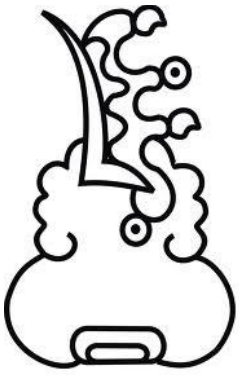
SEDATU
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Atlacomulco 2013



Noviembre de 2013
Informe Final

Atlacomulco, 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 6

1.1. Introducción 6
1.2. Antecedentes 6
1.3. Objetivo 9
1.4. Alcances 9
1.5. Metodología General 10
1.6. Contenido del Atlas de Riesgos 11

CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA 12

2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación gráfica 13

CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL 23

3.1. Fisiografía 23
3.2. Geomorfología 24
3.3. Geología 26
3.3.1. Fallas y Fracturas 26
3.4. Edafología 28
3.5. Hidrografía 29
3.6. Cuencas y Subcuencas 31
3.7. Clima 32
3.8. Usos del suelo y vegetación 34
3.9. Áreas Naturales Protegidas 36

CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS 37

4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población 37
4.2. Características sociales (escolaridad, hacinamiento, población con discapacidad, marginación, pobreza) 41
4.3. Principales actividades económicas en la zona 47
4.4. Características de la Población Económicamente Activa 48
4.5. Estructura urbana 49
4.6. Reserva territorial 50

CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PELIGROS Y VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL 51

5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico 51
5.2.1. Erupciones volcánicas 51

5.2.2. Sismos 60
Fallas y fracturas 64
5.2.3. Tsunamis 66
5.2.4. Inestabilidad de laderas (deslizamientos) 68
5.2.5. Flujos 70
5.2.6. Caídos o Derrumbes 71
5.2.7. Hundimientos 73
5.2.8. Subsidencia 74
5.2.9. Agrietamientos 75
5.2.10. Erosión 77
5.2.11. Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas 82
5.2.10.1. Medidas preventivas generales 86
5.2.10.2. Medidas ante riesgos volcánicos 87
5.2.10.3. Medidas ante riesgos por sismos 88
5.2.10.4. Medidas ante riesgos por Fallas 90
5.2.10.5. Medidas ante riesgos por inestabilidad de laderas 92
5.2.10.6. Medidas ante riesgos por caídos o derrumbes 94
5.2.10.7. Medidas ante riesgos por hundimientos 97
5.2.10.8. Medidas ante riesgos por subsidencia 97
5.2.10.9. Medidas ante riesgos por agrietamientos 97
5.2.10.10. Medidas ante riesgos por Erosión 99
5.2. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico 102
5.2.1. Ondas cálidas y gélidas 103
5.2.2. Sequías 105
5.2.3. Heladas 105
5.2.4. Tormentas de granizo 107
5.2.5. Tormentas de nieve 109
5.2.6. Ciclones Tropicales 109
5.2.7. Tornados 110
5.2.8. Tormentas eléctricas 111
5.2.9. Lluvias extremas 113
5.2.10. Inundaciones 116
5.2.11. Medidas preventivas 144

Ilustraciones

Figura 1. Localización del Municipio de Atlacomulco, Estado de México. 7
Figura 2. Esquema conceptual de la metodología. 11
Figura 3. Croquis, ejemplo de mapa base a nivel municipal escala 1:50000 13
Figura 4. Croquis, ejemplo de mapa base de la Cabecera Municipal escala 1:10000 14
Figura 5. Croquis, ejemplo de mapa base de las comunidades de San Pedro del Rosal, San Antonio Enchisi, Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo, escala 1:10000 15
Figura 6. Mapa de fisiografía del Municipio de Atlacomulco 24
Figura 7. Mapa de geomorfología del Municipio de Atlacomulco 25
Figura 8. Falla Toxi en el Municipio de Atlacomulco 27
Figura 9. Mapa de geología del Municipio de Atlacomulco 27
Figura 10. Mapa de edafología del Municipio de Atlacomulco 29
Figura 11. Río Lerma en puente Tlacotepec. Nótese el lecho rocoso que genera aumentos en la velocidad del cauce. 30
Figura 12. Presa TicTi. 31
Figura 13. Mapa de hidrología del Municipio de Atlacomulco 32
Figura 14. Mapa de climas del Municipio de Atlacomulco 33
Figura 15. Mapa de usos de suelo en el Municipio de Atlacomulco 35
Figura 16. Mapa de Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Atlacomulco 36
Figura 17. Densidad de población 41
Figura 18. Mapa de grado de marginación en el Municipio de Atlacomulco, 2010. 44
Figura 19. Mapa de clasificación del territorio del Municipio de Atlacomulco. 50
Figura 20 Esquema de peligros hidrometeorológicos 102
Figura 21. Nivel de peligro por temperaturas máximas 104
Figura 22. Nivel de peligro por temperaturas mínimas 105
Figura 23. Mapa de peligro por heladas 107
Figura 24. Mapa de granizo 108
Figura 25. Mapa de peligro por tormentas de nieve 109
Figura 26 Presencia de ciclones tropicales en México (las líneas indican el número de ciclones tropicales promedio que se presentan cada año. 110
Figura 27. Mapa de peligro por tornado 111
Figura 28. Ubicación de estaciones meteorológicas en el Municipio de Atlacomulco 111
Figura 29. Mapa de peligro por tormentas eléctricas 113
Figura 30. Mapa de precipitación media anual en mm. 114
Figura 31. Mapa de peligro por lluvias extremas 115
Figura 32. Confluencia de dos escurrimientos. Zona inundable 116
Figura 33. Zona con alto riesgo de inundación 117
Figura 34. Bajíos vistos desde Santa María Nativitas a Tecoac. 117

Figura 35. En el extremo de la calle Lic. Alcántara Pérez del Circuito Salvador Sánchez Colín en la zona industrial las inundaciones son recurrentes, por lo que esta zona es de alto riesgo de inundación. 118

Figura 36. Inundaciones ribereñas 119

Figura 37. Mapa de pendientes de Atlacomulco. 120

Figura 38. Zonas inundables en Atlacomulco 121

Figura 39. Zonas bajas en Atlacomulco y con pendiente <10º. 121

Figura 40. Esquema de recarga-inundación: en el punto No. 1 se observa la zona de acumulación pluvial en la colonia La Garita; No. 2 se observa la vialidad (Platón + Isidro Fabela Norte) por donde escurre el agua que viene desde el punto 1; No. 3: Zona baja inundable donde se acumula el agua por ser depresión natural. La inundación debe ser evitada por medio de limpieza y desazolve de la red de drenaje. 123

Figura 41. Zona inundable en el Boulevard Jiménez Cantú norte. 124

Figura 42. Cuencas de respuesta rápida al oeste del volcán Jocotitlán. 124

Figura 43. Cuenca de repuesta rápida al norte del volcán Jocotitlán. 125

Figura 44. Zonas inundables en la zona urbana de la cabecera municipal. 125

Figura 45. Pasando la calle Máximo Montiel en el Circuito Salvador Sánchez Colín se encuentra una depresión que representa un área inundable en la zona industrial (vista al norte). 126

Figura 46. Pasando la calle Máximo Montiel en el Circuito Salvador Sánchez Colín se encuentra una depresión que representa un área inundable en la zona industrial (vista al sur). 127

Figura 47. Cuerpo de agua intermitente cerca del Circuito Salvador Sánchez Colín en la zona industrial. 127

Figura 48. En el extremo de la calle Lic. Alcántara Pérez del Circuito Salvador Sánchez Colín en la zona industrial las inundaciones son recurrentes, por lo que esta zona es de alto riesgo de inundación 127

Figura 49. San Pedro del Rosal. Escurrimiento que desciende la parte norte del volcán (abajo imagen satelital del río) nótese media docena de viviendas en condición de riesgo. 132

Figura 50. Lavaderos (techumbre de lámina gris) en zona baja cercana al cauce del río en San Pedro del Rosal 133

Figura 51. Izquierda: alcantarilla en carretera Atlacomulco-Toluca. Derecha: alcantarilla bajo camino local a Enchisi. 133

Figura 52. Canal al oeste de San Francisco Chalchihuapan (zona deprimida) 134

Figura 53. Riesgo por inundaciones en el Municipio de Atlacomulco 134

Figura 54. Vivienda en riesgo de avenida repentina en barranca entre San Francisco Chalchihuapan y San Antonio Enchisi (Avenida repentina de cuenca oeste del volcán Jocotitlán). 135

Figura 55. Santiago Acutzilapan. Vista hacia el volcán Jocotitlán, en rojo las zonas de inundaciones, que debido a la pendiente se pueden transformar en avenidas repentinas. 135

Figura 56. Calle Vicente Guerrero en Santiago Acutzilapan; viviendas en cauce de río de avenidas repentinas con capacidad de arrastrar rocas de hasta 2 toneladas 136

Figura 57. Calle Vicente Guerrero en Santiago Acutzilapan. 136

Figura 58. San Felipe Pueblo Nuevo. Barranca de rápida respuesta 137

Figura 59. Puntos de riesgo en la cabecera municipal. 138

Figura 60. Izquierda: zona baja en calle Bugambilias. Derecha: Canal de desagüe pluvial en el circuito Jiménez Cantú en la Colonia Isidro Fabela 139

Figura 61. Canal de desagüe pluvial en el circuito Jiménez Cantú en la Colonia Isidro Fabela. Punto más deprimido de la colonia. 139

Figura 62. Al fondo zona deprimida en calle de Las Fuentes 140

Figura 63. Zona inundable al sur del Río Lerma en el Cuartel Quinta Sección el Puente en San Lorenzo Tlacotepec. 143

Gráficas

Gráfica 1.- Municipio de Atlacomulco y Cabecera Municipal. Crecimiento demográfico 1980 – 2010 37
Gráfica 2.- Municipio de Atlacomulco. Distribución de la población por grupos quinquenales de edad, 2000-2010. 39
Gráfica 3.- Municipio de Atlacomulco. Distribución de la población por grandes grupos de edad, 2000-2010. 39

Cuadros

Cuadro 1. Contenido del Atlas de Riesgos Naturales 11
Cuadro 2. Provincia y subprovincia fisiográficas. 23
Cuadro 3. Topoformas 25
Cuadro 4. Geología 26
Cuadro 5. Tipos de suelo, Municipio de Atlacomulco 28
Cuadro 6. Cuenca y subcuencas, Municipio de Atlacomulco 31
Cuadro 7. Climas, Municipio de Atlacomulco 33
Cuadro 8. Usos de suelo, Municipio de Atlacomulco 35
Cuadro 9. Áreas Naturales Protegidas, Municipio de Atlacomulco 36
Cuadro 10. Población y crecimiento promedio anual 1980-2010 y sus proyecciones al año 2030 38
Cuadro 11. Mortalidad en el Municipio de Atlacomulco, 2011. 40
Cuadro 12. Viviendas particulares habitadas vulnerables ante fenómenos climáticos, 2010. 42
Cuadro 13. Grados Alto y Muy Alto de marginación por localidad, 2010. 43
Cuadro 14. Porcentaje de población con al menos una limitación 2000 y 2010. 45
Cuadro 15. Población por tipo de limitación, Atlacomulco 2010. 45
Cuadro 16. Número de personas con limitación por localidad y tipo de limitación, 2010. 46
Cuadro 17. Valor Agregado Censal Bruto y Tasa de Crecimiento Media Anual, 2004 - 2009. 47
Cuadro 18. Valor Agregado Censal Bruto Estado de México y Municipio de Atlacomulco 2009. 47
Cuadro 19. Población Económicamente Activa en el Municipio de Atlacomulco, 2010. 48
Cuadro 20. PEA ocupada por Sector de Actividad, Municipio de Atlacomulco 2010. 48
Cuadro 21. Población Ocupada y su distribución porcentual según ingreso por trabajo, Municipio de Atlacomulco 2010. 49
Cuadro 22. Registro de temperaturas máximas 103
Cuadro 23. Registro de heladas 106
Cuadro 24. Registro de tormentas eléctricas por estación meteorológica 112

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El presente Atlas de Peligros Naturales para el Municipio de Atlacomulco 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 riesgos 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.

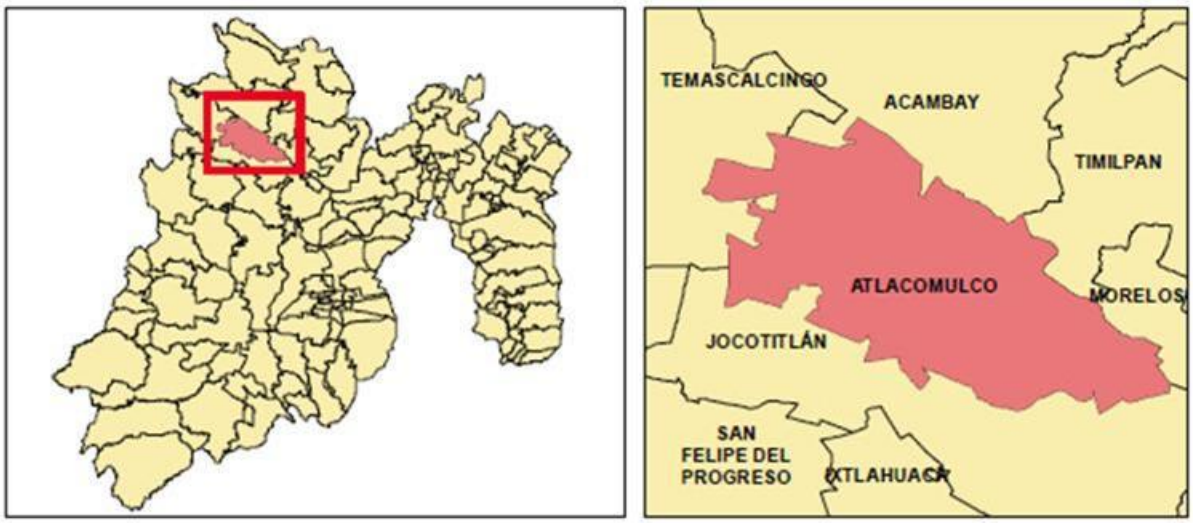
Asimismo, se vinculan los peligros con las repercusiones que éstos tendrían en el Municipio de Atlacomulco, que puede ser siniestrado por diversos peligros en más de un sentido, por lo que este trabajo aborda a la población afectada como un todo, denominado como el sistema afectable (éste comprende a 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 Atlacomulco se localiza en el Noroeste del Estado de México, en la Región II Atlacomulco integrada por 16 Municipios. Su territorio se ubica al interior de las coordenadas extremas 99°42'12" y 99°58'28" de longitud Oeste y a los 19°54'07" y 19°43'31" latitud Norte.

Limita al norte, con el Municipio de Acambay, al Noreste con el Municipio de Timilpan, al Sur con el Municipio de Jocotitlán, al Este con el Municipio de Morelos y al Oeste con el Municipio de Temascalcingo. Consta de una superficie de 258.74 kilómetros cuadrados, representando el 1.19% de la superficie del Estado de México, lo que lo ubica en el lugar 30 entre los Municipios de la entidad.

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



Fuente: Elaboración propia con base en información del IGECEM.

Administrativamente el Municipio de Atlacomulco está conformado por su cabecera municipal, la Ciudad de Atlacomulco de Fabela, la cual está integrada por 18 Colonias; asimismo en la demarcación municipal se cuenta con 37 comunidades de conformidad con el listado siguiente:

Colonias de la cabecera Municipal

I. Centro;	VII. Isidro Fabela;	XIII. Ampliación La Garita;
II. La Ascensión;	VIII. Felipe Ureña;	XIV. El Jazmín;
III. La Mora;	IX. La Garita;	XV. Las Granjas;
IV. Cuatro Milpas;	X. Las Fuentes;	XVI. San Martín;
V. El Calvario;	XI. Bongoni;	XVII. Las Mercedes
VI. José María Morelos y Pavón;	XII. 2 de Abril;	XVIII. Río Lerma.

Comunidades

I. Bobashí de Guadalupe;	XIV. Manto del Río;	XXVII. San Juan de Los Jarros;
II. Bombatevi Ejido;	XV. Manto del Río Pueblo;	XXVIII. San Lorenzo Tlacotepec;
III. Cerrito Colorado;	XVI. Mayé El Fresno;	XXIX. San Luis Boro;
IV. Cuendó;	XVII. Rincón de La Candelaria;	XXX. San Martín de Los Manantiales;
V. Chosto de Los Jarros;	XVIII. San Antonio Enchisi;	XXXI. San Pablo Atotonilco;
VI. Diximoxi;	XIX. San Bartolo El Arenal;	XXXII. San Pedro Del Rosal;

VII. Dolores La Joya;	XX. San Bartolo Lanzados;	XXXIII. Santa Cruz Bombatevi;
VIII. Ejido del Rincón de La Candelaria;	XXI. San Felipe Pueblo Nuevo;	XXXIV. Santiago Acutzilapan;
IX. El Espejel;	XXII. San Francisco Chalchihuapan;	XXXV. Santo Domingo Shomejé;
X. El Salto;	XXIII. San Ignacio de Loyola;	XXXVI. Tecoac; y
XI. Lagunita Cantashí;	XXIV. San Jerónimo de Los Jarros;	XXXVII. Tierras Blancas.
XII. La Mesa de Chosto;	XXV. San José del Tunal;	
XIII. La Palma;	XXVI. San José Toxi;	

Fuente: Bando Municipal 2013.

El Municipio de Atlacomulco se encuentra ubicado en la Cuenca del Río Lerma - Toluca, con tres subcuencas, dos de las cuales ocupan la mayoría del territorio municipal, la del Río Otzolotepec - Río Atlacomulco y la del Río Atlacomulco - Paso de Ovejas. Entre ambas subcuencas se localiza la principal concentración urbana, Atlacomulco de Fabela, lo que la hace vulnerable ante las inundaciones provocadas por los escurrimientos que se canalizan hacia el Río Lerma, ejemplo de ello son las inundaciones registradas en el “Atlas de Riesgos Atlacomulco, Cabecera Municipal”.

Entre junio y julio de 2011 se registraron inundaciones en 11 puntos que alcanzaron una altura de entre 15 cm y 40 cm, causadas por la combinación de un exceso de precipitación pluvial, el azolve y la insuficiencia de la red de drenaje, así como las bajas pendientes en las zonas aledañas al Río Lerma, afectando diversas calles y avenidas como la Calzada Las Fuentes, el Circuito Vial Jorge Jiménez Cantú (a la altura de la gasolinera ubicada en la calle Lic. Isidro Fabela Sur), la lateral de la salida a Toluca, la carretera Atlacomulco – El Oro, así como la Col. Ampliación La Garita (afectación de dos viviendas), la Zona Industrial, el Fraccionamiento Los Pinos, la Col Tic Ti y la zona sur de la cabecera municipal, hacia el río Lerma.

Destacan como zona de inundación recurrente,

El Circuito Vial Jorge Jiménez Cantú, entre Av. Miguel Hidalgo Norte y Av. Isidro Fabela Norte, en la cual se tienen registradas inundaciones en ocho temporadas de lluvias entre el 2002 y el 2012, debido a una combinación de lluvias extraordinarias con una falta de capacidad de la infraestructura hidráulica.

La Autopista Atlacomulco – Toluca (Isidro Fabela) entre el citado libramiento y la distribuidora de la Volks Wagen, en la cual se han registrado siete eventos de inundación.

El FOVISSSTE (Jorge Jiménez Cantú), entre Isidro Fabela sur y Adolfo López Mateos, en la cual se han registrado inundaciones por seis ocasiones.

El Parque Industrial, en las zonas bajas aledañas al Río Lerma, en las cuales se tiene registro de cuatro eventos de inundación.

La Colonia Las Fuentes, entre calzada de Las Fuentes, el Circuito Jorge Jiménez Cantú y la Sv. Roberto Barrios Castro la cual se ha inundado en al menos tres ocasiones.

Adicionalmente se localizan diversas zonas susceptibles de afectaciones por fenómenos geológicos. Así, en el citado Atlas se registra que en la Colonia 2 de abril de la cabecera municipal se ha identificado una fractura cercana a la zona donde se ubican 40 viviendas cerca del borde de una mina de tezontle a cielo abierto, con una población estimada de 200 habitantes.

Asimismo se tiene registrado que en agosto de 2008 se produjo un deslizamiento de tierra ocasionado por el exceso de precipitación pluvial en la carretera Atlacomulco – Acambay, a la altura de la Comunidad de Las Arenas, mismo que afectó a la citada carretera.

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

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.

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 Atlacomulco, 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 Peligros Naturales de Atlacomulco, 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 tendrá el presente documento se apegarán 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, memoria fotográfica, fichas de campo, 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 Atlacomulco, Cabecera Municipal”, elaborado bajo la metodología establecida por la Dirección General de Protección Civil del Gobierno del Estado de México y el Ayuntamiento de Atlacomulco 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 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.

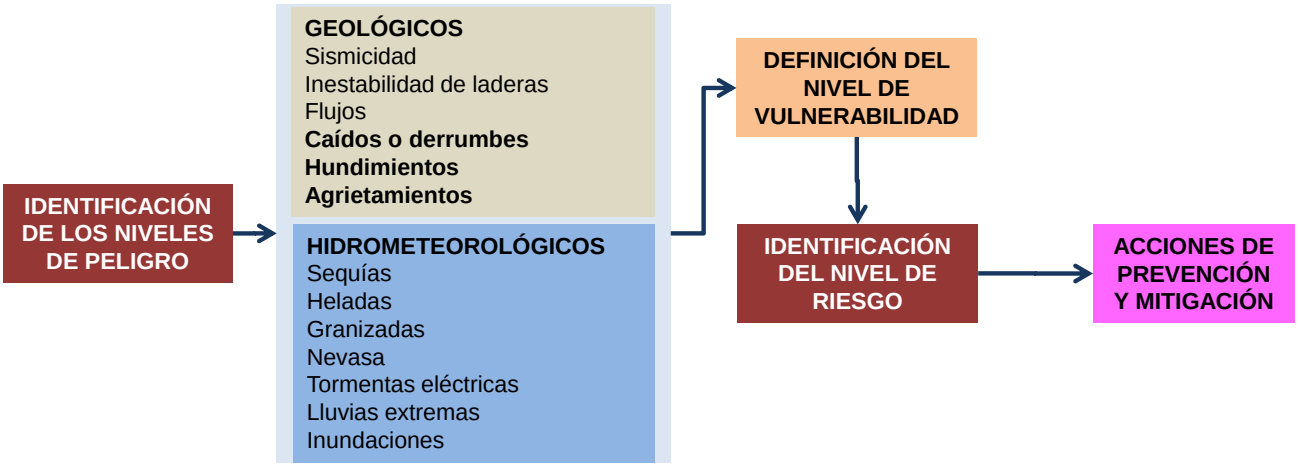
Diagnóstico de Riesgos

- 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 inadmisible 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.

Figura 2. Esquema conceptual de la metodología.



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

1.6. Contenido del Atlas de Riesgos

El contenido del presente documento se enmarca en el capitulado que marcan las citadas Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos de la SEDATU y se menciona en la siguiente tabla.

Cuadro 1. Contenido del Atlas de Riesgos Naturales

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 Inestabilidad de laderas Flujos Caídos o derrumbes Hundimientos Agrietamientos 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 pluviales, fluviales, costeras y lacustres Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas
CAPÍTULO 6. Anexo	Glosario de Términos Bibliografía Cartografía empleada Metadatos Fichas de campo Nombre de la consultoría y personas que elaboran el 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.

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

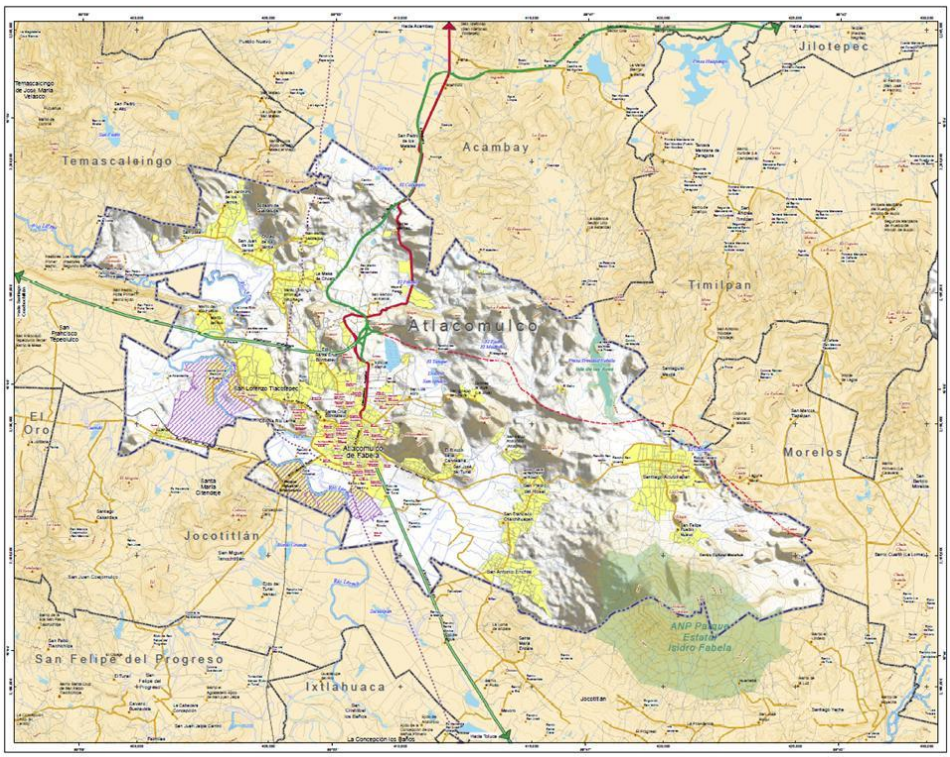
superposición que incluye el mapa base en conjunción con los diferentes temas que se abordarán en el atlas.

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

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.

Atlacomulco 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 1:50000

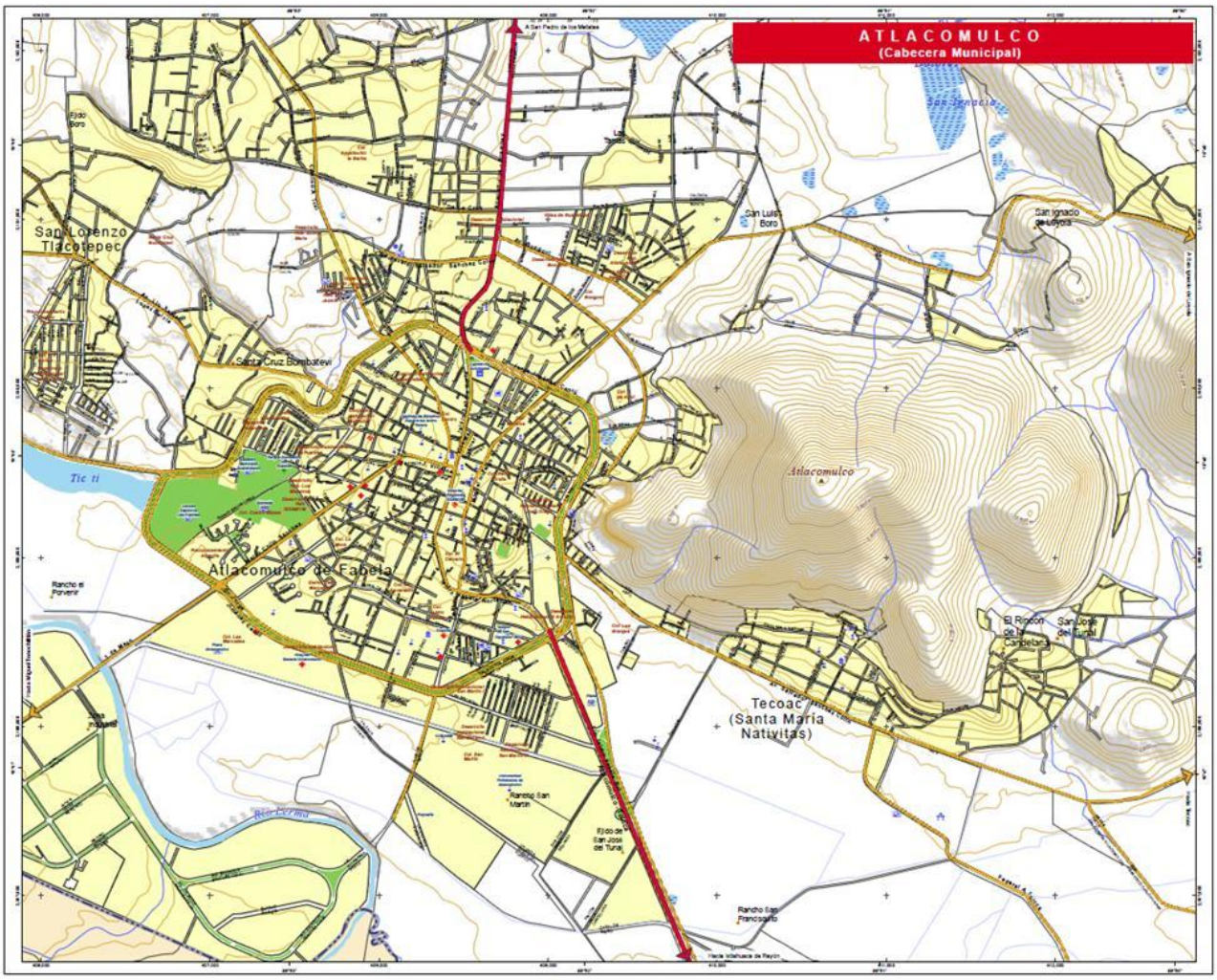


Fuentes: Elaboración propia con base en datos vectoriales del INEGI.

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 a 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.

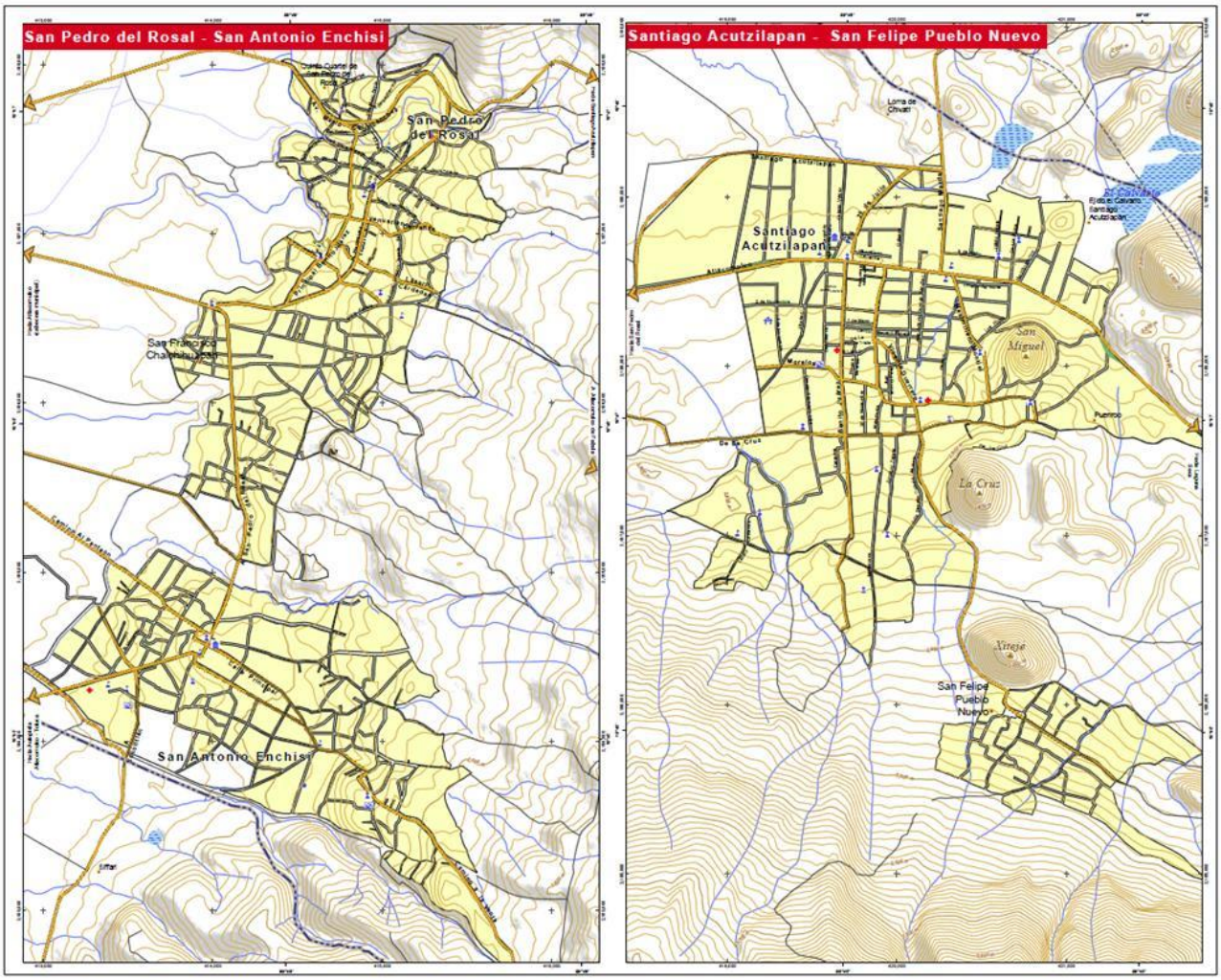
En las figuras siguientes se ilustra el nivel de los mapas urbanos en el que se puede representar a nivel de manzanas el peligro o riesgo de la población ante determinados fenómenos, con este nivel de detalle se permitirá establecer bases para futuros estudios de riesgo y también para evaluar otras áreas 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 1:10000



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

Figura 5. Croquis, ejemplo de mapa base de las comunidades de San Pedro del Rosal, San Antonio Enchisi, Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo, escala 1:10000



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 Catalogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 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: 1:50000	

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: 1:50000	

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: 1:10000	

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

NIVEL 1. MÉTODO	EVIDENCIAS
Evaluación e 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: 1:10000	

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: 1:10000	

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: 1:10000	

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: 1:50000	

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: 1:50000	

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: 1:50000	

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 isotermas para mostrar su distribución espacial. Mapa de distribución de heladas.
Escala inicial de trabajo: 1:50000	

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: 1:50000	

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: 1:50000	

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. Inventario de enfermedades ocasionadas por el evento y a consecuencia de éste. 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 en función de la red de colectores existente. Inventario de la infraestructura hidráulica existente (con influencia en el régimen pluvial). Colección de imágenes de satélite de la zona de estudio. Memoria del análisis estadístico de caudales máximos (Díaz-Delgado et al., 2005). Empleo de modelos hidrológicos e hidráulicos para la determinación del caudal e hidrograma de análisis, tales como el HEC-RAS, HMS, MIKE 11, SWMM u otros equivalentes (Chow et al., 1994). Delimitación de zonas inundables para los periodos de retorno analizados. Colección de cartografía digital de la zona de estudio. Topografía de campo con resolución de curvas de nivel a cada metro en las zonas
Escala inicial de trabajo: 1:10000	

CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL

3.1. Fisiografía

La Provincia presente en el Municipio es la del Eje Neovolcánico transversal que cubre un 100.00% del Municipio en cuyo interior se presentan las Sub provincias fisiográficas de Lagos y Volcanes de Anáhuac, en 20,670.74 ha, un 79.89% de su territorio, Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo en 3,899.21 ha, un 15.07% del total municipal y Mil Cumbres, en 1,304.05 ha; 5.04% de la extensión municipal.

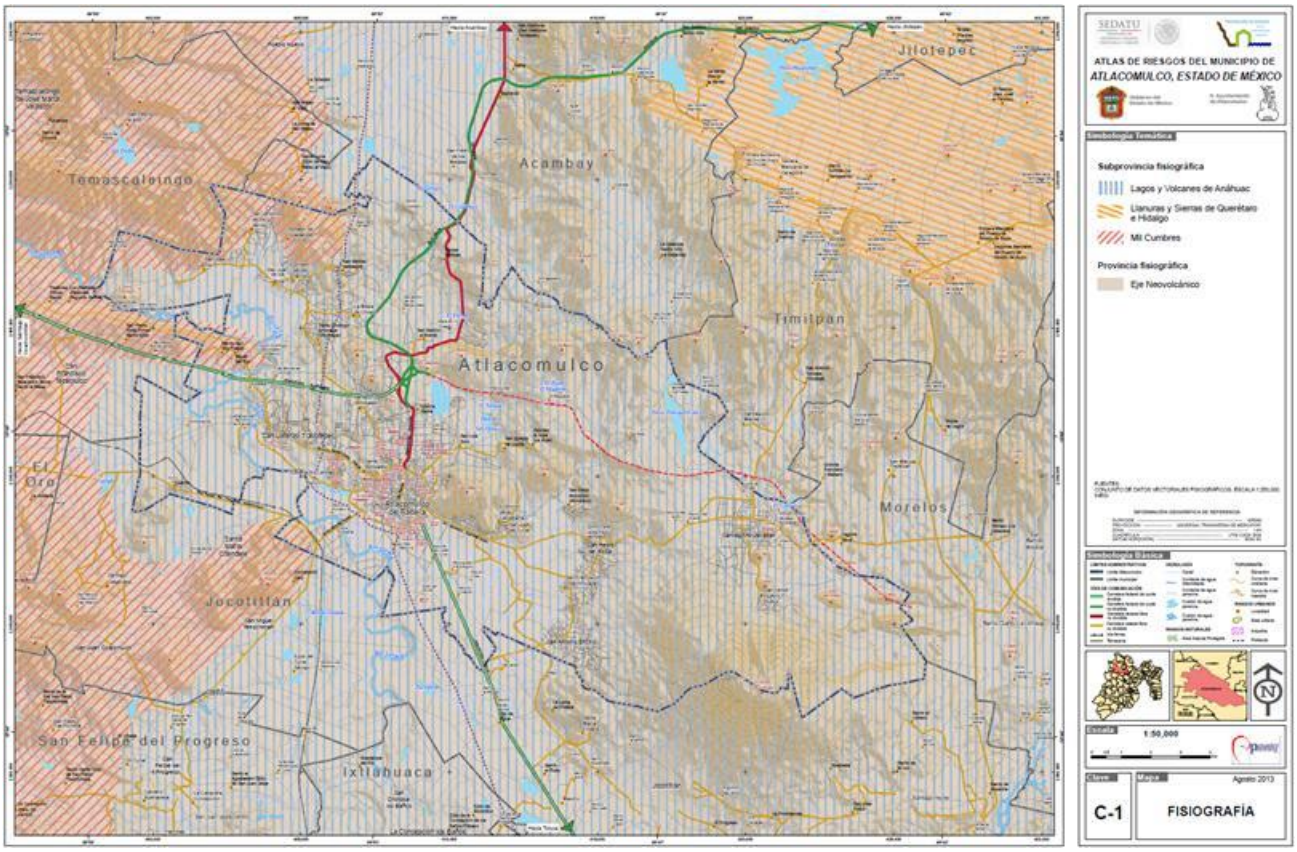
El territorio municipal es de una superficie de 258.74 kilómetros cuadrados. La mayor elevación municipal se ubica en la zona surponiente, en el Volcán Jocotitlán, donde alcanza los 3 mil 800 metros sobre el nivel del mar. La parte baja tiene una altura de 2 mil 500 metros sobre el nivel del mar y está localizada en el valle del sur y suroriente, al norte del cual se asientan las localidades de Atlacomulco de Fabela y San Lorenzo Tlacotepec.

Cuadro 2. Provincia y subprovincia fisiográficas.

PROVINCIAS	SUBPROVINCIAS	SUPERFICIE (ha)	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL MUNICIPAL
Eje Neovolcánico		25,874.00	100.00%
	Lagos y Volcanes de Anáhuac	20,670.74	79.89%
	Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo	3,899.21	15.07%
	Mil Cumbres	1,304.05	5.04%
	TOTALES	**25,874.00**	**100.00%**

Fuente: Elaboración propia en base al conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Escala 1:250,000. INEGI

Figura 6. Mapa de fisiografía del Municipio de Atlacomulco



Fuente: Elaboración propia en base al Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Escala 1:250,000. INEGI

3.2. Geomorfología

Las geoformas de Atlacomulco, van desde la planicie al surponiente del Municipio, con 6,160.98 ha del valle de laderas tendidas, lo cual significa un 23.81% del territorio, ocupado mayormente por áreas agrícolas y en parte por la parte sur de las áreas urbanizadas de la cabecera municipal y San Lorenzo Tlacotepec, hasta la escarpada Sierra Volcánica que se presenta en un 27.45% del territorio municipal; ya que ocupa 7,103.24 ha, cubre el suroriente del territorio, con pocas localidades menores como San Felipe Pueblo Nuevo y San Antonio Enchisi.

Los lomeríos de tobas son los más recurrentes, cubren gran parte del Municipio, toda la parte central y nororiente con una superficie de 12,074.11 ha; que significan un 46.67% del territorio en el que se incluyen la parte norte de las áreas urbanizadas de la cabecera municipal y San Lorenzo Tlacotepec.

Los llanura aluvial de piso rocoso o cementado se presenta en proporción marginal del 0.54%, al norte, en el límite con el Municipio de Acambay, al igual que los lomeríos de basalto que se presentan en proporción del 0.24%, al surponiente, en el límite con Jocotitlán.

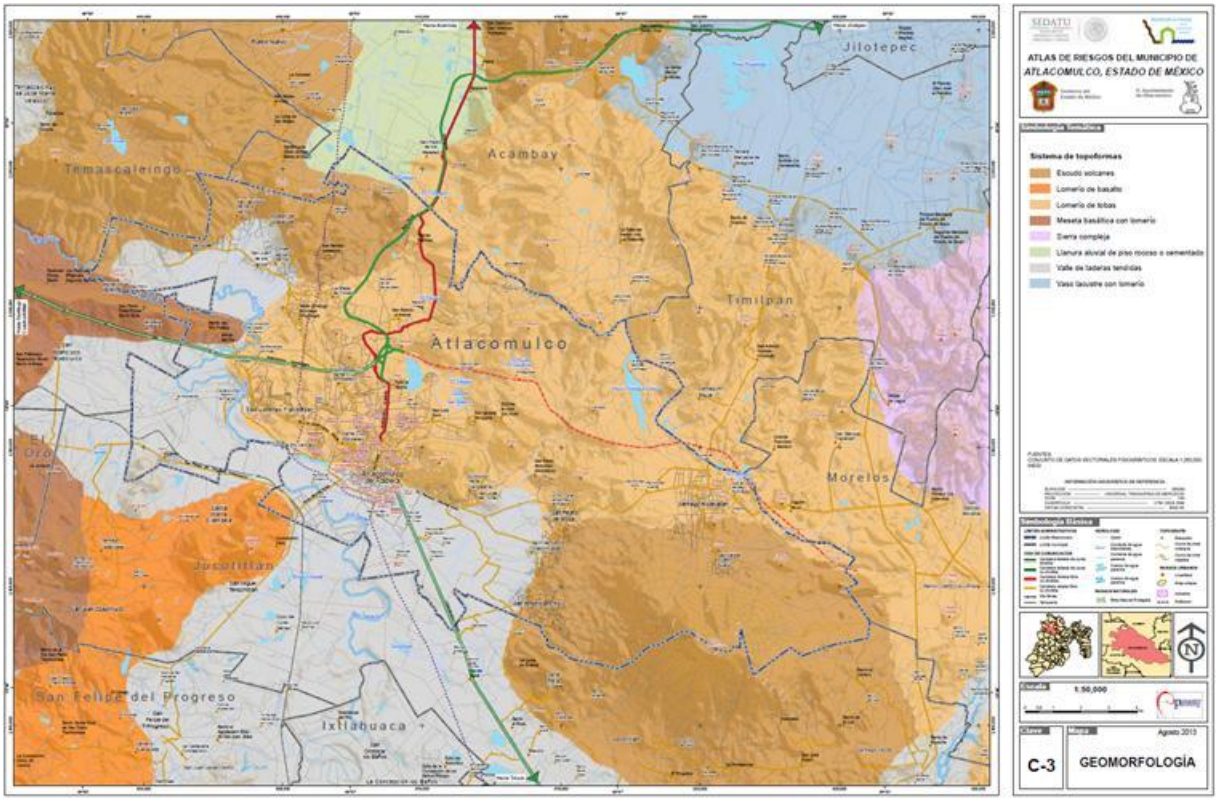
La Meseta basáltica con lomerío se presenta en las partes altas del extremo norponiente; esta geoforma cubre 325.31 ha, el 1.26% del territorio y es donde se ubica la localidad de Manto del Río.

