

# Atlas de Riesgos Naturales Aquixtla 2012

Noviembre 2012

DESARROLLO DE PROYECTOS DE GOBERNABILIDAD

Municipium SC. Av. del Parque 83-501, Nápoles 03810. México DF



## CRÉDITOS

### C. PRESIDENTE MUNICIPAL

Ing. Emigdio Espinosa Cruz

Elaborado por

DESARROLLO DE PROYECTOS DE GOVERNABILIDAD, Municipium SC.

Clúster de la empresa

### LÍDER DE PROYECTO

Lic. Hugo González Gutiérrez

### INVESTIGADORES COLABORADORES

Lic. en Geografía Abigail Reyes Velázquez

Lic. en Geografía Daniela Romero Rico

Dr. Juan Ansberto Cruz Gerón

C. Juan Roberto Pérez Ruiz

D.A.H. Víctor Salas Castilla

## ÍNDICE

CRÉDITOS .....	2
ÍNDICE .....	3
CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción.....	4
1.1 Introducción.....	5
1.2. Antecedentes .....	5
1.3. Marco Jurídico.....	6
1.4. Objetivo.....	7
1.5. Alcances .....	7
1.6. Metodología General .....	7
1.7. Contenido del Atlas de Riesgo .....	8
CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio .....	9
2.1. Determinación de la Zona de Estudio .....	10
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural .....	13
3.1. Fisiografía.....	14
3.2. Geología .....	16
3.3. Geomorfología .....	17
3.4. Edafología.....	21
3.5. Hidrografía .....	22
3.6. Climatología .....	23
3.7. Uso de suelo y vegetación .....	24
3.9. Problemática ambiental.....	27
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos .....	28
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población...29	
4.2. Características sociales .....	33
4.3. PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA ZONA .....	40
4.4. ESTRUCTURA URBANA.....	41
CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural .....	42
5.3. Otros fenómenos .....	85
5.4. Vulnerabilidad .....	88

# CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción

## 1.1 Introducción

En el País, Estados y Municipios coexisten tanto peligros como riesgos generando problemáticas complejas y diversas entre los asentamientos humanos, éste es el caso del Municipio de Aquixtla, que impulsa la puesta en marcha de instrumentos integrales de ordenación y planeación, con la visión de que sean vinculados a la identificación de los riesgos, que permitan un uso y aprovechamiento sustentable del suelo, considerando todos los factores dentro de los procesos que intervienen en la transformación de éste, especialmente en la protección y ordenación de los asentamientos humanos.

Una de las problemáticas municipales tiene que ver con los procesos y formas de urbanización (aunque precarias) que se han desarrollado sobre el territorio en el que existen peligros que, aunados a la vulnerabilidad, generan procesos de riesgo por el efecto de distintos eventos naturales, por lo que, resulta prioritario ubicar espacial y temporalmente el peligro, además de localizar geográficamente la vulnerabilidad física y social de los sistemas expuestos, para finalmente representar diversos escenarios de riesgo mediante la evaluación cuantitativa de las pérdidas derivadas del impacto de diversos fenómenos perturbadores.

En la actualidad, el incremento en la vulnerabilidad de un territorio, ante la presencia de fenómenos naturales cada vez más intensos como frecuentes, conlleva a la necesidad de formular estrategias para introducir medidas apropiadas de prevención y mitigación que respondan a las prioridades de la comunidad, en base a un análisis de la vulnerabilidad como evaluación del riesgo; creando una conciencia mayor sobre la preocupación de la comunidad y el propio gobierno, sobre los riesgos que puedan estar presentes en un territorio determinado.

El objeto del presente Atlas de Riesgos nace de la inquietud de las autoridades del Municipio de Aquixtla para identificar el grado de peligrosidad que los fenómenos meteorológicos y geológicos causan en su territorio y a los asentamientos humanos, detectados con la ayuda de instrumentos técnicos y tecnológicos. La importancia es tal, no sólo por su presencia económica y demográfica, sino principalmente por su gente, que apuesta por un desarrollo de vida sustentable y seguro.

El Atlas de Riesgos es un instrumento estratégico formulado a partir de un estudio técnico que identifica, en contexto geográfico la zona analizada, los riesgos a los que están expuestos tanto la población como la infraestructura pública, que

permitirá al Municipio definir planes para las políticas de seguridad en materia de protección civil; así como facilitar la comprensión de la dimensión física y demográfica a nivel localidad.

En la gestión integral de riesgos, el primer paso es contar con un atlas con el que se identifiquen y analicen los peligros y la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta la población, lo que permitirá aplicar medidas concretas como sistemas de alerta, medidas de prevención, identificación de espacios seguros y adecuados para proteger la vida de las personas, actualizar su normatividad entre otras acciones. El siguiente paso, consiste en prevenir estos riesgos a través de mantener a la población informada, se elaboran planes y simulacros de evacuación, integración de grupo de brigadistas, identificación de obras de mitigación para elaborar el proyecto ejecutivo para su construcción. Finalmente, se deberá llegar a la elaboración y diseño de escenarios de riesgo en coordinación con otras instancias y buscar el financiamiento para las obras más adecuadas en materia de prevención, ya sea con recursos propios o de los otros órdenes de gobierno.

