mismo, solo los estados centrales del norte del país tienen una presencia inferior.

Tabla 35. Sistemas tropicales que han afectado al Estado de México, 1851 – 2010

Nombre	Fecha	Vientos máximos sostenidos (Km/h)	Categoría
COSME	1989-06-22	74.13	Tormenta Tropical
DEBBY	1988-09-03	64.864	Tormenta Tropical

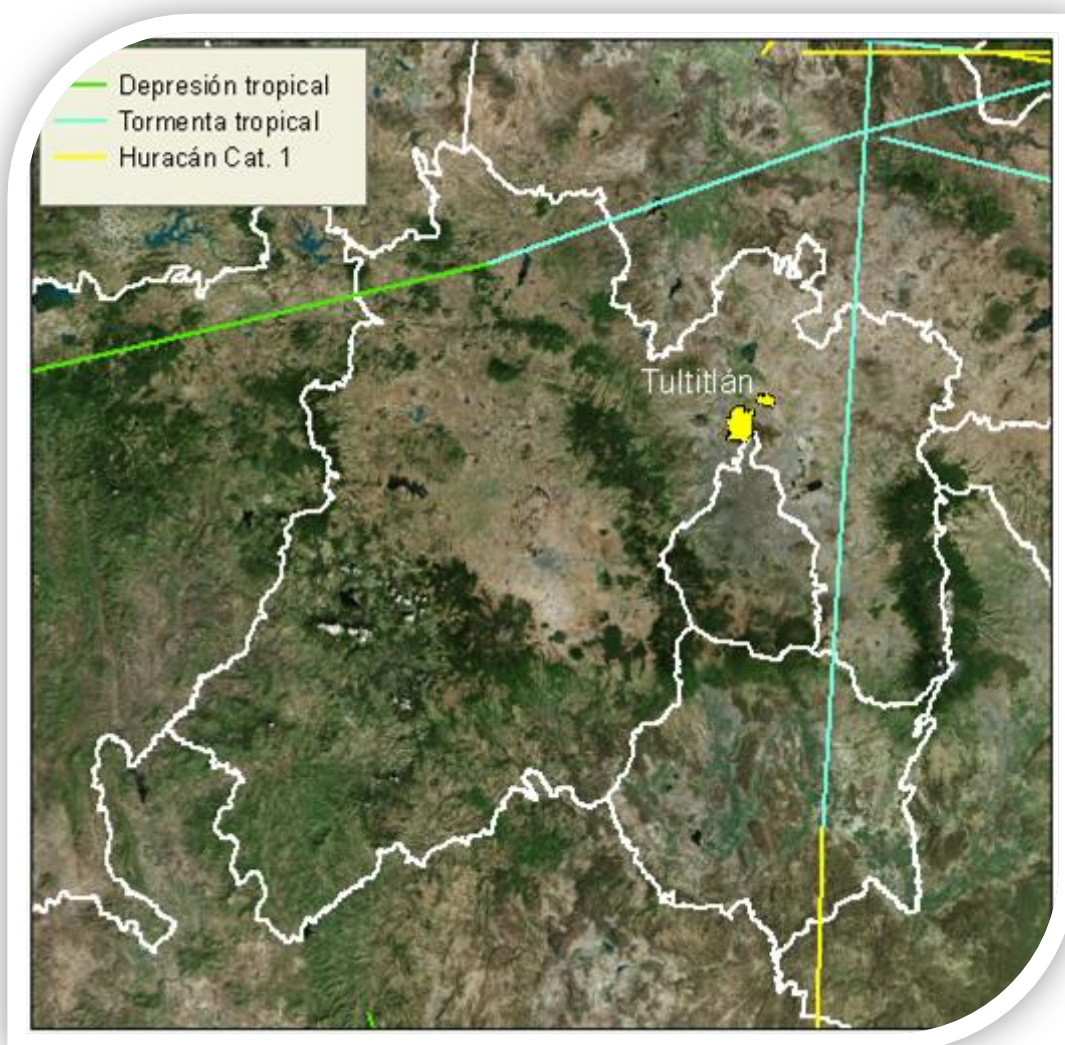
Fuente: Elaborado a partir de datos del NCDC (National Climatic Data Center). www.ncdc.noaa.gov.

Figura 45. Distribución del número de tormentas tropicales y huracanes de 1949 a 2000



Fuente: CENAPRED. 2002_a. Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México

Figura 46. Rutas de ciclones tropicales periodo 1851 – 2010 en el entorno del municipio de Tultitlán



Fuente: Elaborado a partir de datos del NCDC (National Climatic Data Center). www.ncdc.noaa.gov.

En el Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México (CENAPRED. 2002_a), el Estado de México es considerado como un área marginal de fin de las trayectorias de huracanes tanto de fenómenos con origen en el Océano Atlántico como en el Océano Pacífico.

La totalidad del territorio municipal presenta un grado de peligro muy bajo por la presencia de huracanes.

5.2.7 Tornados

Los tornados son un fenómeno meteorológico muy poco estudiado en México, el monitoreo, los catálogos y registros históricos son aun incipientes y poco consistentes.

CENAPRED (2010) define a los tornados como una perturbación atmosférica violenta en forma de vórtice, el cual aparece en la parte inferior de una nube de tipo cumuliforme (*cúmulos* y *cumulonimbos*) resultado de una gran inestabilidad atmosférica, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan a gran velocidad, en sentido contrario a la manecillas del reloj alrededor de éste. Los tornados se forman en presencia de tormentas severas, particularmente, cuando chocan masas de aire con diferentes características físicas de densidad, temperatura, humedad y velocidad. Un tornado tiene una apariencia similar a un enorme remolino, constituye una espiral usualmente de color blanco o gris claro, con tonos más oscuros en su base cerca del suelo, por las partículas de polvo y escombros que son succionados.

Debido a que en ocasiones estos fenómenos pueden ser confundidos con los remolinos, en la siguiente tabla se muestran sus principales diferencias.

Tabla 36. Diferencias entre Tornado, Huracán y Remolino

	Tornado	Remolino
Origen	Se origina sobre la superficie de la Tierra o en un cuerpo de agua. Se desarrolla por una inestabilidad atmosférica.	Se desarrollan sobre la superficie de la Tierra, cuando dos corrientes superficiales de aire chocan (derivado de las altas temperaturas lo que origina el almacenamiento de grandes cantidades de energía).
Latitud	Se forman entre 15° y 50° Norte y Sur.	Se forman sobre tierra a cualquier latitud.
Velocidad del viento(Km/h)	La velocidad del viento varía entre 60 y 420 km/h, en algunos casos excede los 500 km/h.	La velocidad del viento no excede de 20 km/h.
Diámetro	El promedio es de 250 metros, oscilando entre los 100 metros y 1 Kilometro	Es muy variable, puede ser de 1 a 100 metros.
Ciclo de vida	Los tornados tienen una duración que va desde unos minutos a algunas horas en casos muy excepcionales.	Los remolinos se manifiestan en periodos cortos de duración de segundos a minutos.
Asociados a otros fenómenos	Se producen en conexión con líneas de inestabilidad, frentes o nubes de tormentas. Los puede originar un huracán.	No están asociados a ningún frente o nube de tormenta

Fuente: CENAPRED, 2010

Los tornados pueden provocar daños diversos a las personas y sus bienes. La fuerza del viento ocasiona el movimiento a gran velocidad de los escombros succionados los cuales actúan como proyectiles y pueden causar serios daños al impactarse con viviendas, ventanas, automóviles e incluso personas. La

propia fuerza del viento es capaz de romper cristales y arrancar árboles de raíz así como lanzar por los aires objetos pesados como láminas, postes o vehículos.

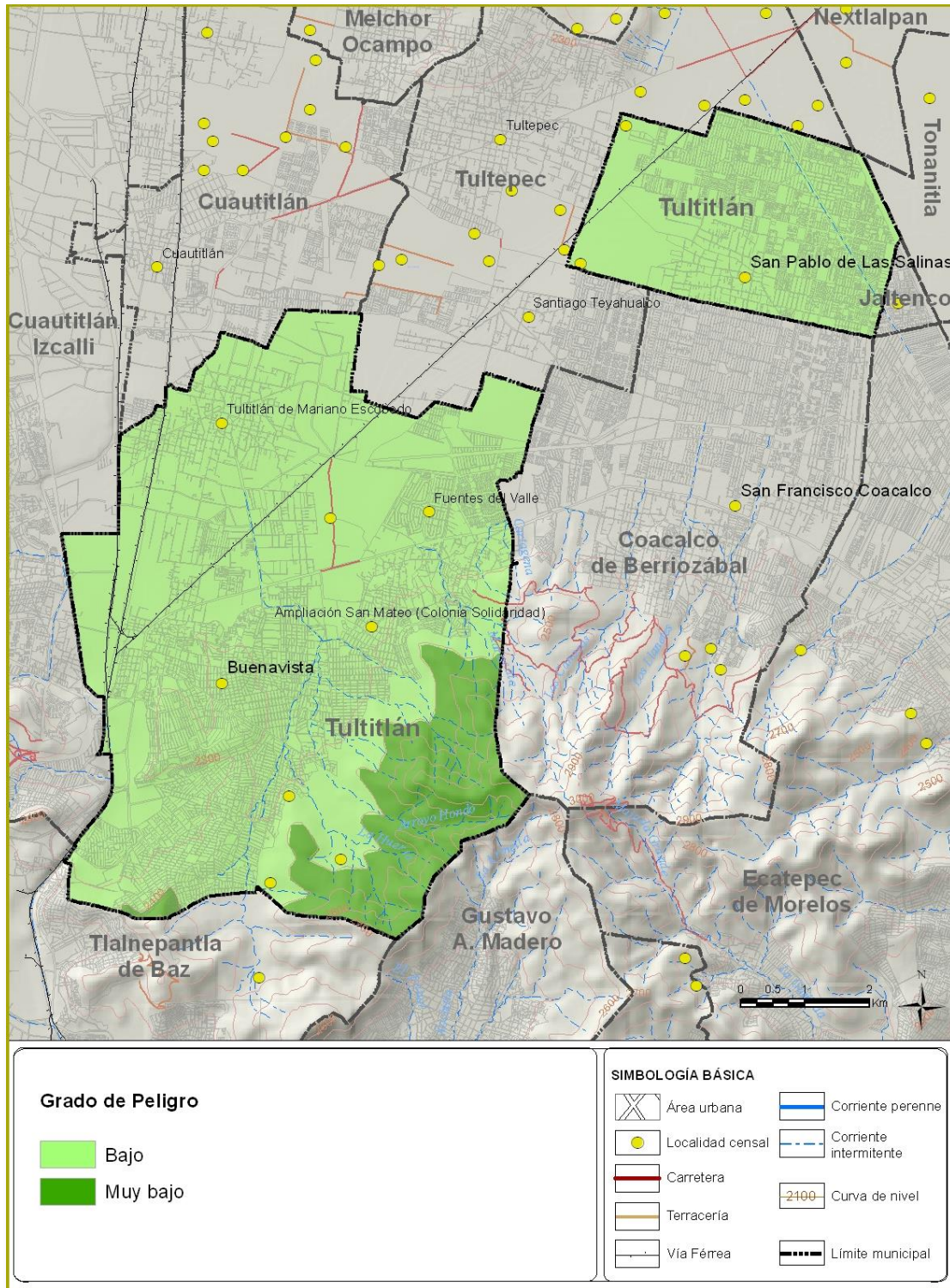
A nivel nacional los tornados tienen una distribución heterogénea (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>), los registros históricos cubren casi toda la geografía nacional (Macías y Avendaño, 2013), en la bibliografía se destacan la intensidad y poder destructivo del tornado registrado en Piedras Negras Coahuila, en Abril de 2007 y la presencia histórica de este fenómeno en la capital del país (CENAPRED, 2010; Macías y Avendaño, 2013).

El Estado de México es la entidad con mayores registros de tornados a nivel nacional. No obstante, lo anterior puede deberse a que en algunas regiones pueden presentarse en sitios aislados o desahitados por lo que no son reportados y/o registrados (Macías y Avendaño, 2013).

El Atlas Nacional de Riesgos no reconoce eventos de tornados para el municipio de Tultitlán, no obstante, si reporta registros para los municipios vecinos de Tlalnepantla de Baz y Coacalco de Berriozábal (Estado de México) y para las Delegación Gustavo A. Madero, Cuauhtemoc, Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón, Benito Juárez e Ixtapalapa (Distrito Federal). La presencia de la Sierra de Guadalupe como barrera orográfica, puede ser un factor que contribuya a debilitar la velocidad del viento y por tanto, a inhibir el desarrollo de tornados.

Debido a las consideraciones anteriores se definió un grado de peligro bajo y muy bajo por tornados en el municipio de Tultitlán.

Figura 47. Peligro por tornados



Fuente: Elaboración propia.

5.2.8 Tormentas eléctricas

La génesis de las precipitaciones en la región donde se encuentra enclavado Tultitlán deriva de los sistemas meteorológicos que dan lugar a tormentas intensas, principalmente en el periodo comprendido entre los meses de mayo y noviembre debido al aporte de humedad proveniente de ambos océanos, así como de la existencia de bajas presiones sobre la región centro del país, condiciones que favorecen el desarrollo de lluvias. En la época más cálida del año, la presencia de núcleos convectivos apoyados por el calentamiento de la superficie coadyuva al potencial de lluvias.

Las tormentas eléctricas son fenómenos meteorológicos los cuales se forman cuando la atmósfera esta inestable, es decir, en una situación en que se producen movimientos importes de aire en sentido vertical. Lo anterior ocurre cuando en la parte alta de la troposfera el aire es más frío de lo normal, por debajo del punto de rocío, debido al paso de un frente frío o a sistemas de baja presión. Las tormentas eléctricas tienen lugar cuando existen nubes de tipo *cumulonimbus* y normalmente aparecen acompañadas por fuertes vientos y lluvias, aunque también pueden producirse rayos y truenos sin presencia de precipitaciones.

Los rayos o relámpagos, normalmente manejados como sinónimos, se generan por diferencias de la carga eléctrica entre nubes o entre una nube y la tierra. Como trueno se entiende al sonido producido por la expansión brusca del aire calentado por la descarga eléctrica.

Las descargas nube-tierra pueden representar un peligro para la población, equipamiento e infraestructura, mientras que aquellas nube-nube pueden afectar las telecomunicaciones y el transporte aéreo. Las descargas eléctricas de una tormenta tienen el potencial para herir o causar el deceso de personas y animales ya sea de forma directa o indirecta, provocar incendios forestales, cortes de energía eléctrica, daños a aparatos eléctricos y son asimismo una causa común de accidentes aéreos.

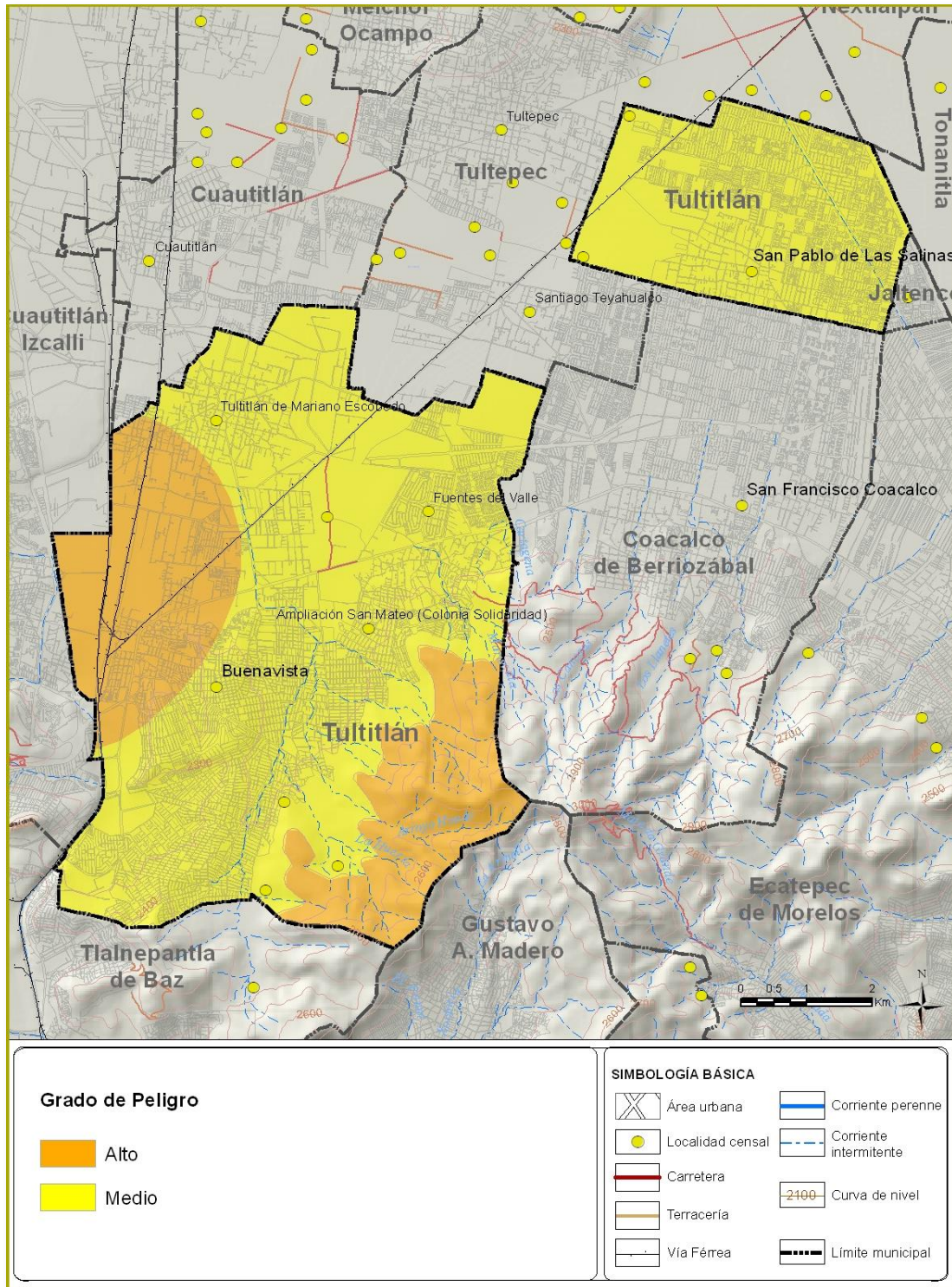
En México, el mayor índice de tormentas eléctricas ocurre en las sierras Madre Occidental, Madre Oriental, Madre del Sur, Madre de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal. Su distribución temporal está centrada en los meses que registran mayores lluvias en el país, mayo-octubre y con mayor frecuencia en las horas de la tarde-noche.

