



Atlas de Riesgos del Municipio de Zinacantepec



Diciembre de 2013
Informe final

Número de expediente P13/15118/AE/1/0011

Zinacantepec, Estado de México



Master Planning, S.A. de C.V.

Colima 410-202 Col. Roma México, D.F. 06700 Tel. (55) 5256 2025

mp_masterplanning@yahoo.com.mx



Índice

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Objetivo	5
1.4. Alcances.....	5
1.5. Metodología General.....	6
1.6. Contenido del Atlas de Riesgos Naturales.....	9
CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA	11
2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica	11
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL	21
3.1. Fisiografía	21
3.2. Geomorfología.....	23
3.3. Geología.....	25
3.4. Edafología.....	30
3.5. Hidrología.....	32
3.6. Cuencas y Subcuencas	34
3.7. Clima.....	38
3.8. Usos del suelo y vegetación	41
3.9. Áreas Naturales Protegidas	43
CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS	45
4.1. Elementos demográficos	45
4.2. Características sociales	51
4.3. Principales actividades económicas en la zona	56
4.4. Características de la Población Económicamente Activa	57
4.5. Estructura urbana	59
4.6. Reserva territorial	60
CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PELIGROS Y VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL	61
5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen geológico	61
5.1.1. Erupciones Volcánicas	61
5.1.2. Sismos	71



5.1.3.	Tsunamis	75
5.1.4.	Inestabilidad de laderas (deslizamientos)	77
5.1.5.	Flujos	81
5.1.6.	Caídos o Derrumbes.....	83
5.1.7.	Hundimientos	85
5.1.8.	Subsidencia	87
5.1.9.	Agrietamientos	89
5.1.10.	Erosión.....	95
5.1.11.	Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas	99
5.1.11.1.	Medidas preventivas generales.....	105
5.1.11.2.	Medidas ante riesgos volcánicos.....	106
5.1.11.3.	Medidas ante riesgos por sismos	108
5.1.11.4.	Medidas ante riesgos por inestabilidad de laderas (remoción en masa).....	110
5.1.11.5.	Medidas ante riesgos por hundimientos.....	115
5.1.11.6.	Medidas ante riesgos por fallas o fracturas.....	116
5.1.11.7.	Medidas ante riesgos por grietas y subsidencia	117
5.1.11.8.	Medidas ante riesgos por erosión	119
5.2.	Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen hidrometeorológico	124
5.2.1.	Ondas cálidas y gélidas.....	125
5.2.2.	Sequías.....	129
5.2.3.	Heladas.....	133
5.2.4.	Tormentas de granizo.....	139
5.2.5.	Tormentas de nieve	144
5.2.6.	Ciclones Tropicales	146
5.2.7.	Tornados.....	147
5.2.8.	Tormentas de polvo	147
5.2.9.	Tormentas eléctricas	150
5.2.10.	Lluvias extremas.....	154
5.2.11.	Inundaciones	160
5.2.12.	Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas	189



Ilustraciones

Figura 1. Localización del Municipio de Zinacantepec, Estado de México.	2
Figura 2. Esquema conceptual de la metodología.	9
Figura 3. Croquis, ejemplo de Mapa base a nivel municipal escala 1:50 000	12
Figura 4. Croquis, ejemplo de Mapa base de la Cabecera Municipal escala 1:10 000	13
Figura 5. Mapa de Fisiografía del municipio de Zinacantepec.	22
Figura 6. Mapa de Geomorfología del municipio de Zinacantepec.	24
Figura 7. Mapa de Geología del municipio de Zinacantepec.	26
Figura 8. Mapa de fallas.	29
Figura 9. Mapa de Edafología del municipio de Zinacantepec.	31
Figura 10. Localización de pozos y plantas de tratamiento en el municipio de Zinacantepec.	33
Figura 11. Mapa de Cuencas del municipio de Zinacantepec.	35
Figura 12. Mapa de Microcuencas del municipio de Zinacantepec.	37
Figura 13. Mapa de Climas en el municipio de Zinacantepec.	40
Figura 14. Mapa de Usos de Suelo en el municipio de Zinacantepec	42
Figura 15. Mapa Áreas Naturales Protegidas en el municipio de Zinacantepec.	44
Figura 16. Distribución de la población	47
Figura 17. Densidad de Población	50
Figura 18. Mapa de grado de marginación en el municipio de Zinacantepec, 2005.	55
Figura 19. Mapa de Estructura urbana de Zinacantepec.	59
Figura 20. Mapa de Áreas Urbanizables de Zinacantepec.	60
Figura 21. Tipo de erupciones volcánicas de acuerdo a su explosividad y comportamiento.	62
Figura 22. Peligro por Lahares.	64
Figura 23. Mapa de Peligro por Flujos Piroclásticos.	66
Figura 24. Mapa de Peligro por Avalancha de Detritos.	68
Figura 25. Mapa de Peligro por Caída de Ceniza.	70
Figura 26. Mapa de zonas sísmicas de acuerdo con la zona sismogeneradora en el país. El Municipio de Zinacantepec se encuentra en la zona moderada de peligrosidad sísmica.	72
Figura 27. Mapa de peligros sísmicos.	75
Figura 28. En la figura se ilustra cómo se genera un tsunami a partir de la actividad sísmica, sismos generados a partir de la interacción de placas o fallas tectónicas.	76
Figura 29. Ilustración de los tipos de deslizamientos.	78
Figura 30. Mapa de peligro por Deslizamientos.	80
Figura 31. Mapa de peligro por Flujos.	82
Figura 32. Mapa de peligro por Derrumbes.	84



Figura 33. Mapa de peligro por Hundimientos.	86
Figura 34. Mapa de peligro por Subsistencia.	88
Figura 35. Mapa de Peligro por Grietas.	91
Figura 36. Mapa de fallas.	94
Figura 37. Mapa de Peligro por Erosión Laminar.	98
Figura 38. Mapa de Riesgos por Remoción en Masa.	103
Figura 39. Mapa de Riesgos por Vulcanismo	104
Figura 40. El área fue calculada a partir los diferentes peligros geológicos que puedan afectar al municipio, obteniéndose esta zona como la de menor impacto a sufrir alguno de estos. Estos albergues pueden ser ocupados como salones de usos múltiples ya que gran parte del tiempo son no se les da el uso para el cual fueron destinados.	106
Figura 41. Puente con diámetro menor al caudal del río que en caso de una emergencia será insuficiente para desahogar las grandes cargas de flujos.	107
Figura 42. Viviendas ubicadas en Santa María del Monte debajo de un escarpe pronunciado en una ladera con alto grado de peligro, en la foto B se puede apreciar los deslizamientos generados por rellenos de materiales.	110
Figura 43. Los perfiles 1 y 2 con orientación Norte-Sur provienen de las partes altas del volcán Nevado de Toluca, atraviesan la sierra y el perfil 3 termina en la planicie que va hacia Zinacantan, es por eso que la curva es más suavizada.	111
Figura 44. Viviendas ubicadas debajo de un escarpe pronunciado en una ladera con alto grado de peligro, en la foto B se puede apreciar los deslizamientos generados por rellenos de materiales.	112
Figura 45. Derrumbes y movimientos de ladera en áreas con pendientes pronunciadas, nótese la pendiente del árbol por el movimiento del suelo, el derrumbe de rocas y los deslizamientos.	113
Figura 46. Laderas con pendientes pronunciadas mayores de 35°, en el mes de mayo los pobladores pusieron costales con arena para detener el movimiento y la erosión del suelo. En la foto A, se aprecian costales que se deslizaron por la ladera a consecuencia de las lluvias de los meses de septiembre y en la foto B los costales caídos por acción de la gravedad y movimiento del terreno.	114
Figura 47. Se aprecia en la visita de campo que la Av. Escoval, tiene laderas peligrosas donde la población debe ser reubicada o construir muros de contención para detener los procesos de erosión y remoción en masa. En la foto A, se aprecia el comienzo de la pronunciada ladera con costales que sirven de barrera para las viviendas de abajo, en la foto B viviendas muy vulnerables. Foto C los muros de contención improvisados con lantas y costales. En las imágenes inferiores se muestran diversos ejemplos de muros de contención.	115
Figura 48. Agrietamientos en las banquetas de la población de Santa María del Monte que pueden afectar los tramos carreteros debido a las fallas y fracturas.	116
Figura 49. Agrietamientos en el suelo a lado de las carreteras entre los km 23 y 27 del tramo carretero Toluca-Cd Altamirano.	118
Figura 50. Barreras de contención con costales de los procesos erosivos de ladera con alto grado de peligro, en las fotos B y C se puede apreciar como el suelo tiene un proceso de reptación y se desliza hacia las partes bajas.	120
Figura 51. Cabeceo de cárcavas. Las cárcavas presentan un crecimiento constante en área y profundidad hacia aguas arriba, disminuyendo con esto el área útil del suelo y en algunos casos poniendo en peligro las construcciones que se encuentran en las zonas vecinas. Las acciones para rectificar las cárcavas son la estabilización de las laderas, mediante reforestación o cubiertas vegetales, la rectificación del fondo de la cárcava, a través del empleo de represas y la derivación del flujo principal con estructuras de drenaje por fuera de la cárcava (SMA-GEM, 2008).	122



Figura 52. Terrazas de formación paulatina. Son estructuras de defensa, que generalmente consisten en una zona de captación y un promontorio, que se construyen transversalmente a la pendiente del terreno. Tienen como función principal reducir la longitud de las laderas y disminuir la pendiente del terreno para regular los escurrimientos superficiales (SMA-GEM, 2008).	122
Figura 53. Una práctica que ha cobrado impulso en los últimos años, es la denominada agroforestal, que básicamente consiste en sembrar barreras de árboles o arbustos, espaciadas unos metros (4 m a 10 m), y en el espacio que queda entre ellas se siembran cultivos (SMA-GEM, 2008).	123
Figura 54 Esquema de peligros hidrometeorológicos	124
Figura 55. Nivel de Peligro por Ondas Cálidas	126
Figura 56. Nivel de Peligro por Ondas Gélidas	128
Figura 57. Nivel de Peligro por Sequías	130
Figura 58. Nivel de Peligro por Sequía Intraestival	132
Figura 59. Nivel de Peligro por Heladas	134
Figura 60. Nivel de Peligro por Granizadas	143
Figura 61. Nivel de Peligro por Tormentas de Nieve	145
Figura 62 Presencia de ciclones tropicales en México (las líneas indican el número de ciclones tropicales promedio que se presentan cada año.	146
Figura 63. Zonificación de velocidades máximas de viento en México.	148
Figura 64. Nivel de Peligro por Tormentas de Polvo	149
Figura 65. Estaciones Meteorológicas en el Municipio	150
Figura 66. Mapa de Peligro por Tormentas Eléctricas	153
Figura 67. Mapa de Precipitación Media anual en mm.	154
Figura 68. Mapa de Peligro por Precipitación	159
Figura 69. Peligro por inundaciones en Zinacantan	161
Figura 70. Riesgo por inundaciones en Zinacantan	162
Figura 71. Inundaciones ribereñas	164
Figura 72. Rocas arrastradas por el río Tejalpa.	164
Figura 73. Zonas inundables en Santa María del Monte según atlas de riesgos Zinacantan 2009 (digitalizadas en mapa base 2013).	165
Figura 74. Zonas inundables al norte del municipio según atlas de riesgos Zinacantan 2009 y 2012 (digitalizadas en mapa base 2013).	166
Figura 75. Zona inundable en San Juan de la Huertas.	167
Figura 76. En la parte inferior izquierda de esta imagen se observa el poder erosivo del río Tejalpa; en la zona derecha se observa la acumulación de material pétreo.	168
Figura 77. Río Tejalpa. En este detalle se aprecia la margen izquierda del río (antes del puente Zacatecas) en donde se aprecia un área de 'playa' dejada por los sedimentos fluviales del Tejalpa.	169
Figura 78. Zonas de riesgos en las márgenes de Tejalpa en la Localidad San Juan de la Huertas.	170
Figura 79. Perfil del río Tejalpa desde su cabecera hasta 5 Km al norte.	172



Figura 80. Riesgos en Santa Cruz Cuauhtenco	173
Figura 81. Zona de confluencia en Santa Cruz Cuauhtenco. 30 viviendas en riesgo de inundación en las cercanías del puente sobre la calle Luisa Isabel Campos de Jiménez Cantú. Modelo de peligros (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).	174
Figura 82. Confluencia al norte de Santa Cruz Cuauhtenco. 6 viviendas en riesgo de inundación 100 m al norte de la Calzada del Pacífico (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).	175
Figura 83. Zona baja con propensión a inundarse en la colonia Lindavista al este del barrio de la Veracruz (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).	176
Figura 84. Zona inundable. Escurrimiento canalizado en la calle Adolfo López Mateos con inundaciones recurrentes. Ver imagen de escurrimiento con bordos de contención. La inundación proviene del 'taconamiento' del puente debajo de la Avenida Adolfo López Mateos (abajo modelo de inundación, imagen satelital arriba).	177
Figura 85. Escurrimiento (río Chiquito) canalizado en la colonia Bosques ICA residencial / Serratón. Como se observa el río está contenido por fuertes muros de concreto que evitan que el río desborde y genere problemas de inundación. Sin embargo al sur de la calle Sebastián Lerdo de Tejada las viviendas en los cauces tienen problemas de inundación (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).	178
Figura 86. Río Tejalpa. La afectación de este escurrimiento en el poblado de San Juan de las Huertas es evidente en los flancos de ataque del río Tejalpa en donde la socavación le gana terreno a viviendas y parcelas. El riesgo de inundación es alto para aproximadamente 50 viviendas asentadas a lo largo de las márgenes del río (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).	180
Figura 87. Riesgos en San Antonio Acahualco.	181
Figura 88. Modelación de inundaciones al oeste de San Cristóbal Tecolot (El Testero)	182
Figura 89. Zona inundable en el Testero.	183
Figura 90. Zona inundable en el Testero y caminamientos en campo delimitando zonas de máxima inundación. A la izquierda zona con modelo de inundación, izquierda zona históricamente afectada.	184
Figura 91. Viviendas y cosechas afectadas por la inundación. Nótese la sedimentación excesiva.	184
Figura 92. En algunos puntos de la localidad, el agua alcanzó 180 cm de altura (líneas naranjas)	185
Figura 93. Vista desde el suroeste de Santa María del Monte. Nótese los barrancos y la deforestación causante de avenidas repentinas.	186
Figura 94. Zona inundable en Santa María del Monte. En rojo las zonas identificadas por el Atlas de Riesgos de la CAEM.	187
Figura 95. Riesgo por inundación en Santa María del Monte.	188

Gráficas

Gráfica 1.- Oscilación promedio de la temperatura durante el periodo 1981-2010	38
Gráfica 2.- Precipitación pluvial promedio durante el periodo 1981-2010	38
Gráfica 3.- Municipio de Zinacantepec y San Miguel Zinacantepec. Crecimiento demográfico 1980 – 2013	45
Gráfica 4.- Municipio de Zinacantepec. Distribución de la población por grupos quinquenales de edad, 2010.	48
Gráfica 5. Municipio de Zinacantepec. Principales ramas de actividad y su aportación al VACB, personal ocupado y unidades económica (%), 2008	57
Gráfica 6. Participación de la PEA en el total de la población, 1990-2010.	58



Gráfica 7.- Niveles de ingreso de la población ocupada, 2010

58

Cuadros

Cuadro 1. Contenido del Atlas de Riesgos	10
Cuadro 2. Topoformas.	23
Cuadro 3. Geología.	25
Cuadro 4. Tipos de Suelo, Municipio de Zinacantepec.	30
Cuadro 5. Cuencas y subcuencas, Municipio de Zinacantepec	34
Cuadro 6. Usos de Suelo, Municipio de Zinacantepec	41
Cuadro 7. Población y crecimiento promedio anual 1970-2010 y sus proyecciones al año 2030.	46
Cuadro 8. Distribución de la población según tamaño de localidad en Zinacantepec, 2010.	46
Cuadro 9. Mortalidad en Zinacantepec, 2010.	49
Cuadro 10. Población mayor de 5 años que habla algún tipo de lengua indígena, 2010.	51
Cuadro 11 Población total por municipio y sexo según afiliación y derechohabiencia en Zinacantepec, 2010	52
Cuadro 12 Unidades médicas en servicio del sector salud por municipio y nivel de operación según institución	52
Cuadro 13. Localidades con Grado de Marginación Muy Alto y Alto, 2010.	53
Cuadro 14. Indicadores de la participación del Municipio de Zinacantepec en la economía estatal	56
Cuadro 15. Clasificación de riesgo de acuerdo a los valores de vulnerabilidad y peligros encontrados en el Municipio de Zinacantepec, Estado de México.	101
Cuadro 16. Ageb's de riesgos volcánicos en el Municipio de Zinacantepec, Estado de México.	102
Cuadro 17. Registro de temperaturas máximas	125
Cuadro 18. Datos históricos de temperaturas 1971-2010.	135
Cuadro 19. Granizadas en el Municipio de Zinacantepec por estación meteorológica 1971-2010.	139
Cuadro 20. Ejemplos de granizadas registradas en el Municipio de Zinacantepec 2012-2013.	141
Cuadro 21. Registro de tormentas eléctricas por estación meteorológica 1971-2010.	151
Cuadro 22. Registro de precipitación por estación meteorológica 1971-2010	155



CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El presente Atlas de Riesgos Naturales para el Municipio de Zinacantepec se inscribe dentro del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU).

Este instrumento brindará a las autoridades municipales el insumo básico para diseñar y definir las estrategias y proyectos pertinentes en el territorio ante posibles contingencias; también coadyuvará a la planeación, elaboración e implementación de acciones dirigidas a reducir la vulnerabilidad de la población frente a amenazas de diversos orígenes y mejorar la calidad de vida en zonas específicas del municipio, permitiendo identificar a la población en condición de riesgo.

Para ello, el Atlas incorpora información geográfica de los peligros de origen natural que se presentan en el municipio, para identificar zonas expuestas a peligro y definir las características de la población y sus viviendas ubicadas en estas zonas.

En primera instancia, se presenta el universo de los fenómenos que integran al peligro (agente perturbador), entendiéndose como el sistema capaz de originar calamidades que pueden impactar a la comunidad y su entorno. Los agentes perturbadores considerados en el estudio, incluyen los fenómenos de origen geológico e hidrometeorológico.

Los fenómenos geológicos consideran: la sismicidad; el deslizamiento; el colapso de suelos; los hundimientos y agrietamientos. Dentro de los fenómenos hidrometeorológicos se incluyen: las lluvias torrenciales; las granizadas y nevadas; las inundaciones y flujos de lodo; las tormentas eléctricas; las temperaturas extremas y la erosión.

Asimismo, se vinculan los peligros con las repercusiones que éstos tendrían en el Municipio de Zinacantepec, que puede ser siniestrado por diversos peligros en más de un sentido, por lo que este trabajo aborda a la población afectada como un todo, denominado como el sistema afectable (éste comprende a la población, sus bienes y el ecosistema). Para determinar el riesgo, se identifican las condiciones socioeconómicas de las familias y las viviendas emplazadas en las zonas consideradas críticas por el Atlas.

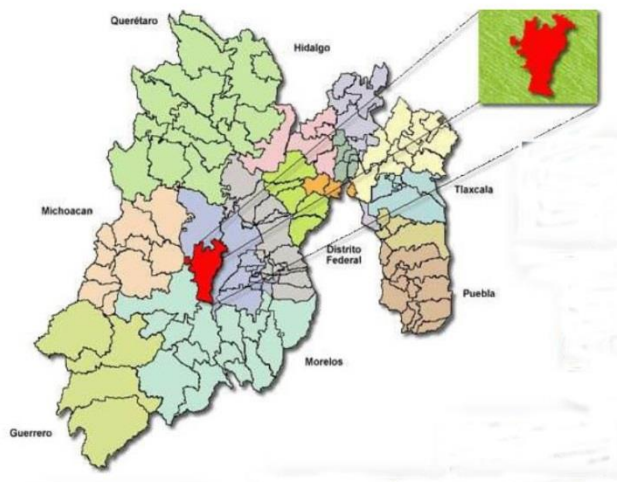
1.2. Antecedentes

El Municipio de Zinacantepec se localiza en la porción central del Estado de México, en la Región XIII Toluca integrada por 12 Municipios. Está situado en la porción occidental del Valle de Toluca, su territorio se ubica al interior de las coordenadas extremas 99°41'47" y 99°54'15" de longitud oeste; y los 19°03'52" y 19°19'56" de latitud norte, en tanto que la Cabecera Municipal se ubica a los 19°17'00" de latitud norte y a los 99°44'00" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Limita al norte, con Almoloya de Juárez; el este con Toluca; al suroeste con Tenango del Valle; al sur con Coatepec Harinas; y al oeste con Temascaltepec y Amanalco de Becerra. Consta de una superficie de 313.23 kilómetros cuadrados, representando 1.39% de la superficie del Estado de México, lo que lo ubica en el lugar 22 entre los municipios de la entidad.



Figura 1. Localización del Municipio de Zinacantepec, Estado de México.



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015. H. Ayuntamiento de Zinacantepec.

Administrativamente el Municipio de Zinacantepec está conformado por su cabecera municipal Villa de San Miguel Zinacantepec con cuatro barrios, con un total de 48 delegaciones.

1. Barrio de la Veracruz (Cabecera Municipal).	25. Raíces.
2. Barrio de San Miguel (Cabecera Municipal).	26. La Puerta del Monte.
3. Barrio de Santa María (Cabecera Municipal).	27. Buenavista.
4. Barrio del Calvario (Cabecera Municipal).	28. La Peñuela.
5. San Juan de las Huertas.	29. Tejalpa.
6. San Cristóbal Tecolot.	30. Santa María Nativitas.
7. San Luis Mexchtepec.	31. Cerro del Murciélago.
8. San Antonio Acahualco.	32. Colonia las Culturas.
9. Santa Cruz Cuauhténc.	33. La Nueva Serraton y Rinconada de Tecaxic.
10. Santa María del Monte Centro.	34. Colonia Emiliano Zapata.
11. Barrio de la Lima (Santa María del Monte).	35. Ojuelos.
12. Barrio del Curtidor (Santa María del Monte).	36. Colonia Ricardo Flores Magón.
13. Barrio de San Bartolo el Llano (Santa María del Monte).	37. Colonia Recibitas.
14. Barrio de San Bartolo el Viejo (Santa María del Monte).	38. Colonia San Matías.
15. Barrio de la Rosa (Santa María del Monte).	39. Colonia Cuauhtémoc.
16. Barrio de San Miguel Hojas Anchas (Santa María del Monte).	40. Colonia San Lorenzo Cuauhténc.



17. Agua Blanca (Santa María del Monte).	41. Loma de San Francisco.
18. Barrio de México (Santa María del Monte).	42. La Joya.
19. Barrio del Cóporo (Santa María del Monte).	43. La Deportiva.
20. San Pedro Tejalpa.	44. Colonia Irma Patricia Galindo de Reza.
21. Ojo de Agua.	45. El Testerazo.
22. El Contadero de Matamoros.	46. Colonia Zimbrones.
23. Colonia Morelos.	47. La Loma.
24. Loma Alta.	48. Colonia Benito Juárez García.

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015. H. Ayuntamiento de Zinacantepec.

El Municipio de Zinacantepec se encuentra ubicado en la mayor parte de su territorio en la subcuenca del Río Tejalpa, en la cual se localizan además las principales áreas urbanas, lo que las hace vulnerables ante las inundaciones provocadas por el desbordamiento del río del mismo nombre. Ejemplo de ello son las inundaciones ocurridas el 19 de junio de 2013 en las cuales resultaron afectadas más de 36 viviendas de los barrios de El Testerazo, San Cristóbal Tecolít, San Matías Transfiguración y San Juan de las Huertas, además de la afectación de que fueron objeto diversos terrenos de cultivo.

Si bien este evento destacó por los niveles alcanzados por el agua y el número de viviendas afectadas, entre el 20 de junio y el 25 de septiembre de ese mismo año se registraron diversas inundaciones en el municipio, afectando al menos otras 30 viviendas. En el Capítulo 6. Anexo, se incluye la relación de las fechas, domicilios y número de viviendas afectadas por las inundaciones mencionadas.

Adicionalmente se localizan diversas zonas susceptibles de afectaciones por fenómenos geológicos. Así, en el “Atlas de Riesgos Zinacantepec”, elaborado en el año de 2012, se registró una zona con riesgo de hundimiento en el Barrio del Cóporo, Santa María del Monte. En la zona cercana al río se localiza una socavación presentando mayor fracturación en temporada de lluvias, la cual puede afectar las vías de comunicación.

Asimismo, en el Barrio El Curtidor, Santa María del Monte, se registró un agrietamiento que en época de lluvia forma una socavación en el pavimento, afectando la vía de comunicación y un puente.

Respecto a los deslizamientos de tierra, en el citado Atlas se tiene el registro de ocho asentamientos en pendiente, cuatro de ellos en Santa María del Monte, dos en el Barrio del Cóporo y otros dos en San Luis Mextepec, con un total de 11 viviendas y 200 personas en riesgo.

En el Capítulo 5 y en los mapas de peligros se indican los eventos registrados por los distintos fenómenos geológicos e hidrometeorológicos.

Marco jurídico

El presente Atlas tiene su fundamento legal a nivel federal en los artículos 1º, 3º, 4º, 9º, 10º, 83º, 84º, 85º, y 86º de la Ley General de Protección Civil.

Esta Nueva Ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012 y establece entre otras, las siguientes disposiciones:

En el Artículo 1 señala que dicha Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto establecer las bases de coordinación entre los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil; en el Artículo 3. Indica que los tres niveles de gobierno tratarán en todo momento que los programas y estrategias dirigidas al



fortalecimiento de los instrumentos de organización y funcionamiento de las instituciones de protección civil se sustenten en un enfoque de gestión integral del riesgo, en tanto que en el Artículo 4. En su Fracción I. señala que las políticas públicas en materia de protección civil, se ceñirán al Plan Nacional de Desarrollo y al Programa Nacional de Protección Civil, identificando para ello entre las prioridades, “La identificación y análisis de riesgos como sustento para la implementación de medidas de prevención y mitigación”.

Adicionalmente establece en el Artículo 9 que la organización y la prestación de la política pública de protección civil corresponden al Estado quien deberá realizarlas en los términos de esta Ley y de su Reglamento, por conducto de la federación, los estados, el Distrito Federal, los municipios y las delegaciones, en sus respectivos ámbitos de competencia.

El Artículo 83 indica que el Gobierno Federal, con la participación de las entidades federativas y el Gobierno del Distrito Federal, promoverá la creación de las bases que permitan la identificación y registro en los Atlas Nacional, Estatales y Municipales de Riesgos de las zonas en el país con riesgo para la población, el patrimonio público y privado, que posibilite a las autoridades competentes regular la edificación de asentamientos.

Es de destacarse que en el Artículo 84 se consideran como delito grave la construcción, edificación, realización de obras de infraestructura y los asentamientos humanos que se lleven a cabo en una zona determinada sin elaborar un análisis de riesgos y, en su caso, definir las medidas para su reducción, tomando en consideración la normatividad aplicable y los Atlas municipales, estatales y el Nacional y no cuenten con la autorización de la autoridad correspondiente. En el Artículo 85 se establece que son autoridades competentes para aplicar lo dispuesto por el Capítulo XVII “De la Detección de Zonas de Riesgo”, dentro del ámbito de sus respectivas atribuciones conforme a la Ley, entre otros, los Municipios.

Asimismo, en el Artículo 86 se plantea que en el Atlas Nacional de Riesgos y en los respectivos Atlas Estatales y Municipales de Riesgos, deberán establecerse los diferentes niveles de peligro y riesgo, para todos los fenómenos que influyan en las distintas zonas. Dichos instrumentos deberán ser tomados en consideración por las autoridades competentes, para la autorización o no de cualquier tipo de construcciones, obras de infraestructura o asentamientos humanos.

Respecto a la Legislación Estatal, destacan los Artículos 6.1, 6.2 y 6.3, 6.4, 6.6 y 6.7, del Libro Sexto del Código Administrativo del Estado de México; y 2o, 3o y 8o del Reglamento del Libro Sexto del Código Administrativo del Estado de México, así como los Artículos 31, Fracción XXI Quáter y 81 TER de la Ley Orgánica Municipal del Estado de México.

El Libro Sexto de la Protección Civil, del Código Administrativo del Estado de México tiene el objeto de regular las acciones que en materia de Protección Civil se lleven a cabo en la Entidad, por lo que sus disposiciones tienen como finalidad la prevención, auxilio y recuperación de la población en caso de riesgo o desastre, para lo cual son aplicables a dicho Libro los conceptos, principios y lineamientos establecidos en la Ley General de Protección Civil, de conformidad con lo establecido en los artículos 6.1, 6.2 y 6.3 de dicho Libro.

Asimismo, en el Artículo 6.4. define que las autoridades en materia de protección civil son la Secretaría de Seguridad Ciudadana, la Dirección General de Protección Civil y los Ayuntamientos con las atribuciones que les otorga este Libro.

En el Artículo 6.6 establece que el sistema estatal de protección civil se integra por el Gobernador del Estado, el Consejo Estatal de Protección Civil, el Secretario de Seguridad Ciudadana, los Presidentes Municipales, el Director General de Protección Civil del estado de México, los Sistemas y Consejos Municipales de Protección Civil; y la representación de los sectores social y privados, de las instituciones educativas, grupos voluntarios y expertos en diferentes áreas relacionadas con la protección civil.



A su vez, en el Artículo 6.7 se asigna la coordinación ejecutiva del sistema de protección civil a la Secretaría de Seguridad Ciudadana, en coordinación con la Secretaría General de Gobierno, para la cual define en la Fracción XI como atribución la de promover la creación, desarrollo y actualización permanente, de los atlas municipales de riesgos.

Por su parte, el Reglamento del Libro Sexto de la Protección Civil, en su Artículo 2 establece que en la Entidad, la dependencia responsable de aplicar sus disposiciones es la Agencia de Seguridad Estatal por conducto de la Dirección General de Protección Civil y los ayuntamientos de los municipios, en el ámbito de sus respectivas atribuciones y competencias; y en su Artículo 3 define que la política estatal en materia de protección civil se ajustará a los ordenamientos superiores y el propio Reglamento plasmados en este apartado.

Por otro lado, en la Fracción VIII del Artículo 8, establece como atribución de la Coordinación Ejecutiva, por conducto de la Dirección General de Protección Civil, la de promover la creación, actualización y desarrollo de los atlas municipales de riesgos.

Por su parte, la Ley Orgánica Municipal del Estado de México, en su Artículo 31, Fracción XXI Quáter señala entre otras atribuciones de los Ayuntamientos, la de promover la creación, desarrollo y actualización permanente, de los atlas municipales de riesgos.

Esa misma Ley en el Artículo 81 TER menciona que cada ayuntamiento constituirá un consejo municipal de protección civil que encabezará el presidente municipal, con funciones de órgano de consulta y participación de los sectores público, social y privado para la prevención y adopción de acuerdos, así como la ejecución en general, de todas las acciones necesarias para la atención inmediata y eficaz de los asuntos relacionados con situaciones de emergencia, desastre, o calamidad que afecten a la población.

Entre las atribuciones de los Consejos Municipales de Protección Civil se señala la de “Identificar en un Atlas de Riesgos Municipal, que deberá actualizarse permanentemente y publicarse en la Gaceta Municipal durante el primer año de gestión de cada ayuntamiento, sitios que por sus características específicas puedan ser escenarios de situaciones de emergencia, desastre o calamidad públicas”.

1.3. Objetivo

Contar con un documento de análisis espacial que diagnostique, pondere y detecte los peligros naturales y la vulnerabilidad presentes en el municipio de Zinacantepec, a través de criterios estandarizados, catálogos y bases de datos homologadas, compatibles y complementarias para generar zonificaciones y cartografía de riesgos, a fin de contar con una herramienta que sirva de base para la adopción de estrategias territoriales y el diseño de medidas y acciones de prevención de desastres y reducción de riesgos.

1.4. Alcances

El Atlas de Riesgos Naturales de Zinacantepec, previo análisis-síntesis de la situación de peligros y riesgos ocasionados por eventos naturales en conjunción con las variables de vulnerabilidad del sistema afectable, identificará por medio de mapas y cuantificará por medio de tablas y descripciones analíticas dentro del texto, la afectabilidad del municipio ante distintos fenómenos de la naturaleza.

Los alcances que del presente documento se apegan a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013 de la SEDATU tanto en la elaboración de cartografía, sus diccionarios de datos y metadatos como en el tipo de documento técnico en donde se describa el Atlas de Riesgos con antecedentes e Introducción, determinación de la zona de estudio, caracterización de los elementos del medio natural y de los elementos sociales, económicos y demográficos y por último se realizará la parte central de este documento que consiste en la identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural. Adicionalmente se



incluirán en un documento anexo los metadatos, glosarios, bibliografía y demás información de apoyo empleada para la conformación de este documento.

En particular se realizarán las actividades siguientes:

- Recopilar la información cartográfica y georeferenciarla en un mapa base.
- Incorporar información reciente e histórica sobre la ocurrencia de desastres o situaciones de peligro en el municipio.
- Delimitar, zonificar y ponderar las zonas de peligros hidrometeorológicos y geológicos presentes en el municipio.
- Recabar información sobre las características de la población y las viviendas ubicadas en zonas de peligro.
- Estimar los niveles de vulnerabilidad de cada peligro y definir las zonas de riesgos, peligros y vulnerabilidad.
- Identificar las zonas de conflicto, en las que la ocupación y el aprovechamiento del suelo resulten incompatibles con los riesgos detectados.
- Identificar las medidas preventivas y acciones de mitigación por tipo de peligro y elaborar una matriz de corresponsabilidad de las obras y acciones de mitigación propuestas.

Cabe señalar que la fuente inicial de información la constituye el “Atlas de Riesgos Zinacantepec”, elaborado bajo la metodología establecida por la Dirección General de Protección Civil del Gobierno del estado de México y el Ayuntamiento de Zinacantepec en el año 2012.

Por su parte, dada la escala de trabajo del Atlas de Riesgos del Estado de México, se tomará como referencia para localizar los fenómenos naturales que pueden afectar grandes zonas, tales como la sismicidad o las temperaturas extremas.

1.5. Metodología General

El tema del riesgo dentro de la prevención de desastres ha sido tratado y desarrollado por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes de manera diferente, aunque en la mayoría de los casos de manera similar. Un punto de partida es que los riesgos están ligados a actividades humanas. La existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) en un grado tal, que constituye un desastre. Así, un movimiento del terreno provocado por un sismo no constituye un riesgo por sí mismo. Si se produjese en una zona deshabitada, no afectaría ningún asentamiento humano y por tanto, no produciría un desastre.

Conceptos básicos sobre peligros, riesgos, desastres, prevención y mitigación¹.

El Peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto período de tiempo y en un sitio dado. Para el estudio de los peligros, es importante definir los fenómenos perturbadores mediante parámetros cuantitativos con un significado físico preciso que pueda medirse numéricamente y ser asociado mediante relaciones físicas con los efectos del fenómeno sobre los bienes expuestos. En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad.

La forma más común de representar el carácter probabilístico del fenómeno es en términos de un periodo de retorno (o de recurrencia), que es el lapso que en promedio transcurre entre la ocurrencia de fenómenos de

¹ Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica. Noviembre, 2006.



cierta intensidad. El concepto de periodo de retorno, en términos probabilísticos, no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita.

Por su parte, se entiende por Riesgo la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.

La Vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas. En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social.

La primera es más factible de cuantificarse en términos físicos, por ejemplo la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán, a diferencia de la segunda, que puede valorarse cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas.

La Exposición o Grado de Exposición se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas.

El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del valor del peligro. La exposición puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea a través de una evacuación o inclusive evitando el asentamiento en el sitio.

Una vez que se han identificado y cuantificado el peligro, la vulnerabilidad y el grado de exposición para los diferentes fenómenos perturbadores y sus diferentes manifestaciones, es necesario completar el análisis a través de escenarios de riesgo, o sea, representaciones geográficas de las intensidades o de los efectos de eventos extremos. Esto resulta de gran utilidad para el establecimiento y priorización de acciones de mitigación y prevención de desastres. Ejemplos de escenarios de peligro son la representación de los alcances de una inundación con los tirantes máximos de agua que puede tener una zona; distribución de caída de ceniza consecuencia de una erupción volcánica; la intensidad máxima del movimiento del terreno en distintos sitios debido a un sismo. Ejemplos de escenarios de riesgos serían el porcentaje de viviendas de adobe dañadas para un sismo de determinada magnitud y epicentro, el costo de reparación de la infraestructura hotelera por el paso de un huracán, el número de personas que podrían verse afectadas por el deslizamiento de una ladera inestable, etc.

Mitigación y Prevención. Basados en la identificación de riesgos, consiste en diseñar acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los desastres antes de que éstos ocurran. Incluye la implementación de medidas estructurales y no estructurales para reducción de la vulnerabilidad o la intensidad con la que impacta un fenómeno: planeación del uso de suelo, aplicación de códigos de construcción, obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil y manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación, preparación para la atención de emergencias (disponibilidad de recursos, albergues, rutas de evacuación, simulacros, etc).

Análisis e identificación de peligros naturales. A partir del análisis e identificación de los peligros naturales, es factible definir o delimitar áreas de mayor o menor incidencia mediante el uso de tecnologías como la



percepción remota (uso y manejo de imágenes de satélite), el sistema de posicionamiento global (GPS), los sistemas de información geográfica (SIG) y los manejadores de base de datos. La consideración de todos estos elementos permite establecer una zonificación de los peligros con miras a proponer acciones y medidas preventivas y de mitigación concretas.

Con la identificación de los peligros y su interpretación, la información temática debe cruzarse con la traza urbana al nivel de calles, de manzanas, predios o al menos al nivel de colonias y barrios para definir una microzonificación. Esta última es un proceso de análisis al que se pretende llegar en análisis posteriores, mediante la definición de áreas más pequeñas o con mayor detalle en cuanto a la ubicación de zonas de riesgo potencial y el grado de afectación de las zonas urbanas, las vidas humanas, los bienes y los servicios.

De esta actividad deriva la propuesta de zonificación de riesgos a nivel municipal y en zonas urbanas que son el soporte para la toma de decisiones. En regiones donde los riesgos son mitigables, se propondrán obras de infraestructura, proyectos de crecimiento urbano o cambios de uso de suelo, entre otros.

Asociado a lo anterior, la localización y representación cartográfica de estos peligros, permite a las autoridades involucradas en la elaboración de los Atlas, disponer de información valiosa, útil para la toma de decisiones en la protección de la ciudadanía y en la Ordenación Territorial. Estos estudios, también se enfocan a motivar el cambio para que la protección civil no sea reactiva, sino preventiva.

Síntesis de la metodología

El presente Atlas se desarrolló utilizando de manera general la siguiente metodología:

Identificación de peligros

- Compilación y análisis del contenido de la documentación hemerográfica, técnica y científica disponible en relación a la incidencia previa de contingencias en el municipio.
- Detección de información útil para la identificación de peligros en el municipio que se encuentre incluida en estudios, diagnósticos y mapas de riesgo ya existentes.
- Identificación primaria de los peligros naturales (geológicos e hidrometeorológicos) existentes, así como sus orígenes y componentes.
- Reconocimiento en campo e identificación de los niveles de peligros a través de sistemas de geoposicionamiento global para la georreferenciación de los peligros.
- Identificación complementaria de otros peligros concurrentes en el municipio, así como sus orígenes, componentes y causas.

Diagnóstico de Riesgos

- Una vez delimitadas las zonas de peligro se realizará una estimación del nivel de vulnerabilidad de la población ante cada una de las amenazas.
- La determinación de los niveles de vulnerabilidad de la población, será realizada considerando como elemento base de análisis los aspectos socioeconómicos de las familias y la calidad de los materiales de la vivienda.
- Obtenida la vulnerabilidad y el nivel de peligro se realizará la estimación del riesgo y se clasificarán las zonas por riesgos, peligros y vulnerabilidad.
- Se delimitarán Zonas de Riesgo Mitigable y Zonas de Riesgo no Mitigable, según tipo de peligro, partiendo de considerar el riesgo como mitigable cuando su reducción o minimización aparece como un proceso factible o alcanzable mediante la ejecución de medidas de prevención definidas según sea el caso; las áreas de riesgo no mitigable representan espacios donde el asentamiento



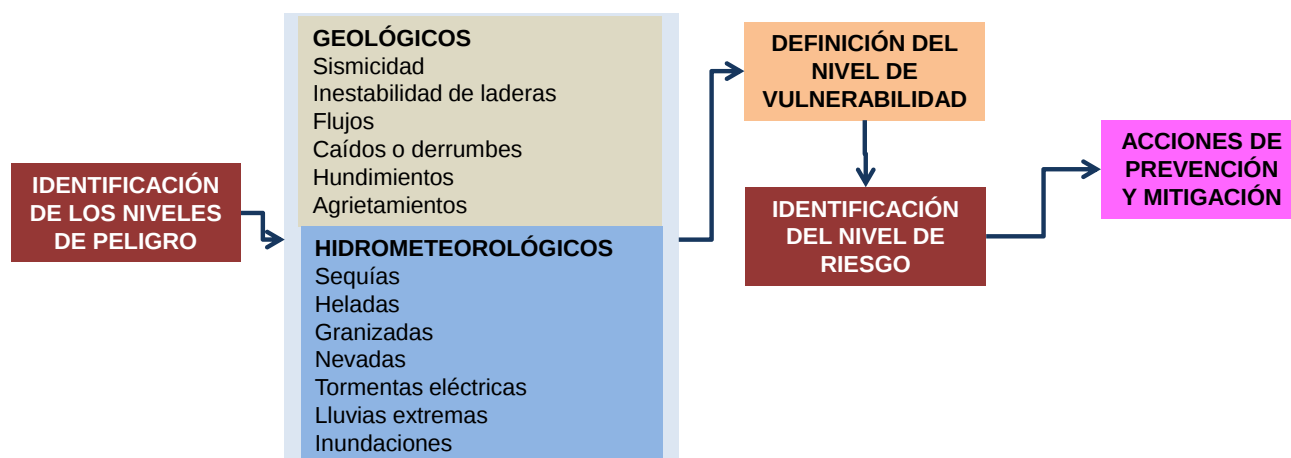
humano no debe permitirse, dado que cualquier medida de mitigación es físicamente inadmisibles o financieramente inviable.

Sistema de Información Geográfica de Riesgos

- Con base en la información vectorial y raster se realizará una estandarización y homogenización de la información, para proporcionar una serie de mapas georreferenciados, ligados a una base de datos que pueda ser actualizada, y accesibles para su consulta en formato de imagen.

Asimismo, como se mencionó en el apartado anterior, el presente atlas se apega a los criterios metodológicos establecidos en las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013 de la SEDATU tanto en la elaboración de cartografía, sus diccionarios de datos y metadatos como en la estructura y contenido del documento técnico.

Figura 2. Esquema conceptual de la metodología.



Fuente: Elaboración propia a partir de la SEDESOL. Metodología de los Atlas de Riesgos.

1.6. Contenido del Atlas de Riesgos Naturales

El contenido del presente documento se enmarca en el capitulado citado en las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos 2013, de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, (SEDATU) y se menciona en la siguiente tabla.



Cuadro 1. Contenido del Atlas de Riesgos

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN	Introducción Antecedentes Objetivo Alcances Metodología General Contenido del Atlas de Riesgos	
CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA	Determinación de niveles de análisis y escalas de representación gráfica	
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL	Fisiografía Geomorfología Geología Edafología Hidrografía Cuencas y subcuencas Clima Usos del suelo y vegetación Áreas Naturales Protegidas	
CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS	Elementos demográficos Características sociales Principales actividades económicas en la zona Reserva territorial	
CAPÍTULO 5. RIESGOS, PELIGROS Y/O VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL	Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico	Erupciones volcánicas Sismos Tsunamis Inestabilidad de laderas Flujos Caídos o derrumbes Hundimientos Subsistencia Agrietamientos Erosión Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas
	Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico	Ondas cálidas y gélidas Sequías Heladas Tormentas de granizo Tormentas de nieve Ciclones tropicales Tornados Tormentas polvo Tormentas eléctricas Lluvias extremas Inundaciones Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas
CAPÍTULO 6. ANEXO	Glosario de Términos Bibliografía Cartografía Metadatos Fichas de campo Nombre de la consultoría y personas que participaron en la elaboración del Atlas	



CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

En este apartado se establecerán los niveles geográficos de aproximación a la problemática municipal del peligro o riesgo. Se definirán, por medio de aproximaciones y condiciones específicas de las localidades estudiadas. A continuación se explica cómo se llegó a los niveles escalares propuestos en el presente Atlas de Riesgos naturales.

La determinación de la zona de estudio, es un instrumento técnico geográfico que determina las áreas de tratamiento para desarrollar las acciones de nivel territorial que permitan configurar y delimitar representaciones territoriales óptimas. Para la elaboración del mapa de zonificación, se realizó una evaluación integrada de las zonas de peligro y unidades geográficas funcionales; dentro de un análisis de superposición que incluye el mapa base en conjunción con los diferentes temas que se abordarán en el atlas.

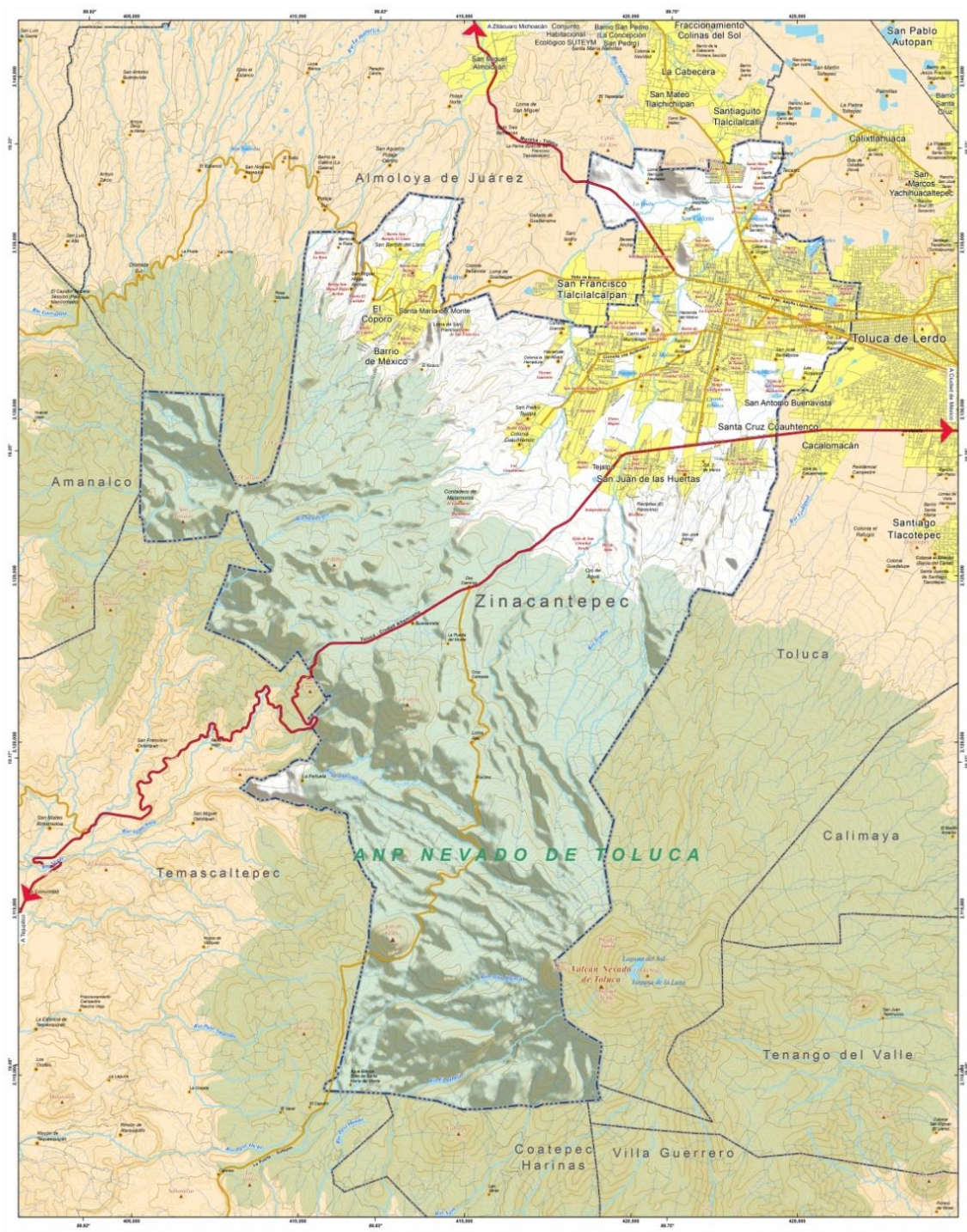
2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

La metodología utilizada para la determinación de las escalas de representación gráfica del presente atlas, ha sido estructurada a partir de la aplicación de métodos y técnicas de análisis y la organización territorial, cuya finalidad es definir y delimitar y/o redelimitar el número apropiado de niveles y escalas de estudio.

Zinacantan es un municipio con características geográficas de superficie y forma que hacen posible el estudiarlo integralmente en escala a 1:50 000 para representaciones cartográficas impresas en 90cm por 60cm, como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 3. Croquis, ejemplo de Mapa base a nivel municipal escala 1:50 000



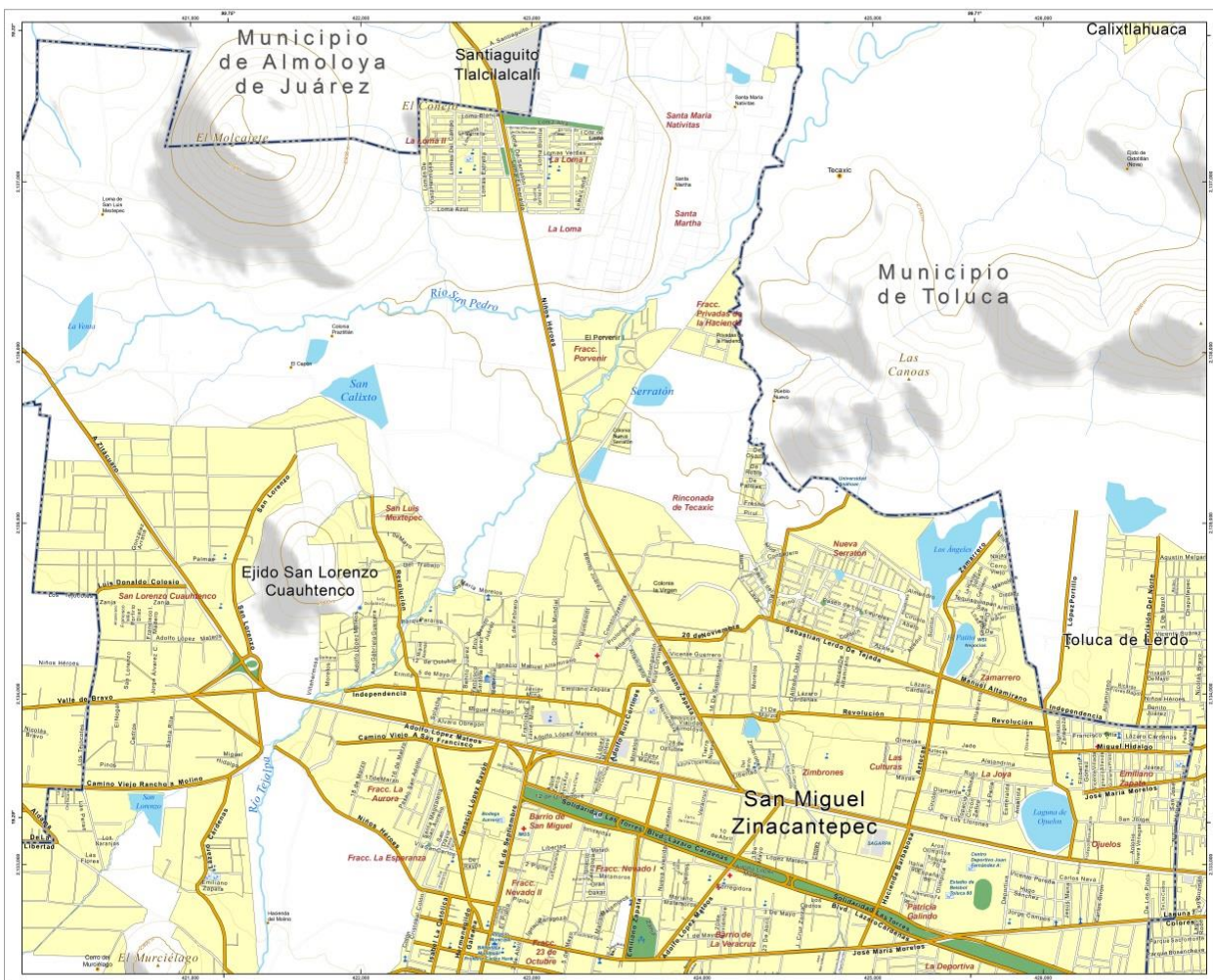
Fuentes: Elaboración propia con base en datos vectoriales del INEGI y Límite Municipal proporcionado por la Subdirección de Catastro del H. Ayuntamiento de Zinacantepec.



En áreas que son potencialmente susceptibles a ser afectadas por algún tipo de evento o fenómeno natural, lo cual las hace vulnerables, se orientará la zonificación hacia áreas susceptibles y a la evaluación de niveles de vulnerabilidad por fenómenos naturales, por lo que a partir del mapa base municipal se analizarán las características propias del territorio municipal en relación con sus condiciones y propensión a ser impactado por alguno de los fenómenos naturales que se especificarán más adelante. Con base en este nivel de análisis, la representación cartográfica será adecuada a cada una de las condiciones mencionadas para visualizar los fenómenos desde una perspectiva a mayor detalle que será expresada gráficamente en el espacio con mapas a nivel centro de población en los que se emplearán escalas 1:10 000 o mayores.

En la figura siguiente se ilustra el nivel de un mapa urbano en el que se puede representar a nivel de manzanas el peligro o riesgo de la población ante determinados fenómenos, con este nivel de detalle se permitirá establecer bases para futuros estudios de riesgo y también para evaluar otras áreas con características semejantes además de localizar de forma puntual las obras propuestas para mitigar la vulnerabilidad del sistema afectable.

Figura 4. Croquis, ejemplo de Mapa base de la Cabecera Municipal escala 1:10 000



Fuente: Elaboración propia con base en datos vectoriales del INEGI.



En lo referente a la profundidad del estudio, se le dio mayor detalle en las temáticas que representan mayor riesgo para la zona de estudio.

Los siguientes datos muestran el nivel de análisis que se realizarán en el presente Atlas de acuerdo con las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013 de la SEDATU.

Fallas y fracturas

NIVEL 1. MÉTODO	EVIDENCIAS
Determinación de la Presencia del fenómeno perturbador fallas y fracturas. Reconocimiento del sitio en cuestión, en busca de evidencia de la presencia de fracturas-fallas, mediante caminamientos en sus tres dimensiones (largo, ancho y profundidad).	Las evidencias suelen presentarse en calles, banquetas, guarniciones, bardas, casas habitación, líneas de conducción y otras obras civiles; en paredes de cortes de terreno en barrancas, caminos, zanjas, etcétera, donde pueden apreciarse diferentes capas geológicas, con la traza de estas estructuras.
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	

Sismos

NIVEL 3. MÉTODO	EVIDENCIAS
Ubicación de la zona en cuestión en el Mapa de Periodos de Retorno para Aceleraciones de 15% de g o Mayores. Aplicando este nivel de análisis se determinará el periodo promedio de repetición de una aceleración mínima que puede producir daños importantes a las construcciones. Si se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos del sismo, pueden definirse prioridades para estudios específicos de seguridad estructural, actualización de reglamento de construcción, etcétera.	La ubicación de la zona en cuestión en este mapa, dará evidencia del periodo de retorno esperado en años, de un sismo que genere aceleraciones mayores o iguales a 15% de g, que pueda generar serios daños en construcciones.
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	



Inestabilidad de laderas (Deslizamientos)

NIVEL 4. MÉTODO	EVIDENCIAS
Perfiles de pendiente: análisis geométrico de perfiles longitudinales de las laderas y macizos montañosos en los cuales se revisan los cambios en la forma y las rupturas de pendiente.	Cartografía regional de PRM a escala, 1:50 000 o mayores. Diseño e implementación de sistemas de información geográfica.
Escala inicial de trabajo: 1:10 000	

Flujos (lodo, tierra y suelo, avalancha de detritos, creep, lahar)

NIVEL 1. MÉTODO	EVIDENCIAS
Evaluación y ocurrencia de procesos Los procesos relacionados con diferentes tipos de flujos presentan una morfología especial en el territorio, la cual puede ser observada y cartografiada. Los mapas que ayudan en el estudio de los flujos son los siguientes: – Carta altimétrica – Carta de pendientes – Carta geomorfológica	Las principales evidencias se encuentran en la deformación del terreno que es susceptible a la ocurrencia de diferentes tipos de flujos. Los perfiles generales del terreno presentan características distintivas tales como: Pendientes pronunciadas. Materiales inestables. Suelos con alta capacidad de retención de agua Importantes fuentes de agua que permiten la saturación del suelo (precipitación, manantiales, corrientes perennes de agua, fugas de agua, erupciones con altas concentraciones de vapor de agua). Cartografía a detalle de los procesos. Registros fotográficos.
Escala inicial de trabajo: 1:10 000	



Caídos o derrumbes

NIVEL 4. MÉTODO	EVIDENCIAS
Perfiles de pendiente: análisis geométrico de perfiles longitudinales de las laderas y macizos montañosos en los cuales se revisan los cambios en la forma y las rupturas de pendiente.	Cartografía regional de derrumbes a escala, 1:50 000 o mayores. Diseño e implementación de sistemas de información geográfica.
Escala inicial de trabajo: 1:10 000	

Hundimientos

NIVEL 1. MÉTODO	EVIDENCIAS
Cartografía general de hundimientos: levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa con escala a detalle.	Información de antecedentes de estudios realizados. Mapas con información de zonas de hundimientos, agrietamientos, deformación de la superficie. Fichas de registro de la información levantada en campo. Fotografías que muestren: Escarpes rocosos, sobreescarpado, procesos de socavamiento en la base del escarpe, eventos anteriores.
Escala inicial de trabajo: 1:10 000	



Erosión

NIVEL 1. MÉTODO	EVIDENCIAS
Modelo Cualitativo de Erosión-Deposición. Se utiliza para suelos cultivados, se basa en el principio que explica que la erosión es más activa que la edafización lo que provoca la desaparición de los horizontes superficiales del perfil en las partes altas de las laderas y en las zonas de acumulación en la base.	Cartografía base, mapas topográficos con diferentes escalas. Cartografía geomorfológica temática: Carta de pendientes. Carta de sistemas de drenaje. Carta de profundidad de la disección. Carta de densidad de la disección. Valoración de la pérdida de la cobertura vegetal. Verificación del aumento de flujos de agua en las corrientes fluviales. Verificación de la disminución de filtración de agua (abatimiento de mantos freáticos).
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	

Temperaturas máximas extremas (ondas cálidas y gélidas)

NIVEL 2. MÉTODO	EVIDENCIAS
Gradientes térmicos verticales: Se identificó el gradiente térmicos considerando las diversas altitudes del terreno. Trazar isotermas tomando en cuenta también zonas de solana y de umbría, así como de sotavento y barlovento. Identificar las vertientes expuestas al sol, a la sombra, a la humedad y a la relativa aridez.	Mapa de gradientes térmicos. Mapa de zonas de probabilidad de temperaturas extremas.
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	



Sequías

NIVEL 2. MÉTODO	EVIDENCIAS
Determinar los porcentajes de sequía intraestival (disminución de las lluvias durante el verano) de acuerdo a método de Pedro Mosiño y Enriqueta García, el cual consiste en la utilización de cuatro ecuaciones que representan los grados de sequía. Se usan datos de precipitación media mensual, con preferencia de mayo a octubre. Elaborar gráficas para identificar el comportamiento de la sequía intraestival.	Gráficas de comportamiento de la sequía intraestival. Mapa de grados de intensidad de la sequía intraestival.
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	

Masas de aire. Heladas

NIVEL 2. MÉTODO	EVIDENCIAS
Temperaturas mínimas extremas: con una base de datos climatológicos con los valores medios de las temperaturas iguales o inferiores a 0°C, de cada una de las estaciones meteorológicas de la región en estudio.	Datos meteorológicos diarios, mensuales y anuales de las estaciones de un estado, una región o de un municipio. Climatológicas de la zona de estudio, considerando las estaciones más cercanas y con mejor calidad de la información. Mapa con valores medios mensuales o anuales, y las isothermas para mostrar su distribución espacial. Mapa de distribución de heladas.
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	



Masas de aire. Nevadas

NIVEL 1. MÉTODO	EVIDENCIAS
Visualización ambiental: Durante la época fría del año se observan las regiones donde precipitan las nevadas para definir coberturas y alturas de ocurrencia.	Informe de campo. Consiste en salir a los espacios donde se llevaron a cabo las bajas temperaturas y registrar las distribuciones afectadas. Mapa de campo con registro de puntos georreferenciados donde se realizaron las observaciones.
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	

Masas de aire. Tormentas eléctricas

NIVEL 1. MÉTODO	EVIDENCIAS
Registros históricos de tormentas eléctricas: cálculo los valores medios de las tormentas de un periodo determinado, que puede ser un mes, una estación del año o los valores medios anuales. Trazar isoyetas de un espacio dado o pueden usarse rangos representados de varios colores para mostrar la distribución espacial del hidrometeoro. Determinar periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.	Mapas de frecuencia de tormentas eléctricas. Mapa de isoyetas, que tiene que ver con precipitaciones turbulentas típicas de la ocurrencia y recurrencia de sistemas tropicales. Gráficas.
Escala inicial de trabajo: 1:50 000	



Inundaciones

NIVEL 3 MÉTODO	EVIDENCIAS
Se realizará el análisis estadístico de las variables precipitación máxima y caudal máximo. Encuestas entre la población y un levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa con escala a detalle. La cartografía deberá tener un detalle suficiente para poder llegar a estimar los daños ocasionados. La escala de información de por lo menos 1: 50,000. Se obtienen los valores de Precipitación y caudal máximo para los periodos de retorno de 2,10, 50, 100 y 200 años. Elaboración de cartografía de zonas inundables. Análisis y resumen de los otros datos encuestados. Cartografía general de inundaciones históricas.	Cartografía de la inundación por evento y superposición con manzanas. Estimación de daños ocasionados por cada evento. Determinación de parámetros fisiográficos de la cuenca y subcuencas por tributario de orden 5 en la clasificación de Horton- Strahler (Llamas, 1993). Delimitación real de cuencas urbanas. Empleo de modelos hidrológicos e hidráulicos para la determinación del caudal e hidrograma de análisis como el HEC-RAS. Delimitación de zonas inundables para los periodos de retorno analizados. Colección de cartografía digital de la zona de estudio. Estimación de campo para simular resolución de curvas de nivel a cada metro en las zonas de peligro.
Escala inicial de trabajo: 1:10 000	



CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL

3.1. Fisiografía

El municipio de Zinacantepec se localiza en la Región Central de México y en particular, la Provincia presente en el municipio es la del Eje Neovolcánico transversal que cubre 100.0% del municipio y la Subprovincia de Mil Cumbres; la cual cubre también 100.00% de su extensión.

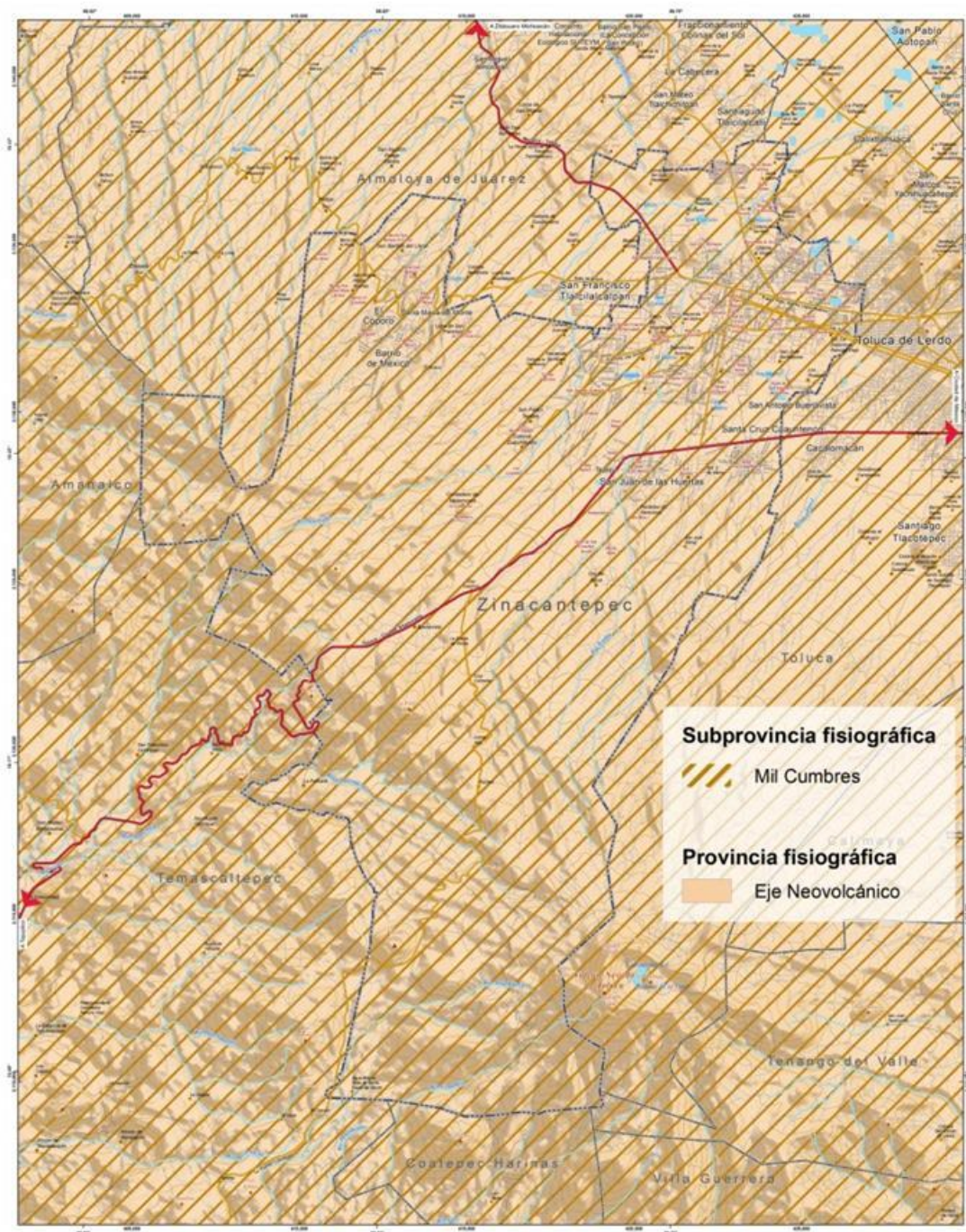
El territorio municipal es de una superficie de 313.23 kilómetros cuadrados y se eleva desde los 2,660 metros sobre el nivel del mar en las zonas planas en el nororiente, ocupadas por los asentamientos humanos de su Cabecera Municipal: San Miguel Zinacantepec. La mayor elevación municipal se ubica en la zona suroriente, en una parte intermedia del Volcán Nevado de Toluca, denominada Cerro Prieto, donde alcanza los 4 mil 310 metros sobre el nivel del mar².