Cuadro 3. Topoformas

TOPOMORFA	DENOMINACIÓN	SUPERFICIE (ha)	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL MUNICIPAL
Llanura	Llanura aluvial de piso rocoso o cementado	147.61	0.57%
Lomerío	Lomerío de basalto	62.75	0.24%
Lomerío	Lomerío de tobas	12,074.11	46.67%
Meseta	Meseta basáltica con lomerío	325.31	1.26%
Sierra	Escudo volcanes	7,103.24	27.45%
Valle	Valle de laderas tendidas	6,160.98	23.81%
	TOTALES	**25,874.00**	**100.00%**

Fuente: Elaboración propia en base al Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Escala 1:250,000. INEGI

Figura 7. Mapa de geomorfología del Municipio de Atlacomulco



Fuente: Elaboración propia en base al Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Escala 1:250,000. INEGI

3.3. Geología

Regionalmente, el Estado de México ha sido afectado por diversos eventos tectónicos que han originado diversas estructuras, como los pliegues en rocas sedimentarias en forma de sinclinales y anticlinales, como respuesta a una fase tectónica comprensiva, que estuvo acompañada por la intrusión de cuerpos graníticos.

A este evento, sigue el emplazamiento de las rocas volcánicas que conforman el Eje Neovolcánico Transversal de donde toma el nombre la provincia volcánica cenozoica donde se ubica el Municipio de Atlacomulco. Las lavas que surgen en la zona de fractura Chapala-Acambay, son de origen terciario esencialmente andesitas y Riolitas; del cuaternario Andesíticas y basálticas.

En el Municipio de Atlacomulco predominan las rocas Ígneas extrusivas como Tobas Andesítica, las cuales cubren 15,709.04 ha, al centro nororiente y extremos norte y sur cubriendo un 60.71% de su territorio. Este material, mezclado con Andesitas Riolitas y Basalto en proporciones menores, estas mezclas cubren un 16.88% del territorio, sumando entre ambas un total de 78.59% del Municipio.

Al sur y poniente en la zona del valle predominan los Lacustres cubriendo en 5,799.10 ha, el restante 22.41% del Municipio

3.3.1. Fallas y Fracturas

Finalmente, la fase distintiva provocó un falimiento normal, dando por resultado la creación de fosas y pilares tectónicos. Las principales estructuras que se observan en la entidad están dentro de un sistema de falla normal: La Falla Toxi, al sureste de la localidad de San Bartolo el Arenal, con rumbo N 40-50º W, que pasa por el Cerro de la Campana, no toca poblados, siendo los más cercanos Manto del Río, Sto. Domingo Shomeje, Rancho Las Ánimas, San Bartolo y Dolores (La Joya); dejando ver un segundo sistema de fracturas, perpendicular al primero, con rumbo NE-SW, ubicado en la parte media del cuerpo del Volcán Jocotitlán, sin asentamientos inmediatos.

Provocado por las actividades mineras se localizan riesgos de agrietamiento en el Ejido Bombatevi y en la Colonia 2 de Abril, con peligro en ésta última para algunas de las construcciones de dicha colonia con las cuales se han presentado proyectos de convenios para su reubicación.

Cuadro 4. Geología

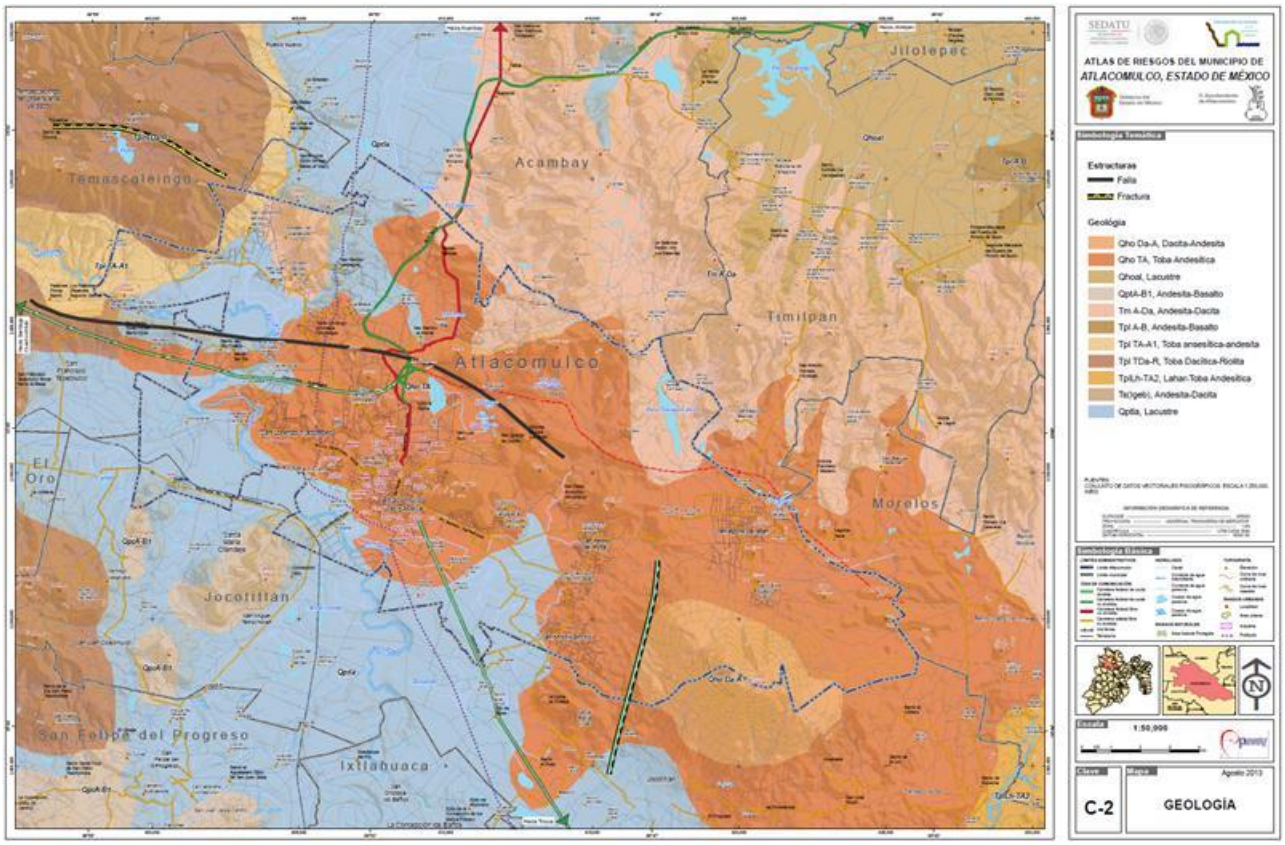
TIPO DE ROCA	SUPERFICIE (ha)	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL MUNICIPAL
Dacita-Andesita	1,368.58	5.29%
Toba Andesítica	15,709.04	60.71%
Andesita-Basalto	9.17	0.04%
Lacustre	5,799.10	22.41%
Andesita-Dacita	2,224.04	8.60%
Toba ansesítica-andesita	598.64	2.31%
Toba Dacítica-Riolita	165.43	0.64%
TOTALES	**25,874.00**	**100.00%**

Fuente: Elaboración propia en base la Carta Geológica. Escala 1:50,000. INEGI

Figura 8. Falla Toxi en el Municipio de Atlacomulco

Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico Local. 2010

Figura 9. Mapa de geología del Municipio de Atlacomulco



Fuente: Elaboración propia en base la Carta Geológica. Escala 1:50,000. INEGI

3.4. Edafología

El Municipio de Atlacomulco está formado principalmente por cinco tipos de suelo:

El suelo Feozem se localiza en su mayor parte en las partes altas, al centro y oriente del Municipio a la altura de San Felipe Nuevo; con menor altura se presenta en la cabecera, ocupando un total de 12,024.77 ha, el 46.47% del Municipio, de los cuales el 19.98% es háplico (Cabecera Municipal) y el 26.49% es Lúvico. La consistencia de este suelo es suave, rica en materias orgánicas y fértiles, con una capa superficial obscura, generalmente son delgados y en las partes de pendiente acusada, como es el caso de la cobertura en las partes altas de la Sierra Volcánica, es susceptible a la erosión, de presentarse deforestación o arrastre de lodos.

El suelo Planosol, son suelos que se desarrollan en sitios de topografía plana o con depresiones mal drenadas con un contenido elevado de arcillas, características que se evidencian en el perfil general, el cual muestra capas de lenta permeabilidad dentro de los primeros 125 centímetros, ocupan 5,329.16 ha en su mayor parte del Valle al sur y oriente, que representan el 20.60% del territorio municipal, de los cuales el 18.07% es Eútrico predominante en el Valle de Atlacomulco y el 2.52% es Mólico al norte por la localidad de El Cerrito Colorado. Son suelos muy fértiles, aprovechados para la agricultura mecanizada.

Vertisol, estos suelos ocupan 4,341.05 ha, el 16.78% del territorio municipal. Se puede encontrar al norte y poniente del Municipio y en una porción menor al noreste de la cabecera 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.

Andosol Mólico en 2,403.09 ha, el 9.29% del territorio municipal y se localiza en las partes altas del Volcán Jocotitlán. Son suelos negros, de origen volcánico, de textura muy suelta, en condiciones normales, sustentan vegetación de bosque templado y son susceptibles de erosión como es el caso de los Feozem.

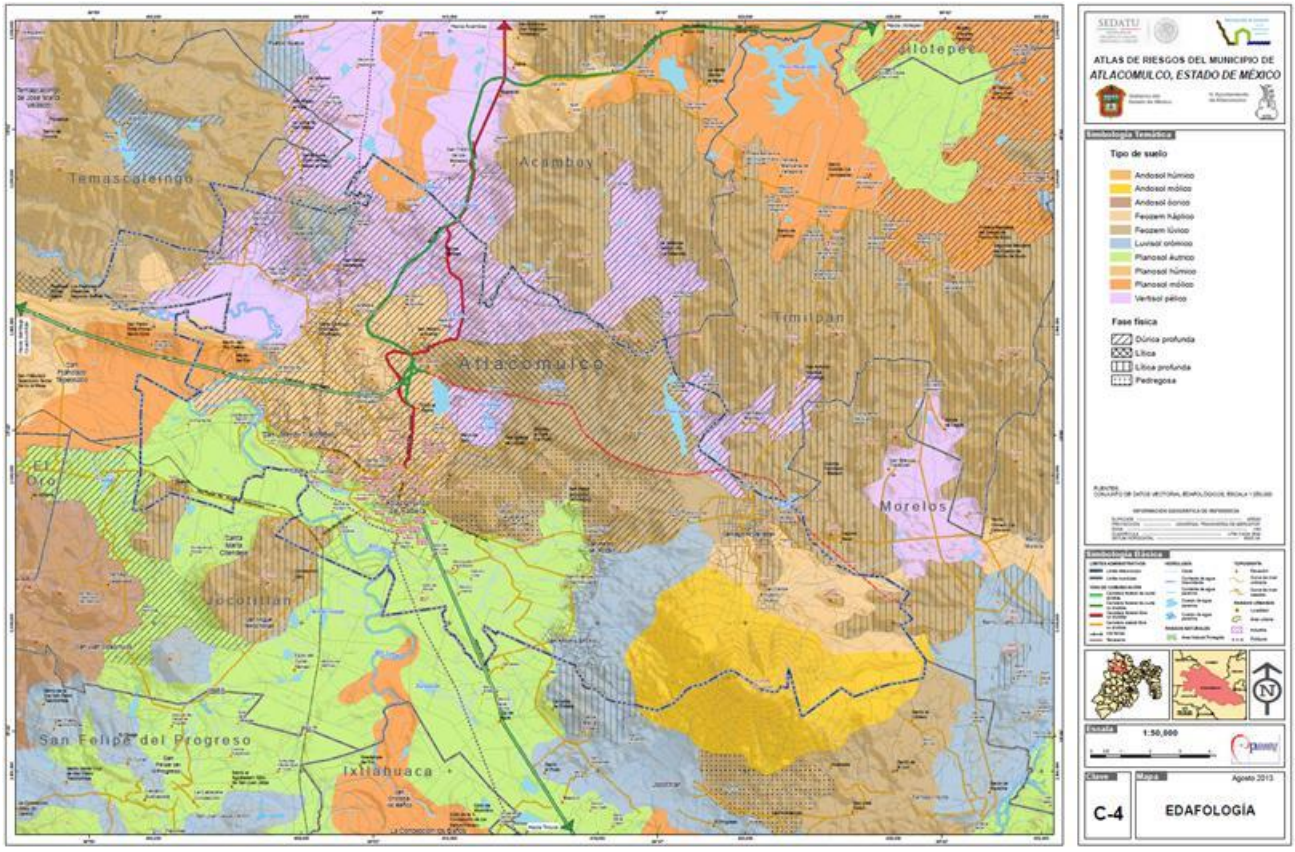
Luvisol: ocupando 1,775.93 ha, un 6.87% del Municipio, su ubican en la parte más baja del Volcán Jocotitlán, cubriendo parte del oriente de los poblados de San Pedro del Rosal, San Francisco Chalchihuapan y San Antonio Enchisi. Son suelos cuyo origen está asociado a climas con una estación seca definida y a la presencia de rocas volcánicas o metamórficas; de color rojizo, presentan una capa de acumulación de arcillas en el subsuelo o superficial cuando ha sido decapitado el horizonte superior, por lo que su drenaje es lento, y su permeabilidad baja.

Cuadro 5. Tipos de suelo, Municipio de Atlacomulco

SUELO	SUPERFICIE	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL MUNICIPAL
Andosol Mólico	2,403.09	9.29%
Feozem Háplico	5,170.19	19.98%
Feozem Lúvico	6,854.58	26.49%
Luvisol Crómico	1,775.93	6.87%
Planosol Eútrico	4,676.50	18.07%
Planosol Mólico	652.65	2.52%
Vertisol Pélico	4,341.05	16.78%
TOTALES	**25,874.00**	**100.00%**

Fuente: Elaboración propia en base al Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos escala 1:250,000. INEGI

Figura 10. Mapa de edafología del Municipio de Atlacomulco



Fuente: Elaboración propia en base al Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos escala 1:250,000. INEGI

3.5. Hidrografía

El Municipio de Atlacomulco pertenece a la Región Hidrológica 12 denominada Lerma-Santiago y el 100% de su territorio pertenece a la cuenca Lerma-Toluca. El Municipio es atravesado de suroriente a norponiente por el Río Lerma, al poniente de la cabecera municipal en una longitud de 20 km, este importante río, aunque mermado mantiene una corriente permanente en un ancho que varía de 10 a 18 metros aproximadamente con gran volumen de agua de la cual alguna es tratada y utilizada parcialmente como fuente de agua para la Zona Metropolitana del Valle de México y ya en las cercanías del Municipio para riego de 657 ha de la unidad Toxi. Es importante mencionar que se presenta contaminación en este río derivada principalmente por descargas de aguas residuales industriales.

Además del Río Lerma se cuenta con otros cuerpos de agua menores, entre los cuales destaca el arroyo La Jornada, el Arroyo Tierra Blanca, cerca de Santo Domingo Shomeje, el Arroyo Zacualpan y los arroyos La Raya y Pueblo Nuevo los tres cerca de las localidades de San Francisco Chalchihuapan y San Pedro del Rosal, el Arroyo Santiago en Cuendó y el Arroyo El Salto cerca del poblado de igual nombre además deEl Pescado.

Se cuenta con 31 manantiales localizados en las comunidades de Atotonilco, San Pedro del Rosal, San Antonio Enchisi y en Las Fuentes, manantial que abastece de agua potable para Atlacomulco de Fabela, cabecera municipal.

En cuanto a las aguas subterráneas, toda esta región se encuentra dentro de una gran área de veda para la explotación, que incluye los valles de Querétaro, San Juan del Río, Tequisquiapan y el resto del Estado de

México. Cabe señalar que en esta Región la veda es de tipo elástica, lo que permite ampliar los volúmenes de explotación en años lluviosos.

Lo anterior significa que la extracción de agua del subsuelo inmediato a las zonas urbanas actuales no será posible, o se convertirá en el principal problema a corto plazo.

Figura 11. Río Lerma en puente Tlacotepec. Nótese el lecho rocoso que genera aumentos en la velocidad del cauce.

Figura 12. Presa TicTi.

3.6. Cuencas y Subcuencas

Dentro de la cuenca Lerma-Toluca se presentan en el Municipio las siguientes tres subcuencas:

La de Río Otzolotepec - Río Atlacomulco, la más extensa que cubre al centro y oriente con 12,344.49 ha, un 47.71% de la extensión municipal.

La subcuenca de Río Atlacomulco - Paso de Ovejas que cubre el poniente municipal en 11,557.92 ha, un 44.67% del territorio.

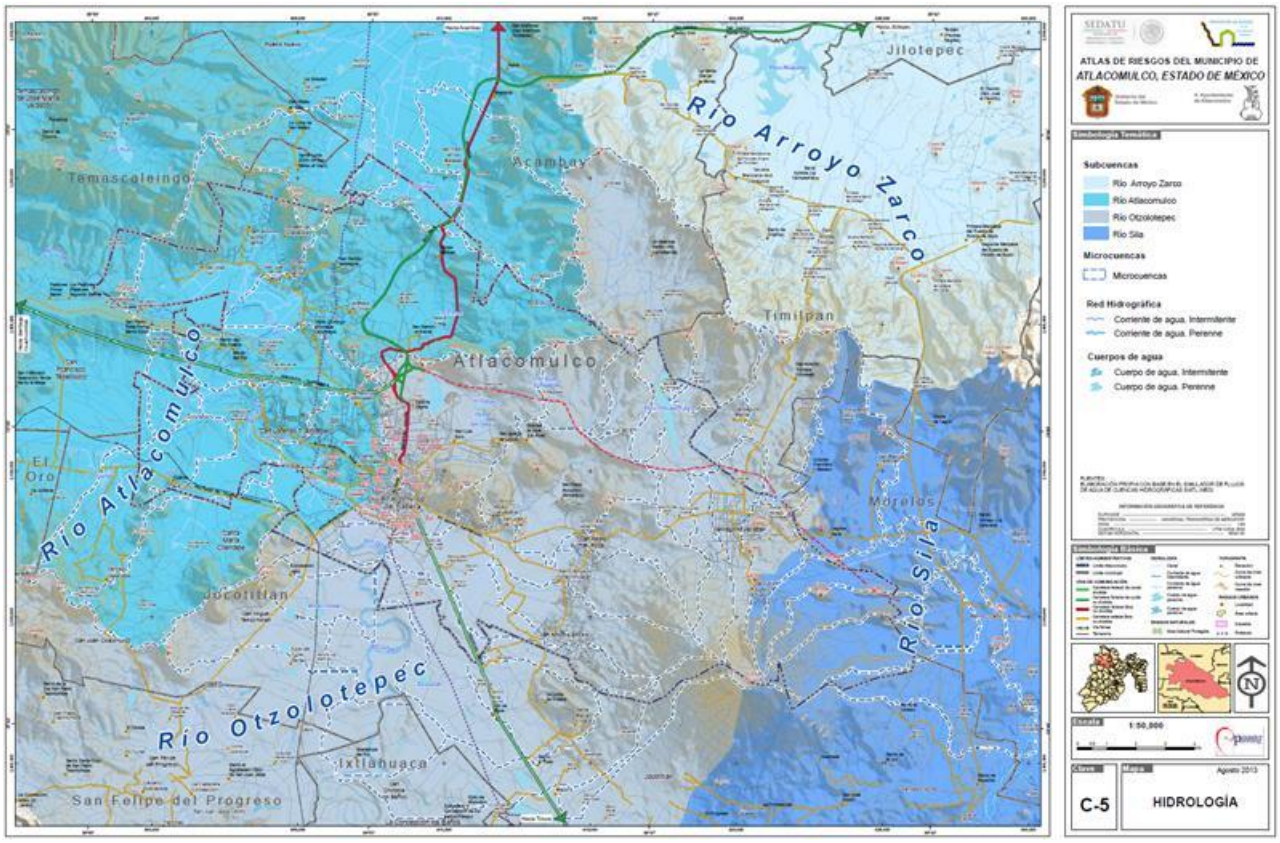
Y la subcuenca de Río Sila, localizada al extremo suroriente en el Volcán Jocotitlán, la cual se presenta solo en 1,971.60 ha, que representa el restante 7.62% del Municipio.

Cuadro 6. Cuenca y subcuencas, Municipio de Atlacomulco

CUENCA	SUBCUENCA	SUPERFICIE DE SUBCUENCA (ha)	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL MUNICIPAL
Río Lerma - Toluca	R. Otzolotepec - R. Atlacomulco	12,344.49	47.71%
Río Lerma - Toluca	R. Atlacomulco - Paso de Ovejas	11,557.92	44.67%
Río Lerma - Toluca	R. Sila	1,971.60	7.62%
TOTALES		**25,874.00**	**100.00%**

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

Figura 13. Mapa de hidrología del Municipio de Atlacomulco



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

3.7. Clima

El clima en el Municipio es subhúmedo, subtipo CB (W2), siendo éste el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias predominantemente en verano. Se registra precipitación media anual de 800 milímetros que va de junio a septiembre. Actualmente el clima y las precipitaciones permiten la suficiencia de la recarga de los mantos acuíferos aunque no con la bonanza de años atrás.

La temperatura máxima promedio es de 19.9° C., en tanto que la mínima es de 7.4° C., siendo la temperatura media anual de 13.8° C.

En la parte alta del Volcán Jocotitlán, se presenta la variación del semifrío con menor humedad, de los climas subhúmedos. Cuya clave es C(E)w0(w), cubriendo 2,630.48 ha, equivalente al 10.67% del territorio municipal. La variación de Templado Subhúmedo C(wl)(w)b(i)g variación con menor humedad se presenta al norponiente, hacia el límite municipal con Temascalcingo, cubriendo una superficie de 3,790.00 ha, un 14.65% del Municipio. La mayor parte del territorio corresponde a la variación C(w2)(w) de los subhúmedos que cubre 19,453.52 ha, el 75.19% del Municipio.

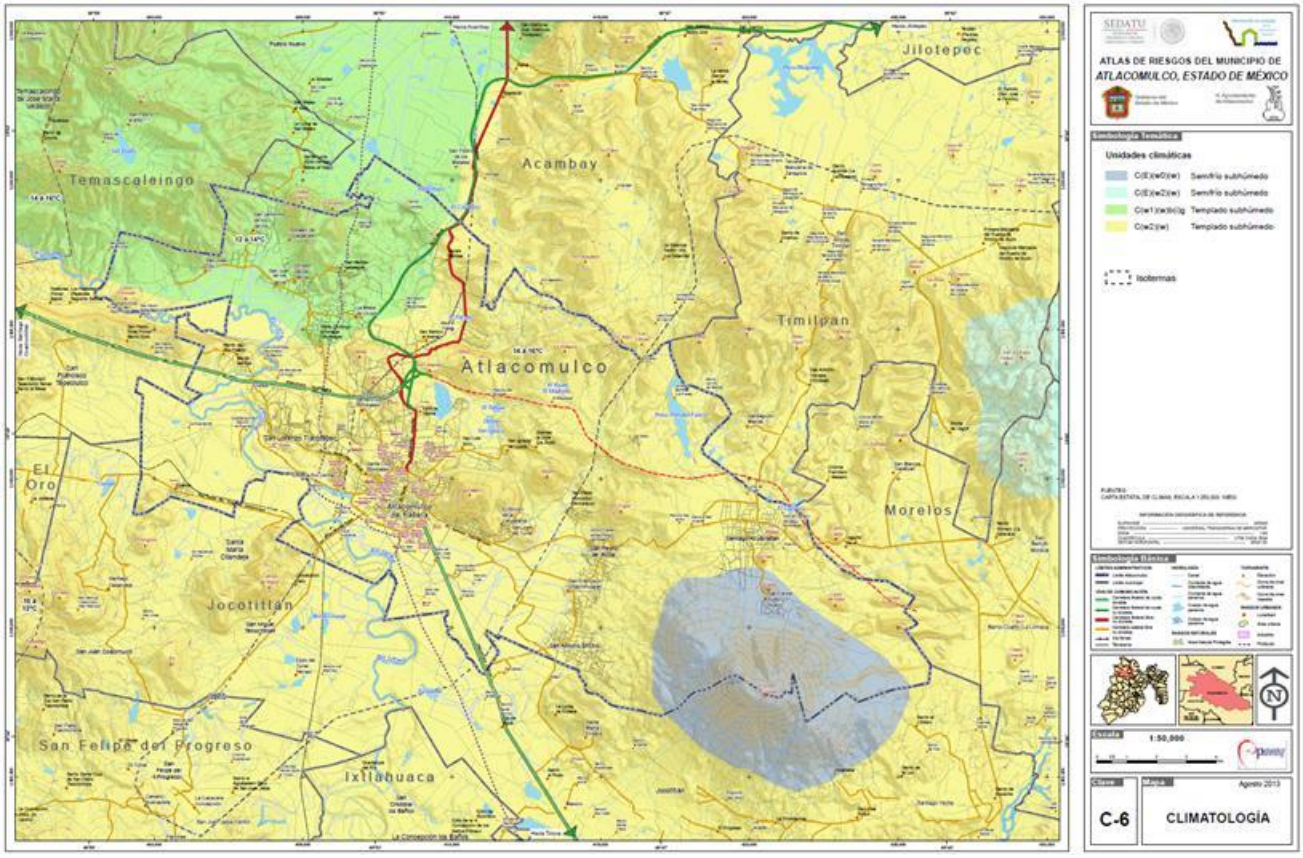
Cabe mencionar que en el periodo que va de noviembre a abril los vientos cambian de dirección (al sur) presentándose heladas, principalmente en los meses de diciembre, enero y febrero.

Cuadro 7. Climas, Municipio de Atlacomulco

TIPO DE CLIMA	SUPERFICIE (ha)	PARTICIPACIÓN DEL TOTAL MUNICIPAL
Semifrío subhúmedo	2,630.48	10.17%
Templado subhúmedo	19,453.52	75.19%
Templado subhúmedo	3,790.00	14.65%
TOTALES	**25,874.00**	**100%**

Fuente: Elaboración propia en base a la Carta Estatal de Climas, escala 1:250,000. INEGI

Figura 14. Mapa de climas del Municipio de Atlacomulco



Fuente: Elaboración propia en base a la Carta Estatal de Climas, escala 1:250,000. INEGI

3.8. Usos del suelo y vegetación

En el Municipio predomina el suelo agrícola pecuario forestal que cubre 13,861.45 ha, el 53.57% de su superficie, seguido en extensión por el pastizal inducido, que como su nombre lo indica, resulta de la perturbación de actividades antropogénicas, al extender zonas agrícolas y ganaderas eliminando la cubierta vegetal original. El pastizal se extiende en 4,835.11 ha ubicadas en su mayor parte al norte del Municipio en las partes bajas de los Cerros de La Campana, Maye y La Peñuela, equivalente al 18.69 %.

Las zonas urbanizadas ocupan 3,253.82 ha distribuidas en las distintas localidades Atlacomulco, correspondiente al 12.59%.

Un 14.08% del territorio municipal está cubierto por bosques localizados en las partes altas, en las zonas limítrofes al suroriente, norte y poniente, con distintas densidades de comunidades vegetales:

Bosque de Encino, que abarca 1,819.58 ha (7.03% del Municipio), en el bosque de encino el estrato más importante es el arbóreo con alturas promedio entre los 15 y 25 metros, las especies dominantes pertenecen a Quercus rugosa, Quercus laeta y Quercus mexicana y suelen ir acompañadas por especies de los géneros Arbutus, Buddleia, Alnus y Cupressus. La presencia o ausencia de un estrato arbustivo bien definido está relacionada con el manejo que se le dé al bosque en cada sitio; así por ejemplo, en áreas donde se extrae madera o en sitios perturbados el estrato arbustivo se encuentra poco representado o no existe. El estrato arbustivo está constituido por distintas especies de las familias Compositae, Labeate, Graminae y Leguminosae que resultan ser las más importantes. Esta es una de las comunidades vegetales que ha sido más afectada por las actividades humanas, debido a la tala, incendios, plagas y la invasión de asentamientos humanos. La superficie con bosque de Encino-Pino es de 646.27 ha, un 2.50% del Municipio.

Bosque de Pino se asienta en una superficie de 177.44 ha (0.69% del Municipio) 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 su mayor parte, en las laderas del Volcán Jocotitlán, a partir de elevaciones de 2,800 y alcanza altitudes de hasta 3,800 msnm. El bosque de pino suele estar asociado con el oyamel (Abies religiosa) para formar rodales en los que ni el Pinus ni el Abies resultan claramente dominantes. Asimismo, los pinares también tienden a estar asociados con especies de encino para formar bosques de pino-encino, por lo que resultan menos frecuentes los rodales constituidos exclusivamente por el género Pinus. Las especies corresponden a los géneros Quercus, Abies, Alnus, Buddleia y Arbutus; en el estrato herbáceo contiene principalmente especies de las familias Asteraceae y Gramineae. La superficie con bosque de Pino - Encino es de 999.48 ha, un 3.86% del Municipio

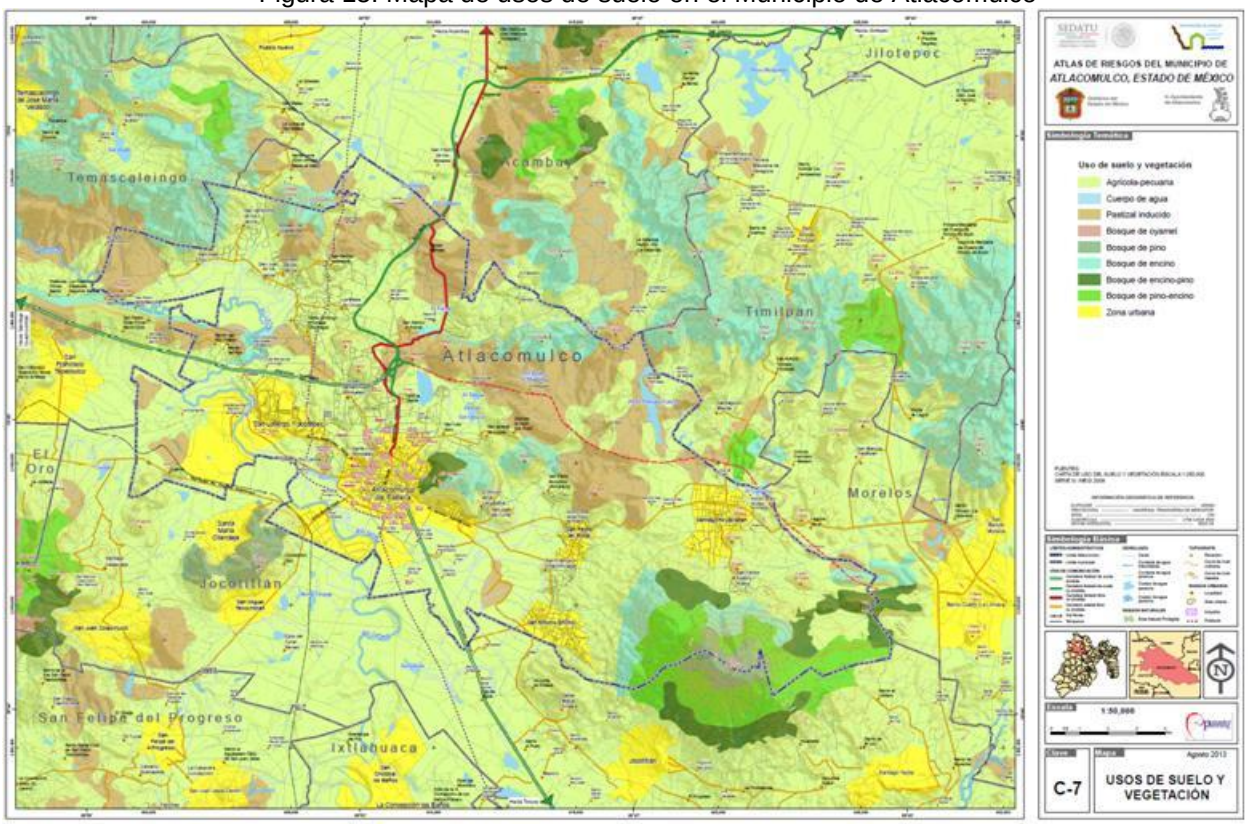
Los cuerpos de Agua, cubren los restantes 280.84 ha de la superficie municipal, equivalente al 1.09% de su territorio.

Cuadro 8. Usos de suelo, Municipio de Atlacomulco

USO	SUPERFICIE (ha)	PARTICIPACIÓN TOTAL MUNICIPAL
Agrícola-Pecuaria-Forestal	13,861.45	53.57%
Bosque de Encino	1,819.58	7.03%
Bosque de Encino-Pino	646.27	2.50%
Bosque de Pino	177.45	0.69%
Bosque de Pino-Encino	999.48	3.86%
Cuerpo de Agua	280.84	1.09%
Pastizal Inducido	4,835.11	18.69%
Zona Urbana	3,253.82	12.59%
TOTAL	**25,874.00**	**100%**

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

Figura 15. Mapa de usos de suelo en el Municipio de Atlacomulco



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

3.9. Áreas Naturales Protegidas

Las condiciones físicas y climáticas del Municipio de Atlacomulco, son propicias para el desarrollo de importantes formas de vida en donde se pueden encontrar zonas de gran riqueza, el Municipio cuenta con 2 áreas naturales protegidas, ambas de carácter estatal:

El Parque Estatal Lic. Isidro Fabela, decretado con 2,864.30 ha, el 8 de Febrero de 1975, corresponde a la zona boscosa del Volcán Jocotitlán, se comparte con el Municipio de Jocotitlán y cubre 1,088.81 ha del Municipio de Atlacomulco, un 11.07% de su extensión, al suroriente.

El Parque Estatal Recreativo y Turístico Isla de las Aves, decretado el 19 de Junio de 1980, corresponde a la zona de la Presa Trinidad Fabela, ubicada al norte, cubre 193.08 ha del Municipio, equivalentes al 0.75% de su extensión.

Cuadro 9. Áreas Naturales Protegidas, Municipio de Atlacomulco

NOMBRE	MUNICIPIOS	SUPERFICIE DECRETADA (ha)	SUPERFICIE EN EL MPIO. (ha)	TIPO DE VEGETACIÓN
Parque Estatal Lic. Isidro Fabela	Jocotitlán y Atlacomulco	2,864.30	1,088.81	Pino, encino, pastizal
Parque Estatal Recreativo y Turístico Isla de las Aves	Atlacomulco	193.08	193.08	Bosque inducido

Fuente: Elaboración propia en base a la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México

Figura 16. Mapa de Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Atlacomulco

Fuente: Elaboración propia en base a la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México

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

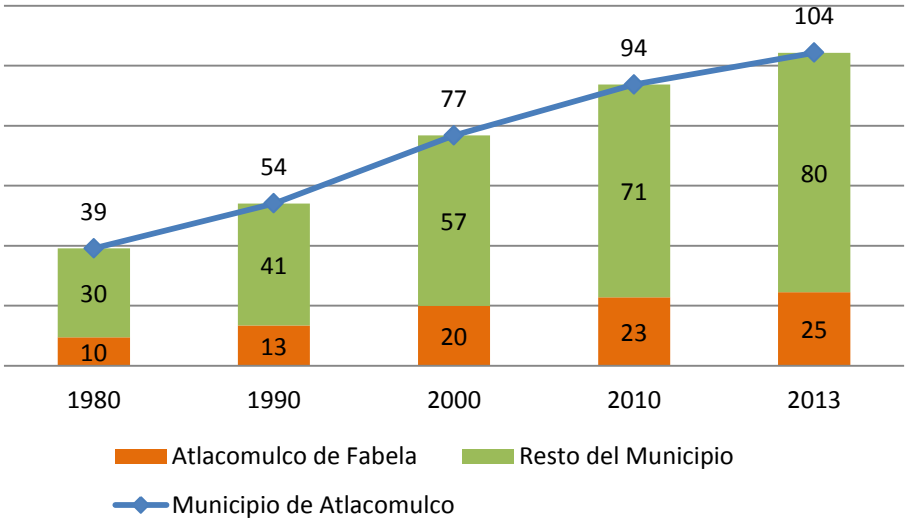
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población.

En el año 2010 el Municipio de Atlacomulco contaba con una población de 93,718 habitantes, el 0.62% de la población del Estado de México.

A su vez, con una población de 22,774 habitantes, su cabecera municipal, Atlacomulco de Fabela, concentraba el 24.3% de la población municipal. Aun cuando la cabecera municipal es la ciudad más importante del Municipio y concentra lo más importante de servicios municipales y actividad económica, su peso es de sólo la cuarta de la población municipal, estimándose que hacia el año 2030 disminuya a un quinto.

Por ello es que en los últimos 20 años el Municipio ha incrementado su población en 54,892 habitantes, en tanto que su cabecera municipal ha crecido en 44,116 habitantes.

Gráfica 1.- Municipio de Atlacomulco y Cabecera Municipal. Crecimiento demográfico 1980 – 2010



Cifras en miles de habitantes
Fuente: INEGI, Censos de Población y Vivienda 1980, 1990, 2000 Y 2010; CONAPO, Proyecciones de población de los Municipios y localidades 2010-2030.

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 poco más de 136 mil habitantes y Atlacomulco de Fabela alcanzará una población menor a los 26 mil habitantes, tendrá un peso relativo de 18.8% de la población municipal, y una tasa anual de crecimiento de 0%.

Cuadro 10. Población y crecimiento promedio anual 1980-2010 y sus proyecciones al año 2030

Año	Municipio de Atlacomulco				Atlacomulco de Fabela			
	Población	% de la población estatal	Crecimiento promedio anual	TCMA	Población	% de la población municipal	Crecimiento promedio anual	TCMA
1980	39,124	0.5%			9,507	24.3%		
1990	54,067	0.6%	1,494	3.3%	13,475	24.9%	397	3.5%
2000	76,750	0.6%	2,268	3.6%	19,988	26.0%	651	4.0%
2010	93,718	0.6%	1,697	2.0%	22,774	24.3%	279	1.3%
2020	118,772	0.7%	2,505	2.4%	25,636	21.6%	286	1.2%
2030	136,094	0.8%	1,732	1.4%	25,631	18.8%	-1	0.0%

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, 2012.

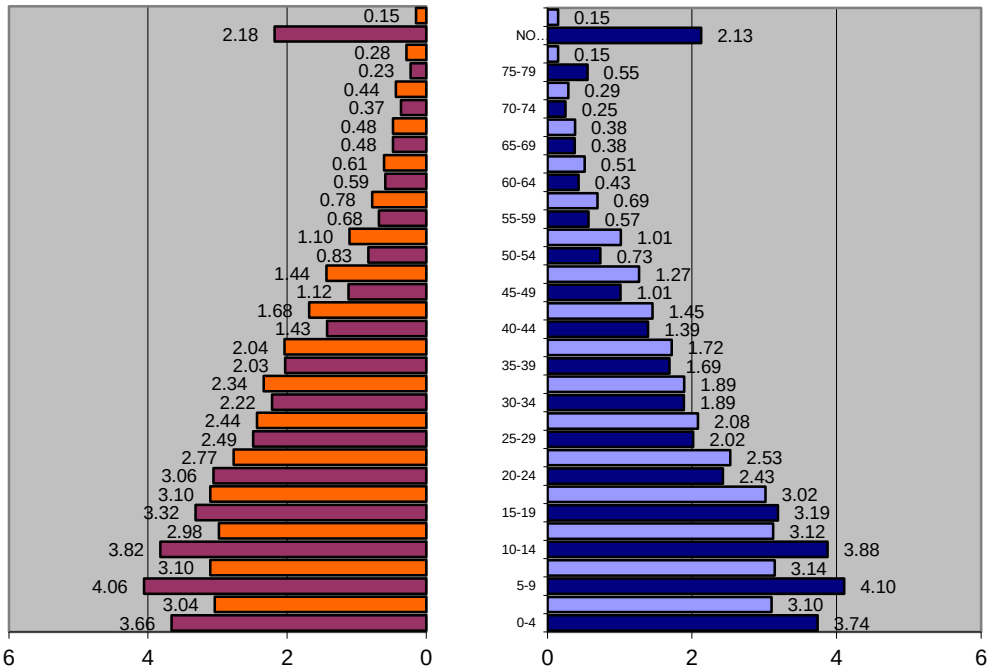
De esta manera, se espera que Atlacomulco conserve su naturaleza semi urbana, pues sólo Atlacomulco de Fabela se puede considerar una localidad urbana (al ser su población superior a 15 mil habitantes), mientras que las restantes 63 localidades presentan la característica típica de un Municipio con localidades de poca población y un patrón de ocupación del territorio altamente disperso.

En cuanto a la población por género, en Atlacomulco, como en el resto del país, predominan las mujeres sobre los hombres. Con 50,028 habitantes, ellas representan el 52% del total en tanto que los varones con 46,127 personas, representan el 48% restante.

Por grupos quinquenales de edad se manifiesta un incremento de la población de 15 a 19 años, en tanto que los grupos de población menor a este grupo, empiezan a ver reducido su volumen.

Es de destacarse si bien en el total predomina el número de mujeres; no obstante, en la población menor de 15 años predomina el número de hombres sobre el de las mujeres, mientras que a partir de ese rango es mayor el número de mujeres, lo cual se explica por los patrones de migración. También es de destacar que entre los grupos de adultos mayores predominan las mujeres con diferencias notables.