## 1.2. Antecedentes

El municipio de Aquixtla ha sido escenario de diversos fenómenos geológicos e hidrometeorológicos, asociados en su mayoría a procesos de saturación del suelo. Es decir que cuando las lluvias y la humedad se intensifican en el territorio municipal, los cerros compuestos por intercalaciones de areniscas y calizas suelen presentar procesos de remoción en masa (PRM) y en las partes bajas y cauces, son comunes las inundaciones y avenidas repentinas.

El **Atlas Estatal de Peligros de Puebla**, identifica a todo el territorio municipal con peligro ante fenómenos gravitacionales o de ladera (que en este estudio se denominaron Procesos de Remoción en Masa PRM). Sin embargo la delimitación, detalle y precisión de las zonas de probable peligro tiene una escala muy grande, por lo cual la precisión que se requiere para determinar con exactitud zonas de peligro será desarrollada en el presente instrumento.

Entre el 1 y 7 octubre de 1999, un fuerte temporal que azotó a toda la sierra norte de Puebla, provocó fuertes inundaciones, desborde de los principales ríos y deslave de cerros, que causaron pérdidas de vidas y desaparecidos, así como cambios en la topografía de la región. Una zona montañosa de la Sierra Madre Oriental, de aproximadamente 5,000 km<sup>2</sup>, fue afectada en el transcurso de dos días por miles de procesos gravitacionales de caída, deslizamiento, flujo y combinación de éstos, con volúmenes de unos metros cúbicos a cientos de miles de m<sup>3</sup> que dejaron cicatrices del orden de 10 a 100 m de longitud, en

pocos casos de centenas de metros. El detonador fue una lluvia de cuatro días, que representó en algunas localidades el 50–60% del total de precipitación anual.

El 20 de agosto de 2007 el cabildo del H. Ayuntamiento del Municipio de Aquixtla aprueba por mayoría de votos la donación de un predio, a favor del organismo público descentralizado, denominado "*Instituto Poblano de la vivienda*" para que dicho organismo continúe con la construcción de seis viviendas con una superficie de 140.00m<sup>2</sup> cada una para las personas que resultaron damnificadas por lluvias extraordinarias de 2006 y quedando la parte restante del predio como reserva para ser utilizado, únicamente en caso de emergencia o desastre natural

El fondo de Infraestructura Social Estatal en su ejercicio 2007 folio 20070610 propone una protección física y sanitaria en fuentes de abastecimiento, en los municipios de Aquixtla, Chilahoney, Huehuetla, Tlatlauquitepec, La fragua, Tepeyahualco, Teotlalco, Caltepec y Santa Catarina Tlaltempan del estado de Puebla

El 17 de septiembre de 2010 se presenta lluvia extraordinaria y como consecuencia de esta se presentas movimientos de remoción en masa que causa daños en la carretera Coacoyunga - Tetela de Ocampo de 30.93 km de longitud y en las localidades de Coacoyunga y Aquixtla

El 27 de diciembre de 2011 se publico una declaratoria de Desastre Natural Perturbador en el sector agropecuario, acuícola y pesquero a consecuencia de la helada que se presento en el municipio de Aquixtla y en general en los municipios ubicados en la sierra norte de Puebla, el día 9 de septiembre de 2011<sup>2</sup>

Del 9 a 11 de agosto de 2012 se presentaron fuertes lluvias, vientos huracanados, deslaves y cuantiosos daños materiales en los municipios de la Sierra Norte de Puebla consecuencia del huracán Ernesto, degradado a tormenta tropical al tocar tierra en las costas de Coatzacoalcos, Veracruz.

En particular la zona norte del municipio es susceptible a derrumbes y deslizamientos, mientras en la parte centro sur, en las inmediaciones del río Popocaya se han presentado tanto inundaciones y avenidas repentinas como los mencionados PRM en sus manifestaciones, como lo son derrumbes, deslizamientos y flujos. Dañando carretera que comunica la cabecera municipal con la capital del Estado y el oriente del mismo.

<sup>1</sup>Lugo-Hubp, Zamorano J, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Los procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla, octubre de 1999: Causa y efectos. v. 22, núm. 2, 2005, p. 212-228.

<sup>2</sup><http://www.sagarpa.gob.mx/normateca/Normateca/Declaratoria%20helada%20Estado%20de%20Puebla.pdf>

### 1.3. Marco Jurídico

De acuerdo al Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es el Municipio el que tiene la facultad de formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal, entre otros., dicho artículo dispone la facultad de las autoridades locales para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal.