En términos climáticos el municipio se localiza en la región de las cuencas endorreicas del Eje Neovolcánico, en la cual en general el clima es subhúmedo y varía de templado a semifrío y frío; en particular se ubica en la unidad geomorfológica del Valle de Toluca. Las características particulares de Zinacantepec respecto a este tema se describen en el apartado 3.7 Clima.

² La elevación principal del Nevado de Toluca se ubica en territorio del municipio del mismo nombre.



Figura 5. Mapa de Fisiografía del municipio de Zinacantepec.



Fuente: Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Escala 1:250 000. INEGI.



3.2. Geomorfología

Las principales formas del relieve de Zinacantan, van desde la planicie al nororiente del municipio, con 5,387.6 ha del vaso lacustre, lo cual significa 17.2% del territorio, ocupado en gran parte por las áreas urbanizadas de la cabecera municipal, conurbadas a la Ciudad de Toluca, y los poblados de San Francisco Tlalcilcalpan, San Antonio Acahualco, y la mayor parte de San Lorenzo Cuauhtenco y San Juan de las Huertas; subiendo regularmente en lomeríos que cubren 8,300.6 ha; que significan 26.5% del territorio en el que se incluyen la parte sur de San Lorenzo Cuauhtenco y San Juan de las Huertas, y la mayor parte de las localidades menores.

La Escarpada Sierra Volcánica predomina en 56.3% del territorio municipal; ya que ocupa 17,634.8 ha, cubre parte del norte, centro y sur del territorio, con pocas localidades menores como El Kiosco al norte, Contadero de Matamoros al centro y Cruz Colorada, Loma Alta y Raíces al sur del municipio.

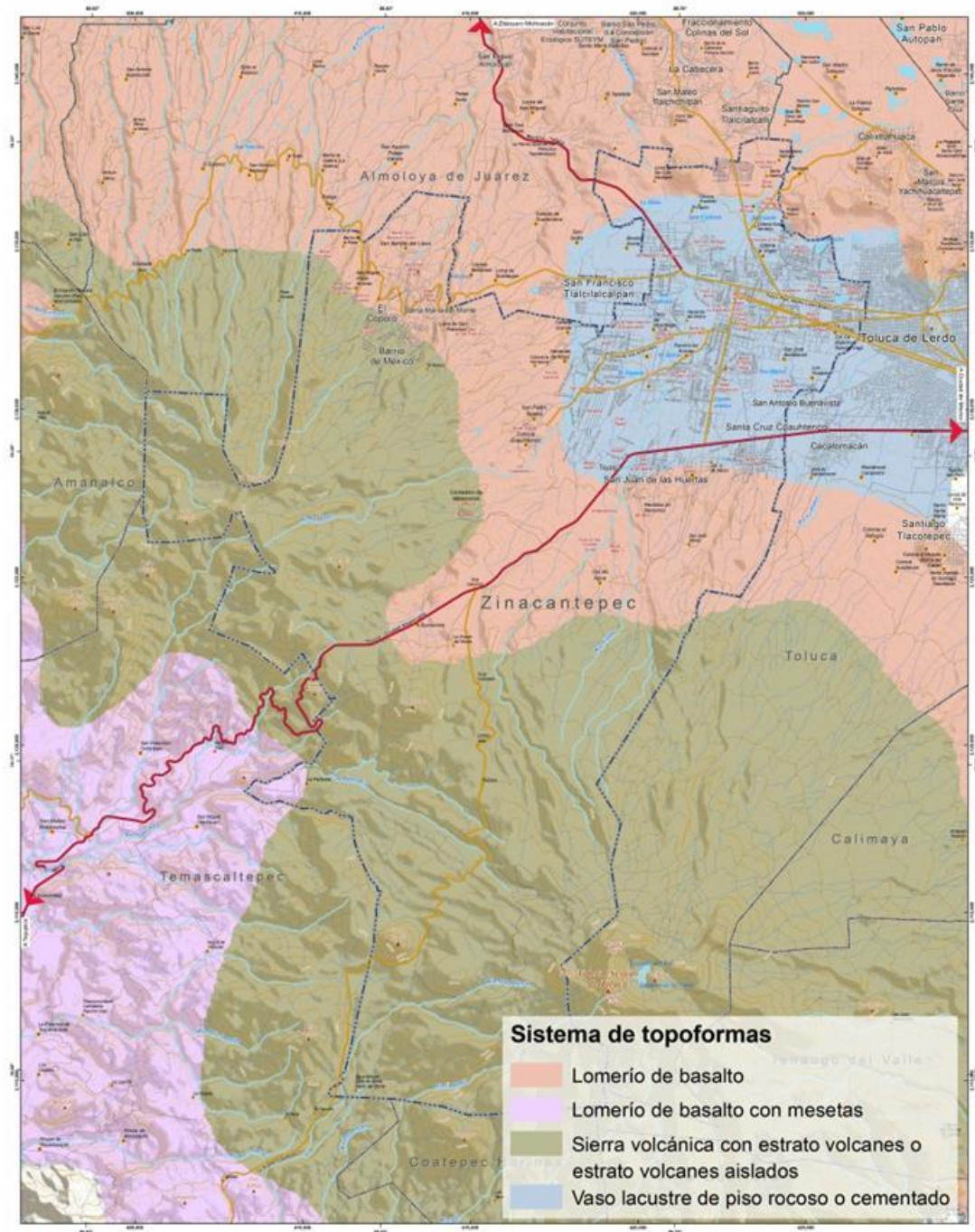
Cuadro 2. Topoformas.

Topoformas	Superficie (ha)	Participación del Total Municipal
Planicie del vaso lacustre	5,387.6	17.2%
Mil Cumbres	8,300.6	26.5%
Sierra Volcánica	17,634.8	56.3%
TOTALES	31,323.0	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base en datos y cartografía del INEGI. 2010



Figura 6. Mapa de Geomorfología del municipio de Zinacantepec.



Fuente: Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Escala 1:250 000. INEGI



3.3. Geología

El municipio se localiza en la provincia geológica volcánica cenozoica del eje volcánico transversal.

Derivado de lo anterior, dominan la geología municipal las rocas volcanoclásticas, las cuales cubren 15,348.3 ha, lo que representa 49.0% del territorio, las ígneas extrusivas en 9,271.6 ha; representando 29.6% del territorio, las primeras al norte, centro y poniente, en el límite con el Municipio de Toluca y las segundas en el límite con el municipio de Temascaltepec, como se aprecia en el Plano de Geología.

Los Suelos Aluviales cubren 6,271.6 ha; 19.7% de la extensión municipal y predominan al nororiente, en la Cabecera Municipal, San Luis Mextepec, San Cristóbal Tecolot, San Antonio Acahualco, San Lorenzo Cuauhtenco, Santa Cruz Cuauhtenco y Tejalpa. Estos suelos son el resultado del acarreo y depósito de materiales.

Este tipo de suelos, presenta algunas limitaciones con relación a la capacidad de carga y vulnerabilidad sísmica, de tal manera que la zona presenta baja capacidad de carga y resulta ser altamente susceptible a los fenómenos sísmicos, por lo que condicionan en gran medida el crecimiento urbano, sobre todo al margen de los ríos existentes.

Marginalmente se presentan al poniente suelos de tipo arenisca, son rocas sedimentarias, constituidas por granos de arena unidos por un cementante que puede ser sílice, arcilla, carbonato de calcio, óxido de hierro y otros. Son de aspecto poroso, su uso económico es para la obtención de arena y materiales de relleno. La forma de ataque es mediante explosivos y sus posibilidades para el uso urbano son de altas a moderadas y se consideran de alto riesgo en presencia de temblores.

Este tipo de roca se localiza básicamente al noroeste del municipio cubriendo 532.5 ha, lo cual representa 1.7% de la extensión municipal.

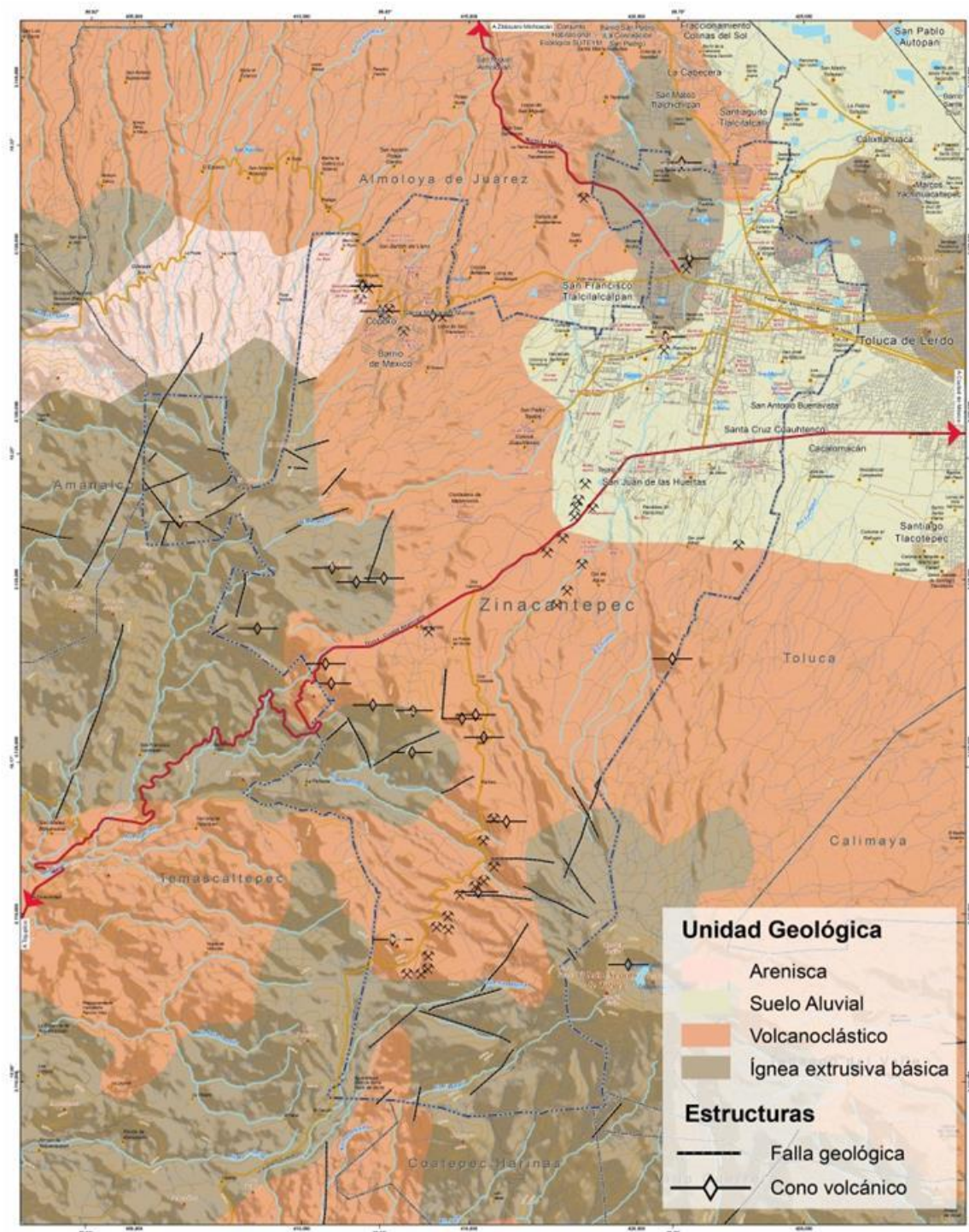
Cuadro 3. Geología.

Tipo de Suelo	Superficie (ha)	Participación del Total Municipal
Arenisca	532.5	1.7%
Suelo Aluvial	6,170.6	19.7%
Volcanoclástico	15,348.3	49.0%
Ígnea extrusiva básica	9,271.6	29.6%
TOTALES	31,323.0	100.0%

Fuente: Carta geológica. Escala 1:250 000. Serie I INEGI 2005.



Figura 7. Mapa de Geología del municipio de Zinacantepec.



Fuente: Carta geológica. Escala 1:250 000. Serie I INEGI 2005.



Fallas y Fracturas

El proceso de fracturación o fallamiento del terreno, surge en un contexto de dislocación en la superficie terrestre, esta última se genera a partir de esfuerzos internos ocasionados por los movimientos relativos entre placas tectónicas. El desplazamiento, cuando es súbito, generan movimiento sísmico. No por eso, la sismicidad solo se concentra en los límites de placas, ya que pueden presentarse desplazamientos al interior de la placa, producto del reajuste interno. Evidencia de este movimiento son plegamiento, disyunción y discontinuidad de una misma unidad geológica.

Algunas rocas al exponerse a esfuerzos tienen a comportarse de manera dúctil, casi siempre cuando el movimiento es gradual o lento; o frágil cuando el movimiento es súbito y repentino. Una dislocación no presenta un movimiento aparente, por lo que al ausentarse el movimiento esta se considera como fractura, cuando se tiene registro de movimiento horizontal y/o vertical se consideran fallas. Las fallas que presentan evidencias de movimiento vertical, se clasifican como "normal" (cuando el bloque de techo desciende con respecto al bloque de piso), o inversa (cuando el bloque de piso asciende con respecto al bloque de techo). Mientras que las fallas que se desplazan en la horizontal, como fallas laterales. La mayoría de las fallas, en la superficie, muestran movimientos de tipo vertical y horizontal conjugados. Generalmente, la Falla comienza en un punto y de allí se propaga, se extiende a puntos cercanos y de allí a otros hasta romper todo el plano de falla; este proceso se lleva a cabo en cuestión de fracciones de segundo en el caso de sismos pequeños y puede durar minutos enteros cuando se trata de sismos grandes.

Dependiendo de su movimiento, las fallas son pasivas o activas; las primeras prácticamente no constituyen un peligro debido a que ya no presentan desplazamiento (SEDESOL-COREMI, 2004a). Las fallas activas pueden tener un movimiento imperceptible en términos históricos, es decir, de varios siglos o generarse súbitamente.

Las fallas activas pueden romper aceras, tuberías, viviendas, surcos de cultivo, etc., o bien desencadenar sismos, deslaves o derrumbes en las áreas inmediatas a la falla (SEDESOL-COREMI, 2004a), por lo que el peligro potencial aparece cuando se presenta un asentamiento humano sobre una falla activa o en las cercanías de ésta.

El territorio que ocupa el municipio de Zinacantepec, Estado de México, se localiza dentro de la unidad fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal, mismo que se constituye por una serie de litologías y estructuras con edades que van del Mioceno Tardío al presente. Asimismo, se encuentra en la intersección de tres sistemas de fallas activas Taxco-Querétaro con dirección NNW-SSE y longitud de 250 km; San Antonio NE-SW con 60 km de longitud y El sistema de fallas Tenango con dirección E-W con longitud de 450 km que proviene desde Chapala hasta casi la ciudad de México. Lo cual está relacionado a la formación y evolución del edificio principal, domos volcánicos y estructuras del área de estudio (Norini et. Al. 2004). Por lo tanto, el territorio del municipio se ve afectado por una intensa red de fallas y fracturas sobre todo en el área montañosa.

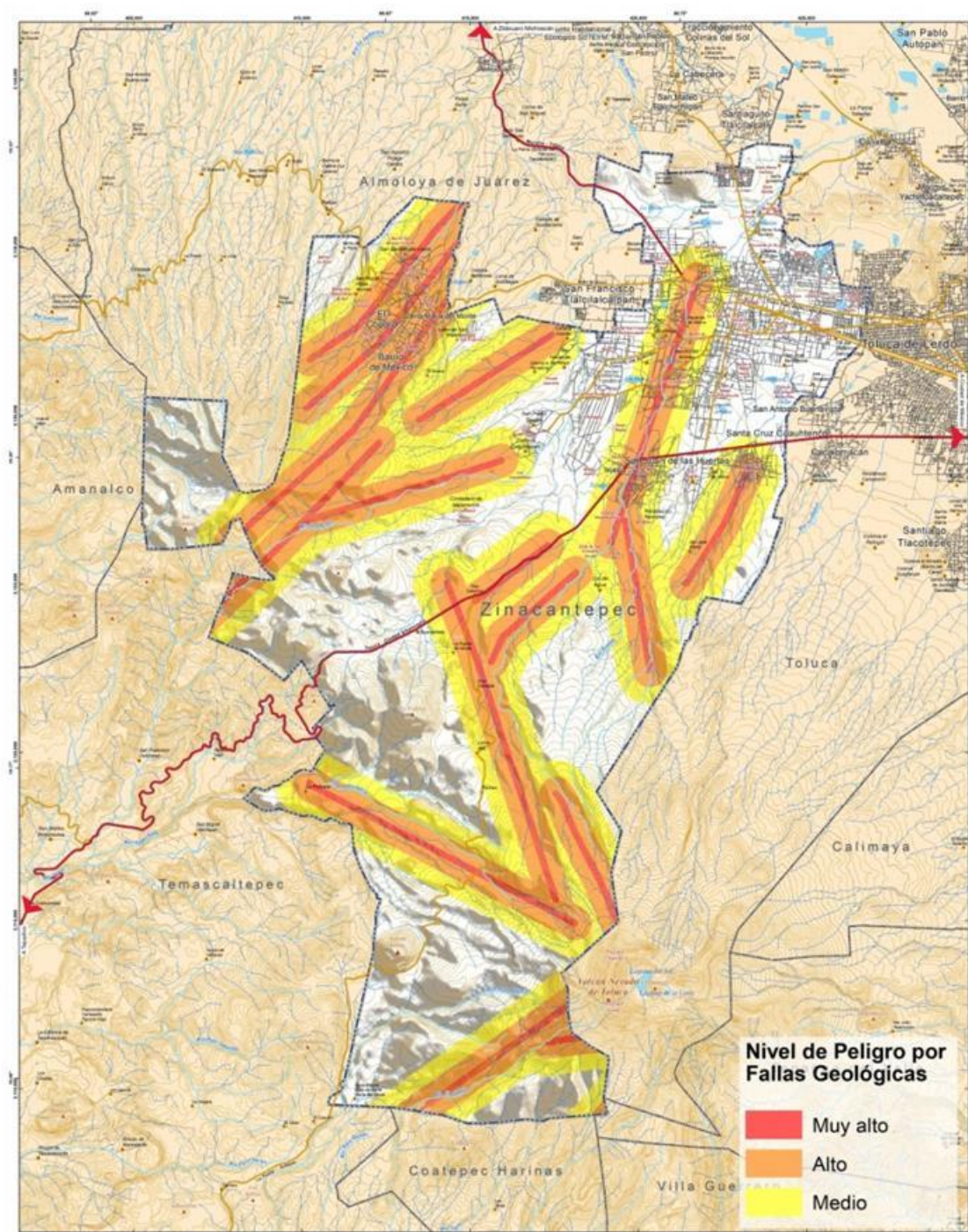
La determinación del sistema de fallas y fracturas dentro del municipio se estableció por medio de la designación de dos variables morfológicas que permiten reconocer los lineamientos estructurales del terreno, esto, a partir de la interpolación de una serie de imagen raster con herramientas de Sistemas de Información Geográfica, se aplicó un método de interpolación de líneas continuas que describen la topografía en una superficie de sombras en el que se infieren lineamientos dependiendo la posición de la luz, en una segunda fase se corroboran las líneas trazadas con puntos observados en el levantamiento de campo, así también se reconocieron ligeros escarpes en los márgenes de los ríos y la marcada inflexión de los ríos principales. En este sentido se infirieron dos tipos de fallas: laterales con una orientación principal de norte-sur y las fallas normales que flanquean los márgenes de los ríos con una orientación principal de suroeste-noreste sobre el relieve volcánico acumulativo reciente del flanco terminal del volcán Nevado de Toluca; la ausencia de actividad sísmica relacionada con estas fallas hace que la peligrosidad de las mismas, pueda considerarse baja.



Para la elaboración del mapa de peligro por fallas, se aplicó la metodología propuesta por SEDESOL-COREMI en 2004, en esta, se precisa el cálculo de distancias en radios que van de 100, 500 y 1000 metros. El rango de las distancias es correspondiente con el grado de afectación, es decir, el peligro bajo lo caracterizan las distancias que van de 500 a 1000 metros, el peligro medio de 100 a 500 y por último el alto de 0 a 100 más. Como se observa en la figura siguiente existe una amplia red de fallas a lo largo de las cañadas y en zonas de piedemonte, mismas que presenta el grado de afectación a causa de estos elementos, sin embargo, es importante señalar que ninguna de las fallas mencionadas se encuentra activa por tanto, la ubicación de los ramales de las fallas así como el grado de peligro queda como antecedente para la exclusión o monitoreo de los usos urbanos.



Figura 8. Mapa de fallas.



Fuente: Elaboración propia.



3.4. Edafología

Las unidades de suelo presentes en Zinacantan son de cinco tipos: andosoles, cambisoles, feozem, regosoles y vertisoles. El suelo predominante es del tipo Andosol con sus variantes húmico y ócrico que cubren 18,825.1 ha, en 60.1% de la superficie municipal, los andosoles son suelos formados a partir de las cenizas volcánicas, poseen una alta retención de humedad y nutrientes, por lo que son aptos para la agricultura si las condiciones del relieve lo permiten. Su distribución en el Municipio es en lomeríos, sierras y en las laderas de los volcanes Nevado de Toluca y Gordo.

El suelo Feozem se localiza en toda la zona urbana, ocupando 11,495.5 ha, 36.7% del Municipio, esta clase de suelo se encuentra generalmente en terrenos planos y se utiliza para la agricultura. La consistencia de este suelo es suave, rico en materias orgánicas y fértiles, con una capa superficial oscura.

Cambisol crómico conforma 532.5 ha, 1.7% del suelo, se encuentra en las laderas del Cerro San Antonio, al poniente del Municipio. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación, se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, hierro o manganeso.

El suelo Regosol eútrico se encuentra solo en la cima del Volcán Nevado de Toluca a una altitud de 3,900 msnm. Cubriendo 238.1 ha, 0.8% del municipio. Los regosoles se distinguen por su textura media predominando la pedregosidad, no presentan capas distintas y en general son de tono claro.

Vertisol pélico se distribuye en 219.3 ha, al norte del municipio, en las localidades de Santa María Nativitas, Santa Martha y Privadas de la Hacienda ocupando 0.7% del territorio municipal, los vertisoles son suelos de climas templados, se caracterizan por su estructura masiva y por su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo, pueden llegar a formar grietas en la superficie o a determinada profundidad.

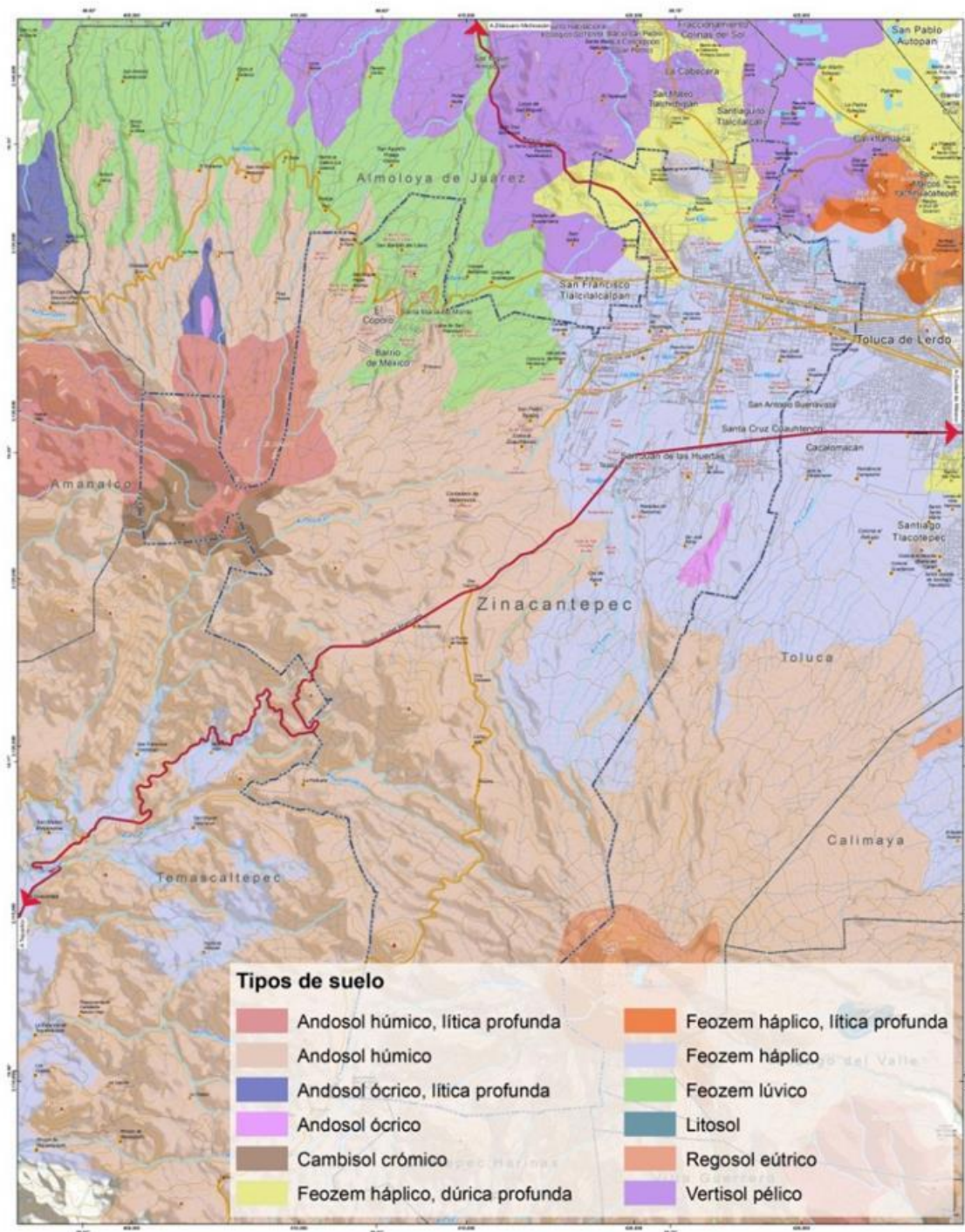
Cuadro 4. Tipos de Suelo, Municipio de Zinacantan.

Clave	Suelo Predominante	Sub Componente	Superficie (ha)	Participación del Total Municipal
Th	Andosol	húmico	18,699.80	59.70%
Th	Andosol	ócrico	125.3	0.40%
Bc	Cambisol	crómico	532.5	1.70%
Hh	Feozem	háplico	9,584.80	30.60%
Hh	Feozem	lúvico	1,910.70	6.10%
Re	Regosol	eútrico	238.1	0.80%
Vp	Vertisol	pélico	219.3	0.70%
TOTALES			31,323.00	100.00%

Fuente: Conjunto de datos vectorial edafológicos, escala 1:250 000. Serie II INEGI.



Figura 9. Mapa de Edafología del municipio de Zinacantepec.



Fuente: Conjunto de datos vectorial edafológicos, escala 1:250 000. Serie II INEGI.



3.5. Hidrología

Zinacantepec se localiza en la Región Hidrológica No.12 Lerma Santiago, cuenta con importantes corrientes hidrológicas como son los ríos Tejalpa, San Pedro, La Hortaliza, El Jabalí y Agua Blanca, destacan los ríos San Pedro y Tejalpa por su extensión y éste último por el elevado riesgo que representa en su cruce por la cabecera municipal y su área conurbada. Ejemplo de ello son las inundaciones ocurridas entre el 19 de junio y el 25 de septiembre de 2013 en las cuales resultaron afectadas las más de 65 viviendas descritas en la Introducción del presente documento.

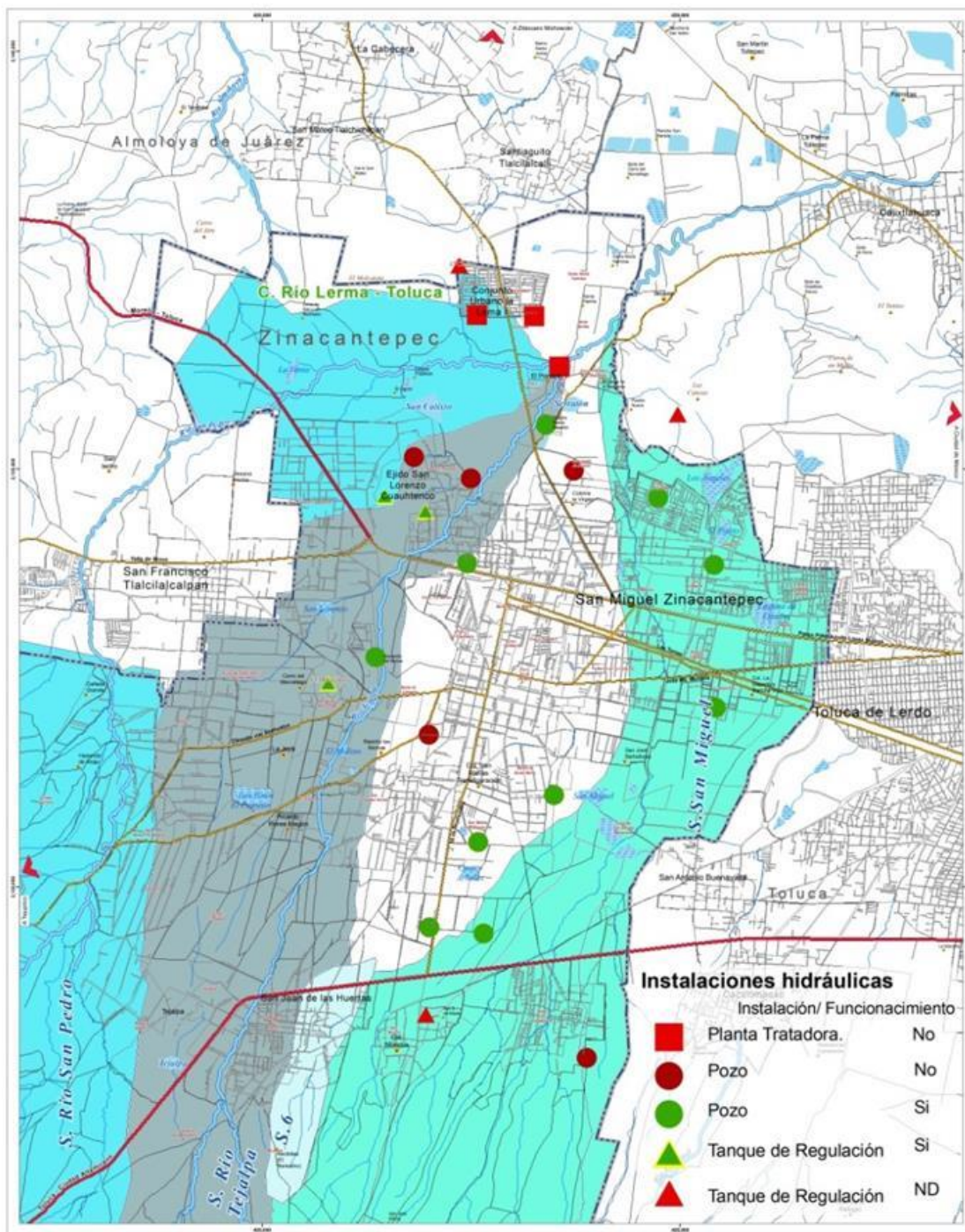
En el municipio existen bordos que constantemente se ven rebasados entre ellos destacan los siguientes: Cuatro Árboles en la localidad de San Cristóbal Tecolít; el bordo Largo, Enmedio y de Barbosa al sur de Zinacantepec; los Patos en el Oriente de San Antonio Acahualco; el bordo de San Lorenzo ubicado al norte del cerro del Murciélago; los bordos de San Luis Mextepec, el Serratón y Chiquito ubicados al nororiente de San Luis Mextepec y el de Ojuelos ubicado al oriente del municipio.

Actualmente el municipio cuenta con quince pozos de extracción de agua a cargo del ODAPAS Zinacantepec, de los cuales funcionan solamente diez. Asimismo, se dispone de tres plantas tratadoras de aguas residuales, una en El Porvenir, y las otras dos en la Loma I y La Loma II, destacándose que ninguna de ellas se encuentra en operación³ (ver relación en el anexo estadístico del Capítulo 6)

³ Fuente: ODAPAS Zinacantepec 2013.



Figura 10. Localización de pozos y plantas de tratamiento en el municipio de Zinacantepec.



Fuente: ODAPAS Zinacantepec 2013.



3.6. Cuencas y Subcuencas

Por sus características geomorfológicas, en el municipio se encuentran tres cuencas hidrológicas de gran importancia para la entidad, las cuales son: Río Cutzamala, Río Lerma-Toluca y Río Grande de Amacuzac.

Cuenca Río Lerma Toluca. Ocupa 22,539.7 ha, 72.0% de territorio y, a su vez se subdivide en tres subcuencas: Río Gavia, Río Tejalpa y Río Verdiguél. En esta cuenca se encuentran los principales pozos de extracción de agua en el municipio, destacando la subcuenca Río Tejalpa por su extensión en territorio municipal. En la subcuenca Río Verdiguél ocupa 4% de la extensión municipal, en la subcuenca del Río Gavia a pesar de ocupar 10.4% de territorio, solo se encuentran dos pozos de agua registrados.

Cuenca Río Cutzamala. Se localiza en la zona de lomeríos al Suroeste del municipio, cubre 5,678.9 Ha, ocupando 18.1% de la superficie municipal, esta cuenca se divide en dos subcuencas Río Tilostoc y Río Temascal, no se tienen registros de pozos de agua, sin embargo en esta zona existen manantiales.

Cuenca Río Grande de Amacuzac. Cubre 3,104.4 Ha, conformadas por las laderas de la parte sur del Volcán Nevado de Toluca, ocupando 9.9% del área municipal, esta cuenca se encuentra compuesta por la subcuenca Río Alto Alma, la topografía en esta zona es accidentada.

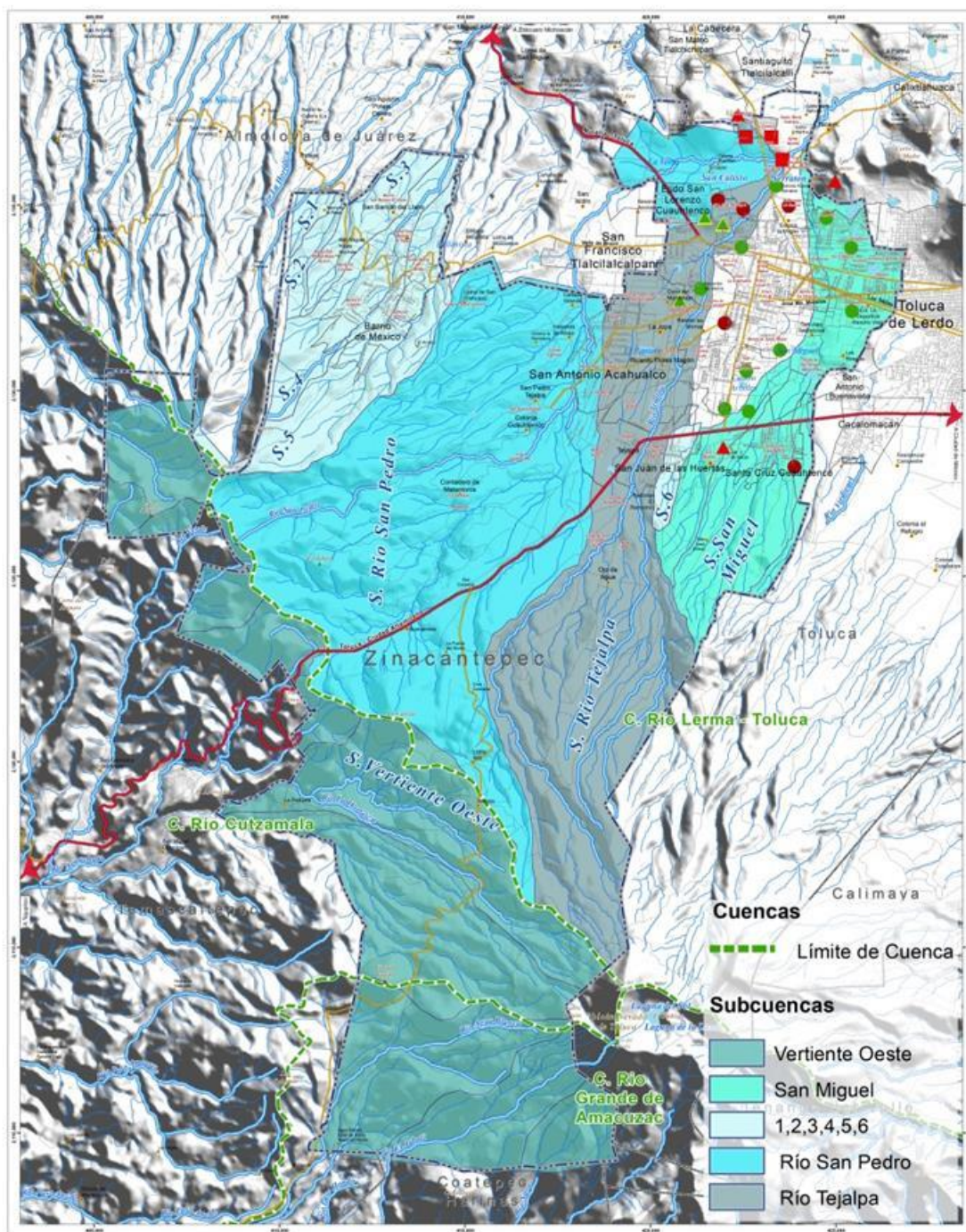
Cuadro 5. Cuencas y subcuencas, Municipio de Zinacantan

CUENCA	SUBCUENCA	SUPERFICIE DE SUBCUENCA (ha)	SUPERFICIE DE CUENCA (ha)	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL MUNICIPAL
Río Lerma - Toluca	Río Gavia	3,256.4	22,539.7	72.0%
Río Lerma - Toluca	Río Tejalpa	18,037.7		
Río Lerma - Toluca	Río Verdiguél	1,245.6		
Río Cutzamala	Río Tilostoc	765.1	5,678.9	18.1%
Río Cutzamala	Río Temascal	4,913.8		
Río Grande de Amacuzac	Río Alto Alma	3,104.4	3,104.4	9.9%
TOTALES		31,323.00	31,323.00	100.0%

Fuente: Elaboración propia con base en el Simulador de Flujos de agua de Cuencas Hidrográficas SIATL-INEGI



Figura 11. Mapa de Cuencas del municipio de Zinacantepec.



Fuente: Elaboración propia con base en el Simulador de Flujos de agua de Cuencas Hidrográficas SIATL.INEGI.



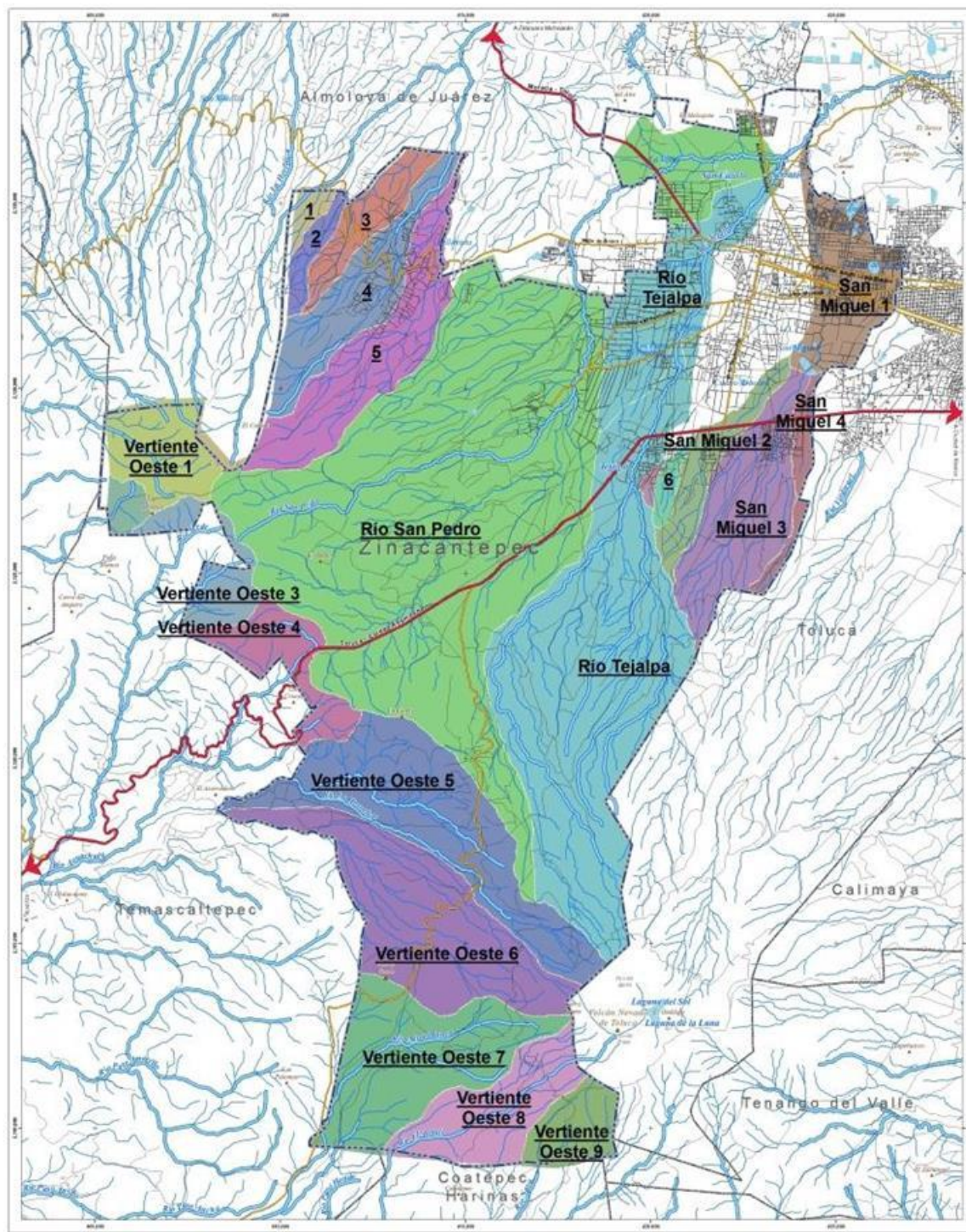
En el presente Atlas de Riesgos se realizó el análisis para estimar la cantidad de agua en cada una de las cuencas de municipio de Zinacantan a partir de la medición del caudal de las principales corrientes de las 21 microcuencas (ver tabla de Áreas de captación pluvial en el municipio); dicho trabajo revela la cantidad de agua producida por microcuenca así como características en que se encuentra el recurso agua en relación con los parámetros establecidos por las Normas Mexicanas NMX⁴.

Áreas de captación pluvial en el municipio		
Denominación de subcuenca y microcuencas	Porcentaje	Hectáreas
Río San Pedro	30%	8,906.5
Río Tejalpa	19%	5,681.9
San Miguel 1	3%	963.9
San Miguel 2	2%	472.2
San Miguel 3	4%	1,227.8
San Miguel 4	1%	225.5
Vertiente Oeste 1	2%	687.5
Vertiente Oeste 2	0%	145.3
Vertiente Oeste 3	1%	436.2
Vertiente Oeste 4	2%	621.1
Vertiente Oeste 5	7%	2,038.4
Vertiente Oeste 6	7%	1,977.5
Vertiente Oeste 7	5%	1,622.6
Vertiente Oeste 8	3%	949.2
Vertiente Oeste 9	2%	444.9
1	1%	161.7
2	1%	186.6
3	2%	455.7
4	3%	925.5
5	4%	1,268.9
6	1%	163.4
Las cuencas numeradas no tienen nombre definido por INEGI.		

⁴ Mireles Lezama Patricia, Valdez Pérez Ma. Eugenia et al. Estimación de la producción de agua superficial del parque nacional nevado de Toluca, para el año 2006. Facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAEMex.



Figura 12. Mapa de Microcuencas del municipio de Zinacantepec.



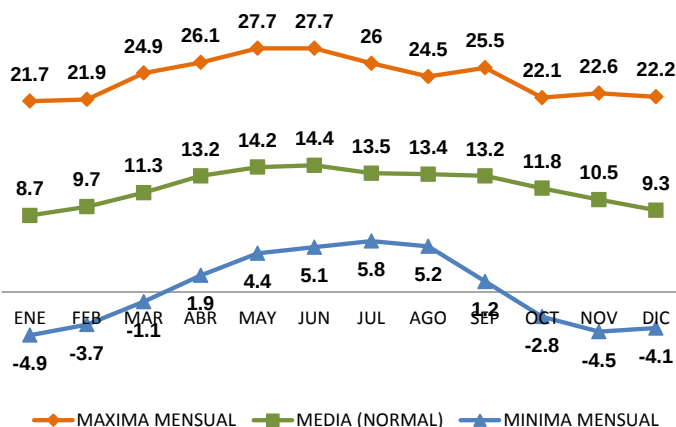
Fuente: Elaboración propia con base en el Simulador de Flujos de agua de Cuencas Hidrográficas SIATL-INEGI.



3.7. Clima

En Zinacantan predomina el clima Semifrío subhúmedo Cb'(w2) con verano fresco largo, la temperatura media anual varía entre 8.7°C a 14.4°C, las temperaturas mínimas mensuales se registran entre octubre y marzo, fluctuando de -1°C a -5°C, aunque la temperatura mínima diaria en invierno en las laderas del Volcán Nevado de Toluca, ha registrado valores de 11° C bajo cero. La temperatura del mes más cálido es menor a 28°C.

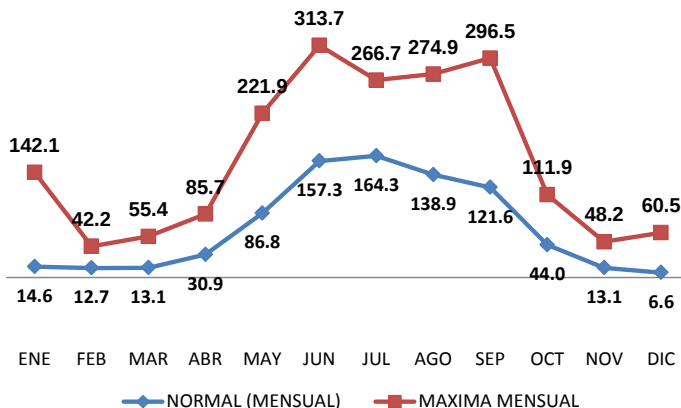
Gráfica 1.- Oscilación promedio de la temperatura durante el periodo 1981-2010



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Normales Climatológicas, Estado de: México, Periodo 1981-2010.

La precipitación Normal en el mes más seco es menor de 7 mm, presenta lluvias en verano, el porcentaje de lluvia invernal es de 5 a 10.2% del total anual.

Gráfica 2.- Precipitación pluvial promedio durante el periodo 1981-2010



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Normales Climatológicas, Estado de: México, Periodo 1981-2010.



La zona de valle donde se asienta la zona urbana, presenta un clima Templado subhúmedo C(w2) con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío es de -3°C a 18°C, la temperatura del mes más caliente es menor a 22°C. Este clima presenta precipitaciones en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 a 10.2% del total anual.

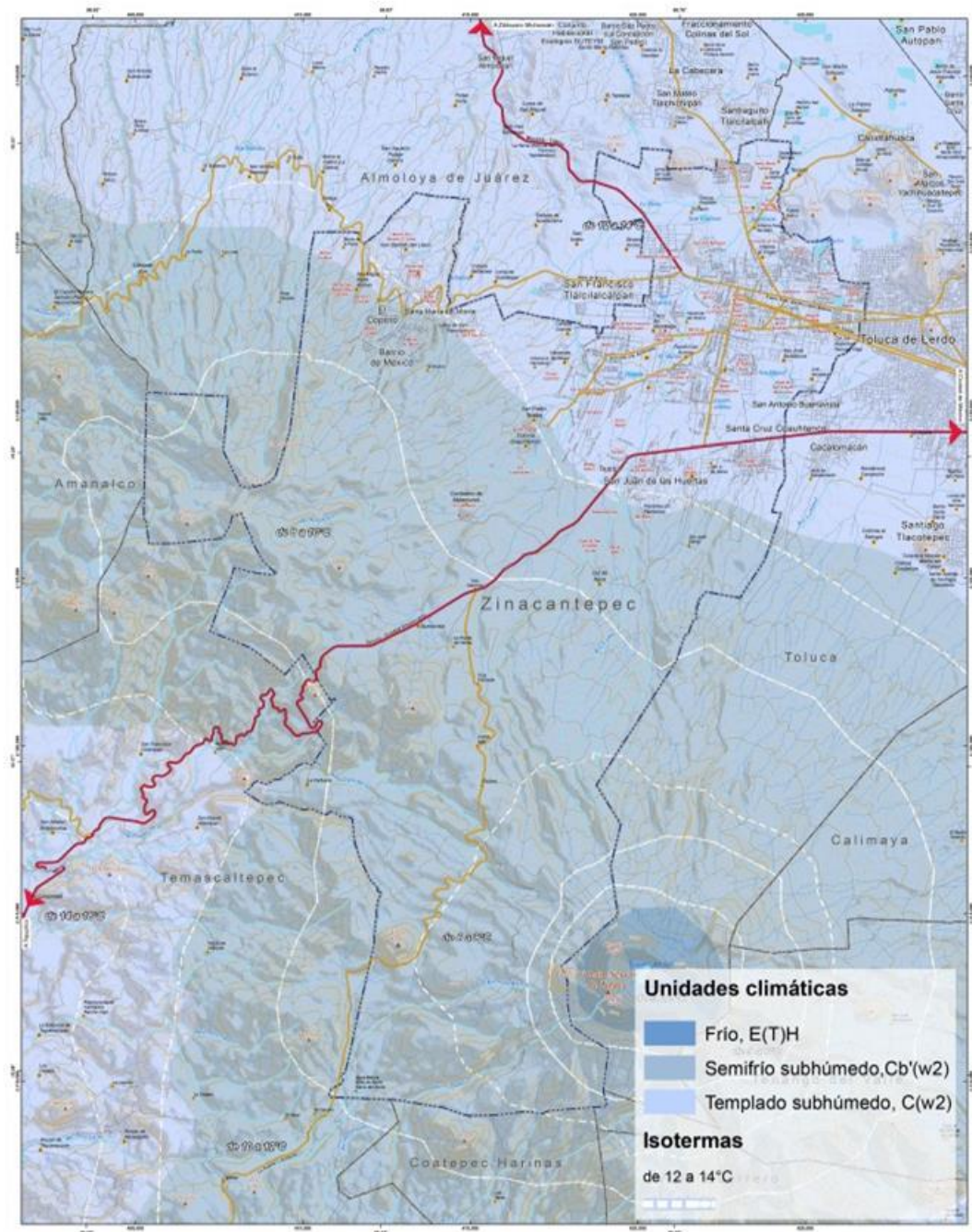
Los vientos se presentan en los meses de enero, febrero y marzo, siendo dominantes los que van de oeste a este y viceversa

Los principales fenómenos climáticos que se presentan en el municipio son los relacionados con las bajas temperaturas y la humedad, tales como las ondas gélidas, heladas y las tormentas de granizo y de nieve, principalmente en las zonas de mayor elevación, al sur y norponiente del territorio municipal.

Asimismo se presentan tormentas eléctricas e inundaciones provocadas por lluvias extremas, las que afectan a la población y la infraestructura urbana en las zonas aledañas a los ríos que las atraviesan. Los detalles de dichos fenómenos se describen con mayor amplitud en el apartado 5.2 del presente documento



Figura 13. Mapa de Climas en el municipio de Zinacantepec.



Fuente: Carta Estatal de Climas, escala 1:250 000. INEGI.



3.8. Usos del suelo y vegetación

En el municipio predomina el suelo agrícola, abarca una superficie de 13,876.1 ha (44.3%) los principales cultivos son avena forrajera, el maíz grano y forrajero, su distribución en en la zona centro-sur del municipio.

Bosque de Pino se asienta en una superficie de 6,515.2 ha (20.8%) los pinares son comunidades características de las montañas de la región, con árboles de alturas promedio de 20 y 30 metros. Esta clase de bosque se encuentra en las laderas del Volcán Nevado de Toluca, a partir de elevaciones de 3,100 y alcanza altitudes de hasta 3,900 msnm.

Bosque de Oyamel abarca 4,166.0 ha (13.3%). Se localiza en la parte sur-oeste de Zinacantan en las laderas del cerro el Calvario y La Calera a una altitud de 3,000 a 3,400 msnm. El bosque de oyamel en esta región presenta una altura promedio de 30 m.

La zona urbana ocupa 3,821.4 ha (12.2%) distribuidas en las localidades San Miguel Zinacantan, San Antonio Acahualco, San Juan de las Huertas, San Lorenzo Cuauhtenco, Barrio de México, Conjunto Urbano la Loma I, Barrio del Cóporo, Santa María del Monte y Tejalpa principalmente.

Pastizal Inducido como su nombre lo indica, resulta de la perturbación de actividades antropogénicas, al extender zonas agrícolas y ganaderas eliminando la cubierta vegetal original. Su distribución es en toda la superficie municipal, en fracciones que van de dos hasta más de 500 hectáreas, sumando 2,693.8 ha (8.6%).

Pradera de Alta Montaña, ocupa 187.9 ha (0.6%) está conformada por especies de pastos de pocos centímetros, a una altitud de 3,900 a 4,300 msnm en la parte alta del Volcán Nevado de Toluca.

Finalmente se localiza un zona sin vegetación aparente en la zona rocosa del Volcán Nevado de Toluca, con una extensión de 62.6 ha (0.2%).

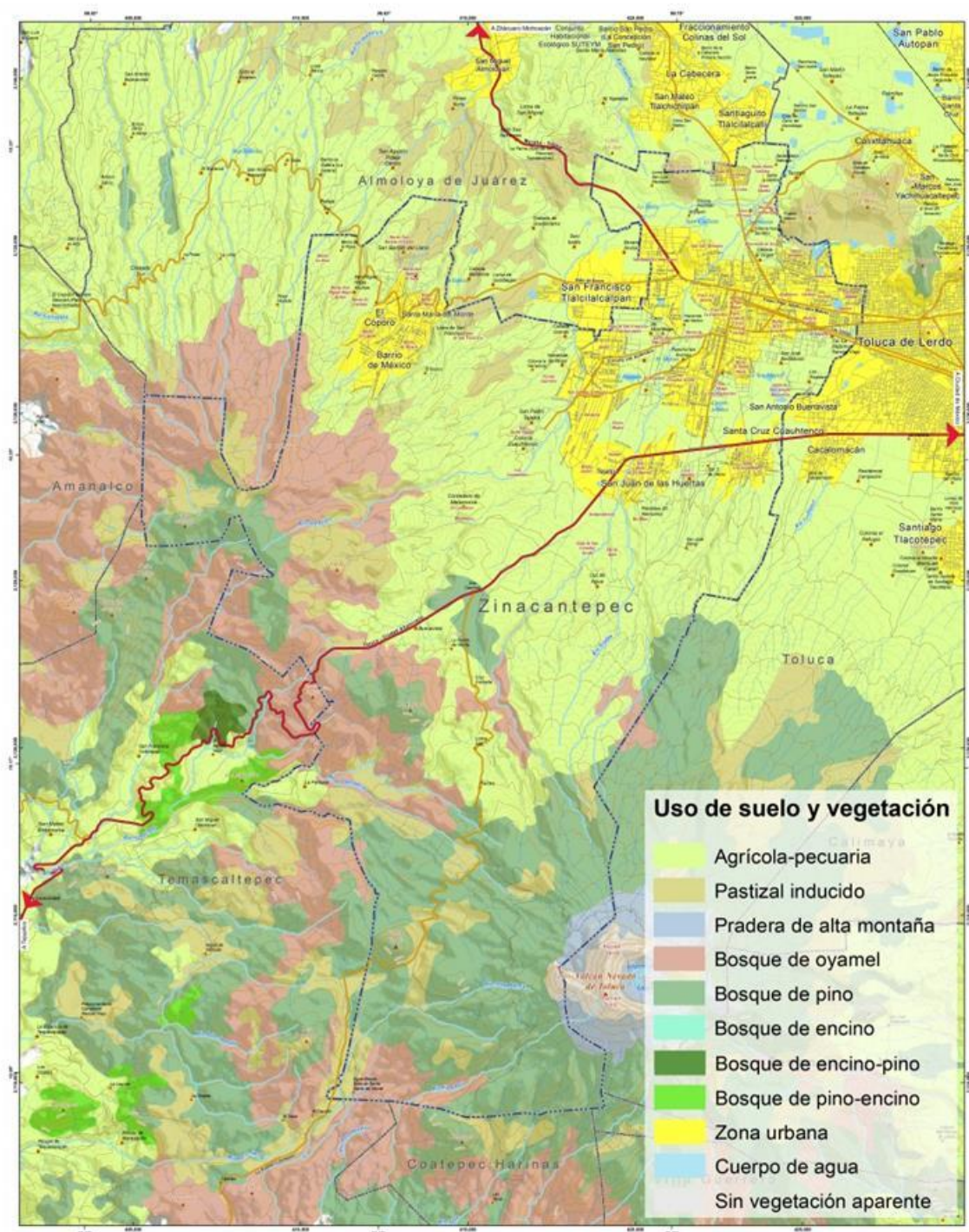
Cuadro 6. Usos de Suelo, Municipio de Zinacantan

Uso	Superficie (ha)	Participación del Total Municipal
Agrícola	13,876.10	44.30%
Bosque de pino	6,515.20	20.80%
Bosque de oyamel	4,166.00	13.30%
Zona urbana	3,821.40	12.20%
Pastizal inducido	2,693.80	8.60%
Pradera de alta	187.9	0.60%
Sin vegetación	62.6	0.20%
Total	31,323.00	100%

Fuente: Carta de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000. Serie IV. INEGI



Figura 14. Mapa de Usos de Suelo en el municipio de Zinacantepec



Fuente: Carta de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000. Serie IV. INEGI



3.9. Áreas Naturales Protegidas

Al sur de Zinacantepec se ubica el Área Natural Protegida (ANP) de carácter nacional Nevado de Toluca, con una superficie de 46,784 hectáreas. En territorio del municipio de Zinacantepec se encuentra 40.6% de la superficie protegida, es decir 18,971 hectáreas, abarcando 60.6% del municipio.

Esta ANP fue decretada el 25 de enero de 1936 como Parque Nacional, representando una de las fuentes más importantes de servicios ambientales para el Valle de Toluca, tales como: calidad al aire y del agua, mantenimiento de la biodiversidad y captación de agua. El 1º de octubre de 2013 fue recategorizada bajo la figura de Área de Protección de Flora y Fauna, con una superficie de 53,591 hectáreas y ocupando prácticamente la misma superficie en el municipio de Zinacantepec.

A pesar de ser el parteaguas de tres de las cuencas más importantes del país: la del Río Grande de Amacuzac, la del Río Cutzamala y la del Río Lerma – Toluca⁵, hasta la fecha el Nevado de Toluca carece de un plan de manejo, resultando difícil establecer restricciones a su aprovechamiento y acciones de conservación de los ecosistemas naturales.

⁵ Ver mapa C-5 en la carpeta B_MAPAS.





CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS

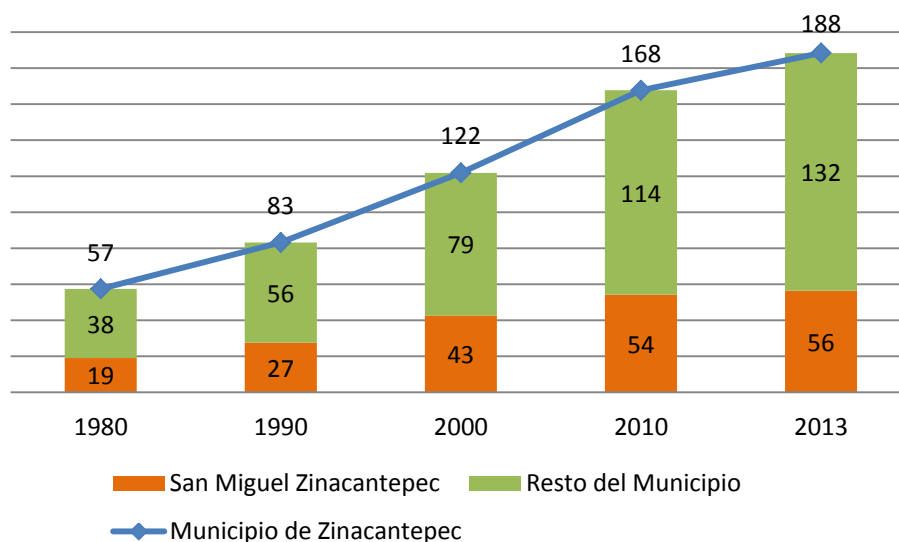
4.1. Elementos demográficos

En el año 2010 el municipio de Zinacantepec contaba con una población de 167,759 habitantes, 1.1% de la población del Estado de México.

Por su parte, con una población de 54,220 habitantes, la cabecera municipal, San Miguel Zinacantepec, concentraba 32.3% de la población municipal, casi la tercera parte, proporción que se ha mantenido con pocas variantes a lo largo de las tres últimas décadas.

Entre los años 1990 y 2010, el municipio ha incrementado su población en 84,562 habitantes, en tanto que su cabecera municipal ha crecido en 26,723 habitantes (Cuadro 7).

Gráfica 3.- Municipio de Zinacantepec y San Miguel Zinacantepec. Crecimiento demográfico 1980 – 2013



Cifras en miles de habitantes

Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda, INEGI y proyecciones de población de CONAPO.

El CONAPO proyecta una disminución en las tasas de crecimiento tanto del municipio como de la Cabecera Municipal para los siguientes años, con lo que esa Institución estima que al año 2030, el municipio contará con casi 245 mil habitantes y San Miguel Zinacantepec alcanzará una población superior a los 64 mil habitantes, representando 26.4% de la población municipal.



Cuadro 7. Población y crecimiento promedio anual 1970-2010 y sus proyecciones al año 2030.

Año	Municipio de Zinacantan				Zinacantan Cabecera Municipal			
	Población	% de la población estatal	Crecimiento promedio anual	TCMA	Población	% de la población municipal	Crecimiento promedio anual	TCMA
1980	57,406	0.9%			18,973	33.1%		
1990	83,197	0.9%	2,579	3.8%	27,497	33.1%	852	3.8%
2000	121,850	0.9%	3,865	3.9%	42,603	35.0%	1,511	4.5%
2010	167,759	1.1%	4,591	3.2%	54,220	32.3%	1,162	2.4%
2020	215,072	1.3%	4,731	2.5%	61,577	28.6%	736	1.3%
2030	244,894	1.4%	2,982	1.3%	64,692	26.4%	312	0.5%

Nota: TCMA = Tasa de Crecimiento Promedio Anual

Fuente: Para los años 1980 al 2010 los datos fueron tomados de los Censos de Población y Vivienda del INEGI, para los años 2020 al 2030 los datos se tomaron de las Proyecciones de Población del CONAPO, 2010.

De acuerdo con el criterio del INEGI para medir el grado de urbanización de un municipio⁶, Zinacantan sólo alcanza el 42.12%, derivado de que únicamente dos de sus localidades, la cabecera y San Antonio Acahualco, tienen poblaciones de más de 15 mil habitantes.

Como otros municipios, el patrón de distribución de la población se define en dos extremos: una gran dispersión en pequeñas localidades y caseríos; frente a una gran concentración en unas cuantas localidades. Así, mientras en 52 localidades censales se ubica el 58% de la población; en sólo dos de ellas se alberga el 42% de los habitantes.

Cuadro 8. Distribución de la población según tamaño de localidad en Zinacantan, 2010.

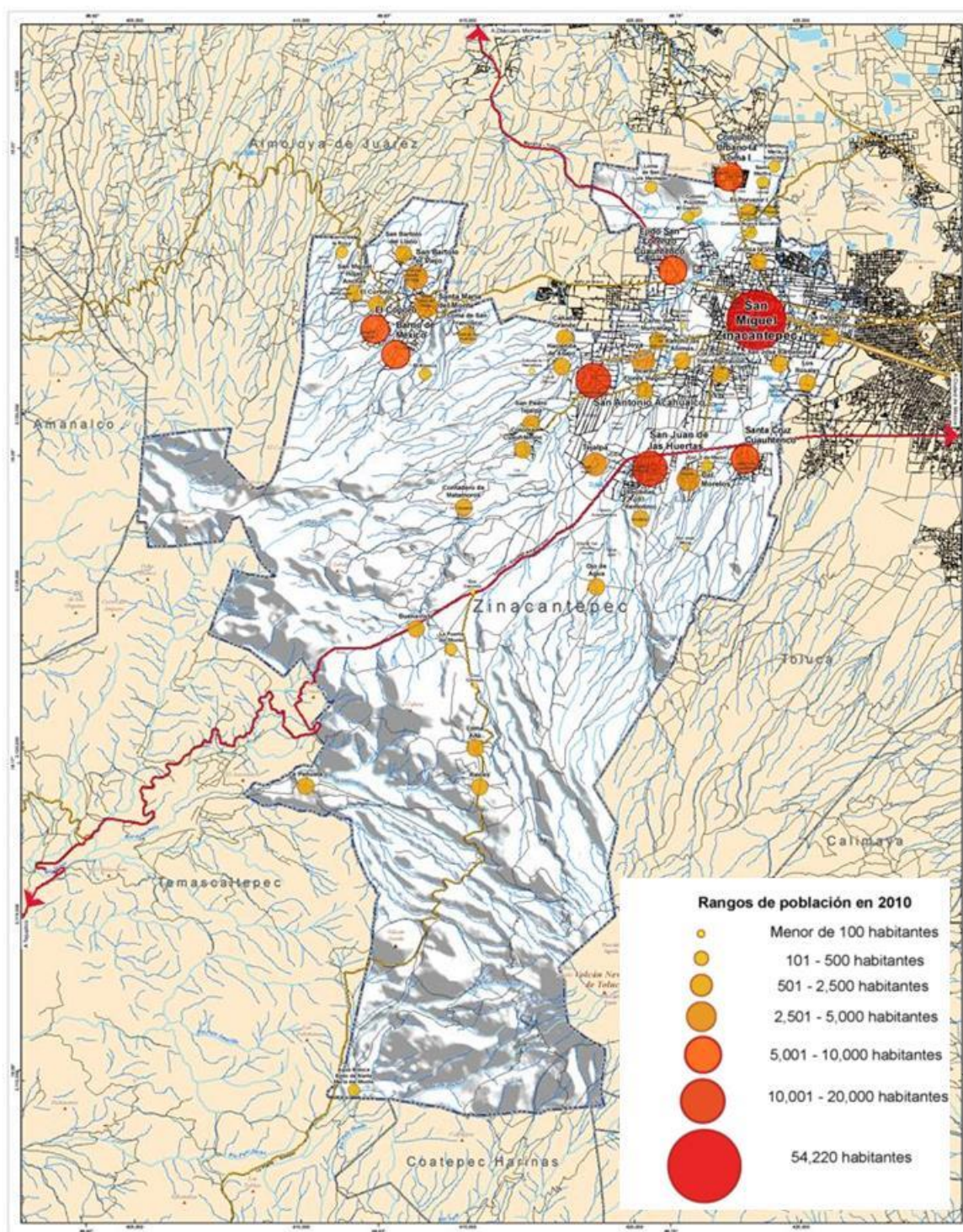
Rangos de población/localidades	1 a 2,499 habitantes	2,500 a 4,999 habitantes	5,000 a 9,999 habitantes	10,000 a 14,999 habitantes	15,000 a 29,999 habitantes	Más de 50,000 habitantes	Total
Localidades	43	5	5	1	1	1	56
Población	33,008	16,678	35,158	12,253	16,442	54,220	167,759

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

⁶ De acuerdo con este criterio, el grado de urbanización de un municipio se mide por el porcentaje de personas que habitan en localidades mayores de 15,000 habitantes. Para ver más respecto, consultar <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/geografica/ciudades.pdf>



Figura 16. Distribución de la población

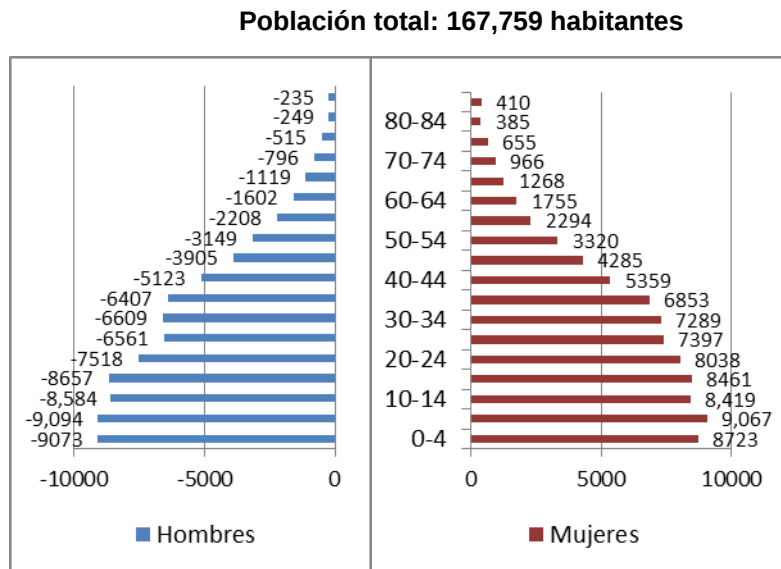




En cuanto a la distribución por género, existe un mayor número de mujeres que de hombres. Con 85,650 habitantes, ellas representan 51.1% del total en tanto que los varones con 82,109 personas, representan 48.9% restante.