La categorización del nivel de peligro municipal por presencia de tormentas eléctricas del Atlas Nacional de Riesgos, le confiere a Tultitlán un nivel alto, no obstante, a nivel local se tienen diferencias importantes.

De acuerdo a datos del Servicio Meteorológico Nacional (<http://smn.cna.gob.mx>) y del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2009), en Tultitlán se registran en promedio entre 1 y 6 tormentas eléctricas anuales. La incidencia de tormentas eléctricas fluctúa entre 1 y 4 en la parte alta de la Sierra de Guadalupe, en la zona oriente y gran parte del centro, este valor se incrementa al poniente en la región de las colonias Lechería, Independencia y Barrio La Concepción.

Existe por lo tanto, en función de las fuentes oficiales consultadas, niveles de peligro, alto y medio por la presencia de tormentas eléctricas en Tultitlán.

Figura 48. Peligro por tormentas eléctricas



Fuente: Elaboración propia.

5.2.9 Lluvias extremas

La precipitación tiene una variabilidad espacio temporal natural, incluso la cantidad de lluvia que cae en un determinado lugar tiene en ocasiones importantes variaciones plurianuales derivadas de fenómenos que afectan el régimen hidroclimático como “El Niño”.

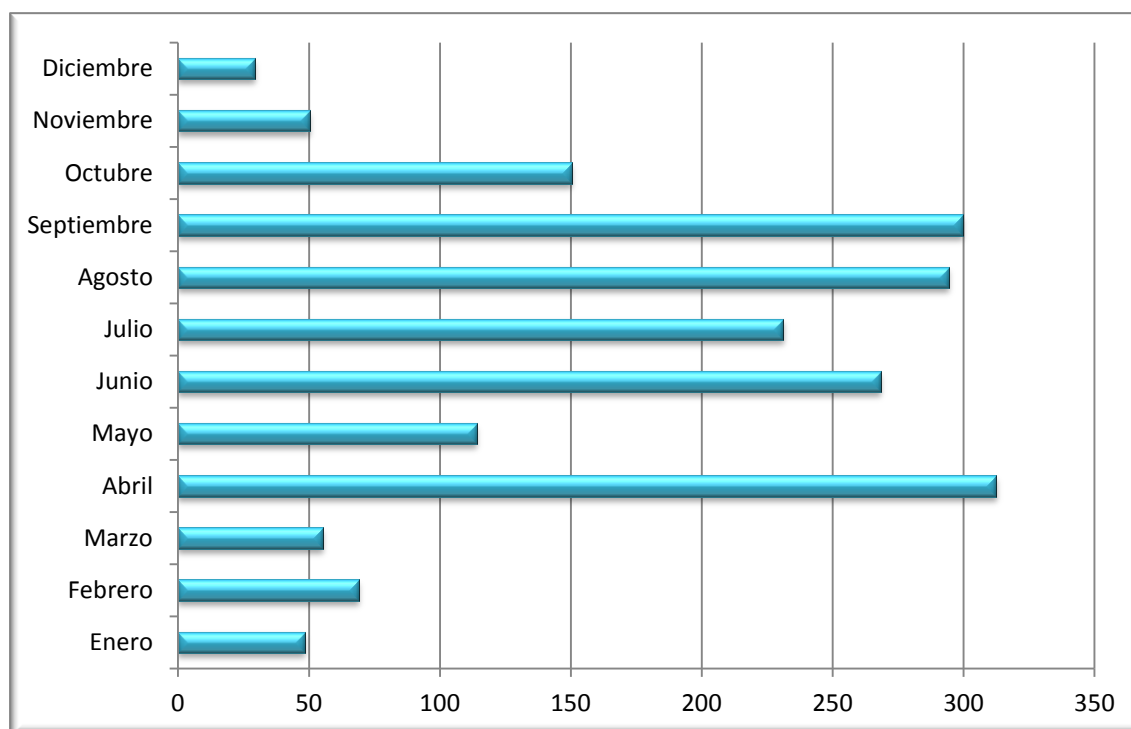
Es de sobra conocida la importancia de la precipitación dentro de los ciclos naturales que afectan directamente la vida en el planeta y por supuesto, la existencia y el progreso de los grupos humanos. Sin embargo, el exceso de precipitaciones puede tener consecuencias negativas para el hombre y sus bienes. Los daños causados por las precipitaciones intensas incluyen inundaciones, deslizamientos de laderas, derrumbes, flujos de lodo y detritos, lo cual puede repercutir desde problemas viales en zonas urbanas, pérdida de infraestructura y aislamiento de comunidades hasta la muerte de personas por la serie de fenómenos que desencadenan.

En México, existen grandes variaciones en los volúmenes de precipitación y en su disponibilidad anual. Las zonas que reciben mayor cantidad de lluvia son el sureste mexicano, la región del golfo y en menor medida en el pacífico sur. En las grandes cadenas montañosas del país también caen cantidades de lluvia apreciables. Los sitios menos húmedos se ubican en los estados del norte así como en la mesa central. Aunque la tendencia es que las zonas donde usualmente se registran lluvias más copiosas presentan mayor susceptibilidad a la ocurrencia de lluvias extremas, estas pueden tener lugar en lugares secos o semidesérticos.

Para evaluar la intensidad de la precipitación pluvial en un determinado sitio, usualmente se emplean indicadores como son la cantidad de lluvia que se registra en un período específico de tiempo, usualmente 1 hora y 24 horas.

Las lluvias extremas en el municipio de Tultitlán son una consecuencia de las tormentas severas de diferentes tipos. En principio, las precipitaciones orográficas que se presentan en la mayor parte del centro del país debido al desplazamiento de humedad de ambos océanos a causa de los sistemas tropicales que tienen lugar entre los meses de mayo y noviembre. Este es el origen principal de las precipitaciones pluviales en el municipio. Asimismo, en la época cálida del año, se producen procesos convectivos por el calentamiento de masas de aire cerca del suelo, mismas que al ascender se enfrían y si la humedad del aire es alta, se produce la condensación y la precipitación. Finalmente, cuando se presenta un choque entre masas de aire de diferentes temperaturas y presiones, como ocurre en la época fría del año desde los meses de octubre a marzo, se registran lluvias de convergencia.

Gráfico 12. Precipitación máxima mensual (mm)



Fuente: SMN. Normales Climatológicas. Estación Meteorológica 15098 San Martín Obispo.

Históricamente, el mes que registra mayores precipitaciones máximas es abril, seguido por septiembre, agosto y junio, los registros más bajos se tienen en diciembre, noviembre, enero y marzo.

En el municipio de Tultitlán, las lluvias extremas pueden presentarse en dos modalidades, en primer lugar, se tienen las lluvias torrenciales (líneas de chubasco) que pueden o no ir acompañadas de ráfagas de viento y actividad eléctrica. Estas son relativamente de corta duración por lo que el principal peligro deriva de la acumulación de agua en poco tiempo, debido a que se sobrepasa la capacidad de absorción de agua de los materiales superficiales de la tierra y debido también a que se excede la capacidad de la infraestructura para desalojar el agua, dando lugar a la ruptura de tuberías y/o al encharcamiento superficial. Por otro lado, pueden registrarse fuertes lluvias o lluvias ligeras de larga duración, de varias horas e incluso días lo cual además de inundaciones, provoca la saturación de agua del suelo y de los materiales superficiales del terreno, creando inestabilidad y generando amenazas de deslizamientos, flujos o hundimientos entre otros procesos.

La problemática de las lluvias extremas en Tultitlán se ve agravada por el relieve plano en la mayor parte del municipio, por los altos niveles de urbanización y la creciente ocupación de las laderas de la Sierra de Guadalupe. La conjugación de estos factores propicia que el riesgo por tormentas extremas en Tultitlán sea elevado.

Tabla 37. Valores máximos de precipitación mensual en estaciones meteorológicas del entorno de Tultitlán

Clave	Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
9025	Hacienda la Patera	40.2	21	62	63	44	83.3	40.5	47.5	48	80.8	20	19
9017	Cuautepec Barrio Bajo	21.5	17.6	46.9	38	87.9	50	65	55	47	69.5	30.9	31.6
15013	Calacoaya	36.5	19	37	49.8	51.6	141.1	58	56.5	76.8	79	25.2	10.3
15022	Chiconautla	40	40	38.3	38.3	49.4	48.9	59	86.9	80	65.7	20.5	25.9
15040	Gran canal km 02+120 bombas	42	15	29	30	38.5	53.5	40	35.1	63	51.5	21.4	13.4
15041	Gran canal km 27+250	41	37.7	48.4	52.4	52.6	55.1	61.6	72.1	76.5	68.5	46.7	12
15047	Las Arboledas	20	38	39.5	35.5	43.5	74	63	66	109.5	68.5	41.5	14.7
15073	Presa Guadalupe	36	29.3	29.5	43	75	66.2	78.9	67	101	62	30	19.5
15075	Presa las Ruinas	20.4	22	27.5	41.7	54.5	75	76.5	50.3	60.5	60	30	14
15081	Represa el Alemán	17.8	26.1	27.5	37	43.5	76.5	55	46	60	52.8	19.4	24.7
15092	San Juan Ixhuatpec	35	16.5	33.2	41	29.9	42.7	51	69	44.5	62.3	18.1	19
15098	San Martín Obispo	29.5	22.4	33.2	22	66.3	59.4	53.5	73.7	63.1	56.3	36.6	18
15099	San Mateo Acuitlapilco	40	27	45	94	65	90	49.5	73	80.3	93	35	25
15100	San Mateo Tecoloapan	22	19	42.4	25	49	69	75	58	80	56	15	16
15115	Santo Tomás Puente Colgante	35	25	31	40	40	51	51	60	65.1	50	61.2	21.8
15129	Tultepec	25.6	22.5	35.3	65.6	65.1	68.7	57.5	58.5	50.2	92.4	39.2	15.2

Fuente: SMN. Normales Climatológicas

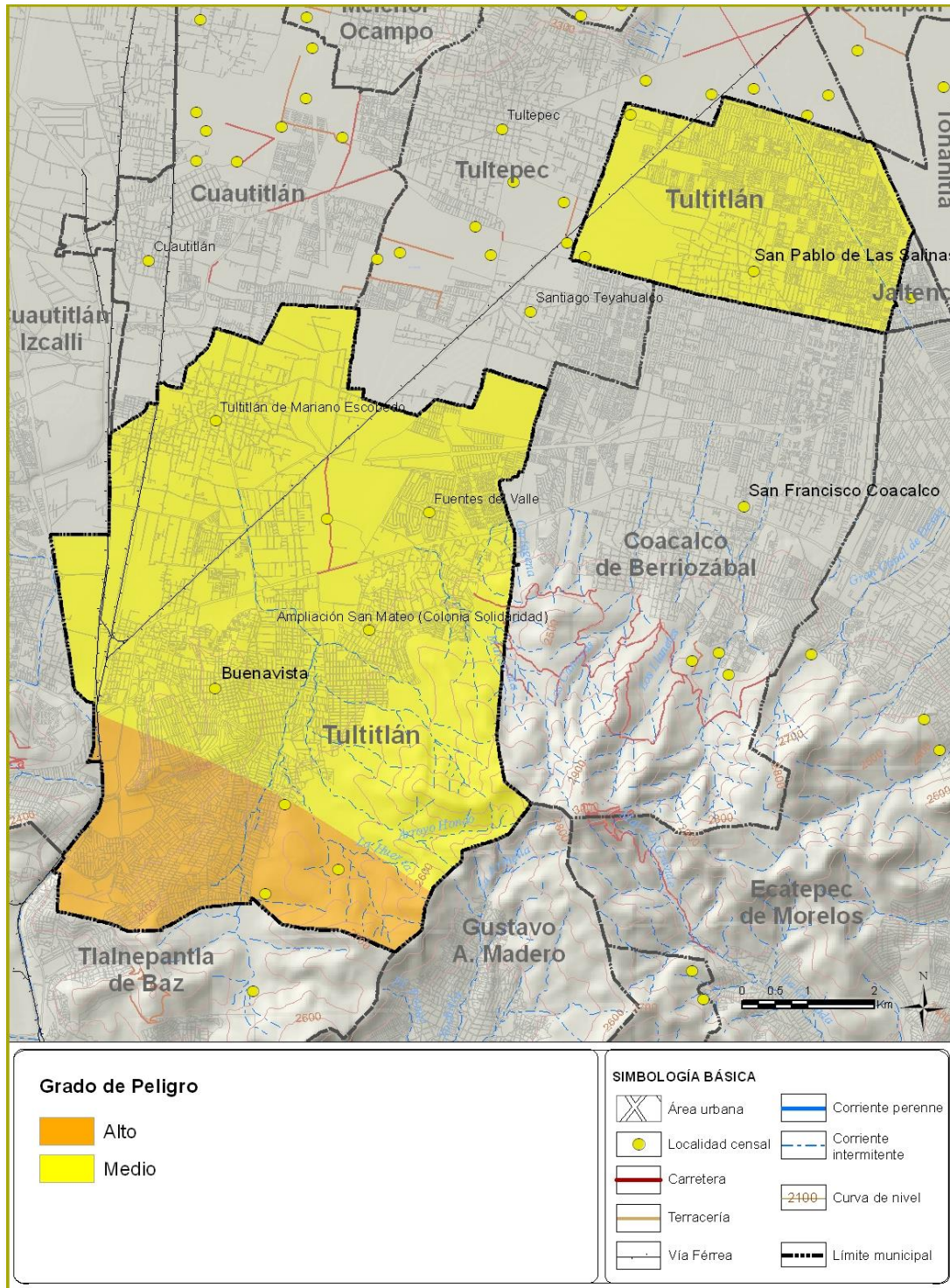
El registro máximo histórico de precipitación pluvial en un solo día de las estaciones circundantes a Tultitlán se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38. Registro máximo histórico de precipitaciones registradas en 24 horas

Clave	Nombre	Precipitación Máxima Histórica (mm)
9025	Hacienda la Patera	83.3
9017	Cuautepec Barrio Bajo	87.9
15013	Calacoaya	141.1
15022	Chiconautla	86.9
15040	Gran canal km 02+120 bombas	63
15041	Gran canal km 27+250	76.5
15047	Las Arboledas	109.5
15073	Presa Guadalupe	101
15075	Presa las Ruinas	76.5
15081	Represa el Alemán	76.5
15092	San Juan Ixhuatepec	69
15098	San Martín Obispo	73.7
15099	San Mateo Acuitlapilco	94
15100	San Mateo Tecoloapan	80
15115	Santo Tomás Puente Colgante	65.1
15129	Tultepec	68.7

Fuente: SMN. Normales Climatológicas

Figura 49. Peligro por lluvias extremas



Fuente: Elaboración propia

5.2.10 Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres

En el municipio de Tultitlán tienen lugar inundaciones de origen pluvial y fluvial. Las inundaciones pluviales son consecuencia de precipitaciones intensas o prolongadas, normalmente lluvia, derivadas de eventos meteorológicos extremos. Las causas de la génesis de lluvias extremas son explicadas en el apartado anterior. Las inundaciones fluviales se presentan cuando se incrementa el caudal de las corrientes superficiales de agua (ríos, arroyos) y anegan los terrenos adyacentes, normalmente se presentan también por efecto de precipitaciones intensas.

Una inundación se define como la acumulación de niveles extraordinarios de agua, sobre terrenos normalmente planos y de poca elevación con respecto al nivel medio de agua presente en los receptáculos naturales y artificiales circundantes a una región (CENAPRED, http://www.cenapred.unam.mx/es/Glosario/Glosario_1.php). Los eventos que detonan las inundaciones son las lluvias, oleaje, marea de tormenta o fallas de estructuras hidráulicas.

Como muchos otros fenómenos, la anegación de zonas adyacentes a cuerpos de agua o terrenos planos de materiales superficiales poco permeables, ha sido una constante a través de la historia del planeta, constituyen fenómenos que forman parte de la dinámica física de la tierra. No obstante, el incremento de la población y la expansión de asentamientos y actividades humanas han conllevado la ocupación de áreas susceptibles a estos eventos provocando afectaciones periódicas a la población y sus bienes. Asimismo, la frecuencia y magnitud de las inundaciones se ha incrementado por la degradación de las cuencas hidrográficas (cambio de uso del suelo, erosión, pavimentación).

Las inundaciones están entre los fenómenos que mayores desastres ocasionan a nivel mundial, con la consecuente pérdida de vidas humanas así como daños diversos al patrimonio de las personas (pérdida de viviendas, mobiliario); afectaciones a la salud (principalmente enfermedades gastrointestinales por el contacto con aguas residuales) y; daños económicos (pérdida de cultivos y ganado, interrupción de las comunicaciones terrestres, afectación de infraestructura productiva).