Ley de Desarrollo Urbano Sustentable del Estado de Puebla

Artículo 13 Fracción X.- De las atribuciones de los ayuntamientos. Ejecutar por sí o en coordinación con las autoridades estatales, acciones para la prevención de riesgos y contingencias ambientales, naturales y urbanas en los centros de población.

Ley del Sistema Estatal de Protección Civil del Estado de Puebla.

ARTICULO 23.- Es obligación de cada Ayuntamiento, de conformidad con lo que establece la Ley Orgánica Municipal, integrar el Sistema Municipal, con el objeto de identificar y diagnosticar los riesgos a que está expuesta la población, elaborando el Programa Municipal de Protección Civil y el Atlas Municipal de Riesgos; así como propiciar la prevención y organizar el primer nivel de respuesta ante situaciones de emergencia o desastre.

Ley General de Protección Civil

En ellas misma se marca que los atlas de riesgo constituyen el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo; en el artículo 86 se enuncia que los Atlas Municipales de

Riesgos, deberán establecerse los diferentes niveles de peligro y riesgo, para todos los fenómenos que influyan en las distintas zonas, mismos lineamientos que son seguidos en el presente documento.

## 1.4. Objetivo

Diagnosticar, ponderar y detectar los riesgos en el Municipio Aquixtla con la representación gráfica de los riesgos que será generada en un sistema cartográfico dinámico, actualizable y compatible con sistemas de visualización satelital libres, apegado a las Bases para la Estandarización de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para la Representación del Riesgo, 2012 (en lo sucesivo, las “Bases”), emitidas por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)

## 1.5. Alcances

El estudio presenta dos etapas cronológicas de elaboración:

La primera etapa consiste en un acopio y análisis, que es parte inicial de la caracterización de los ámbitos naturales y sociales que intervienen en la construcción de riesgos. Lo que se presenta en dicha etapa es el resultado del acopio de información bibliográfica, temática, cartográfica, entrevistas con algunos informantes clave, de entre los actores que están en el gobierno municipal de Aquixtla.

La segunda etapa consiste en la descripción de los peligros, tal y como son definidos por las Bases para la Estandarización de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para la Representación del Riesgo de la SEDESOL2012 y será la síntesis de la información y datos recopilados durante la primera etapa. Las referidas Bases determinan el alcance mínimo, 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.

El contenido esencial de este documento consiste en la identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural. Adicionalmente a este documento, se entregará un CD con toda la información digital para consultarse, editarse y actualizar el Atlas de Riesgos de Aquixtla; así mismo se incluirán los metadatos, memoria fotográfica, fichas de campo, glosarios, bibliografía, shapes (coberturas geográficas), archivos de tipo “kml” y “kmz” (legibles a través de la plataforma pública de Google Earth), tablas de atributos, modelos raster y demás información de apoyo empleada para la conformación de este documento.

## 1.6. Metodología General

En una primera fase se realizó un diagnóstico de las amenazas que representan un peligro y de qué manera se asocian con los 18 fenómenos solicitados por SEDESOL en las Bases. En *momentum* del diagnóstico – descriptivo se estableció un proceso de investigación en gabinete y consulta de fuentes hemerográficas, para que el equipo de especialistas físicos y sociales posteriormente llevaran a cabo un análisis de campo, que permitió realizar una primera identificación de peligros con los datos obtenidos y generar información básica de éstos en la región.

Por medio de la cartografía disponible en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se generó un análisis espacial con las escalas más comunes (1:250,000, 1:100,000, 1:50,000, 1:20000, según la disposición por tema), coberturas de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Inventario Nacional Forestal y del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), imágenes de Google Earth, ortofotos de la zona de estudio y documentación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Para la segunda fase, una vez descrita la etapa de aproximación a los fenómenos perturbadores, se realizó un diagnóstico de la documentación e identificación de los riesgos hidrológicos, sísmicos, forestales y geológicos, que permitieron la identificación de peligros y cómo se asocian con las variables referentes a la población, al sistema productivo, al equipamiento y la infraestructura básica del sistema, determinando las condiciones y elementos que aporten una aproximación inicial de las dinámicas de vulnerabilidad.

En los ámbitos descritos se identificó la función del riesgo, mismo que será representado territorialmente en un sistema de información geográfica, para lo cual se requiere de las herramientas de software y hardware adecuadas, esto en la medida que la información disponible permita ser representada no solo para generar imágenes estáticas, sino las coberturas generadas serán parte de procesos dinámicos, ya que la representación del riesgo en un sistema cartográfico, requiere la comprensión de la relación que guardan entre sí los conceptos de amenaza o peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Esta serie de pasos involucra procesos que se desarrollaron durante la elaboración del Atlas. Los mismos se representaron en diferentes niveles de estudio. Los niveles cartográficos para representar los temas de peligro, vulnerabilidad y riesgo se apegaron a los 3 niveles de escalas que se determinan y desarrollan en el Capítulo II de este documento.