Como en el resto del país, en Zinacantepec se ha registrado el proceso de cambio en la pirámide demográfica, toda vez que el grupo quinquenal de edad de la edad que va de 15 a 19 años ha registrado un incremento de población; al tiempo que los grupos quinquenales de 0 a 14 años están registrando una disminución de su participación porcentual, como se expresa en la siguiente gráfica.

Gráfica 4.- Municipio de Zinacantepec. Distribución de la población por grupos quinquenales de edad, 2010.

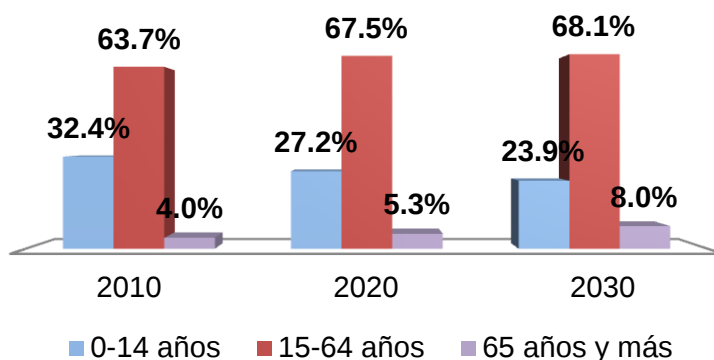


Mujeres 85,650 habitantes

Hombres 82,109 habitantes,
No especificado 1,411 habitantes

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

E acuerdo con la estimaciones de CONAPO, Esta tendencia se consolidará en el año 2030, pues en el municipio de Zinacantepec la población de 65 años y más crecerá 2.9 veces su participación, representando 8% de la población total con 19,619 habitantes; en tanto que la población menor a 15 años (58,616) representará 23.9% del total municipal. Por su parte, la población en edad productiva ascenderá a 166,660 habitantes, 68.1% del total.



Respecto a la mortalidad, el municipio se encuentra dentro de los promedios estatales. Con 1.1% de la población estatal, en el 2008 el municipio registró 10.6% de las defunciones generales de la entidad y 9.7% de las defunciones de menores de un año.

En términos absolutos esto significa que en el 2008 fallecieron 951 personas del municipio, de las cuales 40 eran menores de un año.

Cuadro 9. Mortalidad en Zinacantan, 2010.

Concepto	Estado de México	Municipio de Zinacantan	
	Total	Total	% del estado
Defunciones generales por municipio de residencia habitual del fallecido 2010	57,220	424	0.7%
Defunciones de menores de un año de edad por municipio de residencia habitual del fallecido	3,256	29	0.9%

Fuente: Anuario estadístico del Estado de México, 2010. INEGI.

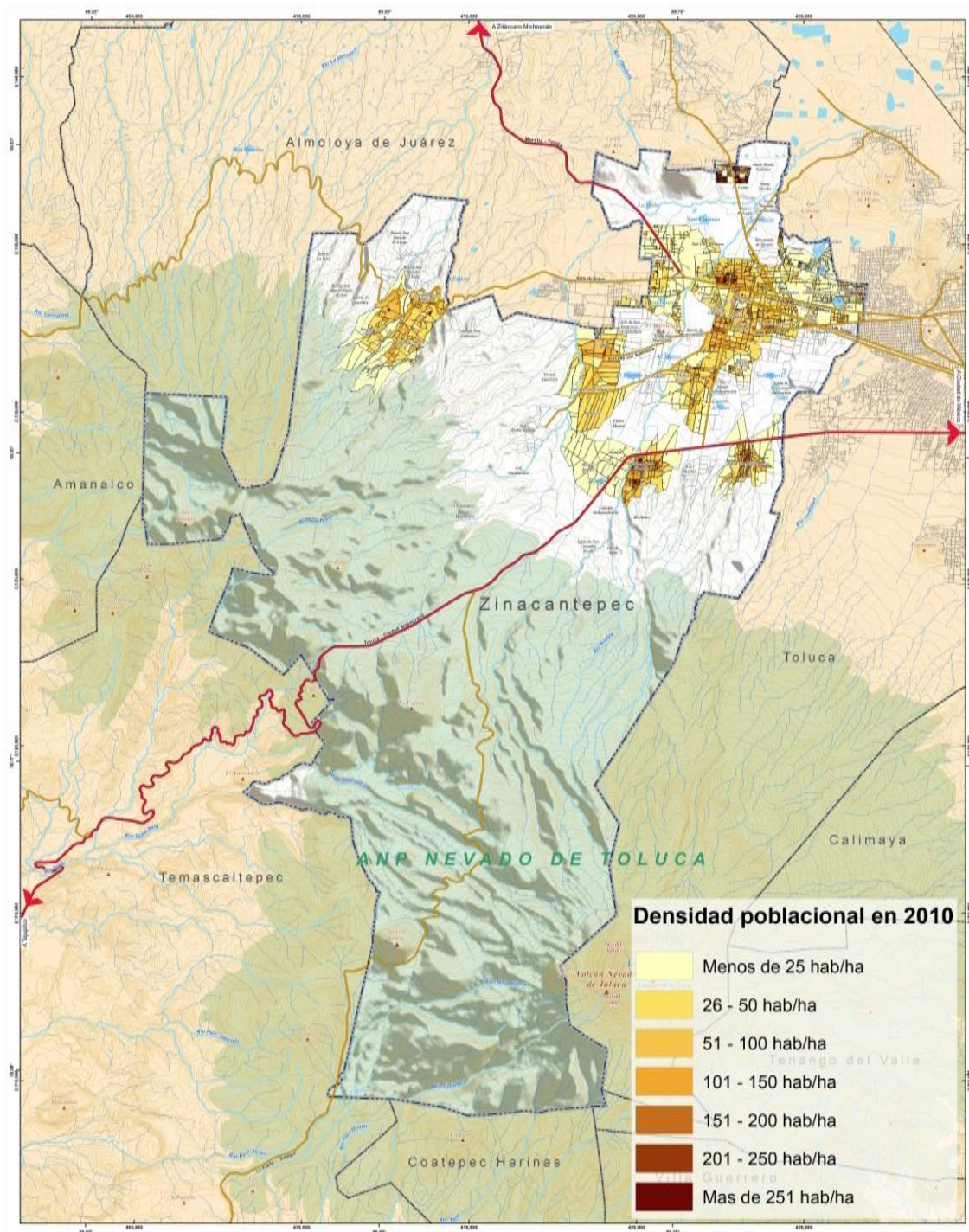
Por lo que se refiere a la densidad demográfica, en general en el municipio predominan los niveles bajos y medios, únicamente un AGEB presenta densidades de entre 100 y 150 hab/ha y dos de ellos mayores a 150 hab/ha, básicamente en el desarrollo La Loma I y II.

Si nos vamos al nivel de manzana, entonces aparecen otras zonas con densidades incluso mayores. Así, algunas manzanas de San Luis Mexitepec, precisamente en las inmediaciones del Río Tejalpa, al norte de la Vialidad Adolfo López Mateos, alcanzan densidades mayores de 200 hab/ha; así como algunas manzanas en otros barrios, como en el de la Veracruz, El Calvario, San Juan de las Huertas, Santa Cruz Cuauhtenco, Santa María del Monte, San Antonio Acahualco y San Cristóbal Tecolot.

En el resto del municipio, las densidades predominan entre 26 y 50 hab/ha (Figura 16).



Figura 17. Densidad de Población



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



4.2. Características sociales

En el año 2010 se registraron en el Municipio de Zinacantepec 786 habitantes de 5 años y más que hablaba alguna lengua indígenas (0.5% de la población en ese rango de edad). De ellos, más de la mitad hablan el otomí, y en segundo término el mazahua. Es de destacarse, que todos los habitantes de habla indígena, son también hablantes del idioma español.

Cuadro 10. Población mayor de 5 años que habla algún tipo de lengua indígena, 2010.

Lengua	Población	
Otomí	403	51%
Mazahua	37	5%
Otras	32	4%
No especificado	314	40%
Total	786	100%

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010.

Esta población se distribuye en algunas de las localidades del municipio, especialmente en la cabecera municipal (164) y Barrio de México (193), Barrio del Cóporo (94), y los restantes 335 habitantes se distribuyen en el resto de localidades.

Por lo que se refiere a educación y de acuerdo con la Dirección de Información y Planeación de la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado, en 2012 el grado promedio de escolaridad fue de 8.96 años, ligeramente inferior al del promedio estatal, que es de 9.3 años. Así en Zinacantepec la escolaridad promedio es de nivel de enseñanza media.

No obstante, el rezago educativo puede ser un factor de vulnerabilidad, en ese mismo año se registraron 7,501 habitantes de 8 años y más analfabetas en el municipio, distribuidos así:

Localidad	Analfabetas de 8 años y más	%
San Miguel Zinacantepec	1,488	19.8
San Antonio Acahualco	955	12.7
San Juan de las Huertas	484	6.5
Ejido San Lorenzo Cuauhtenco	379	5.1
Santa Cruz Cuauhtenco	337	4.5
Barrio de México	628	8.4
Barrio del Cóporo	543	7.2
Santa María del Monte	206	2.7
La Joya	1,471	19.6
San Bartolo el Viejo	277	3.7
Resto de localidades	733	9.8
Total	7,501	

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

Al igual que con la variable anterior, el diseño de eventuales campañas de difusión debe tomar en cuenta estas situaciones.



Una parte importante de las condiciones generales de vida en el Municipio de Zinacantepec se expresa en el ámbito de la salud, en el cual el municipio presenta ligeramente una mejor condición que los promedios de la entidad. Así, mientras que en el 2010, en el estado 42% de la población no contaba con derechohabiencia en ninguna institución de salud, en el municipio de Zinacantepec esta proporción representaba 35%.

En números absolutos lo anterior significa que 57,309 habitantes no contaban con derechohabiencia en el municipio, de los cuales 17,850 (31% del total municipal) corresponden a la Cabecera Municipal de Zinacantepec.

Ahora bien, si se consideran las personas atendidas según el tipo de institución de salud pública, el sector de abierto atiende más pacientes que el sector de derechohabiencia, lo cual muy probablemente es el resultado de la ampliación del Seguro Popular.

Cuadro 11 Población total por municipio y sexo según afiliación y derechohabiencia en Zinacantepec, 2010

Total	No derechohabientes			Derechohabientes		
	ISEM	DIFEM	IMIEM	IMSS	ISSSTE	ISSEMyM
150 713	78 263	7 215	0	42 730	16 730	5 775

Fuente: GEM, Secretaría de Salud, Departamento de Estadística, 2011.

Por otra parte, es de resaltar que del total de unidades médicas del sector salud que operan en el municipio, la totalidad son unidades de consulta externa, lo cual se revertirá en el corto plazo, pues en la actualidad se encuentra en proceso de construcción el Hospital General de Zinacantepec, en las inmediaciones de la colonia Cerro del Murciélago, en el circuito Acahualco.

Cuadro 12 Unidades médicas en servicio del sector salud por municipio y nivel de operación según institución

Tipo de Unidad Médica	Total	ISEM	DIFEM	IMSS PONIENTE	ISSSTE	ISSEMyM
Unidades de consulta externa ^{a/}	22	18	1	1	1	1
Unidades de hospitalización general ^{b/}	0	0				
Total municipal	22	18	1	1	1	1

Fuente: GEM, Secretaría de Salud, Departamento de Estadística, 2011.

Por lo que respecta a la vivienda, en el año 2010 se registraron 37,660 viviendas particulares en el municipio

Para efectos del presente trabajo es de destacarse el material de construcción de las viviendas, el cual es determinante para proteger a la población ante la presencia de eventuales fenómenos climáticos.

En el año 2010 se registraron en el municipio 2,321 viviendas con piso de tierra, 6.2% del total.

Respecto a las viviendas con techos vulnerables (considerando las de lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil y madera, lámina de cartón o material de desecho), se estiman en 811 unidades, 2.2% del total.

Por su parte, las viviendas con paredes vulnerables (considerando las de madera, lámina de asbesto y metálica, embarro y bajareque, carrizo, bambú y palma) resultaron relativamente pocas, 36 unidades que representaban 0.1% del total.

En lo que respecta al grado de marginación, en el año del 2005 el municipio de Zinacantepec se ubicó en un nivel medio entre los municipios de la entidad, con un índice de marginación de -1.04 ocupando el lugar número 68, y un grado de marginación promedio "Bajo".



Para ese año, 32 localidades del municipio estaban consideradas en un grado de marginación “alto o muy alto”, las cuales albergaban a 61,667 habitantes.

Cuadro 13. Localidades con Grado de Marginación Muy Alto y Alto, 2010.

Localidad	Población total	Grado de marginación
El Kiosco	192	Muy alto
Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte	113	Muy alto
Dos Caminos (Crucero de la Puerta)	27	Muy alto
Barrio de la Rosa	229	Muy alto
San Miguel Hojas Anchas	848	Alto
Cruz Colorada	35	Alto
Loma de San Luis Mextepec	106	Alto
Colonia la Herradura	81	Alto
Barrio de México	7 414	Alto
Barrio del Cóporo	6 068	Alto
Loma Alta	530	Alto
Buenavista	560	Alto
La Peñuela	655	Alto
El Capón (Puerta del Llano)	158	Alto
Santa Martha	156	Alto
Ciendabajo (Hacienda de Abajo)	772	Alto
La Cañada (Cañada Grande)	793	Alto
El Curtidor	2 301	Alto
Colonia Dos de Marzo	477	Alto
Loma de San Francisco	1 252	Alto
Raíces	664	Alto
La Puerta del Monte (La Puerta)	253	Alto
San Bartolo el Viejo	3 312	Alto
San Bartolo del Llano (San Isidro)	2 348	Alto
Contadero de Matamoros (San José)	2 082	Alto
Ejido San Lorenzo Cuauhtenco	8 024	Alto
Tejalpa	2 729	Alto
Colonia la Virgen	562	Alto
Recibitas (El Remolino)	602	Alto



Localidad	Población total	Grado de marginación
San Pedro Tejalpa	1 892	Alto
San Antonio Acahualco	16 442	Alto
Colonia Praztitlán (Colonia de los Ingenieros)	253	Alto

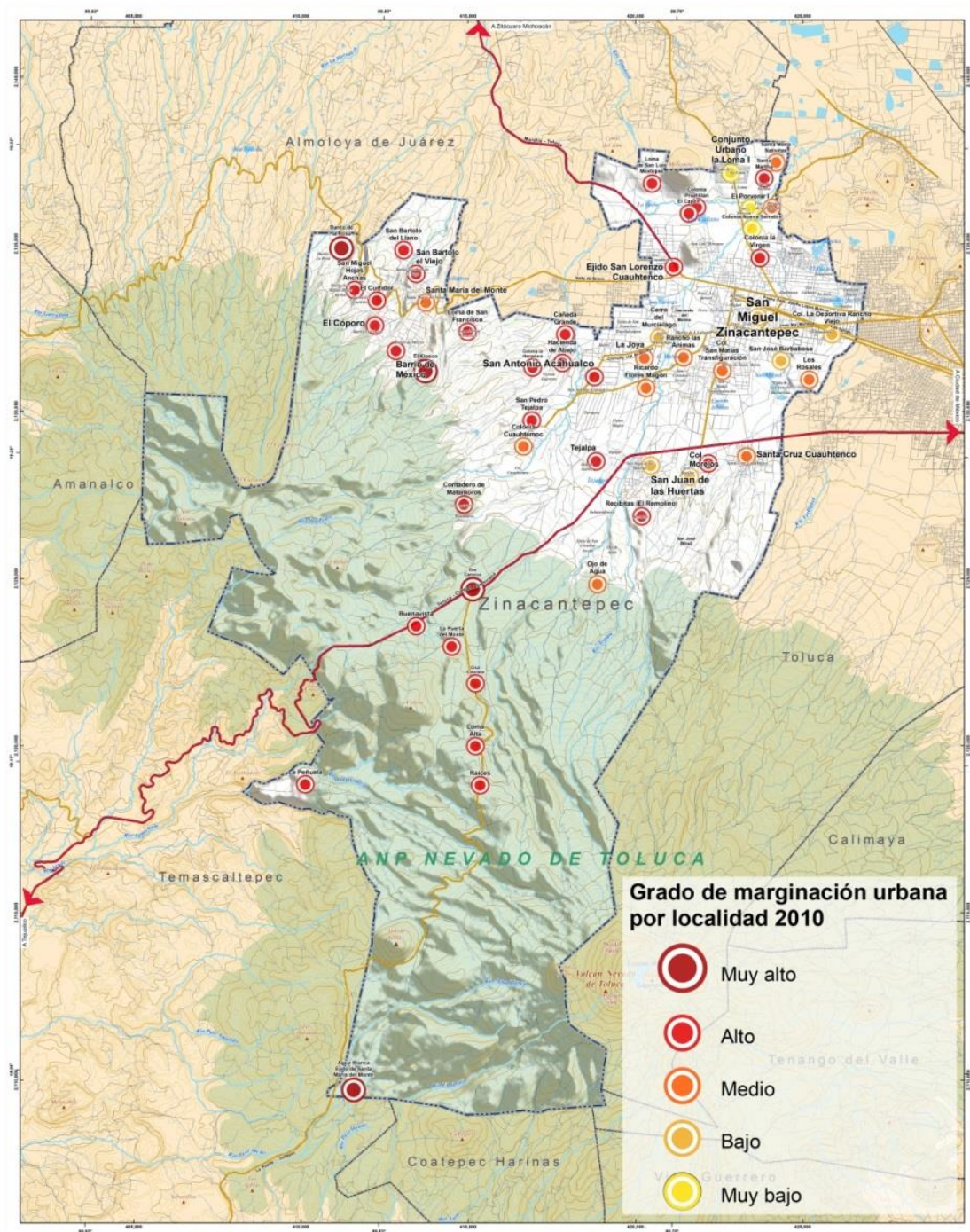
Fuente: Estimaciones del CONAPO, 2010.

En el anexo estadístico se presentan los Grados de Marginación de todas las localidades del municipio.

No obstante, destacan las localidades de El Kiosco, Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte, Dos Caminos (Crucero de la Puerta) y Barrio de la Rosa que al ser de muy alto grado de marginación, son también altamente vulnerables ante eventuales peligros naturales.



Figura 18. Mapa de grado de marginación en el municipio de Zinacantepec, 2005.



Fuente: Elaboración propia con base en CONAPO 2010.



Por lo que se refiere a la población con alguna limitación, el Censo del 2010 registró que 8,269 personas (6% de la población total) presentaba algún tipo de limitación, siendo los principales: para caminar o moverse, subir o bajar (57%), para ver, aun usando lentes (29%) y para escuchar (14%), lo cual también debe ser considerado en cualesquier tipo de emergencia.

Con limitación en la actividad	4,278	
Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	1,876	44%
Población con limitación para ver, aun usando lentes	911	21%
Población con limitación para escuchar	360	8%
Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	379	9%
Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	190	4%
Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	225	5%
Población con limitación mental	338	8%

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010: INEGI.

En el anexo estadístico se presentan los tipos de limitación registrados por localidad.

4.3. Principales actividades económicas en la zona.

Con el 10% de la población del estado, el Municipio de Zinacantepec concentra el 0.2% del personal ocupado de la entidad y el 2.5% de las unidades económicas, aportando el 0.7% del Valor Agregado Censal Bruto (VACB) al estado.

Cuadro 14. Indicadores de la participación del Municipio de Zinacantepec en la economía estatal

Estado / Municipio	Personal ocupado total	Unidades Económicas	Valor agregado censal bruto (Millones de pesos)
Estado de México	1,945,911	456,563	362,897.3
Municipio de Zinacantepec	4,456	11,459	2,391.7
Participación del municipio de Zinacantepec en el estado de México	0.2%	2.5%	0.7%

Fuente: INEGI. Censos económicos 2009. Resultados definitivos.

La agricultura del municipio se basa en la producción de autoconsumo en áreas de temporal donde se cultivan principalmente maíz y frutales, como la pera y el durazno.

Existe una ganadería de poca relevancia, destacando en este rubro la producción de leche; el ganado bovino y porcino se explota en traspatio.



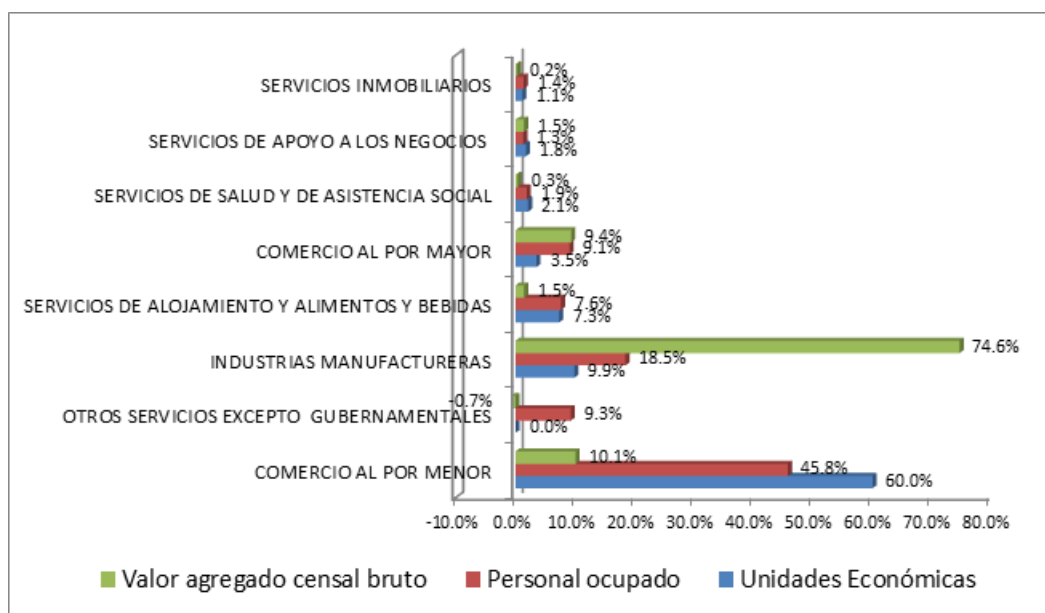
Entre las ramas de actividad, el comercio al por menor se presenta como la más importante, tanto por su contribución al PIB municipal, como por la generación de empleos y el número de unidades económicas. El comercio genera el 10% del VACB, ocupa al 46% del personal ocupado y agrupa al 60% de los establecimientos de todo el municipio.

Por su importancia, los siguientes dos sectores de actividad del municipio son los servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, y la industria manufacturera.

El primer sector se constituye por pequeños hoteles y, sobre todo, restaurantes que en la oferta de pescados y mariscos se ha especializado el municipio, específicamente en la localidad de San Luis Mextepec.

El siguiente sector se orienta principalmente a la industria alimentaria, y específicamente a la de las bebidas y del tabaco, con la presencia de dos plantas embotelladoras de la empresa Coca Cola de importancia regional.

Gráfica 5. Municipio de Zinacantan. Principales ramas de actividad y su aportación al VACB, personal ocupado y unidades económica (%), 2008



Fuente: INEGI. Censo Económico 2009.

4.4. Características de la Población Económicamente Activa

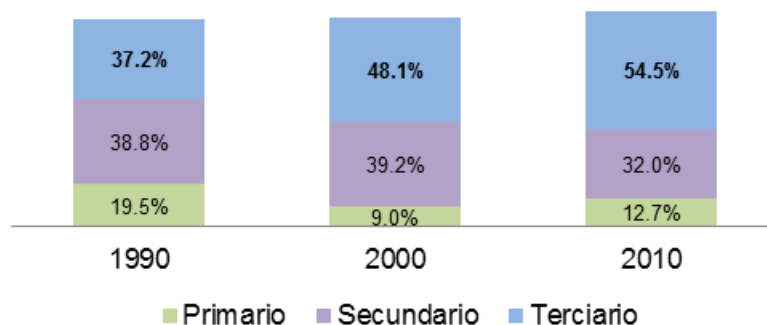
En el año 2010 la Población Económicamente Activa (PEA) del municipio ascendió a 59,643 personas, representando el 35.6% de la población total.

Esta población ha venido incrementando su participación en los últimos años, en el año 1990 la PEA del municipio ascendía a 21,463 habitantes representando en aquel año el 26.0% de la población total.

En cuanto a los sectores en los que labora la población económicamente activa del municipio, destaca el sector terciario, mismo que representa el 73.1 de la PEA ocupada.



Gráfica 6. Participación de la PEA en el total de la población, 1990-2010.

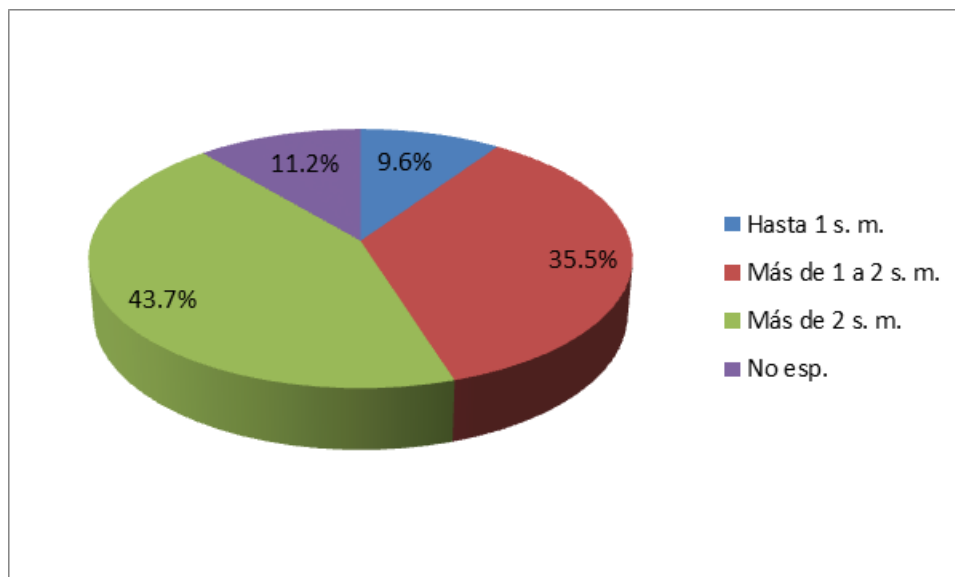


Fuente: INEGI. Censos Generales de Población y Vivienda 1990, 2000 y 2010.

La preeminencia del sector terciario se ha venido dando sobre una notable disminución porcentual del sector primario y un ligero decremento del sector secundario. Entre 1990 y el 2010, la PEA dedicada al sector terciario incrementó su volumen en términos absolutos en más de 25,000 (más de tres veces la PEA dedicada a este sector en 1990), en tanto que la población ocupada en las labores agrícolas prácticamente se ha mantenido estable.

Por otra parte, la distribución de los niveles de ingresos de la PEA que se encuentra ocupada en el municipio son similares los del promedio estatal, el 15% de la PEA percibe menos del salario mínimo en tanto que más de la mitad percibía ingresos superiores a los dos salarios mínimos.

Gráfica 7.- Niveles de ingreso de la población ocupada, 2010



Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda, INEGI, 2010.

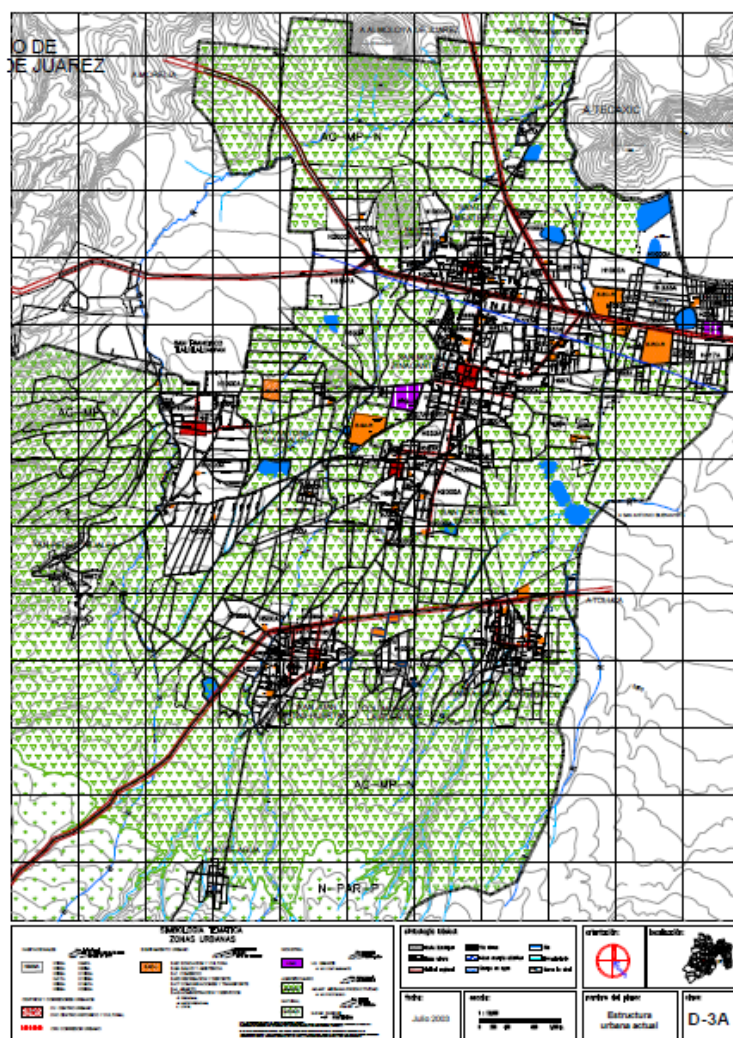


4.5. Estructura urbana

El Municipio de Zinacantepec se comunica por vía terrestre con la Ciudad de Toluca mediante la carretera federal No. 15 Toluca-Morelia, que posteriormente enlaza con el libramiento Lerma-Valle de Bravo y luego se convierte en la vialidad Adolfo López Mateos. También con la capital del Estado, se comunica mediante la Calzada al Pacífico, que posteriormente se convierte en la carretera federal No. 134 Toluca-Ciudad Altamirano, que comunica al municipio con la Región de la Tierra Caliente.

Al interior de la estructura urbana del municipio, las principales vías de comunicación son, en el sentido oriente-poniente, la avenida Adolfo López Mateos, la vialidad Solidaridad Las Torres y el circuito vial Zinacantepec-Acahualco. En el sentido norte-sur, la avenida 16 de Septiembre cuyo nombre cambia a Calzada de la Huerta a la Calzada al Pacífico y la vialidad Adolfo López Mateos; y la vialidad Emiliano Zapata, denominada también Niños Héroes se convierte en la carretera a Almoloya de Juárez, que comunica al desarrollo La Loma con la cabecera municipal.

Figura 19. Mapa de Estructura urbana de Zinacantepec.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado de México, Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec, Plano D-3A



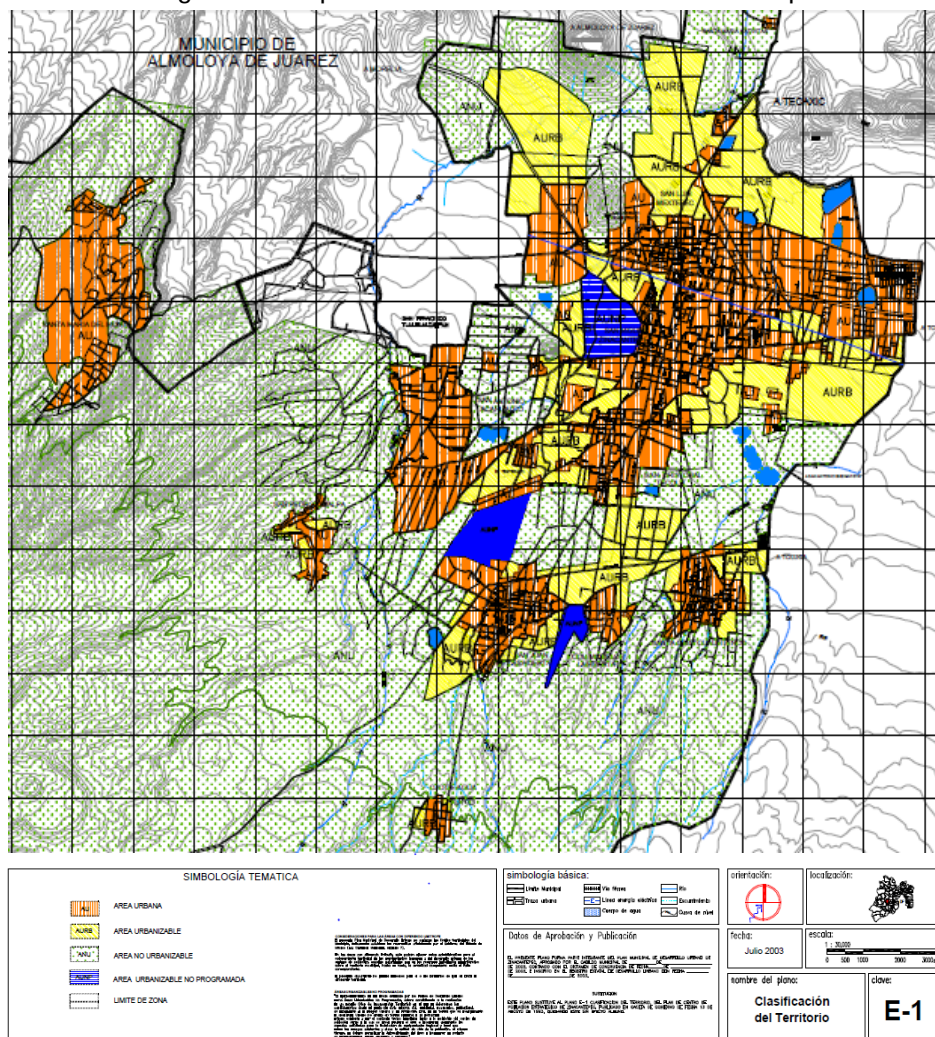
4.6. Reserva territorial

Al sur del municipio de Zinacantepec se ubica el volcán Nevado de Toluca, por lo que sus características topográficas, geológicas y edafológicas no favorecen el desarrollo urbano en dicha zona.

Por dicha razón, en el Plan Municipal de Desarrollo Urbano vigente, las áreas urbanizables se localizan en el norte del municipio, en su colindancia con Almoloya de Juárez, y en el sur de la cabecera municipal, en donde prevalece una topografía suave, similar a un plano inclinado propio de la cuenca del Río Lerma.

Dichas áreas urbanizables se encuentran relativamente dispersas en el territorio municipal, en torno a las áreas urbanas actuales, destacando las colindantes con la zona norte de San Luis Mextepec, las inmediaciones de la ampliación reciente de la Avenida Solidaridad Las Torres, así como en las inmediaciones de las localidades de San Juan de la Huertas, Santa Cruz Cuauhtenco y San Cristóbal Tecolot.

Figura 20. Mapa de Áreas Urbanizables de Zinacantepec.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado de México, Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zinacantepec, Plano E-1



CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PELIGROS Y VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL

5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen geológico

Los fenómenos naturales ocurren en la superficie de manera constante en el tiempo, pero variable en cuanto a magnitud. Un fenómeno se convierte en peligro natural cuando altera parcial o totalmente algún aspecto físico de un territorio, mismo en donde se encuentra asentada la población. De esta manera cualquier fenómeno natural que ocurra en los sistemas atmosférico, biótico, litosférico, hidrológico, etc., o entre ellos, y presente una probabilidad de afectación del ser humano y sus actividades, debe ser considerado peligro. A lo largo de la historia del poblamiento de un territorio, la sociedad ha estado expuesta a diferentes fenómenos naturales, algunos de éstos han causado algún tipo de daño o afectación a la infraestructura, actividades o en las vidas mismas de la población (Campos-Vargas et al., 2010).

Los fenómenos naturales que se producen por la dinámica de la superficie de la corteza terrestre y que la modifican, se consideran fenómenos naturales geológicos y/o geomorfológicos, los primeros cuando se deben a la dinámica interna del planeta y los procesos de litificación; los segundos cuando modifican la forma del relieve en un paisaje determinado, ya sea producto de la interacción interna del planeta –procesos endógenos- o por la externa –procesos exógenos. Cuando un fenómeno, de índole geológico-geomorfológico, afecta de alguna forma las actividades o vida de la población, se convierte en peligro. Cuando la población no tiene la capacidad, en cuanto al conocimiento del fenómeno, de organización social y económica para afrontarlo, así como incapacidad política para mitigar y reducir el grado de afectación de la población con respecto al peligro, el escenario resultante será el de un desastre, mal llamado, natural.

Así la capacidad de solventar un peligro por parte de la sociedad, determina su grado de vulnerabilidad. En este sentido pueden distinguirse varios tipos de vulnerabilidades, por ejemplo cuando una sociedad tiene la capacidad en maquinaria o tecnológica para reparar casi en su totalidad los daños producidos por un peligro natural, se dice que su vulnerabilidad educativa o tecnológica es baja. Por esta razón, el reconocimiento en la naturaleza de los peligros, como su origen, tipología, mecánica, características, duración e intensidad así como recurrencia, es vital para su prevención y mitigación.

5.1.1. Erupciones Volcánicas

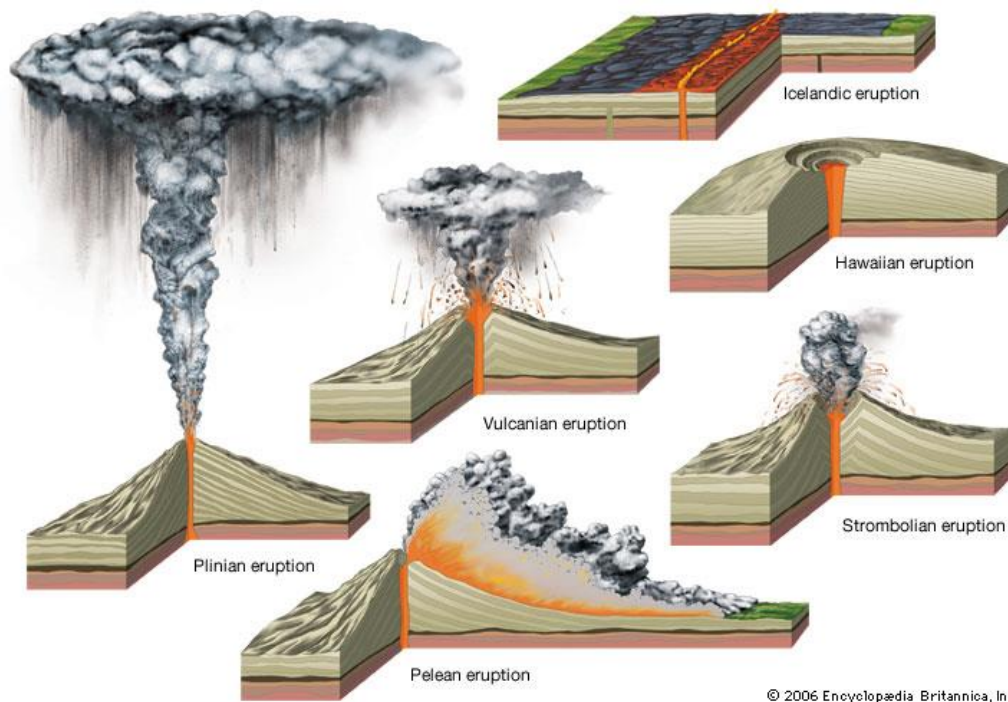
El territorio que ocupa el municipio de Zinacantepec, se localiza dentro del Sistema Volcánico Transversal (SVT), donde se genera el principal vulcanismo del país. El SVT tiene una extensión aproximada de 920 km de largo y cruza la República Mexicana desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, iniciando, al oeste, en la costa del estado de Jalisco (Bahía Banderas) hasta Veracruz (Punta Delgada) (Aguayo y Trápaga, 1996). La extensión norte-sur varía de los 400 km aprox. en San Luis Potosí, a 100 km en Puebla y Veracruz. Una de las características principales del SVT es la gran variabilidad de edificios volcánicos a consecuencia de factores como la composición química de sus productos, intensidad y tipos de actividad, condiciones climáticas en donde se emplazó, entre otros. También destaca la oblicuidad con respecto a la Trinchería Mesoamericana, así como la irregularidad espacial en cuanto a la ocurrencia del vulcanismo dentro del SVT (Ferrari, 2000; Schimnke, 2006).

En lo particular el municipio de Zinacantepec, se localiza en la parte central del SVT y hacia el sur del municipio se localiza el volcán Nevado de Toluca. El Volcán Nevado de Toluca es un estratovolcán o también conocido de tipo poligenético, lo que significa que ha tenido varias etapas eruptivas a través de miles o millones de años, lo cual ha generado un edificio volcánico de dimensión y altura considerable ocupando el cuarto dentro de los volcanes del país. En cuanto a la actividad volcánica de volcán, Capra et al., 2008, ha documentado al menos cuatro erupciones Plinianas donde la ceniza y pómez ha llegado a más 70 km de distancia; por lo tanto, la cercanía con las poblaciones y área urbana del municipio, son lugares factibles a recibir el impacto de una erupción y sus productos de mediana o gran magnitud. Esto se puede



estimar de acuerdo a lo establecido por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED 2004). Es por esto importante los estudios previos de la actividad y origen del volcán como lo son: estudios geológicos, geoquímicos, cronoestratigrafía, distribución de lava y depósitos laháricos, la evolución y comportamiento eruptivo y erupciones.

Es bien sabido que los volcanes tienen la capacidad de afectar un radio a su alrededor, esto va depender del tipo de erupción y de los productos expulsados como se muestra en la figura 21.



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

Figura 21. Tipo de erupciones volcánicas de acuerdo a su explosividad y comportamiento.

Es importante destacar que los criterios para determinar la probabilidad de que ocurra una erupción volcánica, y que esta afecte al municipio de Zinacantan, son consideradas a partir de categorizar al volcán como **activo en etapa de quietud**, ya que el último registro de actividad volcánica se tiene hace 3300 años (Macías et al., 1997; en Capra, et al, 2008), aunque se informó de la actividad fumarólica de menor importancia durante el siglo XIX (Bloomfield y Valastro, 1977: en Capra, et al., 2008). También es importante considerar eventos anteriores: durante los últimos 37 000 años, al menos cinco colapsos del domo (alrededor de 37 000, 32 000, 28 000, 26 000 y 15 000 años AP) produjeron enormes bloques y cenizas flujos que rodea el volcán, y cuatro grandes erupciones plinianas que formaron la caída pómez Ocre (36 000 años AP, García -Palomo et al, 2002; en Capra, et al, 2002), Pómez Toluca Inferior (24 000 años), el flujo de pómez blanca (12 500 años), y Pómez Toluca Superior (10 500 años) (Capra, et al, 2002).

Es por esto, que a partir de una eventual reactivación del volcán, según Capra, et al., (2008), flujos de bloques y cenizas afectarán profundos barrancos hasta una distancia de 20 km y nubes de ceniza podría permear la cuenca del valle de Toluca en grandes espesores tendiendo efectos catastróficos para las zonas pobladas dentro de un radio de 70 kilómetros. Adicionalmente se debe de tomar en cuenta la generación de lahares los cuales pueden estar o no relacionados con la actividad volcánica. Flujos u oleadas piroclásticas que desciendan sobre las laderas o valles del volcán a grandes velocidades y altas temperaturas, así como



el posible colapso volcánico el cual generaría una avalancha de escombros, como la acontecida en el flanco este del volcán, la cual alcanzo una distancia de 75 km y cubrió 220 km² (Capra, et al, 2002).

Con base en la clasificación de peligro definida por la SEDESOL- COREMI 2004, los peligros que pueden afectar al presentarse una fase de actividad volcánica, se especifican de la siguiente manera.

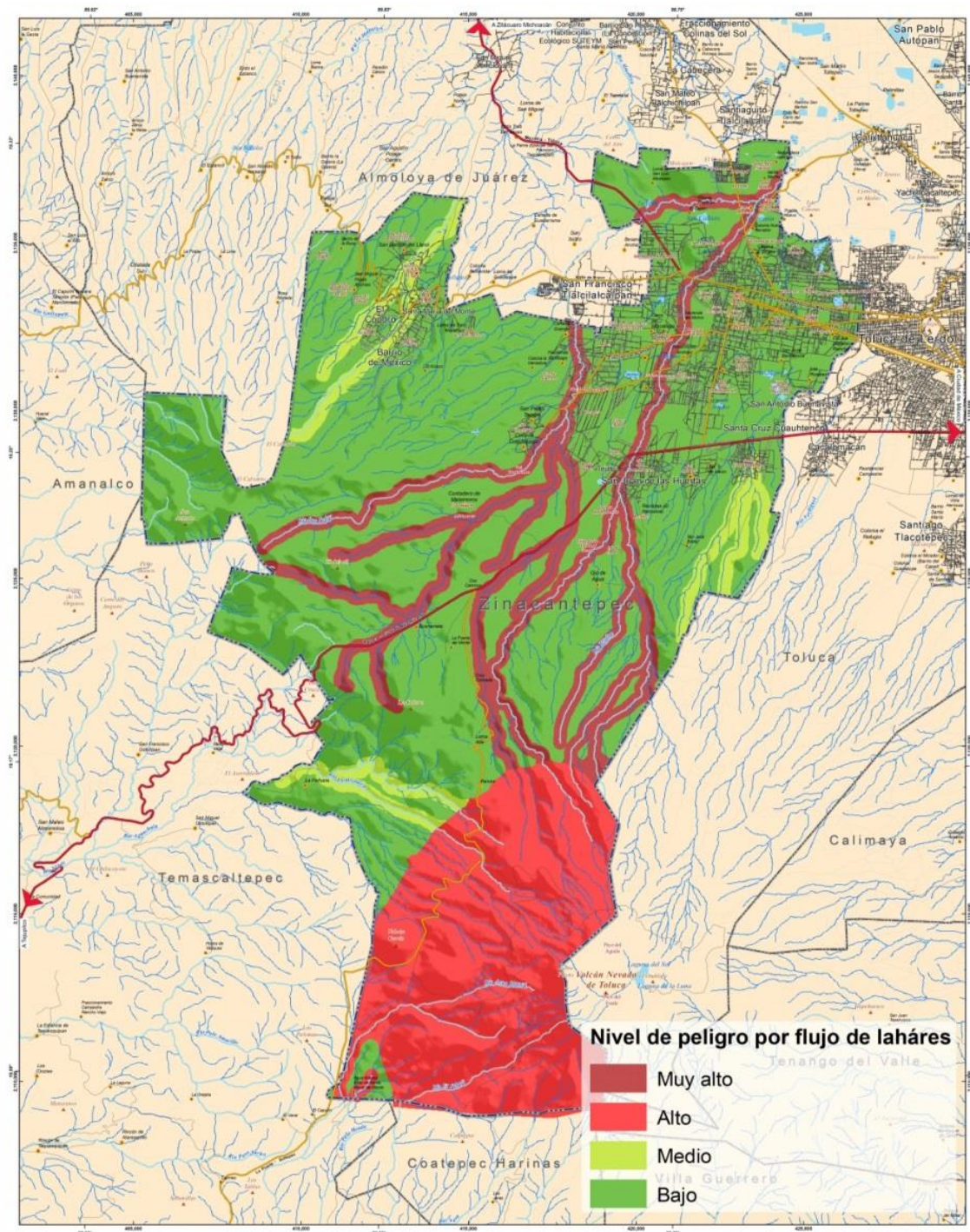
Lahares

Los Lahares se generan a partir de la mezcla de bloques, ceniza y cualquier otro escombros depositados alrededor del cono volcánico con agua proveniente de las lluvias torrenciales, lagos cráter o por el derretimiento súbito de los glaciares. Este es el peligro más común debido a su rápido desarrollo, es decir adquiere gran velocidad al bajar sobre los cauces de los ríos acarreado y destruyendo todo a su paso. Los lahares pueden ocurrir durante o después de las erupciones (CENAPRED, 2001a).

Para el volcán Nevado de Toluca y en base en los registros obtenidos por Capra et al., 2008, uno de los escenarios de caída de ceniza generaría entre 50 mil y 500 mil m³ de flujo de acuerdo con varios eventos muestreados que van de los 13 a 37 millones de años y que están representados a lo largo del edificio volcánico; esto demuestra que se pueden producir lahares que recorran grandes distancias, descendiendo por los valles y cauces naturales del volcán ríos, recorriendo e inundando las áreas y poblados de Zinacantan. Por lo tanto resulta obvio que la severidad del daño estará en función de la cantidad de material acarreado.



Figura 22. Peligro por Lahares.



Elaboración propia con base en información de INEGI



En la figura 22 se muestran las áreas, en cuatro niveles de peligro, posiblemente afectadas por efecto de un lahar. El peligro MUY ALTO representa los cauces principales por los cuales puede descender el lahar en grandes volúmenes, los cuales pueden llegar al área urbana del municipio teniendo efectos catastróficos dependiendo de la cantidad de material acarreado. Cabe mencionar que cuando los valles se hacen amplios los lahares tienden a fluir y depositarse de manera lateral afectando entonces grandes áreas. El peligro ALTO representa la zona donde se pueden depositar cenizas, pómez y bloques en mayor cantidad. También esta zona está asociada a las partes altas del volcán y del municipio de Zinacantepec en donde los lahares encontrarían su inicio.

El peligro MEDIO se relaciona con otros cauces naturales por donde pueden descender los lahares. Estos cauces se originan en las partes medias o lejanas del volcán en donde las pendientes también son medias y la distancia de la principal zona de deposición de material volcánico es alejada. Por último el peligro Bajo está asociado a aquellos cauces distales del volcán, así como a planicies alejadas y/o formas del relieve en donde la deposición del material, en combinación con las bajas pendientes, no formaría lahares.

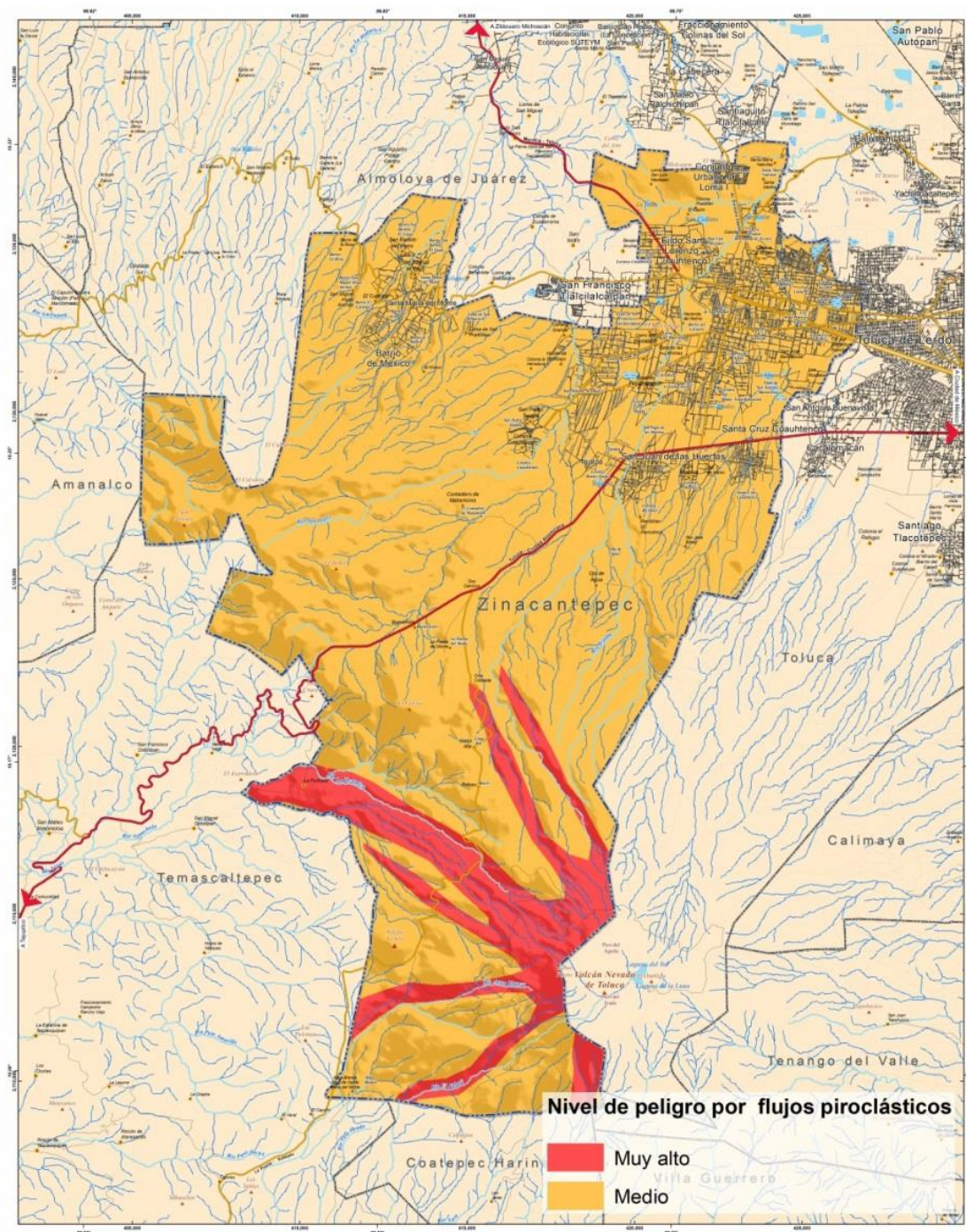
Flujos piroclásticos

Son una mezcla de gases, cenizas y fragmentos de rocas que descienden por los flancos de los volcanes a velocidades de hasta más de 100 km/hora y con temperaturas mayores a 100° C. estos flujos pueden llegar a ser muy destructivos y peligrosos. La parte inferior y más densa del flujo corre por los fondos de las barrancas y los valles mientras, que la parte superior y menos densa puede sobrepasar los valles y alcanzar alturas importantes e incluso sobrepasar relieves topográficos.

El peligro por flujos piroclásticos que se pueden representar en el Municipio de Zinacantepec afectaría a las poblaciones de Raíces y Loma Alta principalmente por encontrarse a una distancia no mayor de 10 km del cráter de volcán y en caso de ser de grandes dimensiones podrían llegar oleadas de calor a todo el municipio considerado como peligro Medio (figura 23).



Figura 23. Mapa de Peligro por Flujos Piroclásticos.



Elaboración propia con base en información de INEGI



Como se puede apreciar en el mapa, el peligro por flujos piroclásticos sobre el municipio se tiene en dos niveles. El nivel MUY ALTO se relaciona con los valles más amplios, por los cuales pueden descender los flujos y en donde también se muestran el área afectada. El peligro MEDIO se relaciona a aquellas zonas distales o por las cuales es poco viable a que descienda un flujo piroclásticos.

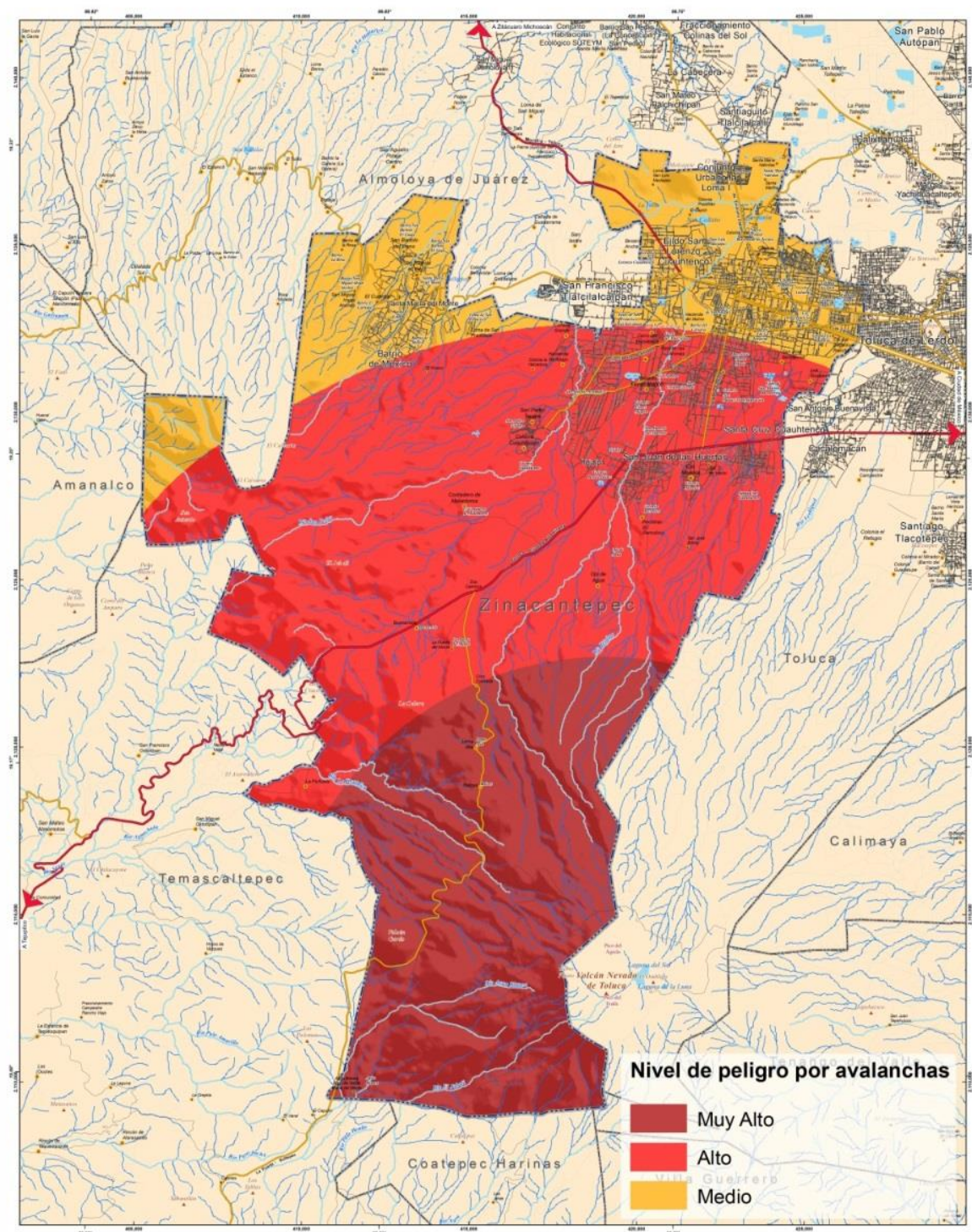
Avalancha de detritos

Son grandes deslizamientos producidos por la inestabilidad de volcán, los cuales pueden encontrar su origen a partir de la intrusión de magma en el edificio volcánico, por un sismo de gran magnitud o por el debilitamiento de la estructura produciéndose la destrucción parcial o total del mismo. Debido al gran volumen y velocidad, las avalanchas arrasan con todo a su paso, dando una nueva configuración al relieve.

Es conocido que todos los estratovolcanes como el Nevado de Toluca han tenido al menos un evento de este tipo. Capra (et al., 2008) estima que en caso de presentarse una avalancha de detritos afectaría un radio aproximadamente de 9 a 10 km del cráter y con dirección al norte, en este rango se encuentran las poblaciones de Raíces, Loma Alta y Cruz Colorada que son catalogadas como peligro MUY ALTO. La avalancha de detritos puede seguir desplazándose si es adicionada por acción de la gravedad y puede ejercer presión sobre este flujo para alcanzar un radio de hasta 20 km lo cual alcanzaría al área urbana de Zinacantan considerándose como peligro ALTO (Figura 24).



Figura 24. Mapa de Peligro por Avalancha de Detritos.



Elaboración propia con base en información de INEGI



En la figura anterior, se pueden apreciar las áreas afectadas por efecto de avalancha volcánica. En el nivel de peligro MUY ALTO, se muestra el área mayormente afectada y en donde gran cantidad de material puede depositarse llegando este a los cientos de metros. En zona marcada correspondiente al nivel de peligro ALTO, también se puede depositar gran cantidad de material, inclusive alcanzando los cientos de metros en las partes más cercanas al volcán. Por último, el área relacionada al peligro MEDIO se tiene como la más distal al volcán y en donde los depósitos de la avalancha serían de menor espesor. Cabe destacar que a partir de la eventual reactivación del volcán, este sería monitoreado de manera constante y particularmente cualquier deformación en el edificio volcánico que pueda generar una avalancha, sería registrada por los instrumentos de medición.

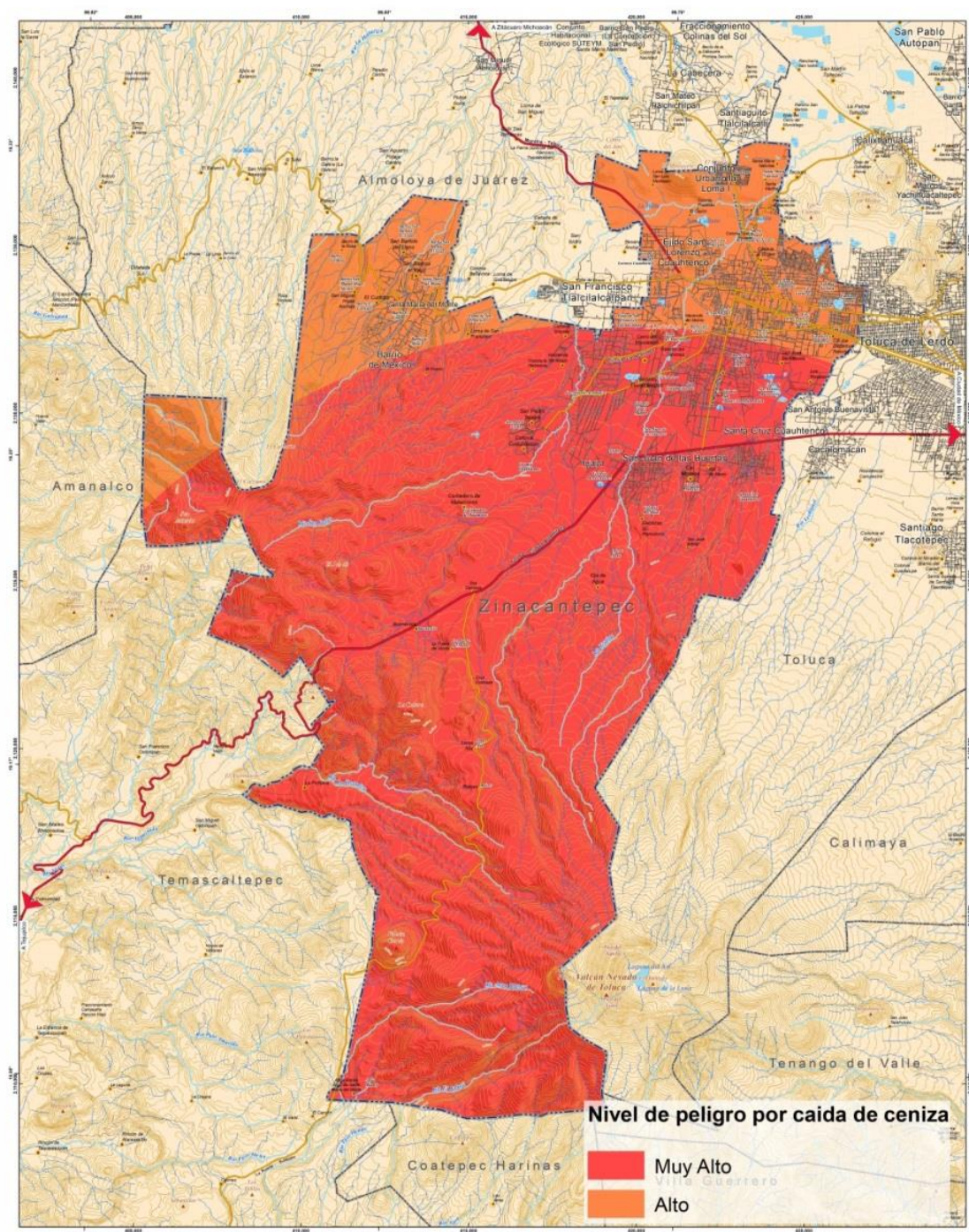
Caída de ceniza y/o Pómez

Las cenizas son pequeñas partículas que se originan por la fragmentación de roca y magma generada a partir de la actividad explosiva interna del volcán. Estas partículas pueden depositarse a cortas y largas distancias del centro de emisión según el estilo eruptivo y dirección del viento. Durante la explosión los fragmentos más gruesos caen rápidamente en las cercanías del volcán, solo la ceniza más fina es llevada por el viento a grandes distancias. La ceniza es peligrosa de manera directa e indirectamente en la población. Ocasionando problemas pulmonares gastrointestinales conjuntivitis, etc. Así mismo, obstruye corrientes de agua, presas alcantarillas y todo tipo de actividad humana. Una capa de ceniza de 2 a 3 cm de espesor puede causar el colapso de techos y estructuras de mala calidad y combinada con agua o humedad, su masa aumenta al doble.

Por lo tanto, en caso de presentar una erupción de gran magnitud como Pliniana o inclusive subPliniana, la caída de ceniza es considerada con peligrosidad MUY ALTA a 20 km del aparato volcánico y cubriría prácticamente todo el municipio de Zinacantan (figura 25), aunado a que la ceniza más fina, con espesores menores a 2 cm, y de acuerdo a la dirección del viento podría llegar a grandes distancias donde están asentadas ciudades como Toluca y La Ciudad de México.