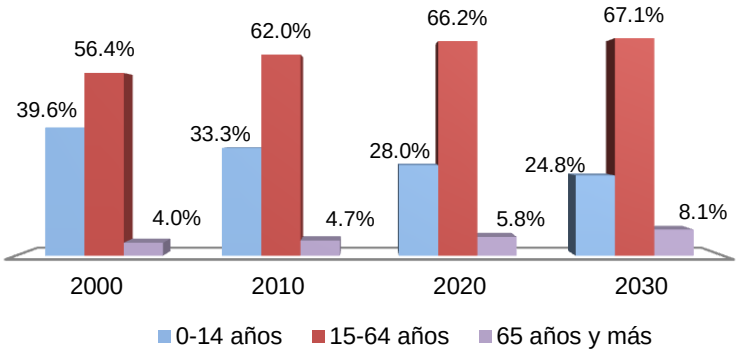
Gráfica 2.- Municipio de Atlacomulco. Distribución de la población por grupos quinquenales de edad, 2000-2010.



Fuente: Elaboración propia con datos de: INEGI, Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010.

Por grandes grupos de edad, al igual que la población de todo el país, la del Municipio de Atlacomulco tiende a disminuir la participación de la población menor de 15 años, incrementándose la de 15 a 64 años y de 64 años y más.

Gráfica 3.- Municipio de Atlacomulco. Distribución de la población por grandes grupos de edad, 2000-2010.



Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI, Censos de Población y Vivienda 2000 y 2010; CONAPO, Proyecciones de población 2010-2030.

En el 2010 la población menor a 15 años ascendió a 31,022 personas (33.3% del total), la de 15 a 64 años fue de 57,830 (62% del total) y la de 65 años y más fue de 4,373 habitantes (4.7% del total).

Para el año 2030 el CONAPO estima que la población de 65 años y más crecerá su participación, representando el 8.1% de la población total con 10,986 habitantes, en tanto que la población menor a 15 años (33,765 personas) representará el 24.8% de la población total municipal. Por su parte, la población en edad productiva ascenderá a 91,343 habitantes, el 67.1% del total.

Respecto de la mortalidad en el Municipio, esta se encuentra ligeramente por encima de los promedios estatales. Con el 0.6% de la población estatal, en el 2011 el Municipio registró el 0.9% de las defunciones generales de la entidad y el 1.8% de las defunciones de menores de un año.

En términos absolutos esto significa que en el 2011 fallecieron 539 personas del Municipio, de las cuales 58 eran menores de un año.

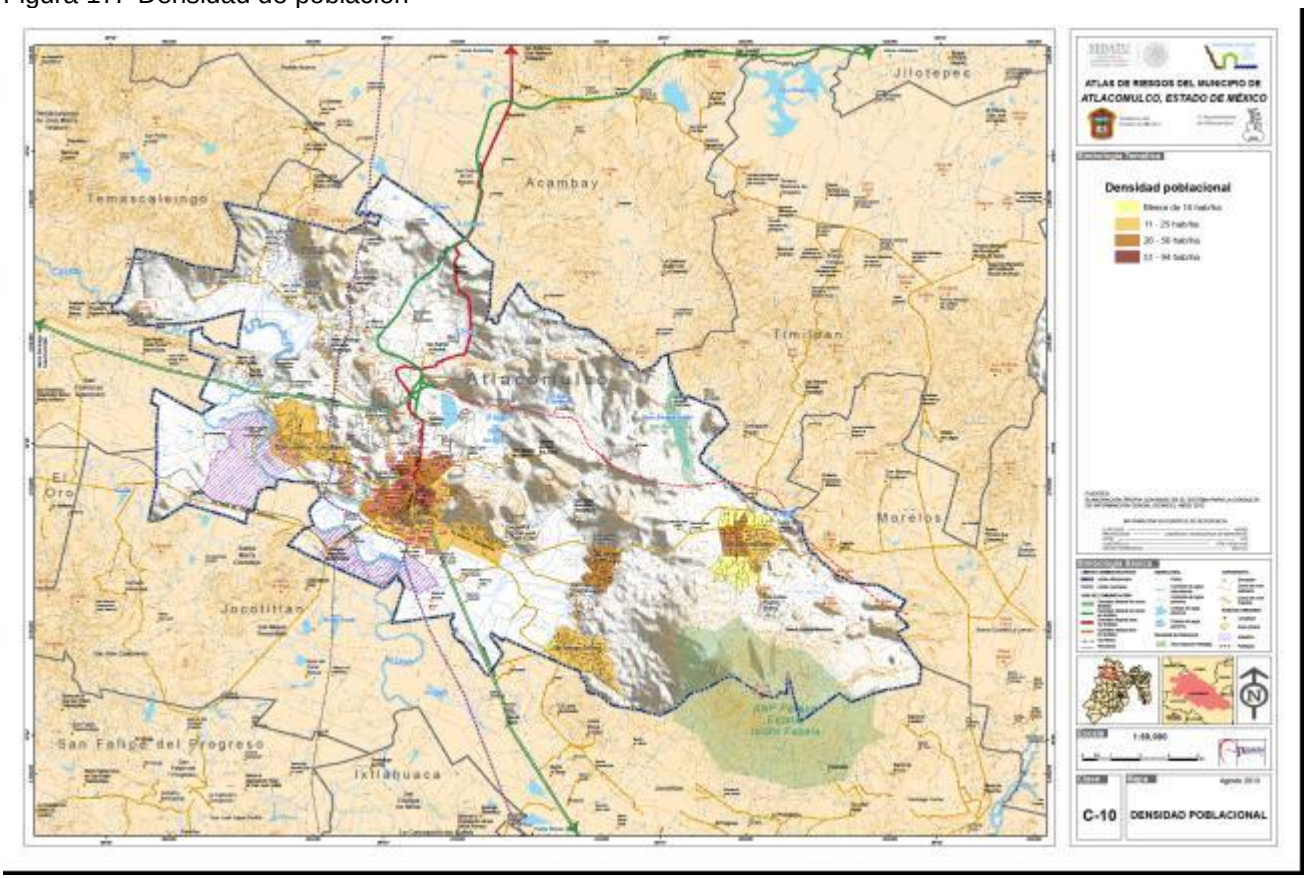
Cuadro 11. Mortalidad en el Municipio de Atlacomulco, 2011.

Concepto	**Estado de México**	**Municipio de Atlacomulco**	
	Total	Total	% del estado
Defunciones generales por Municipio de residencia habitual del fallecido 2008	58,882	539	0.9%
Defunciones de menores de un año de edad por Municipio de residencia habitual del fallecido	3,309	58	1.8%

Fuente: Secretaría General de Gobierno. Dirección General del Registro Civil. Departamento de Estadística, 2012.

Por lo que se refiere a la densidad de población, Atlacomulco es un Municipio en el que predominan las densidades baja, básicamente hasta 25 habitantes/ha. Sólo en la cabecera municipal y en las localidades de San Pedro del Rosal y Santiago Acutzilapan se hacen presentes densidades de 50 a 100 hab/ha. Y en general esa es la constante, densidades bajas y una gran dispersión, como patrones de ocupación territorial, lo cual acentúa la vulnerabilidad de las comunidades de índole rural, ante las limitaciones para realizar obras para la dotación de servicios y la mitigación de riesgos.

Figura 17. Densidad de población



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

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

En el año 2010 se registraron en el Municipio de Atlacomulco 12,555 habitantes de 5 años y más que hablaba alguna lengua indígena, (el 15.1% de la población en ese rango de edad).

Esta población se localiza principalmente en las comunidades de San Antonio Enchisi (24.75%), San Pedro del Rosal (13.82%), San Felipe Pueblo Nuevo (9.29%), Santiago Acutzilapan (8.89%) y San Francisco Chalchihuapan (6.16%), el restante 37.09% se distribuye en 61 comunidades rurales.

Asimismo se registran 90 personas en ese rango de edad que habla alguna lengua indígena y no habla español, de las cuales 56 habitan en San Antonio Enchisi y 16 en San Pedro del Rosal. Si bien este número resulta relativamente pequeño, deberá de tenerse en consideración para efectos de comunicarles la existencia de algún riesgo o de las tareas de ayuda en un momento dado.

Por otra parte, en ese mismo año se registraron 5,860 habitantes de 8 años y más analfabetas en el Municipio, concentrados en las comunidades de Santiago Acutzilapan (12.82%), San Antonio Enchisi (9.18%), San Pedro del Rosal (7.54%), Atlacomulco de Fabela (6.84), San Lorenzo Tlacotepec (6.69%), San Felipe Pueblo Nuevo (6.54%) y San Francisco Chalchihuapan (5.09%).

Las restantes 2,655 personas analfabetas (45.30%) se distribuyen entre las 59 localidades censales restantes del Municipio.

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

Una parte importante de las condiciones generales de vida en el Municipio de Atlacomulco se expresa en el ámbito de la salud, en el cual el Municipio presenta mejores condiciones que los promedios de la entidad. Así, mientras que en el 2010, en el estado el 40.38% de la población no contaba con derechohabiencia en ninguna institución de salud, en el Municipio de Atlacomulco esta proporción asciende al 32.23%.

En números absolutos lo anterior significa que 30,203 habitantes no contaban con derechohabiencia en el Municipio, de los cuales 6,805(22.53% del total municipal) corresponden a Atlacomulco de Fabela, 2,939 personas (9.73%) a Santiago Acutzilapan, 2,787 habitantes (9.23%) a San Lorenzo Tlacotepec, 1,827 habitantes (6.05%) a San Pedro del Rosal y 1,798 personas (5.95%) a San Antonio Enchisi.

Estos números son significativos, a pesar de que en los últimos años se han incorporado a 39,124 personas al Seguro Popular en el Municipio. En caso de emergencia, la atención hospitalaria a derechohabientes y no derechohabientes deberá garantizarse, sin desmedro para quienes no cuentan con ese tipo de prestación.

Por lo que respecta a la vivienda, en el año 2010 se registraron 46,412 viviendas particulares habitadas 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 893 viviendas con piso de tierra, el 3.4% 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 3,064 unidades, el 11.6% 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) se estiman únicamente 53 unidades que representaban el 0.2% del total.

Cuadro 12. Viviendas particulares habitadas vulnerables ante fenómenos climáticos, 2010.

	Paredes de embarro o bajareque, lámina de asbesto o metálica, carrizo, bambú o palma	Paredes de madera o adobe	Con piso de Tierra	Con techos de material de desecho o lámina de cartón	Con techos de lámina metálica, lámina de asbesto, palma, paja, madera o tejamanil	Con techos de teja o terrado con viguería
Número de viviendas particulares habitadas	53	475	893	238	2,773	53
% del total de viviendas particulares habitadas	0.2%	1.8%	3.4%	0.9%	10.5%	0.2%

Fuente: Estimación Master Planning, S. A. de C. V., con base en INEGI. Censo de Población y Vivienda

En lo que respecta al grado de marginación, en el año del 2010 el Municipio de Atlacomulco se ubicó con un grado de marginación promedio “Medio”.

Cuadro 13. Grados Alto y Muy Alto de marginación por localidad, 2010.

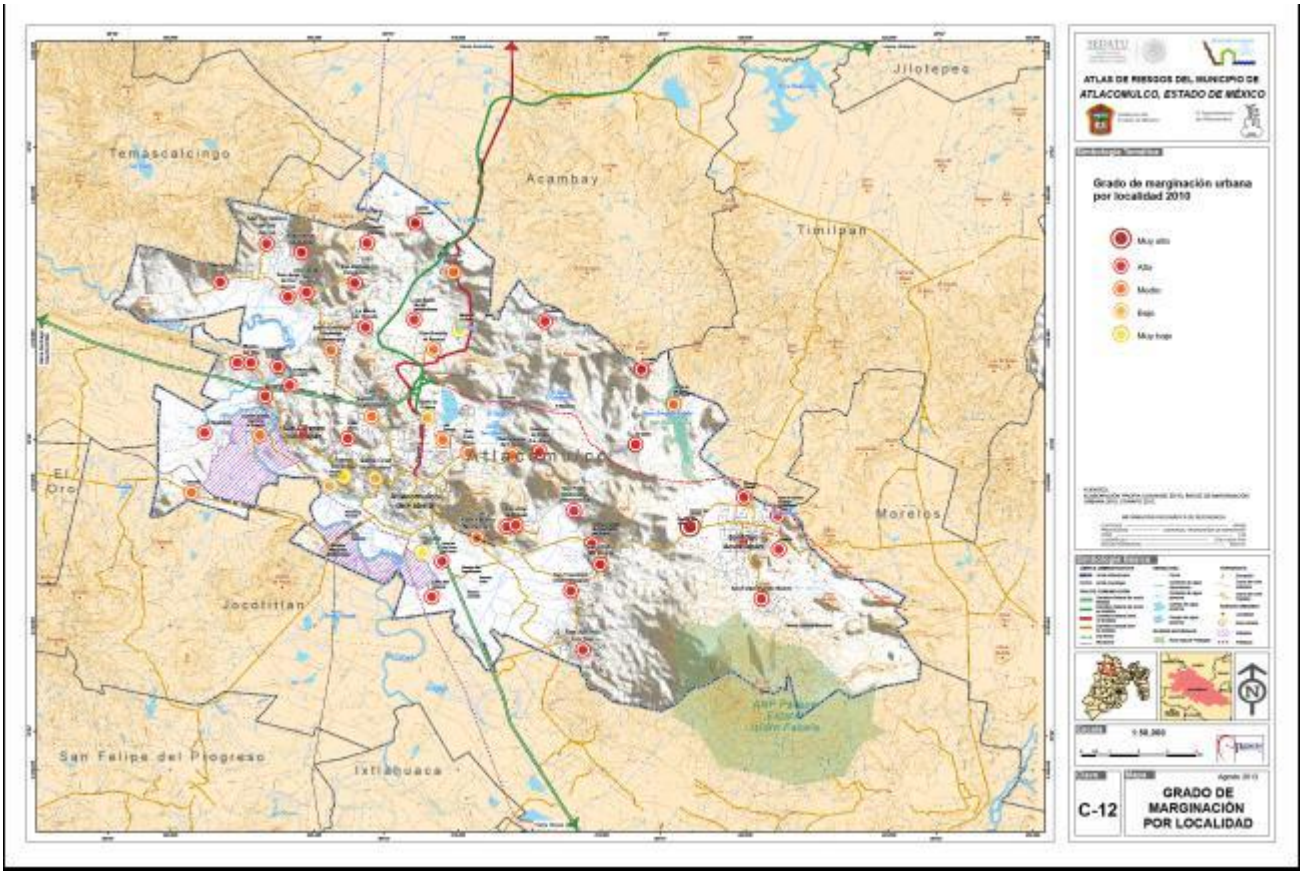
Localidad	Población	Grado de marginación
Rancho San Vicente	62	Muy alto
San Lorenzo Tlacotepec	7,566	Alto
Santiago Acutzilapan	5,866	Alto
San Antonio Enchisi	4,870	Alto
San Pedro del Rosal	4,277	Alto
San Jerónimo de los Jarros	2,555	Alto
San Juan de los Jarros	2,411	Alto
San Francisco Chalchihuapan	2,201	Alto
La Mesa de Chosto	2,190	Alto
San Felipe Pueblo Nuevo	1,816	Alto
Chosto de los Jarros	1,761	Alto
San José Toxi	1,735	Alto
Bobashi de Guadalupe	1,733	Alto
El Rincón de la Candelaria	1,600	Alto
San José del Tunal	1,567	Alto
San Bartolo Lanzados	1,424	Alto
San Pablo Atotonilco (Atotonilco)	1,297	Alto
Manto del Río	1,250	Alto
Dolores la Joya (La Joya)	883	Alto
Manto del Río Pueblo	765	Alto
Cerrito Colorado	458	Alto
Las Manzanas (La Joya)	432	Alto
Ejido Boro	405	Alto
Diximoxi	357	Alto
Quinto Cuartel de San Pedro del Rosal	345	Alto
El Salto	322	Alto
Ejido del Rincón (Ejido de la Candelaria)	294	Alto
Lagunita Cantashí	232	Alto
El Espejel	221	Alto
San Martín de los Manantiales	145	Alto
La Alcantarilla	108	Alto
Loma de Chivatí	60	Alto
Ejido el Calvario Santiago Acutzilapan	56	Alto
El Cielito	41	Alto
Puenroo	35	Alto
Ejido de San José del Tunal	34	Alto
La Loma Ejido Bombatevi (El Manto)	20	Alto
Total	**51,394**	

Fuente: CONAPO, Índices de marginación, 2010.

Para ese año, solamente la localidad denominada Rancho San Vicente, con una población de 62 habitantes presentaba un Grado de Marginación Muy alto, y conjuntamente con otras 37 localidades que registraron un Grado de Marginación Alto, albergaban a 54.8% de la población municipal.

Es decir, la marginación en el Municipio de Atlacomulco es un asunto eminente rural, por ello es que destacan las localidades de San Lorenzo Tlacotepec, Santiago Acutzilapan, San Antonio Enchisi y San Pedro del Rosal, cuyo conjunto de indicadores ratifican una condición altamente vulnerable a cualesquier evento perturbador.

Figura 18. Mapa de grado de marginación en el Municipio de Atlacomulco, 2010.



Fuente: Master Planning, S.A. de C.V. con base en información vectorial y estimaciones del CONAPO.

Por lo que se refiere a la población con alguna limitación, se observa que Atlacomulco se encuentra por debajo del promedio Estatal, 3.19 en comparación con 3.50, no obstante, del año 2000 al 2010 se presentó un incremento en el porcentaje de población con limitación. Este último dato es significativo pues más allá del crecimiento que registre la población, la proporción aumenta. De tal forma, debe dirigirse la atención a este sector de la población que en caso de emergencias requerirá una atención especial: procedimientos que respondan a sus capacidades al mismo tiempo que a los protocolos de seguridad.

Cuadro 14. Porcentaje de población con al menos una limitación 2000 y 2010.

Ámbito Territorial	Año	Población		% Tipo de limitación*					
		Población Total	% Población con limitación	Movilidad	Ver	Escuchar	Hablar	Mental	Otra
Estado de México	2000	13,096,686	1.45	45.18	23.82	15.45	4.48	17.50	1.15
	2010	15,175,862	3.50	50.53	30.58	10.89	8.64	9.57	9.44
Atlacomulco	2000	76,750	1.27	43.46	33.23	15.54	2.76	13.39	0.92
	2010	93,718	3.19	49.75	35.75	11.46	9.65	7.50	10.35

Fuente: INEGI, Censo General de Población y Vivienda 2000 y Censo de Población y Vivienda 2010.

*La suma de los porcentajes pueden superar el 100%, debido a que existe población con más de una limitación.

El tipo de limitación que más se presenta es el que afecta la capacidad para realizar actividades cotidianas, 2985 personas, seguida de la limitación para caminar o moverse, 1485 personas, y posteriormente por la limitación para ver, 1067 personas. Este escenario implica que la evacuación de edificios y traslado hacia zonas de seguridad o albergues, representa un mayor grado de complejidad.

En este sentido, es importante contar con el equipamiento urbano, los instrumentos y el mobiliario necesario para atender las necesidades de todo aquel que tenga una limitación, además de identificar las instituciones educativas, sociales y de salud en donde suelen estar para implementar acciones especializadas de prevención y rescate.

Cuadro 15. Población por tipo de limitación, Atlacomulco 2010.

Tipo de limitación	Personas con limitación
Limitación para poner atención o aprender	168
Limitación para hablar o comunicarse	342
Limitación para atender el cuidado per	141
Limitación para escuchar	288
Limitación mental	224
Limitación para caminar o moverse	1485
Limitación en la actividad y número:	2985
1 limitación	2502
2 limitaciones	321
3 limitaciones	110
4 o más limitaciones	52
Limitación para ver	1067

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

A continuación se presenta un cuadro en el que puede observarse el número de personas con limitación por localidad y tipo de limitación.

Cuadro 16. Número de personas con limitación por localidad y tipo de limitación, 2010.

Nombre de la localidad	Población con limitación en la actividad	Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	Población con limitación para ver, aun usando lentes	Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	Población con limitación para escuchar	Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	Población con limitación mental
Total del Municipio	**2,985**	**1,485**	**1,067**	**288**	**342**	**141**	**168**	**224**
Atlacomulco de Fabela	699	295	310	49	71	29	30	59
San Pablo Atotonilco (Atotonilco)	25	10	10	3	1	1	1	4
Bobashi de Guadalupe	54	25	8	12	4	2	3	5
Cerrito Colorado	8	3	1	2	0	1	3	0
Cuendo	65	39	26	10	6	5	6	3
Chosto de los Jarros	28	13	4	7	5	1	2	2
Diximoxi	38	25	10	1	3	0	1	2
El Espejel	9	2	7	1	3	1	0	0
Dolores la Joya (La Joya)	9	3	3	1	3	1	0	1
Lagunita Cantashi	6	3	1	1	0	0	1	0
Manto del Rio Pueblo	18	9	7	1	3	1	1	4
Manto del Rio	66	38	26	2	4	0	3	5
Maye el Fresno	5	4	2	1	0	0	0	0
La Mesa de Chosto	119	59	57	18	19	5	12	12
Ejido la Palma (La Palma)	14	8	5	3	0	3	1	2
San Felipe Pueblo Nuevo	100	28	45	14	11	1	8	2
El Rincón de la Candelaria	60	21	20	12	11	2	1	3
El Salto	23	11	7	4	5	0	1	2
San Antonio Enchisi	167	88	74	10	30	11	4	8
San Bartolo el Arenal	23	8	6	5	1	0	3	1
San Bartolo Lanzados	79	35	30	9	8	0	3	1
San Francisco Chalchihuapan	108	63	32	7	17	9	7	5
Rancho San Francisquito	*	*	*	*	*	*	*	*
San Ignacio de Loyola	4	1	1	0	1	0	0	1
San Jerónimo de los Jarros	48	26	10	6	5	5	4	5
San José del Tunal	52	22	20	7	14	0	2	2
San José Toxi	50	35	6	6	1	0	1	2
San Juan de los Jarros	91	44	33	5	12	2	6	2
San Lorenzo Tlacotepec	168	88	42	20	21	11	13	14
San Luis Boro	20	9	6	2	4	0	0	3
Rancho San Martin	0	0	0	0	0	0	0	0
San Pedro del Rosal	110	62	30	10	8	2	3	15
Santa Cruz Bombatevi	93	57	24	4	5	6	7	8
Santiago Acutzilapan	224	131	91	14	30	14	9	14
Santo Domingo Shomeje (Shomeje)	106	68	38	6	6	3	7	3
Tecoac (Santa María Nativitas)	64	42	12	4	6	8	4	9
Colonia Río Lerma (Tic Ti)	55	24	18	8	3	6	6	6
Tierras Blancas	10	2	1	3	0	1	2	3
Rancho San Vicente	10	8	1	0	1	0	0	1
Ejido del Rincón (Ejido de la Candelaria)	10	6	3	1	2	1	1	1
La Alcantarilla	2	2	0	0	0	0	0	0
Bombatevi Ejido (Ejido Santa Cruz Bombatevi)	83	39	22	8	10	5	7	10
Las Tarrias	9	6	2	2	0	3	2	1
San Martín de los Manantiales	2	0	2	0	0	0	0	0
La Isla de las Aves (La Presa)	4	1	0	2	2	1	0	0
Ejido de San José del Tunal	0	0	0	0	0	0	0	0
Las Manzanas (La Joya)	4	4	1	1	1	0	0	0
Quinto Cuartel de San Pedro del Rosal	12	4	3	3	1	0	1	0
Ejido el Calvario Santiago Acutzilapan	5	5	0	0	0	0	0	0
Cuartel Quinta Sección el Puente	4	1	2	0	0	0	0	1
Ejido Boro	16	5	6	2	3	0	1	1
El Cielito	4	1	2	1	0	0	0	1

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

4.3. Principales actividades económicas en la zona

Atlacomulco tiene ventajas de localización para el desarrollo de la actividad industrial y comercio al mayoreo, así como infraestructura idónea para este tipo de actividades. Su ubicación como acceso al Estado de México y al centro del país para productos, servicios y persona provenientes de la zona occidente se ha reforzado con la construcción de la autopista a Guadalajara, así como con el Arco Norte y el Circuito Exterior del Bicentenario.

No obstante, la actividad económica en el Municipio ha estado expuesta pasivamente a los vaivenes de la economía global pues, como vemos en el comportamiento de la Tasa de Crecimiento Media Anual obtenida a partir del Valor Agregado Censal Bruto, entre los años 2004 y 2009, hubo un decrecimiento de - 0.02. Esto podría superarse con una política de promoción de inversiones que permitieran aprovechar integralmente las ventajas comparativas del Municipio.

Cuadro 17. Valor Agregado Censal Bruto y Tasa de Crecimiento Media Anual, 2004 - 2009.

Ámbito Territorial	Valor Agregado Censal Bruto Constante (Miles de Pesos)		Tasa de Crecimiento Media Anual
	2004	2009	
Estado de México	358,316,242	386,741,554	0.02
Atlacomulco	5,943,196	5,457,446	-0.02

Fuente: INEGI, Censo Económico 2004 y 2009.

Ahora bien, Atlacomulco es un Municipio especializado en industria manufacturera y comercio al mayoreo. En ambos casos el Índice de Gini en relación con el resto del Estado de México es de 1.5 y 1.7, respectivamente.

Esto resulta más claro al analizar el aporte de ambos sectores al PIB municipal:

Cuadro 18. Valor Agregado Censal Bruto Estado de México y Municipio de Atlacomulco 2009.

SECTOR, SUBSECTOR, RAMA Y SUBRAMA DE ACTIVIDAD	VALOR AGREGADO CENSAL BRUTO			
	Estado de México		Atlacomulco	
Total	**165,964**	**100.0%**	**484**	**100.0%**
Sector 11 Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	0	0.0%	0	0.0%
Sector 21 Minería	428	0.3%	0	0.0%
Sector 22 electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	8,295	5.0%	4	0.7%
Sector 23 Construcción	727	0.4%	0	0.1%
Sector 31-33 Industrias manufactureras	98,772	59.5%	336	69.5%
Sector 43 Comercio al por mayor y sector 46 comercio al por menor	36,709	22.1%	184	38.1%
Sector 48-49 Transportes, correos y almacenamiento	4,505	2.7%	6	1.2%
Sector 52 Servicios financieros y de seguros		0.0%		0.0%
Sector 51 Información en medios masivos	16,527	10.0%	-46	-9.6%

Fuente: INEGI, Censos Económicos 2009.

El sector manufacturero de Atlacomulco fundamentalmente se ubica en los parques industriales de la cabecera municipal denominados Zona Industrial y Conjunto Urbano Industrial Santa Bárbara. Ambos se encuentran en las inmediaciones del Río Lerma, lo que les imprime un alto grado de vulnerabilidad.

Por su parte, el sector primario se distingue por la actividad agrícola, específicamente el cultivo de maíz, geranio y cyclamen. Las comunidades rurales mantienen los sistemas de la agricultura tradicional, salvo los productores de flor que han incorporado nuevas tecnologías para aumentar la productividad, a partir de la agricultura protegida; es en esta rama donde la atención debe centrarse por los riesgos químicos derivados del uso de fertilizantes y plaguicidas para la salud de los trabajadores de este sector y para los recursos naturales que pueden ser contaminados.

4.4. Características de la Población Económicamente Activa

La Población Económicamente Activa (PEA) en 2010 Atlacomulco ascendía a 34,834 personas, de las cuales el 94.8% se encontraba ocupada. Una proporción similar conforma la Población no Económicamente Activa, es decir 33,133 personas.

Cuadro 19. Población Económicamente Activa en el Municipio de Atlacomulco, 2010.

Ámbito territorial	Condición de actividad económica				
	Población Económicamente Activa			Población no Económicamente Activa	No especificado
	Total	Ocupada	Desocupada		
Atlacomulco	34,834	33,037	1,797	33,133	262

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

El sector que agrupa el mayor porcentaje de la PEA es el terciario con el 65.59%, ligeramente por debajo del promedio estatal; en el siguiente lugar encontramos el sector secundario con 21.14%, que se encuentra en la misma tendencia con respecto al Estado de México; en tanto que el sector primario agrupa el 12.50% de la PEA y duplica el promedio estatal.

En cuanto al sector terciario, hay que considerar que existe una alta presencia de comercio informal en el Municipio, esto implica que la reglamentación de protección civil no es acatada por los que se desempeñan en esta modalidad e, incluso, pueden dificultar el uso de rutas de evacuación y puntos de reunión. La sistematización de procedimientos y el cumplimiento de los mismos se vuelven imprescindibles, aún en los días de tianguis y festejos tradicionales de comunidades.

El sector secundario se distingue por la concentración de trabajadores en los dos parques industriales que existen en Atlacomulco. Esto permite que las disposiciones en materia de protección civil puedan ser mejor articuladas, pese a que también representan zonas de especial atención, ya que la concentración de la industria y la planeación para el desarrollo de la misma sienta bases sólidas para todas las acciones trazadas.

Cuadro 20. PEA ocupada por Sector de Actividad, Municipio de Atlacomulco 2010.

Ámbito Territorial	% Sector Primario	% Sector Secundario	% Sector Terciario
Estado de México	5.10	25.63	67.62
Atlacomulco	12.50	21.14	65.59

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

En otro orden de ideas, más del 50% de la población ocupada en Atlacomulco gana más de 2 salarios mínimos y, en lo general, la proporción de ingresos por trabajo en el Municipio es muy similar a la que se presenta en el Estado de México, salvo el estrato correspondiente a aquellos que ganan hasta un salario mínimo. Esto conlleva a situaciones de precariedad al 22.14% de la población ocupada.

Cuadro 21. Población Ocupada y su distribución porcentual según ingreso por trabajo, Municipio de Atlacomulco 2010.

Ámbito territorial	Población Ocupada	Hasta 1 S,M.	Más de 1 a 2 S,M.	Más de 2 S,M.	No esp.
Estado de México	5,899,987	12.16	23.18	56.50	8.16
Atlacomulco	35,500	22.14	24.88	50.15	2.84

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010.

4.5. Estructura urbana

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atlacomulco (2008), la localidad urbana más importante del Municipio se encuentra en la cabecera municipal, los equipamientos urbanos se concentran en ella y está directamente comunicada con la zona industrial. El resto de las comunidades se encuentran alejadas de la cabecera, sin embargo, el crecimiento urbano se ha prolongado hacia el sur debido a la conurbación con la localidad de Tecoac.

La cabecera municipal se ha desarrollado progresivamente hasta formar mediante sus vialidades principales un circuito periférico. Las autopistas federales y estatales que cruzan el territorio de este Municipio, se conectan con la vialidad periférica antes mencionada, brindándole una ubicación privilegiada para los traslados hacia las capitales del Estado de México, Querétaro y Michoacán.

La Autopista de cuota Toluca – Atlacomulco, es desde 1983 una de las principales vías de comunicación con otros estados. A partir de ésta, se inicia la autopista Atlacomulco –Maravatío, que después se convierte en la Autopista de Occidente, que es el enlace principal entre el Distrito Federal y los Estados de Michoacán y Jalisco.

El impulso más reciente que ha tenido Atlacomulco en esta materia es la construcción del Arco Norte, que comunica con la Zona Metropolitana del Valle de México y Puebla sin tener que cruzar el Distrito Federal.

Las carreteras estatales a Toluca, El Oro y San Felipe del Progreso son muy transitadas y en general se encuentran en buenas condiciones, esta última recientemente tuvo una ampliación de carriles y ha mejorado considerablemente el tránsito hacia la zona norte del Estado de México. Las carreteras estatales a Villa del Carbón, Jocotitlán e Ixtlahuaca, tienen un flujo vehicular medio y pese a encontrarse en buenas condiciones el tránsito es lento.

La mayor parte de las terracerías se encuentran en buenas condiciones, los caminos de terracería son parte de una infraestructura vial importante que comunica ranchos y pequeños poblados con poblaciones de mayor tamaño y con la cabecera municipal.

Al respecto hay que señalar dos elementos primordiales. El primero de ellos se refiere a la ubicación estratégica de Atlacomulco como punto de enlace entre varias entidades federativas y Municipios del norte del Estado de México, esta ventaja estratégica también se convierte en un foco de atención puesto que circulan por sus vialidades todo tipo de vehículos, incluyendo camiones de carga de gran tamaño y de transporte de pasajeros, sobre todo en las carreteras estatales en las que se detecta un flujo vehicular importante de camiones pesados que no desean ingresar a la autopista.

El segundo elemento es en relación a los caminos de terracería del Municipio pues, si bien cumplen adecuadamente su función como caminos saca cosechas o vías de comunicación con la cabecera municipal que ocasionalmente son transitadas, representan un obstáculo para la movilización de recursos hacia rancherías en caso de emergencias.

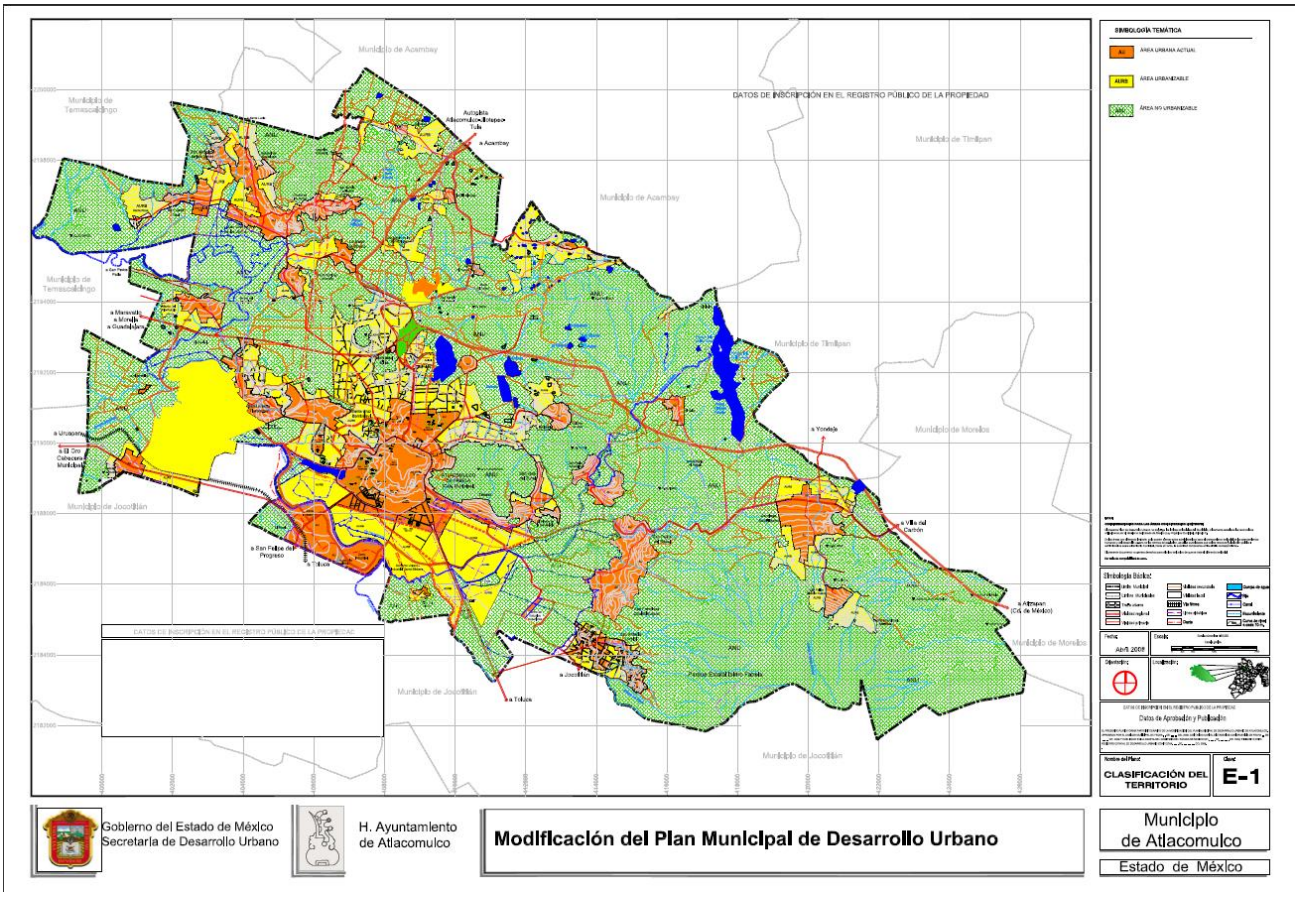
4.6. Reserva territorial

El Plan Municipal de Desarrollo Urbano prevé áreas urbanizables como reserva territorial, que permiten consolidar los procesos de conurbación que hoy día están en marcha, así como dotar a las localidades de las áreas de crecimiento que su desarrollo demanda.

Así, para la cabecera se prevé una gran área de crecimiento que permitirá consolidar la conurbación de Atlacomulco de Fabela con las localidades de San Bartolo El Arenal y Ejido Bombatevi en el norte de la cabecera, Cuendó y el Conjunto Urbano Industrial Santa Bárbara en el poniente y sur, así como Tecoac y San José del Tunal en el oriente.

No obstante, las localidades San Pablo Atotonilco, El Salto, San Pedro del Rosal y San Francisco Chalchihuapan no cuentan con áreas de crecimiento, lo que se puede convertir en un incentivo para la irregularidad, lo que podría reforzar sus condiciones de vulnerabilidad social.

Figura 19. Mapa de clasificación del territorio del Municipio de Atlacomulco.



En color amarillo se indican las áreas de reserva para l crecimiento urbano.

Fuente: Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Atlacomulco, 2008.

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.

5.2.1. Erupciones volcánicas

El Municipio de Atlacomulco se encuentra circunscrito dentro del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). El CVM tiene una extensión aproximada de 920 km de largo y cruza la República Mexicana desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, teniendo el límite oeste en Bahía Banderas en el estado de Jalisco, hasta Punta Delgada en el estado de Veracruz (Aguayo y Trápaga, 1996).En cuanto a la extensión norte-sur muestra una gran variabilidad, ya que, en la porción central, de la ciudad de San Luis Potosí hasta el poblado de Chaucingo en el estado de Morelos, tiene alrededor de 400 km, mientras que entre el poblado de Teziutlán, Puebla y la ciudad de Orizaba, Veracruz, hacia el Golfo de México, tiene aproximadamente 100 km.

Otro de los rasgos principales del CVM es la gran variabilidad de edificios volcánicos, composición química de sus productos, así como su oblicuidad con respecto a la Trinchera Mesoamericana, además de la irregularidad espacial en cuanto a la ocurrencia del volcanismo dentro del arco (Ferrari, 2000). Y en donde la morfología es concedida por factores como la composición química de sus productos, intensidad y tipos de actividad, condiciones climáticas en donde se emplazó, entre otros. (Schimnke, 2006).

Dentro del marco volcánico regional, el Municipio de Atlacomulco está rodeado por formaciones volcánicas mayores como las calderas de Huichapan y Amealco, el estratovolcán Jocotitlán y la Sierra de Angangueo (Figura 17).

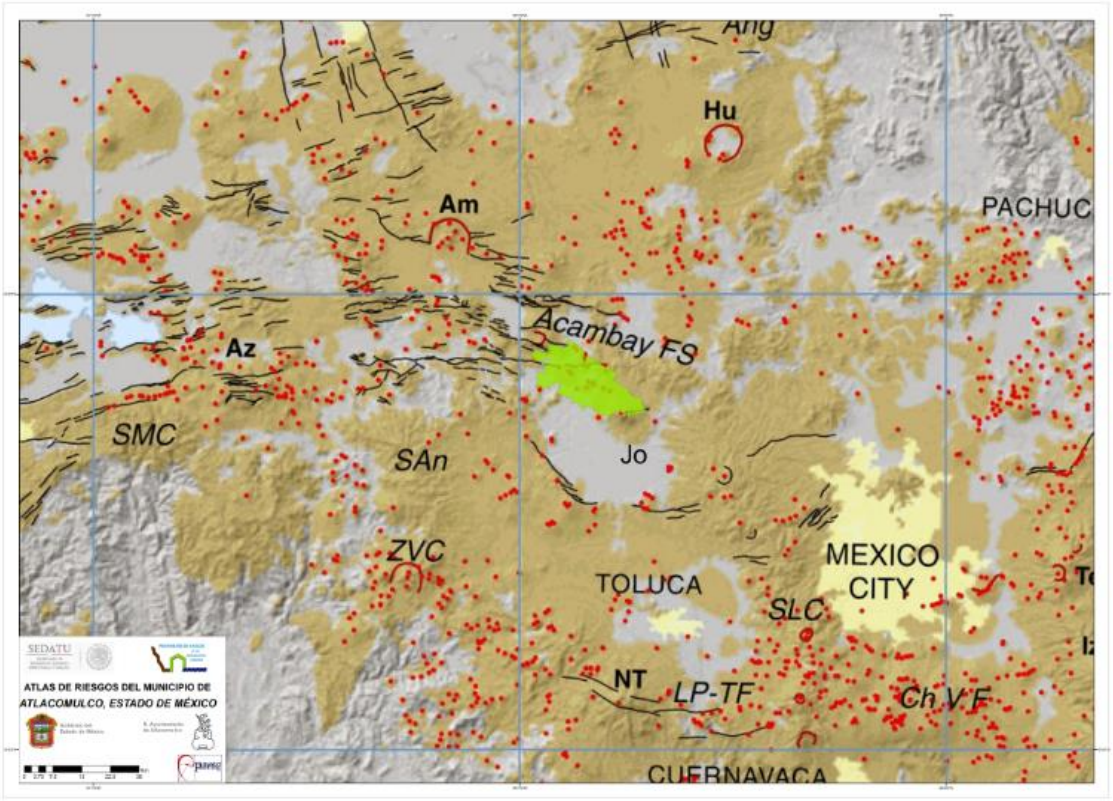


Figura 17. El área iluminada en color verde corresponde al Municipio de Atlacomulco que representa en el área del CVM. Forma parte de la zona centro de dicha unidad en la que destacan las siguientes formaciones volcánicas: caldera de Huichapan (Hu); Caldera de Amealco (Am); Sierra de Angangueo (San); Jocotitlán (Jo); Nevado de Toluca (NT); Complejo Volcánico de Zitacuaro (ZVC) (Tomado y modificado de Ferrari et al., 2012). Las áreas de color café pertenecen propiamente al CVM (depósitos volcánicos o estructuras volcanicas muy antiguas), los puntos rojos corresponden a formaciones volcánicas menores o no destacables y por último, las líneas negras continuas corresponden a fallas geológicas.

A escala local, en Atlacomulco existen formaciones volcánicas correspondientes a conos de escoria, mesas de lava y el estratovolcán Jocotitlán, siendo este último el de mayor importancia, de acuerdo a Siebe (*et. al*., 1992), se considera un volcán activo en etapa de quietud (su último evento registrado es un depósito de oleada piroclástica, con una edad de 680± 90 años A.P.1270± 80 d.C.). El volcán Jocotitlán es considerado como **Categoría 2**; debido a su Índice de Explosividad Volcánica (VEI) igual o mayor a 3 con un tiempo medio de recurrencia mayor que 500 pero menor que 2000 años (Cuadro 22) (CENAPRED, 2009). Debido a esta historia eruptiva Atlacomulco puede ser afectado de manera importante en caso de reactivarse el volcán. Como ejemplo una erupción tipo pliniana o subpliniana, que son muy explosivas y la columna de cenizas se puede desplazar muchos kilómetros y destruir todo a su paso (figura 18), la probabilidad que se registre caída de ceniza y/o pómez será Muy Alta. Cabe resaltar que dentro de los fenómenos volcánicos existe la posibilidad de que el sector norte del edificio principal colapse de nuevo o exista una erupción peleana como se muestra en la figura 18, siendo este uno de los fenómenos más peligros que puede generarse en un volcán.