## 1.7. Contenido del Atlas de Riesgo

El contenido del presente documento se sujetó a los lineamientos estipulados en las Bases emitidas por la SEDESOL, las cuales indican el contenido y la caracterización del trabajo; el presente documento se fundamenta bajo el análisis del medio físico o natural, a la escala que la información cartográfica disponible en gabinete lo permite; la caracterización de los elementos del medio social se realizó a partir de los bancos de información estadísticos disponibles; se aborda de igual manera una descripción de la problemática en el deterioro ambiental que padece el Municipio; una primera identificación de amenazas, a partir de investigación con informantes clave y en documentos; un documento de anexos con información estadística que complementa los datos del documento central, así como la relación de mapas, fotografías, bibliografía y datos de quienes hacen este trabajo.

El primer capítulo contiene de forma breve las problemáticas relacionadas con peligros de origen natural históricos. Este apartado contiene todos los antecedentes y evidencias de eventos desastrosos en el Municipio. También se señalan las leyes y fundamentos jurídicos que motivan la elaboración del Atlas de Riesgos.

En el segundo capítulo se identifica la poligonal del Municipio en el que se describirán los elementos de la infraestructura básica tales como carreteras, caminos, líneas de conducción eléctrica, etcétera. Se describirán los problemas generales, proyectos viales, afectaciones, derechos de vía y estado de conservación de áreas naturales.

En el tercer capítulo se analizan los elementos que conforman al medio físico del Municipio de Aquixtla, a partir de las características naturales de la zona: fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso de suelo y vegetación, áreas naturales protegidas, problemática ambiental.

En el cuarto capítulo se desarrolla una caracterización general demográfica, social y económica del Municipio, con los indicadores básicos que revelan las condiciones generales del estado que éste guarda, los cuales describen entre otros fenómenos la dinámica geográfica, la distribución de la población, la mortalidad, y la densidad de la población, entre otros.

El quinto capítulo, analiza cada uno de los fenómenos de origen natural, identifica su periodicidad, área de ocurrencia, y grado o nivel de impacto sobre el sistema afectable para zonificar áreas de determinada vulnerabilidad en la zona de estudio. Toda vez que se ha identificado la zona de peligros y vulnerabilidad, se realizó la localización de los mismos en el Sistema de Información Geográfica para determinar las zonas de riesgos ante cada fenómeno.

## CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio

## 2.1. Determinación de la Zona de Estudio

Para la zona de estudio inicial del presente atlas de riesgos, convergen características geológicas, edáficas, fisiográficas e hidráulicas del mismo, son parte de un continuo geográfico que es necesario atender desde los niveles de estudio que abarquen más allá del límite administrativo-político del ayuntamiento. Como referencia del Municipio, se señala que Aquixtla se localiza en la sierra Norte de Puebla, la altura oscila entre 1,940 y 2,900 metros sobre el nivel del mar. Se localiza en el Norte del estado, cerca del límite entre Puebla y Tlaxcala. Tiene una superficie de 190 km<sup>2</sup>. Limita al Norte con el Municipio de Zacatlán; al este con Tetela de Ocampo; al Sur con Ixtacamaxitlán; y al Oeste con Chignahuapan.

El territorio se encuentra completamente sobre las estribaciones de la Sierra Norte de Puebla, que constituye el extremo meridional de la Sierra Madre Oriental. La Sierra Norte de Puebla se caracteriza por su escarpado relieve, donde las altas montañas se suceden en cadenas separadas por pequeñas mesetas. El Municipio de Aquixtla es surcado por cinco cadenas montañosas que forman parte del sistema de la Sierra Norte, estas altas montañas alcanzan alturas superiores a los 2,900 msnm, de modo que, desde el punto más bajo del Municipio en Pachuquilla (1940 msnm) hasta la máxima elevación en los cerros El Mirador, Viejo y El Muerto, las montañas se levantan alrededor de mil metros sobre el nivel de Pachuquilla.

El Municipio forma parte de la cuenca del río Tecolutla, de gran caudal que desemboca en la costa del Golfo de México en el estado de Veracruz. Específicamente, Aquixtla se encuentra ubicada en la sub-cuenca del río Zempoala, que tributa sus aguas en el río Ajajalpa, uno de los principales afluentes del curso alto del Tecolutla. Entre los ríos que nacen en el territorio aquixteco se encuentran el Cuahutolónico, el Texocoapan y el Xaltatempa.