Figura 25. Mapa de Peligro por Caída de Ceniza.



Elaboración propia con base en información de INEGI



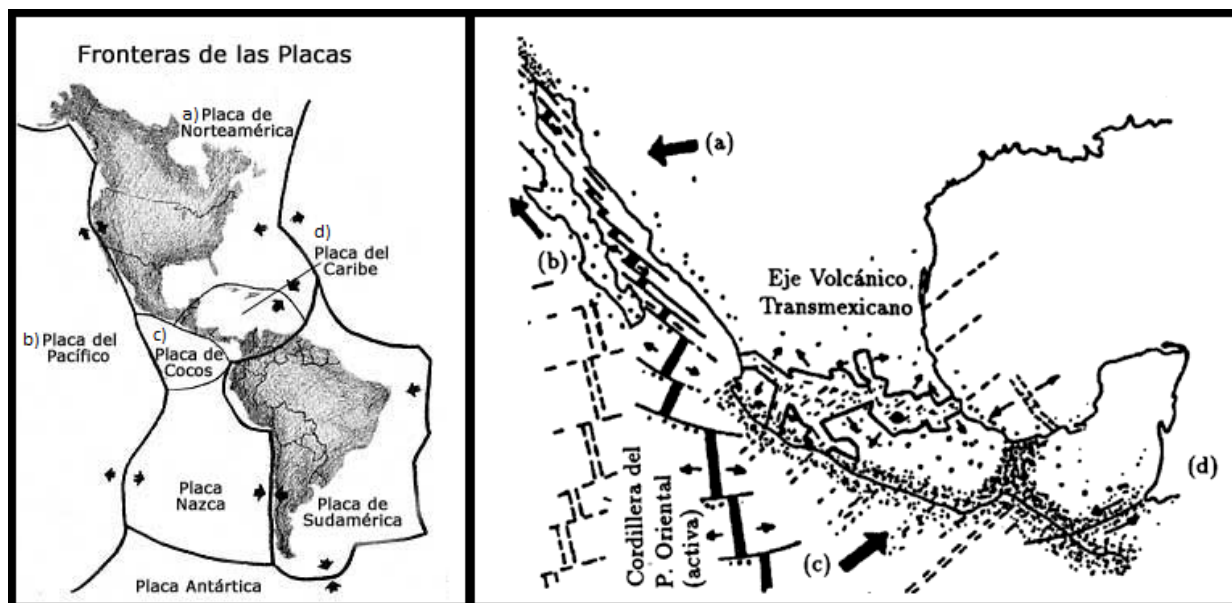
En la figura 25 se pueden apreciar los diferentes niveles del peligro por efecto de caída de ceniza y/o pómez. Debido a la cercanía del municipio al volcán Nevado de Toluca, el peligro es considerado como MUY ALTO y ALTO ya que el municipio es sumamente propenso a ser afectado por la ceniza o pómez. Como se mencionó, la caída de ceniza en algún lugar está relacionada con la dirección del viento y el tipo de erupción.

5.1.2. Sismos

Los sismos son un fenómeno natural producto de los esfuerzos en la corteza terrestre asociado al movimiento entre placas tectónicas. Ampliamente descrito, el planeta Tierra se encuentra dividido por múltiples placas tectónicas, definidas por la presencia de uno o de los tres límites que son la divergencia, convergencia y transcurrancia. En los últimos dos límites se presentan comúnmente sismicidad. México, se encuentra sobre varias placas tectónicas las cuales se pueden dividir en continentales: Norteamérica (que comprende a cerca del 90 % del territorio continental), Caribe (al sur de México) y oceánicas: Pacífica, de Cocos (enfrente de las costas de Michoacán hasta Chiapas), y de Rivera (enfrente de las costas de Colima, Jalisco y Nayarit) (figura 26).

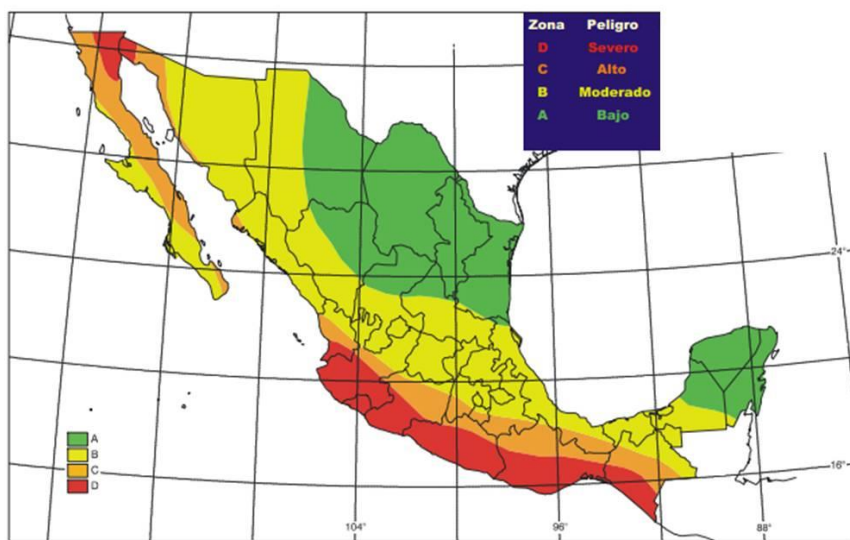
En el país se presentan los tres tipos de fenómenos. El límite de las placas de Norteamérica y Pacífica, en el Mar de Cortés, se presenta el proceso de extensión y en continente en dos lugares ocurre (cerca de Mexicali y en el estado de Chiapas) el proceso de transcurrancia. En el océano Pacífico las placas de Cocos y Rivera en su origen, propician los fenómenos de extensión, en donde, se forma nueva corteza oceánica, y se desplaza lentamente lejos de su punto de origen. Este movimiento trata de empujar, al llegar a la base, a la placa de Norteamérica. Esta placa al ser más grande y ligera presenta un movimiento más, por lo que tiende a cabalgar a la placa que la empuja, esto ocasiona el proceso de subducción de las placas. El límite de subducción es muy importante ya que es en este donde se generan fenómenos como el volcanismo y la sismicidad. Mientras que en la zona de divergencia localizada en el fondo del Mar de Cortés, no es habitual la ocurrencia de sismicidad, pero entre sectores de divergencia la placa se disloca y muestra un movimiento horizontal diferenciado, a partir de fallas laterales en el límite mismo. Estas fallas al desplazarse generan sismicidad.

Figura siguiente. En la imagen derecha se aprecia la ubicación de las placas en el continente, mientras que la imagen de la izquierda muestra las placas tectónicas a las cuales pertenece el país. La configuración actual de México se debe al movimiento simultáneo de las cuatro placas tectónicas: a) la de Norteamérica, con desplazamiento hacia el suroccidente; b) la del Pacífico oriental, hacia el noroeste; c) la de Cocos, hacia el noreste, y d) la del Caribe, hacia el oriente franco (Fuente: Aguayo y Trapaga, 1996).



De acuerdo con la zona de subducción, el país ha sido dividido en cuatro grandes zonas sísmicas (figura 26). Para su división se utilizó la información sísmica del país desde el inicio del siglo pasado, a partir de registros históricos (SSN, 2011). Estas zonas son un reflejo de la ocurrencia de sismos en las diversas regiones. En la zona A no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años. Las zonas B y C son zonas intermedias, aquí los registros de sismos no son tan frecuente. La zona D es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, y su ocurrencia es muy frecuente. Cabe resaltar que esta división toma como fuente principal de sismicidad la zona de subducción y desprecia la sismicidad ocurrida intraplaca.

Figura 26. Mapa de zonas sísmicas de acuerdo con la zona sismogeneradora en el país. El Municipio de Zinacantepec se encuentra en la zona moderada de peligrosidad sísmica.

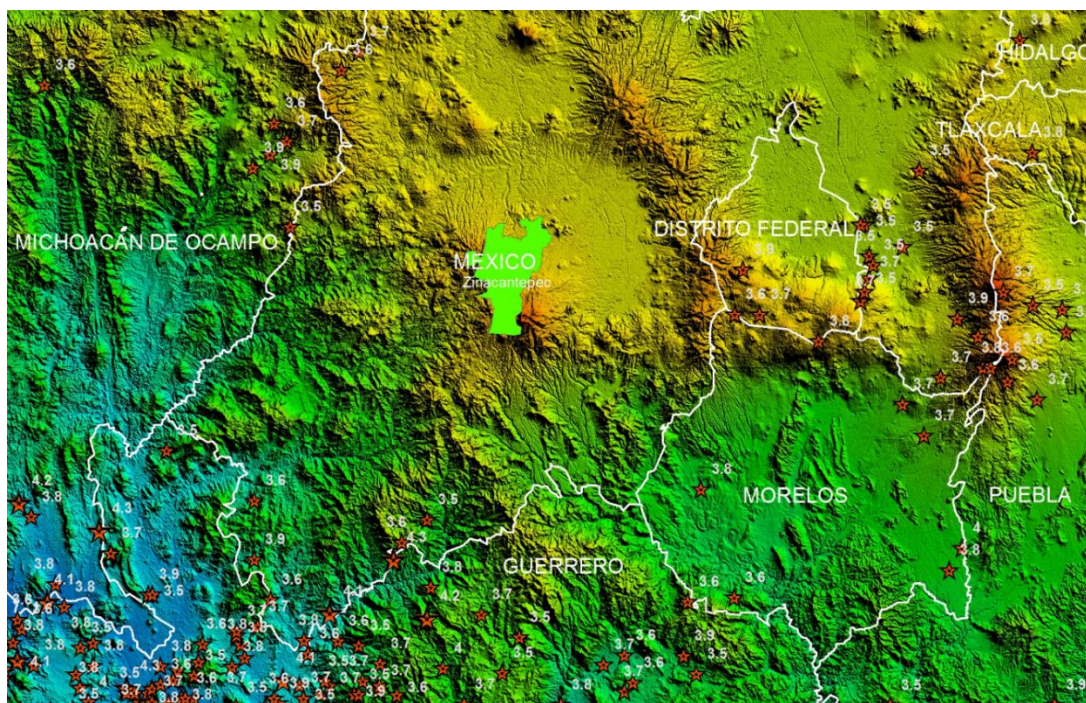


Servicio Sismológico Nacional



El municipio de Zinacantepec, se encuentra en la zona B, aproximadamente a 700 km del borde en donde se introduce la placa de Cocos por debajo de la Norteamericana, es decir lejos de la zona sismogeneradora. La actividad sísmica en el Estado de México contiene muy pocos focos sísmicos 34 y de magnitudes que van desde 2.4 hasta 3.9 en los últimos 7 años (de enero del 2006 a Diciembre del 2013). Y ninguno en el municipio de Zinacantepec (Ver cuadro de sismos de mayor magnitud en el Estado de México en el anexo estadístico). Lo anterior no significa que en el municipio no se expresen los efectos destructivos del fenómeno, ya que sismos generados en las costas o tierra adentro, de Guerrero, Michoacán o Jalisco se han percibido dentro de Zinacantepec (figura 25). Es por esto que la magnitud del sismo, así como la distancia del epicentro, será determinante para la percepción y/o damnificación del municipio.

Figura siguiente. Mapa de epicentros sísmicos ocurridos de Enero de 2006 al 15 de Diciembre del 2013 en el área circundante al Municipio de Zinacantepec el cual es representado por el polígono en color verde casi al centro de la imagen (Fuente SSN, 2013). Como se puede observar, hacia el sur de municipio se han generado gran cantidad de sismos. Muchos de estos con menores a los 4.5 grados lo que los hace casi imperceptibles en el municipio, pero cabe destacar que zonas en las que se pueden generar sismos de gran magnitud afectando al municipio.



Elaboración propia con base en SSN, 2012

Para la determinación del peligro sísmico no solo es importante la ocurrencia y cercanía del movimiento tectónico, sino además el comportamiento de los materiales como la litología y la edafología, cuando la onda sísmica viaja en ellos. Los posibles efectos de sitio producidos por la competencia de los materiales en respuesta a las ondas sísmicas, es un factor importante a considerar a la hora de cartografiar las áreas de mayor probabilidad de maximizar las ondas sísmicas, por ende acelerar las casas y edificios dentro del municipio. De esta manera las capas aluviales y friables constituidos por materiales finos (arenas finas, limos y arcillas) y saturados en agua pueden amplificar el fenómeno físico.

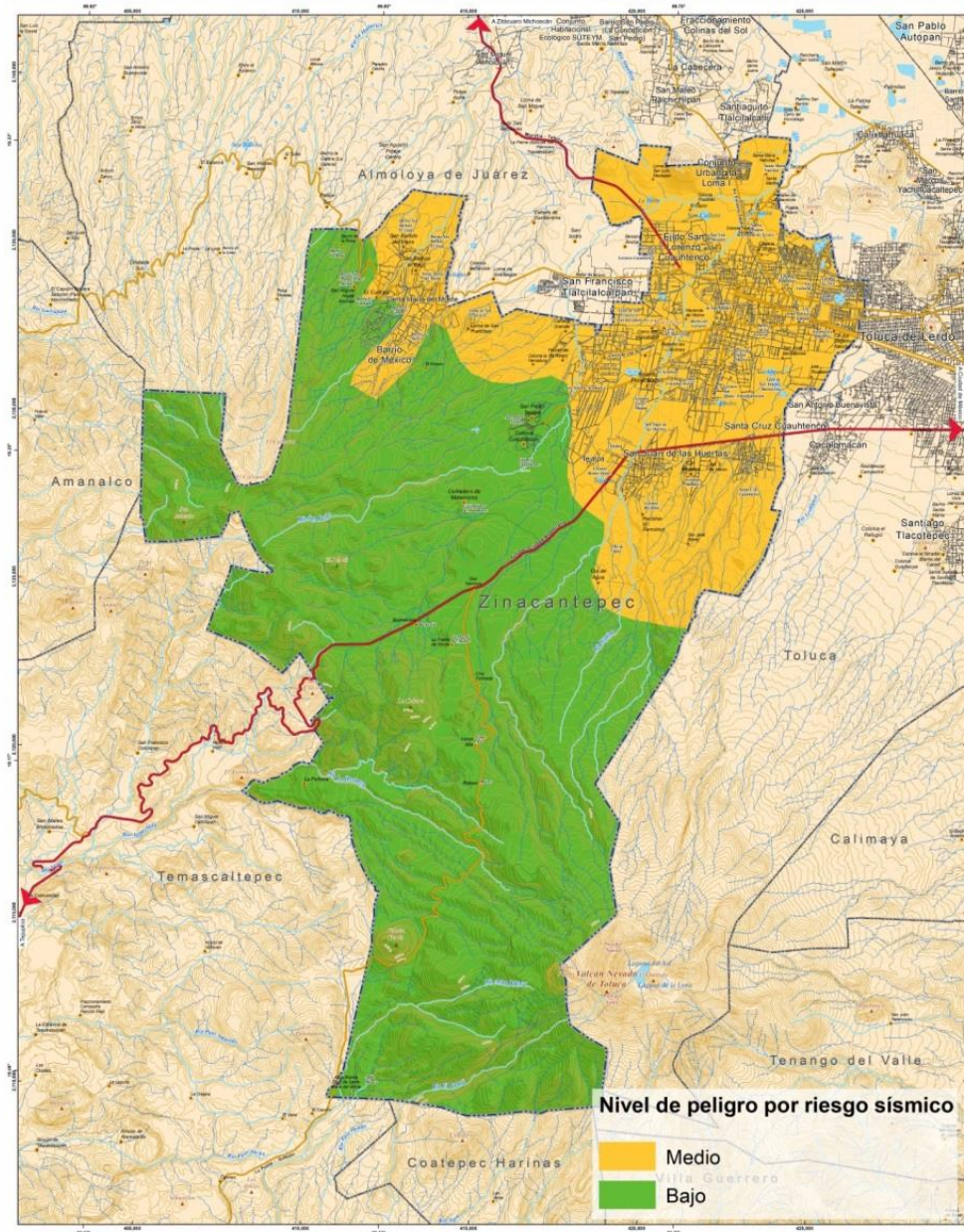


Las construcciones se vuelven más vulnerables a las ondas sísmicas independientemente de que tan lejos se encuentren del foco. Si además se concatenan los fenómenos de sitio con el tamizado natural producido por la selección de los materiales más finos por parte de los ríos y el alto nivel freático, se crea un escenario en donde fenómenos como la licuefacción, puede presentarse. La licuefacción es un efecto por el cual el material más fino viaja a niveles más profundos producto del movimiento armónico de las arcillas ya sea por hechos antrópicos (explosivos o vibración artificial del suelo) como naturales (sismos). Esto afecta el terreno y vuelve a las construcciones en buenas condiciones a una categoría de endeble y si a las casas con daños a un eminente peligro de colapso.

De acuerdo con lo anterior, el municipio fue dividido en dos zonas de peligro sísmico (figura 27). Como ya se mencionó, la peligrosidad sísmica es proveniente de otros focos sísmicos detectados en otros estados de la costa del pacífico mexicano. La peligrosidad sísmica MEDIA, se presenta al noreste del área de estudio, donde los factores de influencia tales como materiales poco competentes o consolidados, es decir, la planicie donde se ubica un suelo de tipo Feozem Haplico el cual es inestable, poco profundo y puede provocar una mayor afectación a la presencia de movimientos telúricos debido a que puede presentar procesos de licuefacción provocando el colapso de las construcciones. La peligrosidad sísmica BAJA se localiza en la zona de montañas y lomeríos, constituida por material volcánico consolidado y con vegetación de bosques de oyamel y pino-encino; sin embargo, no está exenta de peligros debido a la deforestación que pudieran presentar estas zonas.



Figura 27. Mapa de peligros sísmicos.



Elaboración propia con base en información de INEGI.

5.1.3. Tsunamis

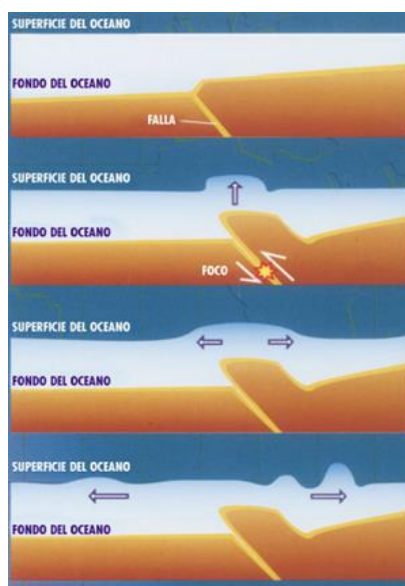
El término japonés tsunami se usa internacionalmente para designar el fenómeno que en español se denomina maremoto, el cual es una secuencia de olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un sismo. Estas olas costas pueden arribar a tierra firme con gran altura y con efectos destructivos, lo que se traduce en pérdida de vidas y daños materiales (CENAPRED, 2005). Adicionalmente



este fenómeno es causado generalmente por derrumbes submarinos, erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Cabe destacar que las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas (SHOAC, 2005).

Como se mencionó antes la gran mayoría de los Tsunamis son generados por la actividad sísmica en el océano causado inicialmente por una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano (figura 28), presentándose estos en gran mayoría en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino (CENAPRED, 2005).

Figura 28. En la figura se ilustra cómo se genera un tsunami a partir de la actividad sísmica, sismos generados a partir de la interacción de placas o fallas tectónicas.



En el transcurso del siglo veinte, los sismos han sido el origen de aproximadamente el 94% de los 450 tsunamis ocurridos en el Océano Pacífico. Es por esto que existe el Sistema de Alarma de Tsunamis en el Pacífico (PTWS), conformado por 25 Estados Miembros participantes. Este sistema tiene por funciones monitorear las estaciones sismológicas y de nivel del mar a través de la cuenca del Pacífico para evaluar los sismos potencialmente generadores de tsunamis y diseminar la información sobre alertas y alarmas del mencionado fenómeno. El Centro de Alarma de Tsunami del Pacífico (PTWC) es el centro operativo del TWS. Ubicado en Honolulu, Hawaii, el PTWC proporciona información de alertas de tsunami a las autoridades nacionales en la cuenca del Pacífico. Existen algunos países que también operan Centros Regionales o Nacionales de Alarma de Tsunami (SHOAC, 2005).

Los tsunamis de energía inicial extraordinaria, pueden atravesar distancias enormes hasta costas muy alejadas del Océano Pacífico; por ejemplo, los originados en aguas de Chile en mayo de 1960 y de Alaska en marzo de 1964, que arribaron a litorales de México y causaron daños menores. Por lo tanto toda la



costa del Pacífico Mexicano está expuesto al arribo de estos maremotos de origen lejano (CENAPRED, 2005).

Sin embargo, para México un riesgo aun mayor son los tsunamis generados por sismos en la Fosa Mesoamericana, que es la zona de hundimiento de la Placa de Cocos y de la Placa de Rivera bajo la Placa de Norteamérica. Por ejemplo, los ocurridos en: 1) Noviembre de 1925, que afectó Zihuatanejo, (Guerrero) con olas de 11 metros de altura; 2) Junio de 1932; invadió Cuyutlán (Colima), con olas de 10 metros de altura, que causaron cuantiosos daños y pérdidas de vidas; 4) Septiembre de 1985, Lázaro Cárdenas (Michoacán) e Ixtapa-Zihuatanejo (Guerrero), con olas de 3 metros de altura; 5) Octubre de 1995, en varias poblaciones costeras de Colima y Jalisco, con olas de hasta 5 metros de altura que causaron algunos daños de consideración. Es por esto que la costa occidental de México en los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas está expuesta al arribo de estos tsunamis de origen local.

Tierra adentro, y alejado a aprox. 270 km del Océano Pacífico y 320 del Golfo de México, se localiza en municipio de Zinacantan. Este municipio teórica y prácticamente no puede ser afectado por tsunamis ya que entre las líneas de costa más cercanas se encuentran barreras montañosas de hasta 4500 msnm.

5.1.4. Inestabilidad de laderas (deslizamientos)

Cuando se habla de peligro de deslizamientos es necesario incluir aquellas variables que en mayor o menor medida contribuyen a predisponer al terreno a sufrir un deslizamiento en particular. Es así como se hace necesario el estudio de las unidades geológicas (rocas) o edafológicas (suelos), fallas o fracturas, la topografía y la pendiente, la humedad propia del terreno y los patrones de lluvias diarias, mensuales y anuales en la región de estudio.

Al mismo tiempo, es necesario reconocer los diferentes tipos específicos de deslizamientos y cuáles de ellos pueden ser reconocidos con tal o cual metodología en particular.

En términos del marco conceptual de referencia que guía la presente metodología, serán utilizadas las siguientes definiciones y clasificaciones serán utilizadas como referencia general. De acuerdo con Cruden, 1991, los deslizamientos son movimientos de una masa de roca, escombros y/o suelo a lo largo de una ladera.

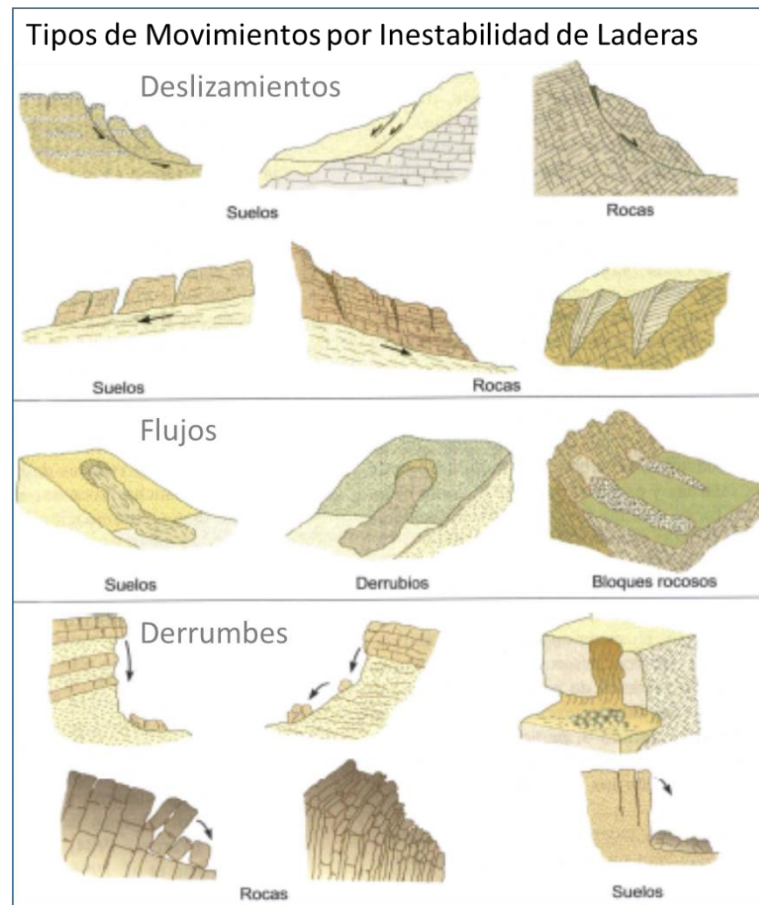
Este concepto tan amplio no hace énfasis en el tipo de movimiento, no especifica el tipo y características del material involucrado y tampoco proporciona información sobre la distribución espacial o temporal del evento. Es ampliamente utilizado cuando solamente se quiere dar la referencia general de la ocurrencia de un movimiento de ladera.

La susceptibilidad a deslizamientos es la predisposición del terreno a sufrir un deslizamiento en función de sus condiciones geológicas, topográficas y de humedad propia (Mora y Vahrson, 1994). Los deslizamientos se clasifican según el tipo de movimiento en caída de rocas desde la parte alta de una ladera puede ser mitigado con la colocación de barreras de contención a lo largo de la ladera mientras que el volcamiento de esas mismas rocas necesitará medidas de mitigación diferentes como el anclaje.

Los cinco tipos de movimientos que se pueden presentar en un deslizamiento son: caída (fall), volcamiento (topple), deslizamiento (slide), deslizamiento extensivo (spread) y flujo (flow). Estos tipos de movimiento no necesariamente ocurren en forma independiente ya que en muchos eventos pueden encontrarse dos o más diferentes tipos ocurriendo sucesiva o simultáneamente (figura 29).



Figura 29. Ilustración de los tipos de deslizamientos.



Por lo tanto un deslizamiento existe cuando ocurre el movimiento de una masa de roca o suelo se desliza predominantemente a lo largo de una o varias superficies de ruptura o de una delgada zona de intensa deformación de material. Este movimiento no ocurre inicialmente en forma simultánea sobre lo que eventualmente será dicha superficie de ruptura sino más bien se inicia en forma local y luego se extiende en una o varias direcciones. Normalmente, los primeros signos para este tipo de movimiento son las fracturas o grietas en superficie en donde luego se podrá formar el escarpe del deslizamiento. Este tipo particular de movimiento está subdividido en dos categorías en función de las características de la superficie de ruptura: rotacionales y traslacionales.

La metodología propuesta en el presente documento es aquella desarrollada por Mora y Vahrson (1994) con algunas pequeñas modificaciones. El análisis completo se realiza en una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG), la cual estima el peligro a partir de la evaluación de tres parámetros considerados como críticos para la ocurrencia de deslizamientos: pendiente, geología, suelo, precipitación media anual y uso de suelo y vegetación. A estas variables se les asigna un peso, el cual representa el grado de importancia para que ocurra tal proceso y al final se aplica un análisis multivariante. Con base a este historial será posible estimar aquellas unidades de roca o suelo más susceptibles al movimiento así como los rangos de pendiente en donde más comúnmente ocurren los deslizamientos.

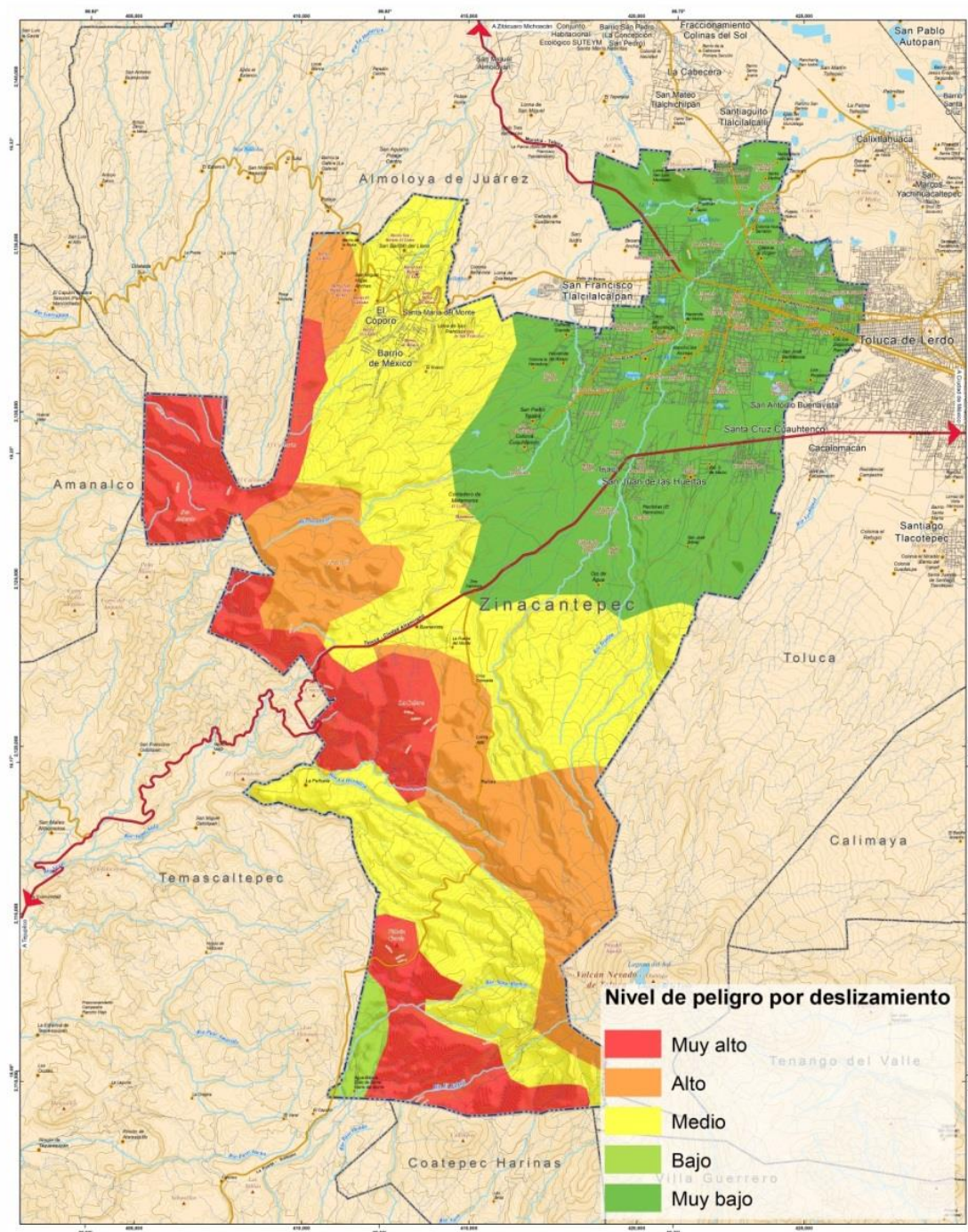
Con base en el Mapa de Deslizamientos, se identifica peligro ALTO hacia el Sur y Suroeste del municipio, en la zona del Nevado de Toluca debido a que es donde se localizan ciertas elevaciones con pendientes que



van desde los 20 a mayores de 40 grados de inclinación; al Noroeste en una estructura sedimentaria constituida principalmente por areniscas, con material parental y edáfico poco consolidado, producto de la erosión de las areniscas, su ubicación y geometría se relaciona a las cañadas naturales del terreno y llegan a tener un longitud de 50 a 300 m. afectando en gran medida a las brechas, veredas y caminos que unen a las poblaciones aledañas. Peligros de tipo MEDIO se localizan en poblaciones como el Barrio del Cóporo y Santa María del Monte, esto a que existen pendientes entre 12 a 18 grados. El resto del municipio se encuentra dentro de una zona con peligro que va de BAJO a MUY BAJO. La cabecera municipal, se encuentra en una zona estable de estos últimos peligros, esto se debe principalmente a que la topografía del lugar se integra por altitudes menores a 40 metros lo que da como resultado una zona de planicies y lomeríos muy bajos (figura 30).



Figura 30. Mapa de peligro por Deslizamientos.



Elaboración propia con base en información de INEGI.



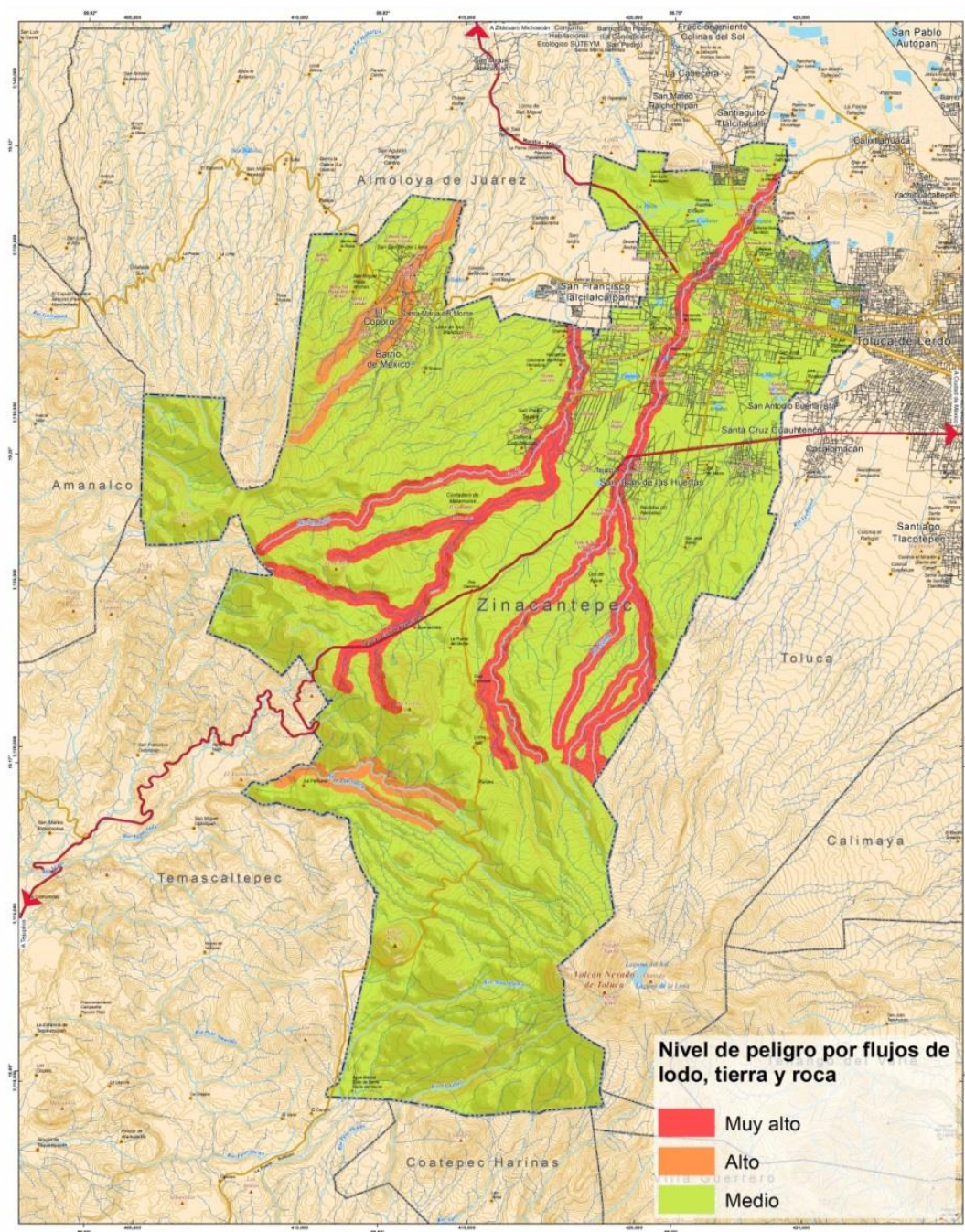
5.1.5. Flujos

Los flujos son los tipos más rápidos de corrimientos de tierra. Consiste en elevadas concentraciones de materiales detríticos que se mueven hacia los valles con velocidades que pueden alcanzar hasta 80 km/hora. El material acarreado tiene granulometría variable que van desde grandes rocas hasta materiales en suspensión de tamaño milimétrico. Este fenómeno se incrementa debido a precipitaciones intensas que provocan mayor escorrentía por las pendientes, esto determinado por la capacidad erosiva del terreno.

El cauce de los ríos Tejalpa y San Pedro se consideran de peligro MUY ALTO debido a que acarrearán gran cantidad de detritos, bloques y sedimentos que bajan con mucha fuerza por la acción de la pendiente en las cercanías al volcán Nevado de Toluca y llegan a las áreas Urbanas del Municipio de Zinacantan. Esto demuestra que se pueden producir flujos distantes y que pueden comenzar por desprendimientos de roca y suelos y bajar por las laderas de los valles, recorriendo e inundando áreas agrícolas y poblaciones importantes del municipio como Tejalpa, San Juan de las Huertas y San Antonio Acahualco. Peligro ALTO es el cauce del río que fluye por los poblados de El Cópore y Barrio de México y peligro MEDIO el resto del municipio por el que se desplazarían flujos pequeños y que no son necesariamente encausados en un río (figura 31).



Figura 31. Mapa de peligro por Flujos.



Elaboración propia con base en información de INEGI



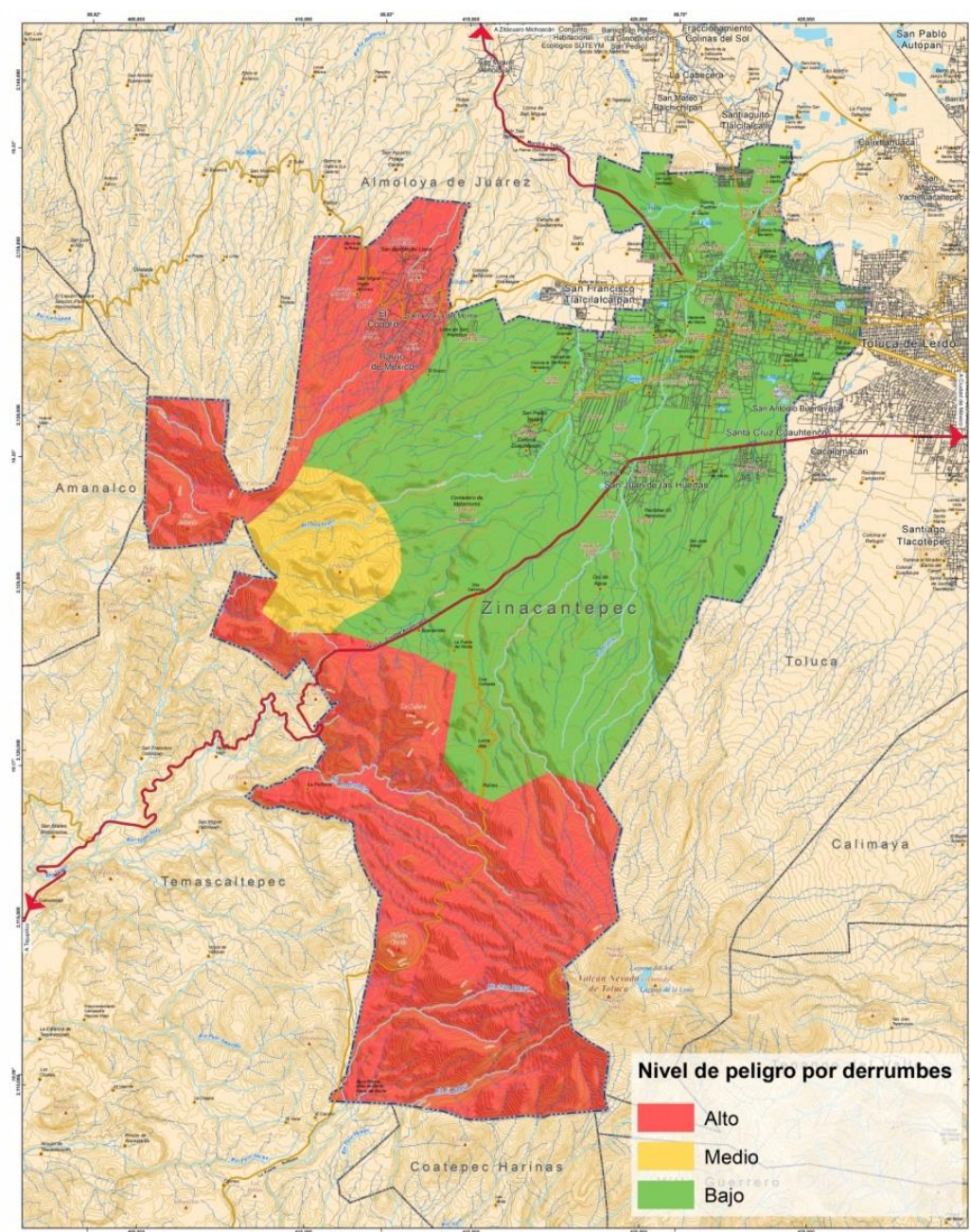
5.1.6. Caídos o Derrumbes

Los derrumbes pueden producirse en distintos ámbitos, en las zonas montañosas los derrumbes son frecuentes y son causados por hechos naturales cuando la erosión o las condiciones climáticas hacen que la estabilidad del suelo ejerza presión del líquido en los poros, fisuras del suelo y finalmente las rocas se precipiten por gravedad desde superficies elevadas a bajas. El ser humano también ejerce cierta presión por la construcción de viviendas y extracción de materiales que dejan inestables las laderas.

En caso de presentarse derrumbes, estos se encontrarían al norte y sur del área de estudio particularmente en la zonas montañosas o con fuertes pendientes lo cual será un efecto directo de movimientos abruptos como sismos, fallas e inclusive de suelos. El peligro tipo ALTO involucra poblaciones como el Barrio del Cópore y Santa María del Monte. El resto del municipio se encuentra dentro de una zona con peligro que va de MEDIO a BAJO (figura 32).



Figura 32. Mapa de peligro por Derrumbes.



Elaboración propia con base en información de INEGI



5.1.7. Hundimientos

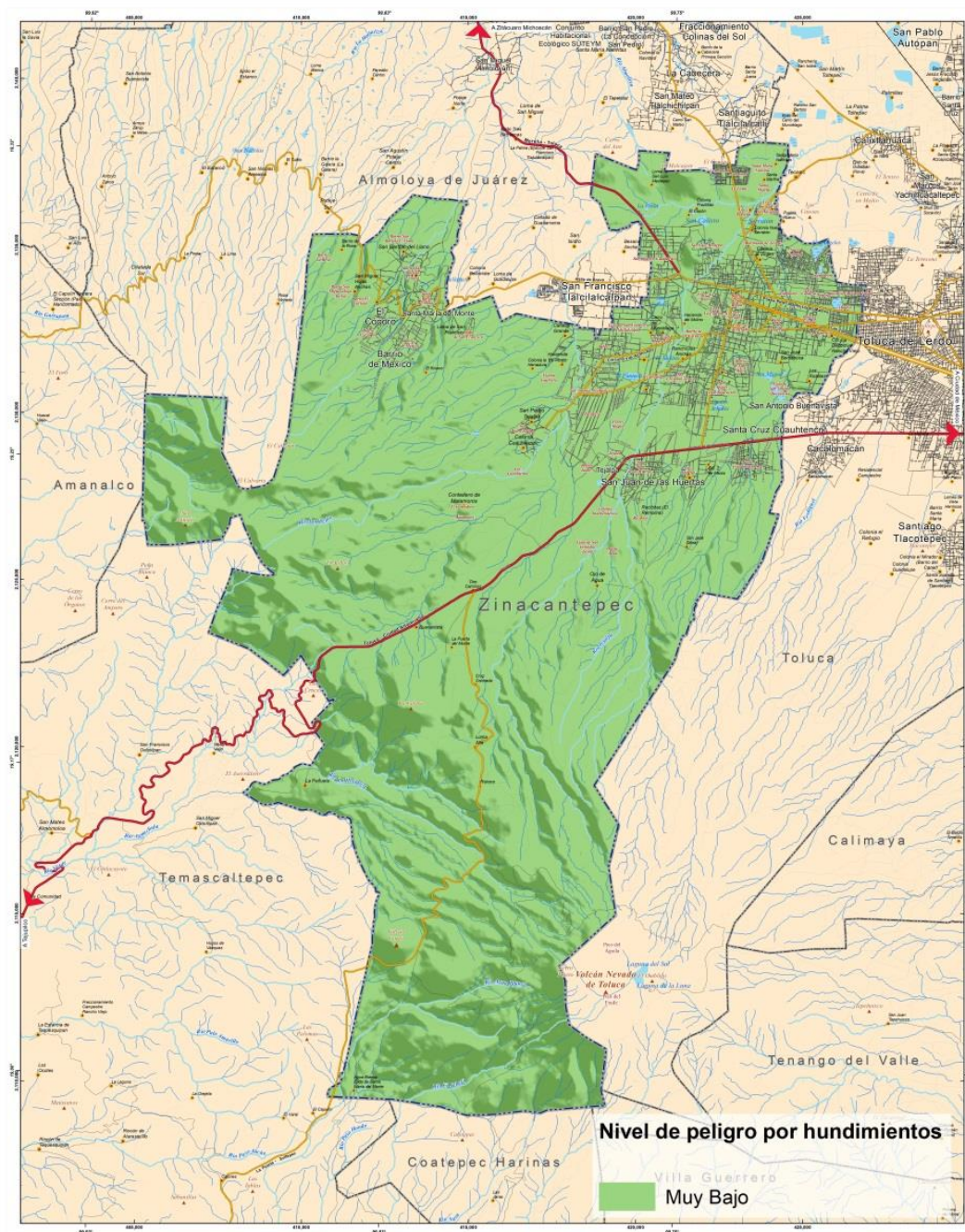
Los hundimientos son movimientos del suelo, por acción de la gravedad, debido a la falta de sustentación. Existen diferentes tipos de colapso, y pueden deberse a disolución, derrumbes de techos de cavernas naturales o minas subterráneas labradas por el hombre en terreno poco consolidado, así como hundimientos originados por la compactación del terreno o reacomodo del suelo y por sobre explotación de aguas subterráneas.

Los hundimientos pueden tener un origen natural o ser inducidos por la actividad humana. En este sentido pueden ser clasificados de acuerdo con la velocidad de ocurrencia en: hundimientos lentos y progresivos denominados como subsidencia; o hundimientos rápidos y repentinos denominados colapsos. La subsidencia rara vez produce víctimas mortales, pero los daños económicos pueden ser elevados, sobretodo en áreas urbanas, donde constituye un riesgo alto para cualquier tipo de estructura asentada sobre el terreno.

Por estas razones para determinar zonas de subsidencia o colapsos potenciales fue necesario basarse en la regionalización geomorfológica, y tomar en cuenta la topografía, concentración de fallas y fracturas, la litología y zonas de extracción de agua, y generar un mapa de zonas potenciales de hundimiento para el Municipio de Zinacantepec. Cerca del poblado de Santa María del Monte existen rocas sedimentarias constituidas por areniscas consolidadas, estas podrían representar hundimientos por la erosión e intemperismo de este tipo de rocas. Sin embargo, hasta el momento no se tienen registros de sucesos donde haya hundimientos reportados. Pero sí los niveles freáticos disminuyen de manera extraordinaria, el peligro de subsidencia podría ser mayor y ser considerado como peligro Medio. La zona de laderas y montaña al interior del municipio, raramente puede presentarse este fenómeno, debido a que no existe karstificación, ni valles lacustres, por lo tanto el peligro es MUY BAJO O NULO (figura 33).



Figura 33. Mapa de peligro por Hundimientos.



Elaboración propia con base en información de INEGI



5.1.8. Subsistencia

La subsidencia del terreno es fenómeno natural implica el asentamiento de la superficie en un área extensa debido a varios factores, y que afecta a amplias zonas del territorio causando importantes daños económicos y una gran alarma social. Los factores causantes pueden ser la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, la erosión del terreno en profundidad, el flujo lateral del suelo, la compactación de los materiales que constituyen el terreno o la actividad tectónica. Todas estas causas se manifiestan en la superficie del terreno mediante deformaciones verticales que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros durante periodos que varían desde minutos hasta años (Tomas, et al. 2009).

La subsidencia del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación. Esta puede ser de dos tipos según su origen: endógena y exógena, así como por los mecanismos que la desencadena (Prokopovich, 1979; Scott, 1979; en Tomas, et al., 2009).

La subsidencia de tipo endógena está ligada a aquellos movimientos de la superficie terrestre como procesos geológicos internos tales como: pliegues, fallas, vulcanismo, etc. Mientras que la de tipo exógena se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos (Tomas, et al., 2009).

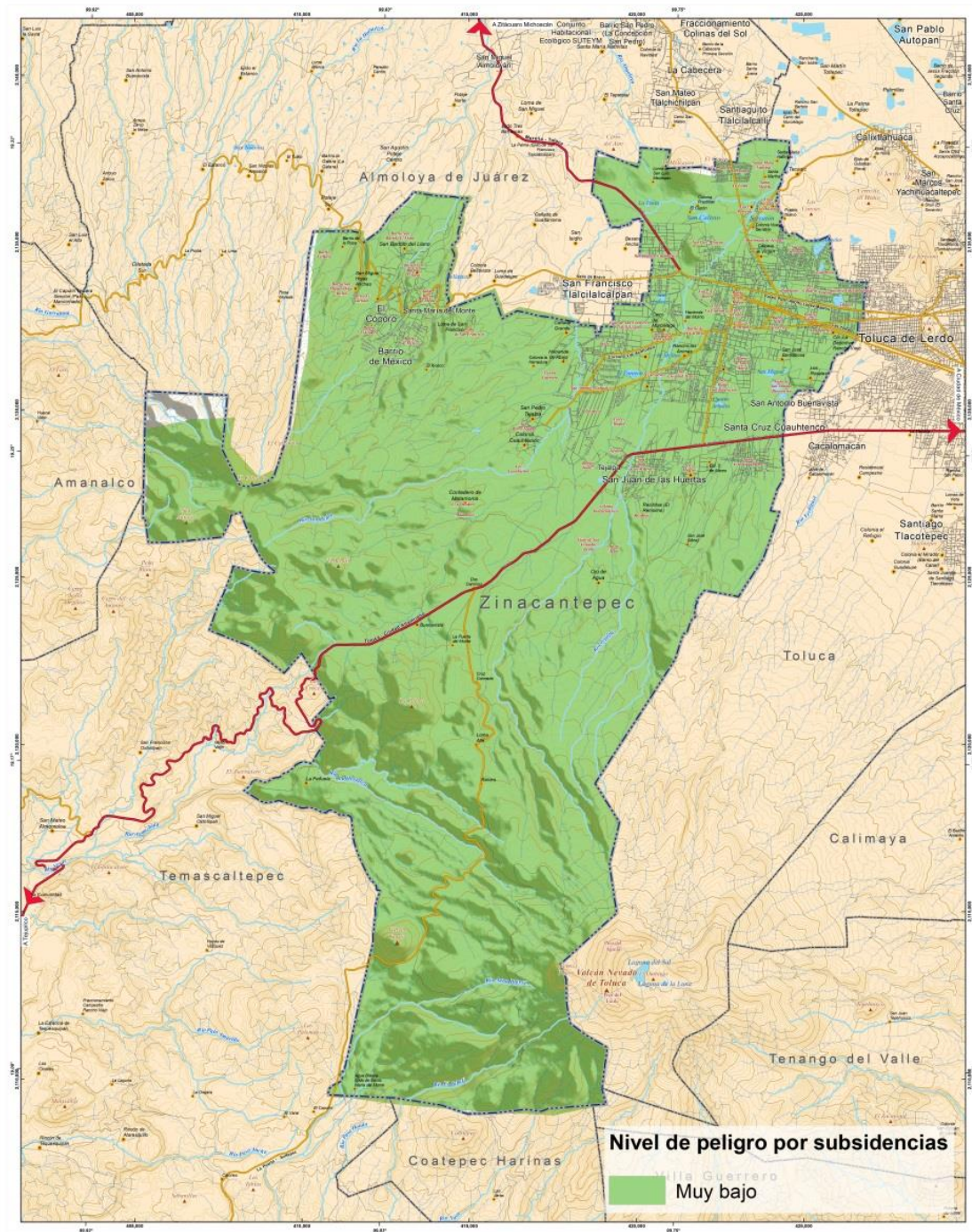
En cuanto a los mecanismos que la desencadenan se tienen las actividades de extracción de mineral en galerías subterráneas, la construcción de túneles, la extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, los procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos, son algunas de las causas de los procesos de subsidencia (González Vallejo et al., 2002; en Tomas, et al., 2009).

Como se ha mencionado antes, la extracción de sistemas acuíferos pueden producir hundimientos diferenciales del terreno. Estos causan fracturas y fallamiento dañando la infraestructura urbana. Sin embargo, en México no existen programas oficiales de ayuda a los afectados a ningún nivel dado que la subsidencia no es considerada como desastre natural ni inducido, ni en la Ley de Aguas Nacionales ni en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Una razón de tal exclusión es que los efectos por lo general se observan a largo plazo. De esta forma, los afectados por fenómenos de subsidencia no cuentan con elementos legales para ampararse o reclamar (Rodríguez-Castillo y Rodríguez-Velázquez, 2006).

Para el caso del municipio de Zinacantepec este fenómeno es considerado como MUY BAJO o NULO, debido al basamento mayormente compuesto de toba basáltica y otros depósitos volcánicos son recientes y no presentan este fenómeno (figura 34).



Figura 34. Mapa de peligro por Subsistencia.



Elaboración propia con base en información de INEGI



5.1.9. Agrietamientos

Una grieta es una abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales de la misma o diferente composición, las cuales están estrechamente relacionadas con las fallas y fracturas, así como a los procesos de remoción en masa y condiciones climático-atmosféricas. Sobre la horizontal se expresan de manera concéntrica o paralelas, y tienen un ancho de algunos centímetros y longitudes de varios metros, lo cual las distingue de las grietas de desecación, que son más cortas. La formación de grietas, y cualquier incremento en su ritmo o tasa de ampliación, es un indicador común de inminentes roturas del talud (Pedraza, 1998; Strahler, 1992).

La aparición y el incremento de subsidencia o levantamiento del terreno también es un buen indicador de rupturas inminentes. El área de la rotura del talud es una medida de la extensión del deslizamiento en cualquier región. Los cambios en el tiempo pueden reflejar tensiones ambientales significativas y proporcionar importantes claves acerca de la degradación de paisajes y ecosistemas.

Como se ha mencionado, los cambios climáticos y atmosféricos pueden acelerar o frenar el ritmo natural de la rotura de taludes, debido a cambios en las precipitaciones o en la cubierta vegetal que retiene los materiales sueltos del talud. De igual manera los incendios pueden también promover movimientos de masas por destrucción de la cubierta arbórea. Sin embargo, es difícil hacer generalizaciones donde falta información sobre la distribución actual y la importancia de los deslizamientos y porque son varios los parámetros que contribuyen a la estabilidad de una ladera o formas del relieve.

Causa de la ruptura de taludes

La ruptura de taludes es un proceso natural, el mismo que puede ser inducido, acelerado o retardado por acciones humanas. Teniendo como causas las mencionadas por Selby (1998); Berger, (1996); Strahler, (1992); y Schuster (1978).

- 1) Remoción del soporte lateral por efecto erosivo de las corrientes de agua; también mediante el intemperismo y los ciclos de humedecimiento-desecamiento y congelamiento-descongelamiento de los materiales superficiales; igualmente, debido a subsidencia o fallamiento que originan nuevas laderas; y a través de acciones humanas, tales como el corte de taludes para caminos y otras estructuras, explotación de canteras, remoción de muros de contención y descenso del nivel de agua de los reservorios.
- 2) Incremento natural del peso de los taludes por lluvias, granizo, nieve y agua proveniente de manantiales, por acumulación de talud o coluviones, derrubios volcánicos y por acciones humanas, tales como rellenos, pilas de almacenamiento de mineral o roca, pilas de desechos, construcción de edificios y otras estructuras pesados y por fugas de cañerías, desagües, canales y reservorios.
- 3) Sismos, rayos, vibraciones provocadas por rotura de taludes cercanos y acciones humanas, tales como explosiones, maquinaria, tráfico aéreo e inclusive terrestre.
- 4) Reducción del soporte infrayacente por erosión, remoción de materiales granulares y solubles, minería, pérdida de resistencia al corte o ruptura y/o extrusión del material subyacente.
- 5) Procesos volcánicos que modifican los esfuerzos del terreno y de las rocas, tales como el expansión-contracción de las cámaras magmáticas, fluctuaciones en los niveles de los lagos de lava e incremento de los temores subterráneos.

Para la elaboración del mapa de peligro por grietas del municipio de Zinacantepec se consideró la estructura de lineamientos de las fallas y fracturas geológicas que intersectan el municipio, el uso de suelo así como las



áreas susceptibles a deslizamientos. Con la combinación de estas variables se obtienen las áreas del municipio propensas a presentar grietas. Y las cuales se muestran en la figura (figura 33).

Métodos de medición en tierra

En cuanto a los métodos de superficie con lo que se miden el desarrollo de las grietas, la subsidencia y levantamientos, incluyen evaluación repetida o reconocimientos convencionales en campo, instalación de diversos instrumentos para medición directa de los movimientos, e inclinómetros para registrar los cambios en la inclinación del talud cerca de las grietas y zonas de mayor movimiento vertical. Los métodos subsuperficiales incluyen la instalación de inclinómetros e instrumentos acústicos que captan el ruido de las rocas, para registrar los movimientos cerca de las grietas áreas de deformación del terreno; igualmente se usan pozos excavados con barrenas tan anchos como para acomodar allí una persona, quien localiza, registra y monitorea las grietas y deformaciones en profundidad; así mismo, técnicas geofísicas para localizar las superficies de ruptura dentro de la zona en deslizamiento.

Método de medición remota

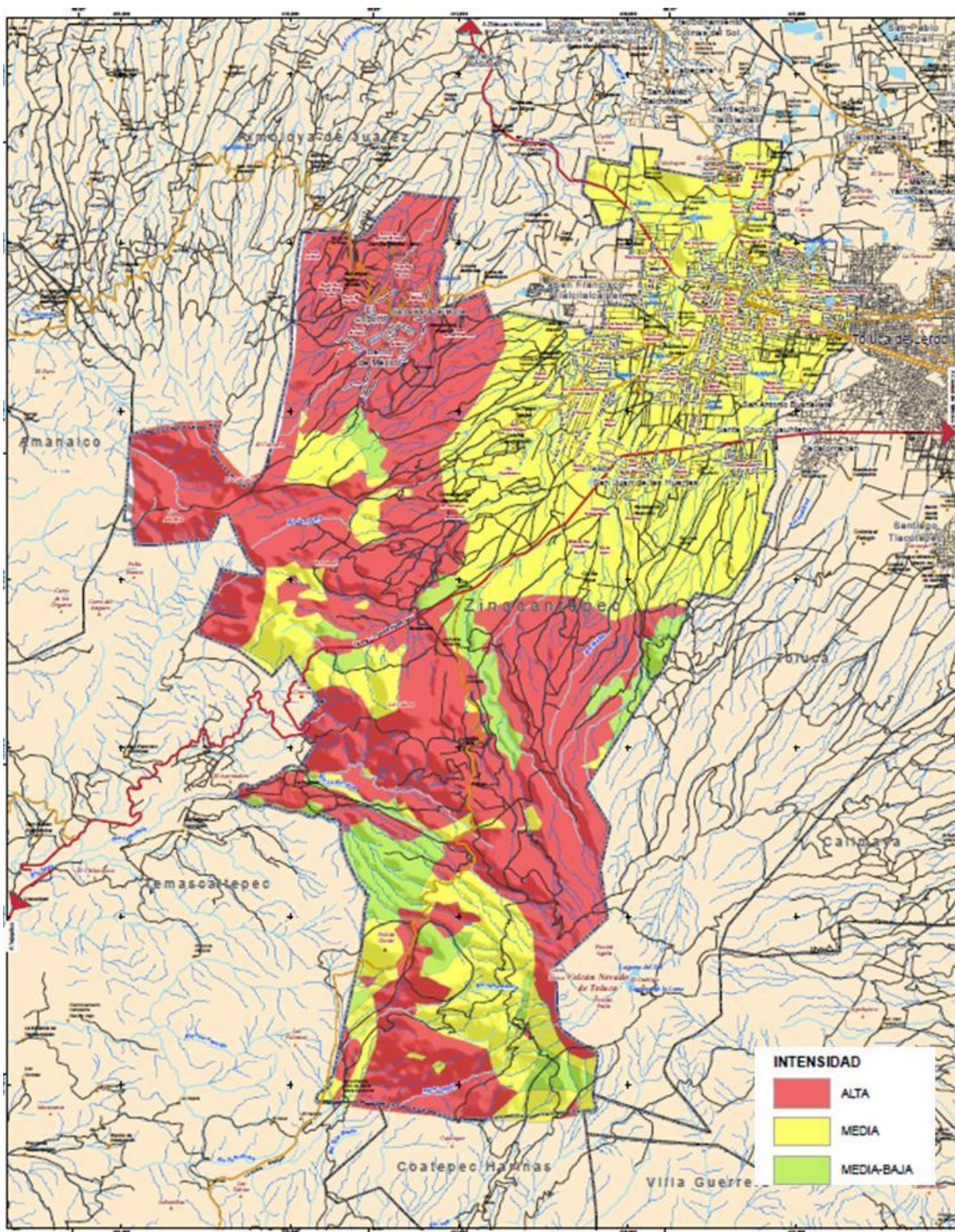
La extensión superficial de los deslizamientos en grandes áreas es determinada más efectivamente usando fotos o imágenes de satélite. Las primeras representan una buena opción para la identificación de procesos debido a su relativo bajo costo y media-alta resolución. Las imágenes de satélite gratuitas, como las de la serie LANDSAT, pueden ser útiles en la identificación de grandes deslizamientos y para notar los cambios en la cubierta de suelo y vegetal, lo cual puede estar asociado con la actividad de los deslizamientos, fallas, fracturas y grietas. Es importante destacar que las imágenes LANDSAT no son suficientes para la identificación de grietas de pequeño tamaño, debido al tamaño del pixel el cual es de 30 metros. En la actualidad se encuentran disponibles imágenes de muy alta resolución y de igual manera de muy alto costo. Imágenes con la cuales se pueden identificar grietas de tamaño pequeño.

La identificación de grietas en el municipio de Zinacantepec sobre la superficie se puede realizar de diferentes formas que varían desde la simple medición con métodos tradicionales (cinta métrica, brújula, estacas o estadales y GPS), hasta sofisticados instrumentos de costo elevados. Por lo tanto resulta obvio que cualquiera de los dos métodos requiere de muchas horas de trabajo en campo considerando la extensa superficie del municipio de Zinacantepec.

Por lo tanto para la elaboración del mapa se han considerado las fallas y fracturas geológicas, uso de suelo así como las áreas susceptibles a deslizamientos. Con la combinación de estas variables se obtienen las áreas del municipio propensas a presentar grietas. Peligro ALTO en las áreas de montañas y Santa María del Monte y MEDIO en las zonas de planicies, mismas que se muestran en la figura (figura 35).



Figura 35. Mapa de Peligro por Grietas.





Elaboración propia con base en información de INEGI

Fallas y Fracturas

El proceso de fracturación o fallamiento del terreno, surge en un contexto de dislocación en la superficie terrestre, esta última se genera a partir de esfuerzos internos ocasionados por los movimientos relativos entre placas tectónicas. El desplazamiento, cuando es súbito, genera movimiento sísmico. No por eso, la sismicidad solo se concentra en los límites de placas, ya que pueden presentarse desplazamientos al interior de la placa, producto del reajuste interno. Evidencia de este movimiento son plegamiento, disyunción y discontinuidad de una misma unidad geológica.

Algunas rocas al exponerse a esfuerzos tienen a comportarse de manera dúctil, casi siempre cuando el movimiento es gradual o lento, o frágil cuando el movimiento es súbito y repentino. Una dislocación no presenta un movimiento aparente, por lo que al ausentarse el movimiento esta se considera como fractura, cuando se tiene registro de movimiento horizontal y/o vertical se consideran fallas. Las fallas que presentan evidencias de movimiento vertical, se clasifican como "normal" (cuando el bloque de techo desciende con respecto al bloque de piso), o inversa (cuando el bloque de piso asciende con respecto al bloque de techo). Mientras que las fallas que se desplazan en la horizontal, como fallas laterales. La mayoría de las fallas, en la superficie, muestran movimientos de tipo vertical y horizontal conjugados. Generalmente, la Falla comienza en un punto y de allí se propaga, se extiende a puntos cercanos y de allí a otros hasta romper todo el plano de falla; este proceso se lleva a cabo en cuestión de fracciones de segundo en el caso de sismos pequeños y puede durar minutos cuando se trata de sismos grandes.

Dependiendo de su movimiento, las fallas son pasivas o activas; las primeras prácticamente no constituyen un peligro debido a que ya no presentan desplazamiento (SEDESOL-COREMI, 2004a). Las fallas activas pueden tener un movimiento imperceptible en términos históricos, es decir, de varios siglos o generarse súbitamente.

Las fallas activas pueden romper aceras, tuberías, viviendas, surcos de cultivo, etc., o bien desencadenar sismos, procesos de remoción en masa en las áreas inmediatas a la falla (SEDESOL-COREMI, 2004a), por lo que el peligro potencial aparece cuando se presenta un asentamiento humano sobre una falla activa o en las cercanías de ésta.

El territorio que ocupa el municipio de Zinacantan, se localiza dentro de la unidad fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal, mismo que se constituye por una serie de litologías y estructuras con edades que van del Mioceno Tardío al presente. Asimismo, se encuentra en la intersección de tres sistemas de fallas activas Taxco-Querétaro con dirección NNW-SSE y longitud de 250 km; San Antonio NE-SW con 60 km de longitud y El sistema de fallas Tenango con dirección E-W con longitud de 450 km que proviene desde Chapala hasta casi la ciudad de México. Lo cual está relacionado a la formación y evolución del edificio principal, domos volcánicos y estructuras del área de estudio (Norini et. Al. 2004). Por lo tanto, el territorio del municipio se ve afectado por una intensa red de fallas y fracturas sobre todo en el área montañosa.

La determinación del sistema de fallas y fracturas dentro del municipio se estableció por medio de la designación de dos variables morfológicas que permiten reconocer los lineamientos estructurales del terreno, esto, a partir de la interpolación de una serie de imágenes raster con herramientas de Sistemas de Información Geográfica, se aplicó un método de interpolación de líneas continuas que describen la topografía en una superficie de sombras en el que se infieren lineamientos dependiendo la posición de la luz, en una segunda fase se corroboran las líneas trazadas con puntos observados en el levantamiento de campo, así también se reconocieron ligeros escarpes en los márgenes de los ríos y la marcada inflexión de los ríos principales. En este sentido se infirieron dos tipos de fallas: laterales con una orientación principal de norte-sur y las fallas normales que flanquean los márgenes de los ríos con una orientación principal de suroeste-noreste sobre el relieve volcánico acumulativo reciente del flanco terminal del volcán Nevado de



Toluca; la ausencia de actividad sísmica relacionada con estas fallas hace que la peligrosidad de las mismas, pueda considerarse baja.