Cuadro 22. Escalas de clasificación **VEI.** El volcán Jocotitlán corresponde al VEI 2. (Tomada de CENAPRED, 2009).

VEI	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Descripción	No explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada a grande	Grande	Muy Grande	--	--	--
Volumen emitido (m3)	< 10,000	10,000-1,000,000	Uno a diez millones	Diez a cien millones	Cien a mil millones	Uno a diez km^3	Diez a cien km^3	Cien a mil km^3	Más de 1000 km^3
Altura de la columna (km)	0,1	0,1-1	1-5	3-15	10-25	Más de 25	--	--	--
Duración en horas	-1	-1	1-6	1-6	1-12	6-12	Más de 12	--	--
Inyección a la troposfera	mínima	leve	moderada	sustancial	grande	--	--	--	--
Inyección a la estratosfera	nula	nula	nula	posible	definida	significativa	grande	--	--

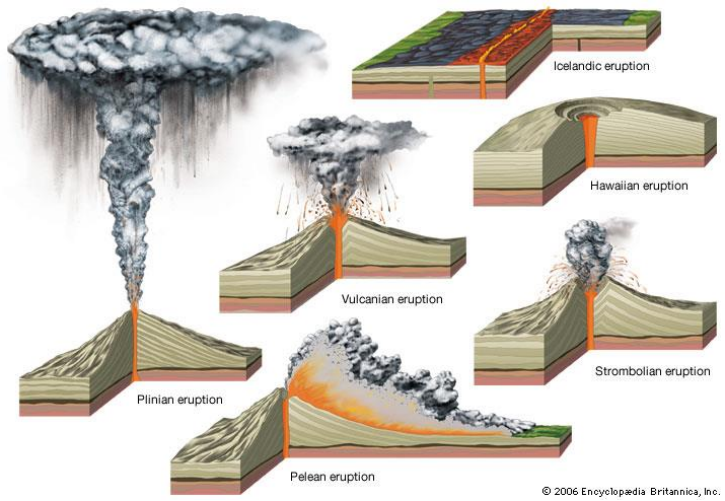


Figura 18. Tipo de erupciones volcánicas de acuerdo a su explosividad y comportamiento.

Los peligros volcánicos mencionados se entenderán como cualquier proceso relacionado con volcanes que pueda afectar la vida y los bienes de las personas como **caída de ceniza, lahares, avalanchas, flujos de lava, flujos piroclástos** (Schimnke, 2006; Sigurdsson, et al., 1999), mismos que se definen en los mapas de peligros para Atlacomulco.

Avalancha de escombros

Las avalanchas de escombros son fenómenos de grandes magnitudes y de alta velocidad generados a partir del colapso gravitacional de sectores de edificios volcánicos que en segundos cambian la configuración del relieve. Estas avalanchas se pueden transformarse y generar flujos de escombros gigantescos que tienen la capacidad de alcanzar volúmenes y velocidades aún mayores que el depósito a partir del cual se originaron (Siebert, 1984). La inestabilidad, y colapso, de un edificio volcánico puede depender directamente de la actividad magmática del volcán, aunque también existen otros factores como lluvias abundantes, saturación por fluidos, pendientes altas, procesos de alteración o factores tectónicos regionales. En el mapa mostrado en la figura 19, presenta el peligro por avalancha de escombros. Este fenómeno se basa en la referencia del colapso del edificio volcánico, como la acontecida hace 9690 años aprox.

La zonificación del peligro se basó en los fenómenos geológicos que antecedieron esta actividad y que pueden reactivarse. Esta avalancha fue emplazada hacia el norte y dio origen a formas del relieve conocidas como *hummocks* y *ridges (Figura 19*). Posterior al emplazamiento de la avalancha, el volcán entro en fase explosiva que genero oleadas piroclásticas y caída de ceniza culminando con la formación de un domo de composición dacítica. La distribución total de este depósito un área de 80 km^2, y un alcance máximo de 12 km (Figura 20). Por lo tanto, cerca del 50% del territorio del Municipio debe ser considerado con un nivel alto en caso de que ocurra un fenómeno de la magnitud y característica similar al ocurrido hace 9690 ± 89 años a.c., generado por actividad tipo Bezymianny (inyección de magma y la formación de un domo, dentro del edificio), provocando sobrepresurización del sistema magmático y la inestabilidad del volcán (Capra, et al. 2002).

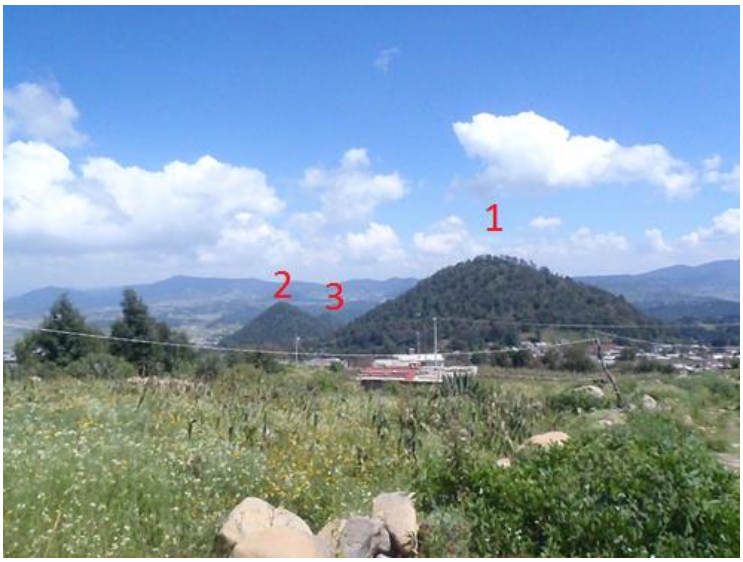


Figura 19. Vista hacia el norte del desde el volcán Jocotitlán, en donde se aprecian tres hummocks.

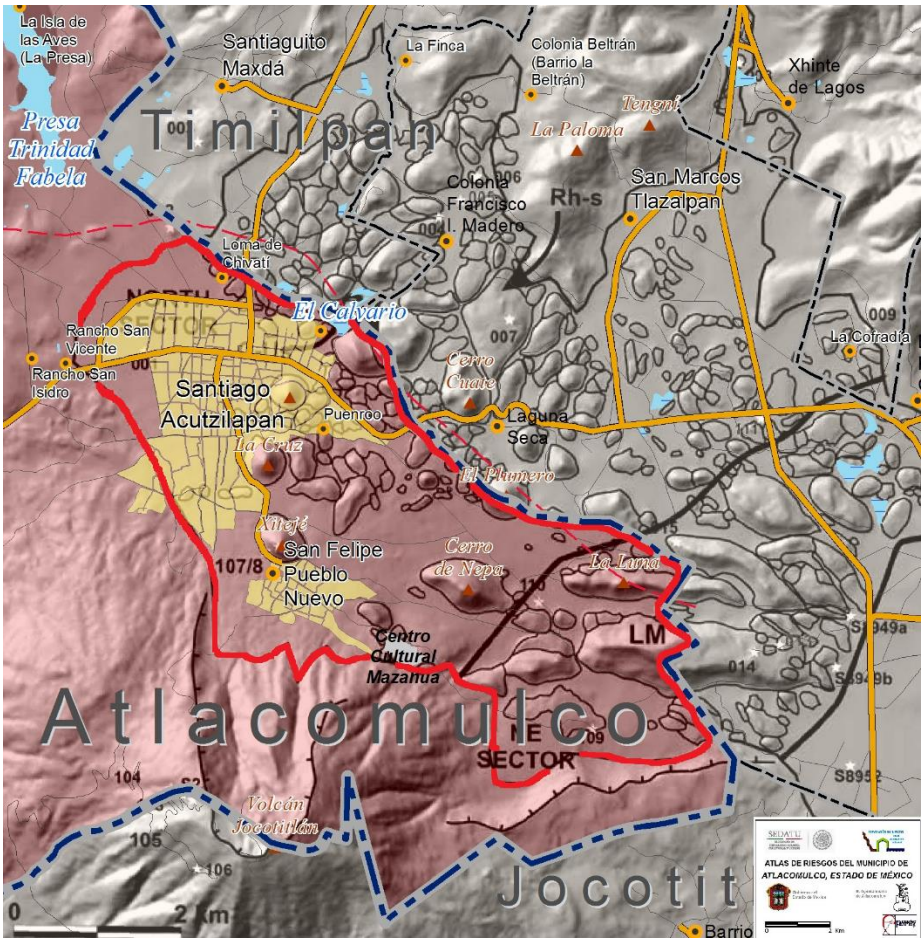
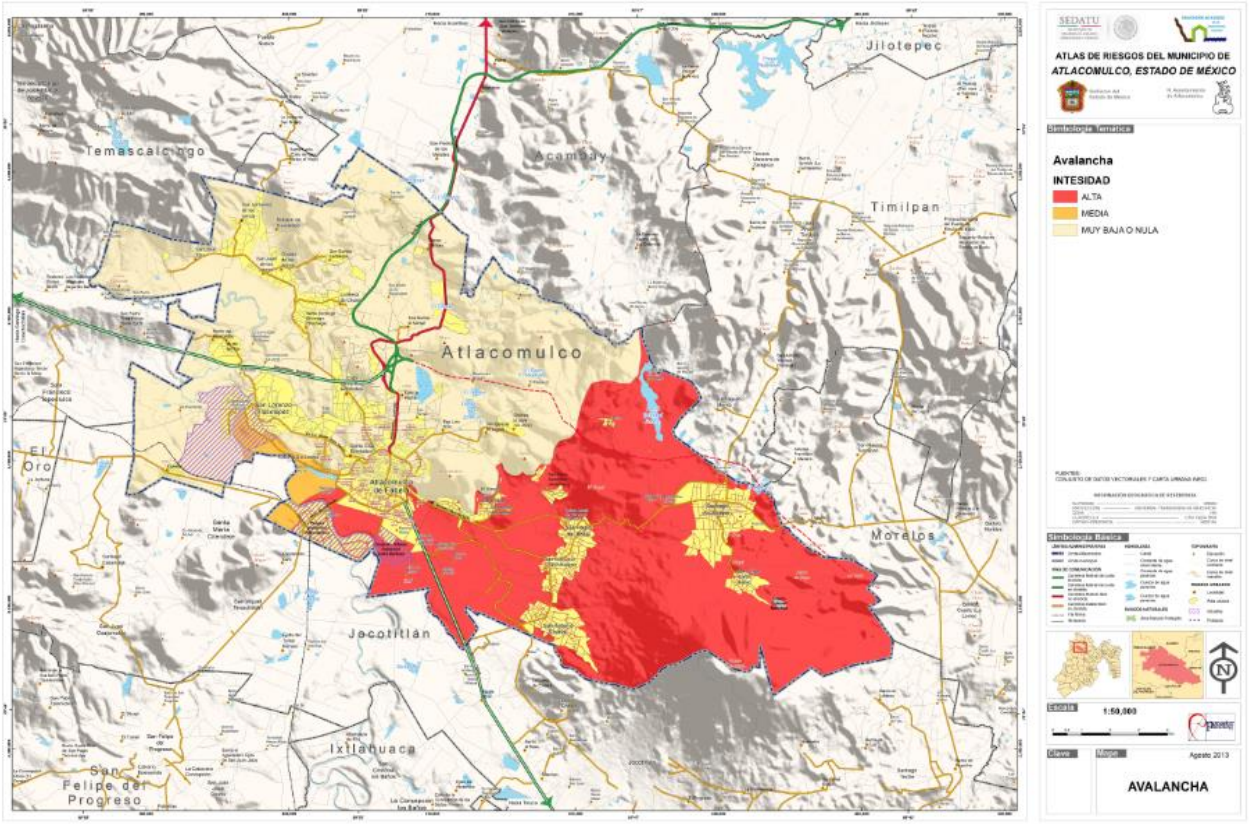


Figura 20. En el polígono delimitado por la línea roja, se muestra el área del Municipio que contiene parte de la avalancha de escombros acontecida hace 9690 ± 89 años a.C. (Modificado de Salinas y López-Blanco, 2012).

El peligro ALTO corresponde al flanco norte y oeste en el que se encuentran las poblaciones Santiago Acutzilapan, San Felipe Pueblo Nuevo, San Pedro del Rosal y San Antonio Enchisi, esto debido a la cercanía con el cráter de emisión del Jocotitlan. La probabilidad MEDIA corresponde a áreas con topografía plana y más baja del Municipio en donde puede emplazarse los depósitos de avalancha que afectaría el área del parque industrial junto al Río Lerma. El peligro BAJO se localiza en áreas distales del volcán como la cabecera municipal donde las elevaciones montañosas generan una barrera para los depósitos (figura 21).

Figura 21. Mapa de peligros por Avalancha de escombros.



Elaboración propia con base en información de INEGI

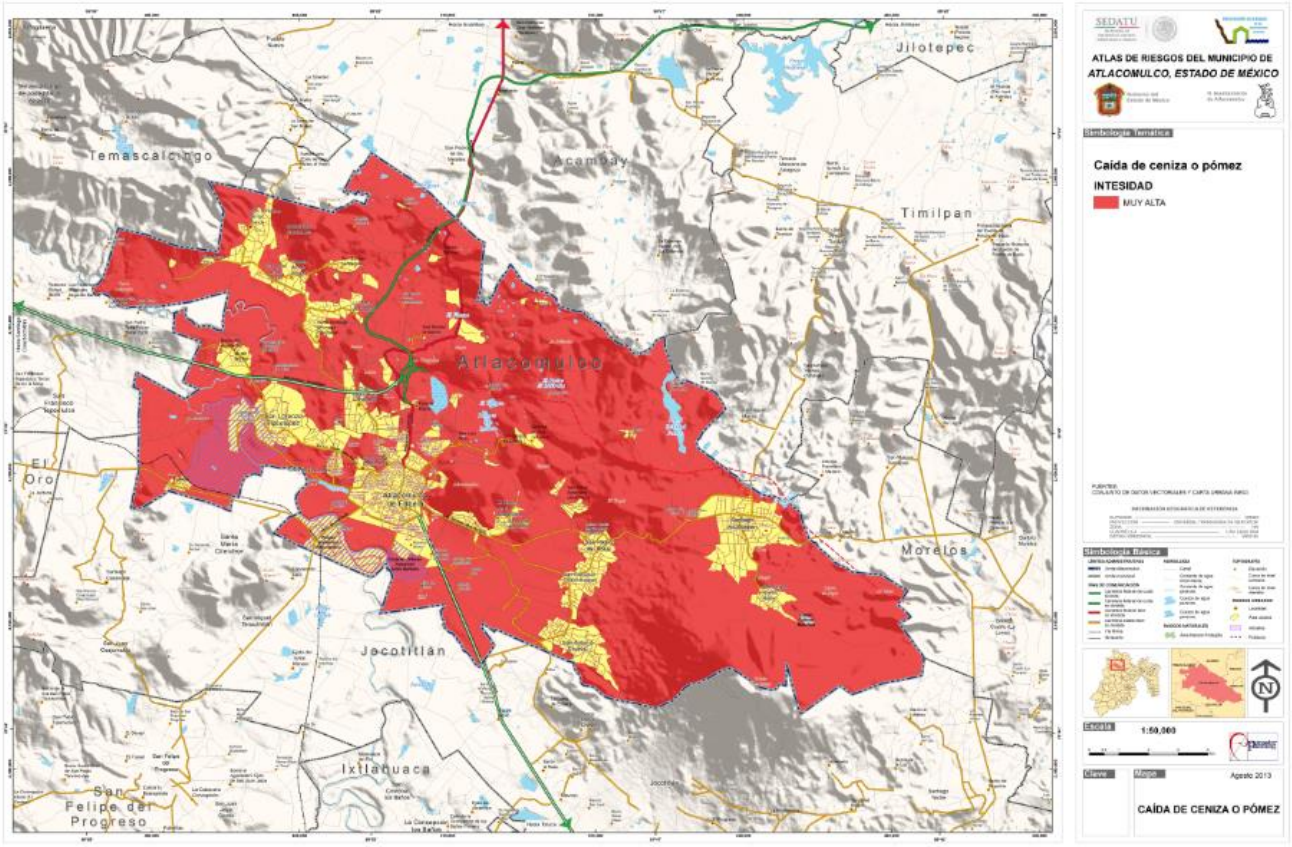
Caída de ceniza

La caída de ceniza es resultado de material volcánico fragmentado generado por la actividad explosiva del volcán en erupción, la cual puede ser transportada a grandes distancias por efecto del viento, y que pueden llegar a grandes alturas (en el volcán Chichón, México 1982, alcanzo 24 km sobre el nivel del mar (De la Cruz-Reyna, 2008). El daño ocasionado puede ser significativo a cortas o grandes distancias, las cuales pueden ser daños a la salud al ser inalada, afectación a las actividades humanas, telecomunicaciones, aviación, áreas de cultivo y suelos, condiciones medioambientales (Schminncke, 2006; Zehner, 2010). Por ejemplo, una capa de 10 cm de ceniza tiene una masa de entre 70 y 120 kg por metro cuadrado, valores que aumentan al doble si contiene humedad, en donde ese exceso de carga sobre los techos de las casas puede causar colapso del mismo (Haller, 2010).

La distancia de caída de ceniza o pómez está en función del estilo eruptivo del volcán, la altura en la columna eruptiva y dirección del viento. En el caso de que la columna eruptiva alcance la troposfera, esta puede viajar mayor distancia.

El mapa de la figura 22 ilustra los peligros por caída de ceniza o pómez. El rango es considerado como MUY ALTO para todo el Municipio de Atlacomulco, esto de acuerdo a la historia eruptiva donde existen indicios de actividad explosiva que arrojaría amplios depósitos de tefra que cubrieron más del 90% del territorio municipal. Las áreas urbanas tendrían afectaciones severas por la carga de material de depósito, puesto que la afectación correspondería a espesores que van de varios metros a centímetros conforme la lejanía al cráter de emisión,

Figura 22. Mapa de Peligro por Caída de ceniza.



Elaboración propia con base en información de INEGI

Flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos están asociados a erupciones explosivas, y son generadas por nubes con fragmentos de lava, ceniza y gases a muy altas temperaturas, que se deslizan cuesta abajo por los flancos del volcán a grandes velocidades, las cuales pueden llegar a ser muy destructivas (De la Cruz-Reyna, 2008). El origen de estos flujos es a partir de derrumbes o colapso de domos; desprendimiento de frentes de lava en pendientes fuertes sobre el volcán; explosiones laterales; colapso de columnas eruptivas, entre otros (Schminncke, 2006; Sigurdsson, et al., 2000). Los flujos piroclásticos y oleadas generalmente viajan a velocidades mayores a 10 m s^{-1} y algunas ocasiones alcanzan los 100 m s^{-1} (Sigurdsson, et al., 1999). Estos fenómeno volcánicos están controlados por el tipo de erupción que los produce, por la topografía del terreno (pendientes y barrancas del volcán), por las características de los materiales arrojados durante la erupción (composición y contenido de volátiles), y por la altura a la que se originan (De la Cruz-Reyna, 2008). Algunos flujos piroclásticos llegaron hasta una distancia de 100 km de su lugar de emisión; debido a la gran masa que los compone (Haller, 2010).

Cuando los flujos volcánicos llegan a zonas en donde disminuyen las pendientes que definen los cauces o barrancas, los flujos generalmente tienden a rebasar las laderas de los valles y ocupan las áreas asociadas a las planicies cercanas a los valles. Es por esto que los flujos tienden a inundar la llanura próxima a la desembocadura de los valles por los cuales han llegado.

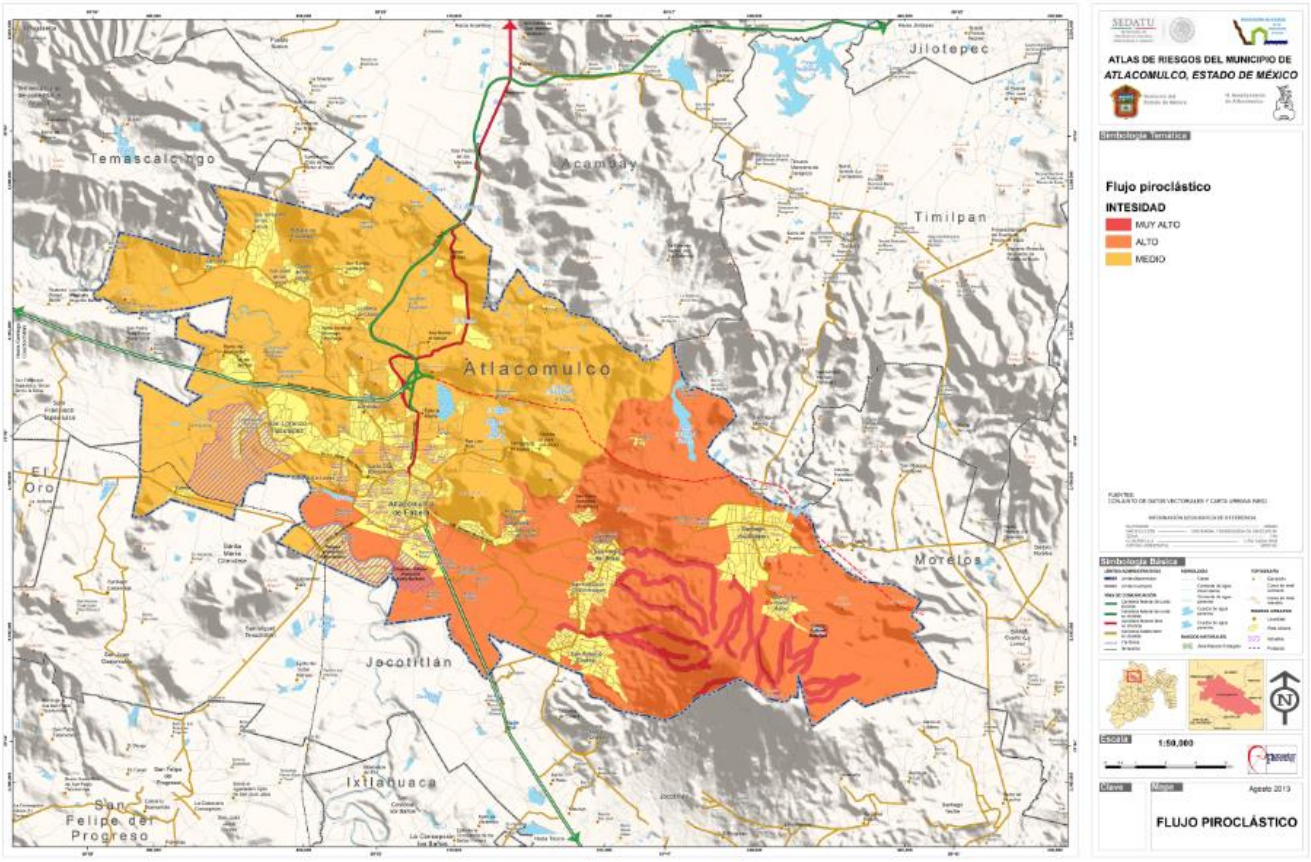
La probabilidad de afectación dentro del área de estudio por flujos piroclásticos, se vislumbra en tres rangos:

MUY ALTO, este rango de probabilidad corresponde a las barrancas que rodean el edificio volcánico que sirven como vía de circulación para el trayecto de este tipo de materiales.

Peligro ALTO, incluye la zona de barrancas, laderas altas y medias y algunas porciones de lomeríos, el cubrimiento de este rango es de aproximadamente un 40 % de superficie municipal, lo que significa un impacto de afectación de magnitud considerable.

El área del peligro MEDIO, corresponde a áreas distales del centro de emisión, correspondientes a planicies y lomeríos, y protegidas por elevaciones topográficas como el cerro Atlacomulco y Tepari. Es importante mencionar que estas formas de relieve hacen la función de barrera y escudo protector para minimizar el peligro, aunque pueden llegar hasta las áreas urbanas dependiendo de la intensidad y composición del flujo (figura 23).

Figura 23. Mapa de Peligro por Flujos Piroclasticos.



Elaboración propia con base en información de INEGI

Lahares

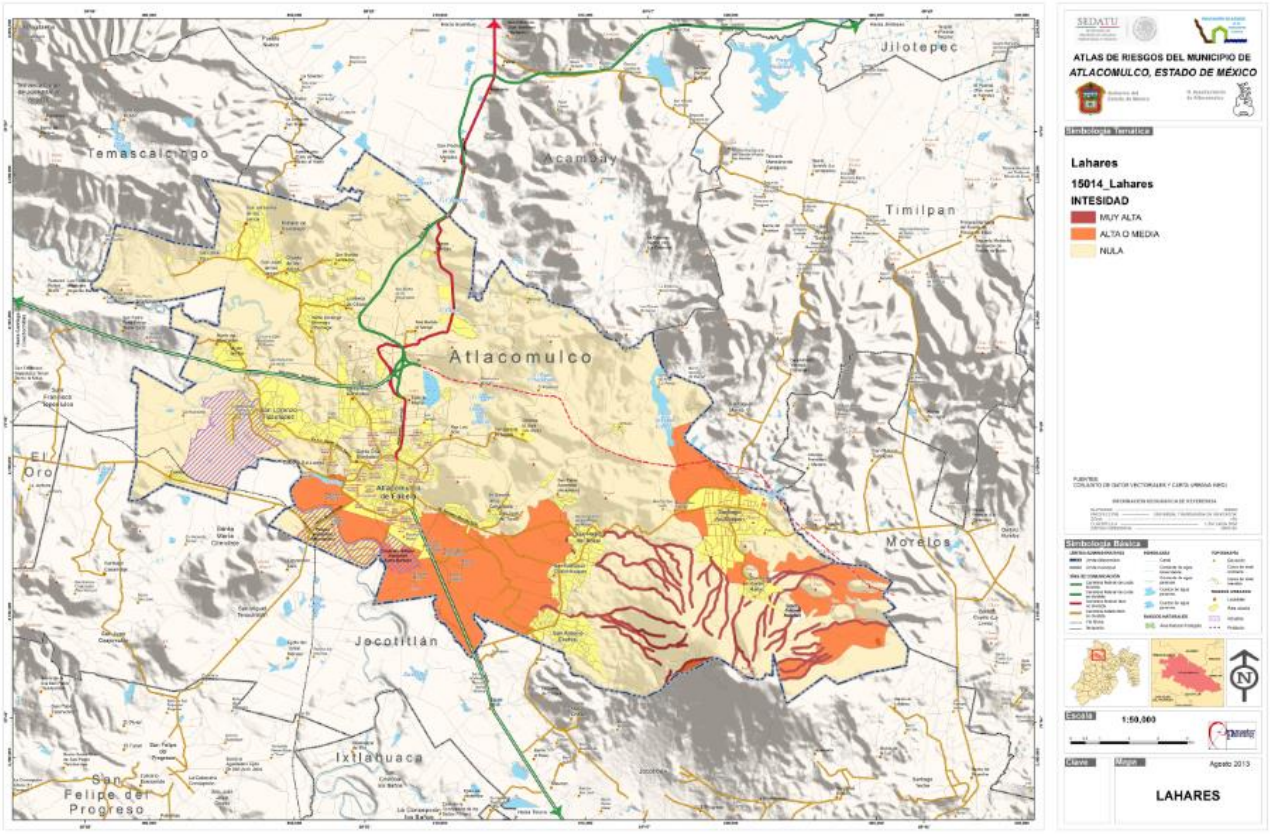
Los lahares, también conocidos como flujos de lodo, se forman a partir de la mezcla de bloques, ceniza y cualquier otro material volcánico (dispuesto sobre las laderas del volcán), con agua. Los lahares pueden producir avenidas muy potentes de lodo y rocas, que tienen un poder destructivo similar o incluso mayor a los flujos piroclásticos (De la Cruz-Reyna, 2008). Los lahares pueden viajar por varios kilómetros pero raramente alcanzan los 300 km de distancia, y se mueven a velocidades que pueden exceder los 100 km/h,

esto dependiendo de la concentración de partículas y material (Schminncke, 2006). Los valles angostos y con determinada pendiente, pueden canalizar los lahares a través de grandes distancias. Sin un lahar llega a un valle amplio y de poca pendiente se dispersará lateralmente formando un abanico, que aunque puede tener menor longitud, abarcará sitios fuera de la desembocadura del valle angosto (De la Cruz-Reyna, 2008).

En cuanto al agua que forma la mezcla de los lahares, esta puede tener varios orígenes, tales como lluvia torrencial (lluvias estacionales o de ciclones tropicales), sobre depósitos volcánicos, drenaje abrupto de lagunas, o por la entrada de flujos piroclásticos en ríos o en zonas de nieve o glaciares lo que provoca su fusión inmediata, (De la Cruz-Reyna, 2008; Schminncke, 2006). Los lahares pueden destruir o dañar gravemente zonas pobladas, el ejemplo histórico reciente mejor conocido es del Nevado El Ruíz, en Colombia, el 13 de noviembre de 1985, cuando una erupción relativamente pequeña, originó una de las peores catástrofes de la historia. Los flujos piroclásticos erosionaron el glaciar y la nieve de la cumbre del volcán, formando un lahar que, desplazándose a una velocidad media estimada en 12 m/s, arrasó varias poblaciones, incluyendo la ciudad de Armero a 55 km de distancia y causando cerca de 23,000 víctimas (Schminncke, 2006).

Dentro del Municipio la probabilidad de ocurrencia de este tipo de procesos se distribuye en rangos que van de MUY ALTO a NULA. El primer rango MUY ALTO se zonifica para la morfología de valles fluviales, debido a que la génesis del procesos emplea este tipo de relieve para su transportación pendiente abajo por cuales pueden desplazarse aguas abajo en las cercanías al volcán Jocotitlán como Santiago Acutzilapan San Felipe Pueblo Nuevo, San Pedro del Rosal y San Antonio Enchisi. El siguiente rango de peligro se define como ALTO y MEDIO, se localiza como áreas de deposición, las cuales puede ser varios metros en función del volumen de los flujos; su afectación corresponde a áreas de piedemonte del volcán y terrenos planos. El peligro NULO, se define más distales del edificio volcánico, en el que la velocidad del flujo y la cantidad del material ya no alcanza la deposición (figura 24).

Figura 24. Mapa de Peligro por Lahares.



Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.2. Sismos

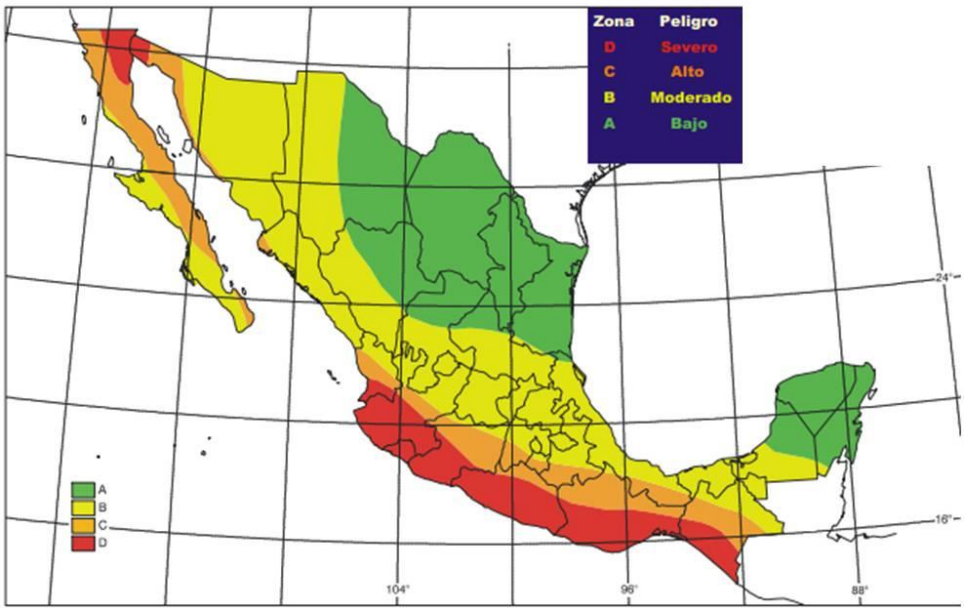
La sismicidad es en fenómeno natural producto de los esfuerzos en la corteza terrestre, debido a diferentes fuerzas, principalmente al movimiento de las placas tectónicas. El mundo se encuentra divido por múltiples placas tectónicas, definidas por la presencia de uno o varios de los tres límites que son la divergencia, convergencia y transcurrencia. En los últimos dos límites se presentan comúnmente sismicidad. El país se encuentra dividido en varias placas tectónicas las cuales se pueden fragmentar 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). La sismicidad comúnmente se produce en los límites de estas placas, y con menor frecuencia al interior.

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 transcurrencia. 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, le cuesta trabajo moverse, por lo que prefiere 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.

De acuerdo con la zona de subducción, el país ha sido dividido en 4 grandes zonas sísmicas. 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 25).

El Municipio de Atlacomulco, se encuentra en la zona B, aproximadamente a 800 km del borde en donde se introduce la placa de Cocos por debajo de la Norteamericana, es decir lejos de la zona sismo-generadora. La actividad sísmica en el Estado de México (cuadro 23) 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 agosto del 2013). Ninguno en el Municipio de Atlacomulco (Figura 26).

Figura 25. *Mapa de zonas sísmicas de acuerdo con la zona sismogeneradora en el país. El Municipio de Atlacomulco se encuentra en la zona moderada de peligrosidad sísmica*



Servicio Sismológico Nacional

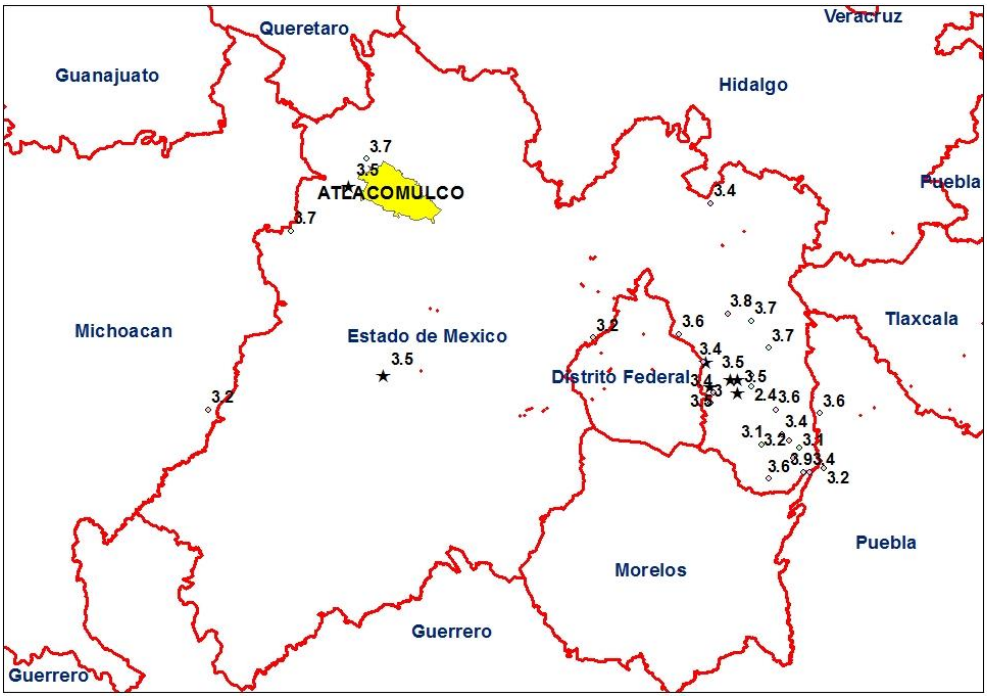
Cuadro 23. Sismos de mayor magnitud en el estado de México

Fecha	Latitud	Longitud	Prof.(km)	Mag.	Zona
02/02/2006	19.25	-98.94	14	3.5	3 km al NOROESTE de S MATEO HUITZILZINGO, MEX
11/02/2006	19.32	-98.95	5	3.5	3 km al NOROESTE de XICO, MEX
06/02/2008	19.7	-100.16	16	3.7	29 km al SUROESTE de TEMASCALCINGO, MEX
03/05/2009	19.28	-98.82	17	3.2	2 km al ESTE de S MARTIN CUAUTLALPAN, MEX
04/07/2009	18.66	-99.99	20	3.5	32 km al SURESTE de TEJUPILCO, MEX
14/07/2009	19.83	-99.14	13	3.6	2 km al NORESTE de S JUAN ZITLALTEPEC, MEX
01/11/2009	18.98	-98.77	10	3.7	7 km al SURESTE de OZUMBA, MEX
05/03/2010	19.18	-98.89	5	3	6 km al SURESTE de S MATEO HUITZILZINGO, MEX
28/06/2010	19.44	-98.82	14	3.5	5 km al ESTE de S MIGUEL COATLINCHAN, MEX
05/07/2010	19.2	-98.94	10	3.7	3 km al SUROESTE de S MATEO HUITZILZINGO, MEX
05/07/2010	19.27	-98.88	9	3.2	2 km al NORESTE de CHALCO, MEX
11/07/2010	19.91	-99.94	16	3.6	6 km al ESTE de TEMASCALCINGO, MEX
06/04/2011	18.7	-100.4	16	3.6	34 km al SUROESTE de TEJUPILCO, MEX
05/09/2011	19.18	-98.75	16	3.1	4 km al SUR de SAN RAFAEL, MEX
19/09/2011	19.17	-98.62	2	3.7	15 km al SURESTE de SAN RAFAEL, MEX
10/12/2011	19.08	-98.79	9	3.2	5 km al NORTE de OZUMBA, MEX
31/12/2011	19.36	-98.77	4	3.1	9 km al ESTE de S FRANCISCO ACUAUTLA, MEX
05/01/2012	19.09	-98.71	1	3.2	7 km al SURESTE de AMECAMECA, MEX

Fecha	Latitud	Longitud	Prof.(km)	Mag.	Zona
14/04/2012	19.07	-98.68	2	3.6	11 km al SURESTE de AMECAMECA, MEX
17/04/2012	19.39	-99.28	7	2.4	1 km al SUROESTE de NAUCALPAN DE JUAREZ, MEX
25/06/2012	19.4	-99.03	3	3.4	4 km al OESTE de CD NEZAHUALCOYOTL, MEX
08/07/2012	19.25	-98.82	14	3.4	3 km al SURESTE de S MARTIN CUAUTLALPAN, MEX
08/07/2012	19.32	-98.96	2	3.5	3 km al NOROESTE de XICO, MEX
09/07/2012	19.23	-98.93	5	3.5	1 km al NOROESTE de S MATEO HUITZILZINGO, MEX
14/07/2012	19.27	-98.86	6	3.5	2 km al OESTE de S MARTIN CUAUTLALPAN, MEX
14/07/2012	19.28	-98.89	3	3.4	2 km al NORESTE de CHALCO, MEX
15/07/2012	19.23	-98.86	2	3.4	5 km al SURESTE de CHALCO, MEX
10/01/2013	19.11	-98.73	4	3.9	4 km al SURESTE de AMECAMECA, MEX
03/02/2013	19.04	-98.7	5	3.2	10 km al ESTE de OZUMBA, MEX
25/03/2013	19	-98.67	7	3.8	14 km al SURESTE de OZUMBA, MEX
06/05/2013	19.01	-98.61	3	3.4	19 km al ESTE de OZUMBA, MEX
23/06/2013	19.46	-98.89	5	3.4	3 km al NOROESTE de S MIGUEL COATLINCHAN, MEX
25/06/2013	19	-98.65	1	3.6	16 km al ESTE de OZUMBA, MEX
11/08/2013	19.78	-98.94	10	3.1	3 km al NORESTE de STA MARIA AJOLOAPAN, MEX

Elaboración propia con base en Servicio Sismológico Nacional, 2013

Figura 26. Mapa de epicentros sísmicos ocurridos de 2006 a agosto del 2012 en el Estado de México.



Elaboración propia con base en SSN, 2013

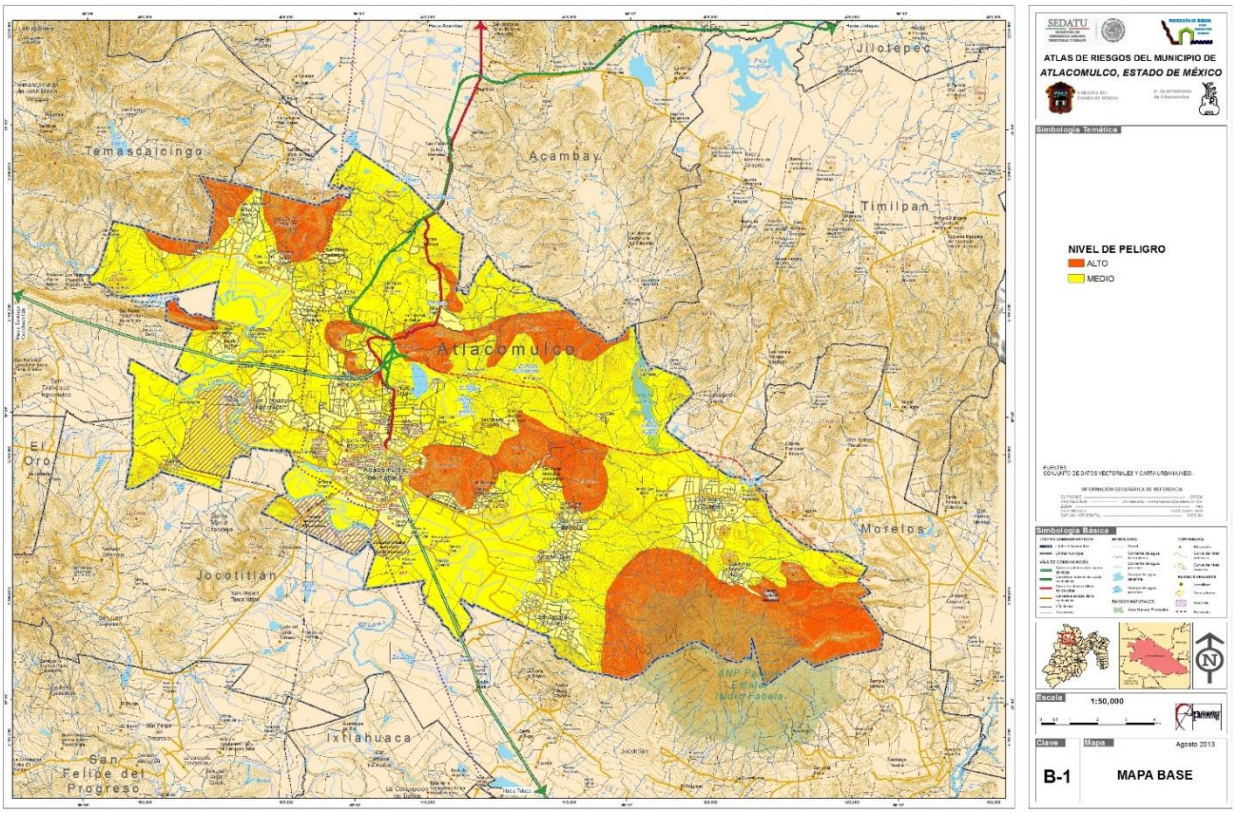
Para la determinación del peligro sísmico no solo es importante la ocurrencia y cercanía del movimiento tectónico, sino además el comportamiento de los materiales como la litología y la edafología, cuando la onda sísmica viaja en ellos. Los posibles efectos de sitio producidos por la competencia de los 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, mismas que a su vez tendrían la capacidad de acelerar el movimiento de 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 endebles y si a las casas con daños a un eminente peligro de colapso.