En el municipio de Tultitlán el fenómeno de inundación es considerado uno de los más devastadores por sus niveles de afectación. Las condiciones geomorfológicas, hídricas, climáticas y urbanas de la zona donde se sitúa Tultitlán lo hacen altamente susceptibles a esta clase de amenaza natural. Las áreas generalmente afectadas son las planicies lacustres y aluviales donde se encuentra mayormente asentada la población.

La presencia de inundaciones en el municipio puede explicarse por tres factores centrales:

1. La existencia del sistema montañoso al sureste de Tultitlán, mismo que se extiende a los municipios vecinos, cuyos escurrimientos estacionales anegan las partes bajas. Los volúmenes de agua superficial se incrementan cuando ocurren precipitaciones intensas, una vez alcanzado el nivel de saturación del suelo, el agua excedente se desplaza sobre la superficie en función de los gradientes de pendiente del terreno.

2. Las características del drenaje natural que dificultan el desalojo de agua del municipio. Tultitlán forma parte de la Cuenca de México, el agua en esta cuenca cerrada tiende a acumularse y formar lagos, en estos, los sedimentos depositados en su fondo forman superficies horizontales o con inclinaciones muy ligeras. El origen lacustre de la planicie de Tultitlán explica su relieve casi plano así como las dificultades de flujo del agua superficial, es decir, debido a su tipo de relieve y a su ubicación en una cuenca cerrada lo natural en la planicie del municipio, como en aquellas áreas que formaron parte de lagos en el pasado en esta región del país, es que el agua se acumule.
3. Las alteraciones al entorno, principalmente la urbanización y la deforestación. En una zona de drenaje deficiente, los materiales poco permeables que cubren el terreno, producto de la urbanización, limitan la infiltración del agua y generan encharcamientos en la superficie. Adicionalmente en la Sierra de Guadalupe, la escorrentía superficial ha aumentado como consecuencia de la deforestación e incendios forestales.



Zona inundable en la calle Ex- Hacienda Los Portales, Colonia Jardines de Tultitlán.



Planicie del municipio de Tultitlán vista desde la Sierra de Guadalupe.

La estrategia de manejo y evacuación de agua del municipio ha sido la construcción de un sistema de canales, que confinan el agua y la conducen a otros colectores regionales del Valle de México. El drenaje natural de Tultitlán ha sido ampliamente modificado especialmente en la zona plana del municipio, por medio de la construcción de canales. Los cauces naturales formados una vez registrado el proceso de regresión de las aguas del lago, han desaparecido a causa del desarrollo urbano. La pendiente ligeramente inclinada de la planicie aluvial y lacustre drena la superficie municipal hacia el norte-noreste.

Tanto los canales como otros elementos de infraestructura de drenaje (cárcamos, alcantarillas, presas para el control de avenidas, muros de contención) han resultado ser insuficientes para evitar inundaciones en múltiples sitios del municipio. Paradójicamente, algunas acciones para evitar inundaciones en un sitio pueden a su vez producir este tipo de problemática en otro lugar. Hasta un total de 83 demarcaciones urbanas de Tultitlán (colonias, barrios, condominios, etc.), son afectadas en alguna porción de su territorio por inundaciones.

La identificación de la amenaza de inundaciones se realizó a partir del análisis de registros históricos de la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM) y del organismo municipal de agua potable y alcantarillado (APAST), a través de la modelación de las pendientes del terreno en Sistemas de Información Geográfica, recopilación de estudios científicos, análisis de microcuencas, entrevistas con la población y trabajo de campo.

En la siguiente tabla se muestra un compendio de los registros de las principales inundaciones ocurridas en el municipio de Tultitlán (CAEM, APAST), incluye la altura máxima alcanzada por el agua, causas y daños por cada uno de los eventos.

Tabla 39. Registro de inundaciones históricas

Año/mes/día	Superficie	Colonia	Calles y entrecalles	Tirante que alcanzo el agua	Causas	Afectaciones	Observaciones
2012-08-30	0.126 Km2	Izcalli del Valle (Zona Industrial) y Valle de Tules	Al norte Avenida Industrias, al sur Faisanes, al oriente Avenida de las Alamedas, al poniente Patos	En vialidad 60cm, en interiores 25cm	Precipitación pluvial extraordinaria, bajada de aguas broncas de laderas e infraestructura hidráulica insuficiente	Población (928 habitantes), Casa habitación (40), Edificios público (1), Industria (5)	
2011-08-30	0.011 Km2	Ampliación Buenavista	Al norte Alcatraces y Las Torres, al sur Reforma, al oriente Hortensias, al poniente Violetas	En vialidad 80cm, en interiores 80cm	Precipitación pluvial extraordinaria, desbordamiento de cauces e infraestructura hidráulica insuficiente	Población (168 habitantes), Casa habitación (42), Edificios público (1)	
2006-10-14	203000 m2	Mariano Escobedo	Al norte Francisco Villa, al sur Mariano Escobedo, al oriente Vía José López Portillo, al poniente Ramón Corona	En vialidad 30cm, en interiores 15cm	Infraestructura hidráulica insuficiente, falta de mantenimiento, precipitación pluvial extraordinaria, bajada de aguas broncas de laderas y topografía de la zona	Población (3185 habitantes), Casa habitación (637), Local comercial (60)	Por su ubicación geográfica y su desnivel topográfico las aguas pluviales que ocurren por el pavimento de las avenidas Boulevard Reforma y Las Torres, cruzan la vía José López Portillo generando inundación en la colonia Mariano Escobedo
2006	84000 m2	Barrio Belem	Al norte Manuel Gutiérrez Nájera, al sur Prol. Manuel Acuña, al oriente Salvador Díaz Mirón , al poniente Texcoco	En vialidad 30cm, en interiores 15cm	Falta de mantenimiento, precipitación pluvial extraordinaria e infraestructura hidráulica insuficiente	Población (300 habitantes), Casa habitación (60), Local comercial (12)	Se requiere la construcción de la red de drenaje, que una la infraestructura de drenaje de la calle Manuel Acuña a la más cercana factible (Amado Nervo)
		Circuito Exterior Mexiquense			Precipitación pluvial extraordinaria y falta de cultura de la población		
2006-10-14	375000 m2	Barrio San Juan	Al norte Nicolás Bravo, al sur Prol. Adolfo de la Huerta, al oriente Mariano Paredes, al poniente Boulevard Tultitlán Oriente	En vialidad 30cm	Infraestructura hidráulica insuficiente, falta de mantenimiento y precipitación pluvial extraordinaria	0	La precipitación pluvial extraordinaria sobrepasó la capacidad de bombeo en el cárcamo San Juan, provocando encharcamientos a nivel de banquetas
2011-08-30	0.273Km2	Bosques de Tultitlán, Cueyamil	Al norte del Río, al sur Jesús Moreno, al oriente Los Reyes, al poniente Álamo	En vialidad 80cm, en interiores 80cm	Precipitación pluvial extraordinaria, desbordamiento de cauces e infraestructura hidráulica insuficiente	Población (2020 habitantes), Casa habitación (510), Edificios público (1)	
2012-07-17	0.004Km2	Lázaro Cárdenas	Al norte Recursos Hidráulicos, al sur Capulines, al oriente Recursos Hidráulicos, al poniente Boulevard Benito Juárez	En vialidad 60cm, en interiores 40cm	Precipitación pluvial extraordinaria, desbordamiento de cauces	Población (44 habitantes), Casa habitación (10)	

2006	252000m2	Zona Industrial Izcalli del Valle	Al norte Vía José López Portillo, al sur Canarios y Mirlos, al oriente Av. De las Rosas, al poniente Av. Valle de las Alamedas	En vialidad 60cm, en interiores 25cm	Infraestructura hidráulica insuficiente, precipitación pluvial extraordinaria y bajada de aguas broncas de laderas	Población (1600 habitantes), Industria (8)	La zona afectada es el único acceso a cinco colonias, impidiendo el libre tránsito a más de 50000 habitantes
2011-08-28		Los Agaves	Al norte Camino sin nombre No. 28, al sur San Antonio, al oriente Fraccionamiento Portales, al poniente de las masa	En vialidad 80cm, en interiores 80cm	Precipitación pluvial extraordinaria, bajada de aguas broncas de laderas e infraestructura hidráulica insuficiente	Casa habitación (1195), local comercial (11)	
		Los Reyes			Precipitación pluvial extraordinaria y falta de cultura de la población		
2011-02-04	0.086 km2	COCEM	Al norte Lote 3, al sur López Portillo, al oriente Horacio Correa, al poniente Boulevard Tultitlán Poniente	En vialidad 80cm, en interiores 60cm	Precipitación pluvial extraordinaria, bajada de aguas broncas de laderas e infraestructura hidráulica insuficiente	Población (800 habitantes), Casa habitación (200), Industria (1)	
Varias	57000 m2	Bello Horizonte, Vía José López Portillo	Al norte Vía José López Portillo, al sur Vía José López Portillo, al oriente Av. Estado de México, al poniente Duraznos	En vialidad 25cm, en interiores 0cm	Infraestructura hidráulica insuficiente, falta de mantenimiento, precipitación pluvial extraordinaria, bajada de aguas broncas de laderas y topografía de la zona	0	Esta zona se encuentra en un punto bajo sobre la vía José López Portillo, inundándose los cuatro carriles de un sentido en presencia de precipitaciones pluviales extraordinarias y en ocasiones afectando el sentido contrario, lo cual causa la disminución de velocidad de los vehículos, generando congestionamientos viales
2006	9000 m2	Santa María Cuauhtepac	Al norte Vía José López Portillo, al sur Vía José López Portillo, al oriente Arq. Antonio Flores Torres, al poniente Rancho Santa María	En vialidad 30cm, en interiores 0cm	Infraestructura hidráulica insuficiente, precipitación pluvial extraordinaria y bajada de aguas broncas de laderas	0	Los escurrimientos de aguas pluviales sobre las calles pavimentadas confluyen en esta zona, ocasionando encharcamiento y afectación al tránsito de vehículos. Las aguas pluviales se captan en una batería de bocas de tormenta ubicadas en el sentido de poniente a oriente sobre la Vía José López Portillo, mismas que tienen una capacidad inferior al caudal concentrado, derivado del azolvamiento de la tubería de conducción

2006	19000 m2	Fuentes del Valle 1ra.y2da. sección	Al norte Fuente de Tauro, al sur Fuente de Etiopia, al oriente Fuente de Neptuno, al poniente Fuente de Miguel Ángel	En vialidad 30cm, en interiores 0cm	Infraestructura hidráulica insuficiente, falta de mantenimiento, precipitación pluvial extraordinaria y desbordamiento de cauces	0	El desbordamiento del canal Niños Héroes por el remanso generado en el cruce con la Av. Mexiquense por un área hidráulica inferior y la operación del equipo de bombeo del cárcamo Fuentes del Valle que en ocasiones se ve afectada por la falta de mantenimiento preventivo, generan problemas de encharcamiento afectando el tránsito de vehículos y de personas.
2006	329000 m2	Prados de Ecatepec	Al norte Colorines, al sur Av. Prados del Sur, al oriente Acacias, al poniente Margarita	En vialidad 30cm, en interiores 0cm	Precipitación pluvial extraordinaria y red dañada	0	La red de drenaje pluvial se encuentra debajo del camellón central de la Av. Prados Sur, sobre éste se plantaron árboles con una separación de 5 a 10m., la altura de los árboles alcanzan los 10 metros y sus raíces han ido dañando la tubería de concreto simple, la cual necesariamente deberá ser revisada para su rehabilitación parcial o total
2012-07-17	0.009 Km2	El Jaral	Al norte Adolfo López Mateos, al sur Av. Recursos Hidráulicos, al oriente Canal Cartagena, al poniente Canal Cartagena	En vialidad 80cm, en interiores 60cm	Precipitación pluvial extraordinaria y desbordamiento de cauces	Población habitantes) (30	
2006-10-13	325000 m2	U. H. Infonavit COCEM, COCEM SOL, Villa Jardín y Quinta El Ángel	Al norte Don Jesús Moreno Jiménez, al sur Vía José López Portillo, al oriente Boulevard Tultitlán Poniente, al poniente Presa La Angostura	En vialidad 60cm, en interiores 20cm	Infraestructura hidráulica insuficiente, precipitación pluvial extraordinaria, desbordamiento de cauces y granizada	Población habitantes), Casa habitación (60), Local comercial (20), Industria (10)	Con la presencia de precipitaciones pluviales intensas, la captación de escurrimientos del canal Buenavista se incrementa, provocando su desbordamiento, afectando la zona descrita. Se requiere realizar obras de ampliación de la sección hidráulica, previa autorización de la CONAGUA

Fuente: Atlas de riesgos por inundaciones de CAEM y APAS



Zonas habitacionales en riesgo de inundaciones: Vialidad José López Portillo y Calle Laureles

El mapa de pendientes del terreno posibilitó reconocer las zonas con drenaje natural deficiente, es decir, donde el grado de inclinación del terreno es tan bajo que impide o dificulta el movimiento del agua, en cambio, en los terrenos inclinados, diferentes a cauces de arroyos, difícilmente puede presentarse la acumulación de agua. El mapa de *Simulación de inundaciones* fue elaborado con base en estos criterios.

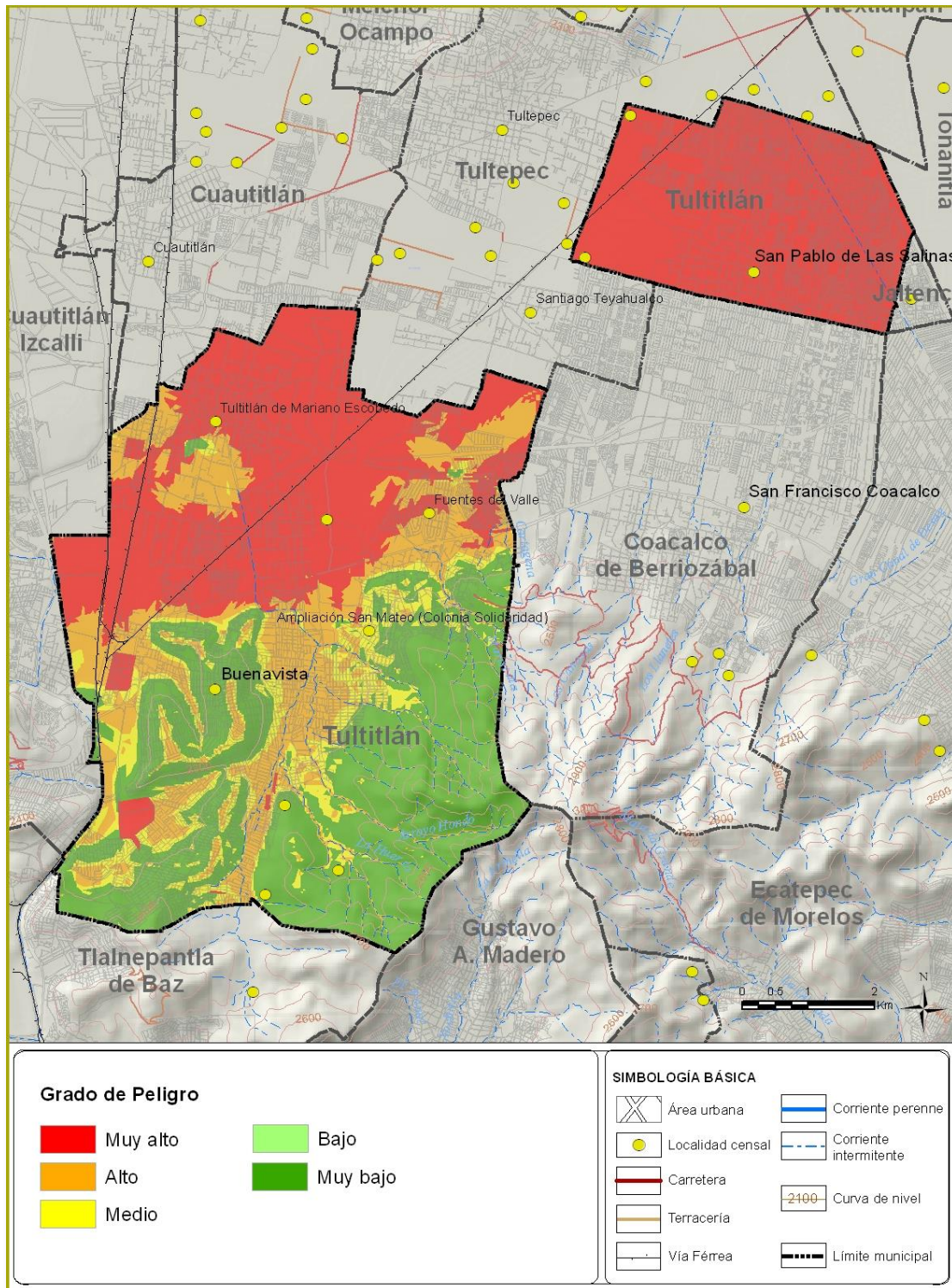
El análisis de microcuencas permitió identificar la dinámica de acumulación de agua proveniente de las laderas de la sierra y los sitios donde los escurrimientos superficiales llegan a la planicie, con el propósito de conocer las posibles áreas de afectación. Las zonas de inundación delimitadas en las planicies lacustres por efecto de los escurrimientos que provienen de la sierra coinciden con aquellas señaladas por Lugo y Salinas (1996) en la evaluación que realizan de los riesgos naturales en esta parte del territorio.

En el trabajo de campo, si bien no fue posible observar de manera directa el fenómeno de inundación, si fueron examinados evidencias de los eventos más recientes a través de las marcas en muros y bordes de los canales de la altura que alcanzó el agua producto de precipitaciones intensas del último periodo de lluvias.