Para la elaboración del mapa de peligro por fallas, se aplicó la metodología propuesta por SEDESOL-COREMI en 2004, en esta, se precisa el cálculo de distancias en radios que van de 100, 500 y 1000 metros. El rango de las distancias es correspondiente con el grado de afectación, es decir, el peligro bajo lo caracterizan las distancias que van de 500 a 1000 metros, el peligro medio de 100 a 500 y por último el alto de 0 a 100. Como se observa en la figura siguiente existe una amplia red de fallas a lo largo de las cañadas y en zonas de piedemonte, mismas que presentan el grado de afectación a causa de estos elementos, sin embargo, es importante mencionar que ninguna de las fallas mencionadas se encuentra activa por tanto, la ubicación de los ramales de las fallas así como el grado de peligro queda como antecedente para la exclusión o monitoreo de los usos urbanos (figura 36).

Las fallas con peligro MUY ALTO pasan por el Barrio del Cóporo y Barrio de México, Santa Cruz Cuauhtenco y ejido San Lorenzo Cuauhtenco y más aún en la sierra cercana al volcán Nevado de Toluca. Así mismo, las brechas, veredas, caminos y carreteras colindantes son de peligro ALTO y MEDIO debido a las fallas que cruzan, las áreas restantes son de tipo BAJO debido a que no están a una distancia considerable de las fallas.



Nivel de Peligro por Fallas Geológicas

- Muy alto
- Alto
- Medio



5.1.10. Erosión

La erosión se define como el desprendimiento y remoción de partículas de suelo por acción del agua y del viento. El agua es sin embargo, el agente más importante. Las condiciones meteorológicas y el clima, preparan el material parental para la erosión y la lluvia actúa como el mayor agente para la erosión (Leonidas, 2001). La cobertura vegetal, el tipo y características del suelo, la geomorfología, la geología y los usos del suelo, establecen el grado de propensión del suelo a ser afectado por los agentes generadores de erosión (Leonidas, 2001).

La erosión hídrica es un proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de las partículas de suelo, por efectos de la acción del agua. Cuando las pérdidas de suelo son mayores a la formación del mismo en condiciones naturales se presenta la erosión geológica natural, pero cuando dichas pérdidas son aumentadas por la acción del hombre se presenta la erosión acelerada (Ríos, 2012).

El 97% de los suelos en México tienen algún grado de erosión, por fenómenos como la deforestación, la agricultura intensiva o la urbanización, entre otros (Ríos, 2012). La erosión de suelos en México es un problema ambiental muy serio que afecta a gran parte del territorio nacional en diferentes grados de severidad. La conservación de suelos en México se ha practicado desde tiempos prehispánicos por culturas como la Azteca. Sin embargo, la implementación de metodologías para predecir la pérdida de suelo por erosión en México no ha sido muy extensa (Ríos, 2012).

Este fenómeno afecta de forma directa las propiedades químicas del suelo al ser eliminada la capa que contiene la mayor parte de los macro y micronutrientes que mantiene la actividad biológica de los ecosistemas y ciclos biológicos como la captura de Bióxido de Carbono (CO₂) y fijación de Nitrógeno. Algunas propiedades físicas afectadas son la textura, densidad aparente, capacidad de infiltración, retención de humedad y disminución en la capacidad de recarga de acuíferos (Ríos, 2012).

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE), es un modelo empírico simple basado en el análisis de regresión de las razones de pérdida de suelo a partir de gráficas de erosión en Estados Unidos. Sirve para estimar las tasas de erosión anual a largo plazo (Vázquez, 2012). Esta ecuación consiste en la multiplicación de ciertos parámetros los cuales pueden ser determinados con: modelos ya definidos, software y ecuaciones empíricas las cuales están relacionadas con datos característicos de la zona de estudio las cuales se muestra a continuación:

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P$$

En donde:

A: Es la pérdida de suelo en toneladas/ha año

R= Factor de erosividad de la lluvia

K= Factor de erosionabilidad del suelo

LS= Factor de longitud y grado de pendiente

C= Factor de cultivo o cobertura vegetal

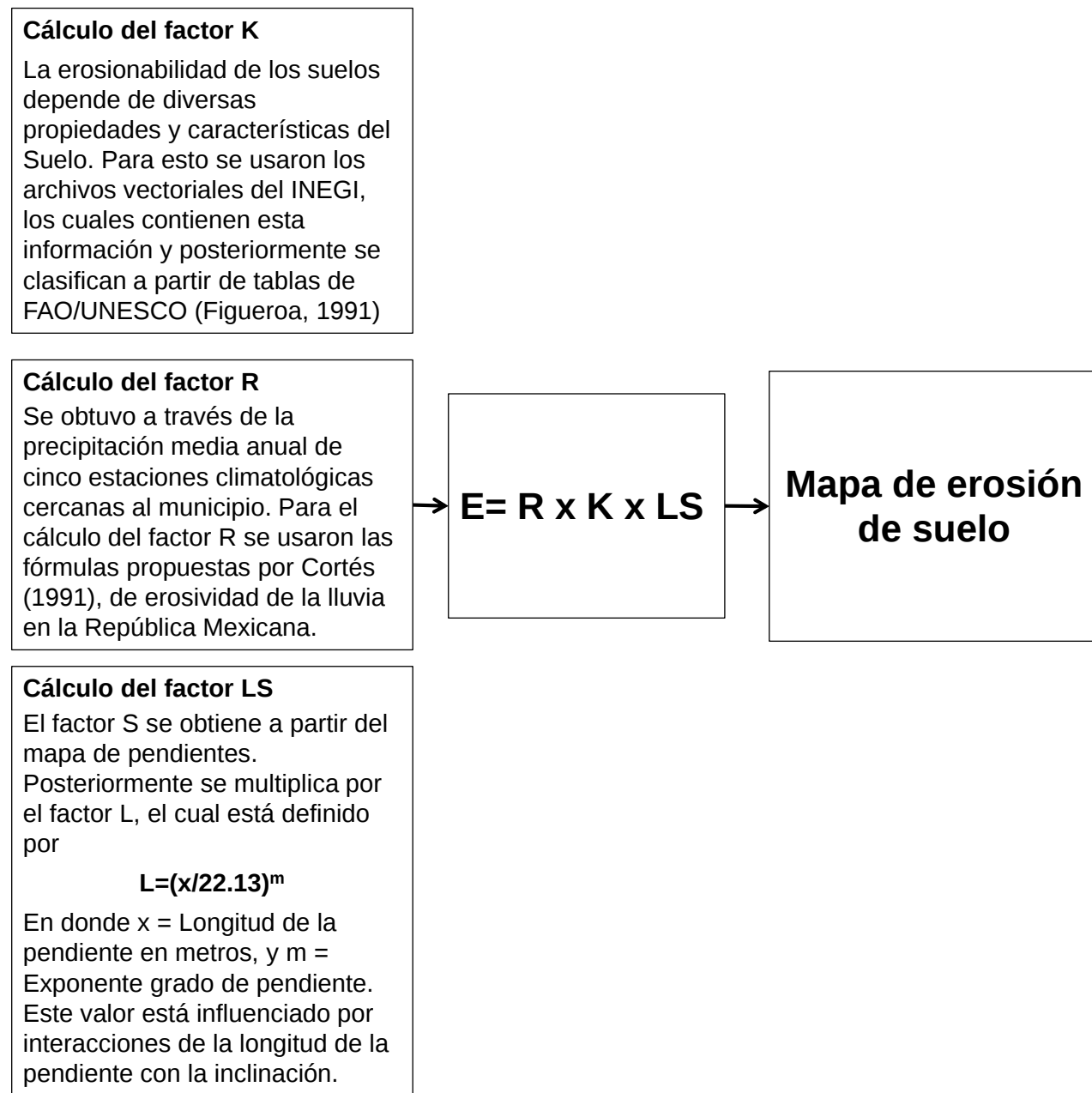
P= Factor de prácticas mecánicas

Debido a que la información disponible para los factores C y P es de gran escala para esta zona de estudio los factores que se utilizaron para la elaboración de este mapa son los factores: R, K y LS.



La figura siguiente muestra la metodología desarrollada para encontrar el valor de cada uno de los términos de la ecuación de RUSLE, los cuales son multiplicados entre sí para cada pixel en particular

Diagrama de flujo para la elaboración del mapa de erosión de suelo.



En la figura siguiente se muestra el mapa de erosión del municipio de Zinacantepec, el cual tiene una superficie aproximada 313.23 km². A continuación se describen las cuatro intensidades de erosión de suelo del municipio.

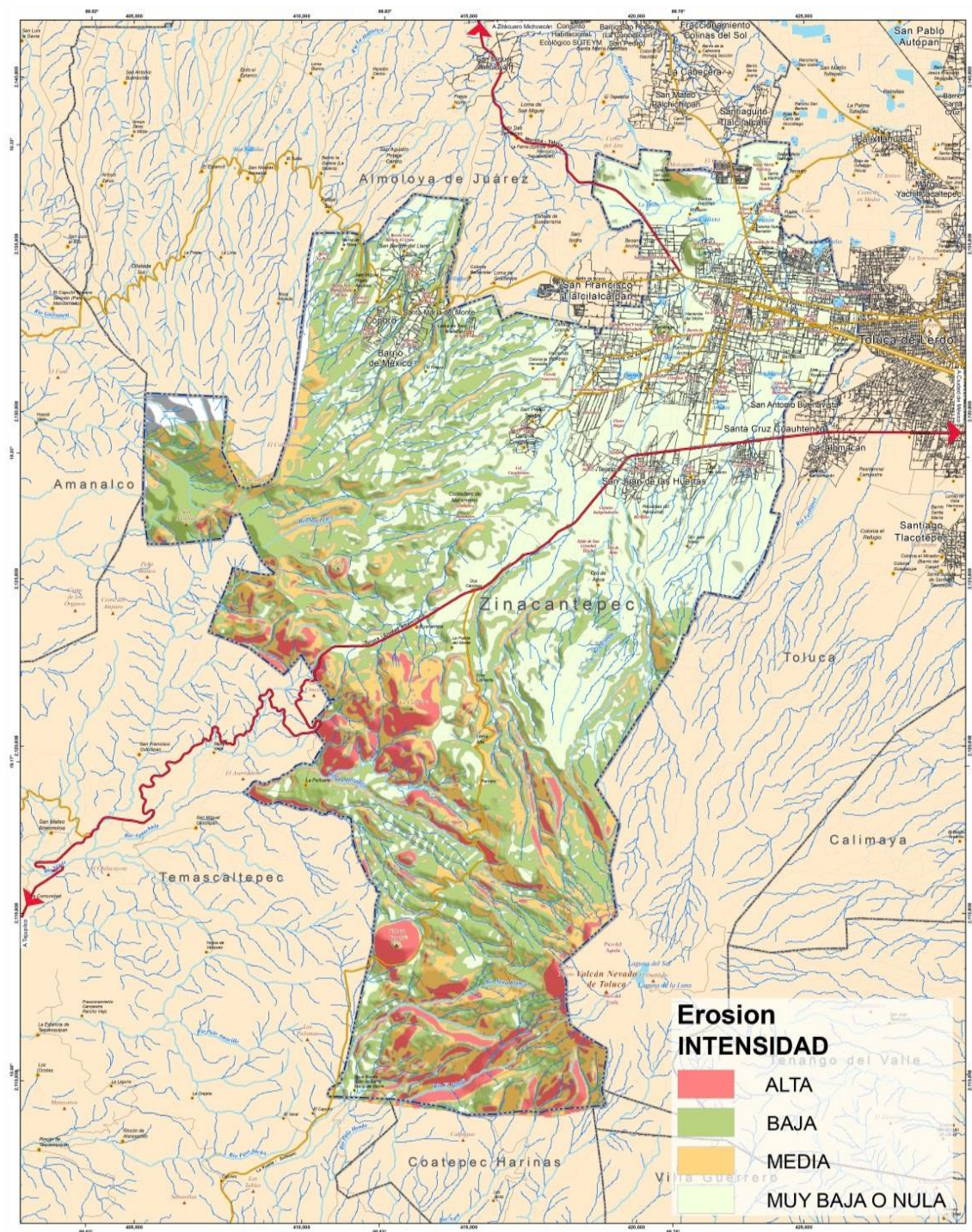


- 1) Intensidad ALTA. Se ubica, principalmente, en las áreas de mayor pendiente del municipio, concentrándose al Suroeste y sur del municipio. La superficie de erosión correspondiente a esta intensidad es de 18.64 km². Y en porcentaje corresponde al 5.9 % de la superficie total del municipio.
- 2) Intensidad MEDIA. Este rubro se ubica en el tercer lugar de impacto. Se localiza cerca de las pendientes medias y altas correspondientes a las geoformas del municipio, distribuidas al Sur, Centro, Oeste y Noroeste. Tiene un porcentaje de aprox. 17.5 con respecto a la superficie total del municipio, y afecta el 60.34 km² del mismo.
- 3) Intensidad BAJA. Se localiza en gran parte del municipio exceptuando parte del centro y Noreste del mismo. Afecta un área de 88.88 km² del municipio y un 28.37% de la superficie total.
- 4) Intensidad BAJA o NULA. Es la intensidad que predomina dentro de municipio con un 48%. Está asociado a la planicie que se encuentran dentro del mismo, localizada al centro y Noreste. Esta planicie sirve, en parte, como receptor del suelo erosionado proveniente de las parte altas.

En conclusión, es evidente que la Intensidad Baja o Nula predomina. Esto no significa que el municipio se encuentre exento de este problema ya que los altos grados de deforestación, asociado a la precipitación y geoformas con pendientes por encima de los 40 grados de inclinación (como lo es el volcán Nevado de Toluca), que generan grandes cantidades de material removido. Es por eso importante hacer énfasis en el monitoreo de las actividades agrícolas-forestales que se desarrollan en esta zona, ya que como bien se sabe la deforestación y la agricultura aceleran la intensidad de la erosión. Y al acelerarse la intensidad se pueden generar otros como lo son procesos de remoción en masa y reducción de recarga de acuíferos, pérdida de suelos ricos en minerales, entre otros (figura 37).



Figura 37. Mapa de Peligro por Erosión Laminar.



Elaboración propia con base en información de INEGI



5.1.11. Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas

Mapa de Riesgo de fenómenos geológicos-geomorfológicos

El análisis de riesgo que se presenta el municipio de Zinacantan se basa en el producto de la interacción entre la probabilidad de ocurrencia de un peligro, mientras que el nivel de vulnerabilidad socio-económica está representada por los agentes expuestos. Entendiendo lo anterior, a continuación se presenta la fórmula para determinar el nivel de riesgo, de manera espacial a través de un mapa, en el municipio de Zinacantan.

$$MR = MP \times MV$$

Donde:

MR es el Mapa de riesgos que se obtiene del producto del Mapa de Peligros (*MP*), por el Mapa de Vulnerabilidad (*MV*).

Los peligros naturales son fenómenos con un origen físico y/o mecánico que modifica los sistemas que interactúan en la superficie terrestre, donde el ser humano realiza sus actividades. De forma específica los fenómenos naturales productos de la dinámica e interacción de los componentes al interior de la tierra, así como superficiales y atmosféricos modifican la corteza del planeta de manera súbita o prolongada, se consideran fenómenos naturales geológicos y/o geomorfológicos. Los primeros se deben a la dinámica interna del planeta; los segundos cuando modifican la forma del relieve en un paisaje determinado, ya sea producto de la interacción interna del planeta o la combinación de estos con la atmósfera.

Es por esto que resulta obvio que el acontecimiento de cualquier fenómeno natural que ocurra en el sistema atmosférico, biótico, litosférico, hidrológico, genera una probabilidad de afectación en las actividades humanas.

Según los estudios de estas áreas, tanto en el plano práctico como en el teórico, existe una relación no definida entre degradación ambiental urbana y la vulnerabilidad de las ciudades o poblaciones a fenómenos naturales. En 1992, el Banco Mundial organizó una conferencia sobre Manejo Ambiental y Vulnerabilidad Urbana. Las conclusiones de la conferencia indican que se necesita un marco integral que facilite el análisis de la vulnerabilidad urbana, para así poder tomar medidas preventivas.

Básicamente podemos decir que la vulnerabilidad es la variable de los componentes para evaluar el riesgo por fenómenos naturales, sin embargo, de acuerdo con Lugo e Inbar (2002), la vulnerabilidad “es un concepto que hace referencia a los aspectos de la infraestructura humana, conocer si el espacio está preparado para combatir el peligro”. La vulnerabilidad depende de la preparación y de la capacidad de defensa que tenga la población para hacer frente a una condición adversa natural y/o social.

Puesto que la actividad humana es precisamente la principal causante de la degradación ambiental, se puede prevenir tomando las medidas necesarias. La posibilidad de sustentar las estructuras sociales y económicas depende de la disponibilidad de recursos naturales. Sin embargo, es precisamente en nombre de sostener a la sociedad y promover el desarrollo que la actividad humana se convierte en una fuente principal de degradación ambiental (Augusta, 1996).

Los fenómenos naturales pasan a ser amenazas cuando su potencial para desequilibrar un sistema social aumenta. Cuando un sistema natural produce un evento necesario para mantener su equilibrio, pero que afecta el funcionamiento normal de un sistema social, se considera dicho evento como peligroso y sus consecuencias como un desastre. La contaminación del aire y el agua, la deforestación, la alteración de los cauces naturales de ríos y mares, o del terreno, los suelos, volcanes y lluvia generan desastres en la forma



de inundaciones, tormentas, deslizamientos de terreno, erupciones, terremotos y afectan los sistemas sociales. Eventualmente, estas prácticas impactan en la sociedad y pueden provocar un evento calificado como desastre natural súbito, o empeorar los efectos de uno. Por ejemplo, la deforestación puede traducirse en deslizamientos de terreno en épocas lluviosas. Resulta relativo poder calificar lo que constituye un desastre cuando la presión diaria ejercida por un ambiente hostil se convierte en una crisis (Augusta, 1996; Lavell, 2002).

Tomando como referente los postulados descritos en párrafos anteriores la metodología que se implementa para el cálculo de riesgo por peligros geológicos en el Municipio de Zinacantan se construye en tres fases descritas a continuación:

Fase I Cálculo del índice de vulnerabilidad física (VF)

A partir de la aplicación del índice se plantea una medida, que valora de forma sintética las dimensiones estructurales de la vulnerabilidad social física (exposición al fenómeno), que parte de un análisis cualitativo de evaluación en campo de la exposición de la vivienda ante el peligro. También permitió realizar un análisis integrado y comparativo del impacto que tienen los problemas a los que se encuentra expuesta la población en diferentes escalas y que limitan su capacidad de respuesta.

Para medir el grado de vulnerabilidad física se elaboró un Índice que integra 3 variables censales por Área Geoestadística Básica (AGEB) alto, medio y bajo. Los valores resultantes se encuentran entre 1 y 5. Para el caso de aplicación, aquellas localidades que se encuentran con el valor más alto (5), son las que poseen una vulnerabilidad muy alta, esto implica que se encuentran expuestas a una serie de limitaciones para el disfrute de sus capacidades y desarrollo. Se definen cinco rangos para clasificar cada una de las AGEB, teniendo el primero de ellos en el intervalo de 1.00 a 1.99, el cual corresponde a las condiciones bajas de vulnerabilidad; segundo de 2.00 a 2.99, haciendo referencia a condiciones medias y 3 a 3.99 con condiciones de vulnerabilidad social muy alta.

El conjunto de indicadores para describir la vulnerabilidad toma en cuenta las condiciones de la infraestructura de la sociedad, es decir en términos económicos se describe las situaciones de vivienda que suponen precariedad y exclusión social a ciertos bienes y servicios necesarios para una vida digna. Otro indicador es el tipo de terreno que tiene que ver con las características y condiciones del suelo aunado al grado de la pendiente y su exposición.

Fase II Mapa de peligros geológicos

Para la elaboración del mapa de peligros, se realizó un reconocimiento y clasificación de los principales peligros geológicos-geomorfológicos que han afectado y pueden afectar el Municipio de Zinacantan (sismos, tsunamis, hundimientos, procesos de remoción en masa (flujos, derrumbes y deslizamientos), volcanismo, clasificados a partir de rasgos geológicos, geomorfológicos, estructurales, topográficos, cuantitativos y técnicos la ocurrencia de alguno de estos en espacios específicos (cartografía de los peligros).

Cada uno de los peligros fue caracterizado de forma cualitativa a partir de su probabilidad de ocurrencia en rangos de muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Posteriormente se reclasificaron los peligros, a manera de índice de peligrosidad, en donde los valores más altos "5" fueron asignados a peligros con una alta probabilidad de alterar el orden social y los valores cercanos a 1 a peligros con una probabilidad muy baja.

De esta manera se obtuvo un mapa de valores que posteriormente fue reclasificado, y que por razones cartográficas (para su fácil lectura) solo se determinaron tres tipos de peligros: alto, medio y bajo. Los valores altos son aquellos en donde existen peligros con una alta o muy alta probabilidad de ocurrencia en



un espacio determinado, en este caso se observa que en las zonas altas los peligros con valores mayores que se sobrepusieron fueron las zonas propensas a sufrir daños en caso de procesos de inestabilidad de laderas como deslizamientos, derrumbes y flujos; y volcánicos como lahares, flujos piroclásticos, caída de ceniza y avalancha de detritos.

Con el mapa a nivel municipal de peligros geológicos, se localizaron y tipificaron las áreas a nivel urbano y población detectada en los recorridos en campo, misma que fueron marcadas como superficies específicas de ocurrencia de fenómenos determinados.

Fase III Mapa de riesgos geológicos

Las ciudades y poblados como escenario de riesgo son el espacio por excelencia, esto se debe porque un número importante de las ciudades grandes en el mundo se ubican en zonas propensas a varios tipos de peligros naturales, cuyos impactos se vuelven notorios en diferentes niveles de la población y su infraestructura, es decir diferentes tipos de vulnerabilidad social (Lavell, 1996).

Para el análisis y obtención de escenarios de riesgo fue necesario identificar dos variables de peligros y vulnerabilidad, por lo tanto con el índice de vulnerabilidad social y el mapa de peligros a nivel urbano del municipio de Zinacantepec fue obtenido de sumar las matrices de datos y se detectaron áreas en donde convergen una mayor cantidad de fenómenos potencialmente procesos como:

-Inestabilidad de laderas (deslizamientos, derrumbes y flujos).

-Volcánicos (lahares, flujos piroclásticos, caída de ceniza y avalancha de detritos).

Una vez obtenido estos datos (peligros y vulnerabilidad), se realizó un cruce de tablas de la información y se reclasificaron a partir de los parámetros elementales, es decir, coincidencia de valores altos y medios se asignó un riesgo mayor, coincidencia de valores medios y bajos, riesgo medio; y valores menores, riesgo bajo (Tabla 12). El resultado del cruce de esta información es la caracterización del espacio a partir de la probabilidad de presentar un fenómeno potencialmente peligroso y la capacidad social para enfrentarlo, es decir, el riesgo de un espacio social determinado.

Cuadro 15. Clasificación de riesgo de acuerdo a los valores de vulnerabilidad y peligros encontrados en el Municipio de Zinacantepec, Estado de México.

Riesgo	Vulnerabilidad	Peligro
ALTO	MUY ALTA	ALTO
	ALTA	ALTO
	MEDIA	ALTO
	MUY ALTA	MEDIO
	ALTA	MEDIO
MEDIO	BAJA	ALTO
	MEDIA	MEDIO
	BAJA	MEDIO
	MUY ALTA	BAJO
	ALTA	BAJO
BAJO	MEDIA	BAJO
	BAJA	BAJO



El mapa de riesgos por procesos de inestabilidad de laderas (deslizamientos, derrumbes y flujos), identifica que las mayores intensidades aparecen dentro de áreas con peligrosidad alta donde existen dos poblaciones que son, San Miguel hojas Anchas y Barrio de la Rosa, si a esto se le suma que tienen un tipo de vulnerabilidad muy alta el riesgo es ALTO.

Es evidente que los peligros de tipo Medio se deben a la convergencia de valores medios para fenómenos de deslizamientos y derrumbes, si a esto le sumamos que el tipo de vulnerabilidad es muy alta tenemos un riesgo Alto, principalmente en las zonas noroeste del municipio como en el Cópore y Barrio de México, donde los Ageb's asentados son: 3700, 3717, 3718, 3719, 3720, 3722, 3723, 3724 y 3725. También las poblaciones de Agua Blanca Ejido Santa María del Monte, Raíces, La Peñuela, Loma Alta, Cruz Colorada, El Curtidor, San Bartolo El Viejo y San Bartolo del Llano.

El riesgo BAJO se localiza en las áreas planas o de baja pendiente y donde se ubica la cabecera municipal, por lo que este tipo de procesos no representa un potencial desastre en Zinacantepec.

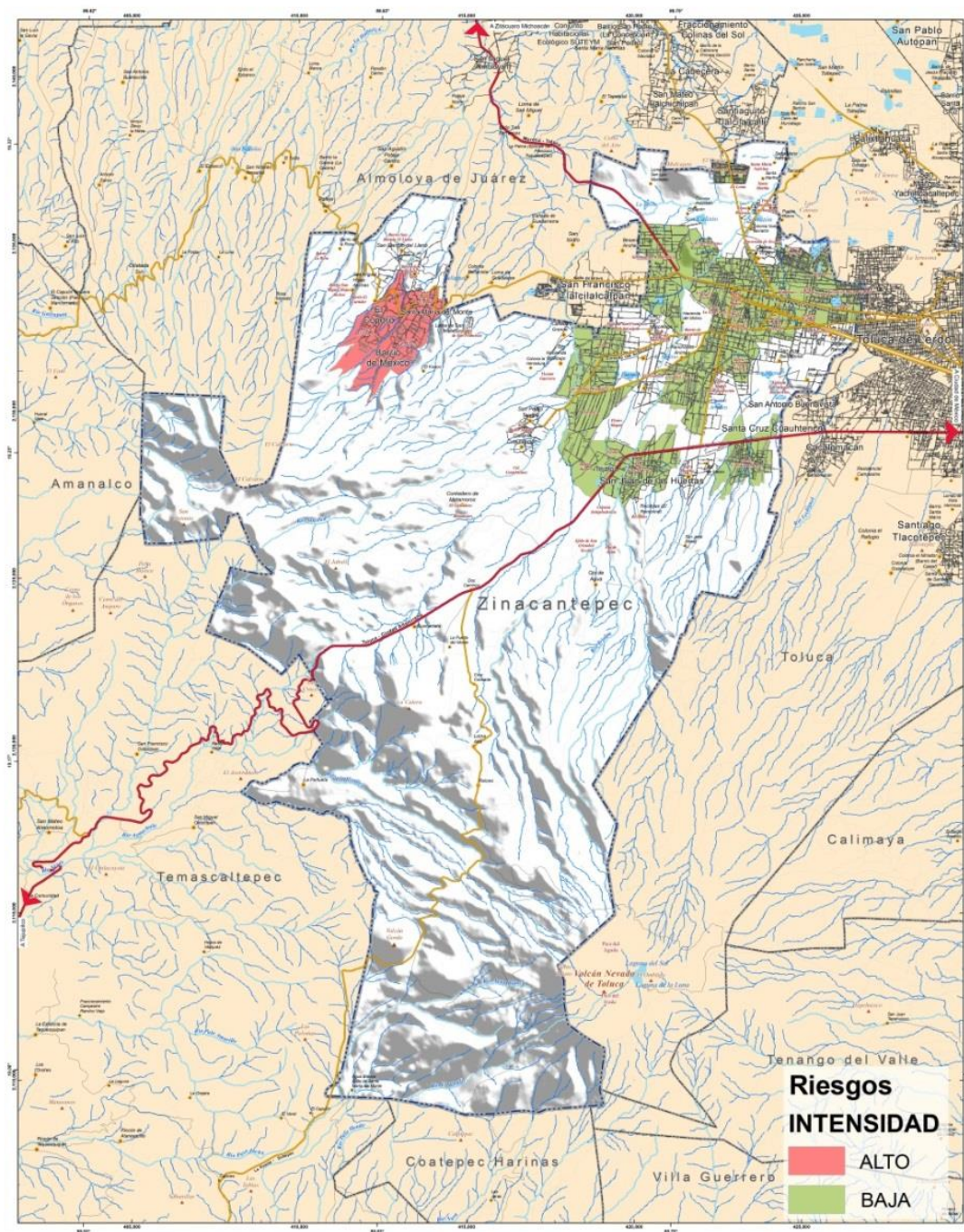
El mapa de riesgos por procesos volcánicos (lahares, flujos piroclásticos, caída de ceniza y avalancha de detritos), identifica que las mayores intensidades aparecen dentro de áreas con peligrosidad alta a una distancia de 20 km de radio del cráter, sumado tipo de vulnerabilidad alta el riesgo es ALTO. Los ageb se enumeran en la tabla 13, para su identificación. El riesgo MEDIO es después del límite antes mencionado de 20 km, sin embargo los ríos que tendrían peligros por lahares siguen siendo altos 3683, 3699, 3710 y en el Barrio del Cópore.

Cuadro 16. Ageb's de riesgos volcánicos en el Municipio de Zinacantepec, Estado de México.

INTENSIDAD	AGEB	INTENSIDAD	AGEB
ALTA	3675	MEDIA	3676
ALTA	3677	MEDIA	3678
ALTA	3682	MEDIA	3679
ALTA	3683	MEDIA	3680
ALTA	3686	MEDIA	3681
ALTA	3687	MEDIA	3684
ALTA	3695	MEDIA	3685
ALTA	3696	MEDIA	3688
ALTA	3699	MEDIA	3689
ALTA	3700	MEDIA	3690
ALTA	3701	MEDIA	3691
ALTA	3702	MEDIA	3692
ALTA	3703	MEDIA	3693
ALTA	3704	MEDIA	3694
ALTA	3705	MEDIA	3698
ALTA	3706	MEDIA	3717
ALTA	3707	MEDIA	3718
ALTA	3708	MEDIA	3720
ALTA	3710	MEDIA	3722
ALTA	3711	MEDIA	3724
ALTA	3712	MEDIA	3726
ALTA	3713	MEDIA	3727
ALTA	3714		
ALTA	3715		
ALTA	3716		
ALTA	3719		
ALTA	3721		
ALTA	3723		
ALTA	3725		



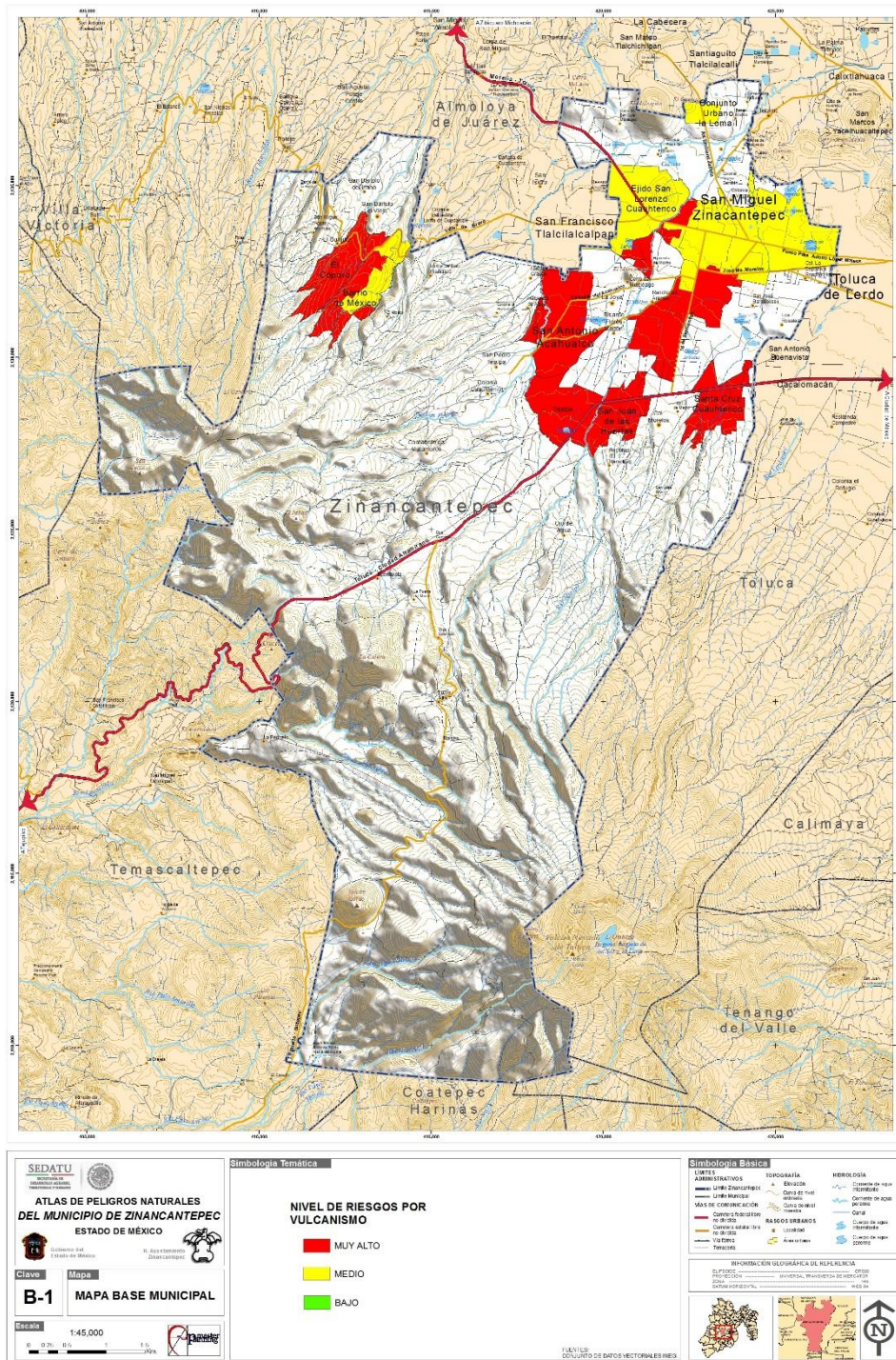
Figura 38. Mapa de Riesgos por Remoción en Masa.



Elaboración propia con base en información de INEGI



Figura 39. Mapa de Riesgos por Vulcanismo



Elaboración propia con base en información de INEGI



Mitigación

La mitigación es uno de los vínculos positivos entre los desastres y el desarrollo. Las comunidades e individuos pueden usar sus recursos de desarrollo para reducir el riesgo de los peligros mediante proyectos de mitigación. Este último es un término que abarca todas las medidas tomadas antes de que ocurra un desastre, esto incluye la reducción de riesgo a largo plazo y las medidas de preparación.

El término mitigación ha sido utilizado para referirse a medidas tomadas con objeto de reducir el sufrimiento humano y la pérdida de propiedad resultante de fenómenos naturales extremos. El concepto de mitigación acepta el hecho de que algunos fenómenos amenazantes pueden ocurrir pero trata de aminorar el impacto acrecentado la capacidad de la comunidad para absorber el impacto con un daño o efecto destructor mínimo. Es decir reducir el riesgo.

5.1.11.1. Medidas preventivas generales

- Realizar estudios más profundos sobre la percepción social de los peligros que amenazan al municipio de Zinacantepec y con base en ellos, aplicar programas de difusión y concientización pública mediante instancias gubernamentales cercanas a la población. La aplicación periódica de estos estudios permitirá evaluar el impacto de dichos programas y sugerir mejoras a los mismos.
- Establecer vínculos con universidades o instituciones de investigación que desarrollen trabajos geológicos e hidrometeorológicos para comprender más los fenómenos en estudio.
- Mejorar la capacidad de atención de la Unidad Municipal de Protección Civil y el H. Cuerpo de Bomberos por medio de la capacitación de su personal y la dotación de equipo especializado y medios de transporte.
- Establecer un sistema de alerta sobre la presencia de los fenómenos geológicos, que amenazan a las localidades, sobre todo para alertar a la población ubicada en zonas altamente peligrosas.
- Elaborar y actualizar un plan de emergencia para cada uno de los peligros que amenaza a las localidades.
- Establecer albergues y refugios en lugares estratégicos para cada tipo de peligro.
- Realizar muestreos periódicos de los peligros y lugares más recurrentes de acuerdo a la época del año que se encuentren.
- Construir un laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, con el objetivo de georeferenciar la información obtenida en campo, que cuente con licencias de GIS y GPS, para el desarrollo de esta información.
- Se propone la construcción de uno o varios albergues. El área recomendada para la construcción se muestra en la siguiente figura.

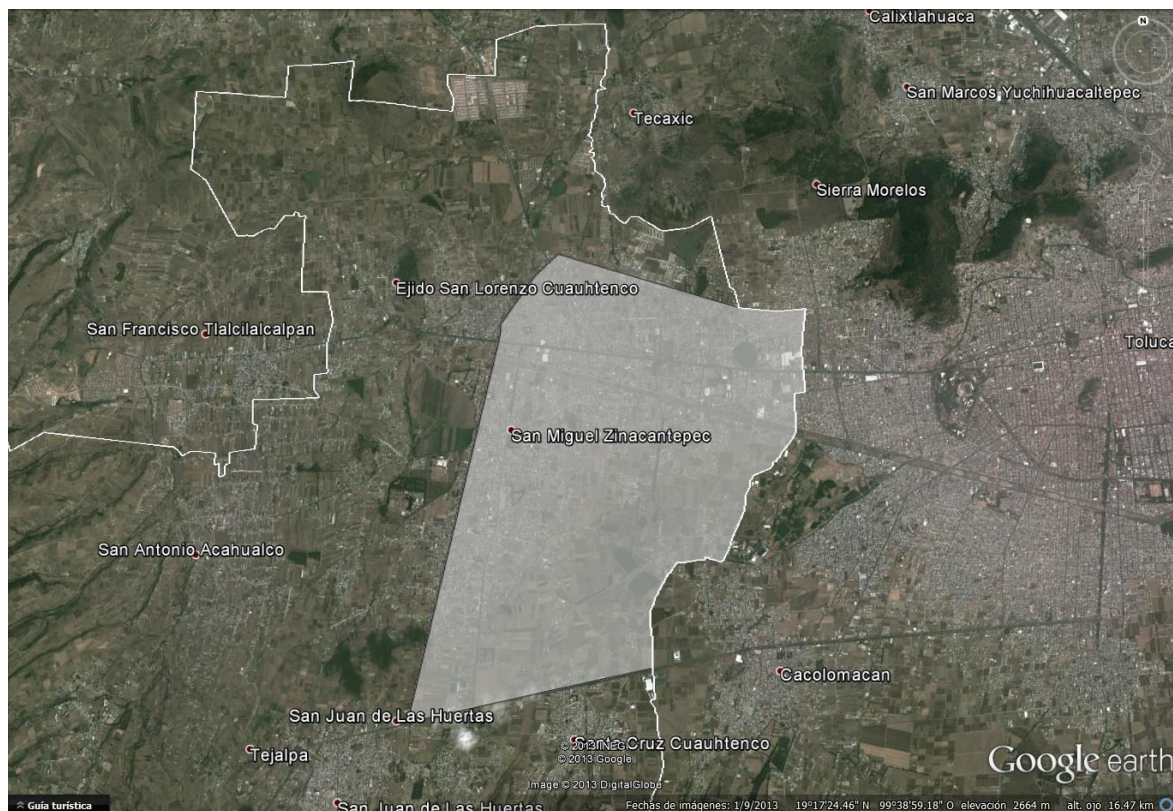


Figura 40. El área fue calculada a partir los diferentes peligros geológicos que puedan afectar al municipio, obteniéndose esta zona como la de menor impacto a sufrir alguno de estos. Estos albergues pueden ser ocupados como salones de usos múltiples ya que gran parte del tiempo son no se les da el uso para el cual fueron destinados.

5.1.11.2. Medidas ante riesgos volcánicos

Peligro

La probabilidad de que ocurra un evento volcánico es latente, debido a la presencia del volcán activo Nevado de Toluca. Como se ha mencionado en el apartado de vulcanismo, en caso de erupciones los peligros serían nubes de cenizas, lahares, avalanchas de detritos y flujos piroclásticos. Esto en función de la historia eruptiva a lo largo de su formación. Muchos de estos peligros viajan distancias considerables de hasta varias decenas de km y a grandes velocidades y siguen patrones topográficos principalmente ríos y valles, teniendo un radio de afectación que va desde el cono volcánico hasta los 70 km de distancia, impactando directamente al Municipio de Zinacantepec y sus poblados más cercanos al volcán (figura 41).



Figura 41. Puente con diámetro menor al caudal del río que en caso de una emergencia será insuficiente para desahogar las grandes cargas de flujos.

Vulnerabilidad

Las zonas más vulnerables por productos volcánicos como lahares, avalancha de detritos y flujos piroclásticos, son las márgenes de los ríos principalmente Tejalpa hasta las áreas urbanas de Zinacantepec y todas las poblaciones en un radio de 10 km que se encuentran en la zona de principal influencia debido a las características del terreno. Aunado a esto la caída de ceniza puede ser muy peligrosa más allá de 10 y hasta 20 km para las viviendas que tengan techo de lámina o cartón pues se considera muy endeble para soportar el peso de la ceniza y si esta se humedece es catastrófico para estas zonas.

Riesgo

Debido al peligro latente del volcán Nevado de Toluca y a que la zona más vulnerable se encuentra entre las áreas urbanas y los poblados de prácticamente todo el municipio de Zinacantepec, por ello es considerado de riesgo potencial. Por lo tanto la zona de riesgo ALTO para este trabajo es considerado el radio de 20 Km a los alrededores del volcán.

Mejorar el conocimiento sobre vulcanismo y el impacto de los mismos

Ampliar la coordinación entre la Subdirección de Protección Civil y Bomberos de Zinacantepec y el CENAPRED, con el objeto de:

- Evaluar la presencia de actividad sísmica y deformaciones del terreno en el Nevado de Toluca.
- Realizar evaluaciones multi-peligro para detectar posibles efectos detonados por erupciones volcánicas.
- Monitorear constantemente fuentes de información en línea como las ofrecidas por el Servicio Sismológico Nacional o el Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Determinar los procesos de seguridad con respecto a los volcanes.
- Limitar la concesión de uso de suelo urbano en áreas de alto riesgo



Disminuir la vulnerabilidad

- Mejorar la capacidad de resistencia de los sistemas expuestos, construir albergues para la población en general, sobre todo de poblaciones próximas al Nevado de Toluca. Construir puentes carreteros adecuados para no perder la comunicación con poblaciones aisladas, así como de ampliar la red de caminos para las poblaciones aledañas al volcán.
- Construir un puente de mayores dimensiones que estén acordes al cauce donde confluye el Río Tejalpa con las localidades urbanas de Tejalpa y San Juan de Las Huertas (figura 38), el puente actual tiene 5 metros de diámetro mientras que el cauce mide más de 20 metros, esto quiere decir que en algún evento de grandes dimensiones será rebasada la capacidad del puente actual.
- Informar a la comunidad sobre qué hacer al momento de la emergencia (identificación de albergues temporales y autoridades de protección civil) y capacitarla acerca de las medidas de autoprotección y primeros auxilios.

Mejorar la capacidad de respuesta

- Incrementar la capacidad técnica de la unidad de protección civil, a través de la capacitación en manejo de tecnologías de información (SIG, percepción remota, etc) y comunicación, en programas para monitoreo y simulación de eventos volcánicos, así como de medios de transporte.
- Contar con un programa de monitoreo y simulación de eventos volcánicos, que involucre medios de transporte y personal capacitado para evacuación.
- Realizar simulacros frecuentes a nivel multiescala (hogar, edificio público y localidades urbanas o ambiente rural), ubicando albergues para este tipo de fenómenos volcánicos.

5.1.11.3. Medidas ante riesgos por sismos

Peligro

La mayor ocurrencia de sismos se encuentra en las costas de los estados de Michoacán, Guerrero y Oaxaca en el Océano Pacífico, solo unos pocos se encuentran dentro del Estado de México y de intensidades muy bajas (menores a 4 grados Richter). Por lo tanto, Los sismos que se manifiestan dentro del municipio son producto de las ondas sísmicas de grandes sismos provenientes de los estados antes mencionados y con magnitudes mayores de 6 grados Richter.

Debido a esto se considera como áreas de mayor peligro los lomeríos del Barrio del Cóporo y Santa María del Monte al Oeste de la cabecera municipal y las planicies donde se ubican las áreas urbanas de Zinacantepec. Asimismo, el tipo de suelo y litología juegan un papel fundamental debido a que los diferentes tipos de rocas presentan características distintas y por lo tanto algunas serán más propensas a manifestar daños por efecto del movimiento del terreno y son susceptibles a sufrir daños por sismos.

Vulnerabilidad

Las áreas urbanas y los poblados del Cóporo y Santa María del Monte al Oeste del municipio por la existencia de infraestructura precaria como casas de adobe, pavimento en malas condiciones y carreteras deficientes y que se encuentran aledaños en donde el peligro es clasificado como medio debido representan la mayor población. Por lo cual se puede concluir que son vulnerables a sufrir daños materiales, aunque existe la posibilidad que la intensidad de los sismos desencadene otros procesos como los de remoción en masa.



Riesgo

Se puede deducir que Peligro Medio como tal es dado para toda la planicie y los lomeríos más poblados del Cópore y Santa María del Monte. Lo anterior, aunado a la vulnerabilidad de estos dos poblados, hace que las zonas de Riesgo Alto debido a la magnitud de los sismos y su ubicación sean principalmente los poblados antes mencionados. Para las zonas de montaña y se puede considerar de un Riesgo Bajo debido a la baja densidad de población.

Mejorar el conocimiento sobre sismos y el impacto de los mismos

- Evaluar e identificar de manera espacial (con GPS) mediante los recorridos de protección civil, la presencia de agrietamientos y deformaciones del terreno en todo el municipio.
- Evaluación multi-peligro para detectar posibles efectos secundarios por sismos, como cuarteaduras, afectaciones a infraestructura, etc.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Determinar procesos de seguridad con respecto a sismos.
- Reubicar a la población asentada en las zonas de alta peligrosidad.

Disminuir la vulnerabilidad

- Mejorar la supervisión del cumplimiento con las normas de construcción. De ser necesario, evaluar la congruencia de las normas con la seguridad local y los avances en los sistemas constructivos.
- Mejorar la capacidad de resistencia de las construcciones de las redes urbanas o rurales
- Evaluar la seguridad de las construcciones públicas concentradoras de población (edificios públicos, escuelas, teatros, estadios) y de ser necesario realizar obras de reforzamiento estructural.
- Por medio del inventario y caracterización de las estructuras de obras civiles definir las necesidades de reforzamiento, renovación o demolición de las mismas.
- Evaluar las condiciones de inseguridad de las viviendas en las colonias más antiguas y en los asentamientos precarios, para sugerir programas de reemplazo o mejoramiento de vivienda.
- Informar a la comunidad sobre qué hacer al momento de la emergencia (identificación de albergues temporales y autoridades de protección civil) y capacitarla acerca de las medidas de autoprotección y primeros auxilios.
- Comunicar el riesgo a la población que habita en zonas susceptibles de sismos, a través de pláticas o folletos.

Mejorar la capacidad de respuesta

- Incrementar la capacidad técnica de la unidad de protección civil, a través de la capacitación en manejo de tecnologías de información (SIG, percepción remota, etc) y comunicación, en programas para monitoreo y simulación de eventos sísmicos.
- Establecer un sistema de alerta sísmica, en cada poblado mediante la cual se envíe una señal de alarma previa a la manifestación de un sismo mayor a 5 grados.
- Realizar simulacros frecuentes a nivel multiescala (hogar, edificio público y localidad).



5.1.11.4. Medidas ante riesgos por inestabilidad de laderas (remoción en masa)

Peligro

Es necesario mencionar que en los límites municipales ya se han presentado eventos por deslizamientos, en el año de 2010 en el tramo carretero de Toluca-Cd Altamirano a la altura de los km 23 y 27 se presentaron lluvias extraordinarias lo que detono una serie de deslizamientos que provocaron flujos de roca y material de acarreo rompiendo puentes y tramos carreteros que costaron la vida de automovilistas que circulaban por este tramo. Sin embargo, No todos los eventos fueron dentro del municipio de Zinacantepec, pero el peligro sigue siendo constante pues el área aun es vulnerable.

De acuerdo con el mapa de peligros, por inestabilidad de laderas, es la parte Oeste del municipio de Zinacantepec y barrio de Santa María del Monte perteneciente a las zonas de montaña, en donde se encuentran pendientes mayores a 35 grados. Considerando la geología y las pendientes (declaradas de alto peligro), se puede concluir que algunas zonas de montaña son propensas a generar desprendimientos de roca, ya que en estos lugares el fallamiento y las fracturas también contribuyen de manera significativa ayudando a la inestabilidad del terreno. Los suelos que se presentan en la región considerada peligrosa no son de gran espesor por lo tanto existe peligro de las caídas de bloques y flujos de detritos (figura 42), una explicación breve y sencilla se ilustra en la figura 43 en donde se presenta una serie de perfiles longitudinales que indican las áreas de peligro dentro de Zinacantepec.



Figura 42. Viviendas ubicadas en Santa María del Monte debajo de un escarpe pronunciado en una ladera con alto grado de peligro, en la foto B se puede apreciar los deslizamientos generados por rellenos de materiales.

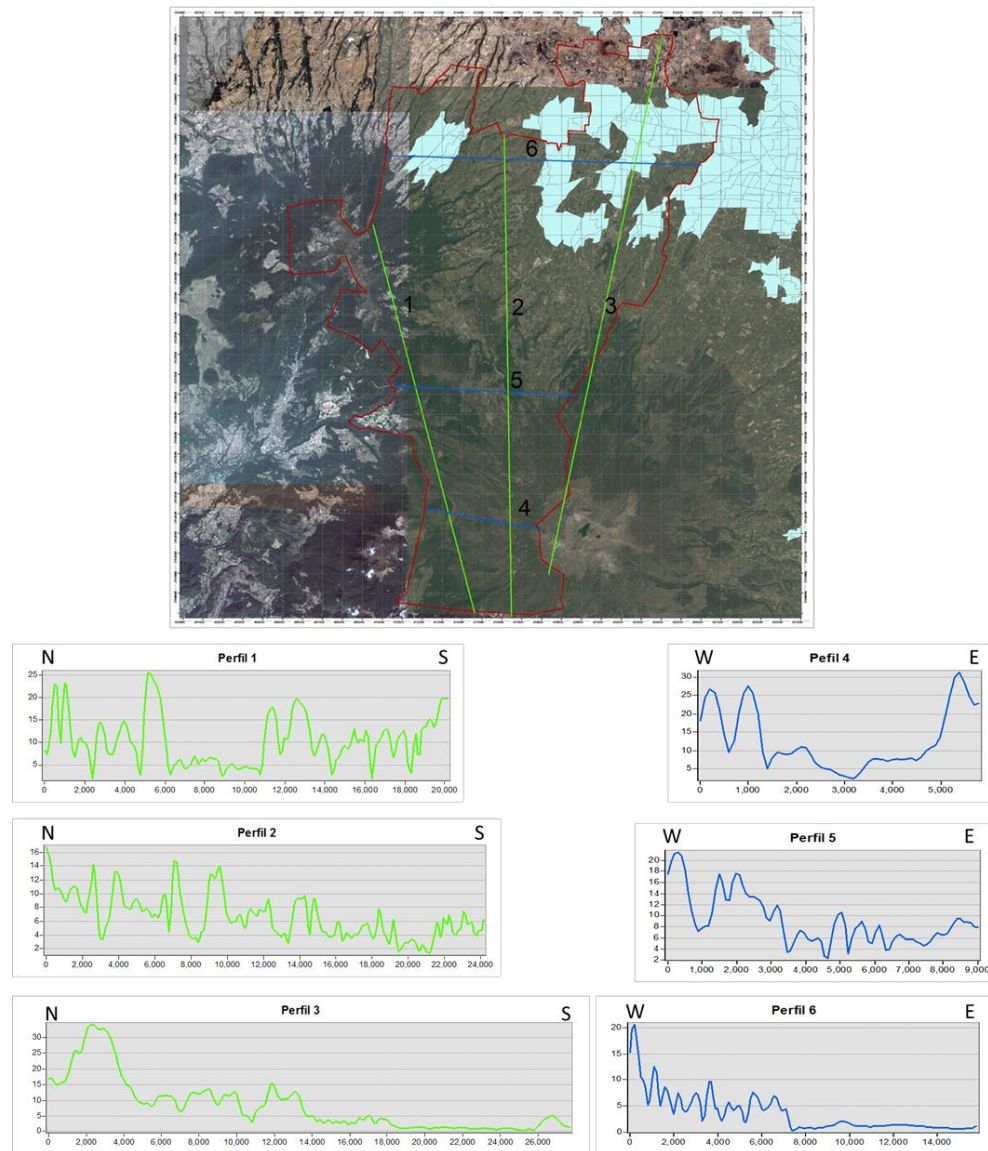


Figura 43. Los perfiles 1 y 2 con orientación Norte-Sur provienen de las partes altas del volcán Nevado de Toluca, atraviesan la sierra y el perfil 3 termina en la planicie que va hacia Zinacantan, es por eso que la curva es más suavizada.

Los perfiles 4 y 5 con orientación Oeste-este se localizan en la sierra y el perfil 6 termina en las partes de las planicies que van hacia Zinacantan.

Se puede observar que al norte y oeste son las áreas de mayores pendientes y por lo tanto de mayores procesos de remoción en masa que generan peligros y riesgos estarán en estas áreas.



Vulnerabilidad

Debido a que las zonas de mayor peligro por remoción de masa se encuentran en partes aisladas de las serranías, las localidades que se encuentran dentro de estas zonas mantienen un mayor potencial de vulnerabilidad. Sin embargo los lomeríos en los poblados del Cópore y Santa María del Monte se detectó una gran cantidad de casas ubicadas en zonas de peligro que independientemente de la infraestructura de las construcciones son de alta vulnerabilidad por exposición al fenómeno (figura 44).



Figura 44. Viviendas ubicadas debajo de un escarpe pronunciado en una ladera con alto grado de peligro, en la foto B se puede apreciar los deslizamientos generados por rellenos de materiales.

Riesgo

En relación con las zonas caracterizadas como peligro alto de remoción de masa y a las localidades vulnerables ante este tipo de peligros, el mayor riesgo se encuentra en las localidades situadas en zonas aisladas de las montañas y de gran importancia los poblados del Cópore y Santa María del Monte. El riesgo se pudo constatar mediante trabajo de campo debido a que existen pendientes mayores a 18 grados, aunado a los tipos de construcciones, algunas precarias donde predomina el adobe. Por otro lado, el suelo urbanizado es destinado para la construcción de edificaciones que pueden propiciar un incremento en la vibración y de cargas adicionales a un suelo en pleno proceso de pérdida de saturación, por lo que es posible que se acelere e intensifique la inestabilidad de la ladera (figura 45).

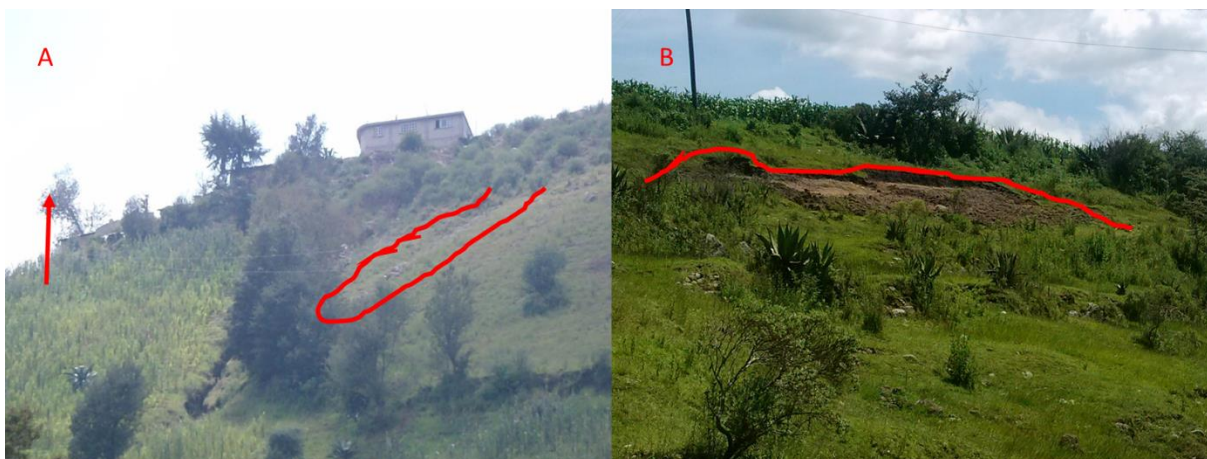


Figura 45. Derrumbes y movimientos de ladera en áreas con pendientes pronunciadas, nótese la pendiente del árbol por el movimiento del suelo, el derrumbe de rocas y los deslizamientos.

También existe inestabilidad de laderas en la zona de alta y media montaña, por la deforestación y se han realizado cortes del terreno. En este afán, se han creado taludes pronunciados carentes de vegetación y protección. Ante problemas de esta índole, resulta necesario:

Mejorar el conocimiento sobre los procesos locales de inestabilidad de laderas.

- Realizar estudios específicos sobre la mecánica del suelo para determinar con precisión el riesgo de la zona y con base en ellos definir si es necesaria la reubicación de edificaciones. Para lo cual se propone un estudio para reubicación.
- Evaluar el impacto de la presión en el agua del subsuelo, para caracterizar posibles agrietamientos de la zona.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Respetar una franja mínima de seguridad en la parte alta y baja de las laderas y si es necesario reubicar las viviendas con pendientes mayores a 18 grados y más próximas a la ladera (figura 46).
- Evitar los asentamientos humanos en zonas próximas a ríos y laderas con gradientes de pendiente por arriba de 20°.



Figura 46. Laderas con pendientes pronunciadas mayores de 35° , en el mes de mayo los pobladores pusieron costales con arena para detener el movimiento y la erosión del suelo. En la foto A, se aprecian costales que se deslizaron por la ladera a consecuencia de las lluvias de los meses de septiembre y en la foto B los costales caídos por acción de la gravedad y movimiento del terreno.

Mejorar las estructuras de protección existentes y disminuir la vulnerabilidad.

- Evitar la erosión y mejorar la resistencia del suelo con programas de reforestación e inducción de vegetación en general que fije los suelos, como pastos y arbustos.
- Construir muros de contención de concreto armado o de gavión para evitar el derrumbe de material térreo y de ser necesario reforzar o reemplazar los existentes (figura 47).
- Realizar un inventario sobre el estado de seguridad de las edificaciones expuestas al deslizamiento.
- Comunicar el riesgo a la población expuesta al peligro de deslizamiento
- Aplicar o crear según sea el caso lineamientos de construcción para zonas de montaña

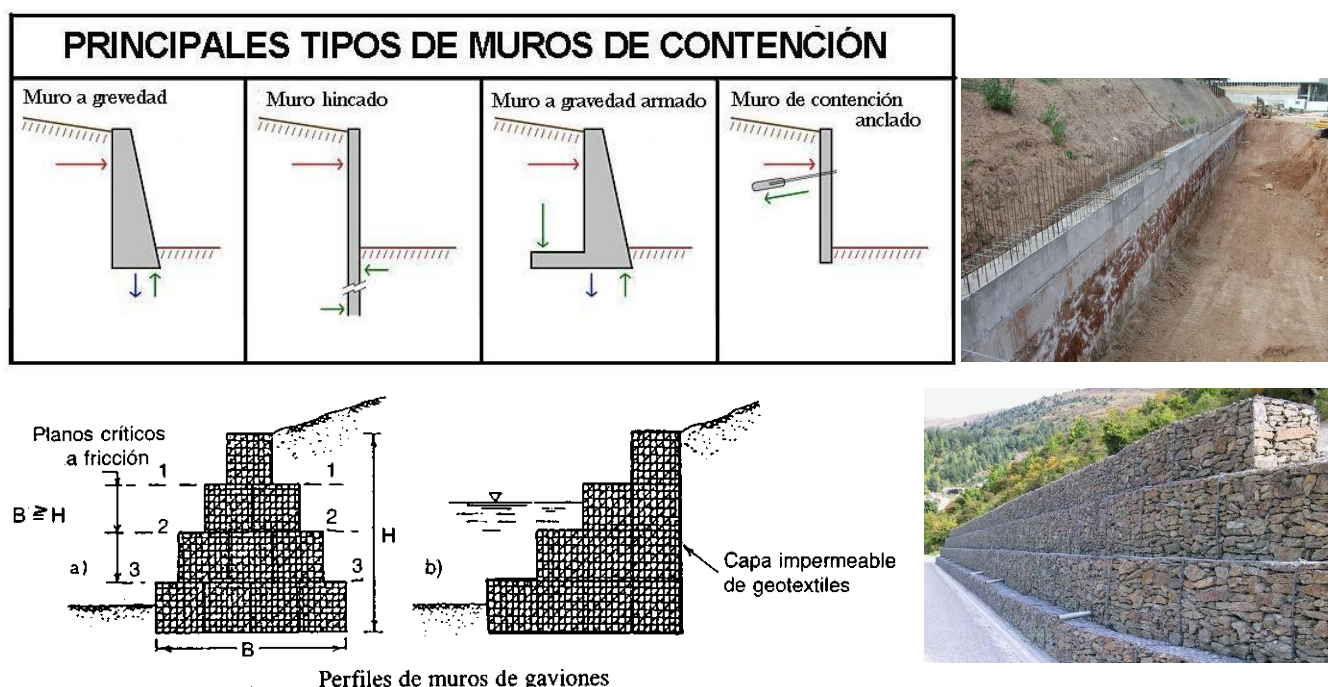


Figura 47. Se aprecia en la visita de campo que la Av. Escoval, tiene laderas peligrosas donde la población debe ser reubicada o construir muros de contención para detener los procesos de erosión y remoción en masa. En la foto A, se aprecia el comienzo de la pronunciada ladera con costales que sirven de barrera para las viviendas de abajo, en la foto B viviendas muy vulnerables. Foto C los muros de contención improvisados con llantas y costales. En las imágenes inferiores se muestran diversos ejemplos de muros de contención.

5.1.11.5. Medidas ante riesgos por hundimientos

Al no existir registros sobre hundimientos la única recomendación es la siguiente:

- No generar extracción de agua del subsuelo masiva.



5.1.11.6. Medidas ante riesgos por fallas o fracturas

Peligro

Este tipo de rasgo estructural tiene mayor frecuencia hacia las partes de las serranías del municipio, compuestas en su mayoría de rocas volcánicas, las cuales debido a sus características litológicas y al clima de la región son muy propensas al fracturamiento. Las partes de planicies y valles no presentan tanta densidad más que los lineamientos en los ríos que atraviesan las áreas urbanas del municipio de Zinacantan.

El mapa de densidad de fallas nos muestra que uno de los peligros principales se encuentra en el área urbana, tres fallas pasan alrededor de los barrios del Cóporo y Santa María del Monte. Que se reconocieron en campo y se llegó a la conclusión de que “no existen evidencias tangibles de daños en infraestructura como viviendas, edificios y demás construcciones”. En las zonas de montaña representan zonas de peligro latente porque en ella si existe más densidad de fallas que pueden activarse con un sismo y generar procesos de remoción en masa.

Vulnerabilidad

Los barrios del Cóporo y Santa María del Monte y el área montañosa donde se ubican una gran cantidad de poblados menores son muy dispersas y presentan bajo desarrollo de infraestructura por lo cual pueden ser catalogadas como zonas de alta vulnerabilidad, debido a que el fenómeno de fallamiento se analiza más que nada en cuanto a daños materiales como infraestructura carretera, viviendas y escuelas.

Riesgo

Debido a lo ya mencionado podemos deducir que las zonas de riesgo potencial son principalmente Los barrios del Cóporo y Santa María del Monte, los tramos carreteros de Toluca-Cd Altamirano y Morelia-Toluca, y en caso de activarse las fallas y fracturas que atraviesan las áreas urbanas del municipio pueden tener un riesgo Medio (figura 48).



Figura 48. Agrietamientos en las banquetas de la población de Santa María del Monte que pueden afectar los tramos carreteros debido a las fallas y fracturas.

Mejorar el conocimiento sobre fallas y el impacto de las mismas

- Realizar estudios geológicos para caracterizar de manera más precisa las fallas próximas a las áreas urbanas.



- Realizar estudios que evalúen la presencia de agrietamientos y deformaciones del terreno en todo el municipio.
- Incrementar y mejorar el monitoreo de fallas.
- Realizar estudios y evaluaciones multi-peligro para detectar posibles efectos detonados por fallas.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Realizar estudios para determinar las distancias de seguridad con respecto a las fallas.
- Por medio de la planeación y gestión del suelo urbano, limitar el crecimiento del área urbana hacia las zonas próximas a las fallas geológicas, respetando una franja mínima de seguridad.
- En el caso de las fallas que crucen las zonas urbanas, será conveniente, si un estudio más preciso lo determina, reubicar a la población asentada en las zonas de alta peligrosidad.

Disminuir la vulnerabilidad

- Mejorar la supervisión del cumplimiento con las normas de construcción. De ser necesario, evaluar la congruencia de las normas con la seguridad local y los avances en los sistemas constructivos.
- Mejorar la capacidad de resistencia de los sistemas expuestos, es decir, de las construcciones, las redes urbanas y la población en general, sobre todo en zonas próximas a las fallas.
- Evaluar la seguridad de las construcciones públicas concentradoras de población (edificios públicos, escuelas, teatros, estadios) y de ser necesario realizar obras de reforzamiento estructural. Asimismo, inseguridad de las viviendas en las colonias más antiguas y en los asentamientos precarios, para sugerir programas de reemplazo o mejoramiento de vivienda.
- Por medio del inventario y caracterización de las estructuras de obras civiles definir las necesidades de reforzamiento, renovación o demolición de las mismas.
- Informar a la población acerca de la dinámica de las fallas que les permita identificar a través de los rasgos superficiales del terreno cualquier síntoma de falla.
- Comunicar el riesgo a la población que habita en zonas susceptibles de fallas.

Mejorar la capacidad de respuesta

- Incrementar la capacidad técnica de la unidad de protección civil, a través de la capacitación en manejo de tecnologías de información (SIG, percepción remota, etc) y comunicación, en los programas de monitoreo y simulación de eventos de subsidencia, hundimiento que generen fallamientos o agrietamientos.

5.1.11.7. Medidas ante riesgos por grietas y subsidencia

Peligro

Este tipo de peligro tiene mayor frecuencia hacia las partes donde se han elaborado obras de infraestructura como las carreteras del municipio, debido a las características litológicas y al tipo de suelo son muy propensas a agrietarse. Pues se alteran las partes cercanas a las obras principalmente en la zona de la sierra y lugares con fracturas cercanas de planicies y valles en las áreas urbanas del municipio de Zinacantepec.

El mapa de densidad de grietas nos muestra que uno de los peligros principales se encuentra en el área de la sierra pues la construcción de infraestructura carretera ha generado agrietamientos como los mostrados en la figura 44, estas grietas pueden generar otro tipo de peligros como la subsidencia y principios de



deslizamientos, una vez más los barrios del Cóporo y Santa María del Monte vuelven a tener un peligro alto esto en gran parte debido a la infraestructura en sus viviendas, edificios y demás construcciones..

Vulnerabilidad

Los barrios del Cóporo, Santa María del Monte y el área montañosa donde se ubican una gran cantidad de poblados menores son muy dispersas y presentan bajo desarrollo de infraestructura por lo cual pueden ser catalogadas como zonas de alta vulnerabilidad, debido a que el fenómeno de agrietamientos se analiza más que nada en cuanto a daños materiales como infraestructura carretera, viviendas y escuelas.