De acuerdo con lo anterior, el Municipio fue dividido en 2 zonas de peligro sísmico (Figura 27); la peligrosidad sísmica media, se presentan en áreas con pendiente baja como lomeríos y planicies, donde los factores de influencia tales como la cercanía a los epicentros y aquella constituida por materiales poco competentes, es decir, la planicie donde se ubica un suelo de tipo Planosol y Luvisol que son poco profundos y provocan mayor afectación por movimientos telúricos, debido que puede presentar procesos de licuefacción provocando el colapso de las construcciones. La peligrosidad sísmica Alta se localiza en la zona de Montañas y lomeríos altos, constituida por material volcánico con bloques de roca, en el que éste sería el detonador que pudiera provocar el desencadenar procesos como los de remoción en masa.

Figura 27. Mapa de peligros sísmicos



Elaboración propia con base en información de INEGI

Fallas y fracturas

Una dislocación en la superficie se debe a 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 reacomodo 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 Atlacomulco, Estado de México, ubicado en el cinturón volcánico transmexicano, está constituido por una serie de litologías y estructuras con edades terciarias y cuaternarias. Asimismo, se encuentra en la intersección de los sistemas de fallas activas Taxco-Querétaro con dirección NNW-SSE y longitud de 250 km; y Acambay-Morelia con dirección E-W y que delimitan el graben de Acambay. Lo cual está relacionado a la formación y evolución del edificio principal, domos volcánicos y estructuras del área de estudio (Salinas y López-Blanco 2010. Figura 28). Esta región se puede considerar de forma general con alto peligro.

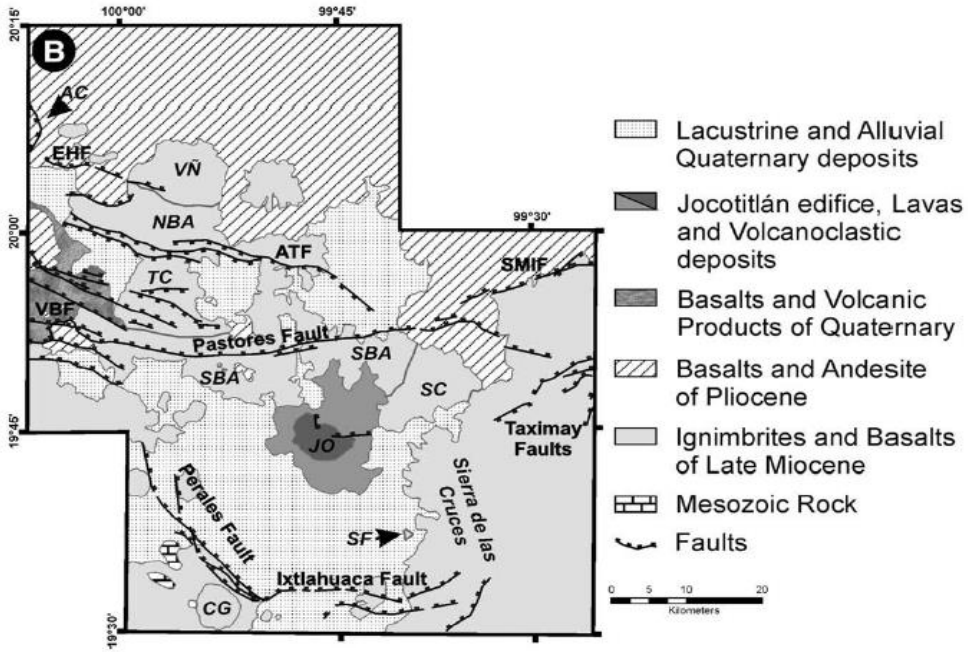


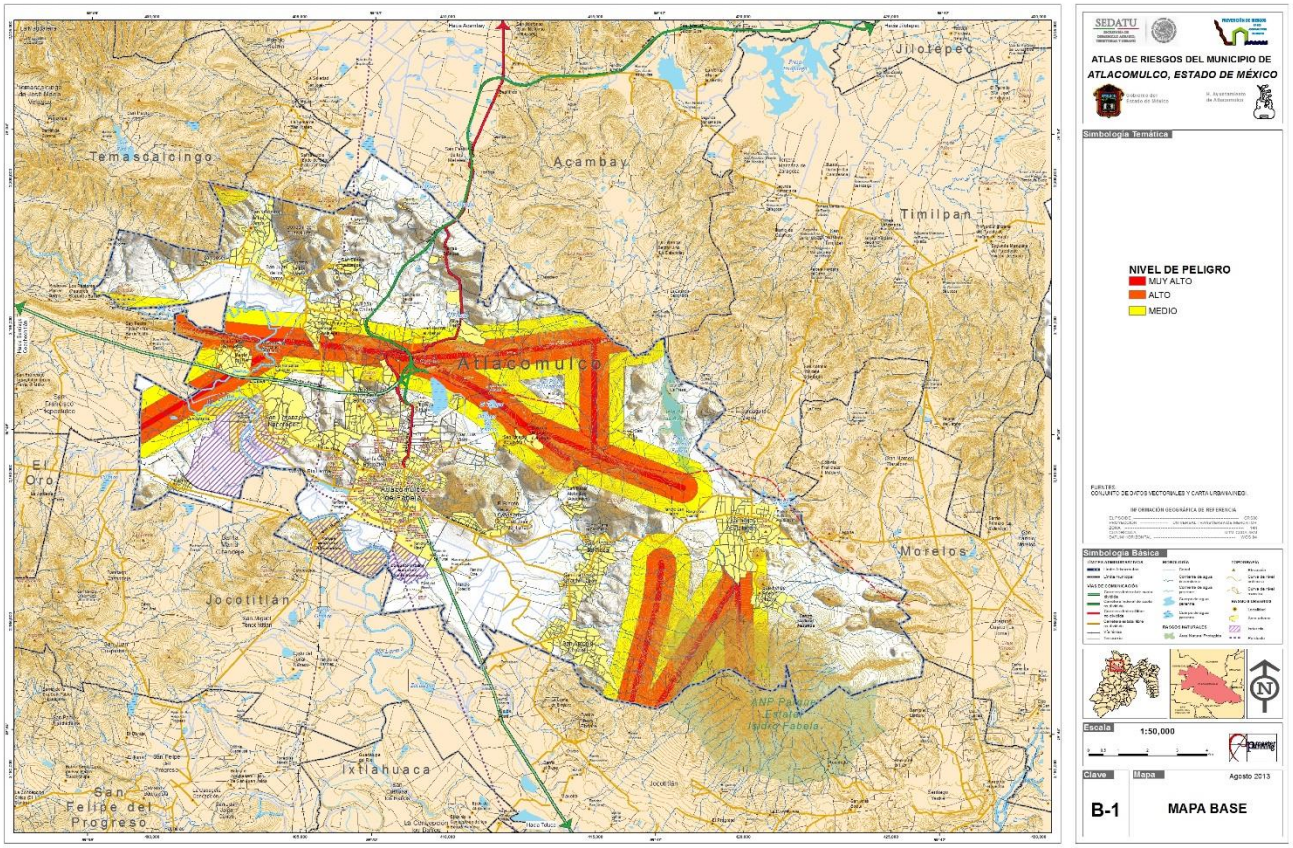
Figura 28. Muestra la tectónica regional y geodinámica (tomado de Salinas y López-Blanco 2010)

Como se puede apreciar en la figura anterior, el territorio del Municipio se ve afectado por una red de fallas y fracturas sobre todo en las áreas montañosas. Para la elaboración del mapa, se utilizaron dos variables morfológicas que permitieron reconocer ciertos lineamientos en el Municipio, ayudados por una imagen raster proveniente de un GIS bajo el método de interpolación de líneas continuas que describen la topografía en una superficie de sombras donde se infieren lineamientos dependiendo la posición de la luz y puntos observados; también en campo 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. La ausencia de actividad sísmica relacionada con estas fallas hace que la peligrosidad de las mismas, pueda considerarse baja.

El Mapa de Fallas fue aplicado de acuerdo a la metodología SEDESOL- COREMI, 2004, en donde se calcularon distancias de 100, 500 y 1000 metros (Figura 29). El Municipio de Atlacomulco, Estado de México se asienta en una región con alto peligro por la presencia de diversas fallas, esto debido al vulcanismo el cual puede reactivar las fallas y generar diferentes procesos como los antes mencionados.

Las fallas con peligro MUY ALTO pasan por el poblado Rancho Las Animas, la carretera del arco norte y Santiago Acutzilapan en la zona del volcán Jocotitlán. Asimismo, las brechas, veredas, caminos y carreteras colindantes con el Arco Norte son de peligro ALTO y MEDIO debido a la falla de Acambay que cruza esta área, los poblados de Dolores La Joya, Santo Domingo Shomeje y Manto del Río. Así mismo, abarcan mayor superficie como el caso de Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo y parte de San Antonio Enchisi.

Figura 29. Mapa de peligros por Fallas



Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.3. Tsunamis

El término japonés tsunami se usa internacionalmente para designar a la secuencia de olas que se generan generalmente por sismos, aunque también puede ser ocasionados 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).Las olas generada por estos fenómenos pueden arribar con gran altura a la línea de costa, además de penetrar varios kilómetros tierra adentro, con efectos destructivos traducidos en pérdida de vidas y daños materiales (CENAPRED, 2005).

Como se mencionó antes la gran mayoría de los Tsunamis son generaros por la actividad sísmica en el océano causado inicialmente por una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano (figura 30), 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). En el transcurso del siglo veinte, éste ha 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 fenómenos. 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 al as autoridades nacionales en la cuenca del Pacífico. Existen algunos países que también operan Centros Regionales o Nacionales de Alarma de Tsunami (SHOAC, 2005).

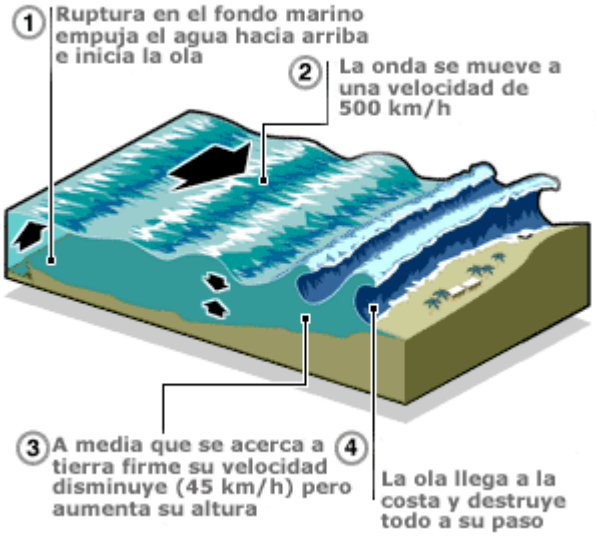
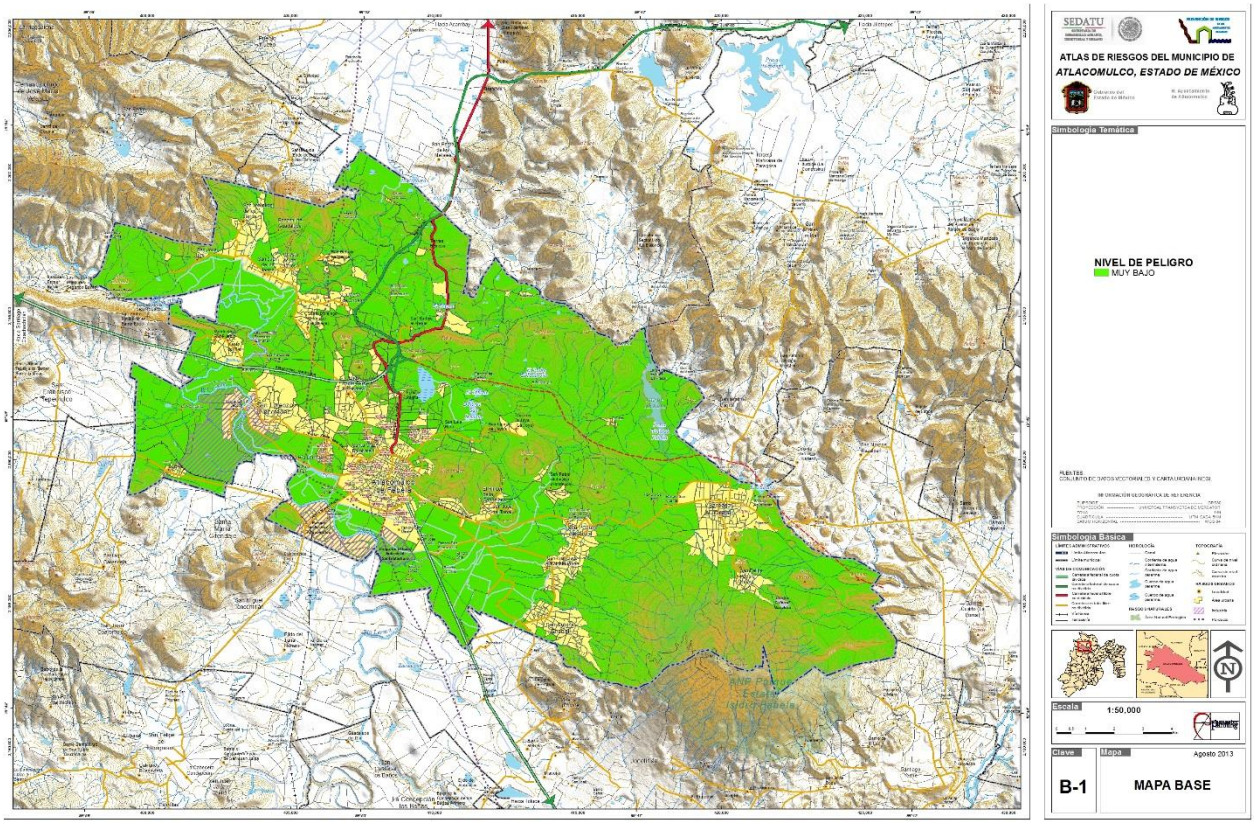


Figura 30. En la figura se ilustra cómo se genera un tsunami a partir de un sismo (Fuente: http://www.portalciencia.net/geoloter2004.html)

En México se tiene registro histórico de este fenómeno, como 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; 3) septiembre de 1985, Lázaro Cárdenas (Michoacán) e Ixtapa-Zihuatanejo (Guerrero), con olas de 3 metros de altura, y 4) 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 y solo una víctima. Por lo tanto 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.

Respecto al Municipio de Atlacomulco, este se encuentra a aproximadamente 300 km de ambas costas, además de encontrarse entre barreras montañosas de hasta 4500 msnm. Con esto se hace imposible la sucesión de mencionado fenómeno que es considerado como MUY BAJO O NULO (figura 31).

Figura 31. Mapa de peligros por Tsunamis.



Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.4. 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.

En términos del marco conceptual, para la metodología serán utilizadas las siguientes definiciones y clasificaciones como referencia general. De acuerdo a 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 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, esta puede ser mitigada

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.

Por lo tanto un deslizamiento existe cuando ocurre el movimiento de una masa de roca o suelo se desliza 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 subdivido 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 los parámetros considerados como críticos para la ocurrencia de deslizamientos y los cuales son:

-Pendiente

-Geología

-Suelo

-Hidrografía

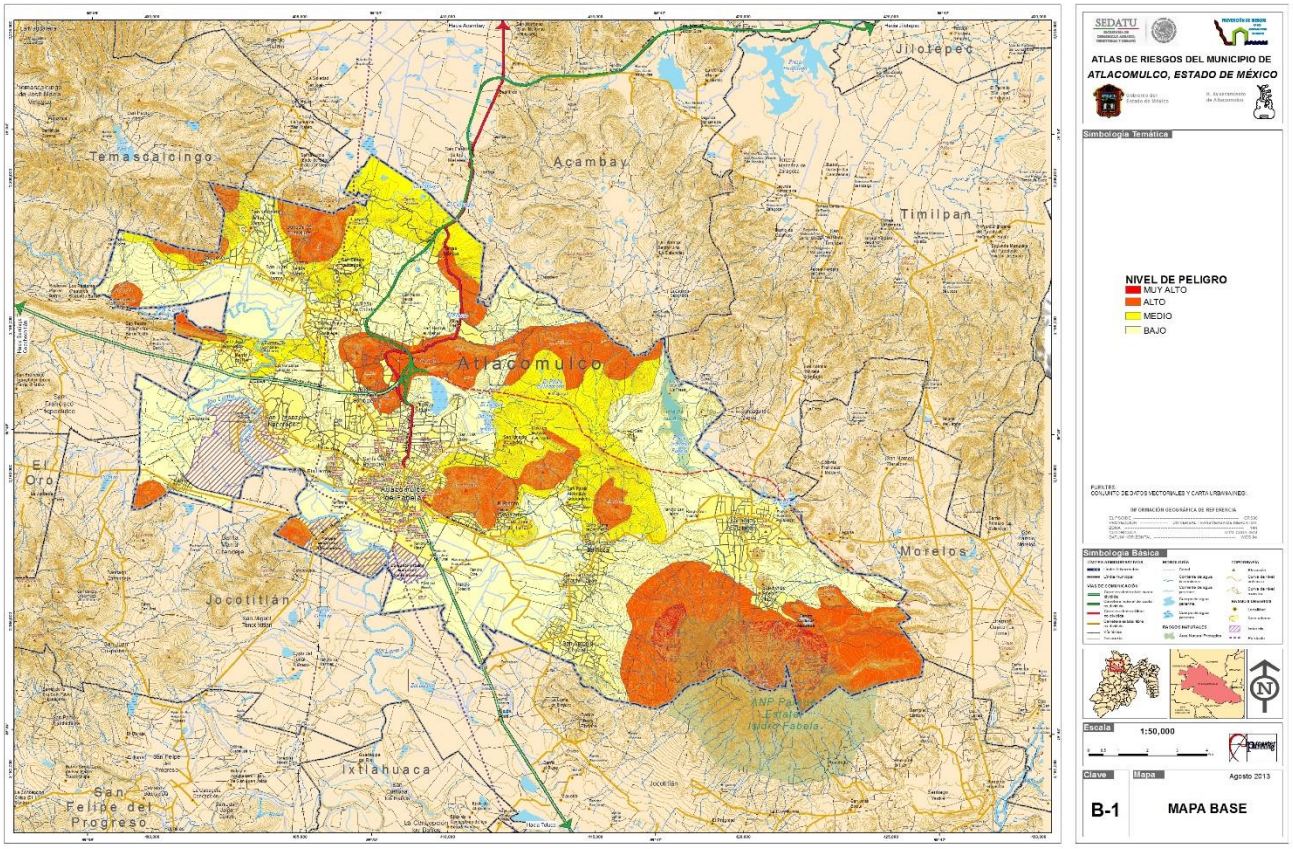
-Precipitación media anual y

-Uso de suelo y vegetación.

A estas variables se les asigna un Peso (representa el grado de importancia para que ocurra tal proceso) y al final se aplica un Análisis MultiCriterio. Con base a este historial fue posible estimar aquellas unidades de roca o suelo más susceptibles al movimiento así como los rangos de pendiente en donde de forma recurrente se puede presentar el proceso.

Con base en el Mapa de Deslizamientos, se identifica que el peligro MUY ALTO por este fenómeno se presenta hacia el sureste y norte del Municipio (figura 32), en la zona del volcán Jocotitlán debido a que es donde se localizan elevaciones los cuales presentan pendientes que superan los 35 grados un alto grado de disección de los ríos y material de tobas intercalación con rocas de lava. Así mismo, las brechas, veredas, caminos y carreteras al norte del Municipio donde se ubica el Arco Norte también son de ALTO peligro debido a la falla de Acambay. Los peligros de tipo MEDIO ya involucran poblaciones de mayor superficie como el caso de Santiago Acutzilapan y Atlacomulco principalmente en la Col. 2 de abril. El resto del Municipio se encuentra dentro de una zona con peligro BAJO. La cabecera municipal, se encuentra en una zona estable de estos últimos peligros, esto se debe principalmente a que la topografía del lugar que está conformada con morfologías de planicies y lomeríos muy bajos.

Figura 32. Mapa de peligro por Deslizamientos



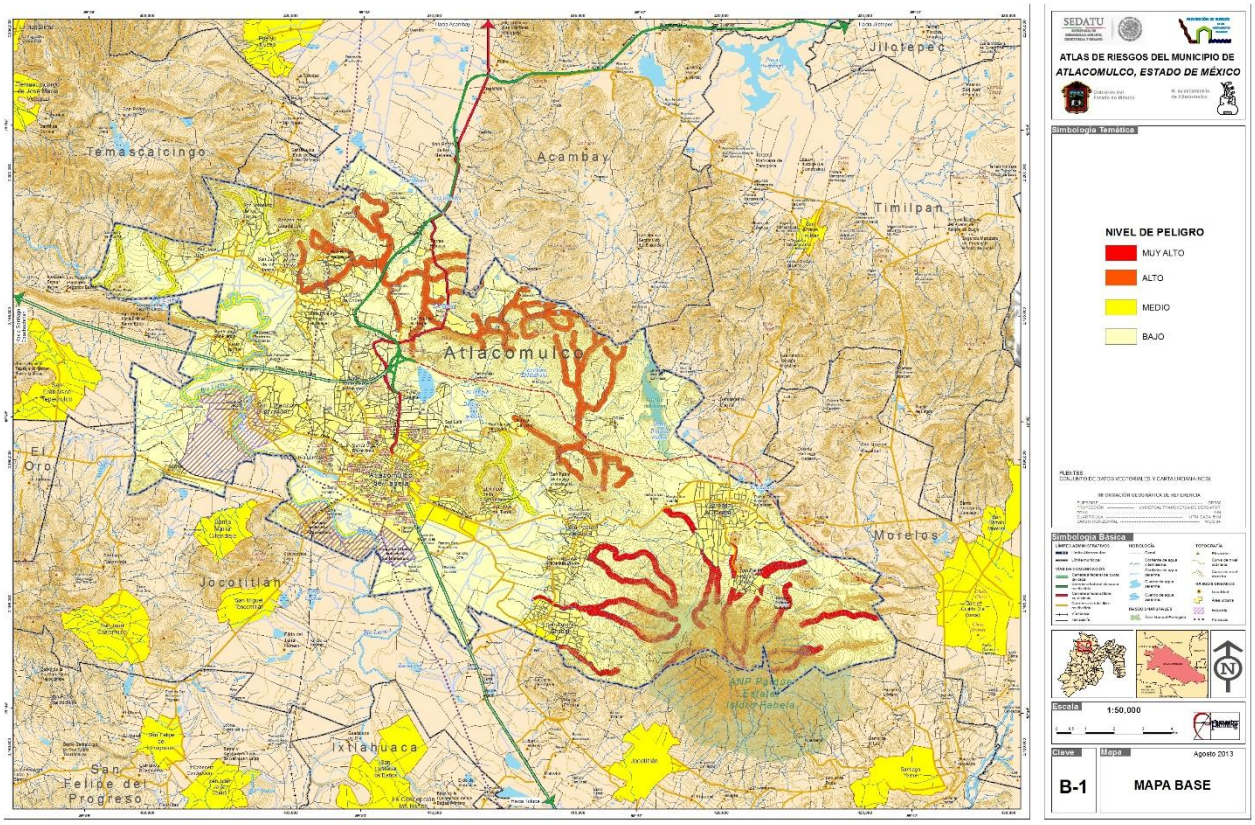
Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.5. Flujos

Los flujos son procesos que presentan mayor velocidad de ocurrencia dentro de la gama de remoción en masa; consisten en agua con elevadas concentraciones de materiales detríticos que se mueven hacia los valles con velocidades que pueden alcanzar hasta 80 km/hora. El material acarreado tiene una granulometría variable que van desde grandes rocas hasta materiales en suspensión. Este fenómeno se incrementa debido a precipitaciones intensas que provocan mayor escorrentía por las pendientes esto determinado por la capacidad erosiva del terreno.

Los flujos con probabilidad de ocurrencia Muy Alta y más peligrosa, se localiza en las paredes de los valles fluviales y laderas altas con pendientes que rebasen los 30 grados de inclinación, donde el acarreo de rocas y detritos generarían grandes flujos y velocidades considerables. El peligro Alto se ubica al norte sobre morfologías las montañas y en el que la densidad de población es baja. Los peligros considerados como Medios se dan en pendientes que van de los 12 a 18 grados y son principalmente en los piedemonte y los Bajos son en las planicies (figura 33).

Figura 33. Mapa de peligro por Flujos



Elaboración propia con base en información de INEGI

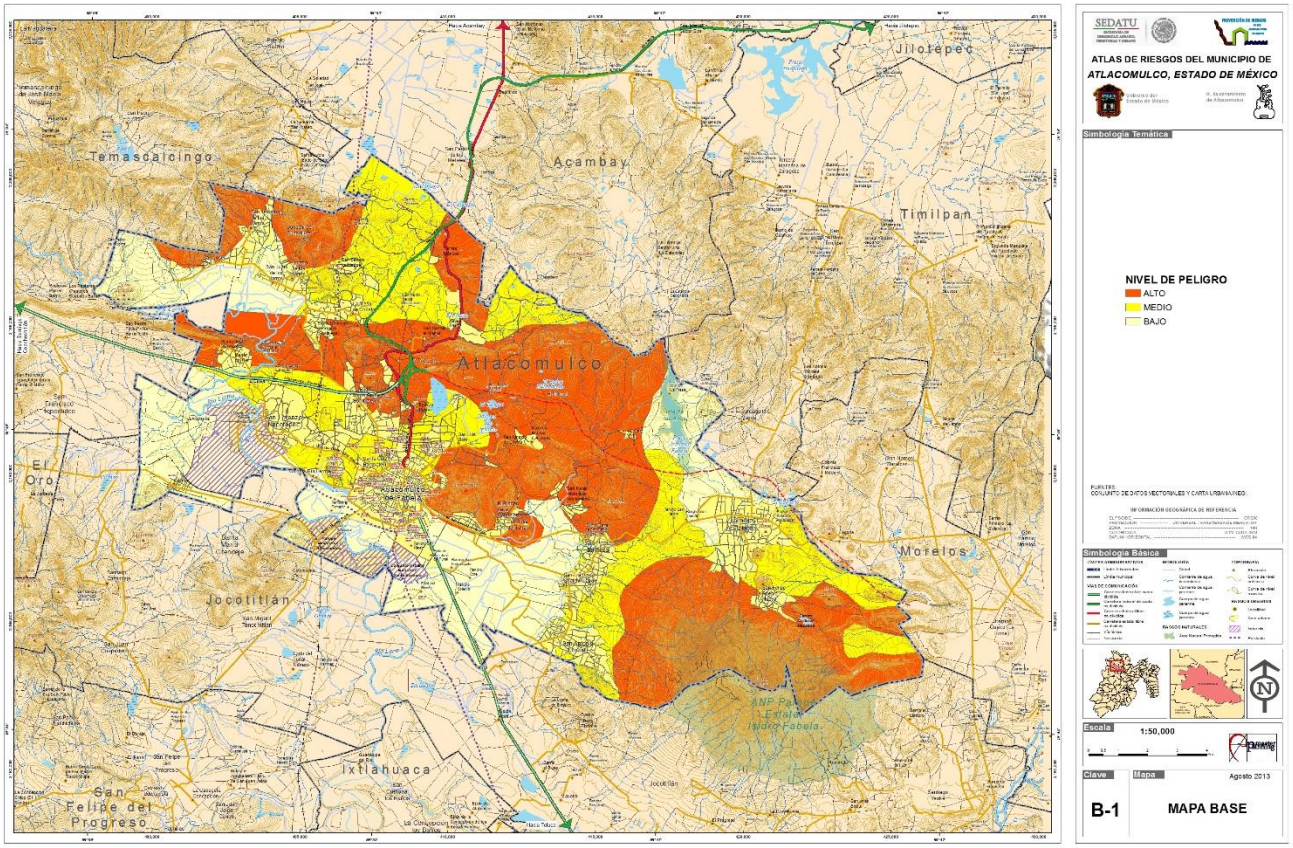
5.2.6. Caídos o Derrumbes

Los derrumbes pueden producirse en distintos ámbitos, en las zonas de montaña se presenta de forma frecuente a causa de factores producidos por las condiciones climático-atmosféricas, siendo los más significativos aquellos relacionados con los procesos de erosión hídrica, ya que debido a la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras en el sustrato de suelo o roca, lo que provoca la pérdida de estabilidad del terreno que al combinarse con pendientes que superen los 15 grados de inclinación, facilita que el material precipite por gravedad. 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 ocurrirían al norte, centro y sureste del área de estudio en la zona montañosa o con grados de pendiente que superan los 40 grados, en el que será un efecto directo de movimientos abruptos como sismos, fallas e inclusive de suelos. Los peligros de tipo ALTO involucran a poblaciones como Santiago Acutzilapan, San Antonio Enchisi y parte de Atlacomulco principalmente en la Col. 2 de abril (Figura 34) donde existe un banco de materiales que ha desestabilizado y ha dejado 2 zonas vulnerables. Los peligros de tipo MEDIO se desarrollan en los lomeríos y piedemontes de las laderas de montaña por la transición de pendiente con las montañas y El resto del Municipio se encuentra dentro de una zona con peligro BAJO (Figura 35).

Figura 34. Banco de materiales que ha desestabilizado 2 laderas de las colonia 2 de abril y pueden generar derrumbes o deslizamientos.

Figura 35. M*apa de peligro por Derrumbes*



Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.7. Hundimientos

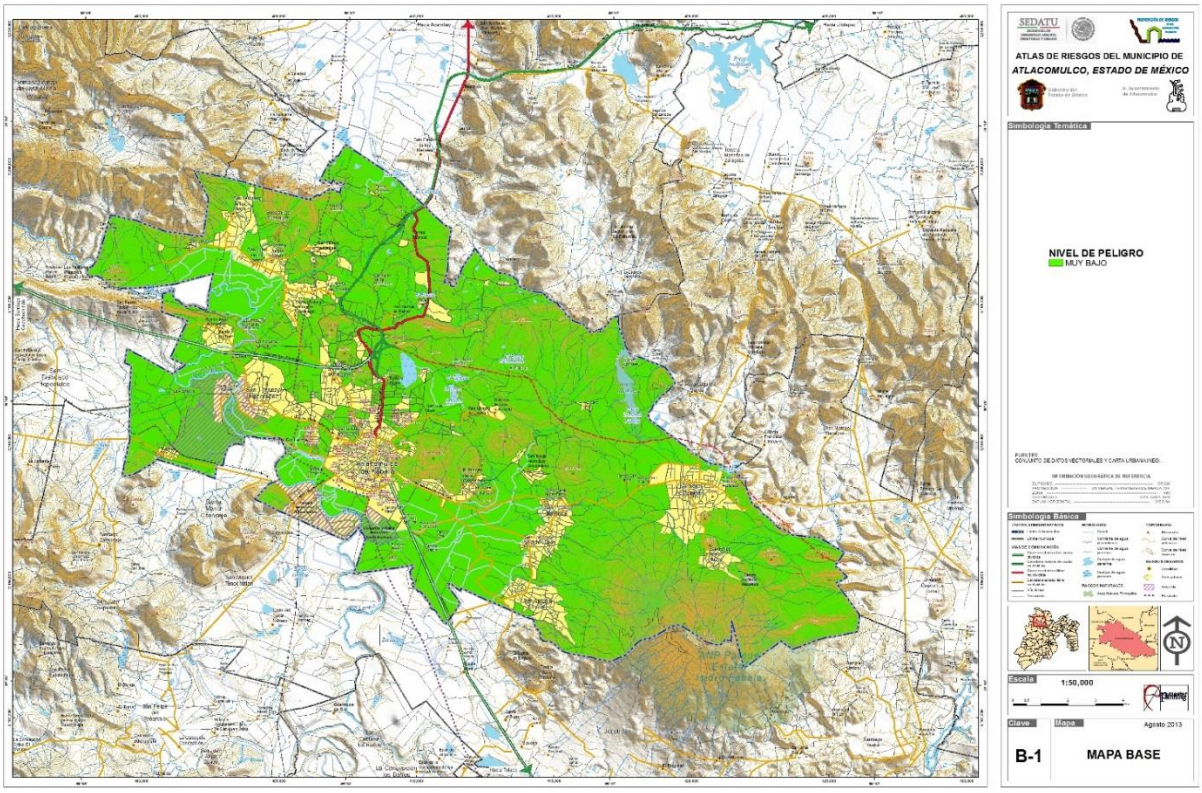
Los hundimientos son movimientos verticales del suelo, por acción de la gravedad, debido a la falta de sustentación. Existen diferentes tipos de hundimientos como por efecto de disolución, derrumbes de techos de cavernas naturales o minas subterráneas en terreno poco consolidado, así como hundimientos originados por la compactación del terreno o reacomodo del suelo y 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 a su 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.

Con base a lo antes mencionado, para la determinación de las zonas de subsidencia o colapsos potenciales dentro del Municipio de Atlacomulco, 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, siendo cada una de estas una variable y/o factor de probabilidad de ocurrencia de hundimientos dentro del análisis espacial de áreas potenciales.

Sin embargo, hasta el momento no se tienen registros de sucesos por hundimientos. Pero en el caso de que los niveles freáticos disminuyan de manera extraordinaria, el peligro de subsidencia podría pasar a un nivel medio. La zona de montaña y premontaña al interior del Municipio, no puede presentar este fenómeno, debido a que no existe karstificación, ni valles lacustres, por lo tanto el peligro es MUY BAJO (Figura 36).

Figura 36. Mapa de Peligro por Hundimientos



Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.8. Subsidencia

La subsidencia del terreno es fenómeno natural, o inducido, que implica el asentamiento de la superficie en un área extensa debido a varios factores causando importantes daños económicos y una alarma social. Entre los principales causantes se encuentra la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o mineras, erosión del terreno en profundidad, 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).

Tipos de subsidencia

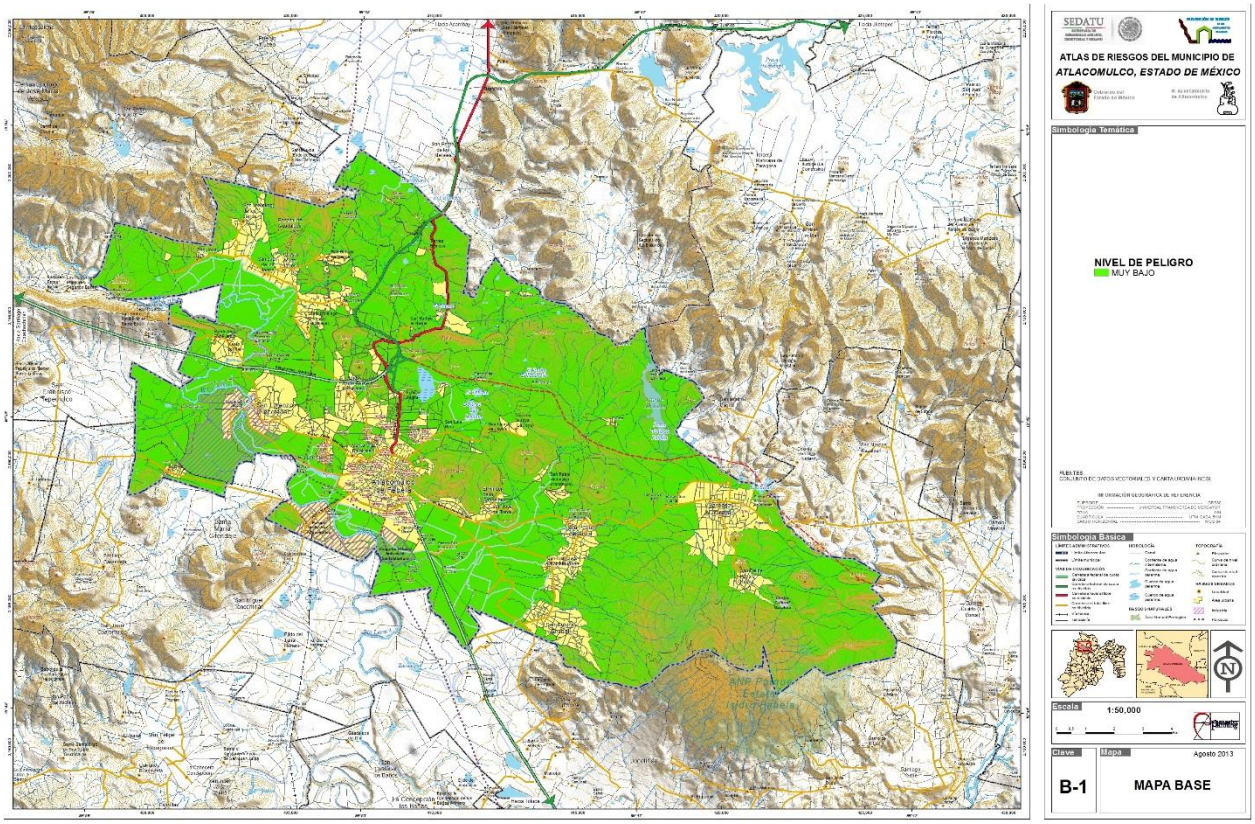
La subsidencia del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación. Esta puede ser de dos tipos según su origen: endógena y exógena, así como por los mecanismos que la desencadena (Prokopovich, 1979; Scott, 1979; en Tomas, et al., 2009).La 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).La subsidencia de tipo endógena está ligada a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc.

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, procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos(González Vallejo et al., 2002; en Tomas, et al., 2009).

Actualmente 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), no se incluye en los programas urgentes de ayuda social. 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 Atlacomulco este fenómeno es considerado como MUY BAJO, debido al basamento mayormente compuesto de toba basáltica y otros depósitos volcánicos (figura 37).

Figura 37. Mapa de Peligro por Subsidencia.



Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.9. Agrietamientos

Las grietas son aberturas largas y estrechas, causadas por la separación de dos materiales de la misma o diferente composición. Las grietas, a su vez, pueden estar relacionadas con las fallas y fracturas, así como a los procesos de remoción en masa y condiciones climático-atmosféricas. 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. 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 tantas tensiones ambientales significativas y proporcionar importantes claves acerca de la degradación de paisajes y ecosistemas.

Los cambios climáticos y atmosfericos, como ya se ha mencionado, 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 factores que contribuyen a la estabilidad de una ladera o formal del relieve, y los cuales se describen a continuacion:

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 a 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, acumulación de 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 vibraciones por 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 tremores subterráneos.

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 de cangilón 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

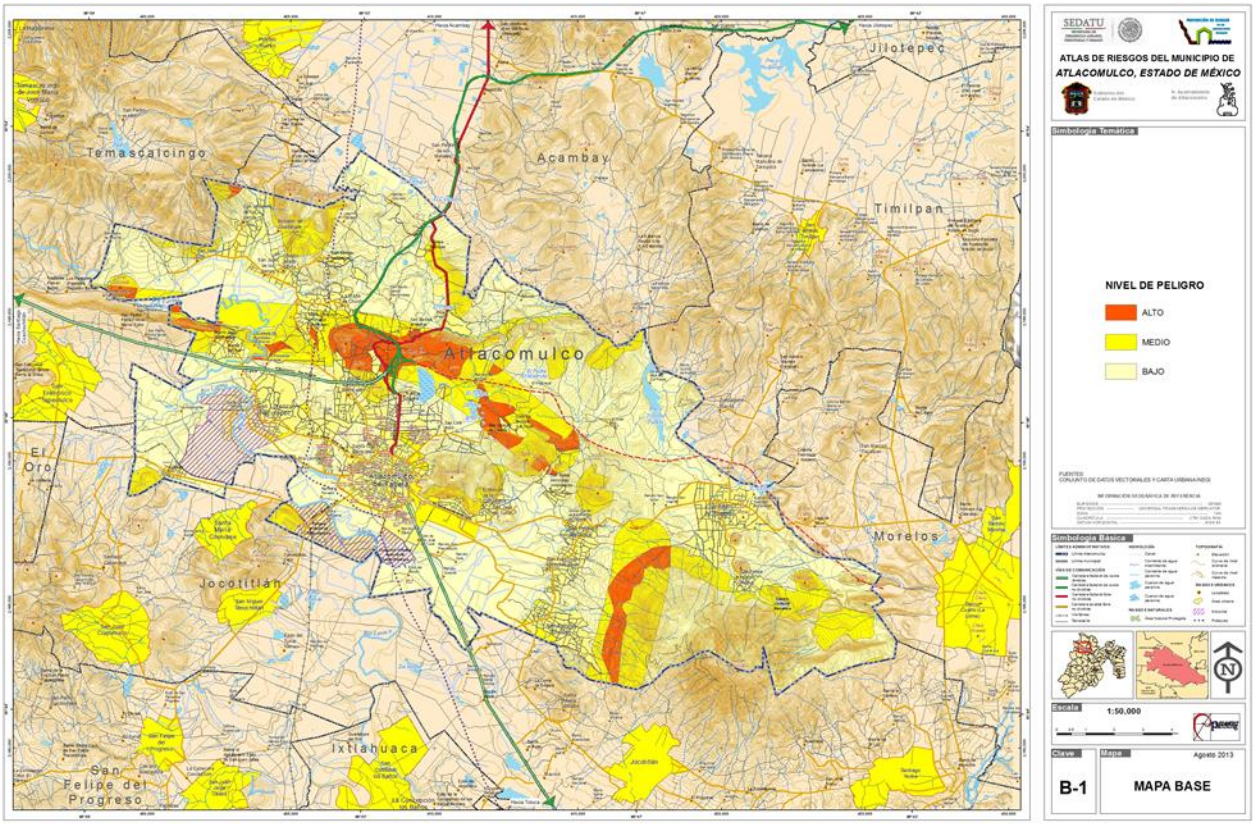
La extensión superficial de los deslizamientos en grandes áreas es determinada más efectivamente usando fotos o imágenes de satélite. Las primeras representan una buena opción para la identificación de procesos debido a su relativo bajo costo y media-alta resolución. Las imágenes de satélite gratuitas, 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 y de fallas. 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 promedio. En la actualidad se encuentras 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, pero también cabe destacar que muchas de estas se encuentran por debajo de la cobertura vegetal y ni siempre son bien vistas.

Identificación de grietas en el Municipio de Atlacomulco

Como se ha leído la identificación de grietas sobre la superficie se puede realizar de diferentes formas que varían desde la simple medición con métodos tradicionales (cinta métrica, brújula, estadales y/o GPS), hasta sofisticados instrumentos de costo elevados y de muchas horas de trabajo.