Si bien las inundaciones en Tultitlán no tienen un desarrollo e intensidad tales que provoquen pérdida de vidas humanas (CAEM, APAST), si ocasionan grandes afectaciones a las propiedades de las personas y a la movilidad de la población. Los tirantes de agua alcanzados en varios eventos son suficientes para que el agua entre a las casas habitación, comercios u oficinas, y anegue las plantas bajas de dichos inmuebles. Por otro lado, la principal vía de comunicación urbana de Tultitlán, la vialidad José López Portillo es también la más afectada por inundaciones.

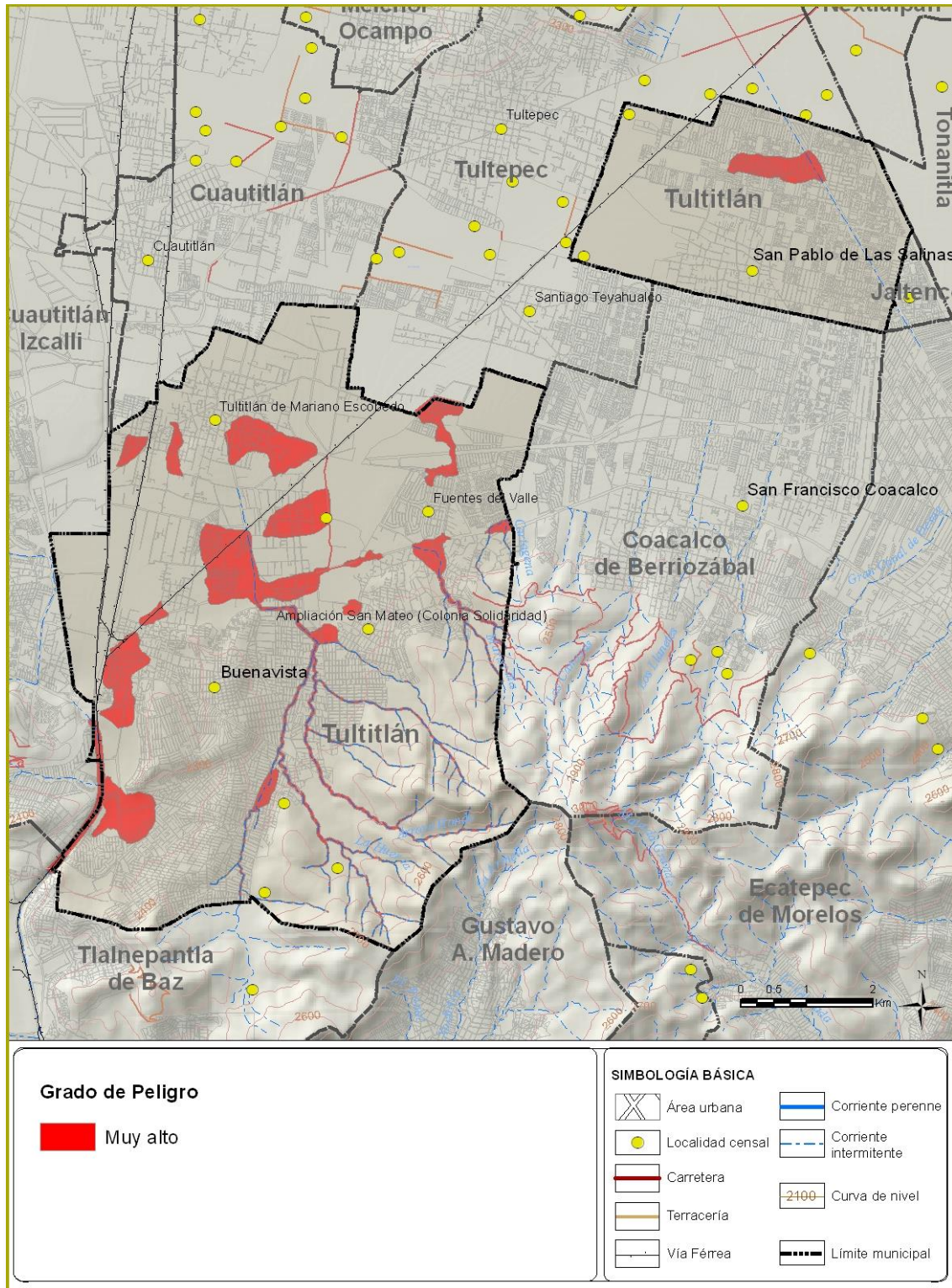
Las inundaciones en el municipio de Tultitlán son un fenómeno sumamente complejo, cuya mitigación requiere de una planeación integral del territorio, incluyendo el manejo adecuado de la Sierra de Guadalupe, así como de políticas y acciones más allá del ámbito municipal, considerando que forma parte de un sistema mayor y que tiene múltiples interrelaciones con los elementos naturales y demarcaciones político-administrativas circundantes. La correcta planeación, diseño y construcción de obras de infraestructura son también acciones insoslayables para disminuir la intensidad de esta problemática en el municipio.

Figura 50. Peligro por Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres (Simulación de inundaciones)



Fuente: Elaboración propia

Figura 51. Peligro por Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres



Fuente: Elaboración propia.

5.2.11 Avenidas repentinas

na avenida repentina (también denominada avenida súbita, crecida repentina o torrente) se define como una corriente de agua que fluye de manera rápida y violenta. Constituye una inundación de corta duración por el aumento del caudal de un escurrimiento, con poca o ninguna advertencia normalmente como resultado de fuertes precipitaciones sobre áreas relativamente pequeñas. Las inundaciones repentinas pueden desarrollarse sobre corrientes permanentes o en cauces de arroyos normalmente secos y corresponden a momentos de máxima energía fluvial.

Las crecidas repentinas pueden ser causadas por una variedad de eventos como lluvias intensas, ruptura de represas artificiales o naturales y liberación de agua producto de deshielo.

La intensidad de la lluvia y los procesos geomorfológicos formadores de escorrentía son elementos comunes que contribuyen a la probabilidad de que se presenten crecidas repentinas. En general, la generación de escorrentías es más probable mientras mayor sea la intensidad de la lluvia debido a que el suelo no puede absorber el agua lo suficientemente rápido.

Entre los factores del suelo que mayor incidencia tienen sobre el desarrollo de escorrentías se encuentran la humedad y la permeabilidad. Si el suelo está saturado de agua, no permite la infiltración de la lluvia y por lo tanto, esta se transforma de inmediato en escorrentía, asimismo, los suelos secos tienen una determinada capacidad de infiltración, es decir, absorben cierto volumen de agua en un lapso de tiempo específico, si la cantidad de lluvia excede la capacidad de infiltración se produce también la escorrentía. Por otro lado, la permeabilidad usualmente se relaciona con la textura del suelo, el espacio entre las partículas de suelo tiende a favorecer o entorpecer la infiltración, los suelos arenosos cuentan con mayor permeabilidad, en cambio las arcillas, seguidas de los limos, tiene tasas bajas de infiltración.

Existen también factores antrópicos que inciden en el proceso de escorrentía como son la deforestación, los incendios y la pavimentación.

La ausencia del follaje y raíces de la cubierta vegetal, aumentan el flujo de agua superficial, al eliminar la vegetación, se eliminan también elementos que frenan la velocidad de desplazamiento del agua y medios que hacen posible el movimiento del agua hacia el subsuelo. Las áreas quemadas tienden a repeler el agua, generan una capa superficial impermeable la cual puede durar semanas o incluso meses, algunas crecidas repentinas en bosques templados se originan después de que ocurren incendios forestales. La pavimentación tiene una consecuencia obvia en el aumento de superficies impermeables y por tanto, de los flujos del agua superficial.

La forma y tamaño de la cuenca influyen en la manera en que comporta el agua de lluvia, por ejemplo, en una cuenca alargada (con un cauce principal extenso), el desplazamiento del agua hasta las partes más bajas ocurre en un lapso de tiempo más largo y por tanto hay menores probabilidades de acumulación de grandes volúmenes en comparación con una cuenca de forma redondeada. El tamaño de la cuenca tiene una influencia más relativa, se asume que en cuencas pequeñas, el agua llega más rápido a la salida de la misma y por tanto la amenaza se incrementa, no obstante, en cuencas con mayor superficie el volumen de agua de lluvia captado es más elevado y en este sentido puede también contribuir al potencial de una avenida.

Otros factores físicos que se relacionan con las avenidas repentinas son la pendiente del terreno, la rugosidad de la superficie y la densidad de disección. De estos, el que incide de manera más directa es la pendiente del terreno, disminuye el potencial de infiltración, pues el efecto de la gravedad favorece el movimiento de fluidos en superficies inclinadas y por otro lado, aumenta también su velocidad de desplazamiento.

El peligro de las avenidas repentinas radica en su carácter imprevisto y la rapidez con que se desarrollan. Puede sorprender a personas que realizan actividades en cauces secos o en las márgenes de ríos y arroyos (campismo, campos deportivos), y puede afectar a construcciones de todo tipo edificadas en las márgenes de los escurrimientos (viviendas, puentes, postes, torres). A diferencia de otros eventos con manifestación más paulatina, el peligro para la vida de las personas puede llegar a ser más alto.

En el municipio de Tultitlán, las áreas potencialmente sensibles a este fenómeno se ubican al sur, en la Sierra de Guadalupe y planicies adyacentes. El desarrollo de escorrentías tiene lugar en la época cálida del año, por el efecto de lluvias intensas de origen convectivo (calentamiento de la superficie del terreno y ascenso rápido de masas de aire saturadas de humedad).

Para determinar los niveles de amenaza por avenidas repentinas en Tultitlán, se adecuó el método denominado Índice del Potencial de Crecidas Repentinas (Flash Flood Potential Index, FFPI) desarrollado por el *National Weather Service* de Estados Unidos (<http://www.crh.noaa.gov>). Este método emplea funciones de sobreposición de cuatro series de parámetros geográficos, atendiendo a sus propiedades y variabilidad espacial:

- ✚ Pendiente del terreno
- ✚ Litología (consolidación, infiltración)
- ✚ Tipos de suelo (Textura)
- ✚ Vegetación y uso del suelo (densidad forestal)

La aplicación de este método denota, el siguiente orden de susceptibilidad al desarrollo de avenidas en las microcuencas del municipio:

**Tabla 40. Orden de
susceptibilidad de microcuencas
a avenidas repentinas**

Microcuenca	Orden
La Huerta	1
Mariscala	2
Cuautepec	3
La Quebrada	4
Cartagena	5
Tultitlán	6
Río Cuautitlán	7

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los valores del Índice del Potencial de Crecidas Repentinas obtenidos, la microcuenca La Huerta es con mucho la más propensa a desarrollar este tipo de fenómenos, es la unidad de mayor extensión que se encuentra en el área montañosa del municipio. En segundo término, la microcuenca Mariscala acopia los flujos superficiales desde el Pico Tres Padres situado en el municipio vecino de Coacalco de Berriozábal, a más de 3,000 metros de altitud, para después orientarse al noreste y verter

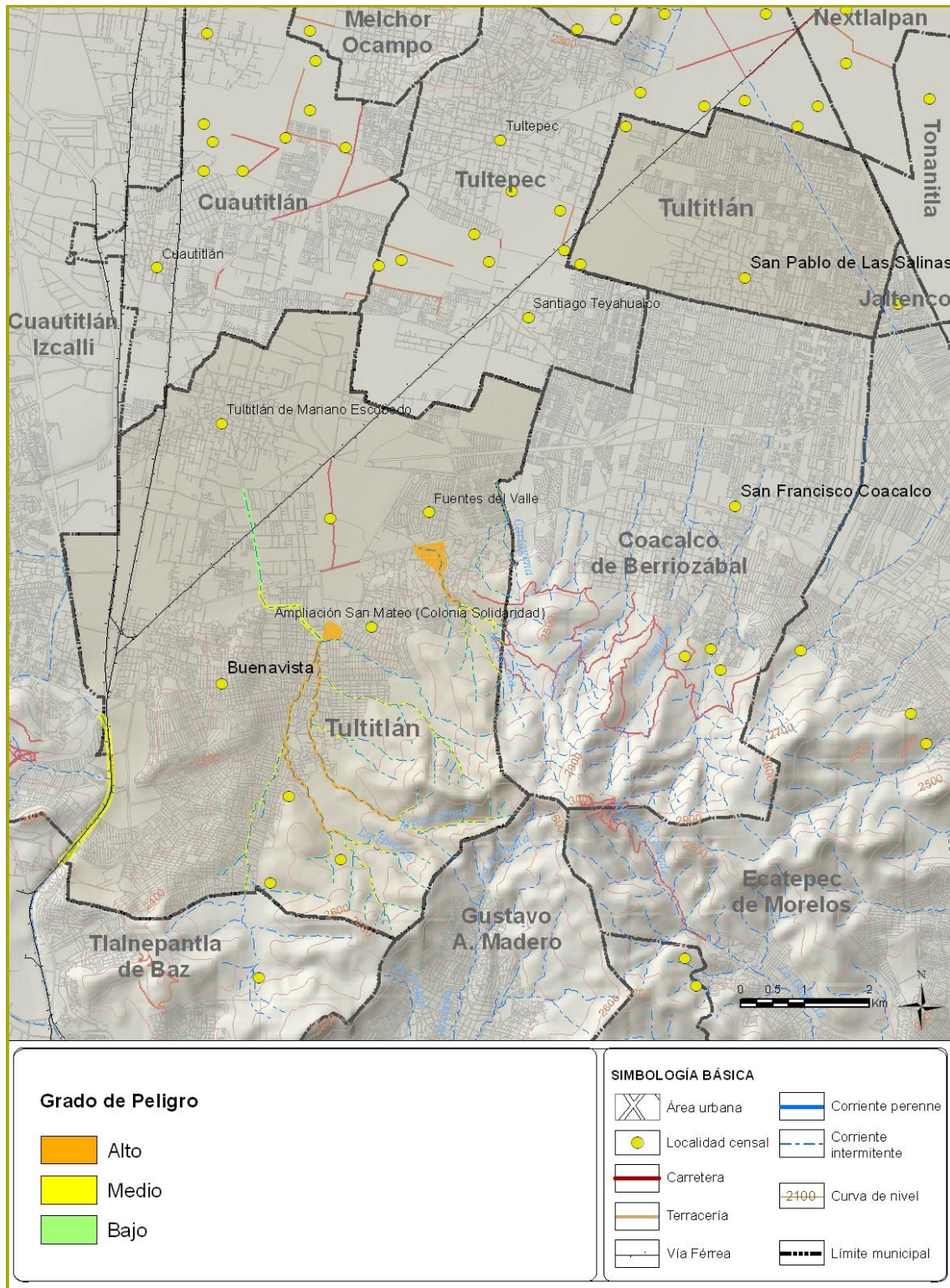
sus aguas en la planicie del municipio de Tultitlán en las áreas cercanas a las colonias Fuentes del Valle, Brillante y San Mateo Cuauhtepac. En un nivel inferior se encuentran las microcuencas de Cuauhtepac, La Quebrada y Cartagena, de menor dimensión que las anteriores y también con menor propensión a la aparición de torrentes. Finalmente las dos unidades de captación poco susceptibles a este fenómeno son las planicies de la mayor parte del municipio.



Presas de gavión para el control de avenidas en los escurrimientos superficiales de la Sierra de Guadalupe (Arroyo La Huerta)

Debido a que las avenidas repentinas están asociadas a los escurrimientos superficiales, su distribución espacial está circunscrita a los valles fluviales, sus áreas inmediatas de influencia y las zonas de depositación, estas últimas localizadas al pie de las laderas donde las corrientes pierden energía por la disminución de la pendiente del terreno. El nivel de peligro de los ríos está en relación al Índice de Potencial de Crecidas Repentinas de sus respectivas microcuencas, así como al orden de las corrientes, el cual es un indicador de la existencia de afluentes que contribuyen al caudal de un arroyo aguas arriba.

Figura 52. Peligro por avenidas repentinas



Fuente: Elaboración propia



Sierra de Guadalupe: Las avenidas súbitas tienen su origen en lluvias intensas, la escorrentía superficial fluye por los arroyos intermitentes de la sierra hacia las partes bajas adyacentes.



Zonas en peligro por avenidas súbitas en las márgenes del Canal Las Cruces: colonias El Tesoro y Santa María de Guadalupe.

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad forma parte de la ecuación de los estudios de desastres junto con los componentes peligro y riesgo. Existen diversas clasificaciones de vulnerabilidad, de acuerdo a los enfoques empleados para su valoración (cuantitativos, mediante estadísticas e indicadores, enfoques cualitativos que analicen procesos o combinaciones de ambos).

En términos genéricos, la vulnerabilidad constituye un factor interno del riesgo de un sujeto, objeto o sistema, expuesto a la amenaza, es decir, corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

La vulnerabilidad social ante fenómenos naturales se define como “una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre” (Cenapred, 2006). En la bibliografía consultada, no se encontró una definición formal de vulnerabilidad física, sin embargo, de forma indirecta se hace alusión a las características de las construcciones que pueden sufrir daños por amenazas, en este caso de origen natural tales como viviendas, hospitales, escuelas, edificios públicos, vías de comunicación, servicios de emergencia, líneas de conducción (electricidad, agua, drenaje, telecomunicaciones, etc.), monumentos históricos, establecimientos comerciales, instalaciones industriales, entre otros, normalmente el énfasis se centra en las condiciones de las viviendas.

En el presente atlas, el análisis de vulnerabilidad se lleva a cabo a través del concepto de vulnerabilidad social cuya obtención se basa en el análisis de indicadores socioeconómicos. A nivel territorial, la vulnerabilidad social se identificó considerando como unidades de análisis a las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBS) y a las manzanas individuales. Este último acercamiento permitió identificar de forma más precisa la población y las viviendas expuestas.