Riesgo

Debido a lo ya mencionado podemos deducir que las zonas de riesgo potencial son principalmente Los barrios del Cóporo y Santa María del Monte, y entre los km 23 y 27 del tramo carretero Toluca-Cd Altamirano, que en caso de activarse las grietas por fracturación generarían severos daños a esta infraestructura y áreas urbanas del municipio con un riesgo ALTO (figura 49).



Figura 49. Agrietamientos en el suelo a lado de las carreteras entre los km 23 y 27 del tramo carretero Toluca-Cd Altamirano.

Mejorar el conocimiento sobre fallas y el impacto de las mismas

- Realizar estudios geológicos para caracterizar de manera más precisa las obras carreteras.
- Realizar estudios que evalúen la presencia de agrietamientos y deformaciones del terreno en todo el municipio.
- Incrementar y mejorar el monitoreo de fallas y fracturas.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Realizar estudios para determinar las distancias de seguridad con respecto a grietas.



- Por medio de la planeación y gestión del suelo urbano, limitar el crecimiento del área urbana hacia las zonas próximas a las fallas geológicas, respetando una franja mínima de seguridad.
- En el caso de que existan grietas en las áreas urbanas, será conveniente, realizar trabajos específicos para determinar si se reubica a la población o se hace reparación de grietas en zonas de alta peligrosidad.

Disminuir la vulnerabilidad

- Mejorar la supervisión del cumplimiento con las normas de construcción en el subsuelo. De ser necesario, evaluar la congruencia de las normas con la seguridad local y los avances en los sistemas constructivos.
- Mejorar la capacidad de resistencia de los sistemas expuestos, es decir, de las construcciones, las redes urbanas y la población en general, sobre todo en zonas próximas a las fallas y fracturas.
- Por medio del inventario y caracterización de las estructuras de obras civiles definir las necesidades de reforzamiento, renovación o demolición de las mismas.
- Comunicar el riesgo a la población que habita en zonas susceptibles de fallas y fracturas.

Mejorar la capacidad de respuesta

- Incrementar la capacidad técnica de la unidad de protección civil, a través de la capacitación en manejo de tecnologías de información (SIG, percepción remota, etc) y comunicación, en los programas de monitoreo y simulación de eventos sísmicos.

5.1.11.8. Medidas ante riesgos por erosión

Peligro

Como se puede observar en el mapa de peligros, las zonas que son más propensas a la erosión son las áreas con mayor densidad de drenaje, pendiente y uso de suelo agrícola, en donde los procesos de desgaste de material parental (sobre todo por efecto hidrológico) son más frecuentes. Es importante considerar el tipo de rocas presente en el área ya que estos van a jugar un papel importante en la manera en que el suelo sea erosionado. Las zonas de las planicies y los valles que se encuentran al norte del municipio y son utilizadas en su mayoría para la agricultura de temporal, clasificadas por lo tanto de peligro medio en donde principalmente siembran maíz, papa y avena. Asimismo los mayores peligros son las partes altas del volcán nevado de Toluca por sus altas pendientes y poca o nula vegetación. Y las zonas de Bajo peligro son las que se consideran dentro del Área Natural Protegida, donde se tiene un plan de no extracción de la madera, ni cambios de uso de suelo; sin embargo no está exento de estos procesos (figura 50).

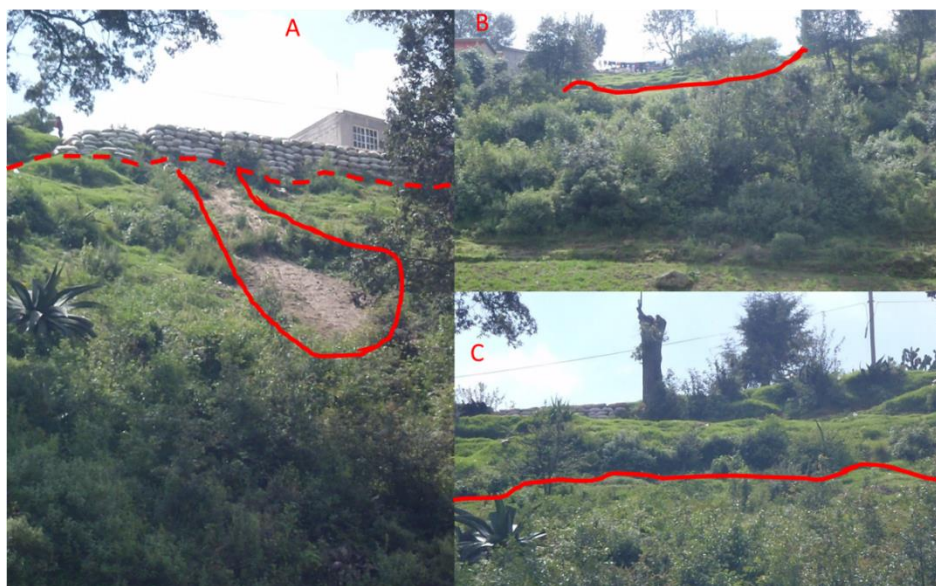


Figura 50. Barreras de contención con costales de los procesos erosivos de ladera con alto grado de peligro, en las fotos B y C se puede apreciar como el suelo tiene un proceso de reptación y se desliza hacia las partes bajas.

Vulnerabilidad

Basado en el tipo de peligro por erosión, las zonas más propensas son las que se encuentran en su mayor parte desprovistas de vegetación y en donde el sustrato muestra características menos resistentes a los procesos erosivos. Por lo cual las áreas más vulnerable son las agrícolas de temporal y más susceptibles a la erosión de tipo laminar.

Riesgo

Debido a lo mencionado anteriormente las zonas de mayor riesgo para pérdida de suelo se encuentran en las agrícolas de temporal situadas en la parte Norte del municipio de Zinacantepec.

Mejorar el conocimiento sobre erosión

- Conversar y regular el uso de suelo dentro del municipio.
- Realizar campañas de reforestación.
- Realizar estudios que evalúen la presencia de niveles de escorrentía del terreno en todo el municipio.
- Incrementar y mejorar el monitoreo de erosión.
- Realizar estudios y evaluaciones para detectar la pérdida de suelo en diferentes pendientes.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Por medio de la planeación y gestión del suelo urbano, limitar el crecimiento de las áreas urbanas hacia las zonas del Área Natural Protegida.



- En el caso de que la mancha urbana crezca hacia las áreas agrícolas, será conveniente, si un estudio más preciso lo determina, No permitir que la población se asiente en las zonas de alta y media peligrosidad por erosión.

Disminuir la vulnerabilidad

- Colocar trampas de sedimentos, como pacas de heno para interceptar los sedimentos que podrían alcanzar cuerpos de agua superficial y terrenos circundantes.
- Creación de diques de desviación para interceptar y reducir la velocidad de la escorrentía para llevarla a niveles de flujo menos erosivos.
- Establecer pequeños diques de terreno compactado para interceptar las aguas de escorrentía que fluyan en pendientes propuestas, reduciendo el área de desplazamiento del agua y dirigiendo éstas hacia otros controles de erosión.
- Se tomarán las medidas necesarias y adecuadas para acomodar efectivamente los aumentos en los niveles de escorrentías causados por cambios en las condiciones del suelo y corteza terrestre, prevaleciendo el patrón natural.
- La restauración por medio de barreras de árboles se hará con base en las condiciones y el uso del terreno previo a la construcción del proyecto.

Mejorar la capacidad de respuesta

- Incrementar la capacidad técnica de la unidad de protección civil, a través de la capacitación en manejo de tecnologías de información (SIG, percepción remota, etc) y comunicación, en programas para monitoreo y simulación de eventos erosivos.
- Establecer un sistema de medida anual para determinar la peligrosidad de la pérdida de suelo.

La aplicación de técnicas mecánicas y vegetativas. A continuación se resumen algunas de estas técnicas para la recuperación de suelos descritas por SEGEM (1995), IIDT (2002), PROBOSQUE (2006), CONAFOR (2007) y CENAPRED, y que han sido implementadas por las autoridades gubernamentales correspondientes, en diferentes sitios del Estado de México, como parte de programas y políticas de gestión para mitigar los diferentes grados de erosión. Estas técnicas han sido aplicadas en el Parque Estatal Sierra de Guadalupe, en la ZMVM, y en el Parque Nacional Nevado de Toluca, en la ZMVT (SMA-GEM, 2008).

Practica mecánicas

Entre las primeras se encuentran, por ejemplo, las presas filtrantes de roca acomodada, de ramas; el cabeceo de cárcavas (figura 51); las distintas modalidades de terrazas (figura 52) y zanjas derivadoras de escorrentía y roturación.



Figura 51. Cabeceo de cárcavas. Las cárcavas presentan un crecimiento constante en área y profundidad hacia aguas arriba, disminuyendo con esto el área útil del suelo y en algunos casos poniendo en peligro las construcciones que se encuentran en las zonas vecinas. Las acciones para rectificar las cárcavas son la estabilización de las laderas, mediante reforestación o cubiertas vegetales, la rectificación del fondo de la cárcava, a través del empleo de represas y la derivación del flujo principal con estructuras de drenaje por fuera de la cárcava (SMA-GEM, 2008).



Figura 52. Terrazas de formación paulatina. Son estructuras de defensa, que generalmente consisten en una zona de captación y un promontorio, que se construyen transversalmente a la pendiente del terreno. Tienen como función principal reducir la longitud de las laderas y disminuir la pendiente del terreno para regular los escurrimientos superficiales (SMA-GEM, 2008).





Prácticas vegetativas

Dentro de las prácticas vegetativas está la rotación de cultivos, la reforestación, los cultivos de cobertura, cortinas rompe-viento (figura 53), material muerto acomodado en laderas y sistemas agroforestales, entre otros (SMA-GEM, 2008). Sin lugar a dudas, la reforestación es la mejor opción para la conservación y rehabilitación del suelo. Sin embargo en la práctica, y debido a la constante presión socio-económica por disponer de tierras de cultivo, dicha solución sólo puede emplearse en pocos casos, o cuando el problema de erosión ha llegado a sus últimas consecuencias (SMA-GEM, 2008).

Figura 53. Una práctica que ha cobrado impulso en los últimos años, es la denominada agroforestal, que básicamente consiste en sembrar barreras de árboles o arbustos, espaciadas unos metros (4 m a 10 m), y en el espacio que queda entre ellas se siembran cultivos (SMA-GEM, 2008).



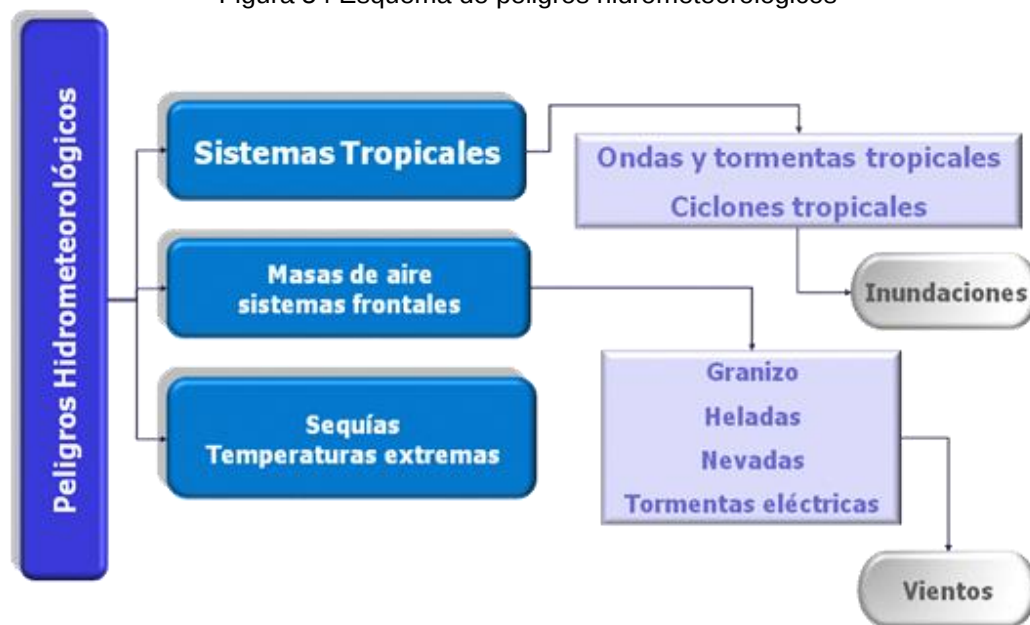


5.2. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen hidrometeorológico

Los fenómenos hidrometeorológicos, son procesos o fenómenos naturales de tipo atmosférico, hidrológico u oceanográfico que pueden causar lesiones o la pérdida de vidas, daños a la propiedad, la interrupción social y económica o la degradación ambiental, tales como inundaciones, avalanchas de lodo y escombros, ciclones tropicales, marejadas, tormentas y granizo, fuertes lluvias y vientos, fuertes nevadas y otras tormentas severas, sequías, desertificación, temperaturas extremas, tormentas de arena o polvo, heladas y avalanchas.

Estos fenómenos por su frecuencia, magnitud e intensidad física, así como su impacto en la población y la infraestructura, están relacionados con el mayor número de desastres naturales en México. Lo cual ha evidenciado una alta vulnerabilidad de los asentamientos humanos. Diferentes científicos e investigadores consideran que el incremento en la magnitud e intensidad de las amenazas como huracanes, inundaciones y sequías están asociadas al cambio climático. Los peligros hidrometeorológicos se clasifican como lo muestra la siguiente figura:

Figura 54 Esquema de peligros hidrometeorológicos



Causas de los peligros hidrometeorológicos

El ciclo del agua, la periodicidad de los vientos, las zonas térmicas y las variaciones de presión son fenómenos que se presentan como parte de la dinámica atmosférica del planeta. El elemento central de estos fenómenos es la precipitación, la cual se refiere a la forma de agua, sólida o líquida, que cae de la atmósfera y alcanza la superficie de la tierra, a través de lluvia granizo o nieve.

La atmósfera es un sistema de gran complejidad que interactúa con los océanos, el suelo, y todo tipo de vida distribuyendo la energía que recibe del sol a través de numerosos procesos. Cerca de la cuarta parte de la energía del sol que llega a la tierra se encarga de evaporar agua que luego asciende hacia la atmósfera. Al mismo tiempo, la constante atracción de la gravedad provoca un descenso de la humedad atmosférica en forma de nieve o lluvia. La circulación a gran escala de los vientos también juega un papel determinante al



mover el calor y transportar la humedad sobre la superficie de la tierra (Abbott, 1999). Así, la dinámica atmosférica del planeta permite que se lleven a cabo fenómenos como el ciclo del agua, la periodicidad de los vientos, las variaciones de presión barométrica, que combinados a fenómenos como la rotación y traslación de la tierra, o a características como la altitud o el tipo de suelo, determinan los fenómenos hidrometeorológicos de un sitio en particular.

Los peligros hidrometeorológicos se asocian a los fenómenos que se generan en las capas bajas de la atmósfera terrestre, producto de las condiciones de temperatura y humedad que en ella predominan y que tiene una incidencia directa sobre la superficie. Estos fenómenos pasan a ser un peligro para los seres humanos y su patrimonio al momento de romper el balance del ciclo hidrológico en las características topográficas e hidrográficas de las cuencas.

5.2.1. Ondas cálidas y gélidas

Las ondas u olas de calor se caracterizan por el calentamiento importante del aire o la invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa, la cual suele durar de unos días a una semana. Por su parte, las ondas gélidas se refieren al enfriamiento del aire o a la invasión de aire muy frío.

Respecto a las ondas cálidas en los últimos años se han observado a nivel mundial tendencias anómalas hacia el aumento de la temperatura, que se relacionan con el cambio climático global.

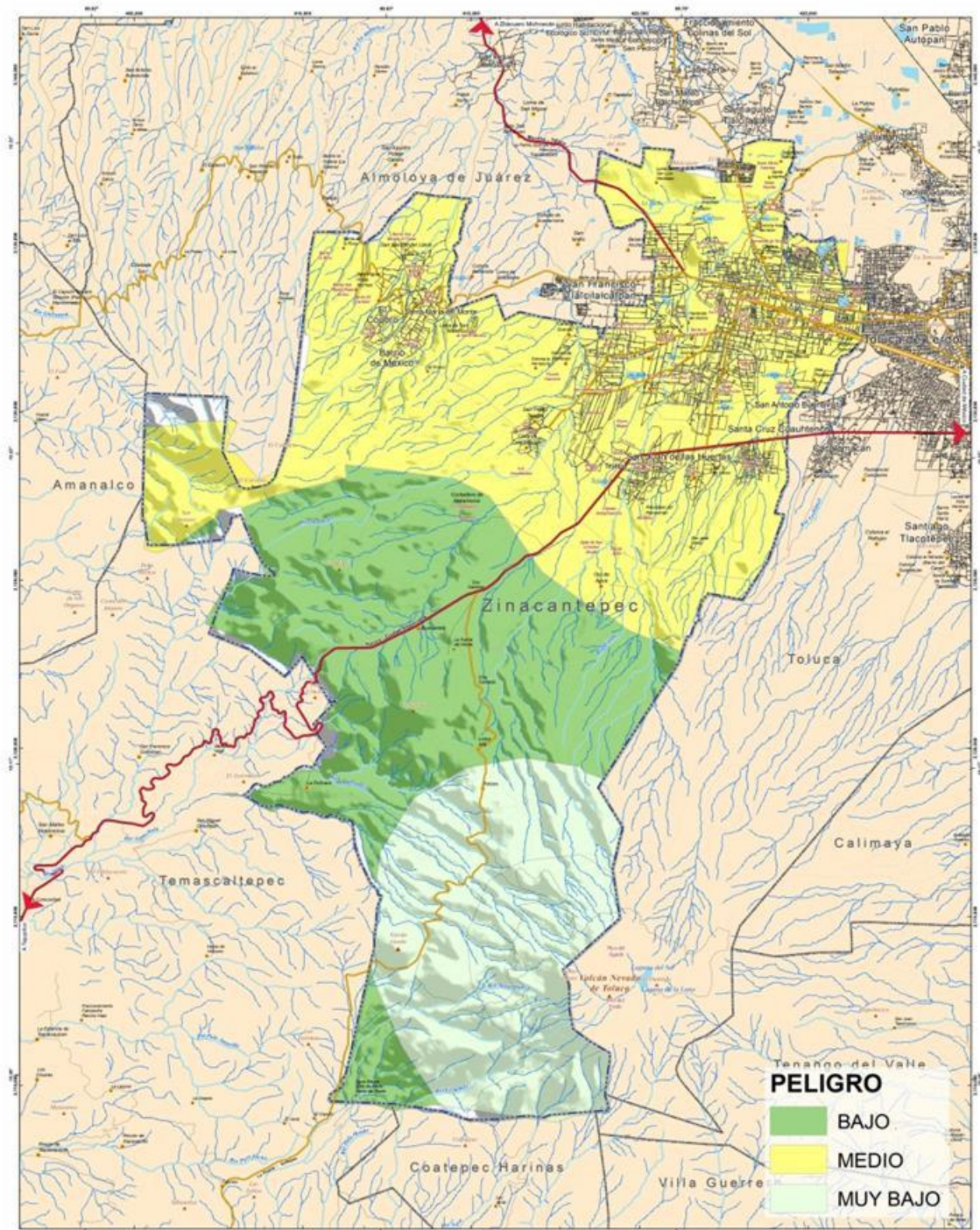
En el Municipio de Zinacantan se presentan temperaturas máximas mensuales de 26.4°C, de acuerdo con los registros de más de veinte años, los meses de mayores temperaturas son entre abril y julio, fue el año de 1998 en el que las temperaturas se elevaron hasta alcanzar los 27°C como máxima diaria, sin embargo, estos niveles de temperatura no han provocado afectaciones a la población.

Cuadro 17. Registro de temperaturas máximas

ESTACIÓN	TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL
15374	21.5
15373	21.3
15367	20
15295	26.9
15293	20.4
15285	18
15282	21.2
15276	15.9
15266	22.5
15240	17.4
15211	20.5
15203	22.1
15174	18.7
15164	21.2
15108	20.2
15089	21
15063	20.7
15062	8.4
15056	22.4
15051	20.1
15038	19.8
15014	21.9



Figura 55. Nivel de Peligro por Ondas Cálidas



Elaboración propia con base en SMN



Debido al tipo de clima de la zona, las temperaturas máximas extremas provocan a la población incomodidad y en casos extremos efectos por el golpe de calor, cabe señalar, que a los bienes de la población este fenómeno no provoca daños. De acuerdo con los registros de las estaciones meteorológicas la zona norte presenta las temperaturas más altas del municipio.

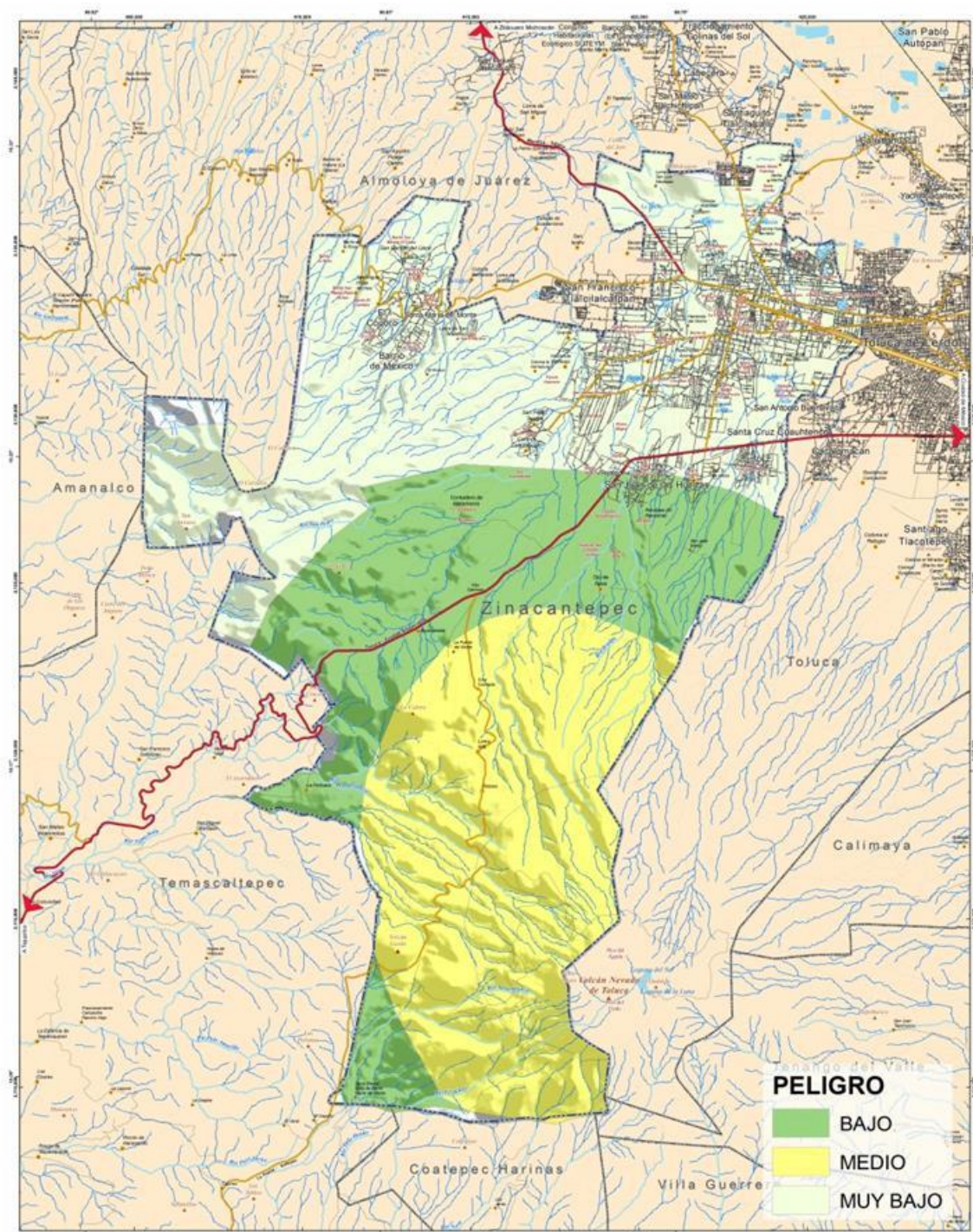
Por su parte, las ondas gélidas se caracterizan por bajas de temperatura de manera drástica, sobre una zona extensa, la cual suele durar de unos días a una semana. De acuerdo con investigadores en el tema este tipo de fenómenos se presentan con mayor frecuencia e intensidad relacionado con el cambio climático.

En el Municipio de Zinacantan se presentan temperaturas mínimas mensuales menores de 0°C, incluso la menor registrada es de -1.6°C, y las temperaturas mínimas diarias han alcanzado -8.5°C, de acuerdo con los registros de más de veinte años, los meses de menores temperaturas son entre noviembre y febrero, fue el año de 1986 en el que las temperaturas descendieron hasta alcanzar los -8°C como mínima diaria.

Las zonas de peligro por las ondas gélidas se presentan al sur del municipio, en las estribaciones y las partes altas del Nevado de Toluca. Las localidades que presentan mayores afectaciones por las ondas gélidas son: Cruz Colorada, La Puerta del Monte, Loma Alta y Raíces.



Figura 56. Nivel de Peligro por Ondas Gélidas



Elaboración propia con base en SMN



5.2.2. Sequías

Una sequía es la carencia de agua en el suelo a consecuencia de la insuficiencia de lluvias y es un periodo prolongado de tiempo seco. Es un proceso que puede tomar uno o más años y afecta las zonas agrícolas (Lundgren, 1973). Existen tres tipos de sequía: meteorológica, agrícola e hidrológica.

Sequía Meteorológica: Es una expresión de la desviación de la precipitación respecto de la normal en un periodo de tiempo. Estas definiciones dependen de la región considerada, y se basan presumiblemente del conocimiento de la climatología regional.

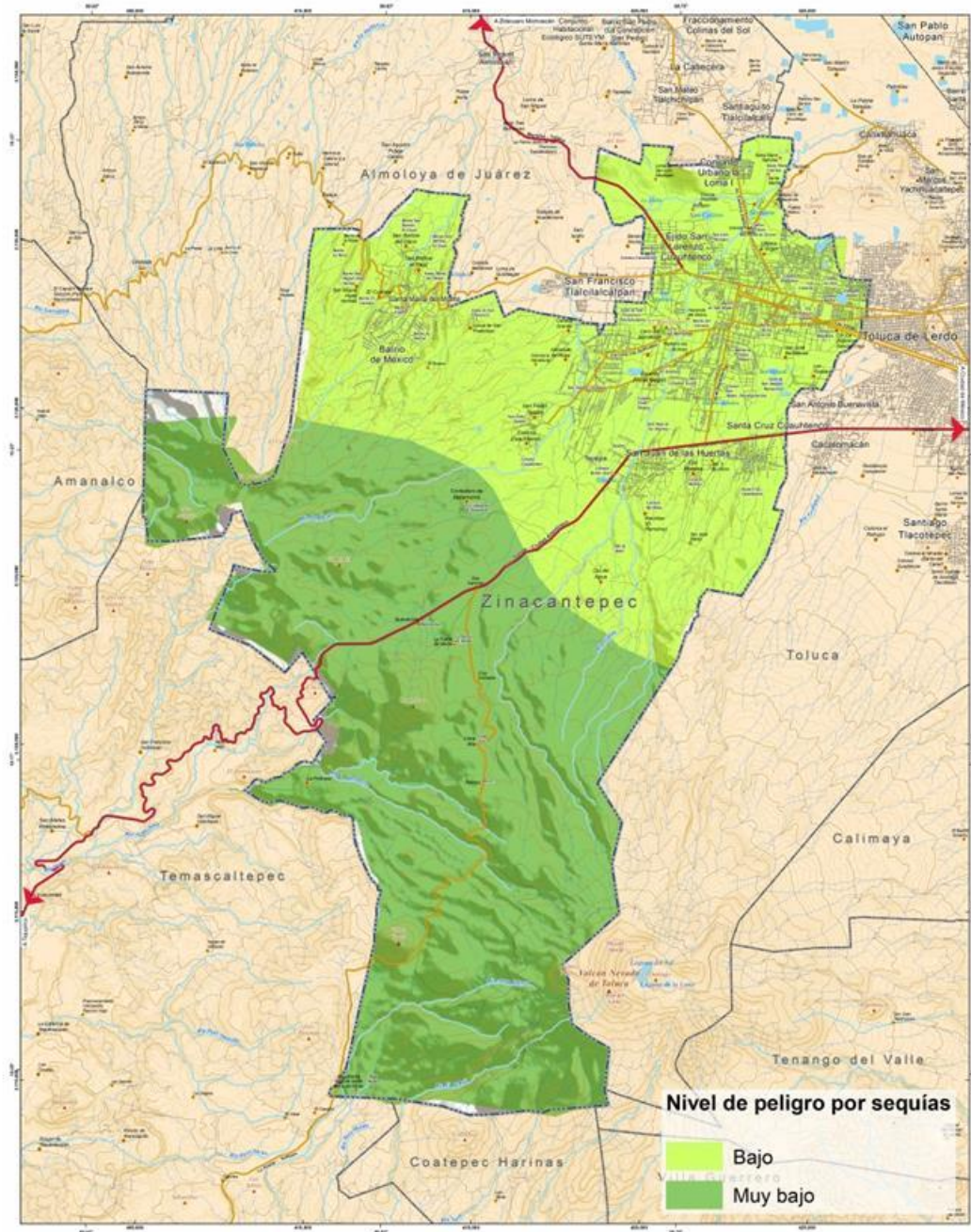
Sequía Agrícola: Ocurre cuando no existe humedad suficiente en el terreno para un cultivo determinado en un momento particular de tiempo. La sequía agrícola sucede después de la sequía meteorológica.

Sequía Hidrológica: Se refiere a deficiencias en las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales y subterráneas. Se mide de acuerdo con los niveles de agua en los ríos, lagos, presas y aguas subterráneas. Se requiere un periodo de tiempo entre el déficit de precipitación y la disminución de agua en los ríos, lagunas, presas, etc. Por lo que este no es el primer indicador de la sequía.

En este atlas se considera el análisis de la sequía meteorológica, identificada en función del déficit de precipitación, expresado en porcentaje respecto a la pluviosidad media anual o estacional de largo periodo y su duración.



Figura 57. Nivel de Peligro por Sequías



Fuente: Elaboración propia con base en Servicio Meteorológico Nacional

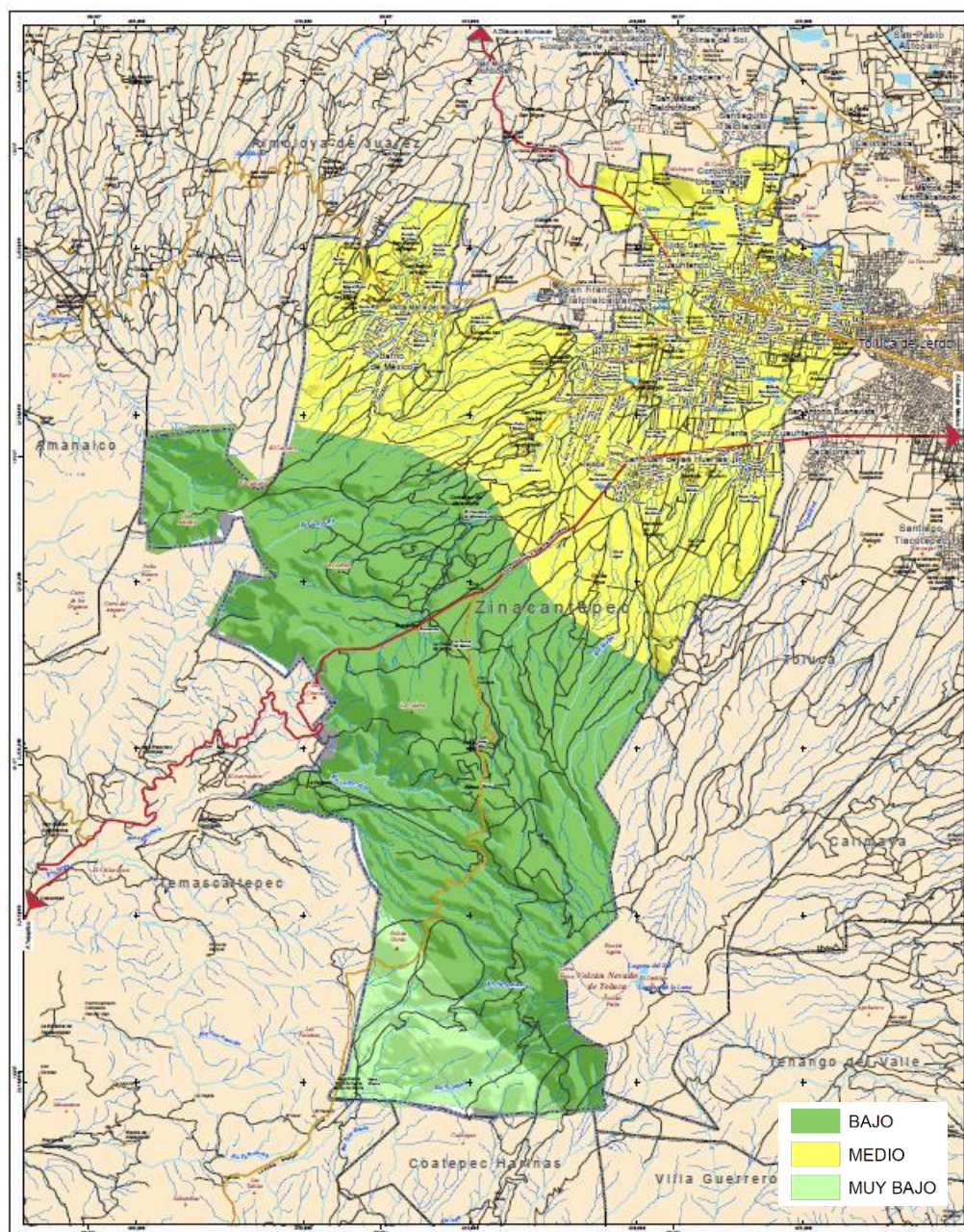


Sequia Intraestival

Este tipo de sequía se relaciona con los periodos en que disminuye la precipitación, de acuerdo con el CENAPRED, en la mayor parte de México, el régimen de precipitación presenta dos comportamientos durante el año, por lo que se tiene una época de lluvias y una época de estiaje (en este tiempo hay poca o ninguna lluvia). Durante la época de estiaje puede ocurrir una sequía intraestival por la escasez de agua (Fascículo de Sequias, CENAPRED). Este tipo de fenómeno se presenta en el municipio en los meses de menor precipitación que van de enero de marzo. De acuerdo con la estimación realizada la zona norte del municipio presenta un nivel medio de peligro ante la sequía intraestival, la zona central del municipio alcanza un nivel de peligro bajo, mientras que en el suroeste se estima un nivel de peligro muy bajo ante la sequía intraestival.



Figura 58. Nivel de Peligro por Sequía Intraestival



Fuente: Elaboración propia con base en Servicio Meteorológico Nacional



5.2.3. Heladas

Una helada es un evento de origen meteorológico que ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas.

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

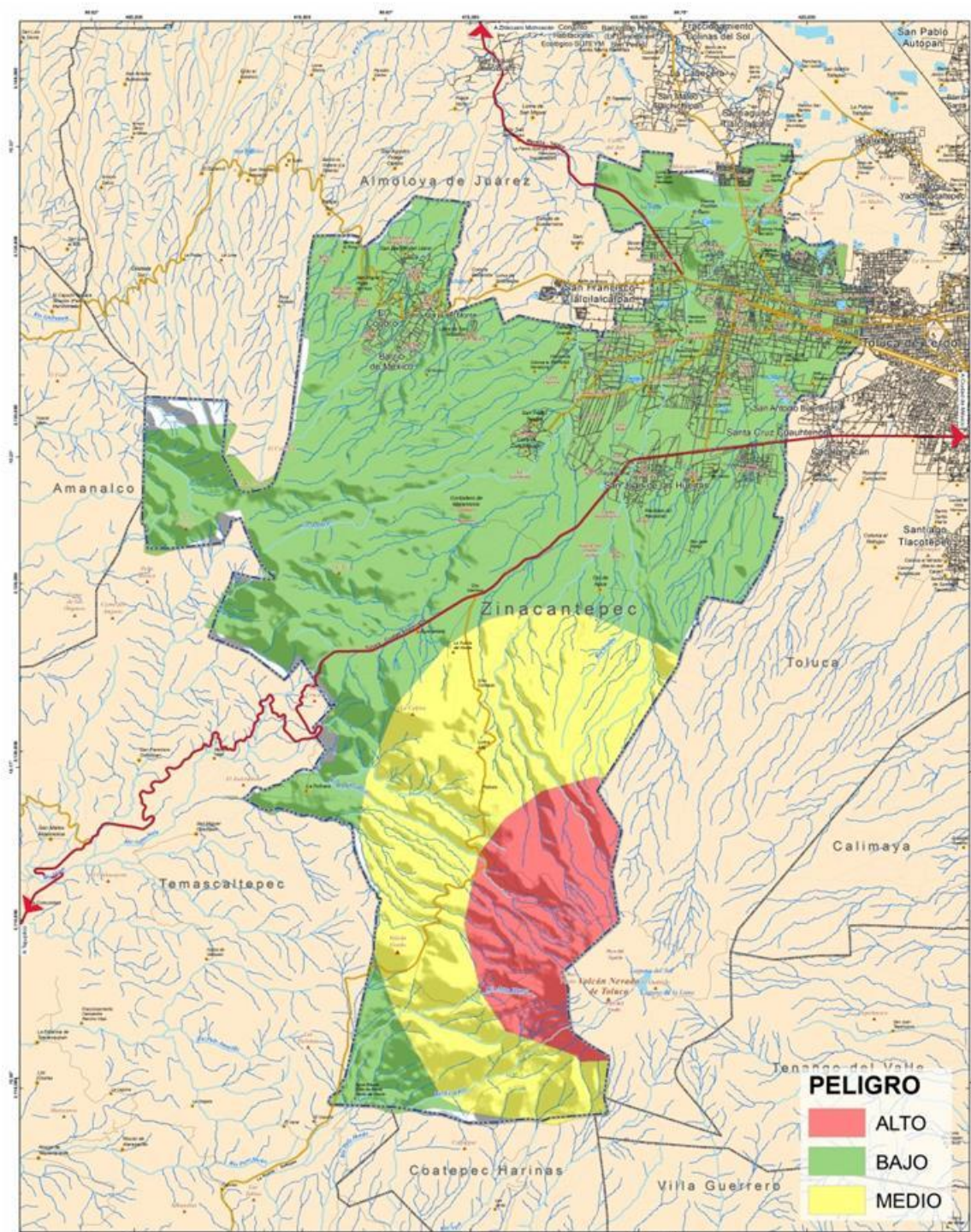
El peligro de la helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella (Matías, et al., 2001). El periodo de heladas para el municipio de Zinacantepec es del mes de diciembre a marzo. Las temperaturas han llegado a descender hasta -5.8°C. En la zona sur del municipio en la estación 15062 es donde se han registrado temperaturas bajo cero.

Para el análisis del peligro por heladas se realizó un modelo de interpolación que permite analizar el comportamiento de los descensos de temperatura por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), tomando como base los registros de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional que rodean la zona de estudio.

El objetivo fundamental de emplear esta técnica es generar una representación territorial aproximada de la distribución de la variable en el espacio, pero conservando el valor y la posición real de los elementos. Para el caso específico de las heladas se utilizó el valor de la media mensual debido a que esta variable permite conocer la frecuencia con que se presenta bajas temperaturas en un mes y estimar con mayor precisión la probabilidad de que se produzcan heladas y las áreas que pueden ser afectadas por este fenómeno.



Figura 59. Nivel de Peligro por Heladas



Fuente: Elaboración propia con base en el Servicio Meteorológico Nacional



Cabe señalar que los efectos de las heladas no se ven reflejados en la infraestructura, ni en los equipamientos de materiales de construcción adecuados, en el caso de la vivienda, la gran mayoría no se afectan, pero si pueden presentar daños aquellas que están construidas con materiales poco estables como los techos y paredes de lámina o madera. En la población los efectos se pueden ver reflejados en enfermedades respiratorias, principalmente en la población de escasos recursos.

Cuadro 18. Datos históricos de temperaturas 1971-2010.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANU AL
ESTACION: 00015276 SAN JOSE DEL CONTADERO W. ALTURA: 3,045.0 MSNM. LATITUD: 19°14'04" N. LONGITUD: 099°48'29"													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-0.9	0.6	2.1	4.5	5.6	5.8	5.5	5.3	5	3.6	1.2	-1.2	3.1
MINIMA MENSUAL	-4.5	-4.3	-2.8	1.1	2.5	3	1.9	1.6	2.1	0.3	-3.1	-5.6	
AÑO DE MINIMA	1999	1998	1998	1999	1998	1996	1998	1998	2001	2001	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-7	-7	-6.5	-2	-2	-2	0	1	1	-4	-7	-7.5	
FECHA MINIMA DIARIA	22/199 8	may- 98	23/199 8	ene-98	15/200 0	ene-83	31/200 4	ene-98	25/198 1	28/19 81	19/20 06	ago- 02	
AÑOS CON DATOS	19	17	21	19	22	22	20	18	19	17	17	20	
ESTACION: 00015062 NEVADO DE TOLUCA ALTURA: 4,283.0 MSNM. LATITUD: 19°07'07" N. LONGITUD: 099°46'53" W.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-2.5	-2.1	-0.8	0.1	0.3	0.7	0.5	0.4	0.4	-0.4	-1.4	-2.1	-0.6
MINIMA MENSUAL	-5.3	-4.8	-4.6	-2.9	-2.3	-1.2	-0.8	-0.8	-2.5	-3	-3.2	-4.4	
AÑO DE MINIMA	2002	2004	2010	2010	1974	1974	1977	2000	2010	2010	2001	2005	
MINIMA DIARIA	-7.5	-10	-8	-6	-5	-4	-4	-7	-5	-9	-6.5	-8.5	
FECHA MINIMA DIARIA	abr-80	feb-04	14/198 3	jul-74	dic-74	14/196 5	14/200 8	18/197 7	23/196 4	31/19 70	25/20 02	23/20 02	
AÑOS CON DATOS	39	36	39	39	39	39	38	37	38	37	36	37	
ESTACION: 00015293 SAN JUAN DE LAS HUERTAS W. ALTURA: 2,905.0 MSNM. LATITUD: 19°14'15" N. LONGITUD: 099°45'51"													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-1.3	-0.3	1.5	4.2	6.1	7.3	7	6.8	6.3	3.8	1.1	-0.5	3.5
MINIMA MENSUAL	-4.9	-3.7	-1.1	1.9	4.4	5.1	5.8	5.2	1.2	-2.8	-4.5	-4.1	
AÑO DE MINIMA	1987	1998	1996	1996	1988	1984	1986	1982	1988	1988	1988	1988	
MINIMA DIARIA	-10.7	-8	-7	-6.1	-5	2	2	2	-4.2	-7	-8.2	-7.5	
FECHA MINIMA DIARIA	dic-97	18/198 5	17/198 8	jun-89	29/198 8	feb-93	14/199 9	17/200 0	15/198 8	jun- 88	dic- 87	24/19 98	
AÑOS CON DATOS	17	18	18	17	16	17	18	17	16	17	17	17	



ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANU AL
ESTACION: 00015089 SAN FRANCISCO TLALCILALCALPAN LATITUD: 19°17'32" N. LONGITUD: 099°46'04" W. ALTURA: 2,773.0 MSNM.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	2.7	3.4	4.9	6.6	8	9	8.5	8.4	8.3	6.5	4.2	3	6.1
MINIMA MENSUAL	-0.1	-0.1	1.7	3.2	4.7	5.9	4.8	4.9	4.8	2.9	1.1	0.1	
AÑO DE MINIMA	1976	1983	1976	1971	1976	1976	1974	1974	1975	1974	1975	1975	
MINIMA DIARIA	-5	-5	-5	0	1	2	0	0.1	0	-2	-8	-8.5	
FECHA MINIMA DIARIA	28/1988	jun-68	jul-68	abr-76	mar-54	17/1974	25/1951	25/1971	ago-74	26/1999	22/1968	26/1955	
AÑOS CON DATOS	60	59	59	59	59	59	60	60	59	58	60	57	
ESTACION: 00015108 SANTA MARIA DEL MONTE LATITUD: 19°18'22" N. LONGITUD: 099°49'29" W. ALTURA: 2,839.0 MSNM.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	3	4.2	5.6	7	7.9	8.5	8.2	7.9	8	6.5	5	3.8	6.3
MINIMA MENSUAL	0	0.6	1.2	3.6	4.9	5.8	0.5	5.9	5.2	2.2	1.7	0.6	
AÑO DE MINIMA	1986	1989	1983	1983	1988	1988	1988	1986	1994	1987	1970	1973	
MINIMA DIARIA	-4	-1	-2.1	-1	1	2.5	0.3	2	0	0	-1.4	-3	
FECHA MINIMA DIARIA	16/2006	abr-63	16/1986	nov-71	26/1966	nov-88	ene-88	23/1986	23/1966	30/1964	14/1963	jul-70	
AÑOS CON DATOS	44	43	44	45	45	45	45	43	41	42	43	44	
ESTACION: 00015282 TRES BARRANCAS LATITUD: 19°20'27" N. LONGITUD: 099°47'54" W. ALTURA: 2,682.0 MSNM.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-1.4	-0.7	1	3.6	6.3	8.7	8.4	8.3	8.3	5.2	1.2	-1.1	4
MINIMA MENSUAL	-3.8	-5.2	-1.4	1.6	3.7	7	6.7	6.4	6.4	1.5	-1.5	-4	
AÑO DE MINIMA	1999	1998	1989	1983	1993	2006	1994	1982	1985	1987	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-11.8	-10	-8.8	-2.3	-1	1	3	2.5	-1.8	-5.5	-9	-10.5	
FECHA MINIMA DIARIA	dic-97	18/2004	nov-89	28/1997	16/2000	23/2003	14/1999	18/2000	oct-88	26/1999	22/2002	26/2006	
AÑOS CON DATOS	26	26	27	25	26	25	26	27	27	27	26	25	
ESTACION: 00015174 PALO MANCORNADO LATITUD: 19°17'33" N. LONGITUD: 099°55'20" W. ALTURA: 3,000.0 MSNM.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	3.5	4	5	6.2	6.8	6.9	6.5	6.4	6.2	5.5	4.6	3.9	5.5
MINIMA MENSUAL	1.5	1.5	1.8	3.2	1.5	1.5	1.3	1.2	1.5	1.5	1.2	1.4	
AÑO DE MINIMA	2009	2005	2005	2009	2005	2005	2009	2005	2009	2004	2009	2009	
MINIMA DIARIA	-3	-2	0	-2	0	0	0	0	0	0	-0.3	-2	
FECHA MINIMA DIARIA	13/1997	ago-00	ene-05	abr-00	ene-05	may-05	feb-05	ene-05	feb-05	oct-02	ago-97	ene-86	
AÑOS CON DATOS	31	31	29	31	31	29	30	30	32	32	32	31	



ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANU AL
ESTACION: 00015374 AGUA BENDITA W. ALTURA: 2,817.0 MSNM. LATITUD: 19°16'02" N. LONGITUD: 099°57'01"													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	2.5	2.9	4.9	6.7	8.1	9.1	9	9	9	7.3	4.4	3	6.3
MINIMA MENSUAL	-1.6	-1.1	1.6	3.6	5.1	6.2	6.4	6.3	6.6	4.7	-3.9	-3.3	
AÑO DE MINIMA	2000	1989	1989	1993	2002	2002	1994	1984	1984	1984	1988	1988	
MINIMA DIARIA	-5.8	-5.5	-4	0.2	0	0	3.5	4	2	-1	-13.5	-7.5	
FECHA MINIMA DIARIA	21/2000	may-00	sep-89	ago-93	17/2002	abr-93	23/2002	dic-84	feb-83	31/1982	15/1988	mar-88	
AÑOS CON DATOS	20	20	19	17	20	20	18	18	18	21	20	20	
ESTACION: 00015240 SAN FRANCISCO PUTLA ALTURA: 2,747.0 MSNM. LATITUD: 19°07'08" N. LONGITUD: 099°37'55" W.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	1.9	3	4.1	6.1	7.4	8.5	8.3	8.5	8.2	5.9	4	2.3	5.7
MINIMA MENSUAL	-0.4	1.5	1.7	3.8	5.9	6.1	4.1	6.4	4.1	3.1	1.9	0.6	
AÑO DE MINIMA	1986	1993	1983	1983	1985	2008	2008	1995	2008	1979	2001	1980	
MINIMA DIARIA	-4	-2.5	-1.5	0	0	1.3	2.5	2.6	0	-1	-5	-5	
FECHA MINIMA DIARIA	23/1983	22/1997	24/1983	sep-83	30/1994	13/1994	29/2008	sep-94	26/1979	27/1986	23/2002	28/1999	
AÑOS CON DATOS	25	23	25	25	24	25	23	25	27	28	27	28	
ESTACION: 00015373 RANCHO VILLA VERDE ALTURA: 2,680.0 MSNM. LATITUD: 19°08'20" N. LONGITUD: 099°36'35" W.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-0.2	1.6	2.6	4.5	6.7	8.8	8.4	8.5	8.3	5.8	2.5	0.5	4.8
MINIMA MENSUAL	-1.6	-1.1	0.1	1.2	3.9	6.8	5.9	5.7	5.5	2.3	0.1	-1	
AÑO DE MINIMA	1991	1993	1993	1993	1993	1994	1994	1994	1994	1987	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-9	-5	-4	-1	0	3	2	0	0.5	-7.1	-6	-6	
FECHA MINIMA DIARIA	dic-97	jun-86	22/1986	sep-93	16/2000	15/1992	14/1999	may-88	oct-88	25/1991	nov-96	nov-00	
AÑOS CON DATOS	13	14	12	11	12	13	13	14	13	13	14	10	
ESTACION: 00015373 RANCHO VILLA VERDE ALTURA: 2,680.0 MSNM. LATITUD: 19°08'20" N. LONGITUD: 099°36'35" W.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-0.2	1.6	2.6	4.5	6.7	8.8	8.4	8.5	8.3	5.8	2.5	0.5	4.8
MINIMA MENSUAL	-1.6	-1.1	0.1	1.2	3.9	6.8	5.9	5.7	5.5	2.3	0.1	-1	
AÑO DE MINIMA	1991	1993	1993	1993	1993	1994	1994	1994	1994	1987	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-9	-5	-4	-1	0	3	2	0	0.5	-7.1	-6	-6	
FECHA MINIMA DIARIA	dic-97	jun-86	22/1986	sep-93	16/2000	15/1992	14/1999	may-88	oct-88	25/1991	nov-96	nov-00	
AÑOS CON DATOS	13	14	12	11	12	13	13	14	13	13	14	10	



ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANU AL
ESTACION: 00015164 TOLUCA (DGE) W. ALTURA: 2,638.0 MSNM. LATITUD: 19°17'30" N. LONGITUD: 099°37'50"													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	1.2	2.5	4.3	6.5	8	9.2	8.7	8.4	8.6	6.4	3.5	2.4	5.8
MINIMA MENSUAL	-1.7	-0.6	0.2	3.1	5.2	7	6.1	6.2	5.4	1.9	-0.7	-0.4	
AÑO DE MINIMA	1988	1989	1989	1989	1989	2006	1986	1986	1988	1987	2001	1988	
MINIMA DIARIA	-8.3	-6.6	-6.6	0.5	2.4	3.8	0.8	2.6	-0.4	-2.8	-7	-5	
FECHA MINIMA DIARIA	28/1988	23/1989	jun-87	dic-71	ago-89	20/1989	13/1977	21/1986	oct-88	29/1987	22/2002	ago-92	
AÑOS CON DATOS	33	33	34	34	35	35	32	33	32	34	33	31	
ESTACION: 00015211 NUEVA OXTOTITLAN ALTURA: 2,695.0 MSNM. LATITUD: 19°16'44" N. LONGITUD: 099°41'09" W.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	0	1.7	3.4	5.7	7.4	8.8	8.5	8.5	8.3	6.1	3.1	1.2	5.2
MINIMA MENSUAL	-2.3	-1.8	0.7	4.1	6.6	6.4	7.2	7.5	7.5	2.5	1.2	-1.6	
AÑO DE MINIMA	1996	1998	1996	1996	1997	2002	2002	2002	1979	2007	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-8.5	-6	-4	0	2	3	3	3	-0.5	-2	-4.5	-7	
FECHA MINIMA DIARIA	dic-97	mar-98	ene-98	nov-07	ene-98	23/1978	21/2001	18/1993	27/1979	26/1999	26/1995	26/2006	
AÑOS CON DATOS	18	18	19	18	16	17	16	17	17	17	17	17	
ESTACION: 00015367 OBSERVATORIO UAEM ALTURA: 2,668.0 MSNM. LATITUD: 19°17'07" N. LONGITUD: 099°39'10" W.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	4.1	5.2	6.4	8.7	9.8	10.9	10.3	10.4	10.4	8.7	6.3	4.4	8
MINIMA MENSUAL	1.8	1.5	1.6	5.4	6.1	9	9	9.2	7.8	4.1	3.8	1.1	
AÑO DE MINIMA	2005	2004	2003	2005	2005	2004	1952	1953	1953	1952	2005	2003	
MINIMA DIARIA	-2.2	-5.6	-1	1.5	1	3.8	5.6	1.5	0	0	-1	-1	
FECHA MINIMA DIARIA	dic-97	14/1993	20/2003	21/2007	may-08	22/2006	25/2006	sep-06	30/2008	13/1952	dic-53	15/2003	
AÑOS CON DATOS	22	22	21	21	20	20	20	20	20	20	20	20	
ESTACION: 00015266 CODAGEM W. ALTURA: 2,762.0 MSNM. LATITUD: 19°14'54" N. LONGITUD: 099°34'32"													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-1.7	-0.2	1.1	3.8	6.2	8.3	7.8	7.8	7.8	5	0.9	-0.6	3.9
MINIMA MENSUAL	-6.1	-5.1	-4.4	-0.4	3.8	6.4	5.6	6.2	5.2	1.6	-1.2	-3.2	
AÑO DE MINIMA	1986	1986	1986	1984	1987	1982	1985	1982	1985	1987	1982	1980	
MINIMA DIARIA	-12	-10.5	-8	-4	0	1	-1	2	0	-5	-8	-9.5	
FECHA MINIMA DIARIA	14/1986	jun-86	14/1986	14/1984	jun-87	ene-93	19/1985	13/1984	oct-88	24/1999	29/1999	29/1980	
AÑOS CON DATOS	23	26	26	24	25	27	29	29	26	28	25	14	



ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANU AL
ESTACION: 00015063 NUEVA SANTA ELENA LATITUD: 19°24'40" N. LONGITUD: 099°41'58" W.													
ALTURA: 2,611.0 MSNM.													
TEMPERATURA MINIMA													
NORMAL	-0.7	0.2	2	4.2	6.1	8.1	7.9	7.7	7.7	5.2	1.8	0	4.2
MINIMA MENSUAL	-3.7	-4.2	-1.8	1.3	3.9	6.1	6.4	5.5	5.7	2	-2.3	-3.2	
AÑO DE MINIMA	1965	1963	1983	1983	1961	1982	1985	1964	1982	1987	1966	1966	
MINIMA DIARIA	-9	-11	-6	-4	-2	0	2	0	-1	-4	-9	-11	
FECHA MINIMA DIARIA	24/1965	dic-61	mar-65	jul-61	16/2000	jul-64	sep-82	25/1961	26/1979	27/1999	26/1961	25/1963	
AÑOS CON DATOS	49	49	49	49	48	48	47	46	47	46	47	47	

Fuente: Elaboración propia con base en los registros del último año del Servicio Meteorológico Nacional.
Temperatura Mínima en °C.

5.2.4. Tormentas de granizo

El granizo es la precipitación de agua en estado sólido, en forma de granos de hielo de diversos tamaños que afectan a la población, regiones agrícolas y zonas ganaderas. En las áreas de asentamientos humanos afectan principalmente a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generan inundaciones durante algunas horas.

Con base en la información de las estaciones meteorológicas ubicadas en el municipio se obtienen los datos que reportan tiempos de duración de fracción de días con granizo acumulados por mes y año, plasmado en número de días con granizo, esta información es útil para realizar la distribución espacial y temporal de zonas de frecuencias de estos eventos.

Para el análisis del peligro por granizadas se realizó un modelo de interpolación que permite analizar el comportamiento de las granizadas en el territorio a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), tomando como base los registros de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional que rodean la zona de estudio.

A partir de los datos obtenidos en cada estación meteorológica de granizadas se realiza una interpolación para obtener una representación territorial aproximada de la distribución de la variable en el espacio, conservando el valor y la posición real de los elementos y obteniendo las zonas de peligro por granizadas.

Cuadro 19. Granizadas en el Municipio de Zinacantan por estación meteorológica 1971-2010.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NO V	DI C	ANU AL
ESTACION: 00015276 SAN JOSE DEL CONTADERO LATITUD: 19°14'04" N. LONGITUD: 099°48'29" W. ALTURA:													
3,045.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.1
AÑOS CON DATOS	20	19	21	19	22	22	20	19	19	18	18	21	
ESTACION: 00015062 NEVADO DE TOLUCA LATITUD: 19°07'07" N. LONGITUD: 099°46'53" W. ALTURA:													
4,283.0 MSNM.													
GRANIZO	1.2	1.5	1.1	4.4	7	7.8	9.5	9.8	7.8	5.6	2.2	1.6	59.5
AÑOS CON DATOS	42	39	42	42	42	42	41	40	40	40	40	41	



ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NO V	DI C	ANU AL
ESTACION: 00015293 SAN JUAN DE LAS HUERTAS LATITUD: 19°14'15" N. LONGITUD: 099°45'51" W. ALTURA: 2,905.0 MSNM.													
GRANIZO	1.8	0.4	0.3	0.1	0.8	0.9	0.8	0	0.2	0.3	0.1	0.9	6.6
AÑOS CON DATOS	21	22	22	21	19	20	20	21	21	21	21	21	
ESTACION: 00015089 SAN FRANCISCO TLALCILALCAPAN LATITUD: 19°17'32" N. LONGITUD: 099°46'04" W. ALTURA: 2,773.0 MSNM.													
GRANIZO	0.2	0.3	0.4	0.6	1.5	1.6	1.5	1	0.8	0.6	0.3	0.2	9
AÑOS CON DATOS	60	60	60	59	60	59	60	60	59	59	60	57	
ESTACION: 00015108 SANTA MARIA DEL MONTE LATITUD: 19°18'22" N. LONGITUD: 099°49'29" W. ALTURA: 2,839.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0.4	0.3	0.5	1.1	0.9	1.1	0.9	1	0.1	0.1	0.1	6.5
AÑOS CON DATOS	47	47	47	48	48	48	48	46	44	45	46	47	
ESTACION: 00015282 TRES BARRANCAS LATITUD: 19°20'27" N. LONGITUD: 099°47'54" W. ALTURA: 2,682.0 MSNM.													
GRANIZO	0.1	0	0.3	0.3	0.6	0.9	1.7	0.7	0.5	0.2	0.2	0	5.5
AÑOS CON DATOS	26	26	27	25	26	25	26	27	27	27	26	24	
ESTACION: 00015174 PALO MANCORNADO LATITUD: 19°17'33" N. LONGITUD: 099°55'20" W. ALTURA: 3,000.0 MSNM.													
GRANIZO	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	0.6	0.2	0.1	0	0.1	0.1	2.3
AÑOS CON DATOS	36	36	34	36	36	35	37	37	38	38	39	37	
ESTACION: 00015374 AGUA BENDITA LATITUD: 19°16'02" N. LONGITUD: 099°57'01" W. ALTURA: 2,817.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0.1	0	0	0	0.3
AÑOS CON DATOS	22	22	21	20	22	22	20	20	20	23	22	23	
ESTACION: 00015254 EL MOLINO E-16 LATITUD: 18°59'23" N. LONGITUD: 099°45'21" W. ALTURA: 2,500.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0	0.1	1	0.5	0	0.1	0	0	0	0	1.7
AÑOS CON DATOS	21	21	21	22	24	24	23	22	23	21	21	18	
ESTACION: 00015240 SAN FRANCISCO PUTLA LATITUD: 19°07'08" N. LONGITUD: 099°37'55" W. ALTURA: 2,747.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	25	23	25	25	24	25	23	25	28	29	27	28	



ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NO V	DI C	ANU AL
ESTACION: 00015164 TOLUCA (DGE) LATITUD: 19°17'30" N. LONGITUD: 099°37'50" W. ALTURA: 2,638.0 MSNM.													
GRANIZO	0.1	0.1	0.2	0.6	1	0.8	0.6	0.7	0.4	0.4	0.1	0.1	5.1
AÑOS CON DATOS	34	34	34	34	35	35	33	33	33	34	33	31	
ESTACION: 00015211 NUEVA OXTOTITLAN LATITUD: 19°16'44" N. LONGITUD: 099°41'09" W. ALTURA: 2,695.0 MSNM.													
GRANIZO	2.6	0.7	0.3	0.5	1.1	0.8	0.9	0.6	0.4	0.5	0.2	2.2	10.8
AÑOS CON DATOS	18	18	19	18	16	18	17	17	17	17	17	17	
ESTACION: 00015367 OBSERVATORIO UAEM LATITUD: 19°17'07" N. LONGITUD: 099°39'10" W. ALTURA: 2,668.0 MSNM.													
GRANIZO	2.1	1.2	0.4	0.6	0.9	0.7	0.8	0.7	0.5	0.5	0.3	1.6	10.3
AÑOS CON DATOS	22	22	21	21	20	20	20	20	20	20	20	20	
ESTACION: 00015266 CODAGEM LATITUD: 19°14'54" N. LONGITUD: 099°34'32" W. ALTURA: 2,762.0 MSNM.													
GRANIZO	0.4	0.1	0.1	0.5	0.6	0.5	0.5	0.2	0.2	0.5	0.3	1.3	5.2
AÑOS CON DATOS	26	27	26	25	25	28	30	30	27	28	26	14	
ESTACION: 00015063 NUEVA SANTA ELENA LATITUD: 19°24'40" N. LONGITUD: 099°41'58" W. ALTURA: 2,611.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0.2	0.1	0.7	0.8	1	1	0.4	0.4	0.2	0.1	4.9
AÑOS CON DATOS	49	49	49	49	48	48	47	46	47	47	47	47	

Fuente: Elaboración propia con base en los registros del último año del Servicio Meteorológico Nacional. Este fenómeno se presenta durante los meses de junio a septiembre en el municipio, cabe señalar que de acuerdo a los registros del último año, existe una actividad media de granizadas, mostrando anualmente zonas donde se llegan a registrar hasta 59 días con granizo como en la estación 15062 denominada Nevado de Toluca. Por ello, el nivel de peligro por granizo en la zona sur es muy alto, al norte el registro de días con granizo desciende hasta los 9 días estableciendo niveles de peligro bajo.

Cabe señalar que no obstante que la zona norte presenta comparativamente un nivel de peligro bajo, no se encuentra exenta de recibir granizadas atípicas como las que se indican en el cuadro siguiente.

Cuadro 20. Ejemplos de granizadas registradas en el Municipio de Zinacantepec 2012-2013.

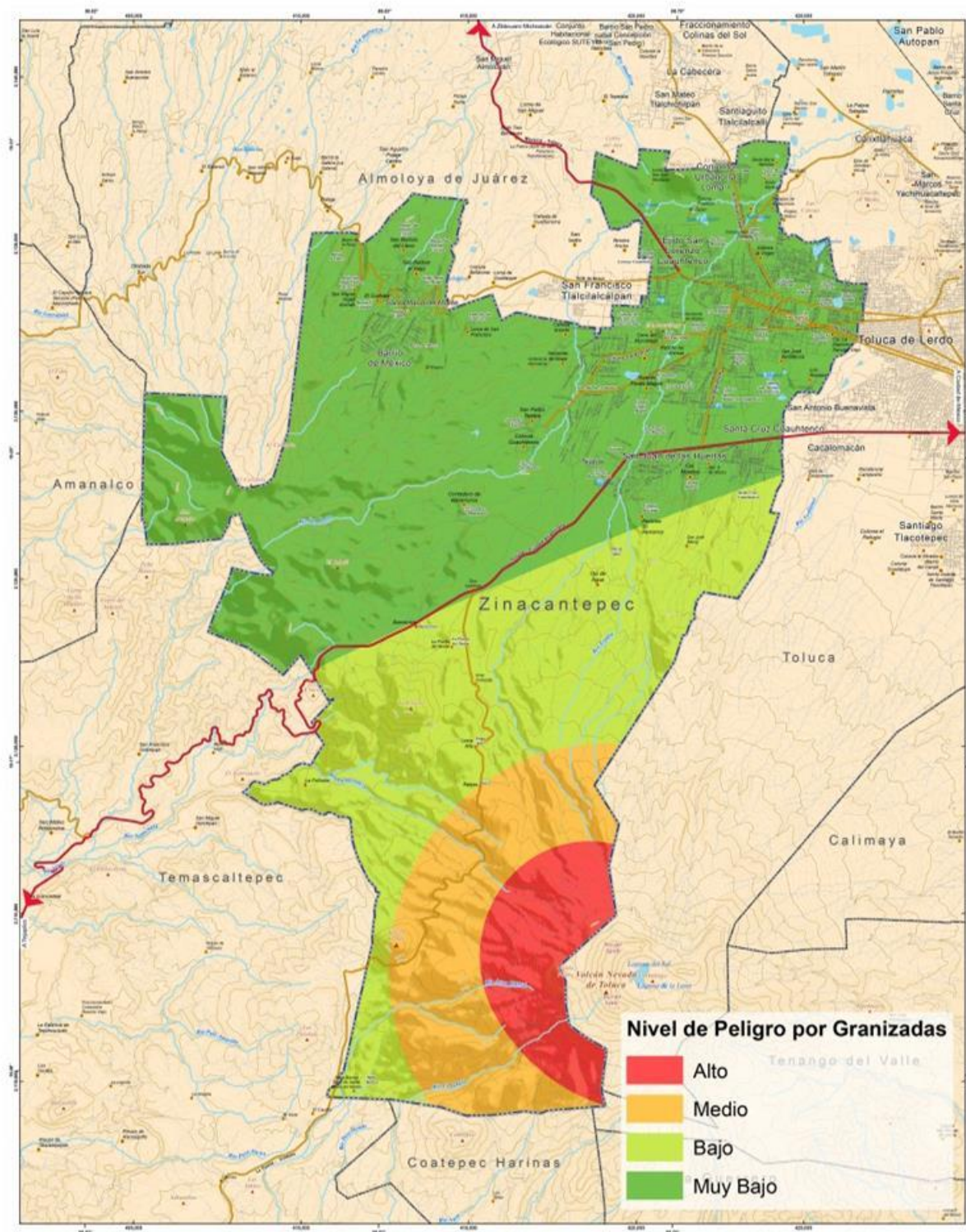
FECHA/FUENTE	DAÑOS	LOCALIDADES AFECTADAS
19 de junio de 2013 El Sol de México, Toluca.	Se presentó una tormenta de granizo que provoco obstrucción de drenajes e inundaciones. Hubo zonas donde el granizo subió hasta 30 centímetros. La SAGARPA considero que el evento provocó tales daños que se declaró zona de desastre para poder acceder a recursos para la recuperación de las zonas de cultivo.	Achualco, La Huerta, Tejalpa y Santa Cruz Cuauhtenco, San Juan de Las Huertas.