Para paliar la condicionante del límite administrativo-político de Aquixtla (ante estudios con límites geográficos mucho mayores que el político), se estructura a partir de la aplicación de métodos y técnicas de análisis de organización territorial una clasificación de niveles de aproximación geográfica con diferentes escalas y mapas de "salida" que se emplean en el presente documento. A partir de la estructuración geográfica antes mencionada, se concluyó que es necesario contar con por lo menos 3 niveles de análisis espacial, que son:

- Cuenca hidrográfica (temas generales)

- Límite municipal (peligros y riesgos nivel municipal)
- Traza urbana o de manzanas (peligros y riesgos nivel detalle)

El nivel de cuenca hidrográfica es una aproximación a las características naturales del continuo natural que se enmarca dentro de la unidad de captación de agua de un escurrimiento. Es decir que en este nivel no sólo se contemplan los límites políticos administrativos de Aquixtla, sino que se incorpora a la visión cartográfica muchos de los municipios al Oeste del Municipio. En el nivel municipal se identificaron las zonas de alto impacto de riesgo como son en las inundaciones, erosión de suelo y depósito de sedimentos. El nivel traza Urbana se considera una identificación, evaluación y valoración de las construcciones de manera cualitativa y cuantitativa.

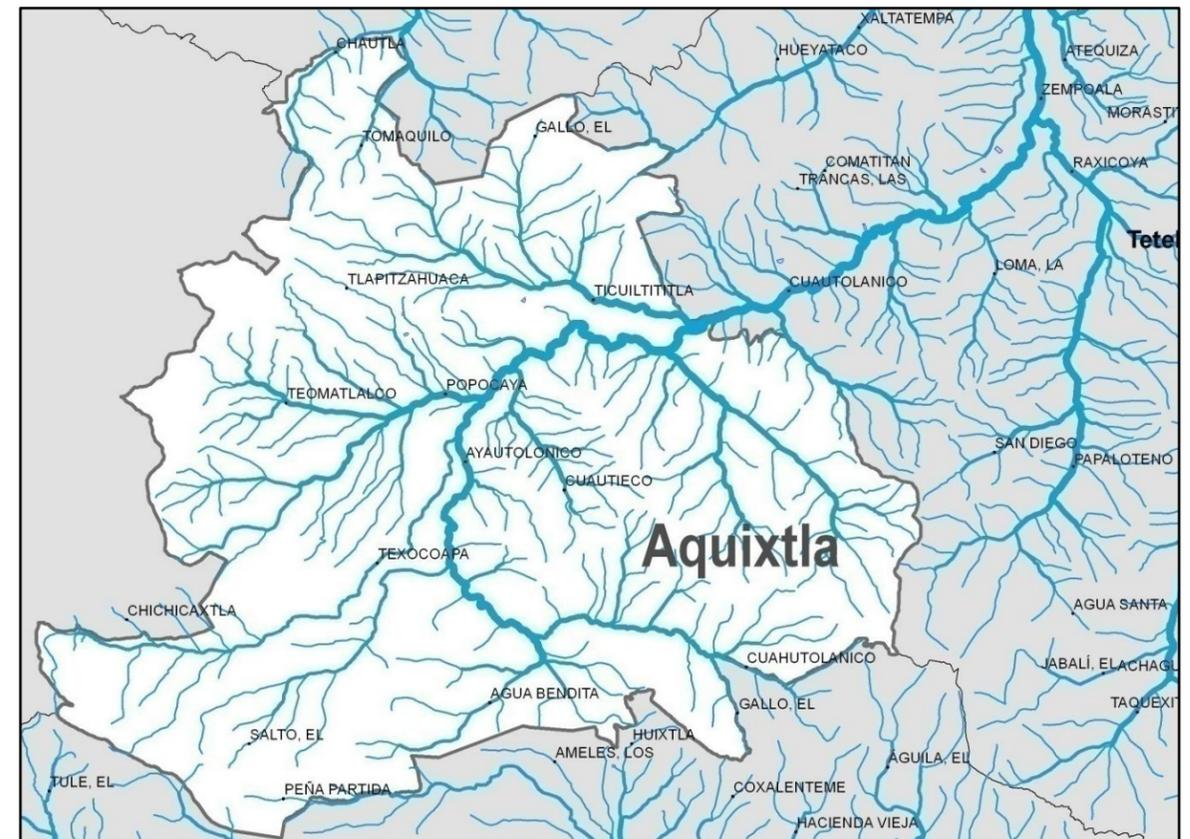


Ilustración 1. Municipio de Aquixtla escala cuenca.

A nivel de límite municipal, se contempla la superficie perimetral del Municipio, la cual fue delimitada por el INEGI en su Marco Geoestadístico Municipal 2010 y en la cual es posible visualizar las principales vías de comunicación, hidrología,

límites y curvas de nivel en una escala de 1:70,000 mediante una representación lineal de dichos rasgos, de igual manera es posible visualizar las áreas urbanas como manchas y las localidades rurales como puntos. Ilustración

En este nivel se visualizará de forma aérea cada uno de los peligros determinados en el mapa de nivel de límite municipal, sin embargo el nivel de precisión a detalle, será abordado en el nivel de manzana.