En la figura 38 se presenta el mapa en donde se localizan las zonas con mayor probabilidad de presentar grietas, considerando para su elaboración, ALTO cerca de las fallas y fracturas geológicas, y MEDIO Y BAJO por uso de suelo y deslizamientos.

Figura 38. Mapa de Peligro por Grietas.



Elaboración propia con base en información de INEGI

5.2.10. Erosión

La erosión es un fenómeno natural causante de la pérdida gradual de terreno el cual, básicamente, se define como el proceso de desprendimiento y remoción de partículas de suelo por acción del agua y del viento. Este proceso natural es acelerado por la intervención de ser humano como lo son las actividades agrícolas y desarrollo urbano.

En la erosión la acción del agua es el agente más importante y se presenta de forma pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo, vencen la resistencia o cohesión de las partículas del suelo generándose el proceso de erosión. 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).

Anterior al efecto del agua, las condiciones climáticas y meteorológicas, preparan el material parental, además de 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).

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 (CO_2) 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).

En México, el 97% de los suelos tienen algún grado de erosión, por fenómenos como la deforestación, la agricultura intensiva o la urbanización, entre otros (Ríos, 2012). De igual manera la erosión es un problema ambiental de grandes magnitudes y escalas 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, actualmente, la implementación de metodologías para predecir la pérdida de suelo por erosión en México no ha sido muy extensa, así como la conservación del mismo (Ríos, 2012).

De igual manera este es el caso del Municipio de Atlacomulco el cual no queda exento de este fenómeno. Y en el cual se ha optado por la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE), con el fin de detectar las áreas con mayor intensidad de erosión. La ecuación RUSLE es un modelo empírico simple desarrollado por Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, basado en el análisis de regresión de las razones de pérdida de suelo a partir de gráficas de erosión. Este modelo sirve para estimar las tasas de erosión anual a largo plazo (Ríos, 2012).

La RUSLE 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:

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

En donde:

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

R= Factor de erosividad de la lluvia

K= Factor de erosionabilidad del suelo

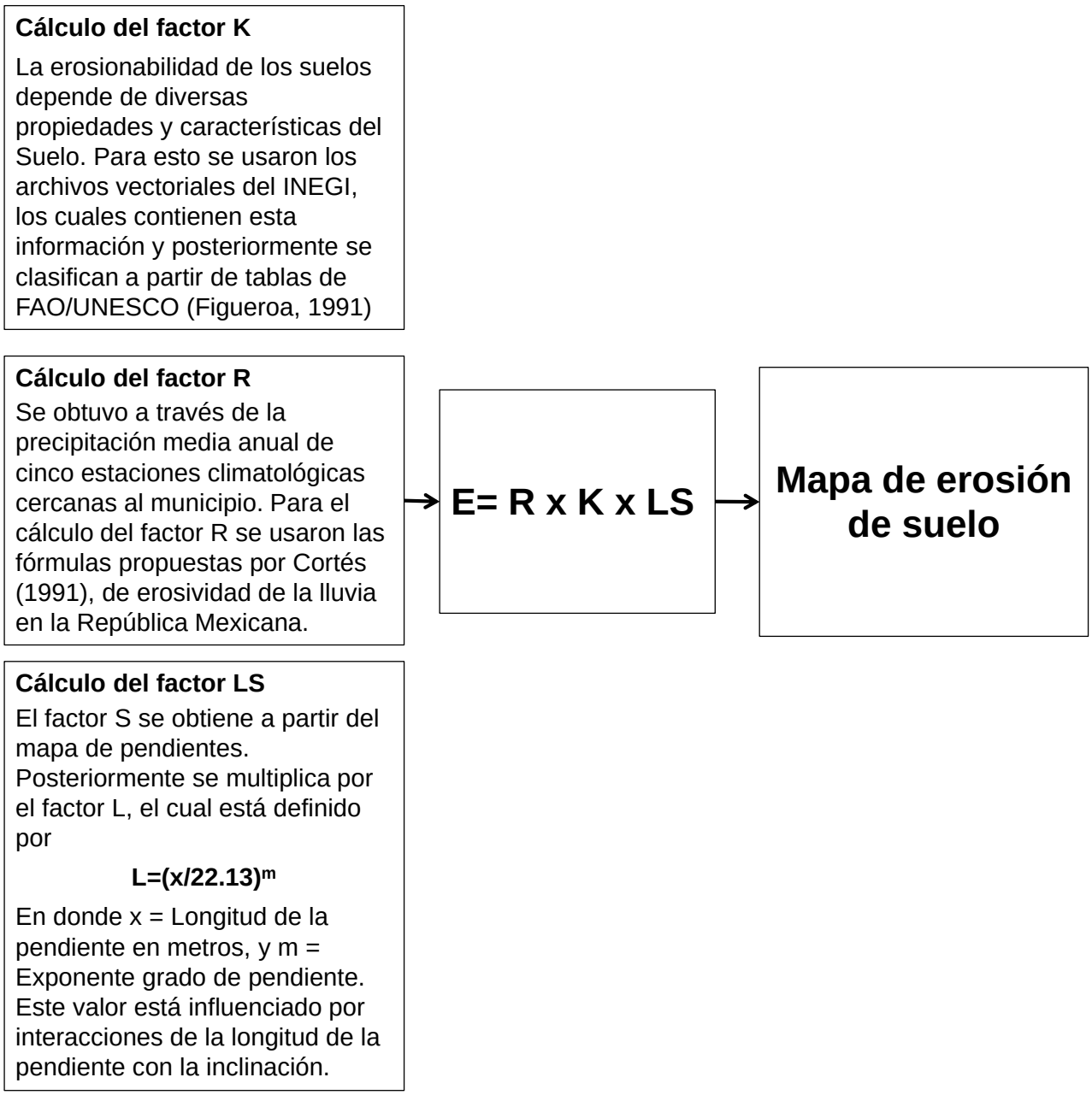
LS= Factor de longitud y grado de pendiente

C= Factor de cultivo o cobertura vegetal

P= Factor de prácticas mecánicas

Debido a que la información disponible para los factores C y P dentro del Municipio de Atlacomulco 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. En la figura 39 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, generado a partir de los datos vectoriales del Municipio.

Figura 39. Diagrama de flujo para la elaboración del mapa de erosión de suelo del Municipio de Atlacomulco.

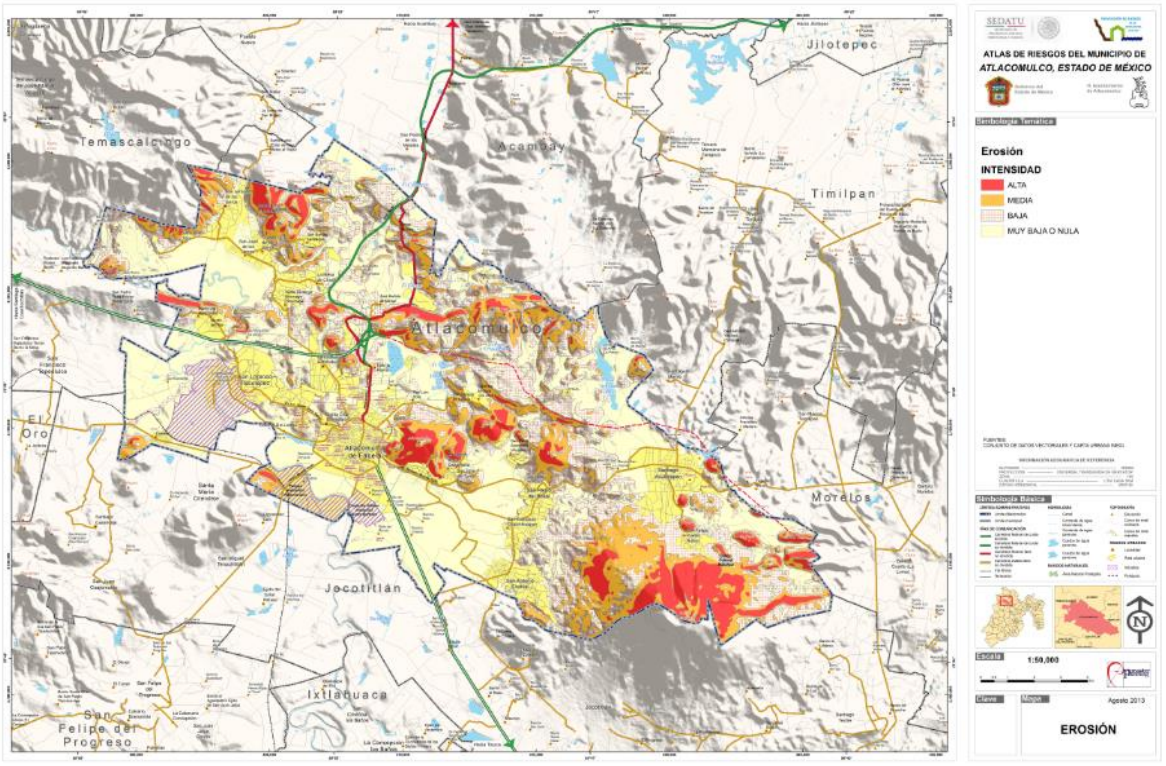


En cifras, de las aprox. 25752.922 hectáreas que conforman el Municipio, 1933 ha, tienen una intensidad ALTA de erosión; 3611 ha, se considerad con un nivel de intensidad MEDIO; De nivel de intensidad bajo corresponde a 7624 ha; Y finalmente 12 583 ha. Del Municipio se consideran con un nivel BAJO y MUY BAJO de erosión.

Como podemos apreciar, numéricamente la intensidad que impera es MUY BAJA y en último lugar de intensidad a la ALTA. Esto no quiere decir que el Municipio se encuentre fuera de este peligro ya que las porciones más elevadas del mismo, están asociadas a niveles altos y medios de erosión, aceleradas por las actividades antrópicas. A manera de conclusión, y hablando conjuntamente del territorio que conforma el

Municipio, la erosión de las zonas altas y medias (como ya se ha mencionado) ha aportado gran cantidad de sedimentos los cuales se depositan en las zonas bajas o planas del Municipio. Es por esto que es de vital importancia el cuidado y monitoreo de las actividades antrópicas que no aceleren este proceso natural (figura 40).

Figura 40. Mapa de Peligro por Erosión.



Elaboración propia con base en información de INEGI

En la figura 41, se muestra un ejemplo de erosión por efecto de actividad antrópica en el cerro de la Campana.

Figura 41. En este banco de material se pone a disposición gran cantidad de suelo para su remoción por efecto del viento o escorrentía de aguas pluviales. Dentro del mismo cerro se pueden encontrar cárcavas naturales de gran desarrollo, pero aceleradas por procesos como la deforestación.

5.2.11. Riesgos, vulnerabilidad y medidas preventivas

Mapa de Riesgo de fenómenos geológicos-geomorfológicos

El análisis de riesgo que se presenta el Municipio de Atlacomulco 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 Atlacomulco.

$$MR = MP \times MV$$

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 atmosfera.

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 y tomando 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 Atlacomulco se construye en tres fases descritas a continuación:

Fase I Cálculo del índice de vulnerabilidad social (VS)

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 3. Para el caso de aplicación, aquellas localidades que se encuentran con el valor más alto (3), 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 tres 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 Atlacomulco (sismos, tsunamis, hundimientos, procesos de remoción en masa como 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” 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 deslizamientos, derrumbes y flujos.

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, mismas que fueron marcadas como superficies específicas de ocurrencia de fenómenos determinados.

Fase III Mapa de riesgos geológicos

Las ciudades 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 son necesarias las variables de peligros y vulnerabilidad, por lo tanto con el índice de vulnerabilidad social y el mapa de peligros por deslizamientos y derrumbes a nivel urbano del Municipio se pudieron detectar las áreas en donde convergen una mayor cantidad de fenómenos potencialmente peligrosos.

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 (cuadro 24). 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 24. Clasificación de riesgo de acuerdo a los valores de vulnerabilidad y peligros encontrados en la Ciudad de Atlacomulco, 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

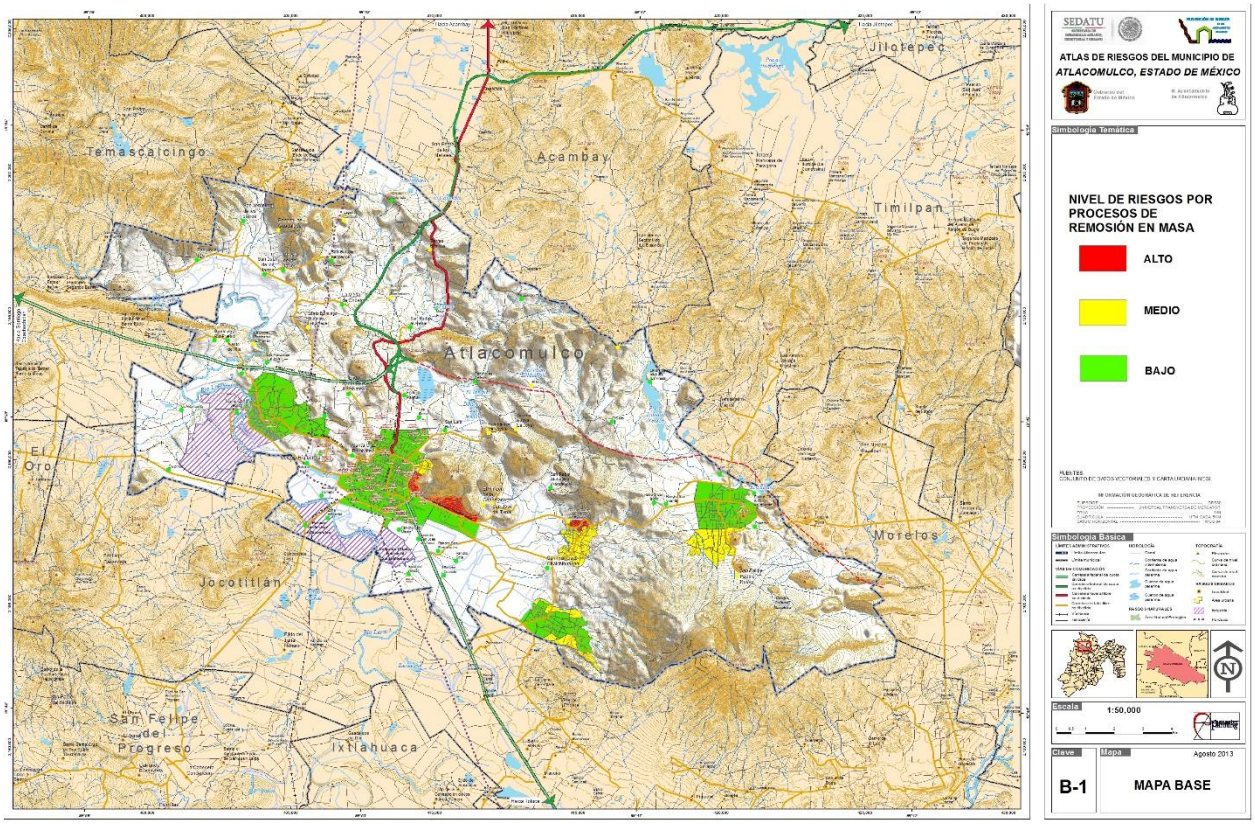
El Riesgo se debe a la convergencia de fenómenos por deslizamientos, derrumbes y flujos, por ellos se han identificado en el mapa de la figura 42, donde existen áreas con peligrosidad Media y que tienen un tipo de vulnerabilidad muy alta por lo tanto el riesgo es clasificado como Alto, en la Col. 2 de Abril con un total de 703 habitantes en riesgo y Quinto Cuartel de San Pedro del Rosal con 378 habitantes.

Los peligros de tipo Medio y vulnerabilidad Media dan un riesgo Medio, áreas urbanas como en las partes bajas de San Pedro del Rosal (873 habitantes) y las partes altas de San Felipe Pueblo Nuevo (1,366 habitantes), se encuentran dentro de este tipo de riesgo. El riesgo Bajo lo constituyen las planicies donde se asienta la cabecera municipal de Atlacomulco, San Lorenzo Tlacotepec, así como las partes altas de San Antonio Enchisi y las partes bajas de Santiago Acutzilapan. Además de poblados menores que se alistan en el cuadro 25. El resto de las poblaciones son de riesgo Bajo pues se localizan en las planicies y lejos de procesos de ladera.

Cuadro 25. Localidades con Riesgo Medio y Bajo.

Riesgo Medio	
Bobashi de Guadalupe	Quinto Cuartel de San Pedro del Rosal
Dolores la Joya (La Joya)	San Felipe Pueblo Nuevo
El Cielito	San Ignacio de Loyola
El Magueyal	San José del Tunal
El Rincón de la Candelaria	San Martín de los Manantiales
La Loma Ejido Bombatevi (El Manto)	Santo Domingo Shomeje (Shomeje)
Lagunita Cantashí	Tierras Blancas
Riesgo Bajo	
Bombatevi Ejido (Ejido Santa Cruz Bombatevi)	Maye el Fresno
Cerrito Colorado	Puenroo
Chosto de los Jarros	Rancho Cote
Colonia Río Lerma (Tic Ti)	Rancho Cotecito
Cuartel Quinta Sección el Puente	Rancho la Querencia (Rancho el Porvenir)
Cuendo	Rancho las Ánimas
Diximoxi	Rancho San Francisquito
Ejido Boro	Rancho San Isidro
Ejido de San José del Tunal	Rancho San Martín
Ejido del Rincón (Ejido de la Candelaria)	Rancho San Vicente
Ejido el Calvario Santiago Acutzilapan	Rancho Tic Ti
Ejido la Palma (La Palma)	San Bartolo el Arenal
El Espejel	San Bartolo Lanzados
El Salto	San Francisco Chalchihuapan
La Alcantarilla	San Jerónimo de los Jarros
La Isla de las Aves (La Presa)	San José Toxi
La Mesa de Chosto	San Juan de los Jarros
Las Manzanas (La Joya)	San Luis Boro
Las Tarrias	San Pablo Atotonilco (Atotonilco)
Loma de Chivatí	Santa Cruz Bombatevi
Manto del Río	Zona Industrial
Manto del Río Pueblo	

Figura 42. Mapa de Riesgos por Remoción en Masa.



Elaboración propia con base en información de INEGI

Mitigación

La mitigación o medida preventiva 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 termino mitigación ha sido utilizado para referirse a medidas tomadas con objeto de reducir las pérdidas humanas y materiales, 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.

5.2.10.1. Medidas preventivas generales

- Realizar estudios más profundos sobre la percepción social de los peligros que amenazan al Municipio de Atlacomulco y con base en ellos, aplicar programas de difusión y concientización pública. La aplicación periódica de este tipo de estudios permitirá evaluar el impacto de dichos programas y sugerir mejoras a los mismos.

- Establecer vínculos con universidades o instituciones de investigación que nutran al Municipio en general con trabajos geológicos e hidrometeorológicos para comprender más estos fenómenos.
- Fortalecer la capacidad 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. Así como la mejora de comunicación con radios y antenas repetidoras
- Establecer un sistema de alerta sobre la presencia de los fenómenos Geológicos, que amenazan a las poblaciones urbanas o rurales, 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 la ciudad y localidades rurales.
- Establecer albergues y refugios en lugares estratégicos considerando los mapas de peligros vertidos en este documento.
- Realizar revisiones periódicas de los peligros según lo requiera.

5.2.10.2. Medidas ante riesgos volcánicos

Peligro

La probabilidad de que ocurra un evento volcánico es latente, debido a la presencia del volcán activo Jocotitlán. En caso de erupciones los peligros serian nubes de cenizas, lahares, avalanchas de detritos y flujos piroclásticos. Esto en función de la historia eruptiva a lo largo de su formación donde predominan los depósitos de caída (figura 43) producto de actividad explosiva. 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 algunos poblados del Municipio de Atlacomulco y sus poblados más cercanos al volcán.

Figura 43. Foto A, depósitos de caída de clastos no consolidados y foto B tobas volcánicas.

Vulnerabilidad

Las zonas más vulnerables por productos volcánicos como lahares, avalancha de detritos y flujos piroclásticos, son las márgenes de los ríos hasta las áreas urbanas de Atlacomulco 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 aun peligrosa más allá de 10 y hasta 20 km para viviendas de cualquier tipo de techo, ya que la ceniza con combinación de agua también puede causar colapso de los mismos.

Riesgo

Debido a que los peligros están presentes en el volcán Jocotitlan ya que la zona más vulnerable se encuentra entre las áreas urbanas y los poblados de prácticamente todo el Municipio de Atlacomulco es considerado de riesgo potencial. Por lo tanto la zona de riesgo Muy Alto para este trabajo es considerado el radio de 10 Km a los alrededores del volcán y Alto 20 Km.

Mejorar el conocimiento sobre vulcanismo y el impacto de los mismos

- Hacer o reforzar el vínculo con instituciones encargadas del monitoreo de los volcanes en México, como el CENAPRED o el Servicio Sismológico Nacional. De igual se recomienda el monitoreo de sus sitios web en los cuales se encuentra información y avisos en tiempo real.
- Realizar evaluaciones multi-peligro para detectar posibles efectos detonados por erupciones volcánicas.
- Monitorear y reportar cualquier cambio, o actividad anormal, en el volcán Jocotitlán.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Realizar estudios para determinar los procesos de seguridad con respecto a los volcanes.
- Reubicar a la población asentada en las zonas de alta peligrosidad como los márgenes de los ríos y poblaciones cercanas al cráter del volcán Jocotitlán.

Disminuir la vulnerabilidad

- Mejorar la capacidad de resistencia de los sistemas expuestos, construir albergues para la población asentada en zonas próximas al volcán Jocotitlán. Construir puentes carreteros para no perder la comunicación con poblaciones aisladas.
- 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. Así también se sugiere la elaboración de folletos informativos acerca de los peligros volcánicos del mencionado volcán.
- Comunicar el riesgo a la población que habita en zonas susceptibles de fenómenos volcánicos.

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 y comunicación, en programas para monitoreo y simulación de eventos volcánicos.
- Realizar simulacros frecuentes a nivel multiescala (hogar, edificio público y ciudad), ubicando albergues para este tipo de fenómenos volcánicos.

5.2.10.3. 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.

El Municipio de Atlacomulco está ubicado en el graben de Acambay que presenta un sistema de fallas altamente activas como la Acambay-Morelia, debido a esto se considera como áreas de mayor peligro las regiones de las montañas y las cercanas al volcán Jocotitlán. Así mismo las planicies donde se ubican las áreas urbanas de Atlacomulco el tipo de suelo es muy somero y la litología está constituida por diferentes tipos de rocas de depósito que indican que son bloques y material deleznable que pueden adquirir movimiento y son susceptibles a provocar colapsos y provocar daños por deslizamientos si hay un sismo de gran magnitud.

Vulnerabilidad

Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo son los poblados del Municipio a mayor altura y por lo tanto más cercanos a altas pendientes donde existen desprendimientos y caída de bloques aunado a la existencia de infraestructura precaria como casas de lámina y adobe son altamente vulnerables. Las carreteras se ubican o atraviesan por fallas activas como el Arco Norte donde el peligro es clasificado como medio, sin embargo, son vulnerables a sufrir daños materiales, por la actividad de las fallas.

Riesgo

Se puede deducir que Riesgo Medio como tal es dado para toda la planicie y los lomeríos. Es por esto que las zonas de mayor riesgo debido a la magnitud de los sismos y su ubicación son principalmente las zonas de montaña donde las afectaciones serian principalmente a las vías de comunicación y Santiago Acutzilapan en las faldas del volcán Jocotitlán se puede considerar de un riesgo Alto debido a la vulnerabilidad de sus construcciones.

Mejorar el conocimiento sobre sismos y el impacto de los mismos

- Realizar estudios y reporte de la presencia de agrietamientos y deformaciones del terreno en todo el Municipio.
- Realizar estudios más específicos sobre el impacto de la actividad Sísmica.
- Realizar estudios y evaluaciones multi-peligro para detectar posibles efectos detonados por sismos.

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Realizar estudios para determinar los procesos de seguridad con respecto a los sismos.
- Reubicar a la población asentada en las zonas de alta peligrosidad.

Disminuir la vulnerabilidad

- Mejorar la supervisión del cumplimiento con el reglamento de construcción. De ser necesario, evaluar la congruencia del reglamento con la seguridad local y los avances en los sistemas constructivos.
- Mejorar la capacidad de resistencia 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.

- 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 de la ciudad 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.

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 y comunicación, en programas para monitoreo y simulación de eventos sísmicos.
- Establecer un sistema de alerta sísmica mediante la cual se envié 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 ciudad).

5.2.10.4. Medidas ante riesgos por Fallas

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 en las áreas urbanas del Municipio de Atlacomulco.

El mapa de densidad de fallas nos muestra que los peligros principales se encuentran sobre las vías de comunicación en este caso las carreteras, en donde la falla Acambay-Morelia atraviesa el llamado Arco Norte y genera inestabilidad en la zona. Aunado a esto en los cortes de carreteras se presentan desprendimiento de bloques de roca. Además, durante la construcción de un tramo carretera (coordenadas X:409645 Y:2198213) se utilizó dinamita para abrir camino a escasos metros de un Ojo de Agua, lo que ha provocado la infiltración del agua que afecta al material parental de las paredes de la carretera (figura 44); además de la inestabilidad de las laderas y afectaciones en viviendas cercanas como cuarteaduras y grietas en las paredes (estas últimas ya fueron reparadas).

Figura 44. Donde se puede apreciar el Ojo de Agua y la infiltración que está propiciando un peligro al desestabilizar la ladera y puede lograr colapsarse.

En cuanto al área del volcán Jocotitlán es activa y tiene fallas que pueden presentar peligro latente porque pueden activarse con un sismo y generar procesos de remoción en masa, lo cual afectaría directamente al poblado de Santiago Acutzilapan.

Vulnerabilidad

El poblado de Santiago Acutzilapan y el área montañosa donde se ubica el Arco Norte son 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 el poblado de Santiago Acutzilapan, los tramos carreteros de Atlacomulco-Morelia, y en caso de activarse las fallas y fracturas que atraviesan las áreas urbanas del Municipio pueden tener un riesgo Muy Alto y Alto.

Mejorar el conocimiento sobre fallas y el impacto de las mismas

- Realizar estudios geológicos para caracterizar de manera más precisa las fallas próximas a la ciudad y a las vías de comunicación.
- 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 de la ciudad hacia las zonas próximas a las fallas geológicas, respetando una franja mínima de seguridad.

- En el caso de que las fallas que crucen la ciudad, será conveniente, si un estudio más preciso lo determina, reubicar a la población asentada en las zonas de alta peligrosidad.

Disminuir la vulnerabilidad

- Realizar taludes de mayores dimensiones para estabilizar las laderas cercanas a las carreteras y evitar que el material por derrumbes se deposite en los carriles de las carreteras.
- Mejorar la supervisión del cumplimiento con el reglamento de construcción. De ser necesario, evaluar la congruencia del reglamento con la seguridad local y los avances en los sistemas constructivos.
- 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 de la ciudad y en los asentamientos precarios, para sugerir programas de reemplazo o mejoramiento de vivienda.
- 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 y comunicación, en los programas de monitoreo y simulación de eventos sísmicos.

5.2.10.5. Medidas ante riesgos por inestabilidad de laderas

Peligro

De acuerdo al mapa de peligros, una de las zonas de mayor inestabilidad, y por lo tanto de mayor peligro, es la parte Centro del Municipio de Atlacomulco (Col. 2 de abril) perteneciente a un banco de materiales. En donde se ha establecido una pared vertical con pendiente de 90 grados que ha generado una grieta de 10 metros de ancho y que se está erosionando. Así mismo, y de acuerdo con la geología y las pendientes (consideradas de alto peligro), se puede concluir que algunas zonas de montaña como en el volcán Jocotitlán son propensas a deslizamientos de terreno. Los suelos que se presentan en la región considerada peligrosa no son de gran espesor por lo tanto el mayor peligro lo constituyen las caídas de bloques y deslizamientos (figura 45).

Figura 45. Laderas con alto grado de peligro Foto A se aprecian grietas inducidas que provocan inestabilidad, en la foto B se puede apreciar un deslizamiento del año 2011. Fotos tomadas en la carretera Atlacomulco - Acambay.

Vulnerabilidad

Debido a que las zonas de mayor peligro por remoción de masa se encuentran en partes altas del Volcán Jocotitlán, las localidades asentadas en las faldas del volcán mantienen un alto potencial de vulnerabilidad, como en los poblados del Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo se detectan casas ubicadas en zonas de peligro con infraestructura precaria, construcciones de lámina de cartón y adobe. Un caso contrario sucede en el poblado de San Antonio Enchisi donde a pesar de vivir en una zona de peligro las casas se ubican en terrazas con buena cimentación y material de concreto para ayudar a disminuir el impacto de un deslizamiento o caída de bloques.

Riesgo

De acuerdo a las zonas caracterizadas como peligro alto de remoción de masa y a las localidades vulnerables ante este tipo de peligros, el mayor riesgo se encuentran en la parte Centro del Municipio de Atlacomulco (col. 2 de abril) y en el poblado del Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo. 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 cercana a altas pendientes donde las construcciones de edificios que puede 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.

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 sobre todo en la colonia 2 de abril.
- Realizar estudios sobre 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.
- Evitar los asentamientos humanos en zonas próximas a ríos y laderas pronunciadas.

Mejorar las estructuras de protección existentes y disminuir la vulnerabilidad.

- Realizar taludes de mayores dimensiones para estabilizar las laderas cercanas a las carreteras y evitar que el material por derrumbes se deposite en los carriles de las carreteras.
- Evitar la erosión y mejorar la resistencia del suelo con la presencia de vegetación.
- Construir muros de contención o presas de gavión para evitar el derrumbe de material térreo y de ser necesario reforzar o reemplazar los existentes.
- 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

5.2.10.6. Medidas ante riesgos por caídos o derrumbes

Peligro

De acuerdo al mapa de peligros, una de las zonas de mayor inestabilidad y por lo tanto de mayor peligro por inestabilidad de laderas, es la parte Centro del Municipio de Atlacomulco (col. 2 de abril) perteneciente a un banco de materiales, en donde se ha establecido una pared vertical con pendiente de 90 grados que ha generado una grieta de 10 metros de ancho y que se está erosionando. Asimismo, y de acuerdo con la geología y las pendientes (consideradas de alto peligro), se puede concluir que algunas zonas de montaña como en el volcán Jocotitlán son propensas a generar desprendimientos de bloques de roca, ya que en estos lugares el fallamiento y las fracturas también contribuyen de manera significativa a derrumbes (figura 46).

Figura 46. Viviendas ubicadas en la Col. 2 de Abril y que se encuentran en una ladera con alto grado de peligro Foto A, en la foto B se puede apreciar la grieta y las viviendas expuestas a fenómenos geológicos como derrumbes provocados por fallas, sismos y erosión.

Vulnerabilidad

Debido a que las zonas de mayor peligro por derrumbes se encuentran en partes altas del Jocotitlán, las localidades asentadas en las faldas del volcán mantienen un alto potencial de vulnerabilidad, como en el poblados del Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo se detectan casas ubicadas en zonas de peligro con infraestructura precaria con construcciones de lámina de cartón y adobe (Figura 47). Un caso contrario sucede en el poblado de San Antonio Enchisi donde a pesar de vivir en zona de peligro las casas se ubican en terrazas con buena cimentación y material de concreto para ayudar a disminuir el impacto de caída de bloques.

Figura 47. Viviendas precarias ubicadas en el poblado de San Felipe Pueblo Nuevo, en una ladera con alto grado de peligro Foto A, en la foto B se pueden apreciar bloques de caída que según los habitantes están en constante movimiento por la acción de las lluvias.

Riesgo

De acuerdo a las zonas caracterizadas como peligro alto de derrumbes y localidades vulnerables ante este tipo de peligros, el mayor riesgo se encuentran en la parte Centro del Municipio de Atlacomulco (col. 2 de abril) y en el poblado del Santiago Acutzilapan y San Felipe Pueblo Nuevo. 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 y cartón.

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 derrumbes.

- Realizar estudios específicos sobre la mecánica del suelo (geofísicos) para determinar con precisión el riesgo de la zona y con base en ellos definir si es necesaria la reubicación de edificaciones sobre todo en la colonia 2 de abril.
- Realizar estudios sobre 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

- Reubicar a los pobladores de la col. 2 de abril que se encuentran cercanos a la grieta mostrada en la figura 46, debido a que la extracción de materiales ha provocado que siga creciendo y afectara directamente a las casas asentadas.
- 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.
- Evitar los asentamientos humanos en zonas próximas a ríos y laderas pronunciadas.

Mejorar las estructuras de protección existentes y disminuir la vulnerabilidad.

- Evitar la erosión y mejorar la resistencia del suelo con la presencia de vegetación.
- Construir muros de contención o presas de gavión para evitar el derrumbe de material térreo y de ser necesario reforzar o reemplazar los existentes.
- 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

5.2.10.7. 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.

5.2.10.8. Medidas ante riesgos por subsidencia

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

- Revisión del subsuelo para evitar la formación de cavidades mediante obras antropológicas.

5.2.10.9. Medidas ante riesgos por agrietamientos

Peligro

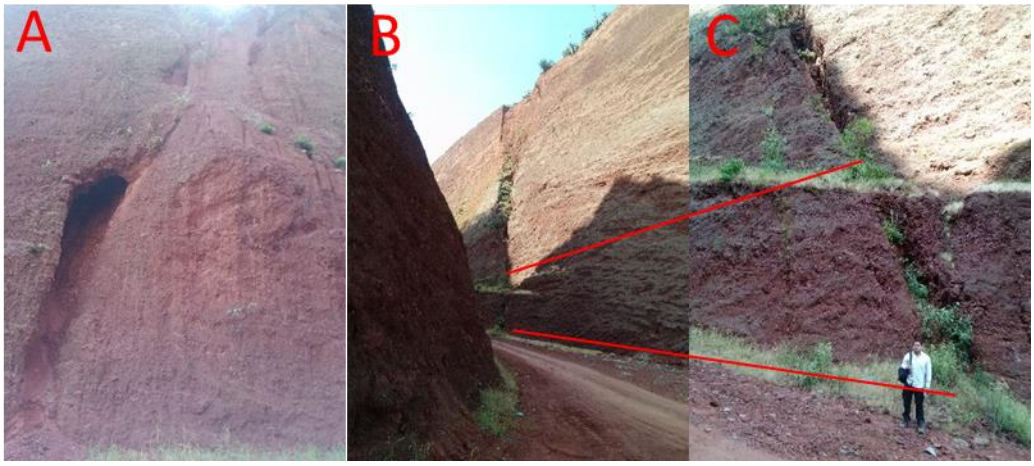
Este tipo de peligro tiene mayor frecuencia hacia las partes donde se han elaborado obras de infraestructura como las carreteras del Municipio, debido a las características litológicas y al tipo de suelo son propensas a agrietarse. Pues se alteran las partes cercanas a las obras principalmente en la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

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 48, estas grietas pueden generar otro tipo de peligros como la subsidencia y principios de deslizamientos.

Figura 48. Agrietamientos en el suelo a lado de la carretera El Arco Norte.

Vulnerabilidad

Los poblados de San Bartolo el Arenal, Santo Domingo Shomejé 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 en cuanto a daños materiales como la calidad de infraestructura de carreteras, viviendas y escuelas. Asimismo, la colonia 2 de Abril, presenta un sistema de grietas que por producto de la extracción de materiales sus dimensiones se han extendido y pueden provocar derrumbes y erosión constante.



Agrietamientos en el suelo en la Col. 2 de abril, producto de la extracción del banco de materiales. Foto A vista Este de la grieta en una pared vertical. Foto B corte de carretera para paso de vehículos. Foto C vista Oeste, continuación de la grieta que afecta de manera directa a la col. 2 de abril.

Riesgo

Debido a lo ya mencionado podemos deducir que las zonas de riesgo potencial son principalmente en San Bartolo el Arenal, Santo Domingo Shomejé, el tramo carretero conocido como el arco norte y parte de la Col. 2 de abril y 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 en la Col. 2 de abril, producto de la extracción del banco de materiales.

Mejorar el conocimiento sobre grietas 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.

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 de la ciudad hacia las zonas próximas a las fallas geológicas, respetando una franja mínima de seguridad.
- En el caso de que existan grietas en la ciudad, será conveniente, reubicar a la población asentada en las zonas de alta peligrosidad.

Disminuir la vulnerabilidad

- Evaluar periódicamente la col. 2 de abril, debido a que con la extracción de materiales es vulnerable a grietas y generan daños a la infraestructura de las viviendas, calles y aceras.
- 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.

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 y comunicación, en los programas de monitoreo y simulación de eventos sísmicos.

5.2.10.10. 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 y pendiente, en donde los procesos de desgaste de las rocas sobre todo por efecto hidrológico son más frecuentes (Figura 50). 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 del Municipio, son utilizadas en su mayoria para la agricultura de temporal, clasificadas por lo tanto de peligro medio. Asi mismo los mayores peligros son las partes altas del volcán Jocotitlan por sus altas pendientes. Y las zonas de Bajo peligro las plancies y areas cubiertas por vegetación como el pastizal.

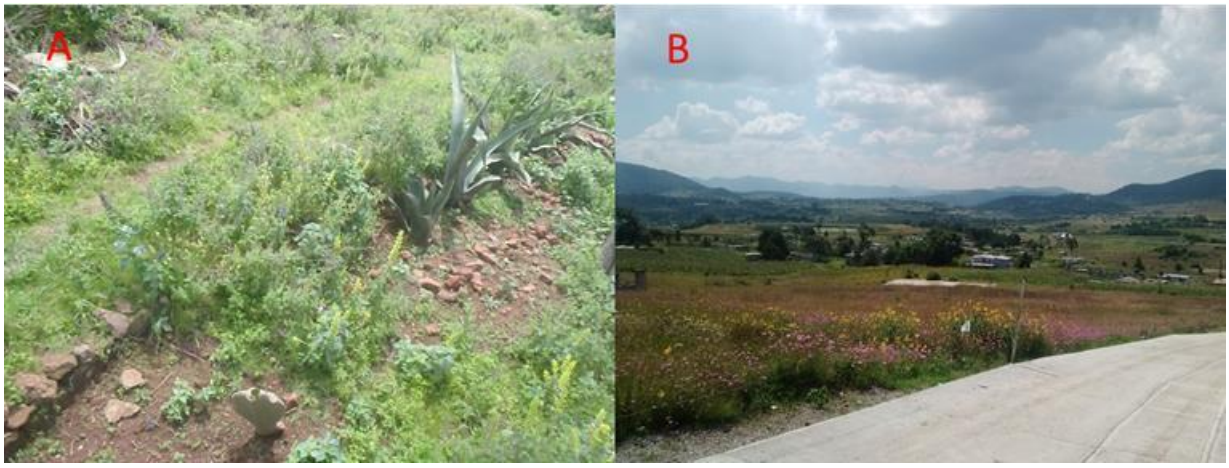


Figura 50. Terrazas de contención para disminuir los procesos erosivos de ladera con alto grado de peligro, en las fotos B se puede apreciar planicies con escasa vegetación.

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 perdida de suelo se encuentran las agrícolas de temporal situadas en la parte sur del Municipio de Atlacomulco. Sin embargo no es un factor que actualmente dañe a la población directamente.

Mejorar el conocimiento erosión

- Realizar estudios para caracterizar de manera más precisa de Erosión.
- 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.
- Realizar campañas de reforestación
- Aplicar practicas mecánicas y vegetativas para reducir la erosión

Disminuir la exposición de la población al peligro

- Por medio de la planeación y gestión del suelo urbano, limitar el crecimiento de la ciudad hacia la zona Natural protegida.

- En el caso de que la ciudad 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 de la cubierta vegetal se hará en base a las condiciones y el uso del terreno previo a la construcción del Proyecto.

Mejorar la capacidad de respuesta

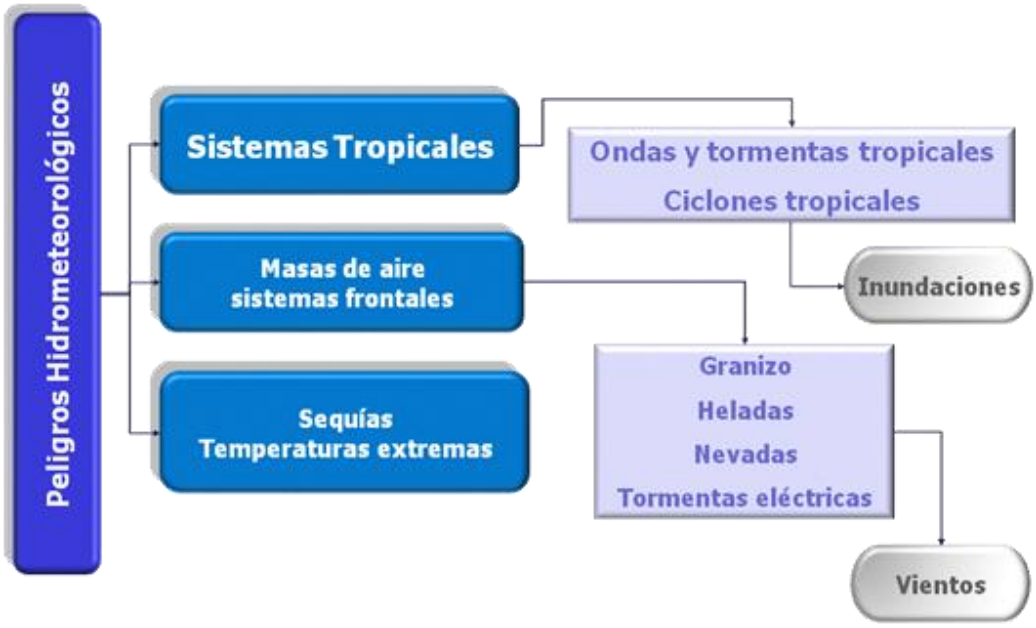
- Incrementar la capacidad técnica de la unidad de protección civil, a través de la capacitación en manejo de tecnologías de información y comunicación, en programas para monitoreo y simulación de eventos erosivos.
- Establecer un sistema de medida anual para determinar la intensidad de la perdida de suelo.

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 20 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 pluvial, la cual se refiere a la forma de agua, sólida o liquida, 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 trasportar 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

Dentro de las ondas cálidas y gélidas se analizará las variaciones en las temperaturas, enfocándose en las temperaturas máximas, este análisis esta generalmente centrado en el impacto que este fenómeno provoca en las actividades económicas, así como, los efectos que podrían causar en el ser humano. 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.