En el primer caso, se retoma y adapta la metodología descrita en la *Guía básica para la elaboración de atlas municipales y estatales de peligros y riesgos: evaluación de la vulnerabilidad física y social* (CENAPRED, 2006). Con el propósito de identificar zonas del municipio con diferentes niveles de vulnerabilidad se consideran variables sociodemográficas que están disponibles a nivel AGEBS.

El análisis de vulnerabilidad se centra en la ubicación de grupos de población con necesidades insatisfechas en los rubros de: Vivienda, Educación, Salud, Empleo e Ingreso y otras características de la Población

En la siguiente tabla se muestran los indicadores empleados para obtener el grado de vulnerabilidad por Área Geoestadística Básica.

Tabla 41. Indicadores para la valoración del grado de vulnerabilidad por AGEB

Rubro	Indicador	Número de variable
Población	Densidad de Población	1
	Población con limitación en la actividad (discapacidad)	2
Vivienda	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda	3
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica	4
	Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica	5
	Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	6
	Porcentaje de viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento	7
Educación	Porcentaje de analfabetismo	8
	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela	9
Salud	Porcentaje de población sin derechohabencia a los servicios de salud	10
Empleo e ingresos	Razón de dependencia	11
	Tasa de desempleo abierto	12

Cada una de las variables estadísticas consideradas, fueron clasificadas en los siguientes rangos, grados e índices de vulnerabilidad:

Densidad de Población

Rango (Hab./Km ²)	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 – 5,000	Muy Baja	0.00
5000 – 10,000	Baja	0.25
10000 – 15,000	Media	0.50
15000 – 20,000	Alta	0.75
Más de 20,000 (37,201.5)	Muy Alta	1.00

Población con limitación en la actividad (discapacidad)

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 – 1.5	Muy Baja	0.00
1.5- 3	Baja	0.25
3 – 4.5	Media	0.50
4.5 - 6	Alta	0.75
Más de 6 (Hasta 11.73)	Muy Alta	1.00

Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –5	Muy Baja	0.00
5- 10	Baja	0.25
10 – 20	Media	0.50
20 - 40	Alta	0.75
Más de 40 (Hasta 69.81)	Muy Alta	1.00

Porcentaje de viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –1	Muy Baja	0.00
1-2	Baja	0.25
2-4	Media	0.50
4-8	Alta	0.75
Más de 8 (Hasta 23.17)	Muy Alta	1.00

Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –0.5	Muy Baja	0.00
0.5 - 1	Baja	0.25
Más de 1 (Hasta 1.86)	Media	0.50

Viviendas particulares habitadas con piso de tierra

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –1	Muy Baja	0.00
1-2	Baja	0.25
2-4	Media	0.50
4-8	Alta	0.75
Más de 8 (Hasta 16.46)	Muy Alta	1.00

Porcentaje de viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –10	Muy Baja	0.00
10-20	Baja	0.25
20-30	Media	0.50
30-40	Alta	0.75
Más de 40 (Hasta 56)	Muy Alta	1.00

Porcentaje de analfabetismo

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –2	Muy Baja	0.00
2-4	Baja	0.25
4-6	Media	0.50
6-8	Alta	0.75
Más de 8 (Hasta 9.27)	Muy Alta	1.00

Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –2	Muy Baja	0.00
2-4	Baja	0.25
4-6	Media	0.50
6-8	Alta	0.75
Más de 8 (Hasta 11.71)	Muy Alta	1.00

Porcentaje de población sin derechohabiencia a los servicios de salud

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
20-30	Muy Baja	0.00
30-40	Baja	0.25
40-50	Media	0.50
50-60	Alta	0.75
Más de 60 (Hasta 64.7)	Muy Alta	1.00

Razón de dependencia

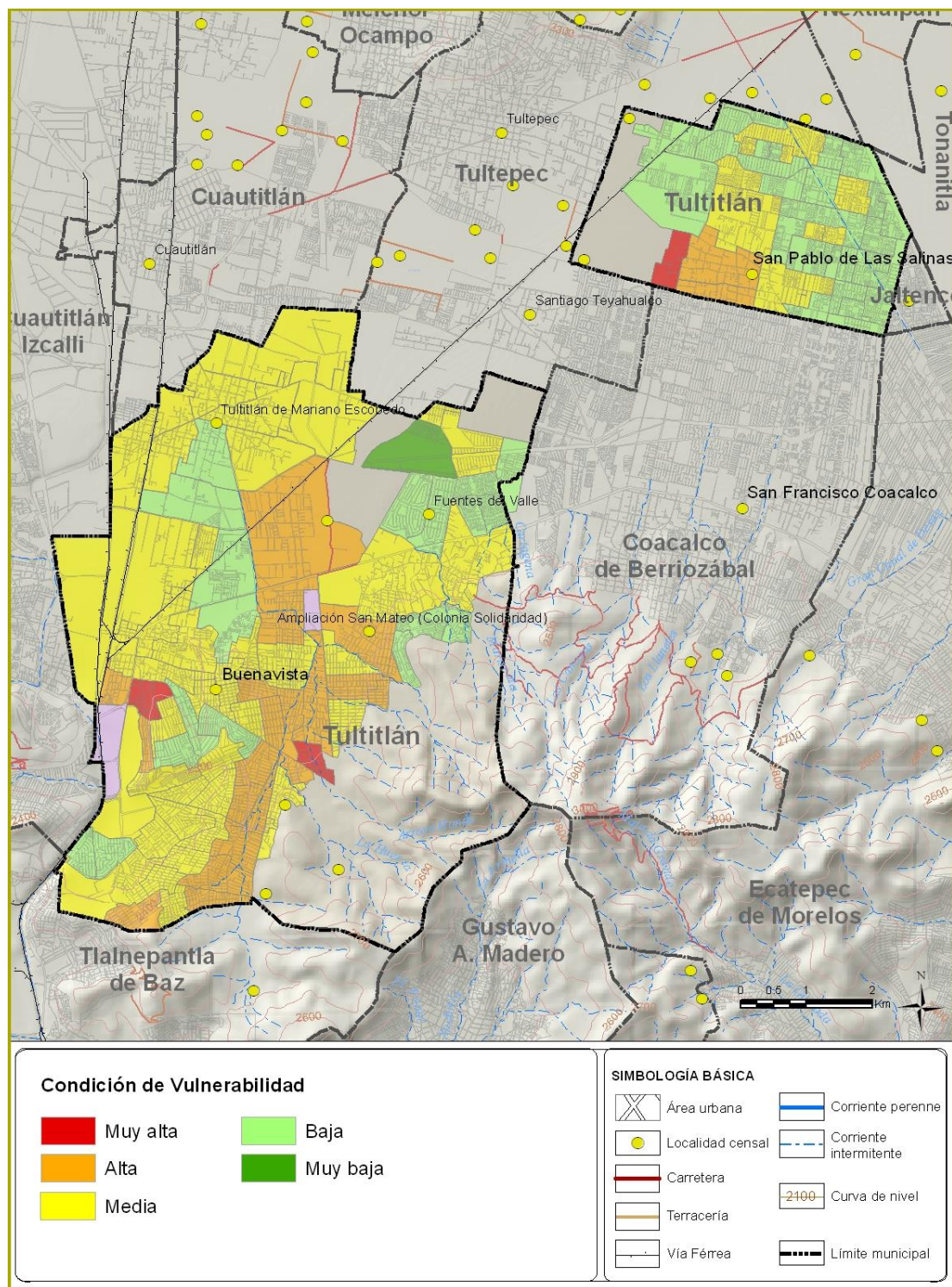
Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
28-40	Muy Baja	0.00
40-45	Baja	0.25
45-50	Media	0.50
50-55	Alta	0.75
Más de 55 (Hasta 65.40)	Muy Alta	1.00

Tasa de desempleo abierto

Rango	Grado de Vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad
0 –2	Muy Baja	0.00
2-4	Baja	0.25
4-6	Media	0.50
6-8	Alta	0.75
Más de 8 (Hasta 17.22)	Muy Alta	1.00

La condición de vulnerabilidad por AGEB se obtuvo a partir de la ponderación de los valores de cada variable incluida en el modelo. La suma total de los valores fue dividida entre el número total de variables (12).

Figura 53. Vulnerabilidad social por AGEB



Fuente: Elaboración propia.

El grado de marginación del municipio de Tultitlán es clasificado como muy bajo (CONAPO, 2010). El valor de este indicador está en estrecha relación con la cobertura de servicios educativos y los servicios a la vivienda, en los cuales el municipio no cuenta con rezagos importantes. Su situación dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México, contribuye al acceso a servicios y oportunidades de desarrollo que ayudan a abatir los niveles altos de marginación. En este sentido, la evaluación de vulnerabilidad a través de indicadores socioeconómicos, en el caso concreto del municipio de Tultitlán, tiende a diluir y minimizar el grado de susceptibilidad de la población a ser afectada por desastres naturales.

Por otro lado, la ausencia de información censal actual sobre características de las viviendas, dificulta la evaluación de la vulnerabilidad física. El levantamiento en campo construcción por construcción de niveles de edificaciones, materiales empleados, propiedades estructurales, entre otros componentes directamente relacionados con su resistencia a fenómenos perturbadores, está fuera de los alcances de la mayor parte de los estudios de riesgo en el ámbito municipal. El Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Tultitlán (2007), incluye un mapa de clasificación de la vivienda (mapa A-D1 VIVIENDA), no obstante, la zonificación realizada es sumamente general y ofrece poca diferenciación espacial.

Debido a lo anterior, se optó por buscar un mecanismo práctico y asequible que permitiera en última instancia valorar el riesgo y realizar las zonificaciones correspondientes de sitios y grados del mismo. En este sentido, en el presente Atlas, la valoración de la vulnerabilidad se realiza con el indicador de densidad de la población.

Espacialmente, el empleo de la densidad de población para evaluar la vulnerabilidad, expresa de manera directa o indirecta los siguientes aspectos:

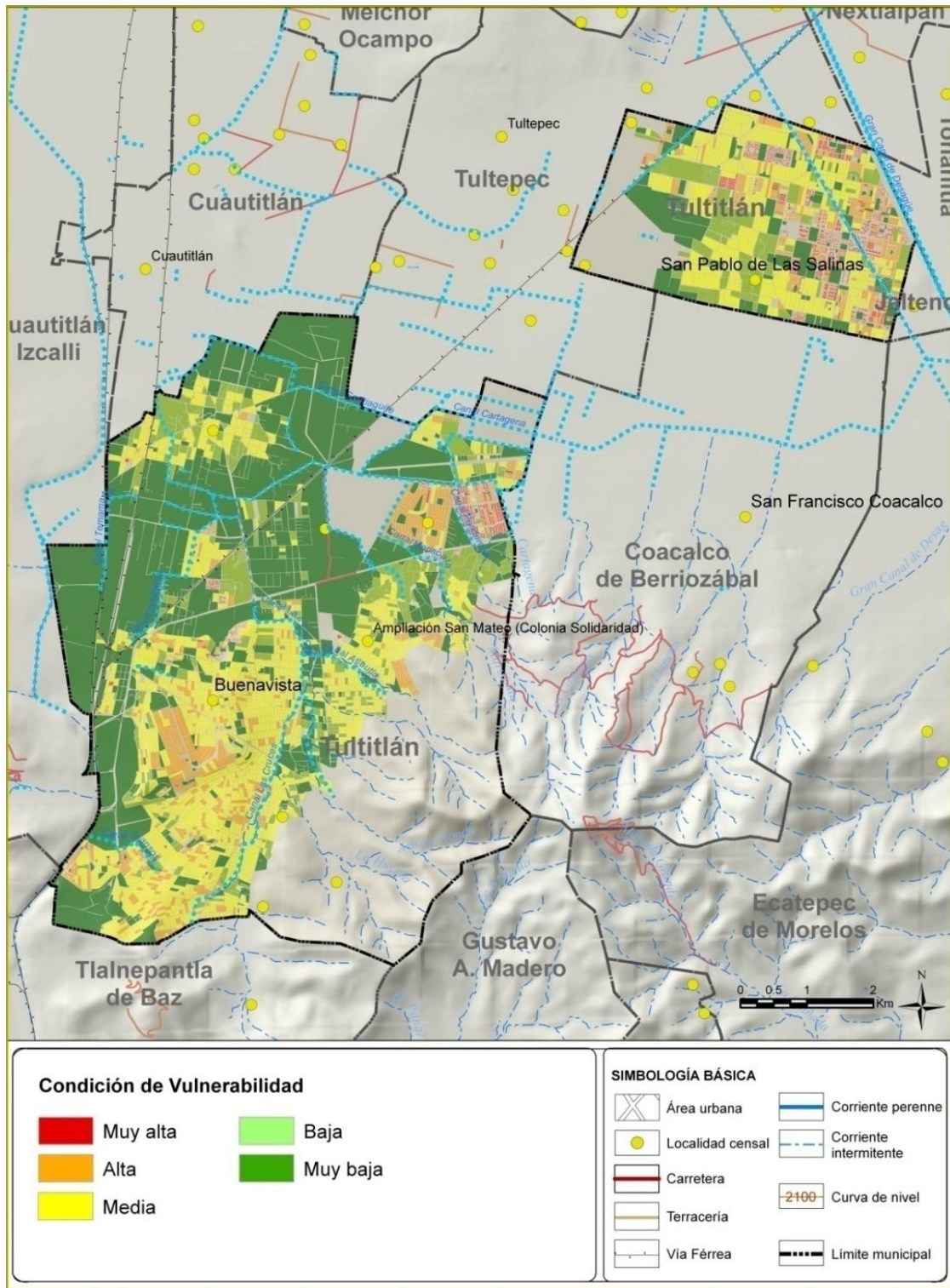
- Concentración de personas
- Concentración de viviendas
- Niveles de hacinamiento
- Vivienda popular multifamiliar (condominios)

La densidad de población denota los sitios donde existe una mayor aglomeración de viviendas en espacios reducidos (por ejemplo, edificios multifamiliares), así como elevados índices de hacinamiento. En última instancia, la densidad de población indica con toda certeza la ubicación de dos de los elementos afectables más relevantes en los estudios de riesgos: población y viviendas.

En este sentido, se identifican patrones geográficos muy marcados de niveles de vulnerabilidad. Destacan como sitios más vulnerables la zona norte y la parte este de Tultitlán oriente, y la zona centro-sur de Tultitlán poniente, hasta los límites con el municipio de Tlalnepantla de Baz y al pie de la Sierra de Guadalupe.

Valores muy altos y altos de vulnerabilidad se encuentran en las siguientes demarcaciones territoriales: San Pablo de Las Salinas, Claustros V, Alborada II, Coyoli Martínez, Azul Cielo, San Pablo Iii B, Llanura Verde, Lote 84, El Rocío, Prados A, Prados B, Hogares de Castera, Kristal, Infonavit Lote 12, Alborada I, La Isla, Lava Lote 46, así como Villas de San José, Fuentes del Valle, Real del Bosque, Ojo de Agua, Lomas del Parque, Lomas de Cartagena, Jardines de La Cañada y Tulipanes, Entre Otras. En el otro extremo, con bajos niveles de vulnerabilidad, se encuentra San Pablo, Industrial Lechería, Recursos Hidráulicos, Independencia, Lázaro Cárdenas, Parque Industrial Cartagena, Nueva Tultitlán, entre otras.

Figura 54. Vulnerabilidad social por manzana



Fuente: Elaboración propia.

Riesgos

La valoración el riesgo se obtuvo a partir de la sobreposición de áreas de peligro alto y muy alto, con la zonificación de vulnerabilidad. De acuerdo al grado de peligro y la condición de vulnerabilidad, se asignó una categoría de riesgo como se muestra a continuación.

Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
Muy alto	Muy alta	Muy alto
	Alta	Muy alto
	Media	Alto
	Baja	Alto
	Muy baja	Medio
Alto	Muy alta	Muy alto
	Alta	Alto
	Media	Alto
	Baja	Medio
	Muy baja	Medio

Figura 55. Riesgo por inestabilidad de laderas (Deslizamientos)

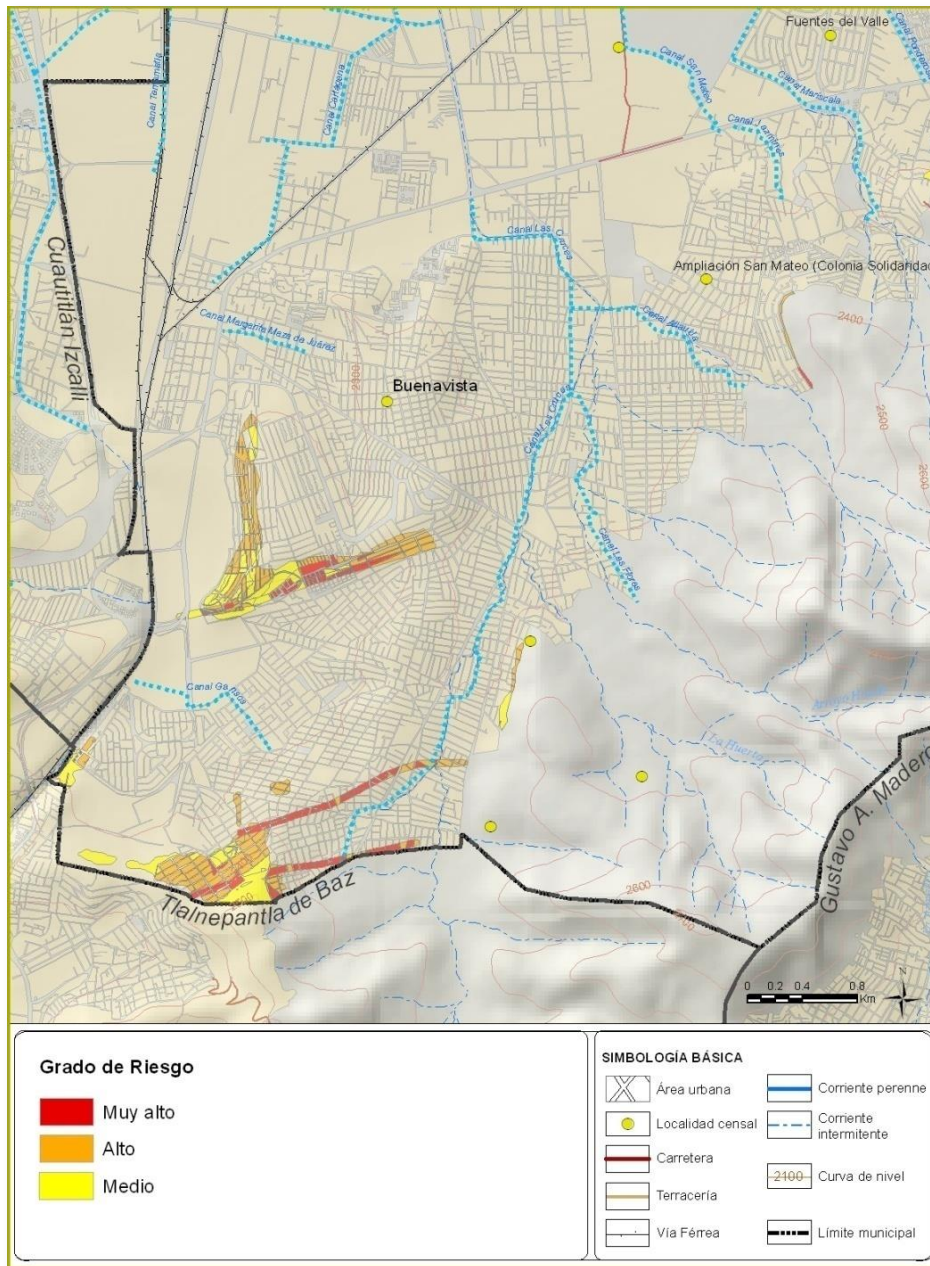


Tabla 42. Elementos afectables de los Riesgos por inestabilidad de laderas

Riesgo	Población	Viviendas	Asentamientos humanos en los que se ubican los sitios en riesgo
Muy alto	4,310	1,180	El Paraje, Lomas de Cartagena, Jardines de La Cañada, Santa María Cuauhtepac, Real del Bosque, Sierra de Guadalupe, La Sardaña, Tulipanes, El Paraje, Lomas del Parque
Alto	6,562	1,840	2da. Sección, Izcalli del Valle, Nueva Tultitlán, Buenavista 2da. Sección, San Marcos, San Pedro Barrientos, Isidro Fabela
Medio	663	176	
	11,535	3,196	

Figura 56. Riesgo por flujos



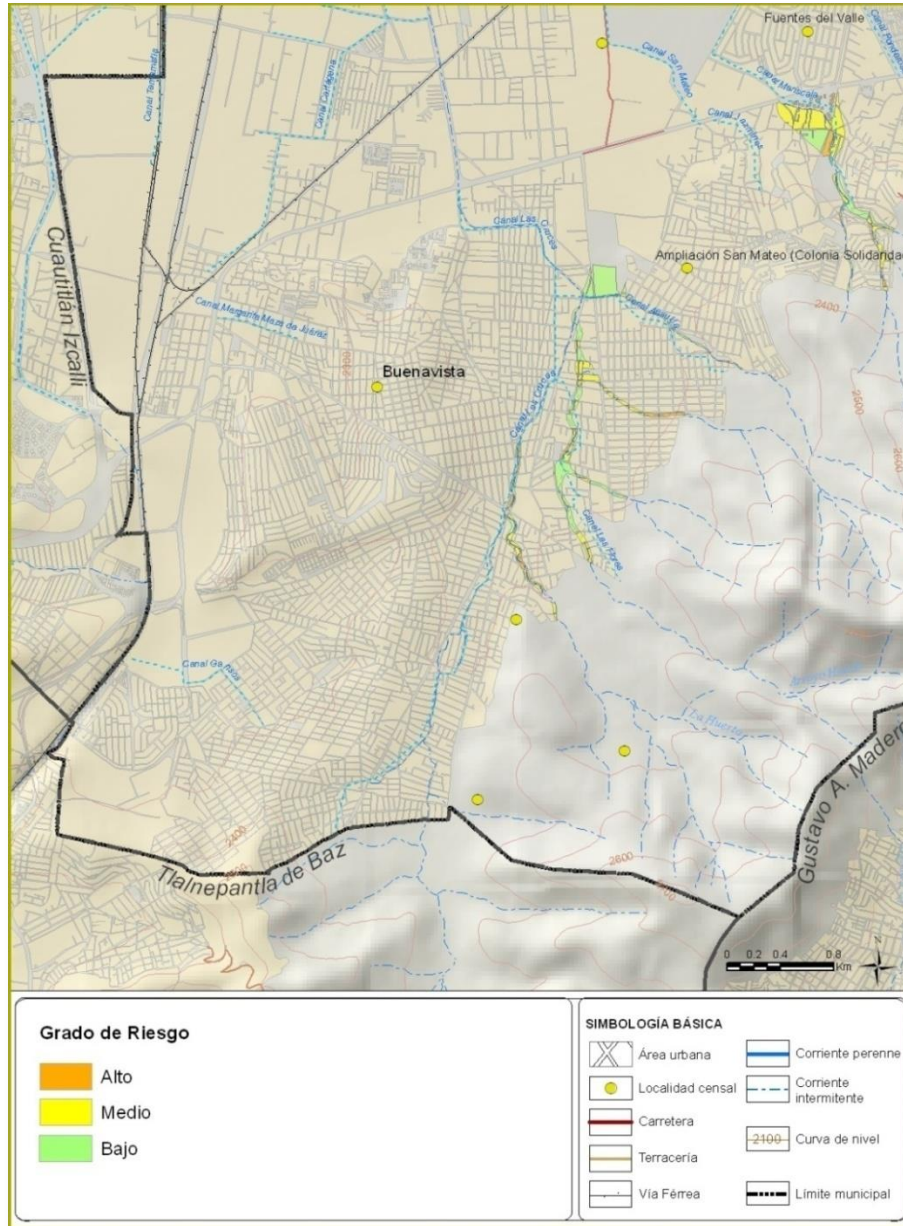


Tabla 43. Elementos afectables de los Riesgos por flujos

Riesgo	Población	Viviendas	Asentamientos humanos en los que se ubican los sitios en riesgo
Alto	2,092	842	2da. Sección de las Torres, Benito Juárez, Brillante, el Tesoro, ex - Hacienda Casco la Mariscal, la Libertad, las Torres, Real del Bosque, San Mateo Cuauhtepac, Santa María Cuauhtepac, Sierra de Guadalupe, Solidaridad 2da. Sección, Solidaridad 3ra. Sección, Valle de Tultitlán.
Medio	1,638	467	
Bajo	334	98	
Total	4,064	1,407	

Figura 57. Riesgo por caídos o derrumbes



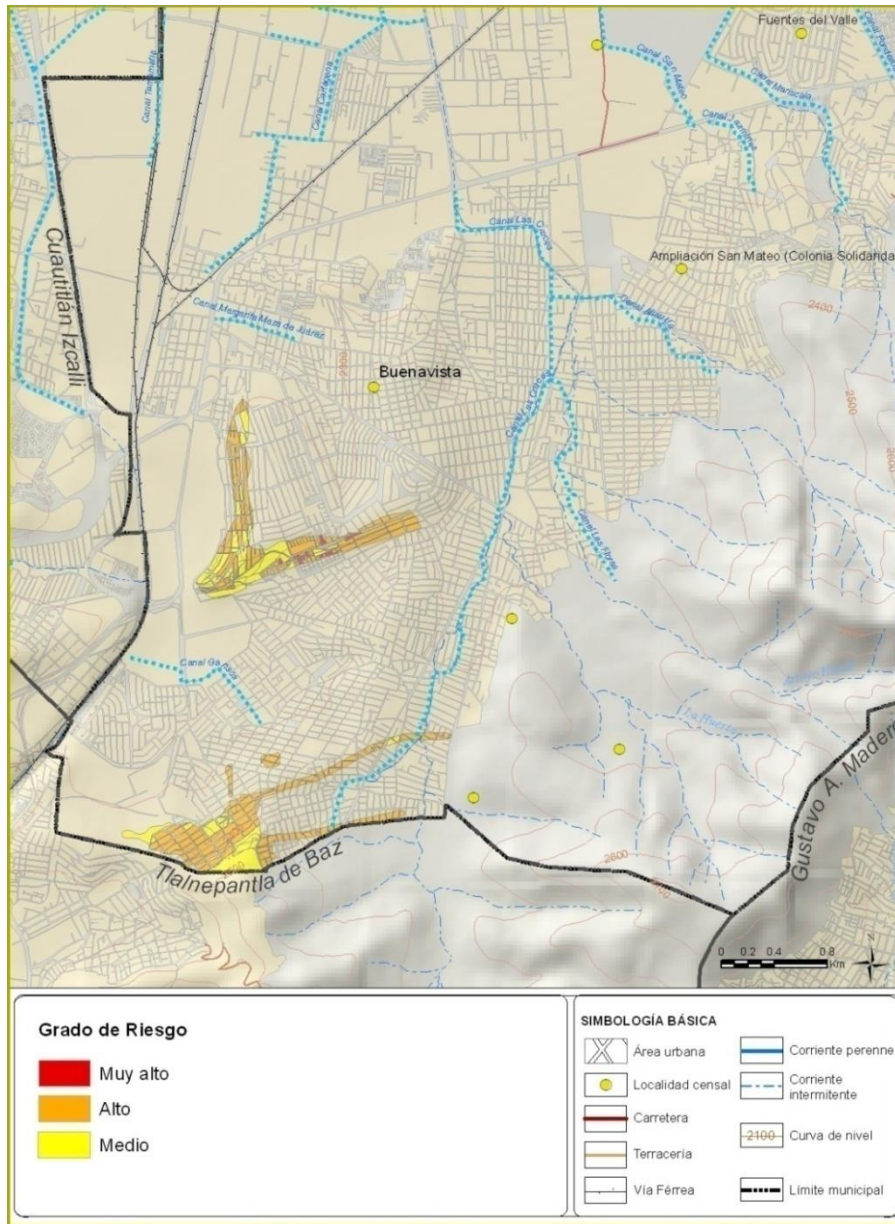


Tabla 44. Elementos afectables de los Riesgos por caídos o derrumbes

Riesgo	Población	Viviendas	Asentamientos humanos en los que se ubican los sitios en riesgo
Muy Alto	602	161	Buenavista 2da.Sección, el Paraje, Jardines de la Cañada, la Sardaña, Lomas de Cartagena, Lomas del Parque 2da. Sección, Nueva Tultitlán, San Marcos, Tulipanes
Alto	12,935	3,661	
Medio	853	225	
Total	14,390	4,047	

Figura 58. Riesgo por hundimientos, subsidencias y agrietamientos

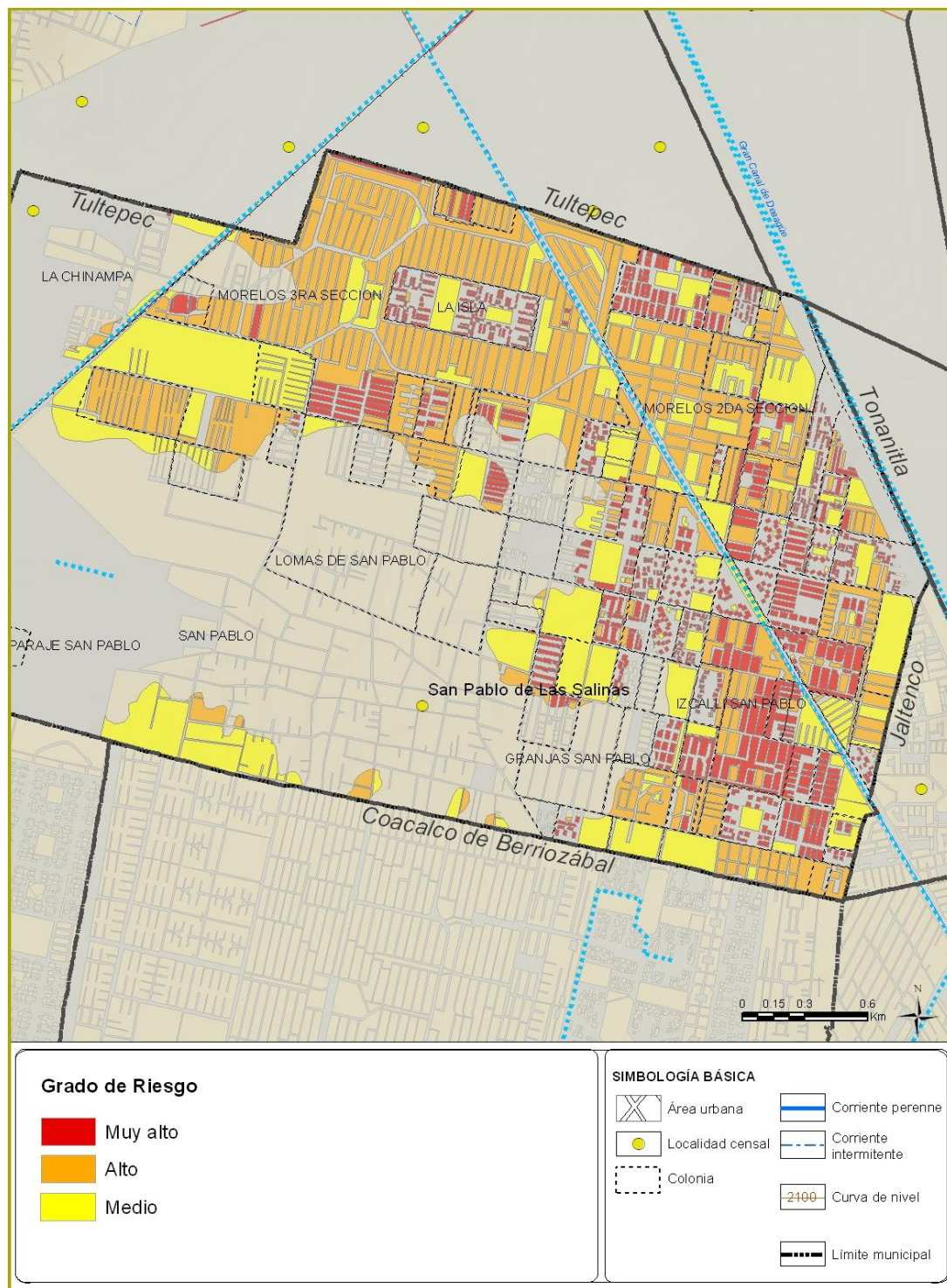


Tabla 45. Elementos afectables de los Riesgos por hundimientos, subsidencias y agrietamientos

Riesgo	Población	Viviendas	Asentamientos humanos en los que se ubican los sitios en riesgo
Muy Alto	61,220	21,188	Alborada I, Alborada II, Casitas San Pablo, Celeste, Claustros Iii, Claustros IV, Claustros V, Coyoli Martínez, Cristal, El Campanario, El Faro, El Portal, El Reloj, El Roció, Emilio Chuayffet Chemor, Fortuna, Galaxia Tultitlán, Granjas San Pablo, Guerrero, Gustavo Baz Prada, Hacienda San Pablo, Hogares de Castera, Hogares de Castera Manzana A y B, IMMEX II, Infonavit Lote 12, Isidro Fabela, Izcalli Rinconada, Izcalli San Pablo, Jardines San Pablo, Kristal, La Chinampa, La Esperanza, La Granja II Lt 118 B, La Isla, Las Almenas, Las Estepas, Las Fuentes Tultitlán, Las Laderas, Las Llanuras, Las Torres, Las Torres Tultitlán, Las Tórtolas, Lava Lote 46, Llanura Verde, Lomas de San Pablo, Los Agaves, Los Arcos, Los Claustros VI, Los Faroles, Los Tejados, Lote 104, Lote 105 Solidaridad Social, Lote 41, Lote 48, Lote 49, Lote 50 A y B, Lote 56, Lote 59 Pte, Lote 62, Lote 64, Lote 84, Lote 92, Lote 93 Amalia, Lote115 Ébano, Magnolias, Magnolias 2000, Morelos 2da.Sección, Morelos 3ra.Sección, Parque San Pablo, Pensamiento, Plaza del Kiosco, Prados A, Prados B, Rancho La Mora, Residencial Magnolias, Residencial Morelos I, Residencial Morelos III, San Pablo, San Pablo de Castera, San Pablo de Las Salinas, San Pablo II, San Pablo III, San Pablo III B, Sustitución Arista, Tultepec, Villas de San Pablo, Villas de Tultitlán, Villas Loreto
Alto	47,170	15,370	
Medio	6,033	2,519	
Total	114,423	39,077	