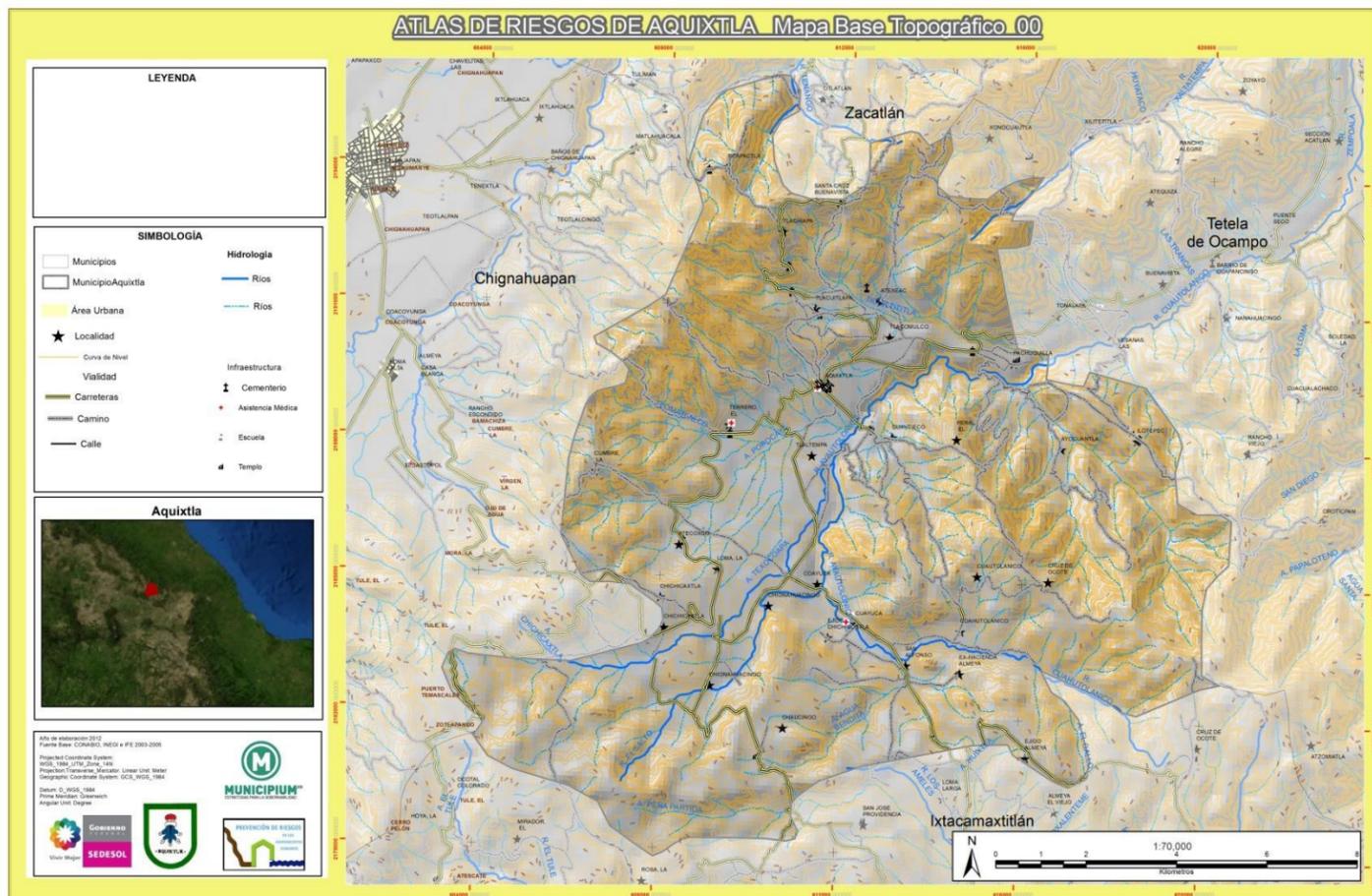


Ilustración 2. Mapa Topográfico. Nivel municipal

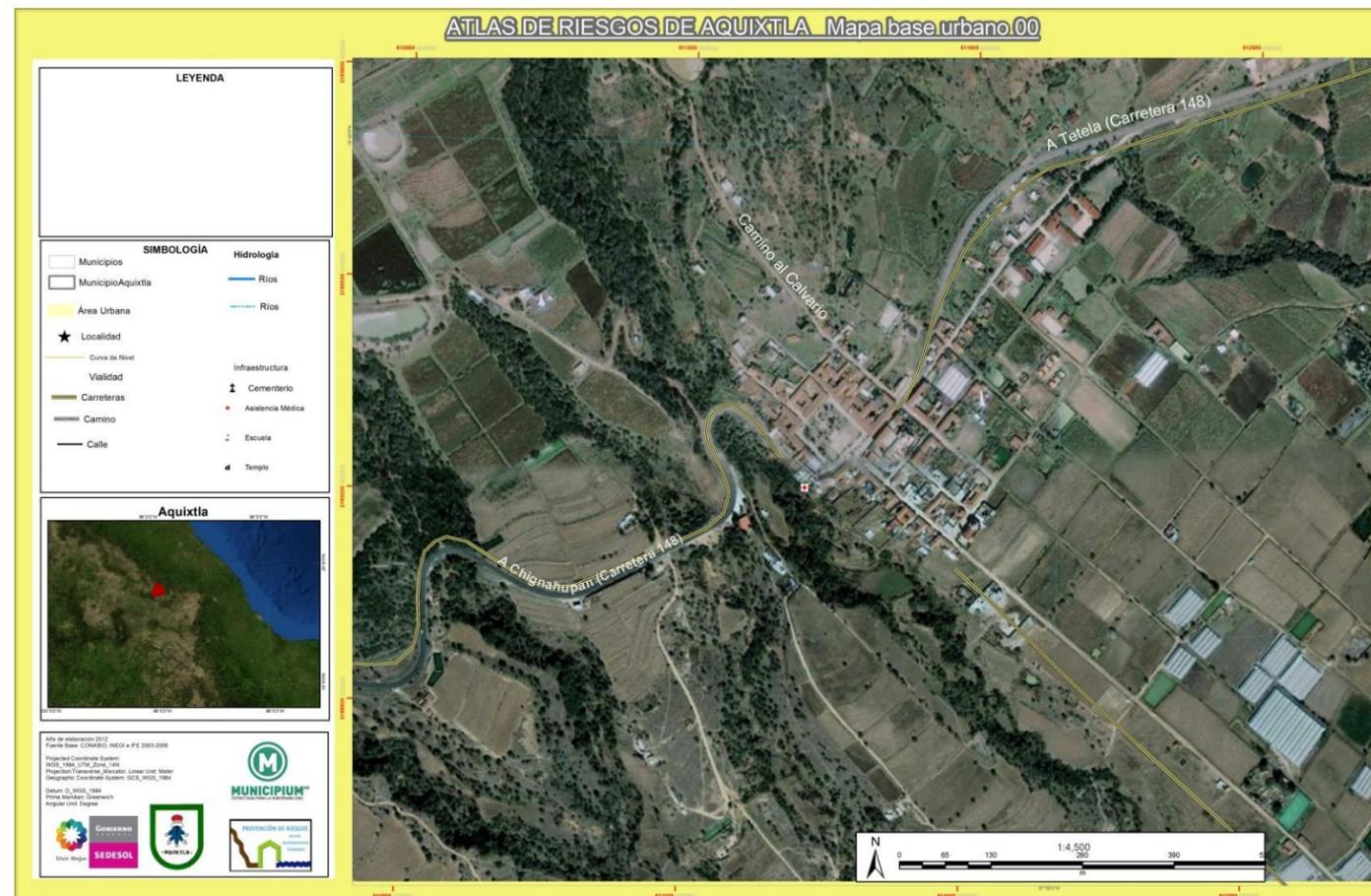


Ilustración 3. Nivel de localidad urbana.

El análisis a nivel de “límite municipal” es empleado para delimitar los peligros en primer nivel, a partir de éste y con relación a las características de los asentamientos dentro de la zona, se visualizan los peligros Geológicos e Hidrometeorológicos a nivel puntual y las áreas determinadas en los niveles siguientes, por ejemplo: las inundaciones se delimitarán de forma puntual para contar con la determinación municipal de peligros.

El nivel de localidad urbana es definido (ver Ilustración 3) por los asentamientos humanos relevantes dentro del territorio municipal y deben de ser visualizados con su respectiva mancha urbana, nombres de localidad e hidrografía.

El cuarto nivel es el más detallado de todos, el nivel de traza urbana o de manzanas se refiere a un alcance de escalas hasta de 1:5,000 ó de mayor detalle. Por ejemplo: la imagen demuestra la visual de dicho nivel de análisis en el cual se etiquetan nombres de vialidades, colonias e hidrografía y como rasgo característico el ameznamiento, equipamiento y servicios urbanos. Las zonas o polígonos de peligros serán identificados, ponderados y localizados a un nivel que permita localizar la manzana, predio o lote, en la cual tiene presencia el fenómeno perturbador.

### Determinación del nivel de análisis

La evaluación de riesgo se hace a partir de un análisis profundo de los fenómenos naturales que pueden representar una amenaza a la población en general y sobre todo a la más vulnerable, este es uno de los objetivos que se persiguen en este estudio, el nivel de análisis nos permite medir y evaluar la peligrosidad de un fenómeno y su respectivo riesgo, por tanto en la Tabla 1. Nivel de análisis Aquixtla se determinan los niveles de profundidad a los que se llegará en este estudio, en apego a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2012.

Los resultados obtenidos del análisis de cada fenómeno, junto con el conocimiento del territorio y las características de la población van a permitir a las autoridades municipales y los expertos en cada tema proponer alguno de los métodos para el tratamiento de los riesgos (medidas de mitigación), así se identificaran una serie de metodologías operacionales que se pueden implementar para prevenir, mitigar y evaluar riesgos, preparando planes y ejecutándolos.