Cuadro 22. Registro de temperaturas máximas

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00015029 EL TEJOCOTE			**LATITUD: 19°51'42" N.**		**LONGITUD: 099°55'03" W.**			**ALTURA: 2,449.0 MSNM.**					
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	20.6	22	23.7	25.2	25.3	22.9	21.3	21.4	21.2	21.3	21.3	20.7	22.2
MAXIMA MENSUAL	24.7	28.4	27.6	32.8	33.6	28.2	24.3	23.9	24.7	26	25.4	24.1	
AÑO DE MAXIMA	1998	1998	2002	1998	1998	1998	1998	1997	1997	1997	1997	1997	
MAXIMA DIARIA	29	33.5	35.5	37	38	33	28	27.5	29.5	32	31	28.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	21/2006	19/1998	ago-03	may-98	jul-98	15/1998	ene-05	26/1998	28/1997	26/1997	14/1997	oct-97	
AÑOS CON DATOS	42	42	40	39	41	40	40	41	41	41	39	38	
ESTACION: 00015078 PRESA FRANCISCO TRINIDAD FABEL			**LATITUD: 19°49'30" N.**		**LONGITUD: 099°47'27" W.**			**ALTURA: 2,718.0 MSNM.**					
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	18.5	19.8	22.3	23.5	23.2	20.9	19	18.9	18.6	18.6	18.6	18.3	20
MAXIMA MENSUAL	21.8	23.7	25.1	27.2	26.8	24.7	22.7	23.1	21.6	20.5	20.6	21.7	
AÑO DE MAXIMA	2008	2008	1991	2006	1983	2006	2008	2008	2008	1970	1989	2008	
MAXIMA DIARIA	25	27	30	31	30.8	29.2	27	28	25	25	24	27	
FECHA MAXIMA DIARIA	24/2008	24/2008	13/2006	29/1970	mar-83	jun-83	may-80	23/1977	ene-08	29/1988	ene-61	oct-82	
AÑOS CON DATOS	43	43	45	44	44	44	42	40	42	43	43	42	
ESTACION: 00015251 ATLACOMULCO II (DGE)			**LATITUD: 19°47'51" N.**		**LONGITUD: 099°52'28" W.**			**ALTURA: 2,574.0 MSNM.**					
TEMPERATURA MAXIMA													
NORMAL	20	21.4	23.5	25.1	25	22.9	21	20.9	20.7	21	20.9	20.4	21.9
MAXIMA MENSUAL	21.9	23.2	26.3	29.8	29.9	25.8	22.5	22.4	22.8	23	23.1	22.2	
AÑO DE MAXIMA	1989	1994	2002	1998	1998	1998	1980	2001	1987	1979	1988	1990	
MAXIMA DIARIA	24.5	27	30	32.5	33.5	31.5	29	25.5	31.5	26	26	25.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	ago-95	28/1996	31/1998	ago-98	nov-98	26/2002	jul-79	24/1999	14/1990	20/1979	jun-96	19/1995	
AÑOS CON DATOS	30	30	29	30	30	29	29	29	29	29	29	29	

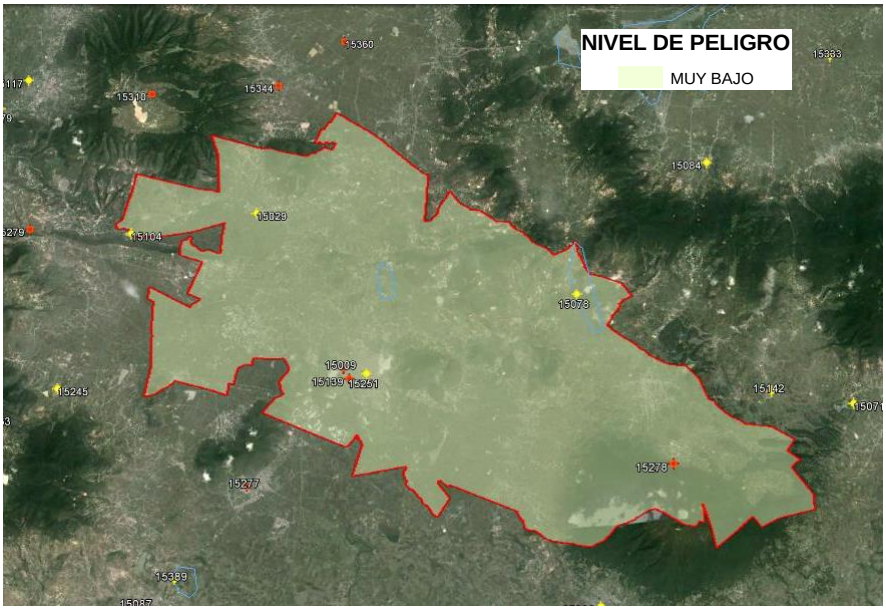
ESTACION: 00015009 ATLACOMULCO (SMN)	LATITUD: 19°48'00" N.				LONGITUD: 099°53'00" W.			ALTURA: 2,560.0 MSNM.				
TEMPERATURA MAXIMA												
NORMAL	20.8	22.5	25.2	26.8	26.6	24.2	22.6	23.1	22.7	22.7	22.2	21.1	23.4
MAXIMA MENSUAL	22.5	24.9	27.4	30.7	28.2	26.6	24.8	27.5	26.5	27	24.1	22.9	
AÑO DE MAXIMA	1973	1967	1973	1975	1972	1967	1967	1967	1967	1966	1966	1966	
MAXIMA DIARIA	27	28	31	34	34	31	27	29.5	28.5	29.5	28	27	
FECHA MAXIMA DIARIA	abr-73	28/1962	16/1975	25/1975	sep-75	jun-66	19/1964	abr-69	30/1966	ene-66	may-73	ene-71	
AÑOS CON DATOS	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	
ESTACION: 00015139 ATLACOMULCO I (DGE)	LATITUD: 19°47'45" N.				LONGITUD: 099°52'52" W.			ALTURA: 2,550.0 MSNM.				
TEMPERATURA MAXIMA												
NORMAL	20.2	21.2	23.7	24.8	24.6	22.6	21.2	21.2	21.1	21.2	21.1	20.3	21.9
MAXIMA MENSUAL	22.3	23.9	27.7	27.8	27.7	25.7	23.8	23.8	23	24.4	22.7	22.5	
AÑO DE MAXIMA	1982	1962	1980	1978	1978	1983	1980	1981	1987	1979	1984	1984	
MAXIMA DIARIA	27.5	27.5	32	32	33	30	27.5	26	26.5	29	26.5	30.5	
FECHA MAXIMA DIARIA	29/1972	26/1962	31/1977	18/1978	ago-78	feb-83	feb-92	ago-81	28/1982	feb-86	19/1986	abr-83	
AÑOS CON DATOS	31	32	32	32	31	32	33	32	32	32	30	31	

Fuente: Elaboración propia con base en SMN

En el Municipio de Atlacomulco se presentan temperaturas máximas mensuales de 33.6°C, de acuerdo a los registros de la estación Tejocote, los meses de mayores temperaturas son entre abril y mayo, fue el año de 1998 en el que las temperaturas se elevaron hasta alcanzar los 37°C como máxima diaria, sin embargo, estos niveles de temperatura no han provocado afectaciones a la población.

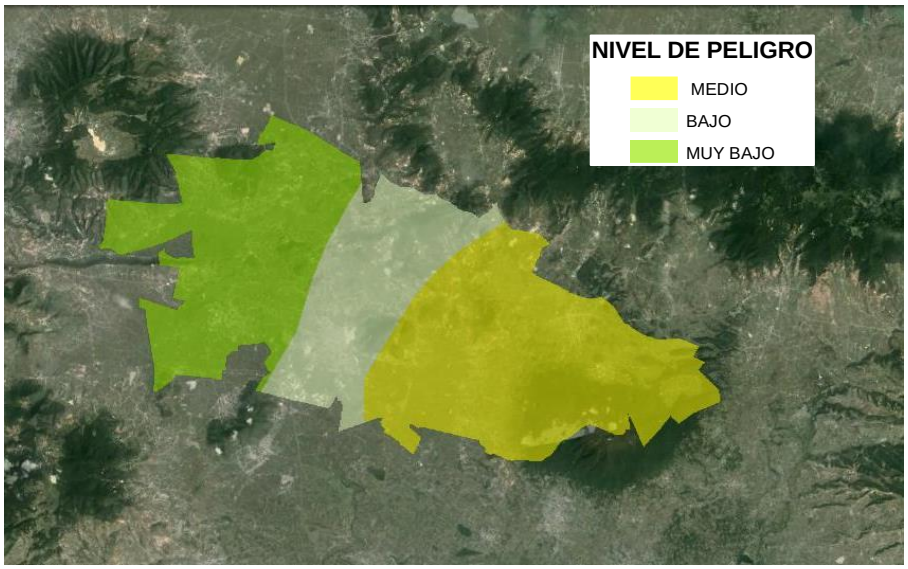
Debido al tipo de clima de la zona, las temperaturas máximas extremas provocan a la población incomodidad y en casos extremos efectos por el golpe de calor, cabe señalar, que a los bienes de la población este fenómeno no provoca daños. De acuerdo con los registros de las estaciones meteorológicas la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

Figura 21. Nivel de peligro por temperaturas máximas



Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto de Geografía de la UNAM, Mapa de Peligro por Temperaturas Extremas

Figura 22. Nivel de peligro por temperaturas mínimas



Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto de Geografía de la UNAM, Mapa de Peligro por Temperaturas Extremas

En Atlacomulco de acuerdo a los registros, las temperaturas mínimas llegan a descender a -3.5°C, principalmente la zona poniente de Municipio. En la estación meteorológica El Tejocote se registran las temperaturas más bajas de la zona, este tipo de descensos en la temperatura provocan principalmente fenómenos como las heladas que llegan a afectar las zonas agrícolas del Municipio y a la población que carece de viviendas adecuadas que les permitan mantener niveles confortables de temperatura.

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.

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° centígrados 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 Atlacomulco es del mes de diciembre a marzo. Las temperaturas han llegado a descender hasta -3.5 C. En la zona sur del Municipio en la estación 15062 es donde se han registrado temperaturas bajo cero, sin embargo, este fenómeno no provoca graves alteraciones a la población.

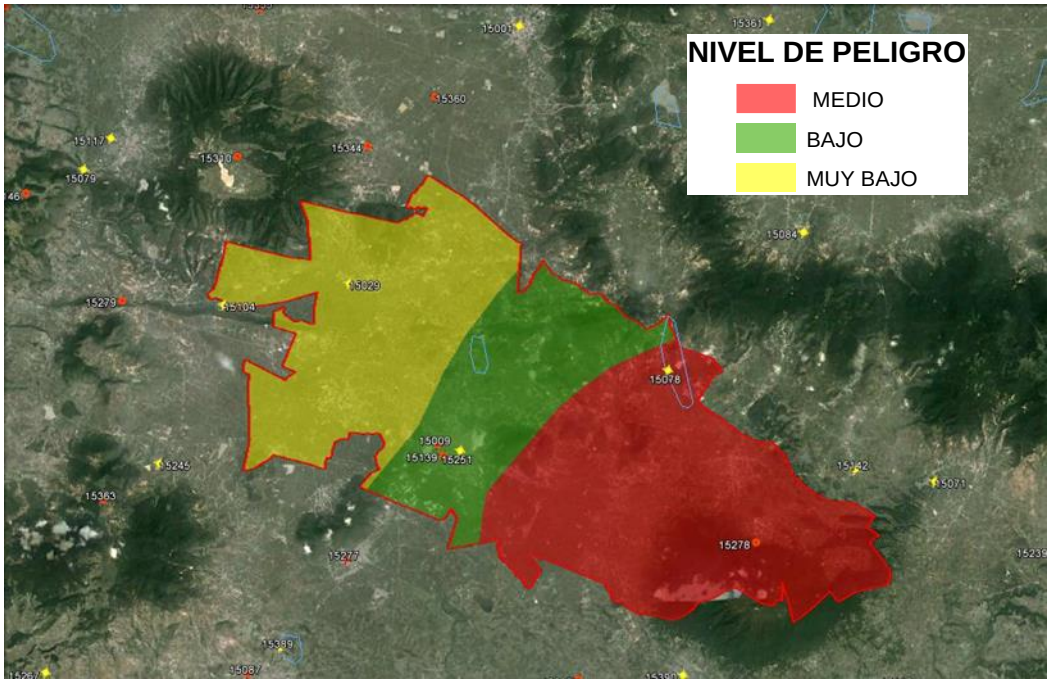
Cuadro 23. Registro de heladas

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00015029 EL TEJOCOTE			**LATITUD: 19°51'42" N.**			**LONGITUD: 099°55'03" W.**			**ALTURA: 2,449.0 MSNM.**				
NORMAL	-0.2	0.8	2.8	5.1	7.3	9.4	9.3	9.2	9	6	2.5	0.5	5.1
MINIMA MENSUAL	-3.1	-3.5	-0.6	2.5	5.3	7.5	8	7.9	6.9	1.6	0	-1.8	
AÑO DE MINIMA	1986	1998	1986	1983	1993	1982	1974	1982	1994	1979	1981	1975	
MINIMA DIARIA	-10	-11	-7.5	-2	2	1	3	1.5	-3	-4	-7	-8	
FECHA MINIMA DIARIA	28/1988	mar-98	jul-87	oct-83	18/1970	15/1979	mar-80	jun-94	27/1979	19/1997	27/1974	14/1997	
AÑ0S CON DATOS	42	42	40	39	41	40	40	41	41	41	39	38	
ESTACION: 00015078 PRESA FRANCISCO TRINIDAD FABEL			**LATITUD: 19°49'30" N.**			**LONGITUD: 099°47'27" W.**			**ALTURA: 2,718.0 MSNM.**				
NORMAL	1.3	2	3.7	5.5	6.9	8	8	8.1	8	6	3.4	2.1	5.3
MINIMA MENSUAL	-1.3	-1.8	0.3	2.3	2.9	2	4.2	4.3	4.2	3.3	1.4	-1.2	
AÑO DE MINIMA	1986	1983	1986	2006	2001	2001	1998	1998	1999	1999	1982	2008	
MINIMA DIARIA	-7	-6	-4	-3.5	0	-3	3	3	-1	-2	-4	-7	
FECHA MINIMA DIARIA	15/1986	25/1976	23/1986	dic-71	15/1964	21/2001	14/1974	15/1988	27/1979	26/1999	18/1970	25/1982	
AÑ0S CON DATOS	43	43	45	44	44	44	42	40	42	43	43	42	
ESTACION: 00015251 ATLACOMULCO II (DGE)			**LATITUD: 19°47'51" N.**			**LONGITUD: 099°52'28" W.**			**ALTURA: 2,574.0 MSNM.**				
NORMAL	-1.9	-0.6	1.4	3.8	6.1	7.7	7.6	7.5	7.2	4.5	0.5	-1.2	3.6
MINIMA MENSUAL	-5.3	-4.4	-2.4	1.4	3.8	4.7	4.1	4.5	4	0.8	-3.1	-5.5	
AÑO DE MINIMA	2006	1998	2004	2003	2008	2006	2000	2000	2006	1979	1999	1999	
MINIMA DIARIA	-10	-9	-7.5	-2.5	-1	0	1.5	1.5	-4	-5	-7	-9	
FECHA MINIMA DIARIA	14/1986	oct-00	jun-87	ene-03	ene-97	15/1979	28/1990	19/2000	30/1979	27/1999	23/2002	27/2006	
AÑ0S CON DATOS	30	30	29	30	30	29	29	29	29	29	29	29	
ESTACION: 00015009 ATLACOMULCO (SMN)			**LATITUD: 19°48'00" N.**			**LONGITUD: 099°53'00" W.**			**ALTURA: 2,560.0 MSNM.**				
NORMAL	1.6	2	4.7	6.7	8.2	9.5	8.9	8.8	8.7	6.3	3.5	2.2	5.9
MINIMA MENSUAL	0	-1.4	3.1	5.1	6.7	6.9	7	7.1	6.2	4.3	1	0.2	
AÑO DE MINIMA	1968	1968	1972	1971	1968	1967	1967	1967	1967	1964	1966	1966	
MINIMA DIARIA	-3	-6	-1	-6	2	4.5	5	5	0	0	-3	-5	
FECHA MINIMA DIARIA	27/1968	25/1976	abr-65	ene-70	15/1964	jul-67	27/1962	27/1966	ago-74	16/1961	14/1962	16/1968	
AÑ0S CON DATOS	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	

ESTACION: 00015139 ATLACOMULCO I (DGE)			LATITUD: 19°47'45" N.			LONGITUD: 099°52'52" W.			ALTURA: 2,550.0 MSNM.				
NORMAL	0	0.8	3.2	5.2	7.2	9	8.8	8.5	8.5	5.5	1.8	0.6	4.9
MINIMA MENSUAL	-3.2	-3.4	1.3	2	4.6	7.6	7.2	6.9	6.5	2.5	-1.8	-3	
AÑO DE MINIMA	1970	1963	1972	1971	1969	1977	1974	1977	1975	1979	1970	1970	
MINIMA DIARIA	-11.5	-9	-5.5	-3	1	1	1	0	-2	-4.5	-10	-9.5	
FECHA MINIMA DIARIA	28/1988	jun-63	jun-87	ago-61	oct-61	23/1990	ene-67	feb-78	28/1979	28/1968	27/1961	25/1963	
AÑ0S CON DATOS	31	32	32	32	31	32	33	32	32	32	30	31	

Fuente: Elaboración Propia con base en SMN.

Figura 23. Mapa de peligro por heladas



Fuente: Elaboración propia con base en SMN

En el Municipio de Atlacomulco se estimó que la zona sureste alcanza un nivel de peligro alto de heladas, esto se relaciona con la altitud, por su parte la zona norte del Municipio presenta un nivel de peligro bajo.

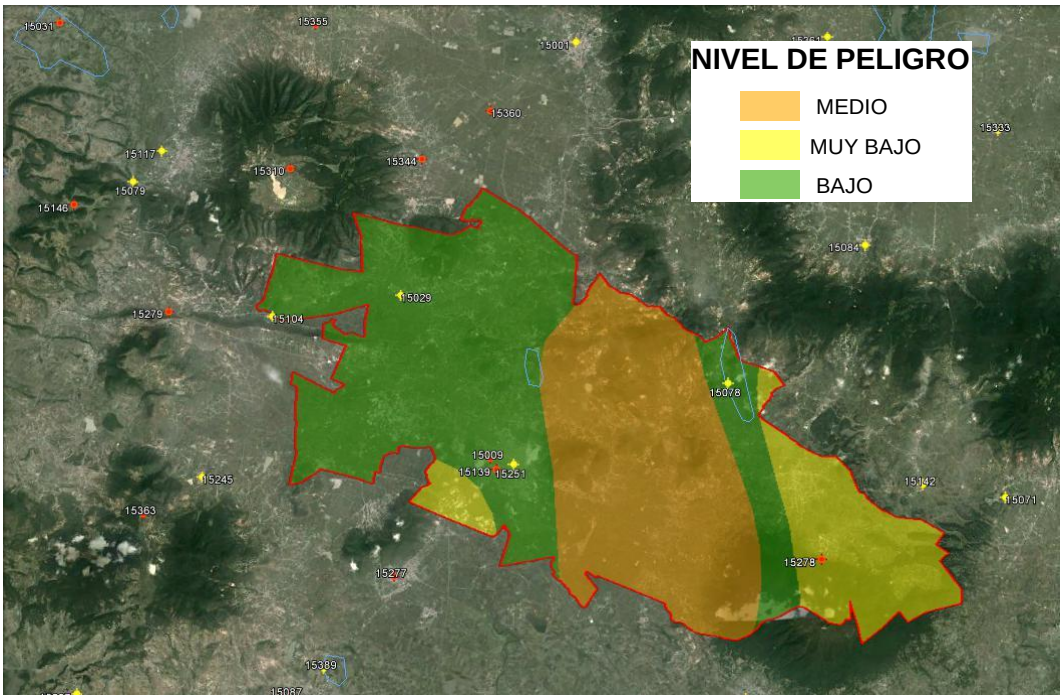
5.2.4. Tormentas de granizo

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.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00015029 EL TEJOCOTE LATITUD: 19°51'42" N. LONGITUD: 099°55'03" W. ALTURA: 2,449.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	0.6
AÑOS CON DATOS	42	42	41	39	41	40	40	41	41	41	39	38	
ESTACION: 00015078 PRESA FRANCISCO TRINIDAD FABEL LATITUD: 19°49'30" N. LONGITUD: 099°47'27" W. ALTURA: 2,718.0 MSNM.													
GRANIZO	0.6	0.3	0	0	0	0.2	0.1	0.1	0	0.1	0	0.3	1.7
AÑOS CON DATOS	43	43	45	44	44	44	42	41	42	43	43	42	
ESTACION: 00015251 ATLACOMULCO II (DGE) LATITUD: 19°47'51" N. LONGITUD: 099°52'28" W. ALTURA: 2,574.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.7	0.1	0.2	0.1	0.1	2.6
AÑOS CON DATOS	30	30	29	30	30	29	29	29	29	29	29	29	
ESTACION: 00015009 ATLACOMULCO (SMN) LATITUD: 19°48'00" N. LONGITUD: 099°53'00" W. ALTURA: 2,560.0 MSNM.													
GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.2
AÑOS CON DATOS	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	
ESTACION: 00015139 ATLACOMULCO I (DGE) LATITUD: 19°47'45" N. LONGITUD: 099°52'52" W. ALTURA: 2,550.0 MSNM.													
GRANIZO	0.2	0.2	0.3	0.6	0.9	0.8	1.1	0.6	0.3	0.4	0.2	0	5.6
AÑOS CON DATOS	31	32	32	32	31	32	33	32	32	32	30	31	

Figura 24. Mapa de granizo

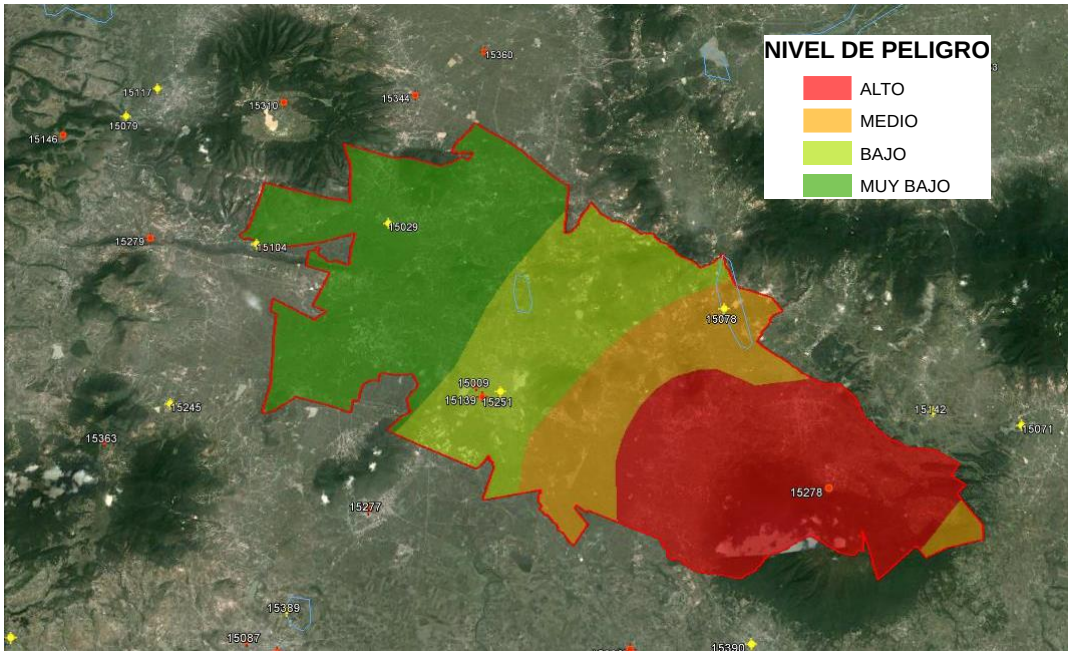


De acuerdo con la información compilada el nivel de peligro en la zona central del Municipio es medio, las estaciones meteorológicas de esta zona presentaron hasta 2.6 días con granizo, mientras que en las zonas limítrofes el nivel de peligro desciende, teniendo registros de 0.6 y 02 días con granizo.

5.2.5. Tormentas de nieve

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.

Figura 25. Mapa de peligro por tormentas de nieve



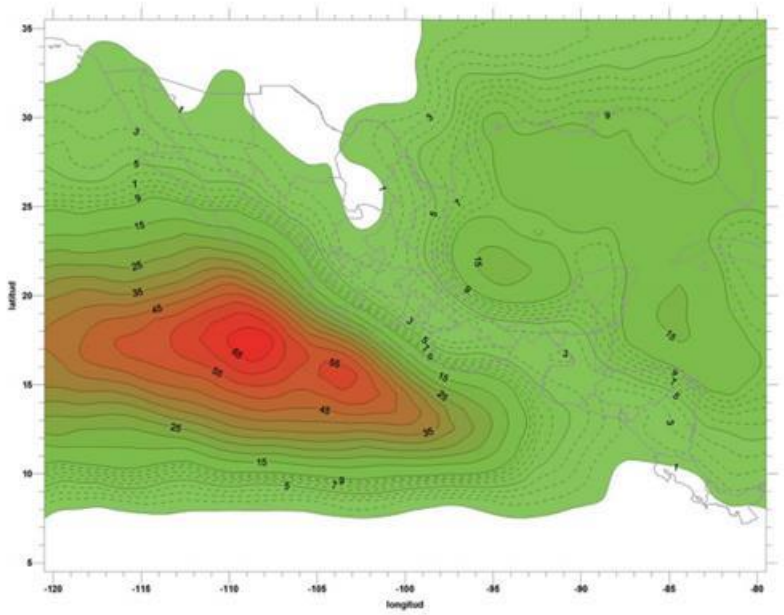
En el Municipio de Atlacomulco los niveles altos de peligro por tormentas de nieve se identifican en las partes altas al sur del Municipio, cabe señalar, que este tipo de fenómenos se presenta muy esporádicamente y los niveles de temperatura pueden descender hasta menos -3.5°C.

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 planeta.[1.]

[1] CENAPRED; Ciclones Tropicales, 2003.

Figura 26 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.

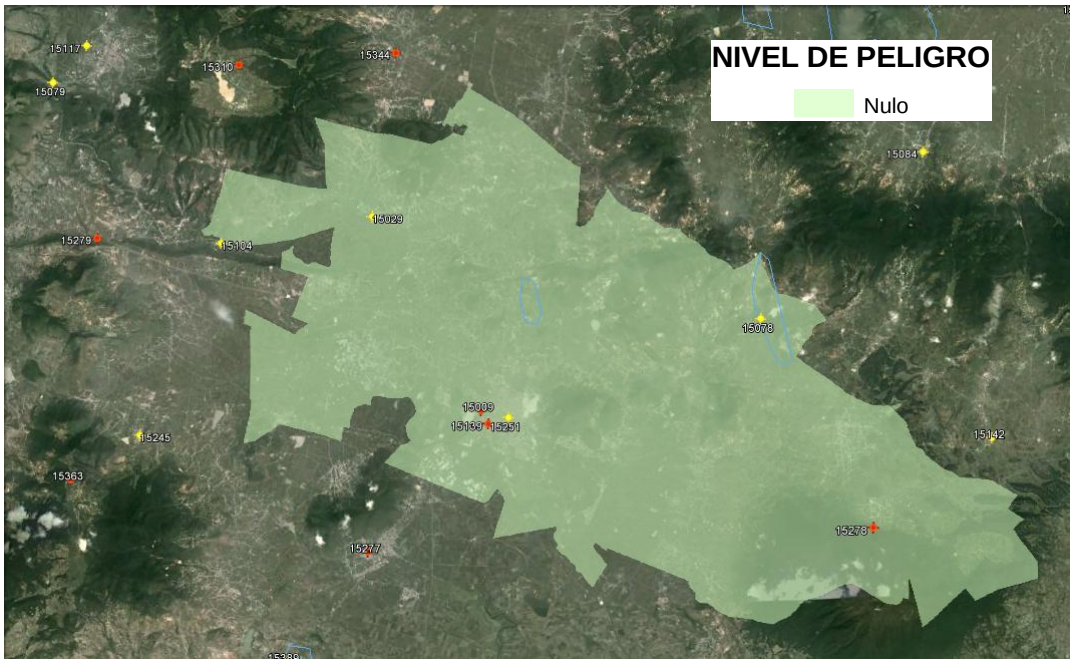
La energía de los ciclones tropicales proviene esencialmente del calor y la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera. Este tipo de fenómenos no se presentan en el Municipio de Atlacomulco.

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.

Este tipo de fenómenos no se presenta en este Municipio.

Figura 27. Mapa de peligro por tornado



5.2.8. 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.

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 Atlacomulco existen 5 estaciones meteorológicas. Sin embargo para el análisis fue necesario considerar la información de 7 estaciones más ubicadas en los Municipios colindantes de la zona de estudio.

Figura 28. Ubicación de estaciones meteorológicas en el Municipio de Atlacomulco

Fuente: Elaboración propia con base en SMN 2010.

Cuadro 24. Registro de tormentas eléctricas por estación meteorológica

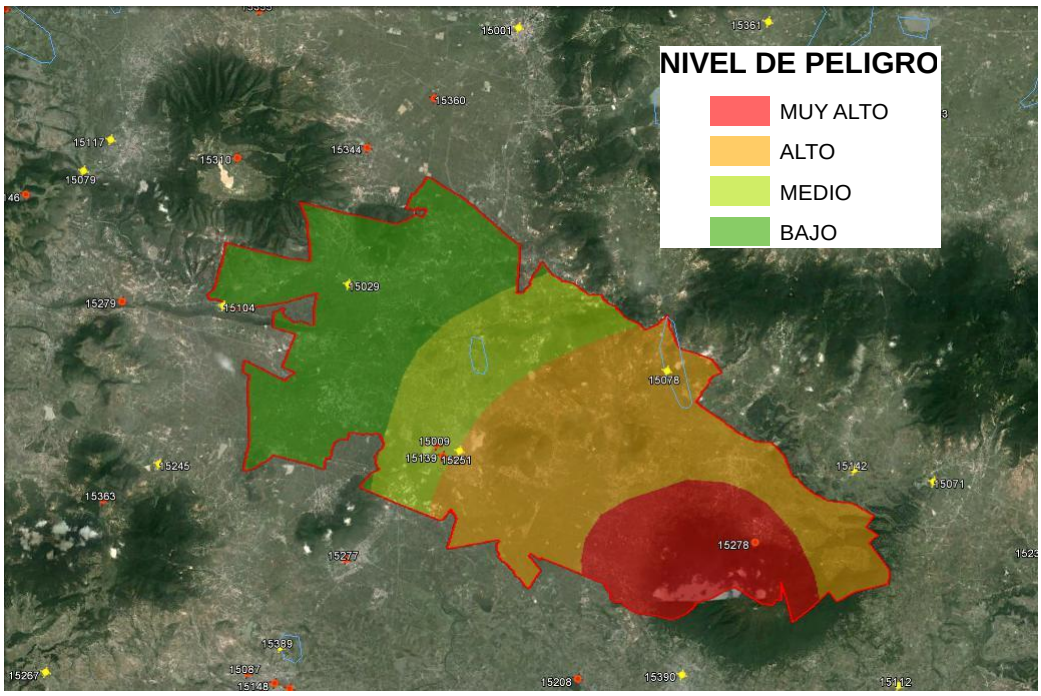
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00015029 EL TEJOCOTE LATITUD: 19°51'42" N. LONGITUD: 099°55'03" W. ALTURA: 2,449.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0.2	0.4	0.9	1.5	2	3.3	2.4	1.7	1.2	0.4	0.2	14.2
AÑOS CON DATOS	42	42	41	39	41	40	40	41	41	41	39	38	
ESTACION: 00015078 PRESA FRANCISCO TRINIDAD FABEL LATITUD: 19°49'30" N. LONGITUD: 099°47'27" W. ALTURA: 2,718.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.1	0.2	0.3	0.3	0.9	1.3	2.2	1.4	0.7	0.7	0.4	0	8.5
AÑOS CON DATOS	43	43	45	44	44	44	42	41	42	43	43	42	
ESTACION: 00015390 E. T. A. 013 JOCOTITLAN LATITUD: 19°42'40" N. LONGITUD: 099°47'20" W. ALTURA: 2,650.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	23	23	22	22	23	23	24	24	22	22	22	19	
ESTACION: 00015251 ATLACOMULCO II (DGE) LATITUD: 19°47'51" N. LONGITUD: 099°52'28" W. ALTURA: 2,574.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.1	0.3	0.2	0.8	1.6	3.3	5.7	3.8	3.1	1.6	0.7	0.2	21.4
AÑOS CON DATOS	30	30	29	30	30	29	29	29	29	29	29	29	
ESTACION: 00015104 SAN PEDRO POTLA LATITUD: 19°51'18" N. LONGITUD: 099°58'04" W. ALTURA: 2,450.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.4	0.3	0.4	0.8	1.1	1.9	3.2	3.4	1.9	1.5	0.6	0.4	15.9
AÑOS CON DATOS	40	40	39	40	39	40	40	39	39	39	39	38	
ESTACION: 00015084 SAN ANDRES TIMILPAN LATITUD: 19°52'30" N. LONGITUD: 099°44'06" W. ALTURA: 2,658.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.2	0.7	0.8	2	2.8	3.4	4.4	2.7	2.3	1.3	0.6	0.1	21.3
AÑOS CON DATOS	41	40	40	41	39	40	41	39	40	41	40	41	
ESTACION: 00015390 E. T. A. 013 JOCOTITLAN LATITUD: 19°42'40" N. LONGITUD: 099°47'20" W. ALTURA: 2,650.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AÑOS CON DATOS	23	23	22	22	23	23	24	24	22	22	22	19	
ESTACION: 00015009 ATLACOMULCO (SMN) LATITUD: 19°48'00" N. LONGITUD: 099°53'00" W. ALTURA: 2,560.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0.1	0	0.4	0.5	0.4	1.3	1	1.3	0.1	0.2	0.1	5.4
AÑOS CON DATOS	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	
ESTACION: 00015139 ATLACOMULCO I (DGE) LATITUD: 19°47'45" N. LONGITUD: 099°52'52" W. ALTURA: 2,550.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.3	0.6	0.6	2.3	3.8	5	6.9	5	3.8	2.4	0.8	0.5	32
AÑOS CON DATOS	31	32	32	32	31	32	33	32	32	32	30	31	
ESTACION: 00015208 POZO CUATRO LATITUD: 19°42'38" N. LONGITUD: 099°49'49" W. ALTURA: 2,538.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0.1	0.1	0	0.2	0.3	0.4	1.4	1.1	0.8	0.2	0.1	0	4.7
AÑOS CON DATOS	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
ESTACION: 00015142 SAN MARCOS TLAZALPAN LATITUD: 19°47'09" N. LONGITUD: 099°43'04" W. ALTURA: 2,711.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0.1	0.2	0.4	0.8	0.9	2.3	1.9	1	0.5	0.1	0	8.2
AÑOS CON DATOS	36	35	35	33	34	35	35	36	34	35	33	34	
ESTACION: 00015245 LA JORDANA LATITUD: 19°47'46" N. LONGITUD: 099°59'42" W. ALTURA: 2,620.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1	0	2.3
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	30	29	
ESTACION: 00015333 EL PALMITO LATITUD: 19°55'02" N. LONGITUD: 099°40'48" W. ALTURA: 2,641.0 MSNM.													
TORMENTA E.	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0.5
AÑOS CON DATOS	23	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	22	

ESTACION: 00015117 TEMASCALCINGO		**LATITUD: 19°55'11" N.**			**LONGITUD: 100°00'44" W.**			**ALTURA: 2,377.0 MSNM.**					
TORMENTA E.	0	0.1	0.3	0.6	1.7	3.3	4	3.7	2.2	1	0.4	0	17.3
AÑOS CON DATOS	42	41	40	43	43	42	44	43	43	43	43	42	
ESTACION: 00015079 PUENTE ANDARO		**LATITUD: 19°54'29" N.**			**LONGITUD: 100°01'24" W.**			**ALTURA: 2,370.0 MSNM.**					
TORMENTA E.	0.1	0.1	0.2	1.1	2.2	3.9	6.1	4.9	2.5	1.7	0.6	0.1	23.5
AÑOS CON DATOS	30	30	29	31	31	30	30	31	31	30	29	29	
ESTACION: 00015001 ACAMBAY		**LATITUD: 19°57'24" N.**			**LONGITUD: 099°50'45" W.**			**ALTURA: 2,544.0 MSNM.**					
TORMENTA E.	0	0	0	0	0.1	0.2	0.8	0.6	0.3	0.2	0.1	0	2.3
AÑOS CON DATOS	35	35	36	37	38	36	36	36	36	37	36	38	

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

De acuerdo con la información registrada por más de 20 años, la zona sureste del Municipio presenta un peligro muy alto ante el fenómeno de tormentas eléctricas en la estaciones Atlacomulco II ubicada en esta zona se registraron más de 21 tormentas eléctricas en el último año. Mientras que en la zona norte del Municipio el nivel de peligro desciende a bajo.

Figura 29. 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.

5.2.9. Lluvias extremas

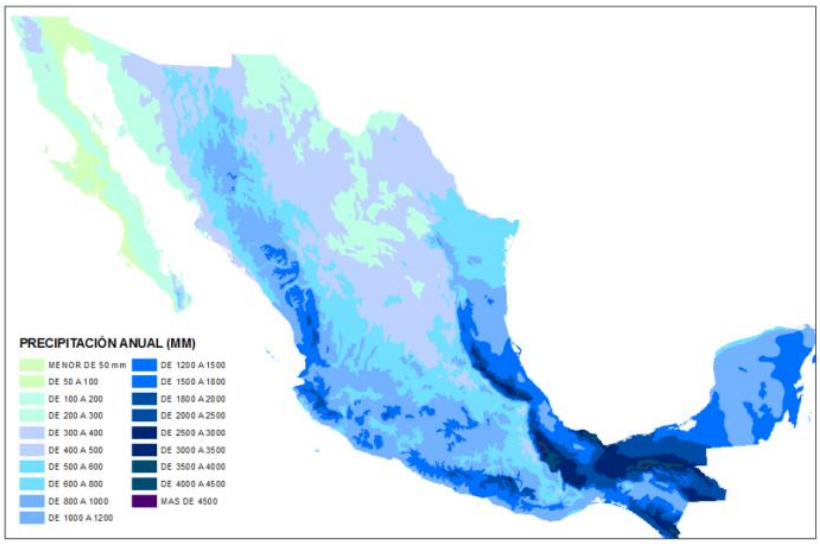
El agua es uno de los recursos más importantes de cualquier territorio, sin embargo, durante las últimas décadas en México se han experimentado situaciones extremas en el ciclo hidrológico, como son las inundaciones y las sequias.

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 1,200mm 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 30. 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).

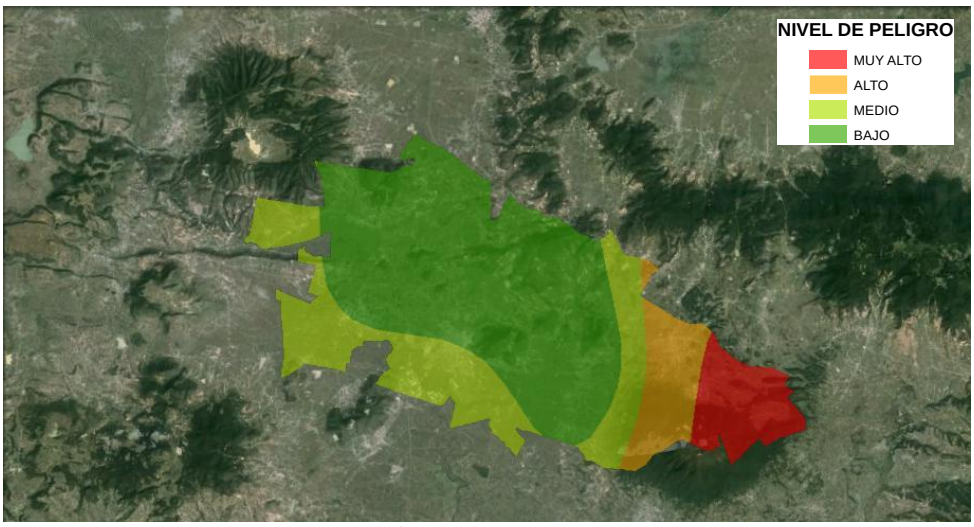
En Atlacomulco, según los registros del Observatorio Meteorológico los niveles de precipitación oscilan entre los 486 mm y hasta 842 mm, fue el año de 1985 donde se experimentaron las mayores precipitaciones alcanzando un máximo de 842 mm en el mes de Julio. El periodo de mayor precipitación es entre los meses de Julio y Agosto; en los meses de Enero a Abril los niveles de lluvia bajan hasta alcanzar precipitaciones medias de entre 400 mm.

Cuadro 1. Precipitación media anual, 2012.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACION: 00015029 EL TEJOCOTE	**LATITUD: 19°51'42" N.**		**LONGITUD: 099°55'03" W.**		**ALTURA: 2,449.0 MSNM.**								
NORMAL	14.4	11.8	9.4	22	53.9	140.6	195.8	168	135.9	63.5	18.7	8	842
ESTACION: 00015078 PRESA FRANCISCO TRINIDAD FABEL	**LATITUD: 19°49'30" N.**		**LONGITUD: 099°47'27" W.**		**ALTURA: 2,718.0 MSNM.**								
NORMAL	17.4	10.5	13	23.2	53.7	127	170.3	139.2	131.1	59.9	14.6	12.7	772.6
ESTACION: 00015390 E. T. A. 013 JOCOTITLAN	**LATITUD: 19°42'40" N.**		**LONGITUD: 099°47'20" W.**		**ALTURA: 2,650.0 MSNM.**								
NORMAL	12.8	14.3	8.1	23.8	47.1	118.6	168.6	149.3	130.1	49.5	25.8	5.7	753.7
ESTACION: 00015251 ATLACOMULCO II (DGE)	**LATITUD: 19°47'51" N.**		**LONGITUD: 099°52'28" W.**		**ALTURA: 2,574.0 MSNM.**								
NORMAL	15.1	9.7	10.7	18.1	49.1	122.3	157.3	145.4	118.9	64.2	19.6	10.6	741
ESTACION: 00015009 ATLACOMULCO (SMN)	**LATITUD: 19°48'00" N.**		**LONGITUD: 099°53'00" W.**		**ALTURA: 2,560.0 MSNM.**								
NORMAL	20.4	6	10.6	28.6	74.7	145.5	168.3	170.8	130.5	54.6	15.7	8.3	834
ESTACION: 00015139 ATLACOMULCO I (DGE)	**LATITUD: 19°47'45" N.**		**LONGITUD: 099°52'52" W.**		**ALTURA: 2,550.0 MSNM.**								
NORMAL	19.4	10	11.4	25.2	65.3	135.5	160.1	158.2	114.7	61.1	14.9	12.3	788.1

Datos Estadísticos Climatológicos del Servicio Meteorológico Nacional

Figura 31. Mapa de peligro por lluvias extremas



Elaboración propia con base en INEGI.

La zona que de acuerdo a los registros de las estaciones meteorológicas recibe mayor precipitación es al oriente del Municipio, en las inmediaciones del volcán de Jocotitlán, en tanto que hacia la zona central los niveles de precipitación van disminuyendo.

La precipitación en Atlacomulco es un factor que provoca afectaciones importantes en el Municipio, cabe señalar que, la principal amenaza provocada por la lluvia es la inundación, que será analizado con mayor profundidad en el apartado siguiente.

5.2.10. 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.