Figura 59. Riesgo por Inundaciones

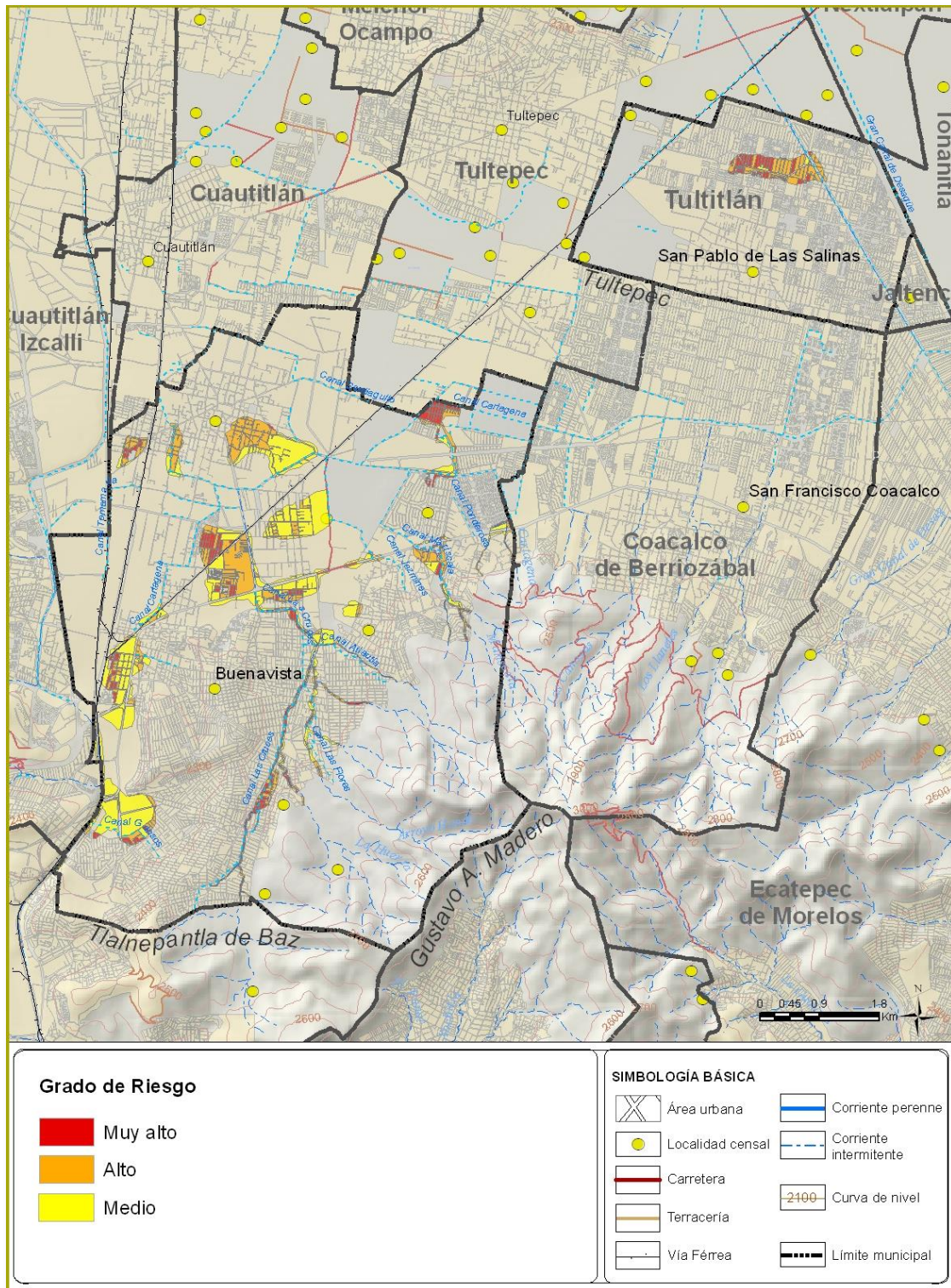


Tabla 46. Elementos afectables de los Riesgos por inundaciones

Riesgo	Población	Viviendas	Asentamientos humanos en los que se ubican los sitios en riesgo
Muy Alto	21,862	6,894	2da. Sección de Las Torres, Belem, Bello Horizonte, Benito Juárez, Bosques de Tultitlán, Brillante, Buenavista, Buenavista 2da. Sección, Campo Remachadores, COCEM, Cueyamil, El Fresno, El Paraje, El Tesoro, Electricistas, Ex - Hacienda Casco La Mariscala, Fuentes del Valle, Industrial Lechería, Isidro Fabela, Izcalli del Valle, La Concepción, La Isla, La Libertad, La Quebrada, Las Laderas, Las Torres, Lava Lote 46, Lázaro Cárdenas, Lechería, Los Agaves, Los Portales, Los Reyes, Lote 48, Lote 49, Lote 50 A y B, Mariano Escobedo, Morelos 2da. Sección, Morelos 3ra. Sección, Nueva Tultitlán, Parque Industrial Cartagena, Provivienda Magisterial, Real del Bosque, Recursos Hidráulicos, San Bartolo, San Francisco Chilpan, San Juan, San Marcos, San Mateo Cuauhtepic, San Miguel, San Pedro Barrientos, Santa Clara Chilpan, Santa María Cuauhtepic, Santa María Guadalupe, Santiago Teyahualco, Sierra de Guadalupe, Sin Nombre, Sol de Tultitlán, Solidaridad 1ra. Sección, Solidaridad 2da. Sección, Solidaridad 3ra. Sección, Valle de Tules, Valle de Tultitlán, Valle Verde, Villa Esmeralda, Villa Jardín, Villas de San José
Alto	17,398	5,226	
Medio	3,105	905	
Total	42,365	13,025	

Figura 60. Riesgo por avenidas repentinas

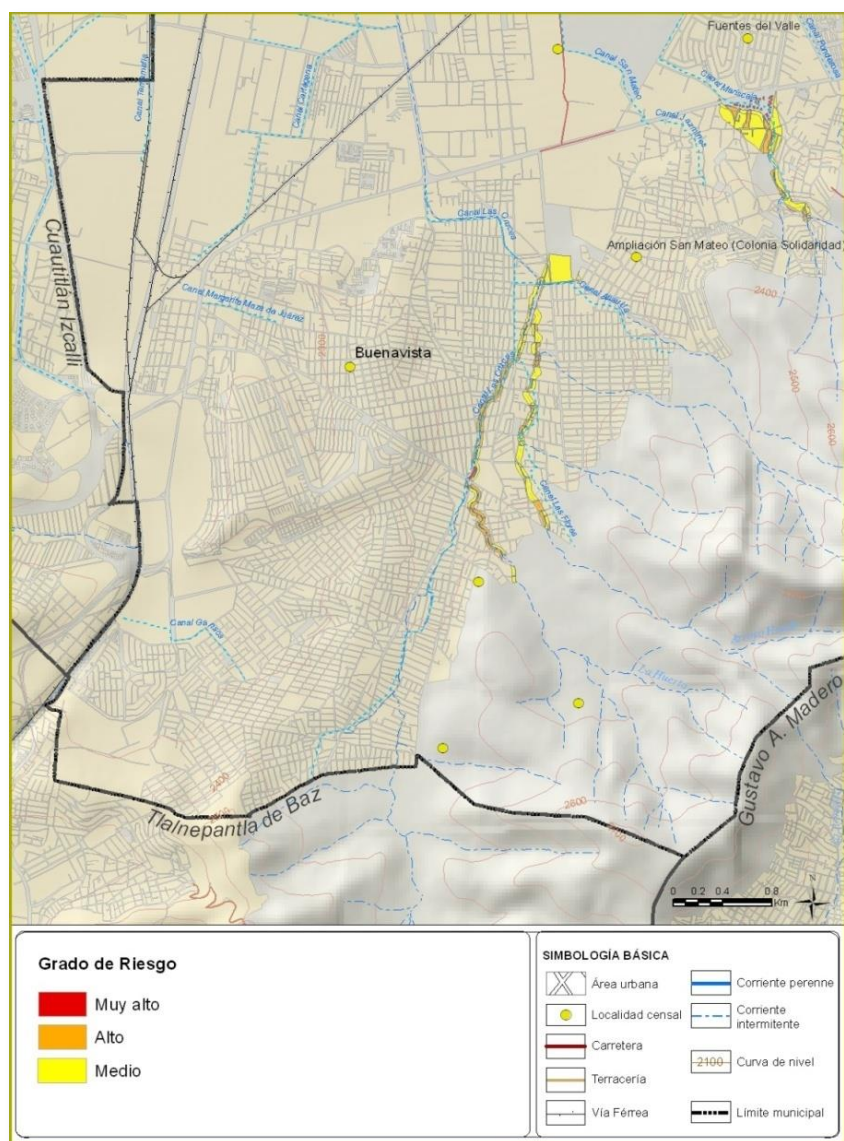


Tabla 47. Elementos afectables de los Riesgos por avenidas repentinas

Riesgo	Población	Viviendas	Asentamientos humanos en los que se ubican los sitios en riesgo
Muy Alto	1,272	572	2da.Sección de las Torres, Benito Juárez, Brillante, el Tesoro, Ex - Hacienda Casco La Mariscala, Fuentes del Valle, La Libertad, Las Torres, Real del Bosque, San Mateo Cuauhtepc, Santa María Cuauhtepc, Sierra de Guadalupe, Solidaridad 2da. Sección, Solidaridad 3ra. Sección, Valle de Tultitlán
Alto	2,043	597	
Medio	1,100	312	
Total	4,415	1,481	

Obras propuestas

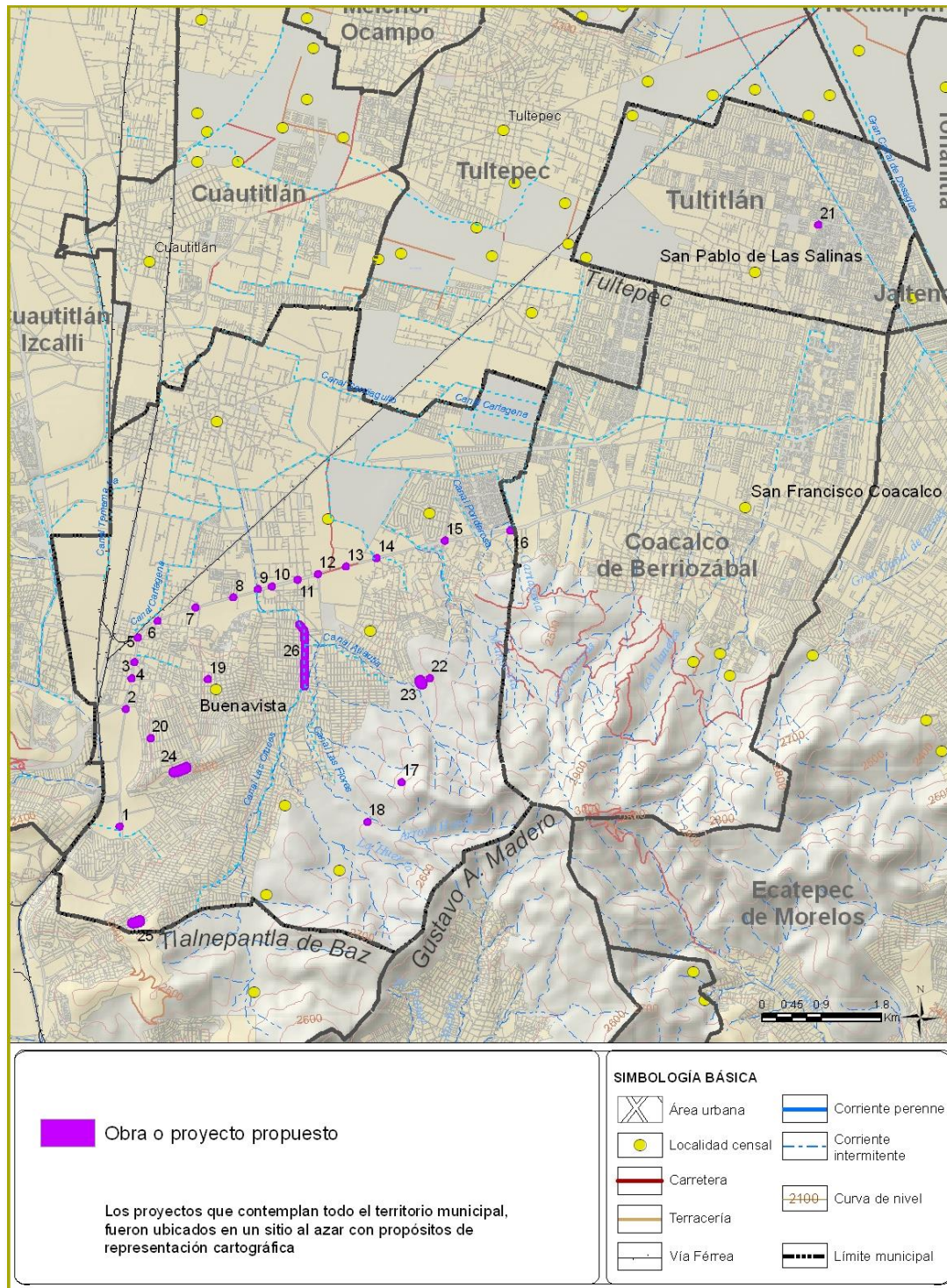
Tabla 48. Obras y Proyectos Propuestos para la Mitigación de Riesgos

No	Colonia/comunidad	Ubicación	Obra o Proyecto
1	Izcalli del Valle	Avenida Valle de Las Alamedas	Construcción de un colector pluvial hacia el emisor poniente en su tramo a cielo abierto.
2	El Paraje	Calle Palmas	Construcción de un colector pluvial que reciba las aguas provenientes de la zona de El Paraje.
3	Mariano Escobedo	Boulevard Reforma	Construcción de un colector pluvial que reciba las aguas provenientes de la zona Lomas de Cartagena
4	Santa Clara Chilpan	Avenida Las Torres	Construcción de un colector pluvial que reciba las aguas provenientes de la zona de Cd. Labor Cartagena
5	San Francisco Chilpan	Calle Margarita Maza de Juárez	Construcción de un colector pluvial que reciba las aguas provenientes de la zona Ojo de Agua y Benito Juárez
6	Recursos Hidráulicos	Calle Cuitlahuac	Obras para el mejoramiento del drenaje y prevención de las Inundaciones provocadas por los escurrimientos sobre la vía José López Portillo, zona Chilpan
7	El Fresno	Calle Geranios	Obras para el mejoramiento del drenaje y prevención de las Inundaciones provocadas por los escurrimientos sobre la calle Morelos
8	COCEM	Jorge Jiménez Cantú	Construcción de un colector pluvial en la colonia COCEM
9	Buenavista	Avenida Hermenegildo Galeana	Ampliar la sección hidráulica en cruce del canal Cartagena con las vías de tren en la dirección Lechería - Teotihuacán
10	Bello Horizonte	Avenida Las Torres	Construcción de un colector pluvial que capte las aguas provenientes de la zona de Bello Horizonte
11	Lázaro Cárdenas	Calle Olivo y Calle Cipreses	Equipar y concluir la construcción de cárcamo Lázaro Cárdenas y construir línea de descarga
12	Bello Horizonte	Avenida Estado de México	Se requiere construir un colector pluvial que reciba las aguas provenientes de la col. Solidaridad
13	San Mateo Cuauhtepc	Boulevard Benito Juárez	Construir un colector pluvial en el Boulevard Benito Juárez
14	San Mateo Cuauhtepc	Avenida de La Cruz	Se requiere construir un colector pluvial que reciba las aguas provenientes de la zona de San Mateo Cuauhtepc
15	Conjunto Brillantes	Calle Mariscala	Construir presa de gaviones canal Mariscala San Mateo Cuauhtepc
16	Santa María Cuauhtepc	Calle La Palma	Construir colector pluvial en andador y embovedamiento canal Portales Calle Arq. Antonio Flores Torres
17	Sierra de Guadalupe		Programa de reforestación y estabilización de laderas

18	Todo el Municipio		Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Municipal
19	Todo el Municipio		Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Municipal
20	(*) Varias asentamientos		Cursos de protección civil en zonas afectadas por procesos gravitacionales: deslizamientos de tierra, flujos, caídos o derrumbes
21	Zona oriente		Cursos de protección civil en zonas afectadas por hundimientos y subsidencias
22	Laderas adyacentes al fraccionamiento Tamarindos	Fraccionamiento Tamarindos	Programa de conducción del agua pluvial en las laderas adyacentes al fraccionamiento Tamarindos para evitar la saturación de agua del suelo y disminuir el problema de deslizamientos de tierra que afecta al fraccionamiento Tamarindos
23	Real del Bosque	Fraccionamiento Tamarindos	Reforzamiento de muro de contención del fraccionamiento Tamarindos
24	Colonia Tulipanes	Calle de la Loma	Construcción de muro para la contención de taludes
25	Colonia San Marcos	Primaria Isidro Fabela	Reforzamiento estructural de las instalaciones de la escuela Primaria Isidro Fabela
26	Colonias La Libertad, Valle de Tultitlán, Bello Horizonte		Embovedado del canal Las Cruces (aproximadamente 900 metros lineales)

(*) El Paraje, Lomas de Cartagena, Jardines de La Cañada, Santa María Cuauhtepéc, Real del Bosque, Sierra de Guadalupe, La Sardaña, Tulipanes, El Paraje, Lomas del Parque 2da. Sección, Izcalli del Valle, Nueva Tultitlán, Buenavista 2da. Sección, San Marcos, San Pedro Barrientos, Isidro Fabela

Figura 61. Obras y proyectos propuestos para la mitigación de riesgos



Siglas y Acrónimos

- APAST. Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Tultitlán
- CAEM. Comisión del Agua del Estado de México
- CENAPRED. Centro Nacional de Prevención de Desastre
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua
- CONAPO. Consejo Nacional de Población
- CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.
- CRM. Consejo de Recursos Minerales
- DEM. Modelo de Elevación Digital (en inglés Digital Elevation Model)
- DOF. Diario Oficial de la Federación
- ESRI. Environmental Systems Research Institute
- GEM. Gobierno del Estado de México
- GPS. Sistema de Posicionamiento Global (en inglés Global Positioning System)
- IGCEM. Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral
- IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- ITER. Sistema de Integración Territorial
- ITRF92. Marco Internacional de Referencia Terrestre de 1992 (en inglés International Terrestrial Reference Frame)
- LGPC. Ley General de Protección Civil
- PRAH. Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos
- SEDATU. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
- SIG. Sistema de Información Geográfica (en inglés Geographic Information System, GIS)
- SMN. Servicio Meteorológico Nacional.
- SSN. Servicio Sismológico Nacional
- UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México
- UTM. Universal Transversa de Mercator