FECHA/FUENTE	DAÑOS	LOCALIDADES AFECTADAS
9 de agosto de 2013 Diario oficial de la federación	Por los daños provocados por la granizada que se presentó el 9 de agosto, se realizó una declaratoria de Desastre Natural en el sector agropecuario, acuícola y pesquero que afectó al Municipio de Zinacantepec del Estado de México.	Zinacantepec
05 de enero de 2013	Calles de Toluca, Metepec y Zinacantepec registraron hoy afectaciones a consecuencia de una intensa lluvia, acompañada de granizo, que se registró hoy en esta zona del Estado de México. Capas de granizo afectaron las vialidades de la zona centro de la capital mexiquense, como Paseo Tollocan, Morelos, Independencia, e Hidalgo, así como los accesos al municipio de Metepec y el camino a Zinacantepec.	Zinacantepec y Toluca.
04 Noviembre 2012 El Universal	Se registró una granizada en la zona del Nevado de Toluca, lo que ocasionó que el volcán alcanzará niveles de más de 40 cm de granizo en las zonas más altas.	Nevado de Toluca.
05 de febrero de 2012 Azteca noticias	Se registró una tormenta de nieve y granizo el 5 de febrero por la tarde. Lo que obligó a los cuerpos de emergencia y seguridad que vigilan las inmediaciones del volcán a evacuar la zona.	Volcán Xinantécatl,



Figura 60. Nivel de Peligro por Granizadas



Fuente: Elaboración propia con base en el Servicio Meteorológico Nacional.



5.2.5. Tormentas de nieve

Cuando el aire posee propiedades físicas similares en una gran extensión, se llama masa de aire, en cada nivel, la temperatura y humedad, son uniformes en sentido horizontal y cuyas dimensiones pueden ser de más de 1,000 km. de cubrimiento. Las masas de aire se producen en los continentes o sobre los océanos, en regiones donde el aire adquiere las características físicas de la zona latitudinal de ubicación. Las regiones de contraste de temperatura, humedad, presión, viento y energía potencial que se ubican entre dos masas de aire se llaman frentes o sistemas frontales. Este fenómeno provoca precipitaciones de importancia sobre todo en la región norte de la República Mexicana, por el desplazamiento de masas y frentes de aire fríos que provienen de las zonas polares, que forman las llamadas tormentas de invierno, las masas de aire comúnmente se clasifican como granizadas, heladas y nevadas.

Las nevadas se forman con cristales de hielo cuando la temperatura del aire es menor al punto de congelación y el vapor de agua que contiene pasa directamente al estado sólido. Para que ocurra una tormenta de nieve es necesario que se unan varios de los cristales de hielo hasta un tamaño tal que su peso sea superior al empuje de las corrientes de aire. Eventualmente pueden formarse nevadas en el altiplano de México por la influencia de las corrientes frías provenientes del norte del país. La nieve que cubre el suelo al derretirse forma corrientes de agua que fluyen o se infiltran para recargar mantos acuíferos.

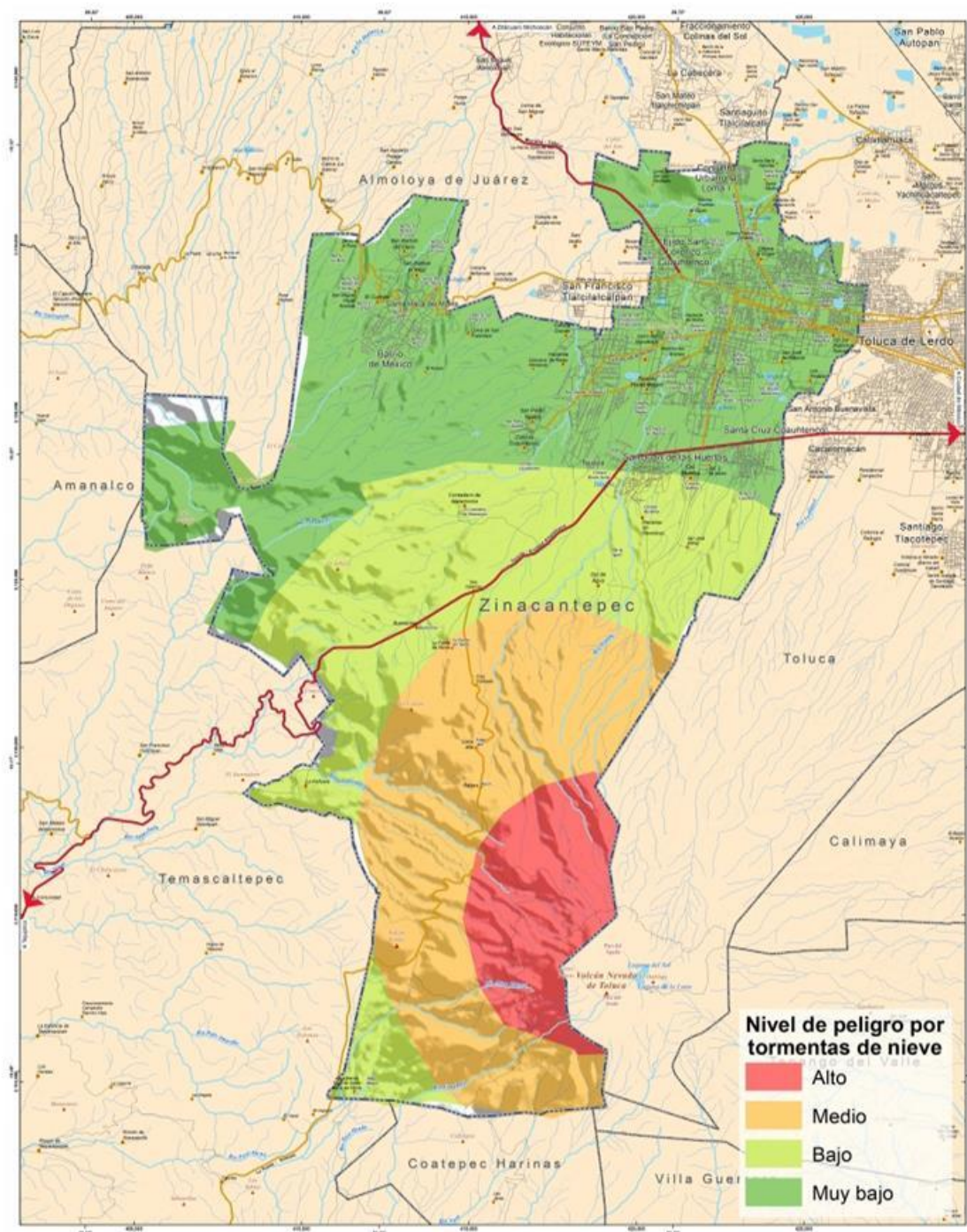
Para el análisis del peligro por nevadas se realizó un modelo de interpolación que permite analizar el comportamiento de los descensos de temperatura por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), tomando como base los registros de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional que rodean la zona de estudio.

A partir de los datos previstos de temperatura y altura se calcula, para cada estación meteorológica, la altitud a la que se encontrarían el gradiente vertical de temperatura la altitud, así obtenida, es el valor estimado para la cota de nieve.

Este valor de cota de nieve es potencial, es decir, sólo tiene sentido cuando existe alguna probabilidad de precipitación, y, por tanto, para tener una estimación de la probabilidad de que se produzcan nevadas. Una vez obtenidos los datos por estaciones meteorológicas se realiza la interpolación, al emplear esta técnica se obtiene una representación territorial aproximada de la distribución de la variable en el espacio, pero conservando el valor y la posición real de los elementos.



Figura 61. Nivel de Peligro por Tormentas de Nieve



Fuente: Elaboración propia con base en el Servicio Meteorológico Nacional.

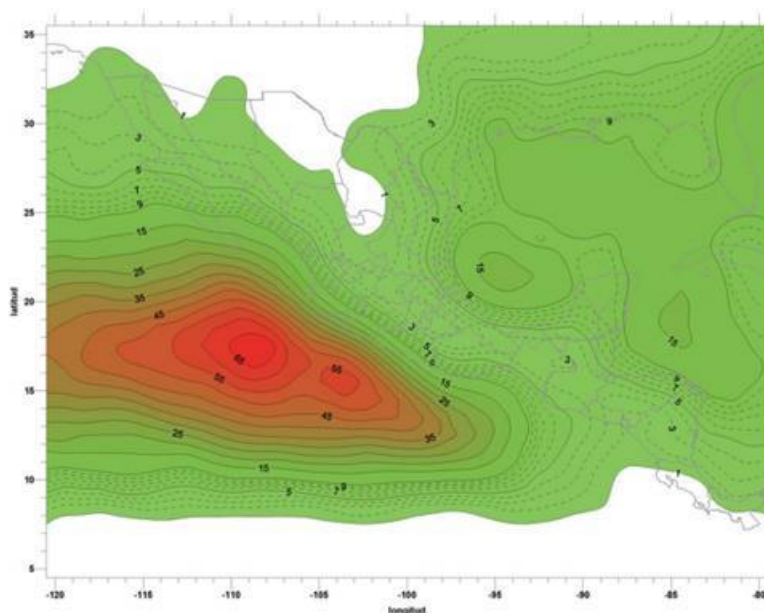


En el municipio de Zinacantan los niveles altos de peligro por tormentas de nieve se identifican en las partes altas al sur del municipio, cabe señalar, que este tipo de fenómenos se presenta en las inmediaciones del volcán Xinantécatl lo que en ocasiones provoca el desalojo de los visitantes hacia esta zona. Las tormentas de nieve en el volcán se presentan en los meses de noviembre a marzo. De acuerdo con datos hemerográficos en el 2012 durante la temporada invernal se registraron cuatro tormentas de nieve sin que estas provocaran daños a la población.

5.2.6. Ciclones Tropicales

Un ciclón tropical es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. Como su nombre lo indica, el ciclón tropical se origina en las regiones tropicales de nuestro planeta⁷.

Figura 62 Presencia de ciclones tropicales en México (las líneas indican el número de ciclones tropicales promedio que se presentan cada año).



Fuente: CENAPRED 2003.

Los efectos de los Huracanes -como se les llama en México-, son los que provocan mayor destrucción en nuestro país, son capaces de causar graves daños a poblaciones costeras y ocasionar pérdidas humanas y económicas difíciles de superar.

La energía de los ciclones tropicales proviene esencialmente del calor y la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera. Este tipo de fenómenos no se presentan en el Municipio de Zinacantan, cabe señalar que la principal amenaza provocada por los huracanes en el municipio es el aumento de la humedad en el ambiente desencadenando lluvias que a la postre repercutirán como inundaciones, fenómeno que será analizado con mayor profundidad en otro subcapítulo.

⁷ CENAPRED; Ciclones Tropicales, 2003.



5.2.7. Tornados

Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice, el cual aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme, resultado de una gran inestabilidad, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste. De acuerdo con el Servicio Meteorológico de los EUA (NWS, 1992), los tornados se forman cuando chocan masas de aire con diferentes características físicas de densidad, temperatura, humedad y velocidad.

En el municipio de Zinacantan no existen registros sobre este tipo de fenómenos, sin embargo, en localidades cercanas como en San Andrés Cuexcontitlán, municipio de Toluca se presentó un tornado de categoría uno en el 2012.

5.2.8. Tormentas de polvo

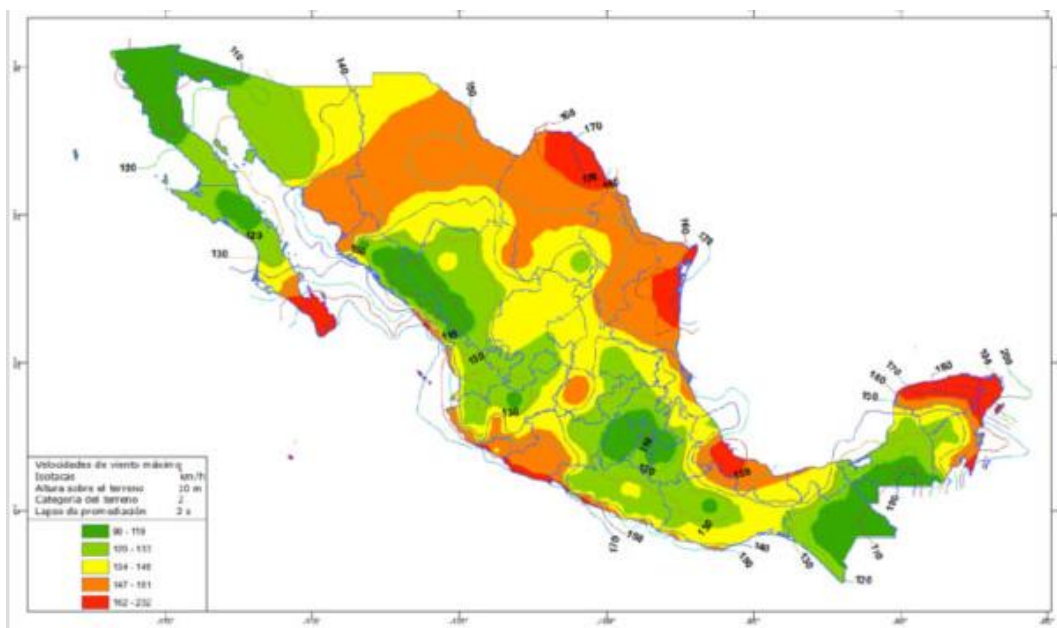
Una tormenta de polvo, es un fenómeno que se produce cuando vientos de suficiente intensidad soplan sobre polvo o arena suelta en una superficie seca. Las partículas son transportadas en la dirección del viento, ya sea por suspensión o flotando.

Es decir, las tormentas de polvo tienen como factor el viento, éste se origina por el desigual calentamiento de las masas de aire en las diversas regiones de la atmósfera. Los vientos de mayor intensidad en México son los que se producen durante los huracanes; de hecho, la velocidad de viento es precisamente el parámetro con lo que se miden estos fenómenos. Por tanto, las zonas costeras, y en particular las que tienen alta incidencia de huracanes, son las que están expuestas a un mayor peligro por efecto del viento. Sin embargo, otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aun en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos (CENAPRED, 2001).

En el siguiente mapa se muestra el nivel de peligro por viento, elaborado por CENAPRED (2001) con base en datos de la Comisión Federal de Electricidad. De acuerdo a esta zonificación, la República Mexicana está dividida en cuatro zonas de peligro por viento: Muy alto (intervalos de 190 a 220 km/hr), Alto peligro (intervalos de 160 a 190 km/hr), Moderado, (intervalos de 130 a 160 km/hr), Bajo (intervalos de 100 a 130 km/hr), el estado de México presenta tres niveles de peligro por vientos –muy alto, alto y moderado- el municipio de Zinacantan se ubica en los niveles bajos.



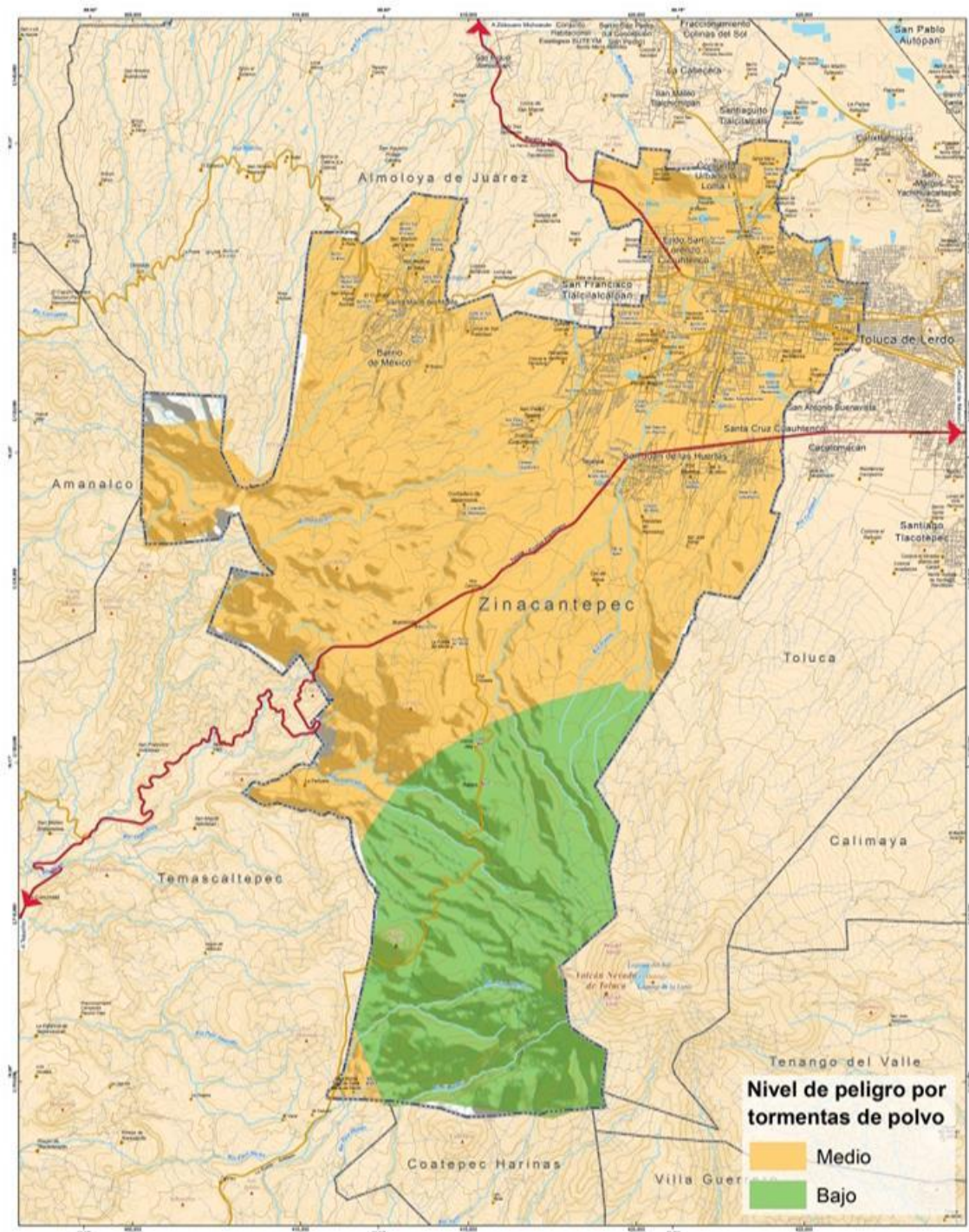
Figura 63. Zonificación de velocidades máximas de viento en México.



Los vientos regionales dominantes se presentan por el norte, y tiene una actividad alta durante los meses de enero, febrero, marzo y octubre, noviembre y diciembre, según los registros históricos de 1940 a 1980 del Instituto de Geografía de la UNAM, los meses de más vientos son de diciembre a marzo con velocidades de entre 4 a 6 m/s según la escala Beaufort, con un porcentaje de calmas de más de 20%.



Figura 64. Nivel de Peligro por Tormentas de Polvo



Fuente: Elaboración propia con base en CENAPRED



El viento es un fenómeno que provoca pocos daños en el municipio, la zona con peligro medio se ubica en la zona norte, sus principales consecuencias están relacionadas con la afectación de techos y paredes de viviendas construidas con materiales poco estables, principalmente en las localidades más marginadas del este del municipio, sobresaliendo las de La Peñuela, Barrio de La Rosa y el Kiosco (Delegación Barrio de México).

5.2.9. Tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica es una descarga de rayos producida por el incremento del potencial eléctrico entre las nubes y la superficie terrestre. Es un fenómeno meteorológico en el que se presentan rayos que caen a la superficie, generalmente en zonas boscosas y en zonas urbanas.

Para el análisis del peligro por tormentas eléctricas se realizó un modelo de interpolación que permite analizar el comportamiento de las tormentas eléctricas por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), tomando como base los registros de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional que rodean la zona de estudio.

El objetivo fundamental de emplear esta técnica es generar una representación territorial aproximada de la distribución de la variable en el espacio, pero conservando el valor y la posición real de los elementos. Para el caso específico de este fenómeno se utilizó el registro de las tormentas eléctricas por estación meteorológica debido a que esta variable permite conocer la frecuencia con que se presenta en un mes y estimar con mayor precisión la probabilidad de que se produzca este fenómeno, así como, las áreas que pueden ser afectadas.

La identificación de este tipo de fenómenos está basada en la información obtenida por las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional, en el municipio de Zinacantepec existen siete estaciones meteorológicas.

Figura 65. Estaciones Meteorológicas en el Municipio



Fuente: Elaboración propia con base en SMN



Cuadro 21. Registro de tormentas eléctricas por estación meteorológica 1971-2010.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00015276 SAN JOSE DEL CONTADERO LATITUD: 19°14'04" N. LONGITUD: 099°48'29" W. ALTURA: 3,045.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	20	19	21	19	22	21	20	19	19	18	18	21	
ESTACION: 00015062 NEVADO DE TOLUCA LATITUD: 19°07'07" N. LONGITUD: 099°46'53" W. ALTURA: 4,283.0 MSNM.													
TORMENTA E.	1	0.7	1.2	3.3	7.5	8.3	8.5	9.4	7.9	4.4	1.4	0.6	54.2
AÑOS CON DATOS	42	39	42	42	42	42	41	40	40	40	40	41	
ESTACION: 00015293 SAN JUAN DE LAS HUERTAS LATITUD: 19°14'15" N. LONGITUD: 099°45'51" W. ALTURA: 2,905.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.2	0.4	0.3	0.9	3.4	3.8	4.5	3.4	3.3	1.2	0.3	0	21.7
AÑOS CON DATOS	21	22	22	21	19	20	20	21	21	21	21	21	
ESTACION: 00015089 SAN FRANCISCO TLALCILALCALPAN LATITUD: 19°17'32" N. LONGITUD: 099°46'04" W. ALTURA: 2,773.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.5	0.9	1.5	3.5	6.5	7.6	8.7	8.3	5.3	3.1	1.2	0.3	47.4
AÑOS CON DATOS	60	60	60	59	60	59	60	60	59	59	60	57	
ESTACION: 00015108 SANTA MARIA DEL MONTE LATITUD: 19°18'22" N. LONGITUD: 099°49'29" W. ALTURA: 2,839.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.5	0.3	0.5	1.1	1.9	1.9	2.8	3.5	3.3	2.1	0.9	0.5	19.3
AÑOS CON DATOS	47	47	47	48	48	48	48	46	44	45	46	47	
ESTACION: 00015282 TRES BARRANCAS LATITUD: 19°20'27" N. LONGITUD: 099°47'54" W. ALTURA: 2,682.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.6	1.5	1.4	3	6.8	9.8	12.5	12	9.6	5	1.6	0.2	64
AÑOS CON DATOS	26	26	27	25	26	25	26	27	27	27	26	25	
ESTACION: 00015174 PALO MANCORNADO LATITUD: 19°17'33" N. LONGITUD: 099°55'20" W. ALTURA: 3,000.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0	0.1	0.3	0.3	0.6	0.2	0.1	0	0	0	1.6
AÑOS CON DATOS	36	36	34	36	36	35	37	37	38	38	39	37	
ESTACION: 00015374 AGUA BENDITA LATITUD: 19°16'02" N. LONGITUD: 099°57'01" W. ALTURA: 2,817.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0	0	0	0.3
AÑOS CON DATOS	22	22	21	20	22	22	20	20	20	23	22	23	
ESTACION: 00015254 EL MOLINO E-16 LATITUD: 18°59'23" N. LONGITUD: 099°45'21" W. ALTURA: 2,500.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0.1	1	1.7	4	6.8	6	8.8	7.7	3.8	1.6	0.2	41.7
AÑOS CON DATOS	21	21	21	22	24	24	23	22	23	21	21	18	
ESTACION: 00015240 SAN FRANCISCO PUTLA LATITUD: 19°07'08" N. LONGITUD: 099°37'55" W. ALTURA: 2,747.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	25	23	25	25	24	25	23	25	28	29	27	28	



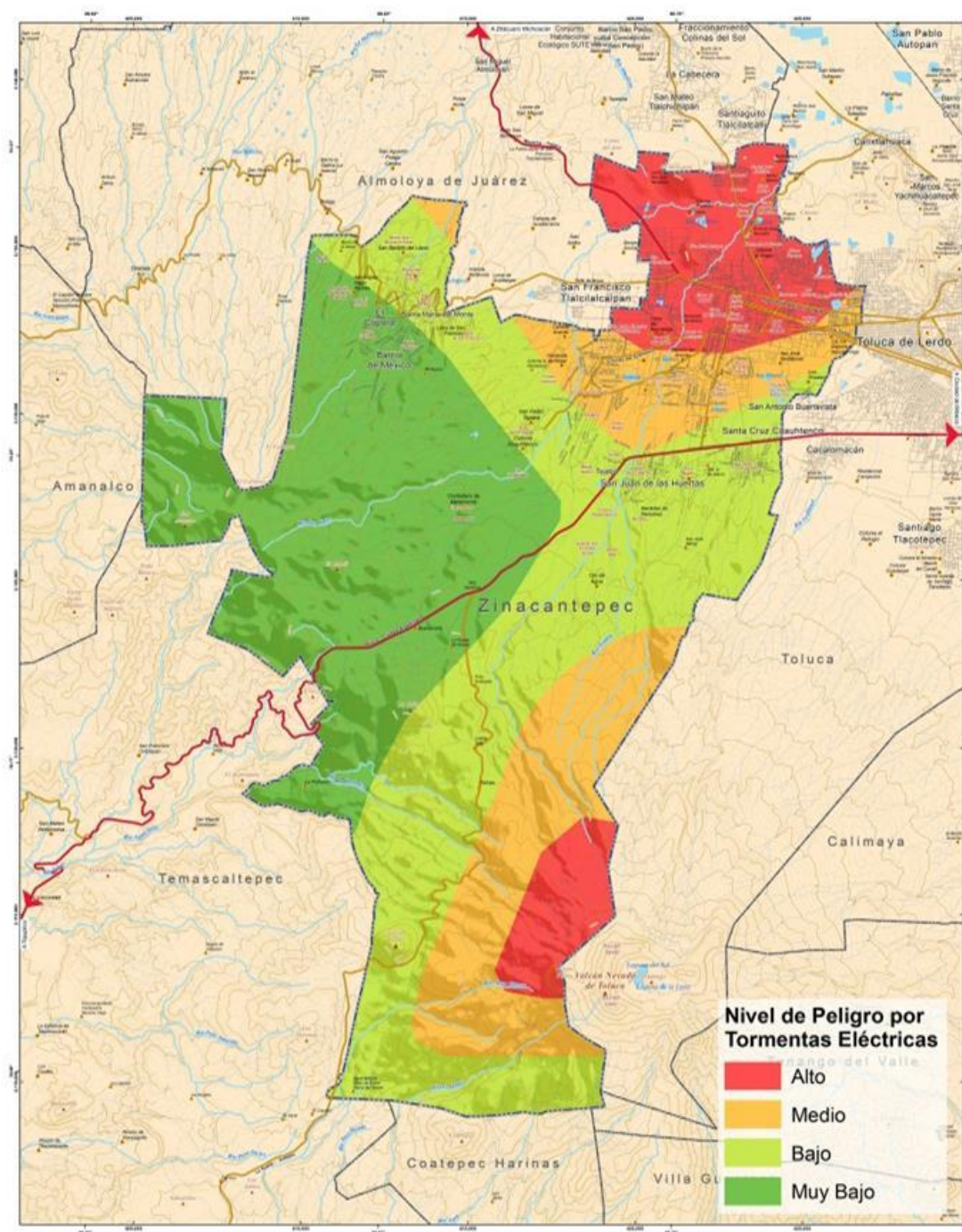
ESTACION: 00015164 TOLUCA (DGE)			LATITUD: 19°17'30" N.			LONGITUD: 099°37'50" W.				ALTURA: 2,638.0 MSNM.			
TORMENTA E.	0.1	0.1	0.1	0.4	1.4	2.5	2.5	2.9	2.3	1.2	0.2	0	13.7
AÑOS CON DATOS	34	34	34	34	35	35	33	33	33	34	33	31	
ESTACION: 00015211 NUEVA OXTOTITLAN			LATITUD: 19°16'44" N.			LONGITUD: 099°41'09" W.				ALTURA: 2,695.0 MSNM.			
TORMENTA E.	0	0	0.1	0.6	1.8	2.4	3.8	5.5	2.8	0.9	0.2	0	18.1
AÑOS CON DATOS	18	18	19	18	16	18	17	17	17	17	17	17	
ESTACION: 00015367 OBSERVATORIO UAEM			LATITUD: 19°17'07" N.			LONGITUD: 099°39'10" W.				ALTURA: 2,668.0 MSNM.			
TORMENTA E.	0.3	1.2	2	2.5	6.5	8.5	9.4	9.1	6.8	3.8	1.3	0.3	51.7
AÑOS CON DATOS	22	22	21	21	20	20	20	20	20	20	20	20	
ESTACION: 00015266 CODAGEM			LATITUD: 19°14'54" N.			LONGITUD: 099°34'32" W.				ALTURA: 2,762.0 MSNM.			
TORMENTA E.	0.4	0.4	0.2	0.5	1.8	2.1	2.2	2.5	1.7	0.3	0.6	0	12.7
AÑOS CON DATOS	26	27	26	25	25	28	30	30	27	28	26	14	
ESTACION: 00015063 NUEVA SANTA ELENA			LATITUD: 19°24'40" N.			LONGITUD: 099°41'58" W.				ALTURA: 2,611.0 MSNM.			
TORMENTA E.	0	0	0	0.1	0.2	0.6	0.9	0.6	0.4	0.2	0.7	0	3.7
AÑOS CON DATOS	49	49	49	49	48	48	47	46	47	47	47	47	

Fuente: Elaboración propia con base en los registros del último año del Servicio Meteorológico Nacional.

De acuerdo con la información registrada por más de 40 años, la zona norte y sur del municipio presenta un peligro alto ante el fenómeno de tormentas eléctricas ya que en la estación No. 15062 ubicada en la zona limítrofe con el Volcán Xinantécatl se tiene registro de hasta 54 tormentas eléctricas en un año, en condiciones similares se encuentra el extremo sur del municipio, en la estación 15126 se registraron 51.9 tormentas en el último año.



Figura 66. Mapa de Peligro por Tormentas Eléctricas



Fuente: Elaboración propia con base en datos del Instituto de Geografía de la UNAM y estaciones meteorológicas del SMN.



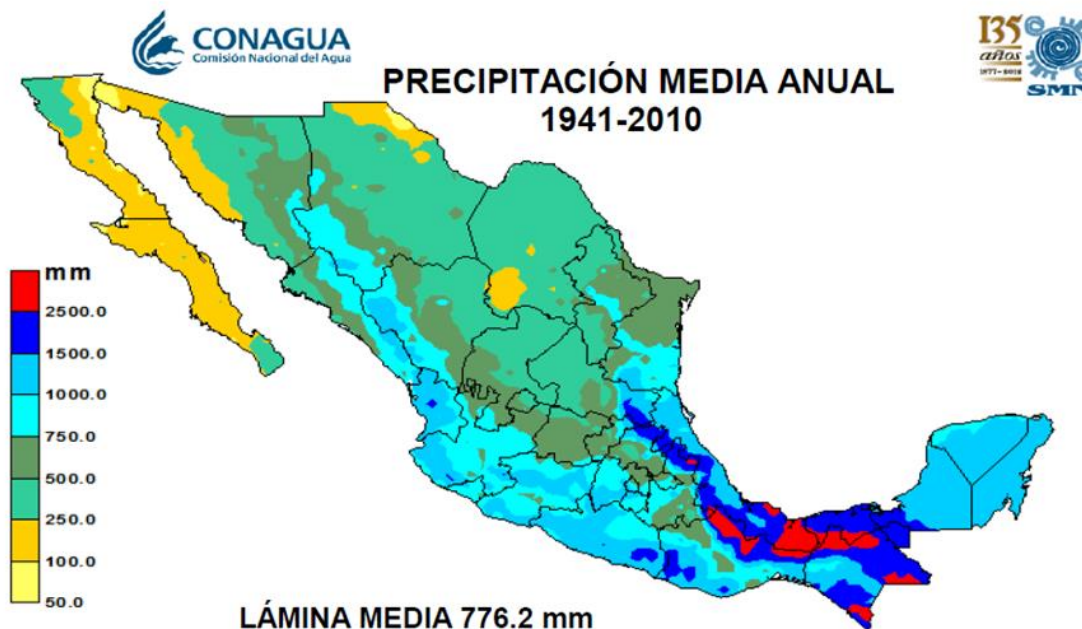
5.2.10. Lluvias extremas

El agua es uno de los recursos más importantes de cualquier territorio, sin embargo, durante las últimas décadas en México se han experimentado situaciones extremas en el ciclo hidrológico, como son las inundaciones y las sequías.

La precipitación pluvial se refiere a cualquier forma de agua, sólida o líquida, que cae de la atmósfera y alcanza a la superficie de la Tierra. La precipitación es de varios tipos, según el CENAPRED los tipos de precipitación son: lluvia, llovizna, nieve, granizo o cellisca. La precipitación que ocurre en una zona no es constante y el escurrimiento que se genera depende en gran medida de la extensión y de las características del terreno como puede ser pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, etc.

En México, la mayor cantidad de precipitación se concentra en los estados del sur y sureste, con cantidades superiores a los 1,200 mm como media anual, lo cual muestra las áreas de mayor peligro por la ocurrencia de inundaciones y otros fenómenos hidrometeorológicos. Estados como Tabasco, Veracruz y Chiapas reciben una cantidad de precipitación anual muy alta.

Figura 67. Mapa de Precipitación Media anual en mm.



Elaboración propia con base en el mapa de precipitación media anual de INEGI.

Los tipos de lluvia se clasifican de la siguiente forma:

- Lluvias invernales (frentes fríos), consisten en el desplazamiento de frentes de aire frío procedentes de la zona del polo norte y que forman las llamadas tormentas de invierno o equipatas. En el país la zona norte es la más afectada por este tipo de fenómenos.
- Lluvias ciclónicas, son las provocadas por los ciclones tropicales que pueden ocasionar tormentas de larga duración por varios días y abarcan grandes extensiones.
- Lluvias orográficas, se originan con las corrientes de aire húmedo que chocan con las barreras montañosas, provocando su ascenso y consecuente enfriamiento lo que da lugar a su condensación



y, como resultado, la ocurrencia de precipitación en el lado por donde sopla el viento (barlovento) hacia las montañas.

- Lluvias convectivas, tienen su origen en el calentamiento de la superficie terrestre; el aire en contacto con zonas cálidas llega a calentarse más que en los alrededores, lo que da lugar a corrientes verticales en las que asciende el aire caliente húmedo. Estas corrientes al llegar a la capa de la troposfera, se enfrían rápidamente, produciéndose la condensación de vapor de agua y formándose nubes densas, por lo general del tipo de cúmulos. Se presentan en áreas reducidas ya que el ascenso y descenso de las corrientes sólo muestran un espacio local (Ahrens, 2000 en CENAPRED, 2004 b).

Para el análisis del peligro por lluvias extremas se determinó la intensidad de las lluvias extremas para duraciones comprendidas entre 5 minutos y 24 horas, también se consideró el promedio de precipitación media mensual.

Con base en la información de cada una de las estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional presentes en el municipio y las circundantes, se realizó un modelo de interpolación que permite analizar el comportamiento de la precipitación por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Esta técnica permite generar una representación territorial aproximada de la distribución de la variable en el espacio, conservando el valor y la posición real de los elementos y obteniendo las zonas de peligro por mayor precipitación.

En Zinacantepec según los registros del Servicio Meteorológico Nacional los niveles de precipitación oscilan entre los 770 mm y hasta 2698 mm anuales, fue el año de 2004 donde se experimentaron las mayores precipitaciones alcanzando un máximo de 563 mm en el mes de agosto. El periodo de mayor precipitación es entre los meses de Julio y Agosto; en los meses de Enero a Abril los niveles de lluvia bajan hasta alcanzar precipitaciones máximas mensuales de hasta 77 mm.

Cuadro 22. Registro de precipitación por estación meteorológica 1971-2010

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00015276 SAN JOSE DEL CONTADERO LATITUD: 19°14'04" N. LONGITUD: 099°48'29" W.													
ALTURA: 3,045.0 MSNM.													
NORMAL	15.3	18.3	6.7	30	82.9	180.2	217.1	182.2	148.8	84.2	25	14.9	1,005.60
MAXIMA MENSUAL	80	176.9	44.5	124.5	420.9	381.2	420.1	397.2	295.5	254.5	102.6	83	
AÑO DE MAXIMA	1998	1982	2005	2001	2001	2001	2005	1998	1989	2005	1998	1995	
MAXIMA DIARIA	40	32.5	20	20	33	40	90	37	28.5	25	20	29	
FECHA MAXIMA DIARIA	18/1998	28/1982	may-95	nov-81	13/1994	21/1994	26/2002	14/1998	23/2005	feb-05	27/1986	30/1995	
AÑOS CON DATOS	20	18	21	19	22	22	20	18	19	18	17	21	
ESTACION: 00015062 NEVADO DE TOLUCA LATITUD: 19°07'07" N. LONGITUD: 099°46'53" W.													
ALTURA: 4,283.0 MSNM.													
PRECIPITACION													
NORMAL	15.3	13.2	12.4	56.4	116.4	204.6	243.5	228.1	208.4	87.8	27.1	15.1	1,228.30
MAXIMA MENSUAL	53	56.2	104	214	237.3	322.5	513.5	379.8	350	192.9	134.6	60	
AÑO DE MAXIMA	1969	1982	1971	2008	2009	1974	2008	1969	1969	1992	1976	1995	
MAXIMA DIARIA	30	17	20	80	70.9	70.3	90.5	88.9	70.5	45.3	42.7	20	
FECHA MAXIMA DIARIA	21/1965	21/1965	17/1976	18/2008	22/2009	24/2009	16/1999	17/1970	18/1968	27/1970	17/1976	may-79	
AÑOS CON DATOS	39	36	39	39	39	39	38	38	38	37	36	37	



ESTACION: 00015293 SAN JUAN DE LAS HUERTAS LATITUD: 19°14'15" N. LONGITUD: 099°45'51" W. ALTURA: 2,905.0 MSNM.													
PRECIPITACION													
NORMAL	14.6	12.7	13.1	30.9	86.8	157.3	164.3	138.9	121.6	44	13.1	6.6	803.9
MAXIMA MENSUAL	142.1	42.2	55.4	85.7	221.9	313.7	266.7	274.9	296.5	111.9	48.2	60.5	
AÑO DE MAXIMA	1983	1992	1988	1993	1995	1993	1997	1999	1998	1998	1995	1995	
MAXIMA DIARIA	42	25	23	28.3	49.1	55.2	52.5	40	46.2	60.2	40.2	32.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	15/1983	25/1983	21/1997	21/1993	17/1995	26/2000	17/1997	22/1993	15/1993	17/1998	27/1985	30/1995	
AÑOS CON DATOS	21	22	22	21	19	20	20	21	21	21	21	21	
ESTACION: 00015089 SAN FRANCISCO TLALCILALCALPAN LATITUD: 19°17'32" N. LONGITUD: 099°46'04" W. ALTURA: 2,773.0 MSNM.													
PRECIPITACION													
NORMAL	17	9	12	32.4	73.7	135.4	173	141.3	136.9	60.8	17.5	7.2	816.2
MAXIMA MENSUAL	133.5	113.5	65.3	136	174.3	225.5	1,110.00	251.7	496.1	181.5	88	53.3	
AÑO DE MAXIMA	1958	2010	2004	1977	1977	1968	1951	2006	1976	1959	1958	1995	
MAXIMA DIARIA	75.8	45.5	32	70.2	42.5	49	200	47.6	90	65	45	28	
FECHA MAXIMA DIARIA	23/2006	abr-10	sep-66	20/1997	sep-68	21/1995	13/1991	22/1998	13/1996	ene-71	jul-51	30/1995	
AÑOS CON DATOS	59	58	59	59	59	58	60	60	58	58	60	57	
ESTACION: 00015108 SANTA MARIA DEL MONTE LATITUD: 19°18'22" N. LONGITUD: 099°49'29" W. ALTURA: 2,839.0 MSNM.													
NORMAL	15	16	19.6	35.5	77.5	148.8	171	157.2	139.4	69.5	15.2	11.5	876.2
MAXIMA MENSUAL	124.5	289.3	139.6	179.8	176.6	430.1	419.8	304.6	431.5	163.8	109.5	65.5	
AÑO DE MAXIMA	1980	2010	2004	2008	2001	2003	2010	2006	2004	1991	2000	1979	
MAXIMA DIARIA	53.5	73	50	72	38.5	49	75	35	49.7	37	17.1	29.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	25/1980	nov-08	abr-88	13/1992	abr-90	mar-85	23/1991	13/1998	17/2004	16/1963	jun-00	abr-79	
AÑOS CON DATOS	47	47	47	48	48	48	48	46	44	45	46	47	
ESTACION: 00015282 TRES BARRANCAS LATITUD: 19°20'27" N. LONGITUD: 099°47'54" W. ALTURA: 2,682.0 MSNM.													
NORMAL	14.3	7.8	13.3	27.7	77	167.2	178.8	153.2	134.2	64.4	15.9	5.7	859.5
MAXIMA MENSUAL	104.6	30.9	54.9	104.7	141.5	270.6	271.7	262.7	255.3	114	46.5	55.1	
AÑO DE MAXIMA	1992	1992	2004	2006	1982	1993	1993	2001	1998	1991	2003	1995	
MAXIMA DIARIA	44	24.2	38	40	48	90.5	51.6	37	44.2	42	28.5	32.2	
FECHA MAXIMA DIARIA	28/1992	feb-93	abr-88	nov-81	24/1997	dic-02	14/1991	28/2001	abr-88	sep-88	ene-03	30/1995	
AÑOS CON DATOS	26	26	27	25	26	25	26	27	27	27	26	24	
ESTACION: 00015174 PALO MANCORNADO LATITUD: 19°17'33" N. LONGITUD: 099°55'20" W. ALTURA: 3,000.0 MSNM.													
NORMAL	23.9	12	11.7	21	65	141.2	195.5	182.7	154.3	84.7	20.4	15.3	927.7
MAXIMA MENSUAL	231.3	77.2	99	62.4	159.5	304.1	595.6	660.5	358.3	326	113	94.6	
AÑO DE MAXIMA	1980	1981	1997	1973	1992	1964	2008	2008	2007	1992	2002	1964	
MAXIMA DIARIA	90.3	39	41	25.8	35.5	97	100	47.3	52.1	60	41	29	
FECHA MAXIMA DIARIA	25/1980	22/1981	22/1997	ene-76	18/1998	15/2009	19/1995	oct-08	jul-98	26/1992	ene-02	abr-79	



AÑOS CON DATOS	36	36	33	36	36	35	37	37	38	38	38	37	
ESTACION: 00015374 AGUA BENDITA													
LATITUD: 19°16'02" N.				LONGITUD: 099°57'01" W.									
ALTURA: 2,817.0 MSNM.													
NORMAL	17.6	8.5	6.9	17.8	60	185.6	187	182.7	170.1	91.1	31.2	10.4	968.9
MAXIMA MENSUAL	176.6	69.7	62.1	79.6	122.5	326.4	307.2	301.9	335.5	184	96.4	52.9	
AÑO DE MAXIMA	1992	1992	2001	2001	2000	2003	2009	2009	1998	1992	2002	1989	
MAXIMA DIARIA	38	60.9	56.6	29	46.8	87.3	36.3	33.5	32.6	50.7	34.8	27.2	
FECHA MAXIMA DIARIA	25/1992	ene-92	feb-01	14/1990	28/1995	22/1984	abr-01	may-97	sep-02	sep-88	ago-02	jul-89	
AÑOS CON DATOS	21	22	21	20	22	22	20	20	20	23	22	23	
ESTACION: 00015254 EL MOLINO E-16													
LATITUD: 18°59'23" N.				LONGITUD: 099°45'21" W.									
ALTURA: 2,500.0 MSNM.													
NORMAL	11.4	9.6	10.7	27.8	85.7	225.8	199	198.3	201.6	84.7	20.5	10	1,085.10
MAXIMA MENSUAL	124	48.5	58	147.1	177.5	363	332.1	283.3	406.8	194.8	48	51.4	
AÑO DE MAXIMA	1992	1992	2001	1997	1986	1981	1988	1998	1998	1994	1988	1995	
MAXIMA DIARIA	32.5	32.5	34	97	38.1	60	65	43	47	66.5	28	25.3	
FECHA MAXIMA DIARIA	13/2002	feb-92	feb-01	jul-97	29/1982	dic-87	20/1988	14/1986	19/1989	jul-99	21/1988	30/1995	
AÑOS CON DATOS	21	21	21	22	24	24	23	22	23	21	21	18	
ESTACION: 00015240 SAN FRANCISCO PUTLA													
LATITUD: 19°07'08" N.				LONGITUD: 099°37'55" W.									
ALTURA: 2,747.0 MSNM.													
NORMAL	16.9	9	13.6	42.3	95.1	149.1	175.1	174.9	137.5	51.7	18.6	12.3	896.1
MAXIMA MENSUAL	173.5	34	48.1	162.8	436.1	227.5	274.3	274.7	311.1	125.1	85.2	72.2	
AÑO DE MAXIMA	1980	1979	1988	2005	2005	1986	2008	1981	1998	2006	2002	1995	
MAXIMA DIARIA	58	19.2	38.9	84.7	93.1	54	42.6	49.1	49.4	34.5	50.5	50.6	
FECHA MAXIMA DIARIA	24/1980	dic-02	abr-88	16/1999	feb-04	21/1989	mar-01	22/1984	14/1996	nov-08	16/1990	abr-90	
AÑOS CON DATOS	24	23	25	25	24	25	23	25	27	27	26	27	
ESTACION: 00015373 RANCHO VILLA VERDE													
LATITUD: 19°08'20" N.				LONGITUD: 099°36'35" W.									
ALTURA: 2,680.0 MSNM.													
NORMAL	5.5	6.6	10.7	31.4	68.1	152.4	166.2	172	152.6	59.4	11.7	4.4	841
MAXIMA MENSUAL	34	37.8	55.5	125.5	121.6	195.3	237.2	258.3	286.2	124.5	33.1	26.5	
AÑO DE MAXIMA	1994	1995	1997	2001	1986	2000	1996	1998	1998	1994	1992	1996	
MAXIMA DIARIA	31.5	18.5	36.2	23	30	34.7	35	50	39.7	28.5	17.9	16.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	24/1994	abr-95	may-88	21/2001	13/2001	27/2001	28/1998	19/1994	feb-87	abr-93	26/1998	19/1996	
AÑOS CON DATOS	13	14	12	11	12	13	13	14	13	13	14	10	
ESTACION: 00015164 TOLUCA (DGE)													
LATITUD: 19°17'30" N.				LONGITUD: 099°37'50" W.									
ALTURA: 2,638.0 MSNM.													
NORMAL	14	8.7	12.1	31.7	63.4	139.3	153.9	140.4	113.3	53.3	10.5	6.9	747.5
MAXIMA MENSUAL	100.6	41.5	40	95.1	123.2	276.9	252.2	263.2	241.2	160	43.4	37.7	
AÑO DE MAXIMA	1967	1982	1988	1962	1986	2003	2005	1969	1967	1976	1974	1979	
MAXIMA DIARIA	42	20	31.9	62	38.5	48.4	45	51.7	60.7	37.8	26.2	20	
FECHA MAXIMA DIARIA	oct-67	22/1992	abr-88	13/1962	feb-06	20/1961	22/1992	nov-06	16/1967	13/1991	22/1974	feb-84	
AÑOS CON DATOS	34	34	34	35	35	35	32	33	33	34	33	31	

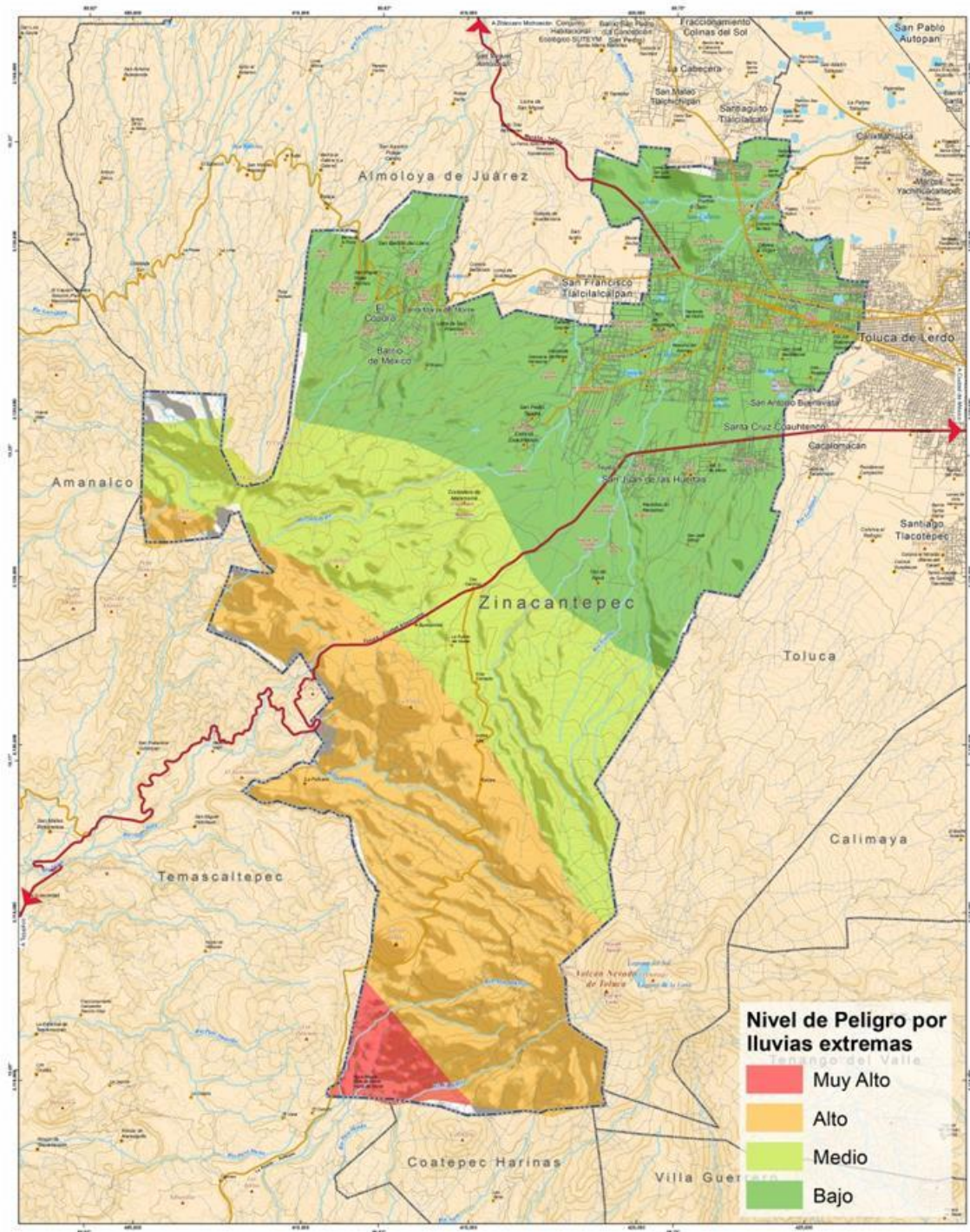


ESTACION: 00015211 NUEVA OXTOTITLAN				LATITUD: 19°16'44" N.			LONGITUD: 099°41'09" W.						
ALTURA: 2,695.0 MSNM.													
NORMAL	12.6	5.8	14.1	33.4	71.4	150.5	161.4	151.3	141.1	57.3	15.4	11.4	825.7
MAXIMA MENSUAL	77.8	18.7	41.5	84.9	144.3	231.7	253.8	292.5	349.9	124.6	49.6	50	
AÑO DE MAXIMA	1980	1978	1978	2001	2000	1994	2003	1998	1998	1976	2002	1995	
MAXIMA DIARIA	28.5	13.5	25	48.5	35.5	43.5	44	51.8	44	39	40	28.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	25/1980	22/1978	16/1978	19/2005	sep-76	ene-00	28/2005	may-98	oct-06	jul-76	may-02	30/1995	
AÑOS CON DATOS	18	18	19	18	16	18	17	17	17	17	17	17	
ESTACION: 00015367 OBSERVATORIO UAEM				LATITUD: 19°17'07" N.			LONGITUD: 099°39'10" W.						
ALTURA: 2,668.0 MSNM.													
NORMAL	10.7	9.3	19.1	31	78.8	193.6	204.8	226.6	204.3	96.2	22.5	7.6	1,104.50
MAXIMA MENSUAL	45.7	103.5	61.5	84.6	155.1	496.3	404.9	509.5	512.3	346.8	98.1	46.9	
AÑO DE MAXIMA	2004	2010	1953	2001	2009	2003	2003	2004	2004	2002	2002	1995	
MAXIMA DIARIA	30	48.7	50	29	40.5	68	65	53.2	65	56.5	43.3	26.2	
FECHA MAXIMA DIARIA	17/2004	mar-10	30/1953	24/1999	jun-04	30/2005	mar-04	ene-03	14/2004	jun-03	jun-02	30/1995	
AÑOS CON DATOS	22	22	21	21	20	20	20	20	20	20	20	20	
ESTACION: 00015266 CODAGEM				LATITUD: 19°14'54" N.			LONGITUD: 099°34'32" W.						
ALTURA: 2,762.0 MSNM.													
NORMAL	9.8	9.9	11.2	33.3	76.3	147.9	170	166.8	140.8	55.2	16.6	8.5	846.3
MAXIMA MENSUAL	75.3	53.7	54	126.4	161.9	251.9	252.2	268.7	328.2	157.6	51.6	32.2	
AÑO DE MAXIMA	1992	1998	1988	2001	2007	2003	2005	1998	1998	1990	2006	1995	
MAXIMA DIARIA	33.5	29	41.5	46.5	47.8	46	65.6	51.7	43.6	50	28.5	20.9	
FECHA MAXIMA DIARIA	28/1992	20/1994	abr-88	22/2001	abr-90	16/1996	feb-97	dic-06	nov-09	20/1990	30/1988	25/1995	
AÑOS CON DATOS	25	27	27	25	25	28	30	30	27	28	26	14	
ESTACION: 00015063 NUEVA SANTA ELENA				LATITUD: 19°24'40" N.			LONGITUD: 099°41'58" W.						
ALTURA: 2,611.0 MSNM.													
NORMAL	17.2	10.8	14.8	28.6	72.7	151	173.3	153	126.7	67.4	18.7	10.7	844.9
MAXIMA MENSUAL	101.5	112	57	83	221.5	298.8	307.5	314	234	171	79.5	53	
AÑO DE MAXIMA	1967	2010	1971	1994	2006	1986	1975	1969	1976	2004	1972	1995	
MAXIMA DIARIA	42	48	45	32	81	64	48	56.5	70	76	41	29	
FECHA MAXIMA DIARIA	25/1980	abr-10	abr-88	24/1988	19/2007	22/1993	21/2007	29/1969	dic-79	17/1982	ago-72	30/1995	
AÑOS CON DATOS	49	49	49	49	48	48	47	46	47	46	47	47	

La zona que de acuerdo a los registros de las estaciones meteorológicas recibe mayor precipitación es el suroeste, las lluvias en Zinacantepec son un factor que provoca afectaciones en el municipio, cabe señalar que, la principal amenaza provocada por la lluvia es la inundación, que será analizado con mayor profundidad en otro subcapítulo.



Figura 68. Mapa de Peligro por Precipitación



Fuente: Elaboración propia con base en Servicio Meteorológico Nacional



5.2.11. Inundaciones

La inundación es el efecto generado por el flujo de una corriente, cuando sobrepasa las condiciones que le son normales y alcanza niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen, lo cual deriva, ordinariamente, en daños que el agua desbordada ocasiona en zonas urbanas, tierras productivas y, en general en valles y sitios bajos.

Las inundaciones ocurren cuando el suelo y la vegetación no pueden absorber toda el agua que llega al lugar y escurre sobre el terreno; pueden ocurrir por lluvias en la región, por desbordamiento de ríos, ascenso del nivel medio del mar, por la rotura de bordos, diques y presas, o bien, por las descargas de agua de los embalses. Las inundaciones dañan las propiedades, provocan la muerte de personas, causan la erosión del suelo y depósito de sedimentos. También afectan a los cultivos y a la fauna. Como suele presentarse en extensas zonas de terreno, son el fenómeno natural que provoca mayores pérdidas de vidas humanas y económicas.

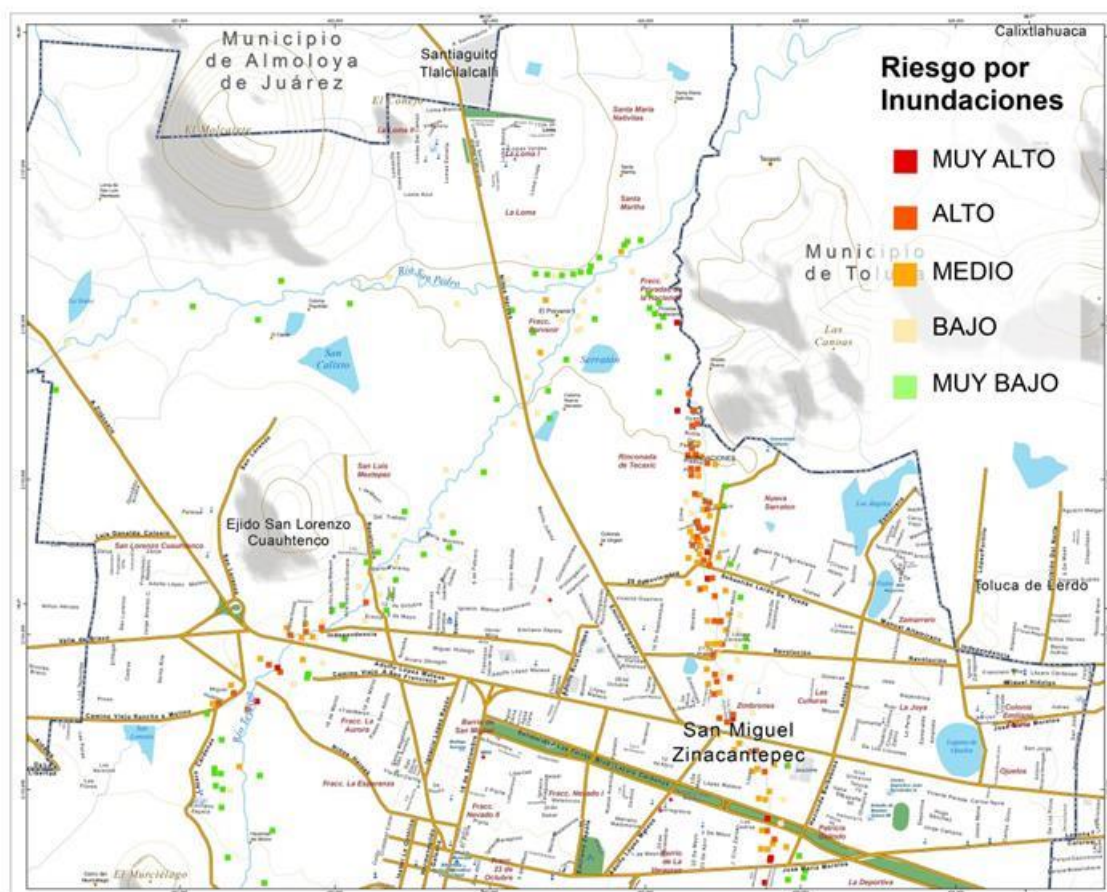
Más adelante se describe los tipos de inundaciones en el municipio de acuerdo a su origen (desbordamiento o repentinas), sin embargo en Zinacantan existen factores alternos que fungen como catalizadores de las inundaciones, es decir las fallas en el drenaje o alcantarillado de la red municipal influyen en que puntos que nos son bajíos o zonas de depresión natural sean puntos inundables debido a 'taconamientos' u obras hidráulicas sin un cálculo adecuado a las precipitaciones derivando en una deficiente capacidad de drenaje del fluido. Adicionalmente la falta de mantenimiento, la acumulación de basura y el azolve son un elemento agravante de los fenómenos de inundación. Ejemplos de lo anterior son mencionados en el Atlas de la CAEM 2009 y 2012 en los que menciona las zonas donde se presentan estas situaciones.



PREVENCIÓN DE RIESGOS
EN LOS
ASENTAMIENTOS
HUMANOS



Figura 70. Riesgo por inundaciones en Zinacantepec



Los modelos HEC-RAS, WMS y ARC facilitaron la determinación de las áreas de inundación para avenidas de periodos de retorno de 10, 20, 50 y 100 años, encontrándose que las áreas clasificadas por uso de suelo más afectadas son el área urbana.

Para el estudio de las inundaciones en Zinacantepec, se consideraron los aspectos principales que influyen en toda la región de forma conjunta. Dichos aspectos fueron la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos. Las inundaciones que se presentan en el municipio son principalmente fluviales, es decir aquellas relacionadas con los ríos, los escurrimientos y sus cauces son la “vía” por la que el agua precipitada recorre todo el municipio. Para un entendimiento más detallado y obtener un producto certero y adecuado a las necesidades de planeación del municipio, para Zinacantepec se analizaron las inundaciones de acuerdo a su impacto en el sistema afectable (peligrosidad), y se dividieron en dos tipos básicos ambas de origen pluvial-fluvial:

- Ribereñas
- Repentinias



Las ribereñas son aquellas relacionadas con el desbordamiento de un escurrimiento, para el municipio, las inundaciones ribereñas se pueden presentar en dos categorías: las ribereñas con escorrentía y las de planicie.

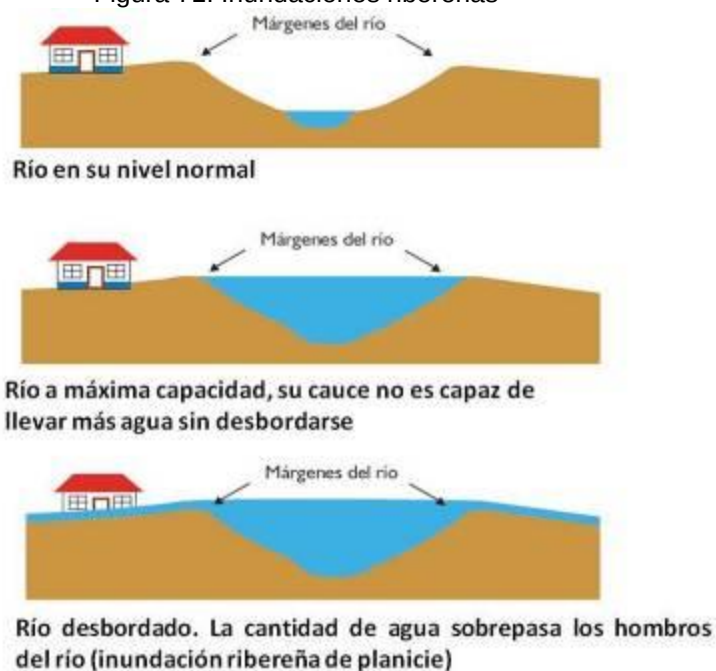
Las ribereñas con escorrentía se encuentran localizadas en zonas de pendiente pronunciada (oeste del municipio hacia el Nevado), en las cercanías de los escurrimientos o de los canales, su daño y peligrosidad principal se presentan durante un aumento extraordinario de los gastos en los escurrimientos, éstos pueden arrastrar materiales que al saturar los cauces naturales o artificiales (canales, drenajes, túneles, etc) represan el agua, provocando la acumulación de agua en puntos que en primer lugar desbordan el agua por sus 'hombros' más bajas y en segundo ejercen presión sobre el punto más bajo y débil de la zona mismo que 'revienta' de forma violenta y súbita, generando una pequeña inundación repentina que puede causar severos daños.

El caso de las ribereñas de planicie el aumento del tiro de agua en las mismas puede ser súbito o lento, pero siempre contenido en los cauces del escurrimiento y en el momento que sobrepasan la capacidad de gasto del cauce desbordan el líquido generando inundaciones de desplazamiento vertical estilo planicie; éstas inundaciones de desplazamiento vertical tienden a ser de una duración mucho más prolongada y el tiro de agua puede alcanzar alturas mayores a un metro (ver Figura 71).

Se presentan en las zonas relativamente más planas y de menos pendiente del municipio, este caso es sintomático en la parte norte del municipio donde se registra una interrupción de un cauce que provoca un aumento vertical del agua (por ejemplo el camino a Tecaxic); el agua se estanca (por los cauces azolvados o porque el agua es demasiada) y aumenta su nivel, generalmente se desarrollan lentamente, en horas o incluso a lo largo de varios días. Aunque no se puede descartar un aumento rápido del nivel del agua (sin que ello represente flujos o fuertes corrientes). Es decir, cuando una película de agua cubre gradualmente una zona del terreno durante un cierto tiempo se forma una inundación vertical. Efectos de ésta son los charcos, agua invadiendo calles, entrando en construcciones, cultivos anegados, etc. Cuanto más tiempo permanece el agua y más grande es el espesor del volumen de agua, causa mayores daños.

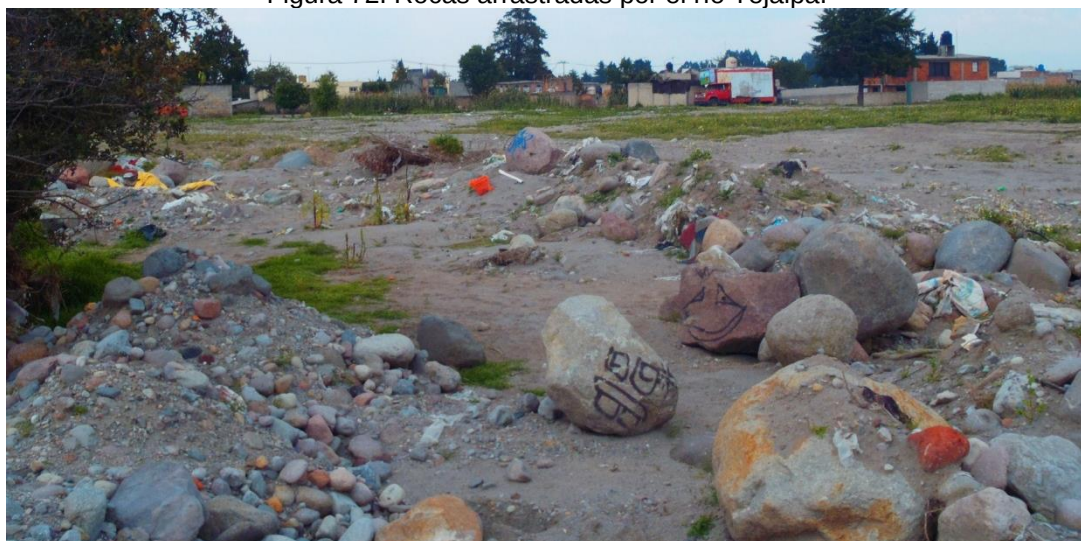


Figura 71. Inundaciones ribereñas



Las inundaciones repentinas, suceden en zonas relativamente pequeñas, localizadas en la parte baja de una microcuenca o en el cauce de un río en las que escurre toda el agua de una precipitación, filtraciones, deshielos (procedentes del Nevado) e incluso descargas de aguas residuales. Son zonas susceptibles a avenidas repentinas de agua y –dada la preeminente ubicación de estas zonas en la mancha urbana- cuyos efectos desastrosos están directamente relacionados con la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias asociadas a problemas en el sistema de drenes y canalizaciones de agua pluvial del municipio.