Figura 32. Confluencia de dos escurrimientos. Zona inundable

Las inundaciones no previstas y de gran intensidad constituyen un riesgo natural frecuente que, en general, resultan ser muy costosas en términos de pérdidas económicas y, en algunos casos, de pérdidas de vidas humanas. La habilidad para estimar y predecir el impacto asociado con estos eventos es de vital importancia para establecer políticas que minimicen los efectos negativos, así como para evaluar alternativas futuras de control.

Los modelos HEC-RAS y ArcView 3.2 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 Atlacomulco, 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 Atlacomulco 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 y repentinas.

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.

Figura 33. Zona con alto riesgo de inundación

Las ribereñas con escorrentía se encuentran localizadas en zonas de pendiente pronunciada (del este del Municipio hacia el oeste, zonas encañonadas de los cerros Tepari, San Miguel, El Nogal, La Luna, etc.), 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.

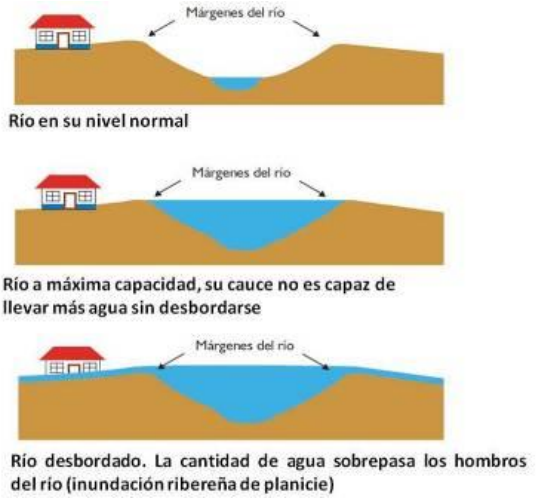
Figura 34. Bajíos vistos desde Santa María Nativitas a Tecoac.

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 36).

Figura 35. En el extremo de la calle Lic. Alcántara Pérez del Circuito Salvador Sánchez Colín en la zona industrial las inundaciones son recurrentes, por lo que esta zona es de alto riesgo de inundación.

Se presentan en las zonas relativamente más planas y de menos pendiente del Municipio, este caso es sintomático en la parte oeste del Municipio donde se registra una interrupción de un cauce que provoca un aumento vertical del agua (por ejemplo las zonas de estrechamiento del cauce del Lerma como en el punto de la calle 1º de mayo); 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 36. Inundaciones ribereñas

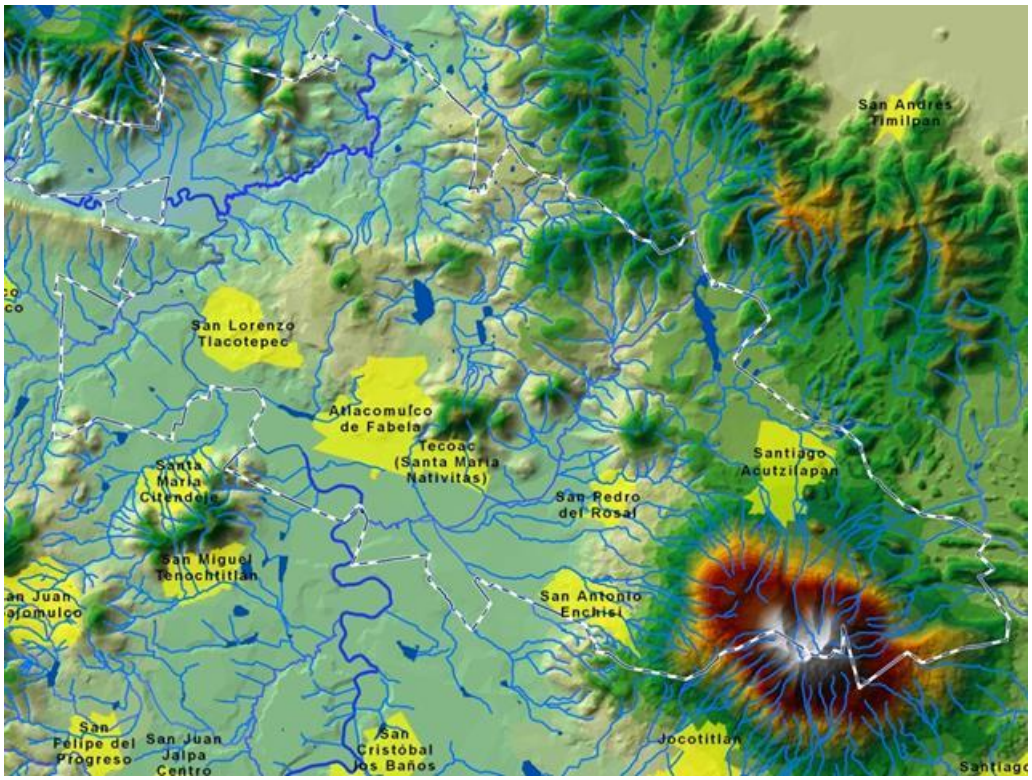


Las inundaciones repentinas, suceden en zonas relativamente pequeñas, localizadas en la parte baja de una microcuenca o sea en un cauce de un río en las que escurre toda el agua de una precipitación, filtraciones, deshielos e incluso descargas de aguas residuales (en el caso de Atlacomulco esta zona es la centro-sur desde los cerros del Maye y La Peñuela hasta el volcán Jocotitlán. Ver mapa de pendientes). 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.

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 norte 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.

Figura 37. Mapa de pendientes de Atlacomulco.



Identificación de zonas de inundación

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

1. Se efectúo 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.

Para el caso de Atlacomulco, se determinó que la cuenca que causa mayores estragos en la población, debido a inundaciones, es la del río Lerma. Por ello se tratará de una forma profunda y largamente, sin dejar de lado las cuencas pequeñas y rápidas al norte del Municipio.

Figura 38. Zonas inundables en Atlacomulco

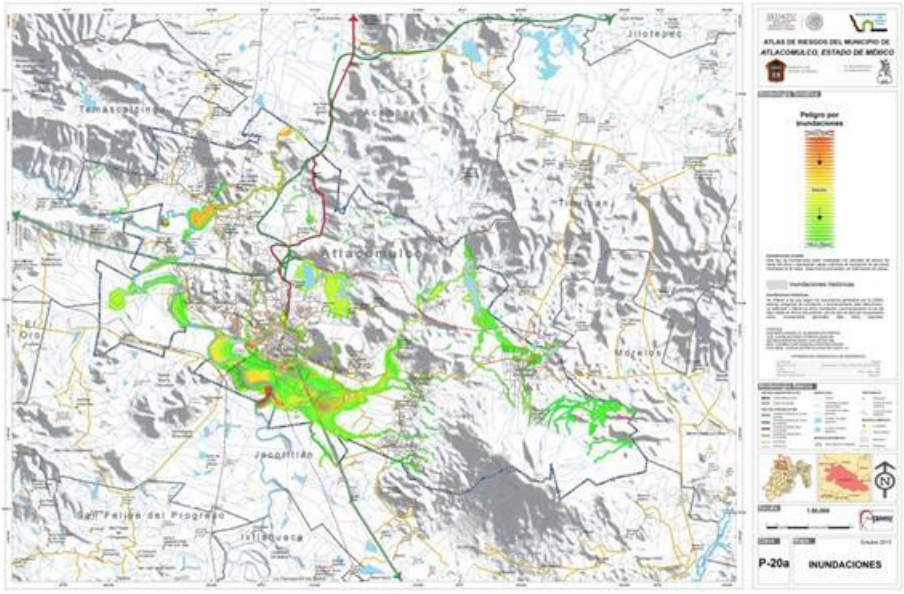
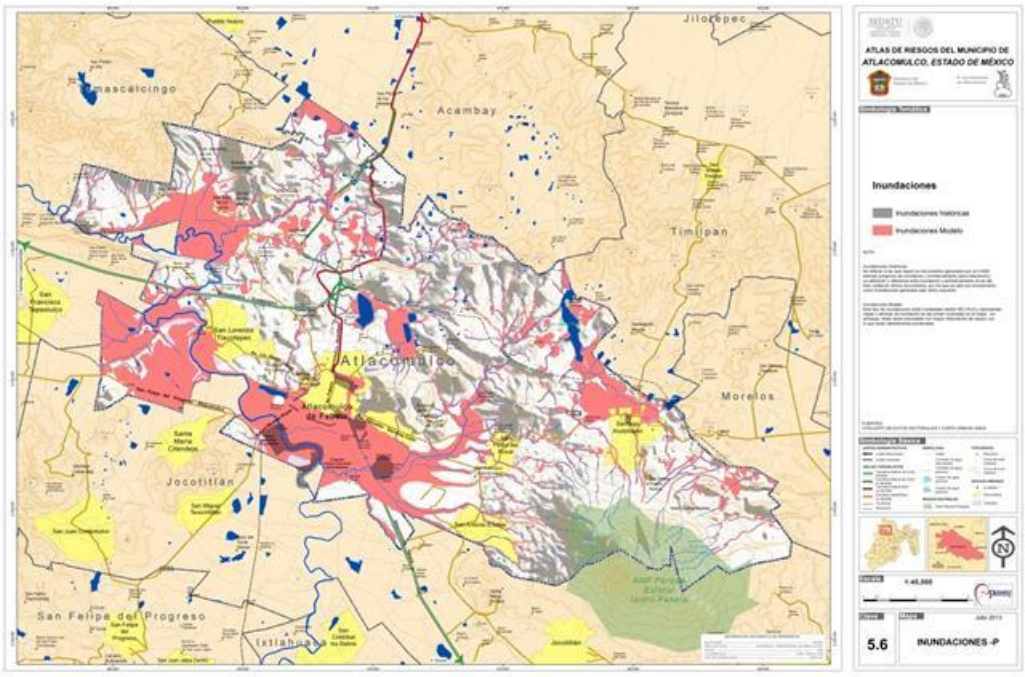
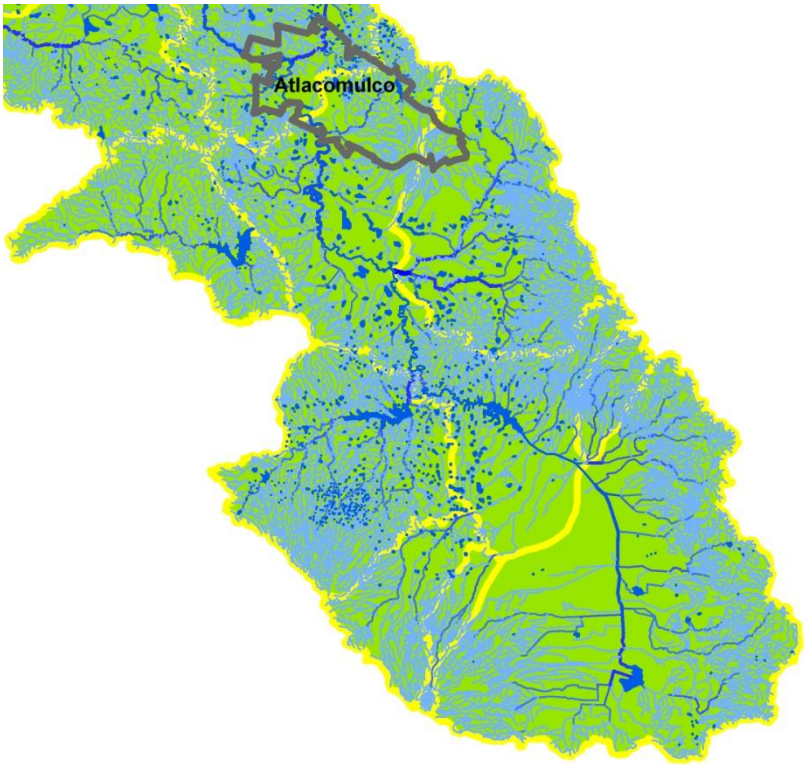


Figura 39. Zonas bajas en Atlacomulco y con pendiente <10º.





La cuenca del Río Lerma en el Estado de México abarca desde el centro del Estado de México hasta el noroeste con los límites de Querétaro y Michoacán; ocupa 11% del Territorio de la Cuenca Lerma Chapala en una superficie de 5,354 km2, lo que representa 24% del territorio estatal (33 Municipios).

El río Lerma desde sus orígenes recibe directamente las descargas urbanas e industriales de las localidades de Almoloya del Río, Santiago Tianguistenco, San Mateo Atenco, la ciudad de Toluca y todo el corredor industrial Toluca-Lerma y debido a las descargas urbano-industriales de la ciudad de Atlacomulco, el río no alcanza a recuperar niveles de calidad aceptable (Montgomery Watson, México 1991:21). El 86% del suelo tiene uso agrícola, pecuario y forestal; existen 1320 localidades: 46% son rurales, 38% urbanas y 16% mixtas y existe una población total de 2.7 millones de habitantes; 63% habita en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Tiene una densidad de 447 hab/km2 en la Cuenca del Lerma y 733 hab/km2 en el Valle de Toluca

Por lo anterior, cuando se llega a inundar el Lerma en las coordenadas del territorio Atlacomulquense el agua que inunda las zonas del Municipio es un líquido con muy altos índices de materiales tóxicos[2] esto aunado a que el 57% de la Superficie total de la Cuenca[3], presenta algún tipo de erosión conlleva a pensar que los niveles de azolve comenzarán a hacer que el lecho pierda profundidad y por tanto el gasto del río rebase los hombros que normalmente marginalizan las aguas del río.

2 Boehm S. B, Et Al, El Colegio de Michoacán, Universidad de Guadalajara. Los Estudios del Agua en la cuenca Lerma_Chapala-Santiago. Zamora Mich. 2002
3 Secretaría del Agua y Obra Pública Comisión Coordinadora para La recuperación Ecológica de la Cuenca del Rio Lerma.2012.

Figura 40. Esquema de recarga-inundación: en el punto No. 1 se observa la zona de acumulación pluvial en la colonia La Garita; No. 2 se observa la vialidad (Platón + Isidro Fabela Norte) por donde escurre el agua que viene desde el punto 1; No. 3: Zona baja inundable donde se acumula el agua por ser depresión natural. La inundación debe ser evitada por medio de limpieza y desazolve de la red de drenaje.

Figura 41. Zona inundable en el Boulevard Jiménez Cantú norte.

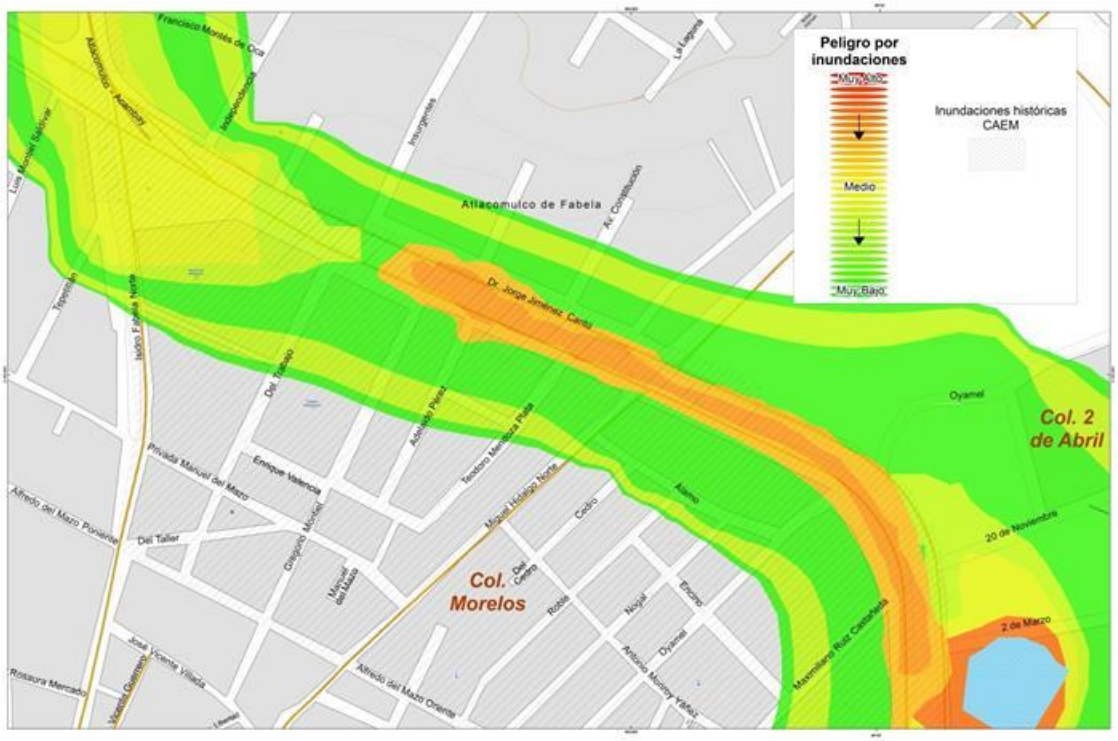


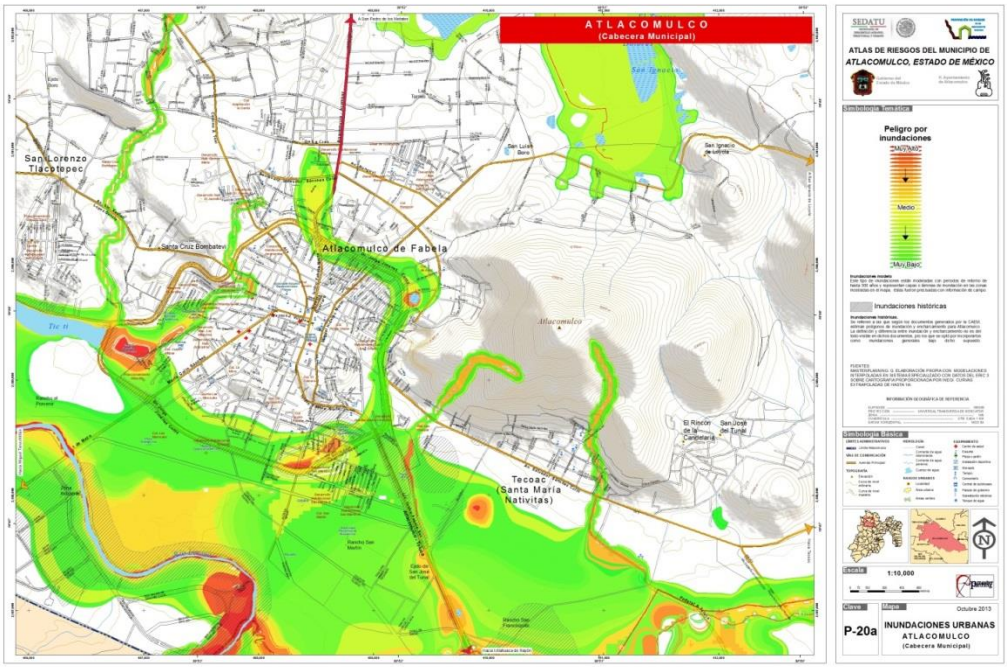
Figura 42. Cuencas de respuesta rápida al oeste del volcán Jocotitlán.

Figura 43. Cuenca de repuesta rápida al norte del volcán Jocotitlán.

Antecedentes

Atlacomulco cuenta con un atlas de riesgos del año 2012 y diversos estudios por parte de CAEM 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 44. Zonas inundables en la zona urbana de la cabecera municipal.



Las áreas que se determinaron en ambos documentos municipales se emplearon como referente y punto de inicio para comenzar el trabajo de identificación en campo. Sin embargo, como se menciona más adelante, en el presente documento se modeló, estimó, calculó y verificó en campo cada una de las áreas de peligro definidas por dichos procesos.

Figura 45. Pasando la calle Máximo Montiel en el Circuito Salvador Sánchez Colín se encuentra una depresión que representa un área inundable en la zona industrial (vista al norte).

Inundaciones en la zona industrial

Al sur del Municipio en las confluencias con el Municipio de Jocotitlán se emplaza la zona industrial de Atlacomulco, misma que sobreyace en una zona de lomeríos que determinan los meandros del cauce del río Lerma. Es de hacer notar que los bordos y en general los 'hombros' de dicho río se ven comúnmente rebasados por las crecidas del escurrimiento en cuestión y generan anegaciones en toda la parte externa del circuito Sánchez Colín. Como se mencionó antes la zona de lomeríos se ve interrumpida por bajíos que son áreas naturales de recarga y regulación del río Lerma por lo que deben de ser conservados como tales y no instalar más naves industriales en dicho deprimidos, por ejemplo en el Circuito Salvador Sánchez Colín pasando la calle Máximo Montiel se encuentra una depresión que representa un área inundable como lo muestra la siguiente figura.

Figura 46. Pasando la calle Máximo Montiel en el Circuito Salvador Sánchez Colín se encuentra una depresión que representa un área inundable en la zona industrial (vista al sur).

Figura 47. Cuerpo de agua intermitente cerca del Circuito Salvador Sánchez Colín en la zona industrial.

Figura 48. En el extremo de la calle Lic. Alcántara Pérez del Circuito Salvador Sánchez Colín en la zona industrial las inundaciones son recurrentes, por lo que esta zona es de alto riesgo de inundación

En particular cabe destacar cuatro sitios en los que se han presentado diversos problemas relacionados con las inundaciones.

A. En el sitio ubicado frente a la calle 1° de mayo en el Parque industrial, junto a la planta estéril, se aprecia la discontinuidad del bordo posiblemente por rebase de la corriente y/o socavación, por lo que es necesario reforzar esa zona de forma inmediata para la próxima temporada de lluvias, amén de que se requiere, como se menciona en la parte final de este reporte, de un análisis integral que proponga medidas de protección, reencauzamiento, limpieza y alivio si fuera el caso, dependiendo de los resultados del estudio. La actual colocación de costales de arena en el sitio, es una medida provisional y que evidentemente es insuficiente. (ver fotos 1, 2, 3 y 4).

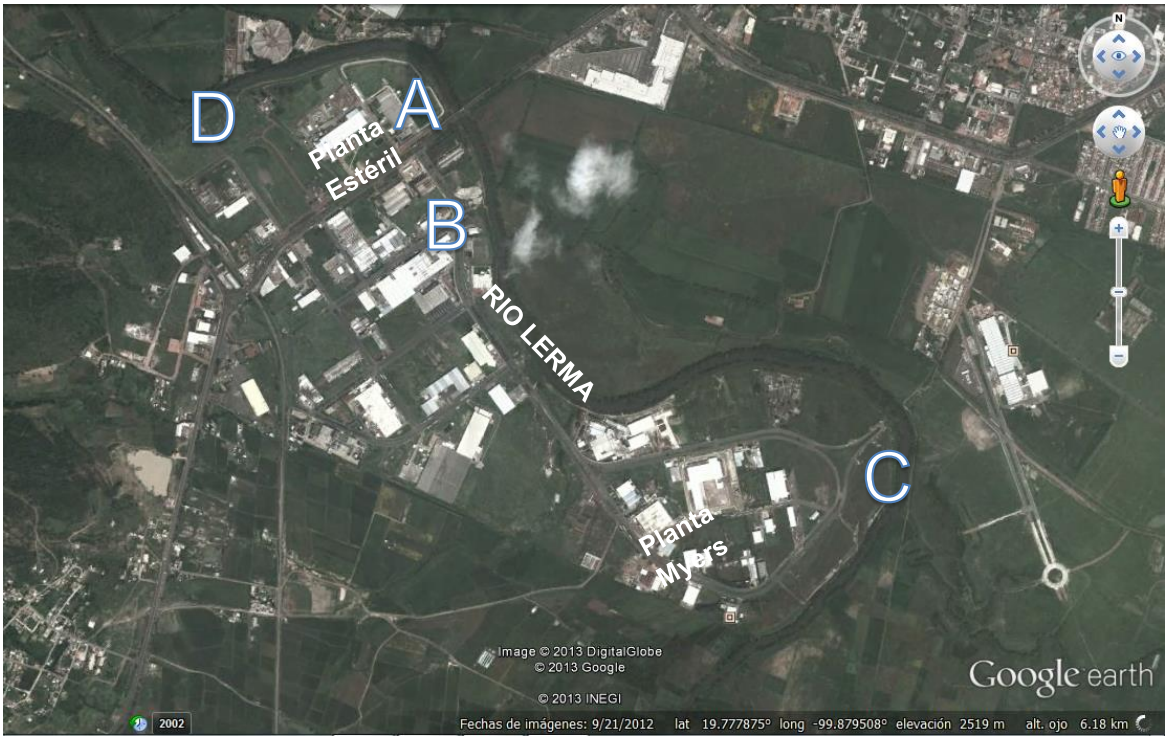


Foto 1 Bordo junto a Planta Estéril en Parque Industrial

Foto2 Se aprecia la sección ensanchada del Río

Foto 3 Refuerzos de costales de arena para sobreelevar bordo

Foto 4 Vista de costalera en el bordo

B. Bordo frente a la calle Juan Monroy, junto a la planta de productos farmacéuticos BRULUAGSA, donde se reporta también inundación, aunque se aprecia en la corona del bordo que se ha compactado y pavimentado lo que le brinda mayor resistencia y protección.(Fotos 5 y 6)

Foto 5 En el sitio B se aprecia azolvamiento y basura en las márgenes del Río, la empresa que colinda con el Río al parecer opera el limnímetro que se aprecia.

Foto 6 en la misma zona se aprecia azolvamiento en el intradós de la curva del Río.

C. Frente a la Planta de Myers desde la vuelta de la calle Ing. Sánchez Colín hasta la calle Ing. Alcántara López, toda la zona se vislumbra como la zona más baja y con un fuerte desnivel respecto a bordo del Río lo que representa una zona potencial de inundación de mayor profundidad. Las características del todo el sitio podrían constituir una posible ubicación para una laguna de regulación, cuestión que dependerá de las condiciones de propiedad y uso de las lotes que actualmente están sin ocupación y se ven parcialmente anegados.(Fotos 7,8,9 y 10)

Foto 7 Vista del Bordo en la zona de mayor potencial de inundación

Foto 8 En la misma zona se aprecia el desnivel entre el bordo y el terreno colindante

Foto 9 vista del terreno con el margen del Rio a espaldas

Foto 10 Vista de la amplitud del terreno

D. Accediendo por la calle Nicolás González Fabela, se llega a la sección del Río en la cual se observa un desfogue de drenaje, se aprecia la erosión del bordo al lado y el nivel del cauce respecto al desfogue.(Fotos 11, 12 ,13 y 14)

Foto 11 Acceso a la calle Nicolás González Fabela hacia el margen del Río.

Foto 12 Desfogue de drenaje hacia el Río-

Foto 13 Vista del bordo al costado aguas arriba del desfogue se aprecia erosión del talud.

Foto 14 Vista completa de la obra de desfogue.

Riesgos por inundación

El riesgo por inundación en el Municipio de inundación se asocia a las variables de vulnerabilidad aunada al nivel de amenaza (peligro) determinado en el presente atlas. Por ello se determinó que la vulnerabilidad se obtendría de los indicadores sociodemográficos y de construcción física de las viviendas del Municipio de Atlacomulco a nivel manzana.

Figura 49. San Pedro del Rosal. Escurrimiento que desciende la parte norte del volcán (abajo imagen satelital del río) nótese media docena de viviendas en condición de riesgo.

Figura 50. Lavaderos (techumbre de lámina gris) en zona baja cercana al cauce del río en San Pedro del Rosal

La infraestructura hidráulica ha modificado sustantivamente el cauce de ríos y arroyos en el Municipio al reducir sus secciones y 're-encauzar' sus talwegs originales, haciendo que los escurrimientos se comporten de formas erráticas e impredecibles lo que aumenta de forma muy acentuada la posibilidad de ocurrencia de inundaciones por desbordamiento.

Figura 51. Izquierda: alcantarilla en carretera Atlacomulco-Toluca. Derecha: alcantarilla bajo camino local a Enchisi.

Figura 52. Canal al oeste de San Francisco Chalchihuapan (zona deprimida)

Figura 53. Riesgo por inundaciones en el Municipio de Atlacomulco

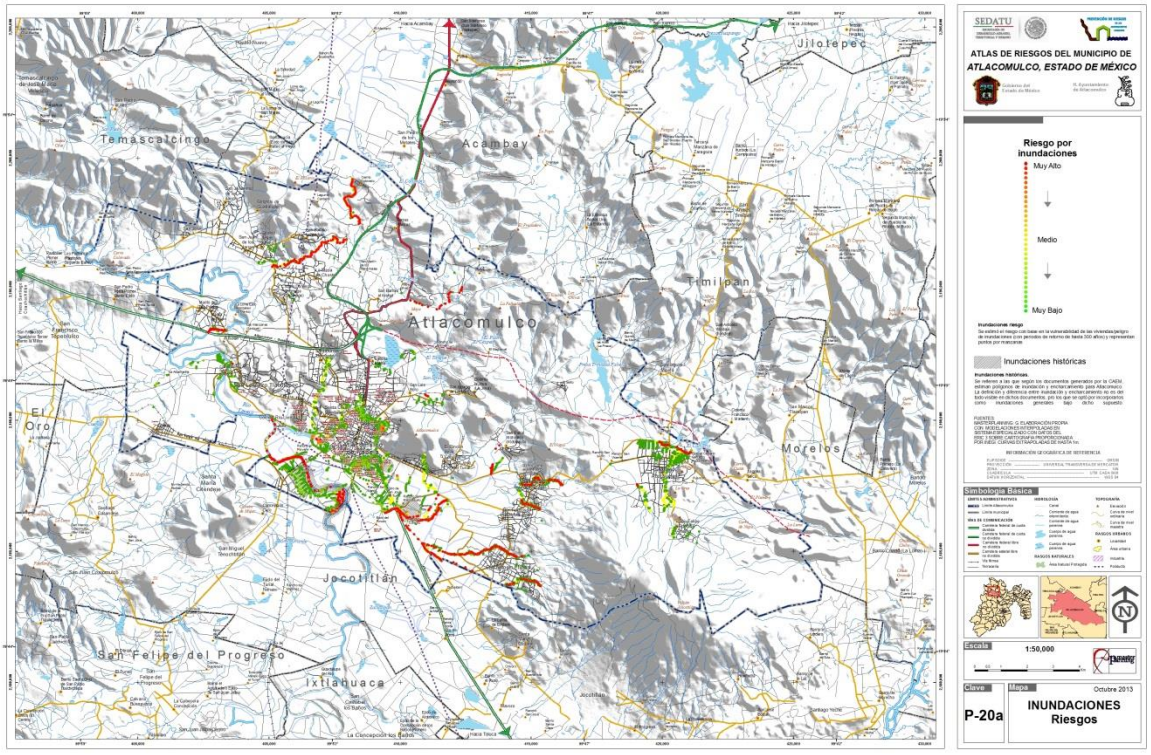


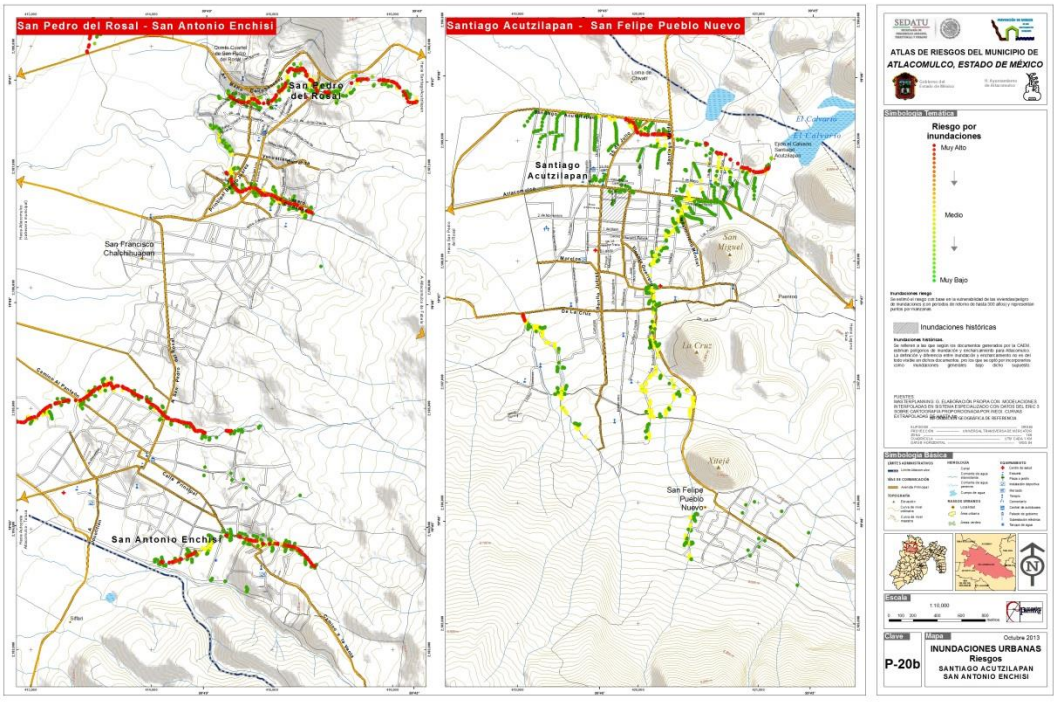
Figura 54. Vivienda en riesgo de avenida repentina en barranca entre San Francisco Chalchihuapan y San Antonio Enchisi (Avenida repentina de cuenca oeste del volcán Jocotitlán).

Figura 55. Santiago Acutzilapan. Vista hacia el volcán Jocotitlán, en rojo las zonas de inundaciones, que debido a la pendiente se pueden transformar en avenidas repentinas.

Figura 56. Calle Vicente Guerrero en Santiago Acutzilapan; viviendas en cauce de río de avenidas repentinas con capacidad de arrastrar rocas de hasta 2 toneladas

Figura 57. Calle Vicente Guerrero en Santiago Acutzilapan.

Figura 58. San Felipe Pueblo Nuevo. Barranca de rápida respuesta



En la cabecera municipal de Atlacomulco el principal riesgo por inundación se produce al alternarse fuertes precipitaciones en la ciudad y sus alrededores junto con el colapso de la red de drenaje sanitario (que funge como pluvial). Dicha situación provoca que el agua escurra superficialmente por toda la ciudad. En el siguiente mapa se aprecia la distribución de los puntos de riesgo en la cabecera.

Figura 59. Puntos de riesgo en la cabecera municipal.

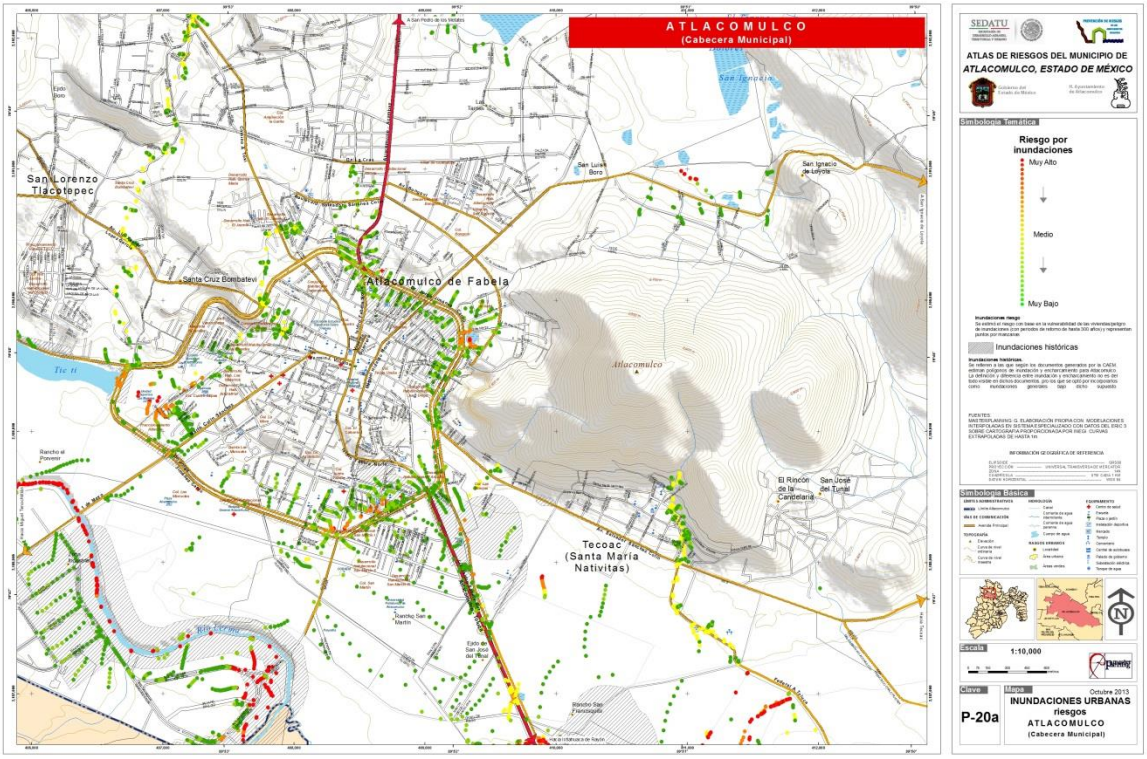


Figura 60. Izquierda: zona baja en calle Bugambilias. Derecha: Canal de desagüe pluvial en el circuito Jiménez Cantú en la Colonia Isidro Fabela

Figura 61. Canal de desagüe pluvial en el circuito Jiménez Cantú en la Colonia Isidro Fabela. Punto más deprimido de la colonia.

Figura 62. Al fondo zona deprimida en calle de Las Fuentes

San Lorenzo Tlacotepec,

El puente de Dalia número 2 (punto E), se aprecia que siendo un puente de piedra a base de arcos de soporte, se reduce considerablemente el área hidráulica, es previsible que en épocas de avenidas los troncos y ramas se conviertan en trampas entre los pilares del puente que provocan una reducción en su eficiencia de drenaje, se debe limpiar periódicamente, en el momento de la visita existía una obstaculización de un tronco en uno de los arcos. En eventos extraordinarios el embalsamiento aguas arriba del puente puede ser importante y provocar inundaciones. (Fotos 15,16, 17, 18 y 19).

Foto 15 Puente de piedra con soporte de arcos.	Foto 16 obsérvese el tronco a la salida del puente en el salto de agua.

Foto 17 Vista del tramo entre los puentes de arco y concreto, se observan los márgenes de piedra natural.

Foto 18 Vista del puente de concreto

Foto 19 Vista del puente de arcos desde la parte alta.

Aguas abajo del puente de concreto se aprecia la formación rocosa y la ubicación de un puente de concreto, en esta zona es previsible también el embalsamiento en ciertas condiciones de avenidas extraordinarias, aunque funciona como un pequeño vaso regulador, la reducción del área hidráulica por azolvamiento y basura pasando ese puente, en el paraje llamado “Los Treinta” ha dejado ya rastros de inundación, particularmente en la zona donde desemboca una obra de drenaje y se ha realizado un entubamiento hacia el Río, sin ningún mecanismo de control, como podría ser una válvula para evitar el regreso del agua en avenidas máximas. (Fotos 20, 21, 22 y 23)

Foto 20 vista cercana del margen del Río desde el paraje de “Los Treinta”.

Foto 21 Vista de las pendientes hacia el margen del Río en “Los Treinta”.

Foto 22 Excavación realizada en el paraje “Los Treinta” para drenaje hacia el Río.

Foto 23 Zanja para drenaje por donde se regresa los flujos en avenidas extraordinarias.

Figura 63. Zona inundable al sur del Río Lerma en el Cuartel Quinta Sección el Puente en San Lorenzo Tlacotepec.

5.2.11. 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.
- Mantente alerta a los comunicados de las autoridades y las medidas establecidas por la Dirección de Protección Civil
- Ubica 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 de la ciudad 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 flamables.

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 y obras preventivas de inundaciones.

- Es claro que los puntos de riesgo se encuentran distribuidos tanto en las depresiones como en las vialidades que fungen como 'canal abierto' de los escurrimientos pluviales, mismas vialidades que pueden inundarse con gran facilidad al saturarse el sistema de drenaje por lo que es necesario que se de mantenimiento, limpieza y desazolve de la red de drenaje para evitar los encharcamientos e inundaciones.

- Sin embargo lo anterior solo aminorará el efecto de las mismas y para que se erradiquen de la cabecera municipal es necesario que proyectar y construir un sistema de drenaje pluvial con una profundidad y diámetro tales que sea capaz de desfogar las precipitaciones más extremas que se presenten en la cuenca de la cabecera municipal.

- Por otra parte, si bien en el presente documento se identifican los principales peligros de inundación por el Río Lerma, debe realizarse un análisis hidrológico integral que incluya las aportaciones de aguas arriba de la cuenca provenientes de las presas así como su transformación a lo largo de la corriente y las aportaciones de drenajes de afluentes de microcuencas y subcuencas incluyendo desde luego seccionamientos del Río en su trayecto, posibles obstáculos aguas abajo, para establecer los perfiles hidráulicos y posibilidades de rebases e inundaciones en la zona de los bordos de protección.

- Partiendo de los parámetros hidrológicos de caudales, perfiles y áreas inundables ante diversas aportaciones pluviales (condiciones extremas de diferentes periodos de retorno), servirán para evaluar y diagnosticar las condiciones y eficiencias de los bordos de protección y en su caso la necesidad de rectificaciones y desazolves de secciones del cauce.

- Adicionalmente se deben estudiar las condiciones mecánicas y de permeabilidad de los suelos que sirven de contención en las márgenes, para evaluar la estabilidad que tienen las protecciones y en su caso reforzarse.

- De manera inmediata, realizar el proyecto ejecutivo del sistema integral de drenaje de la cabecera municipal.

  Antes de la próxima temporada de lluvias, realizar el desazolve de los colectores principales.

  Al corto plazo iniciar las obras de construcción del drenaje en las zonas indicadas como inundables.

- Reforzar los bordos de contención a lo largo de los seis km del meandro que envuelve a la zona industrial.

  Realizar el levantamiento topográfico de la zona industrial y el cauce del Río Lerma, de preferencia con curvas de nivel al menos a cada metro. Evaluar la conveniencia de realizarlo mediante el sistema Lidar (Laser Imaging Detection and Ranging).

  Elaborar el proyecto ejecutivo, destacando la mezcla de materiales a utilizar y la nivelación.

En el mapa "O-01 OBRAS PROPUESTAS" se identifica la localización de obras o acciones puntuales a realizar en el corto plazo

En materia de riesgos geológicos

Retirar rocas con maquinaria y canalizar escurrimientos del cuerpo de agua en el Arco Norte, cerca de Tierras Blancas

Realizar obras de protección de taludes y canalización de arroyos en la carretera Atlacomulco – Acambay, cerca de San Bartolo El Arenal

Elaborar estudios para reubicación de la población y geofísicos en la Colonia 2 de Abril

En materia de riesgos de inundación

Ampliación de secciones de río y reubicación de asentamientos en cauces en el Río Lerma

Elevación de hombros del río Lerma

Reubicación en asentamientos en zonas de influencia de las avenidas repentinas

Mantenimiento, limpieza y desazolve de la red de drenaje y construir un sistema de drenaje pluvial profundo

Colocación de válvula de control de avenidas en Los Treintas

Evaluar construcción de vaso de regulación en la zona de inundaciones recurrentes del parque industrial

Reforzamiento de muro de contención en el parque industrial

Garantizar la limpieza permanente del cauce en los arcos del puente de San Lorenzo Tlacotepec