Índice de Tablas

Tabla 1. Integración política-territorial del municipio de Tultitlán	13
Tabla 2. Riesgos Geológicos	17
Tabla 3. Riesgos Hidrometeorológicos	17
Tabla 4. Sistema de referencia espacial del Atlas de Riesgos del Municipio de Tultitlán.....	18
Tabla 5. Fisiografía	19
Tabla 6. Unidades geomorfológicas locales	22
Tabla 7. Unidades Geológicas	25
Tabla 8. Tipos de suelo del municipio de Tultitlán.....	27
Tabla 9. Geohidrología	31
Tabla 10. Acuíferos	31
Tabla 11. Cuencas y Subcuencas	33
Tabla 12. Microcuencas.....	35
Tabla 13. Vegetación y uso del suelo	41
Tabla 14. Distribución de la población por localidad censal	46
Tabla 15. Proyecciones de población 2010-2030	50
Tabla 16. Distribución poblacional por sexo y grandes grupos de edad	52
Tabla 17. Total de centros educativos según nivel.....	54
Tabla 18. Población con discapacidad.....	58
Tabla 19. Población total por sexo y condición de derechohabiente según tipo de limitación en la actividad, 2010	59
Tabla 20. Marginación por localidad	60
Tabla 21. Actividades económicas que tienen 10 o más establecimientos	63
Tabla 22. Número de establecimientos económicos según rango de personal ocupado.....	64
Tabla 23. Relación de sismos en México con magnitud igual o superior a 7.5 registrados en el periodo 1900-2013	73
Tabla 24. Correlación de los parámetros de aceleración y velocidad sísmica con la escala de Mercalli	74
Tabla 25. Aceleración máxima en periodos de retorno de 10, 100 y 500 años	78
Tabla 26. Número de sitios con movimientos de tierra según tipo en el municipio de Tultitlán	83
Tabla 27. Estaciones meteorológicas empleadas en la evaluación de peligros hidrometeorológicos	101
Tabla 28. Valores de temperaturas máximas mensuales en las estaciones meteorológicas en el entorno de Tultitlán	105
Tabla 29. Valores de temperaturas mínimas mensuales en las estaciones meteorológicas en el entorno de Tultitlán	108
Tabla 30. Valores promedio de precipitación y temperatura.....	113
Tabla 31. Registro mensual de presencia de sequía en el territorio de Tultitlán	115
Tabla 32. Temperaturas mínimas anuales en las estaciones del entorno del municipio de Tultitlán.....	122
Tabla 33. Media anual de días con granizadas en el entorno del municipio de Tultitlán	125
Tabla 34. Escala Saffir-Simpson para la Clasificación de Huracanes	130
Tabla 35. Sistemas tropicales que han afectado al Estado de México, 1851 – 2010.....	132
Tabla 36. Diferencias entre Tornado, Huracán y Remolino	134

Tabla 37. Valores máximos de precipitación mensual en estaciones meteorológicas del entorno de Tultitlán	141
Tabla 38. Registro máximo histórico de precipitaciones registradas en 24 horas	142
Tabla 39. Registro de inundaciones históricas	148
Tabla 40. Orden de susceptibilidad de microcuencas a avenidas repentinas	156
Tabla 41. Indicadores para la valoración del grado de vulnerabilidad por AGEb	161
Tabla 42.Elementos afectables de los Riesgos por inestabilidad de laderas.....	170
Tabla 43.Elementos afectables de los Riesgos por flujos	171
Tabla 44. Elementos afectables de los Riesgos por caídos o derrumbes.....	172
Tabla 45. Elementos afectables de los Riesgos por hundimientos, subsidencias y agrietamientos.....	174
Tabla 46. Elementos afectables de los Riesgos por inundaciones	176
Tabla 47. Elementos afectables de los Riesgos por avenidas repentinas.....	177
Tabla 48.Obras y Proyectos Propuestos para la Mitigación de Riesgos.....	178

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa base del Municipio de Tultitlán.....	12
Figura 2. Fisiografía.....	20
Figura 3. Geomorfología	23
Figura 4. Geomorfología local	24
Figura 5. Geología	26
Figura 6. Edafología	29
Figura 7. Hidrografía	32
Figura 8. Cuencas y subcuencas	34
Figura 9. Microcuencas	36
Figura 10. Climas	39
Figura 11. Uso de suelo y vegetación	40
Figura 12. Uso de suelo y vegetación local.....	42
Figura 13. Áreas Naturales Protegidas.....	44
Figura 14. Distribución de población	47
Figura 15. Densidad de población por AGEB	49
Figura 16. Grado promedio de escolaridad	55
Figura 17. Índice de hacinamiento	56
Figura 18. Población con Limitación en la Actividad	57
Figura 19. Índice de marginación	61
Figura 20. Volcanes activos de México.....	66
Figura 21. Áreas de peligro por caída de materiales volcánicos del Volcán Popocatepetl	68
Figura 22. Peligro por erupciones volcánicas	69
Figura 23. Regionalización sísmica de la República Mexicana.....	71
Figura 24. Intensidades sísmicas globales.....	76
Figura 25. Isosistas del sismo del 19 de septiembre de 1985.....	77
Figura 26. Peligro por sismos	79
Figura 27. Fallas y fracturas geológicas	82
Figura 28. Pendientes del terreno	85
Figura 29. Amplitud del relieve.....	86
Figura 30. Peligro por inestabilidad de laderas (deslizamientos).....	88
Figura 31. Peligro por Flujos.....	90
Figura 32. Peligro por caídos o derrumbes.....	92
Figura 33. Peligro por hundimientos, subsidencias y agrietamientos.....	96
Figura 34. Peligro por fallas y fracturas	99
Figura 35. Estaciones meteorológicas empleadas en la evaluación de peligros hidrometeorológicos.	100
Figura 36. Peligro por ondas cálidas	106
Figura 37. Peligro por ondas gélidas	110

Figura 39. Peligro por sequías	119
Figura 40. Zonificación de heladas en México.....	121
Figura 41. Peligro por heladas.....	123
Figura 42. Peligro por tormentas de granizo.....	126
Figura 43. Frecuencia de nevadas en la República Mexicana	127
Figura 44. Peligro por tormentas de nieve	128
Figura 45. Presencia de ciclones tropicales en México.....	131
Figura 46. Distribución del número de tormentas tropicales y huracanes de 1949 a 2000	132
Figura 47. Rutas de ciclones tropicales periodo 1851 – 2010 en el entorno del municipio de Tultitlán ...	133
Figura 48. Peligro por tornados.....	136
Figura 49. Peligro por tormentas eléctricas	138
Figura 50. Peligro por lluvias extremas	143
Figura 51. Peligro por Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres (Simulación de inundaciones)	153
Figura 52. Peligro por Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	154
Figura 53. Peligro por avenidas repentinas.....	158
Figura 54. Vulnerabilidad social por AGEB.....	165
Figura 55. Vulnerabilidad social por manzana.....	168
Figura 56. Riesgo por inestabilidad de laderas (Deslizamientos).....	170
Figura 57. Riesgo por flujos	170
Figura 58. Riesgo por caídos o derrumbes	171
Figura 59. Riesgo por hundimientos, subsidencias y agrietamientos	173
Figura 60. Riesgo por Inundaciones	175
Figura 61. Riesgo por avenidas repentinas	177
Figura 62. Obras y proyectos propuestos para la mitigación de riesgos	180

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Precipitación media mensual (milímetros)	38
Gráfico 2. Temperatura media normal (grados centígrados)	38
Gráfico 3. Distribución de la población por localidad.....	46
Gráfico 4. Crecimiento Demográfico 1980 – 2010	50
Gráfico 5. Proyecciones de población 2010-2030	51
Gráfico 6. Distribución poblacional por sexo y grandes grupos de edad.	52
Gráfico 7. Temperatura máxima mensual (grados centígrados)	104
Gráfico 8. Características de los tipos de sequías.....	111
Gráfico 9. Climograma	113
Gráfico 10. Registro mensual de presencia de sequía en el territorio de Tultitlán	117
Gráfico 11. Número de meses según tipo de sequía en el municipio de Tultitlán	118
Gráfico 12. Precipitación máxima mensual (mm)	140

Bibliografía y Fuentes Consultadas

- ▲ Alguacil de La Blanca, Gerardo, Francisco Vidal Sánchez, Daniel Stich, Flor de Lis Mancilla Pérez, José Ángel López Comino, José Morales Soto y Manuel Navarro Bernal. 2012. Parámetros de la fuente y del movimiento del suelo del terremoto de Lorca de 2011. Revista Física de la Tierra. Vol. 24 (2012). España. pp. 41-69.
- ▲ APAST. 2006. Atlas de Inundaciones Numero 13. Temporada de Lluvias 2006. Ayuntamiento de Tultitlán.
- ▲ APAST. 2011. Atlas de Inundaciones Numero 18. Temporada de Lluvias 2011. Ayuntamiento de Tultitlán.
- ▲ CAEM. 2007. Atlas de Inundaciones del Estado de México.
- ▲ Ayuntamiento de Tultitlán. 2007. Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Tultitlán,
- ▲ Ayuntamiento de Tultitlán. 2013. Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015.
- ▲ Burrough, Peter A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press, New York.
- ▲ Cedillo, Acosta Olga Leticia, Miguel Ángel Rivas Sepúlveda y Felipe Neri Rodríguez Casasola. 2007, El Área Natural Protegida Sujeta a Conservación Ecológica “Sierra de Guadalupe” en Revista Sistemas Ambientales, Vol. 1, No. 1, pp.1-14.
- ▲ CENAPRED. 2001. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. México. 225 pp.
- ▲ CENAPRED. 2001_a. Heladas. Serie Fascículos. México. 36 pp.
- ▲ CENAPRED. 2001_b. Inestabilidad de laderas. 2ª. Edición. Serie Fascículos. México. 36 pp.
- ▲ CENAPRED. 2002. Sequías. Serie Fascículos. México. 36 pp.
- ▲ CENAPRED. 2002_a. Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México. 1ª edición. CENAPRED, SEGOB. México, D.F. 106 pp.
- ▲ CENAPRED. 2004. Inundaciones. Serie Fascículos. México. 53 pp.
- ▲ CENAPRED. 2005. Sismos. 5ª. Edición. Serie Fascículos. México. 52 pp.
- ▲ CENAPRED. 2006. Guía Básica para la Elaboración de los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. México, D. F. 280 pp.
- ▲ CENAPRED. 2007. Ciclones Tropicales. Serie Fascículos. México. 44 pp.
- ▲ CENAPRED. 2010. Tormentas Severas. Serie Fascículos. México. 52 pp.
- ▲ CONABIO. 2007. Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales, del Distrito Federal y Municipales de México Versión 1.0 Arc GIS. 08/2007. www.conabio.gob.mx.
- ▲ CONAGUA. 2010. Cartografía de Acuíferos de la República Mexicana. Facilitada a través de Infomex.
- ▲ Cotler, Helena Ávalos. 2010. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. 1ª. Edición. INE-SEMARNAT. México. 232 pp.
- ▲ Derruau, Max. 1970. Geomorfología. Ediciones Ariel. Barcelona. 442 pp.
- ▲ DOF. Miércoles 14 de diciembre de 2011. Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 142 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos.

- ▲ DOF. Miércoles 17 de abril de 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
- ▲ DOF 06-06-2012. Ley General de Protección Civil. 29 pp.
- ▲ ESRI (Environmental Systems Research Institute). 1991. Understanding GIS. The ArcInfo Method. California, USA.
- ▲ García Acosta, Virginia y Gerardo Suárez Reynoso. 1996. Los sismos en la historia de México, tomo I: FCE, UNAM, CIESAS, 1996. 718 pp. México.
- ▲ García, Acosta Virginia. 1997. Historia y Desastres en América Latina. Volumen II. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina-
- ▲ García-Palomo, Armando, et al. 2006, Landslide inventory map of Guadalupe Range, north of the México Basin. En: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Número Especial de Geología Urbana. Tomo LVIII, núm. 2, pp. 195-204
- ▲ IGCEM. 1993. Atlas General del Estado de México. Gobierno del Estado de México. Toluca.
- ▲ IMTA. 2009. Eric III Versión 3.2 - extractor rápido de información climatológica.
- ▲ Instituto de Geografía. UNAM. 1995. Mapas de peligros del Volcán Popocatepetl
- ▲ Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2010. Discapacidad, 2010.
- ▲ IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- ▲ Jaimes, Miguel A., Eduardo Reinoso, Mario Ordaz y Cesar Arredondo. 2009. Correlación entre la aceleración y velocidad máxima del suelo: aplicación en el análisis del peligro sísmico. Revista de Ingeniería Sísmica No. 81 19-35 (2009). pp. 19 - 35. México, D.F. http://dx.doi.org/10.5209/rev_FITE.2012.v24.40131
- ▲ Lugo, José I. 1989. Diccionario Geomorfológico. Instituto de Geografía UNAM. México. 337 pp.
- ▲ Lugo, José I. 1991. Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos). Instituto de Geografía UNAM. México. 109 pp.
- ▲ Lugo, José I. y Araceli Salinas Montes. 1996. Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Volumen 13. Numero 2. México, D. F. pp. 240-251.
- ▲ Macías, José Luis. 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, 2005, México. pp. 379-424
- ▲ Macías, Medrano Jesús Manuel y Asunción Avendaño García. 2013. Climatología de tornados en México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. ISSN 0188-4611.
- ▲ Rzedowski, Jerzy. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. Primera edición. México. 432 pp.
- ▲ Schmidt, Víctor. 2011. Factores de amplificación del suelo en función del periodo obtenidos a partir de regresiones para Costa Rica. Revista Geológica de América Central. Costa Rica. pp. 27-39.
- ▲ SEDATU. 2013. Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013. México. 153 pp.
- ▲ Sedlock, R. L., F. Ortega-Gutiérrez and R. C. Speed. 1993. Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. Geological Society of America. Special Paper 278.

- ▲ Silva, Carlos. 1978. Unidades de Suelo. Primera edición. Ed. CECSA. México.
- ▲ Strahler, Arthur N. y Alan N. Strahler, 1989. Geografía Física. Ed. Omega, Barcelona, 1989. 767 pp.
- ▲ Strahler, Arthur N. y Strahler, Alan N. 1996. Physical Geography. John Wiley & Sons, New York.

Cartografía y publicaciones del INEGI

- ▲ INEGI (b). S/F. Continuo de Elevaciones Mexicano CEM (2.0).
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/continuoelevaciones.aspx>
- ▲ INEGI, 1984. Carta de efectos climáticos regionales, escala 1:250,000, clave D14-3, Aguascalientes. México.
- ▲ INEGI. 2009. Censos Económicos 2009
- ▲ INEGI. 1976. Carta Geológica E14A29 escala 1:50,000.
- ▲ INEGI. 1980. X Censo General de Población y Vivienda.
- ▲ INEGI. 1981. Carta Fisiográfica escala 1:1 000 000.
- ▲ INEGI. 1982. Carta Edafológica E14A29 escala 1:50,000.
- ▲ INEGI. 1990. XI Censo General de Población y Vivienda.
- ▲ INEGI. 2000. XII Censo General de Población y Vivienda.
- ▲ INEGI. 2001. Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales escala 1:250,000.
- ▲ INEGI. 2007. Conjunto de Datos Edafológicos Vectoriales, escala 1:250,000 Serie II (Continuo Nacional)
- ▲ INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda.
- ▲ INEGI. 2010. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV escala 1:250 000.
- ▲ INEGI. 2010. Sistema de Integración Territorial, ITER. Principales resultados por localidad.
- ▲ INEGI. Guía para la Interpretación de Cartografía Edafológica (www.inegi.org.mx). Consultado en noviembre del 2013.
- ▲ INEGI. S/F. Carta de Climas, escala 1: 1 000 000.
- ▲ INEGI. S/F. SIATL. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas.
http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#
- ▲ INEGI. S/F. Sistema de Topoformas, escala 1: 000 000.
- ▲ INEGI. 1999. Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Aguas Subterráneas escala 1:250 000 Serie I
- ▲ INEGI. 2009. Cartografía Urbana (Áreas Geoestadísticas Básicas y Manzanas).
- ▲ INEGI. 2013. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).

Recursos electrónicos

- ▲ <http://clima.inifap.gob.mx>
- ▲ <http://earthquake.usgs.gov>
- ▲ <http://portal2.edomex.gob.mx/coespo/indicadoressociodemograficos/indicedemarginacion/index.htm>
- ▲ <http://smn.cna.gob.mx/>
- ▲ <http://www.cenapred.unam.mx>
- ▲ <http://www.cna.gob.mx>
- ▲ http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/de_los_municipios_de_Mexico_2010_-_
- ▲ <http://www.coneval.gob.mx>
- ▲ <http://www.crh.noaa.gov>
- ▲ <http://www.geofisica.unam.mx>
- ▲ <http://www.google.com/earth>
- ▲ <http://www.ncdc.noaa.gov>
- ▲ <http://www.snim.rami.gob.mx/#>
- ▲ <http://www.ssn.unam.mx/>
- ▲ <http://www.trinet.org/shake>
- ▲ <http://www2.ssn.unam.mx>
- ▲ <http://www2.ssn.unam.mx/website/jsp/fuertes.jsp>
- ▲ <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=15>
- ▲ www.drought.gov
- ▲ www.ncdc.noaa.gov. NCDC (National Climatic Data Center).

Tultitlán, Estado de México