Figura 72. Rocas arrastradas por el río Tejalpa.





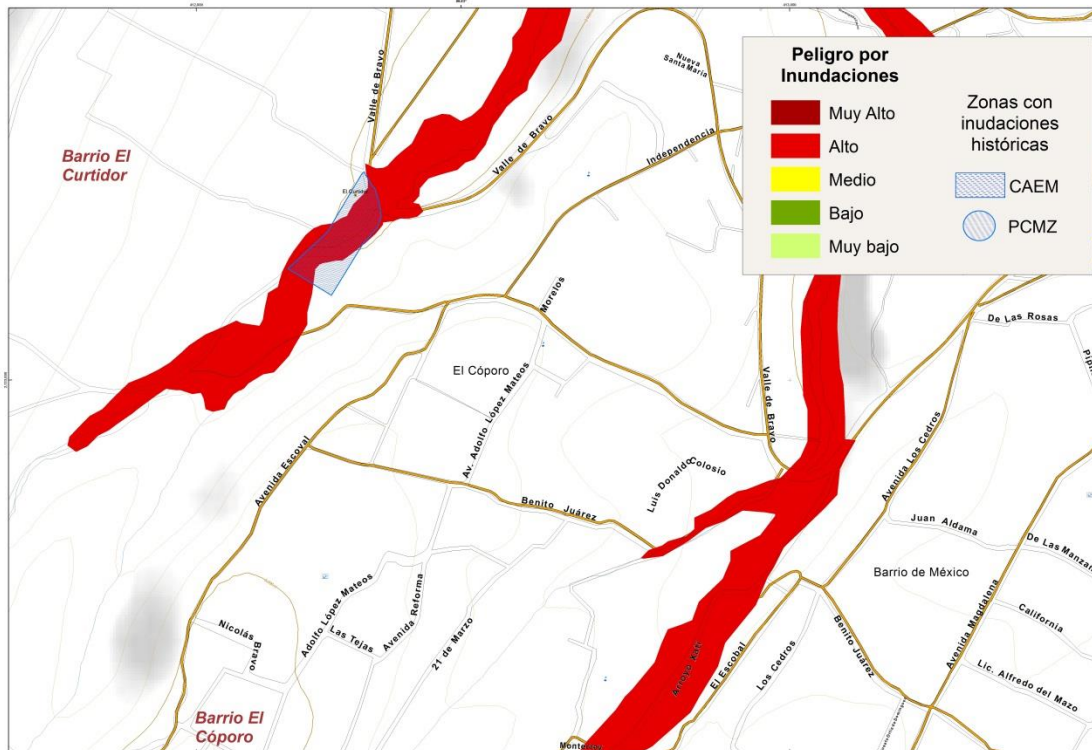
Se presentan en las zonas de pendientes pronunciadas y en los cauces de ríos del municipio; los volúmenes de agua son extraordinarios y fluyen rápidamente arrastrando todo lo que esté en el cauce, son corrientes de agua, lodo, piedra y materiales orgánicos que escurren con un alto poder destructivo, se pueden desarrollar incluso en minutos y sin indicaciones visibles de lluvia (puede estar lloviendo en la sierra, al sur del municipio o en cualquier lado cuenca arriba). Es decir, cuando en un cauce se incrementa en poco tiempo la cantidad de agua que fluye en él, ya sea por el ingreso de agua de lluvia o por las descargas de una presa, se dice que se ha producido una avenida.

Dependiendo de la rapidez con que se presenta el cambio en la cantidad de agua se puede hablar de avenidas súbitas, las cuales tienen un fuerte efecto destructivo. Usualmente, resultan de situaciones climáticas que cambian rápidamente, tal como el desarrollo repentino de una intensa tormenta local sobre la cuenca de drenaje de un río o un pequeño riachuelo.

Antecedentes

Zinacantepec cuenta al menos con dos ediciones anteriores de atlas de riesgos (2009 y 2012) en ambas publicaciones la zonificación y determinación geográfica de las zonas de inundación responde a referencias y ubicaciones de avenidas y colonias afectadas, como se aprecia en las imágenes siguientes, se identificaron las áreas y se trazaron polígonos que las ubicaban.

Figura 73. Zonas inundables en Santa María del Monte según atlas de riesgos Zinacantepec 2009 (digitalizadas en mapa base 2013).

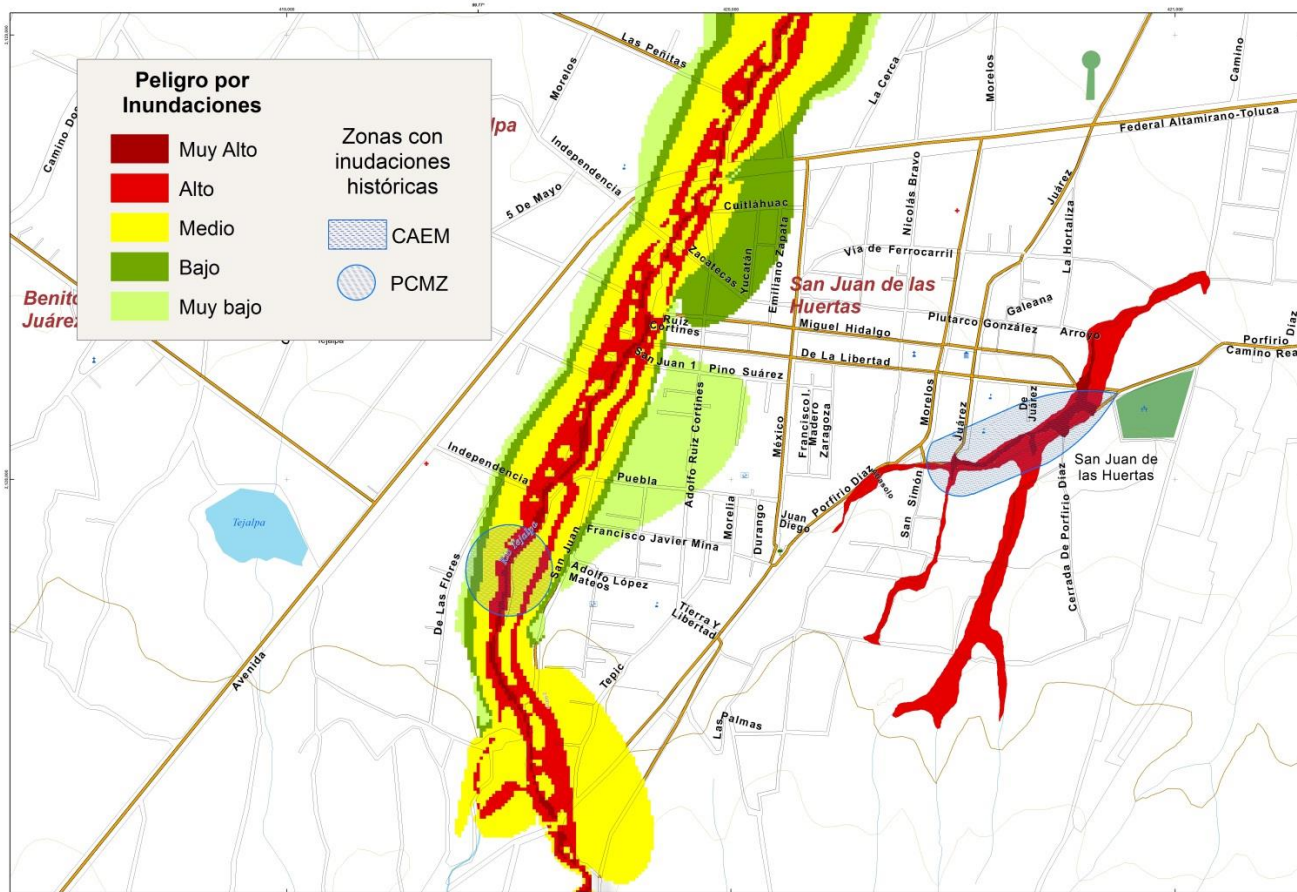


[illegible]

Para el caso de Zinacantepec, se determinó que la cuenca que causa mayores estragos en la población, debido a inundaciones, es la del río Tejalpa. Por ello se tratará de una forma profunda y largamente, sin dejar de lado las cuencas pequeñas al noroeste del municipio, al este y la del San Pedro.



Figura 75. Zona inundable en San Juan de la Huertas.



Para el río Tejalpa se cuenta (con una superficie de acumulación mayor a 4,400 hectáreas antes de escurrir por el área urbana de Zinacantepec) con los datos estimados con periodos de retorno de hasta 100 años. En este periodo se definieron las zonas inundables para lo cual se tomó como base la estimación de los caudales de los ríos principales del municipio, en especial el Tejalpa que tiene descende rápida y violentamente por estrechas barrancas provenientes del Nevado de Toluca con gastos mayores a los 121,000 litros por segundo en sus picos máximos para periodos de retorno de 100 años. Desciende desde arriba de los 4,300 msnm para llegar a alturas menores a los 2,700 msnm en las partes habitadas de Zinacantepec (descendiendo más de 1,500 en menos de 18 km de trayecto).



Figura 76. En la parte inferior izquierda de esta imagen se observa el poder erosivo del río Tejalpa; en la zona derecha se observa la acumulación de material pétreo.



Caudales máximos para los periodos de retorno. Cuenca del Tejalpa		
Probabilidad de ocurrencia	Período de retorno años	Caudal máximo para toda la cuenca (m3/s)
Muy alta	10	91.42
Alta	20	105.28
Media	50	114.40
Baja	100	121.77
Elaboración propia con base (según Vega 1999). T= 10, 20, 50 y 100 años		

Por Ejemplo la localidad de San Juan de las Huertas, que se ve afectado en temporada de lluvias por encharcamientos y desborde de canales, riachuelos asociados al río Tejalpa. En temporada de lluvias, la cabecera municipal tiene encharcamientos e inundaciones en vialidades y viviendas, (por ejemplo en la Adolfo López Mateos).

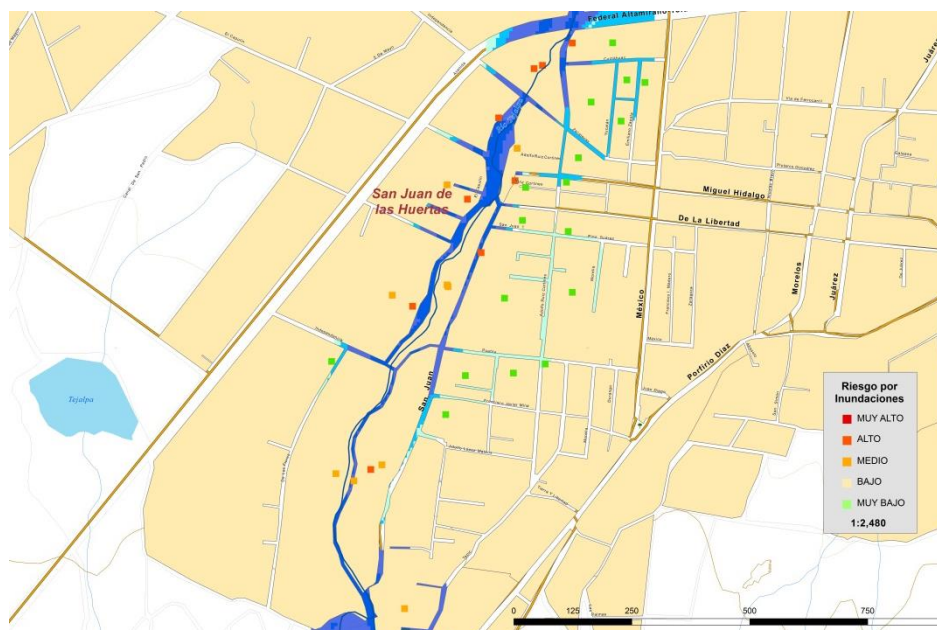


An aerial photograph of a river in Toluca, Mexico. The river flows from the top left towards the bottom center. To the left of the river is a highway with a yellow center line and a white border, marked with a '134' shield. To the right of the river is a dense urban area with many buildings. A road labeled 'Miguel Hidalgo' runs diagonally across the urban area. Other labels include 'Ciudad Altamirano - Toluca' at the top, 'Guilahuas', 'Veracruz', 'Zacatecas', 'Miguel Hidalgo', 'San Juan', 'El Capulin', and 'Ciudad Altamirano'. A 'Google earth' watermark is visible in the bottom right corner.

En la localidad de San Juan de las Huertas se tiene un nivel muy alto de riesgo para un total de 8 manzanas que son las que tienen una colindancia directa con la corriente del río Tejalpa y tienen un alto riesgo de ser afectadas por las inundaciones fluviales por desbordamiento del mencionado río, así como por avenidas repentinas que socavan sus cauces y generan pequeños derrumbes en los flancos de ataque del escurrimiento que generan pérdidas de terreno, viviendas, infraestructura y equipamiento en general.



Figura 78. Zonas de riesgos en las márgenes de Tejalpa en la Localidad San Juan de las Huertas.

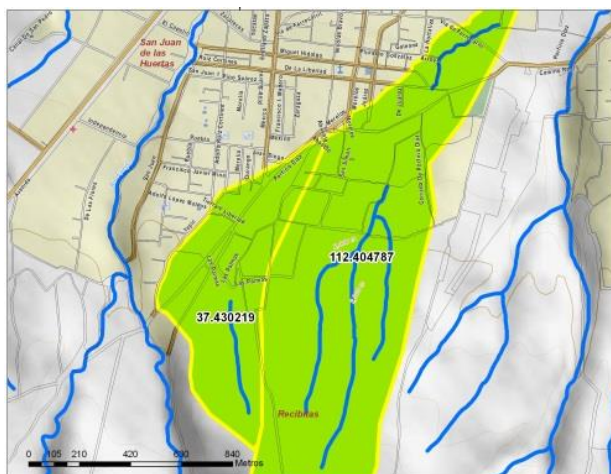


En la parte sur de San Juan de las Huertas desfogon sus aguas 2 microcuencas de captación que drenan las aguas de pequeños lomeríos al sur de la localidad y que a su vez, pueden ser alimentados eventualmente por las crecidas del río Tejalpa. Este último fenómeno sucede cuando el puente que está en la calle Porfirio Díaz es insuficiente para dejar correr todo el gasto del Tejalpa y comienza a dejar desbordar agua por su margen derecho en el flanco de ataque externo que se genera al estrecharse la sección. La siguiente imagen muestra la foto satelital de dicho puente.

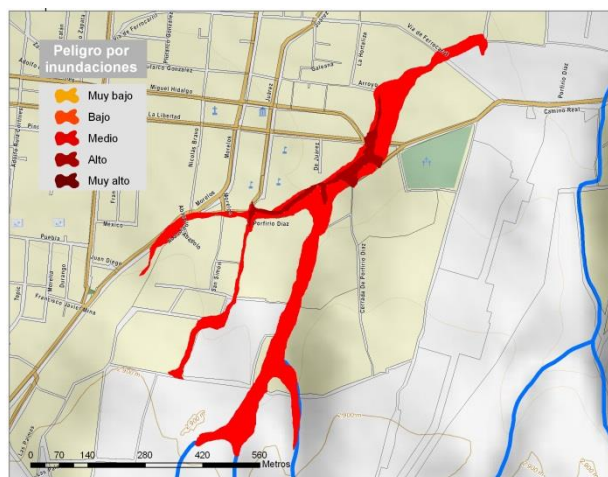
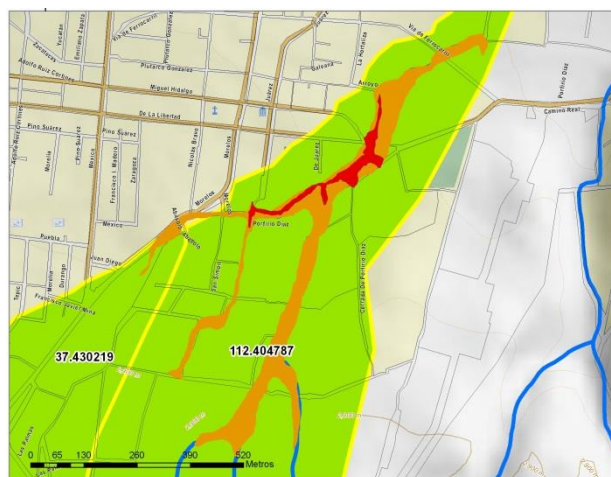




Aunado a los aportes eventuales del Tejalpa, la zona sur del poblado antes mencionado es inundada por las crecidas de las 2 microcuencas arriba mencionadas. La más grande de ellas tiene 112 ha de superficie de captación y vierte gran parte del líquido a la altura del número 233 de la calle Porfirio Díaz, en donde se construyó un muro de contención y canalización que hacen que el agua gire en 90 grados en el punto antes mencionado, factor que eleva el peligro de desbordamiento y de colapso de las paredes de dicho canal. En ese mismo punto discurre la cuenca menor (oeste) que tiene 37 ha de superficie de captación, en la siguiente figura se ilustra el tamaño y distribución de dichas microcuencas.



Con el estimado de las superficies de captación y un pico máximo en 72 horas de 115 mm de lluvias se estima que el escurrimiento podría afectar a más de 50 viviendas asentadas en las cercanías de dichos escurrimientos. Ver mapa de peligros.





Identificación de zonas de inundación y resultados

Para el establecimiento del modelo para zonas de inundación se desarrolló la siguiente metodología:

1. Se efectuó la delimitación de la zona de estudio, mediante la localización de las cuencas.
2. Posteriormente se realizó un diseño para determinar los parámetros más representativos del escurrimiento (Montgomery, 1991, Manning, CONAGUA).
3. Se cuantificó y representó el escurrimiento de la cuenca mediante el modelo en HECRAS.
4. Posteriormente con el empleo de un simulador de lluvias se establecieron las precipitaciones que ocurren en la cuenca, los tipos de suelo y su deforestación.
5. Con los resultados obtenidos de la simulación se obtuvo la primera aproximación del modelo matemático que se representa los escurrimientos superficiales y a los cuerpos de agua. Este punto fue refinado con análisis de percepción remota y trabajo en campo.

Figura 79. Perfil del río Tejalpa desde su cabecera hasta 5 Km al norte.

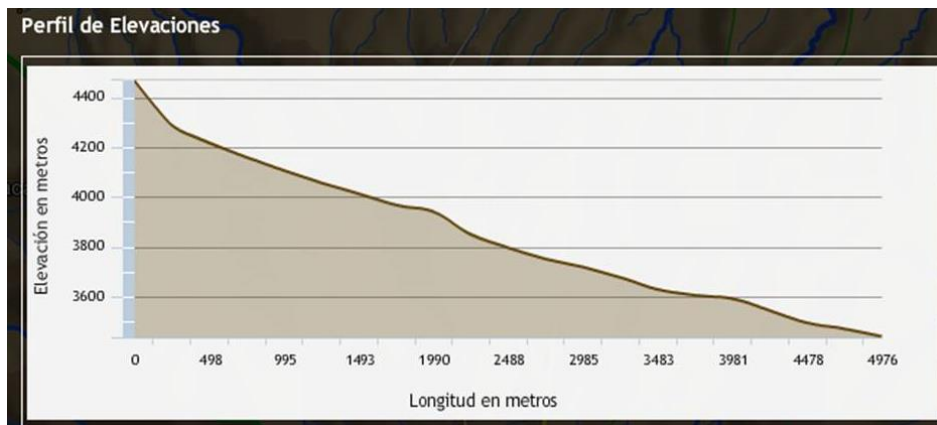
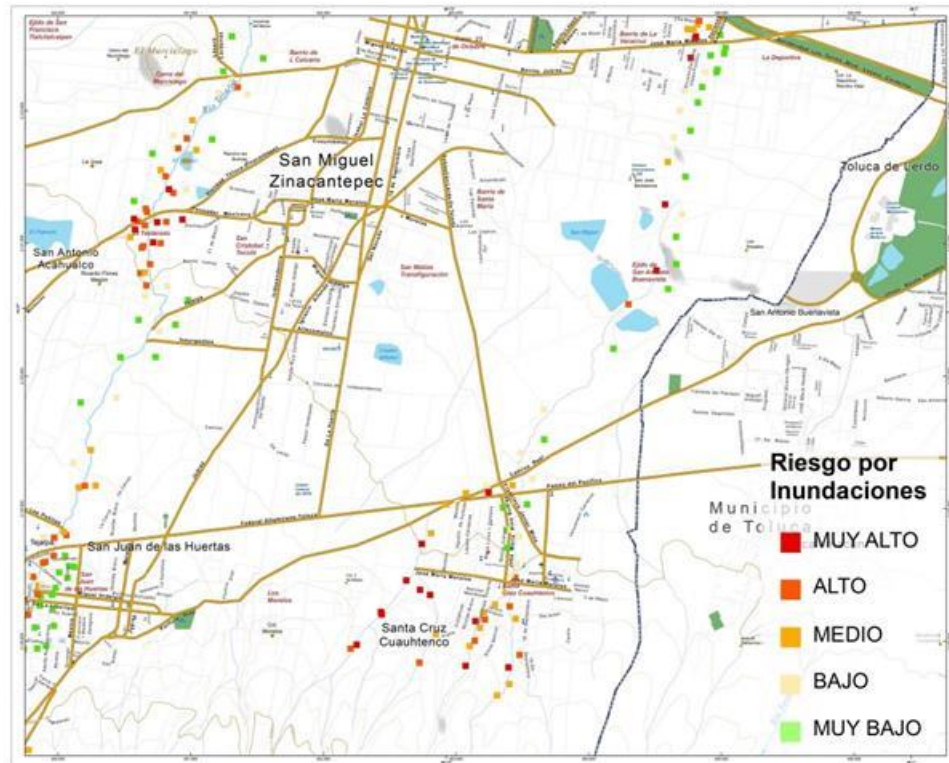




Figura 80. Riesgos en Santa Cruz Cuauhtenco



En la localidad de Santa Cruz Cuauhtenco se determinó que la problemática es bastante compleja, ante la confluencia de dos ríos y la afectación en casi toda la localidad desde la calle Luisa Isabel Campos de Jiménez Cantú (con acumulaciones de agua de hasta de 70 cm) hasta la calle Camino Real, según el mapa de riesgos la zona es altamente afectable ante fenómeno de inundaciones y se proponen obras de ampliación y optimización de infraestructura hidráulica existente.



Figura 81. Zona de confluencia en Santa Cruz Cuauhtenco. 30 viviendas en riesgo de inundación en las cercanías del puente sobre la calle Luisa Isabel Campos de Jiménez Cantú. Modelo de peligros (arriba) modelo de inundación, imagen satelital abajo).

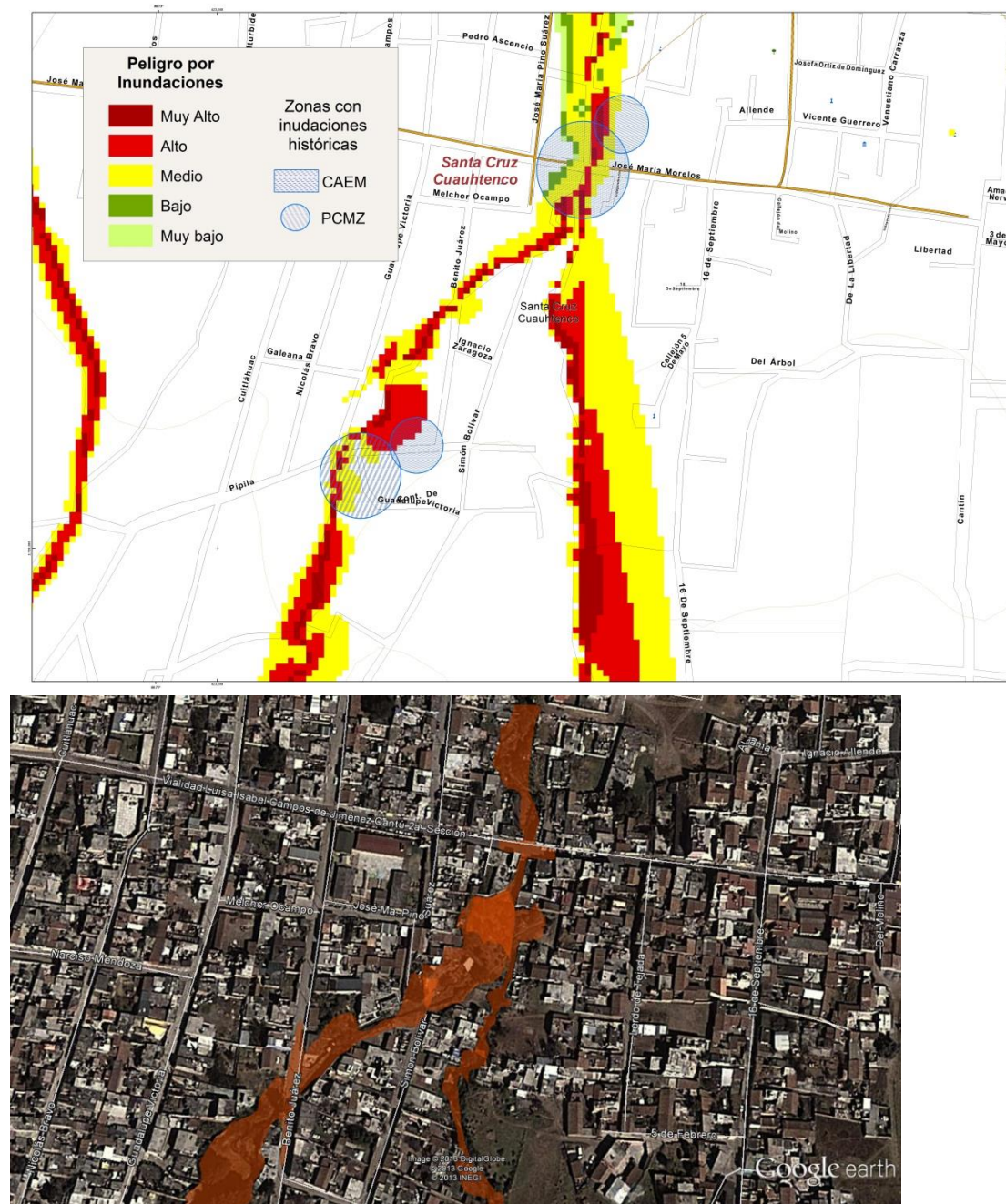




Figura 82. Confluencia al norte de Santa Cruz Cuauhtenco. 6 viviendas en riesgo de inundación 100 m al norte de la Calzada del Pacífico (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).

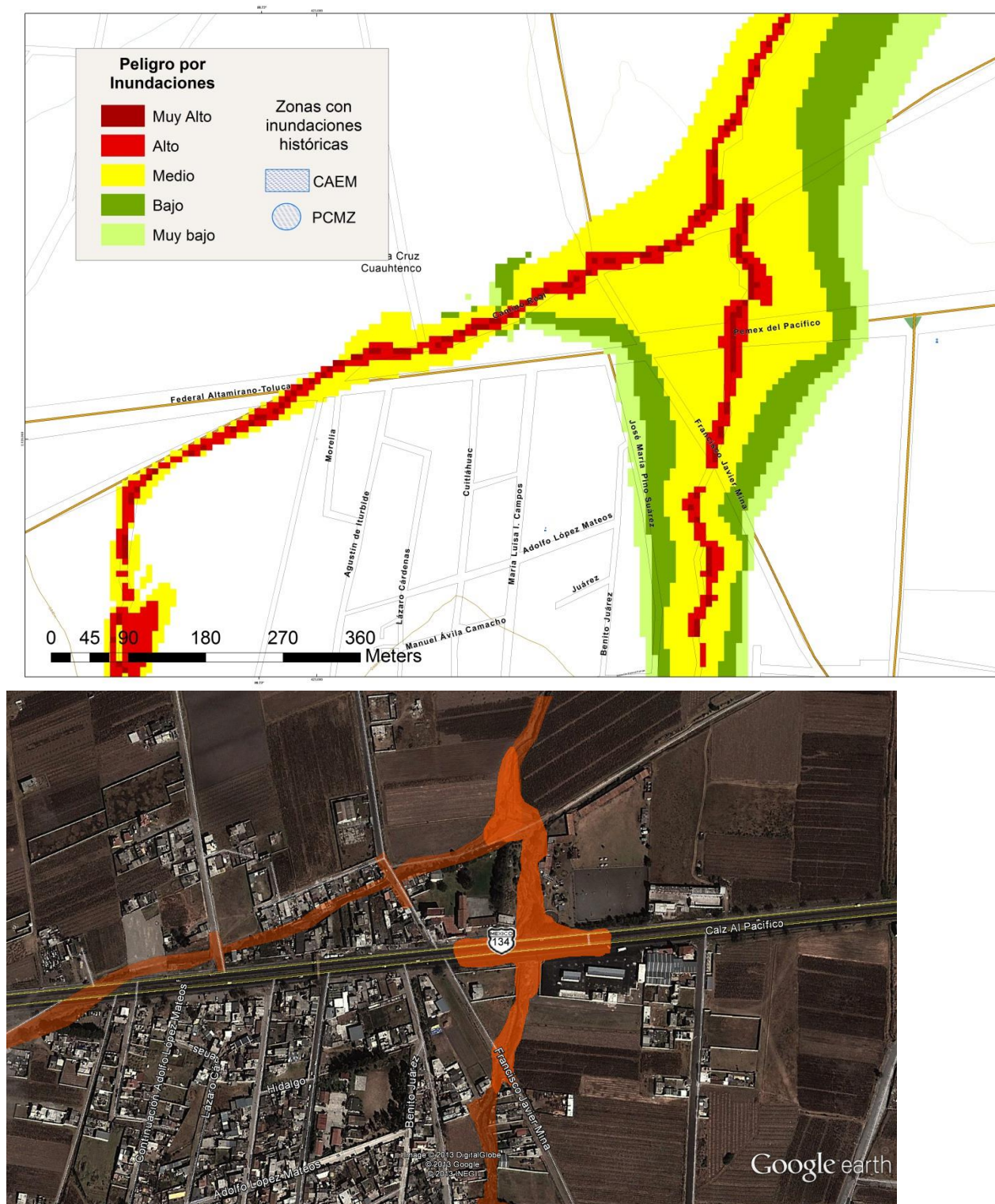




Figura 83. Zona baja con propensión a inundarse en la colonia Lindavista al este del barrio de la Veracruz (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).

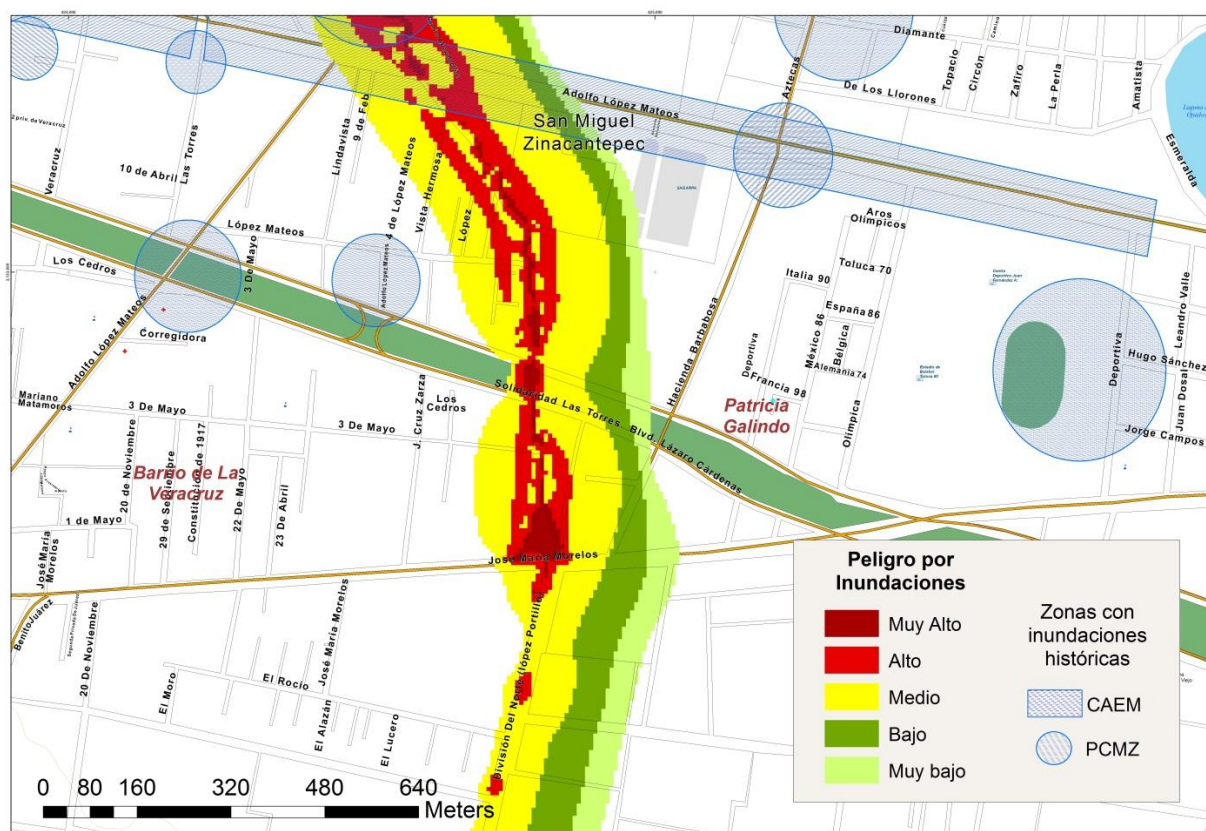




Figura 84. Zona inundable. Esguerrimiento canalizado en la calle Adolfo López Mateos con inundaciones recurrentes. Ver imagen de esguerrimiento con bordos de contención. La inundación proviene del 'taconamiento' del puente debajo de la Avenida Adolfo López Mateos (abajo modelo de inundación, imagen satelital arriba).

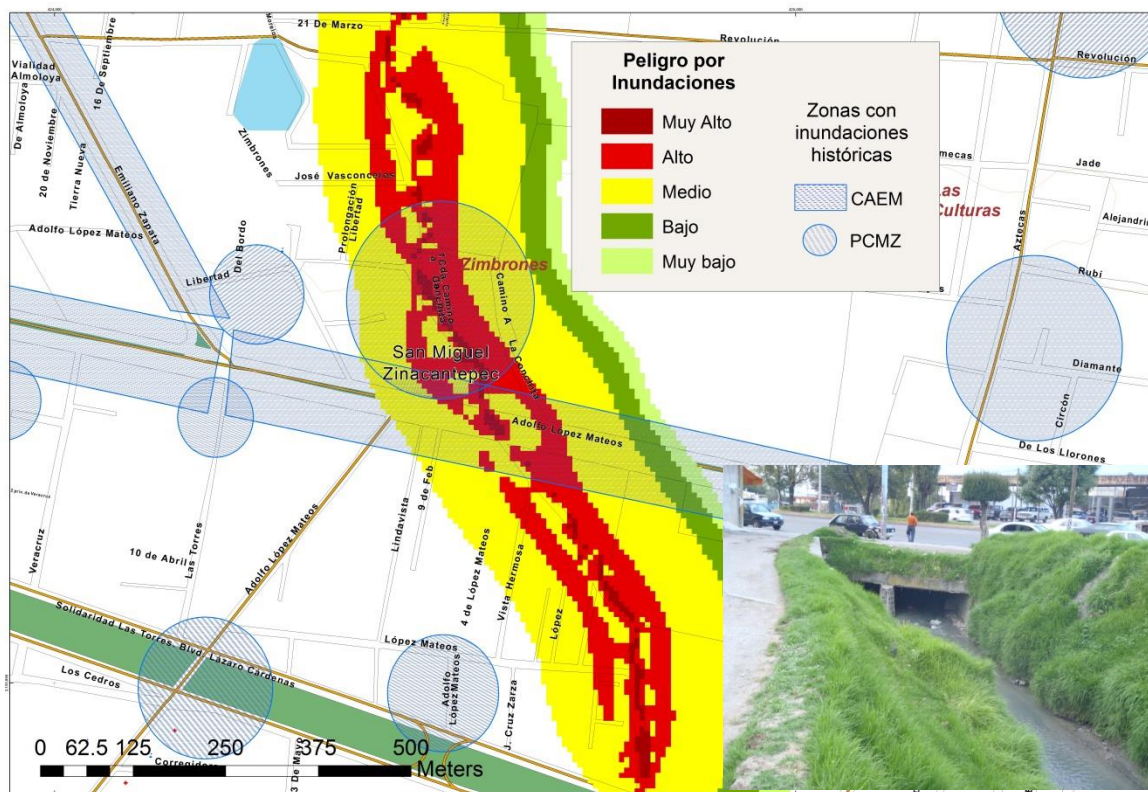
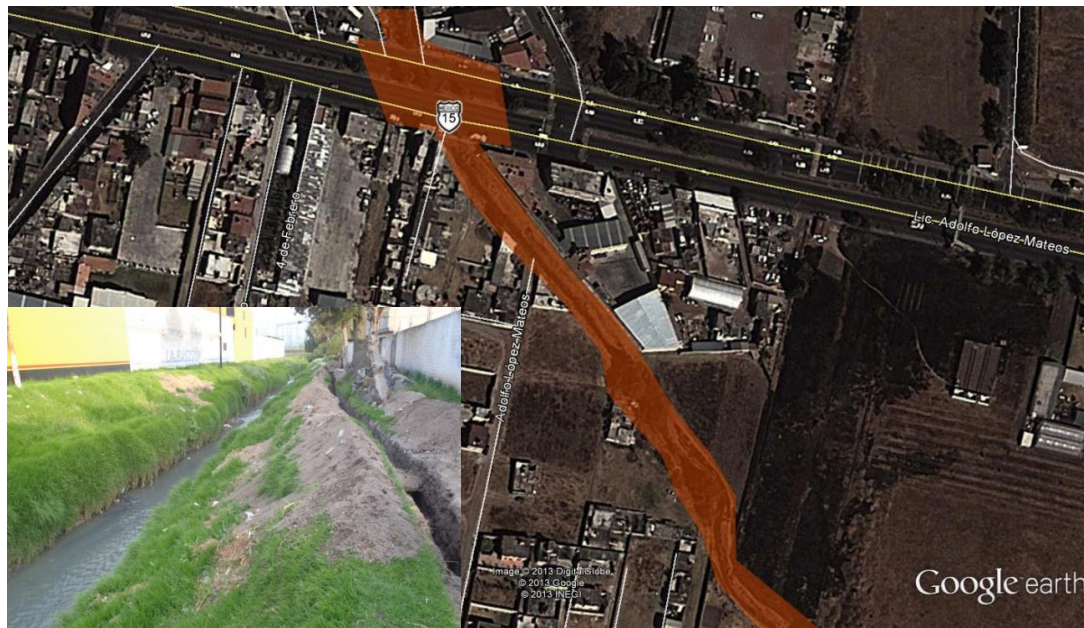




Figura 85. Esguerrimiento (río Chiquito) canalizado en la colonia Bosques ICA residencial / Serratón. Como se observa el río está contenido por fuertes muros de concreto que evitan que el río desborde y genere problemas de inundación. Sin embargo al sur de la calle Sebastián Lerdo de Tejada las viviendas en los cauces tienen problemas de inundación (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).

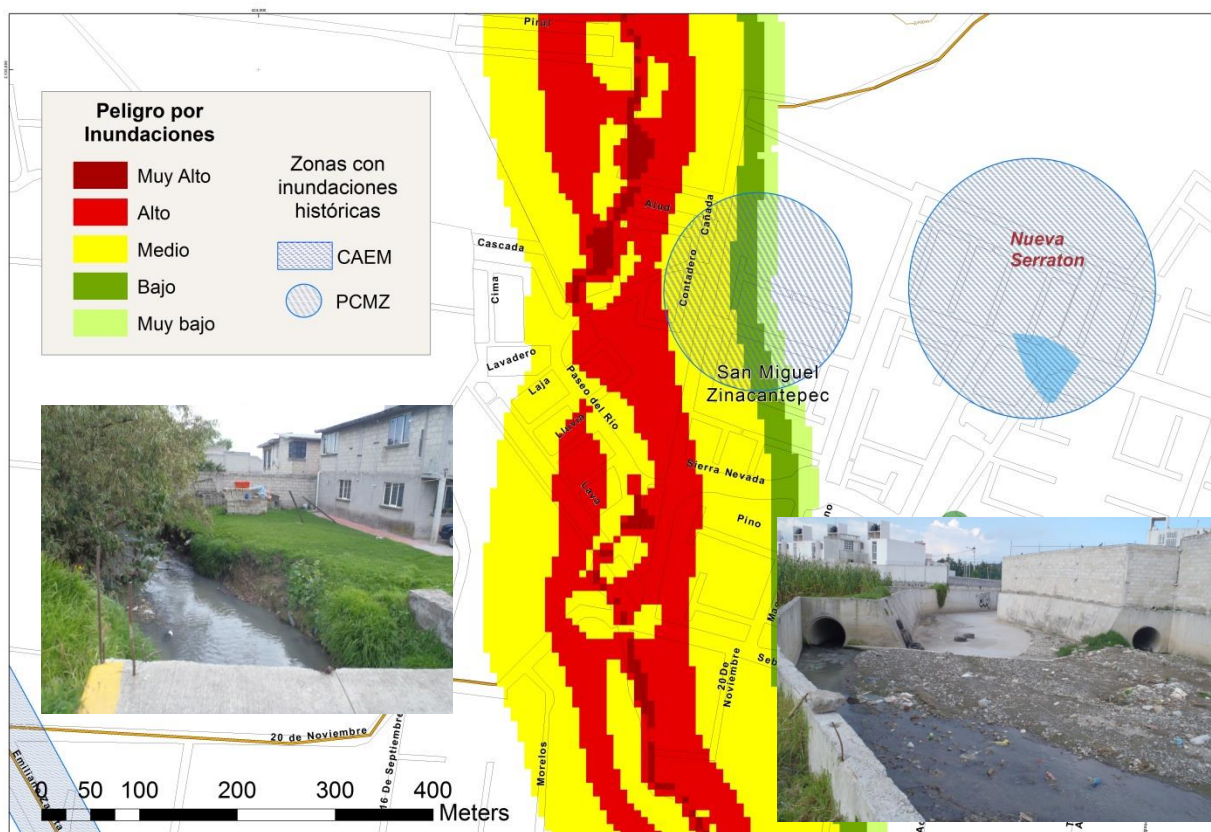






Figura 86. Río Tejalpa. La afectación de este escurrimiento en el poblado de San Juan de las Huertas es evidente en los flancos de ataque del río Tejalpa en donde la socavación le gana terreno a viviendas y parcelas. El riesgo de inundación es alto para aproximadamente 50 viviendas asentadas a lo largo de las márgenes del río (arriba modelo de inundación, imagen satelital abajo).

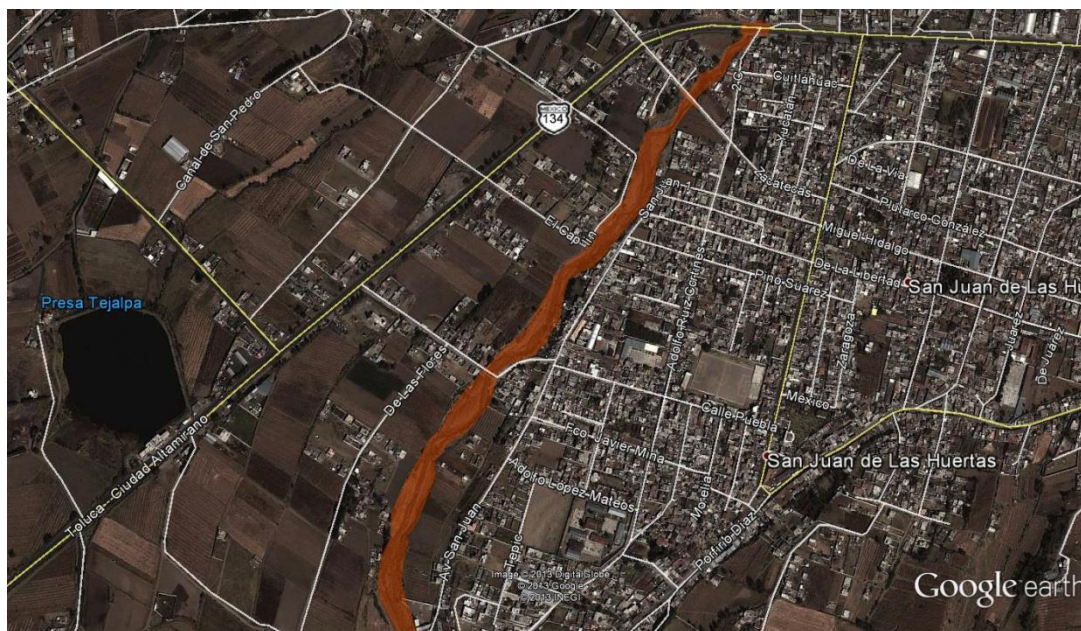
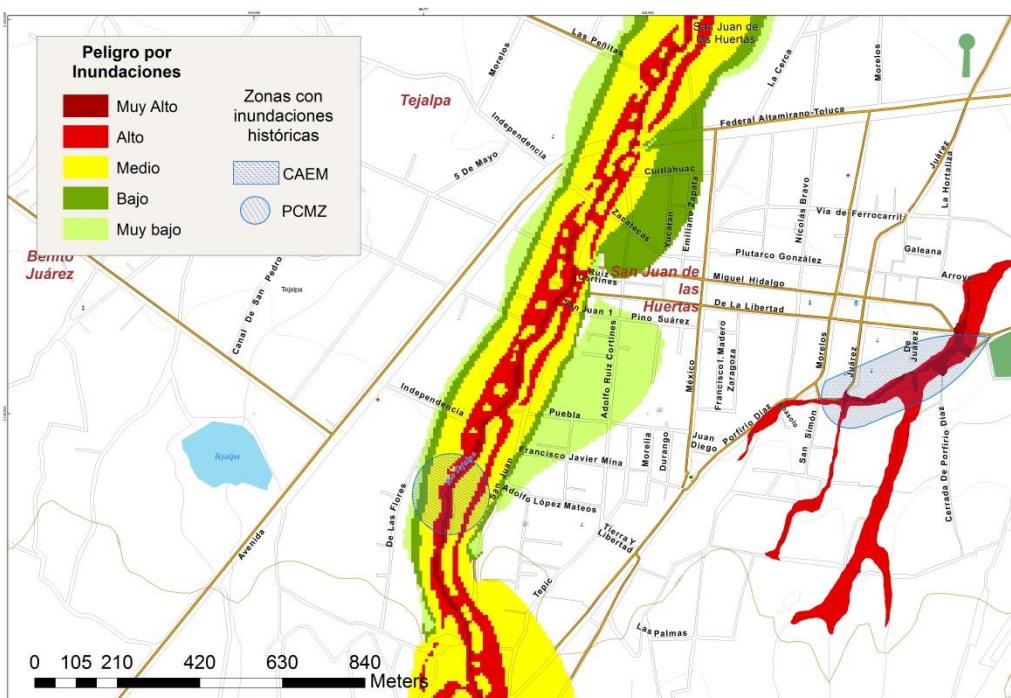
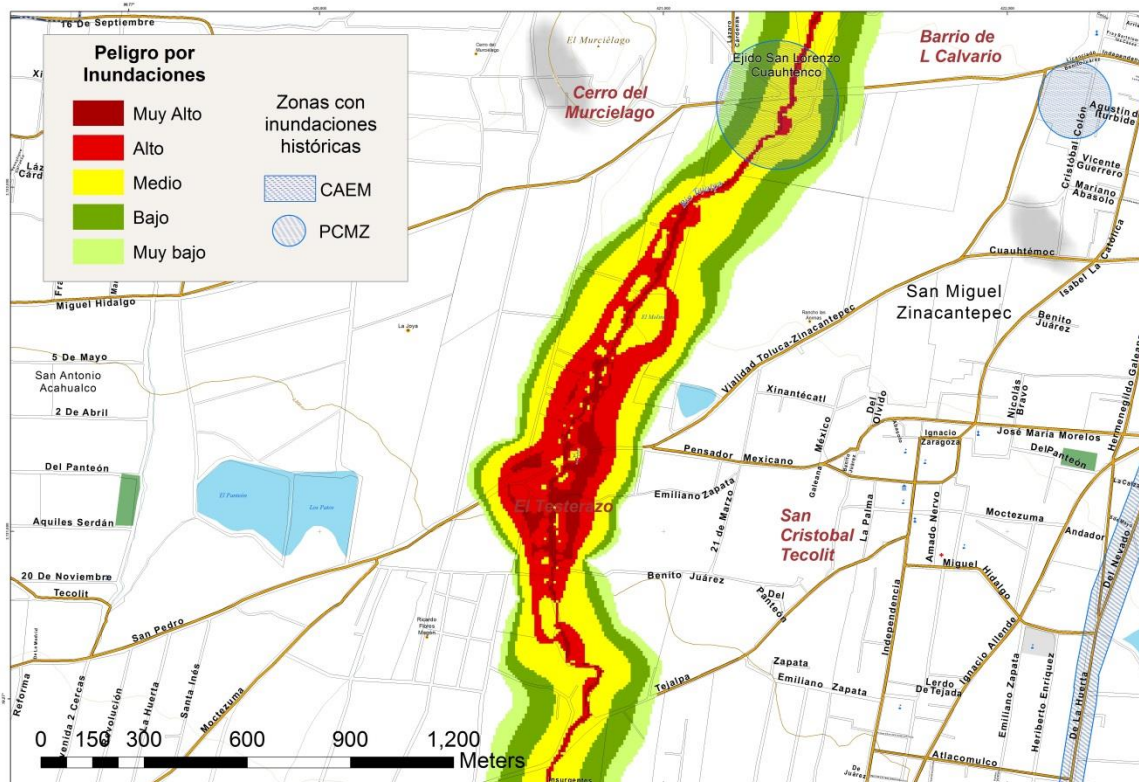






Figura 88. Modelación de inundaciones al oeste de San Cristóbal Tecolot (El Testerazo)



Colonia El Testerazo

En la localidad conocida como El Testerazo al oeste de la localidad de San Cristóbal Tecolot, es común que el río Tejalpa desborde sus márgenes e inunde las viviendas y zonas de cultivo aledañas. La imagen que se muestra abajo denota en color amarillo la zona máxima de afectación de la inundación del río Tejalpa en El Testerazo. Los cuadros negros se marcan como 'cuellos de botella' en los que el cauce se adelgaza artificialmente a causa de pasos peatonales y puentes con deficiente espacio hidráulico, que aunados al azolve natural y a la disposición inadecuada de residuos sólidos, generan interrupciones al cauce normal del río y originan represamientos del líquido que a la postre resultan en el desbordamiento del mismo principalmente en su margen derecho. Las flechas indican cómo es que se desvía el cauce normal del río (línea azul) para causar inundaciones a su paso. La zona naranja muestra el lugar donde el agua en promedio alcanzó 150 cm de altura e inundó por completo las 15 viviendas en su zona de influencia.



Figura 89. Zona inundable en el Testerozo.



En levantamiento de campo se determinó que la afectación de dichos eventos es de gran impacto en los habitantes de la zona; el agua alcanza tiros mayores a los 150 cm en zonas habitadas y hasta 300 cm en puntos deprimidos de sus riveras. La siguiente figura muestra la zona inundable de dicha localidad y en color negro aparecen puntos de control tomados en campo, de los cuales el 80% contornearon el área considerada como de inundación total y que se pudo identificar por la sedimentación de la arena tipo litoral decantada en amplias zonas al margen derecho de dicho río.



Figura 90. Zona inundable en el Testerazo y caminamientos en campo delimitando zonas de máxima inundación. A la izquierda zona con modelo de inundación, izquierda zona históricamente afectada.

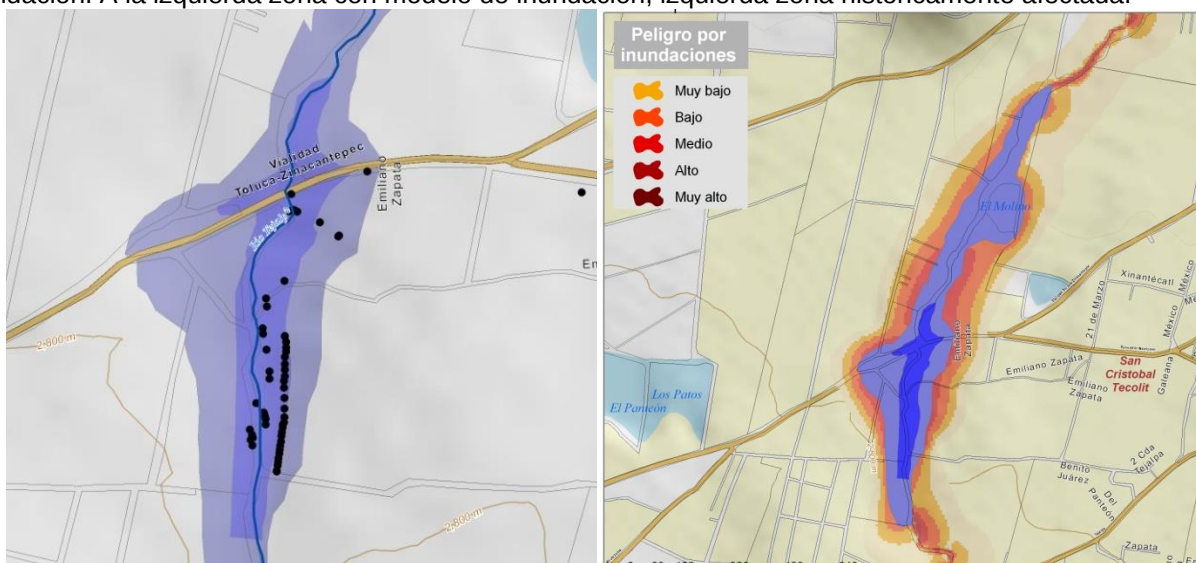


Figura 91. Viviendas y cosechas afectadas por la inundación. Nótese la sedimentación excesiva.



Más de dos hectáreas se vieron totalmente cubiertas por el agua del río, en la figura superior se puede apreciar cómo el río cubrió con sedimentos arenosos de más de 30 cm de espesor las zonas de cultivo en la margen derecha del río Tejalpa a la altura de San Cristóbal Tecolot.



Figura 92. En algunos puntos de la localidad, el agua alcanzó 180 cm de altura (líneas naranjas)



Santa María del Monte.

Al oeste del municipio en sus estribaciones con el municipio de Almoloya de Juárez se encuentra esta localidad. Su problemática de inundaciones se debe a su origen volcánico conformada por coladas de lava que generan profundos barrancos con desniveles altimétricos de hasta 100 m en la vertical; su topografía es, en general de un pie de monte muy escarpado con escurrimientos de rápida respuesta que provienen del Nevado de Toluca al sur de la localidad la altura es superior a los 3,100 msnm y al norte desciende hasta los 2750 msnm.



Figura 93. Vista desde el suroeste de Santa María del Monte. Nótese los barrancos y la deforestación causante de avenidas repentinas.



Por lo anterior Santa María del Monte tiene problemas de inundaciones –por avenidas repentinas- en la parte baja de sus barrancos, en la siguiente imagen se aprecia con claridad la zona que estas crecidas de agua pueden afectar a las zonas bajas. Por ejemplo en la Avenida Escoval (posteriormente avenida Independencia) 100 m al sur de la curva de la carretera que lleva al municipio de Zinacantepec se encuentra una zona habitada en alto riesgo de sufrir los efectos devastadores de este tipo de fenómenos. En especial hay una instalación de educación preprimaria que puede tener problemas de inundación repentina.



Figura 94. Zona inundable en Santa María del Monte. En rojo las zonas identificadas por el Atlas de Riesgos de la CAEM.

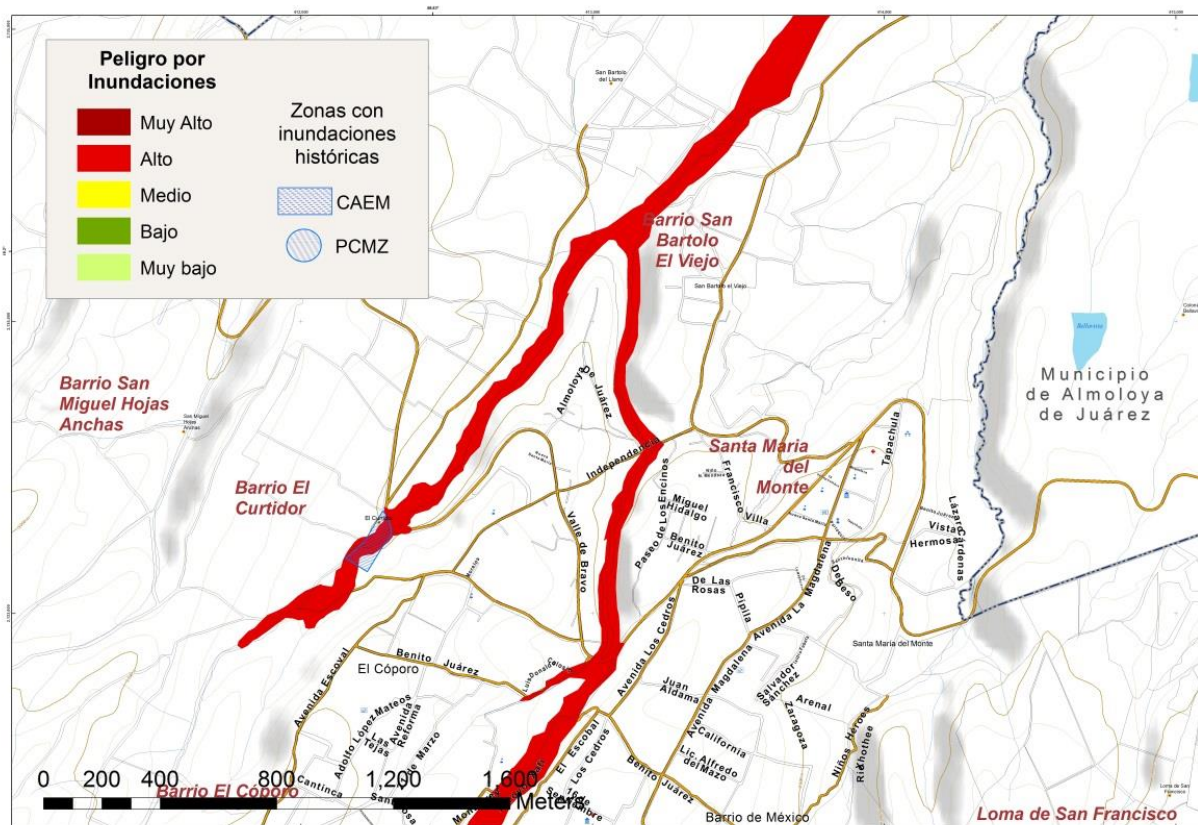
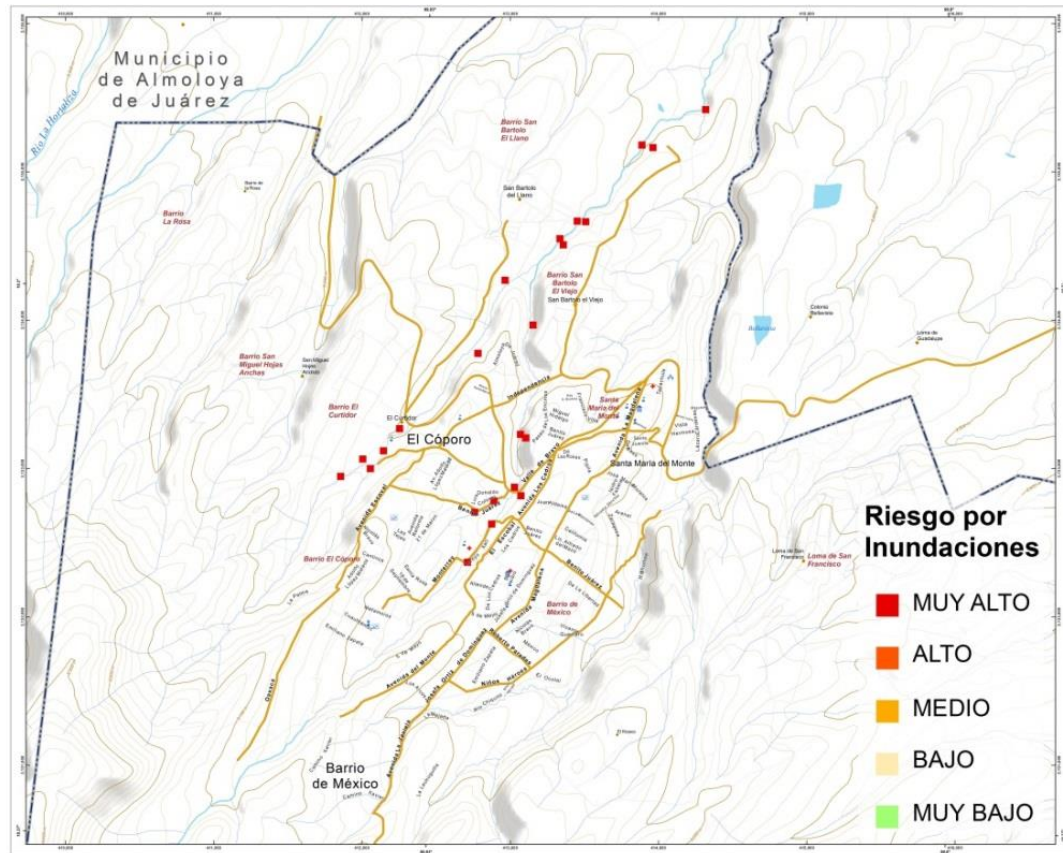




Figura 95. Riesgo por inundación en Santa María del Monte.





5.2.12. Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas

Medidas preventivas por precipitación

- Retirar del exterior de la vivienda, aquellos objetos que puedan ser arrastrados por el agua.
- Revisar, cada cierto tiempo, el estado del tejado, el de las bajadas de agua de edificios y de los desagües próximos.
- Colocar los documentos importantes y, sobre todo, los productos peligrosos, en aquellos lugares de la casa en los que la posibilidad de que se deterioren por la humedad o se derramen, sea menor.
- Mantenerse alerta a los comunicados de las autoridades y las medidas establecidas por la Subdirección de Protección Civil.
- Ubicar los refugios temporales y albergues en su municipio.

Medidas preventivas por viento

- Promover con la población y gestionar apoyos federales y estatales para evitar el uso de techos de lámina en las viviendas, para evitar que estas sean afectadas por los vientos.
- Establecer apoyo técnico con universidades locales para que asesoren a la población en general y a las autoridades locales en métodos constructivos en techos para prevenir daños por vientos fuertes.
- Aumentar la vigilancia sobre el cumplimiento del reglamento de construcción, en caso de otorgar permisos para colocar espectaculares, estos, deberán apegarse a las medidas de seguridad establecidas para las estructuras ligeras (las señales de tránsito, postes, árboles, anuncios publicitarios) e inspeccionar el estado de las mismas con respecto a la población asentadas próximas a ellas.
- Promover la vigilancia por parte de los vecinos y denuncia de estructuras frágiles que pueden afectar a la población en construcciones antiguas o espectaculares.
- Previo a la temporada de lluvias realizar el podado de los árboles que se encuentran en calles del municipio para evitar que puedan causar daños a personas, equipamiento urbano o vehículos.

Medidas preventivas por tormentas eléctricas

- Implementación de una campaña informativa y de sensibilización sobre qué acciones realizar mientras se presenta una tormenta eléctrica, sobre todo cuando se encuentran fuera de un área cubierta.
- Reglamentar la instalación de pararrayos en instalaciones como antenas, edificios altos, instalaciones industriales o instalaciones como naves que almacenan materiales peligrosos o muy inflamables.

Medidas preventivas en zonas de peligro por granizadas, heladas y nevadas.

- Promover con la población y gestionar apoyos federales y estatales para evitar el uso de techos de lámina en las viviendas, para evitar que estas sean afectadas por las heladas, granizadas y nevadas.
- Divulgar con anticipación acerca de los fenómenos meteorológicos.
- Dar información acerca de la ubicación de albergues temporales.
- Capacitar acerca del uso de calefactores, estufas, fogatas y otros medios para procurar calor dentro de viviendas y edificios.

Medidas preventivas por sequía

- Gestionar la publicación en los medios masivos de comunicación la información referente al pronóstico de la Comisión Nacional del Agua y las medidas de prevención y auxilio de que debe tomar la población para enfrentar la temporada de sequía o estiaje.



Medidas preventivas por inundación

- En el barrio El Curtidor en la localidad de Santa María del Monte, se proponen obras de bordos de protección por avenidas repentinas a los costados de los márgenes del río que desciende de las faldas del Nevado por el barrio del Curtidor, mismo punto se ubica el kínder Felipe Santiago Gtz que se emplaza en un meandro centrado en el flanco de ataque del río antes mencionado. Es de importancia señalar que dicho jardín de niños es muy vulnerable a sufrir inundaciones repentinas por crecidas súbitas del río que inclusive puede llegar a derribar bardas y arrastrar el suelo que soporta el jardín de niños, por tanto se propone reubicar dicho centro educativo.
- En la zona propiamente urbana del municipio, especialmente en los cauces que fluyen hacia el norte en las colonias Fracc. La Aurora, San Luis Mextepec, Rinconada de Tecaxic, Nueva Serratón, las Culturas Zimbrones y Patricia Galindo se propone que los cauces que las cruzan sean canalizados para evitar que desborden sus aguas. La canalización se deberá apegar a los cálculos de avenidas máximas para periodos de retorno hasta de 1,000 años y contarán con todas las características anti azolve y de mantenimiento óptimo.
- Por otro lado en lo que respecta a las cuecas más altas, con mayor gasto y pendiente del municipio (por ejemplo el río Tejalpa) se propone una rehabilitación del cauce del mismo, apuntando a la normalización y 'naturalización' de su fluir con miras a permitir la estabilización natural del mismo. Este proceso tomará décadas de adaptabilidad y años para que los efectos de la rehabilitación se hagan patentes. Mientras tanto como medidas temporales de adaptación y mitigación del riesgo es recomendable que para disminuir los efectos de las avenidas y crecidas repentinas se construyan bordos reguladores de crecidas extraordinarias.
- En varios pasos a nivel de los ríos del municipio se regenerarán los puentes, con una planeación de amplio alcantarillado que en algunos casos como en San Cristóbal Tecolatl (Testerazo) deben dejar totalmente libre y 'franca' la zona del cauce del Tejalpa impidiendo que se represe el líquido como hasta ahora ha sucedido.
- En los flancos de ataque de los ríos de mayor orden del municipio tienen un gasto y nivel de arrastre tan acentuado que los cauces de los ríos están 'ganando' terreno en la zona exterior de lo meandros a través de socavaciones y ataques directos a las márgenes ante lo que se propone el reforzamiento de los márgenes del río con membranas especiales para evitar la socavación e incluso con bordos de gavión que puedan refrenar el nivel erosivo del agua de los ríos. Ver mapa de obras propuestas.