Tabla 1. Nivel de análisis Aquixtla

Nivel de análisis*	Fenómeno	Escala de estudio
2	Fallas y Fracturas	1:70,000
2	Sismos	1:70,000
1	Tsunamis o maremotos	1:70,000
1	Vulcanismo	1:70,000
3	Procesos de remoción en masa (deslizamientos, derrumbes y flujos)	1:20,000 a 1:70,000
2	Hundimientos	1:70,000
1	Erosión	1:70,000
1	Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)	1:70,000
1	Tormentas eléctricas	1:70,000
1	Sequías	1:70,000
1	Temperaturas máximas extremas	1:70,000
1	Vientos Fuertes	1:70,000
3**	Inundaciones	1:10,000 a 1:70,000
1	Masas de aire (heladas, granizo y nevadas)	1:70,000

\*Nivel de análisis e acuerdo a las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2012.

\*\* Se realizará adicionalmente un estudio hidráulico de la infraestructura municipal.

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

### 3.1. Fisiografía

Aquixtla, Puebla presenta dos provincias fisiográficas, la primera corresponde al Eje Neovolcánico que se localiza al Sur del Municipio con una superficie de 144.47km<sup>2</sup> que representa el 76% del Municipio, la segunda correspondiente a la Sierra Madre oriental se localiza en la parte Norte del Municipio con 45.63 km<sup>2</sup> que representan 24% del Municipio.

Provincia	Km <sup>2</sup>	Porcentaje %
Eje Neovolcánico	144.47	76
Sierra Madre Oriental	45.63	24
Total	190.10	100

Fuente: INEGI 2010

La provincia Eje Neovolcánico colinda al norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa Central, la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Norte; al sur, con la Sierra Madre del Sur y la Llanura Costera del Golfo Sur. Por el oeste llega al Océano Pacífico y por el este al Golfo de México. Abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Colima, Puebla y Veracruz, así como todo el estado de Tlaxcala y el Distrito Federal.

Se caracteriza por ser una enorme masa de rocas volcánicas de todos tipos, acumulada en innumerables y sucesivas etapas, desde mediados del Terciario (unos 35 millones de años atrás) hasta el presente.

La integran grandes sierras volcánicas, grandes coladas lávicas, conos dispersos o en enjambre, amplios escudo-volcanes de basalto, depósitos de arena y cenizas.

#### LAGOS Y VOLCANES DE ANÁHUAC

Presenta también la cadena de grandes estrato-volcanes denominada propiamente "Eje Neovolcánico" integrado por: Volcán de Colima, Tancitaro, Zinatlécatl (Nevado de Toluca), Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Matlacuéytl (Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba), que casi en línea recta atraviesan el país, más o menos sobre el paralelo 19. Otro rasgo esencial de la provincia es la existencia de las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos (Pátzcuaro, Cuitzeo, Texcoco, el Carmen,

etc.) o por depósitos de lagos antiguos (Zumpango, Chalco, Xochimilco), diversos llanos en el Bajío Guanajuatense, etc. Estos lagos se han formado por bloqueo del drenaje original, debido a lavas u otros productos volcánicos, o por el afallamiento, que es otro rasgo característico de la provincia. Un área rodeada de fallas se hunde y forma una depresión llamada graben que se llena de agua; este es el origen del lago de Chapala.

Sub provincia Lagos y volcanes de Anáhuac es la más extensa de las catorce que integran al Eje Neovolcánico; en ella quedan comprendidas las ciudades de Puebla, Toluca, Pachuca, Tlaxcala, Cuernavaca y México. La subprovincia se extiende de poniente a oriente, desde unos 35 km al occidente de Toluca, México, hasta Quimixtlán, Puebla. Consta de sierras volcánicas o grandes aparatos individuales que alternan con amplias llanuras formadas, en su mayoría, por vasos lacustres. De oeste a este se encuentran en sucesión las cuencas de Toluca, México, Puebla y Oriental.

En el estado de Puebla esta subprovincia es la que abarca mayor superficie, ya que 35.93% de su territorio pertenece a ella. Limita al norte con las subprovincias Carso Huasteco, de la Sierra Madre Oriental, y Chiconquiaco, del Eje Neovolcánico; al este se prolonga hacia el estado de Veracruz-Llave; y al sur colinda con las subprovincias Sierras Orientales, Sur de Puebla, Sierras y Valles Guerrerenses y Llanuras Morelenses; todas éstas son integrantes de la provincia Sierra Madre del Sur. Ocupa casi toda la parte central de la entidad, desde la Sierra Nevada hasta el Pico de Orizaba; también el área de Izúcar de Matamoros y dos franjas que van desde Hueyapan y Ahuazotepec hasta la localidad de Oriental. Comprende 66 municipios completos.

En esta zona se localizan las tres mayores elevaciones del país: Citlaltépetl o Pico de Orizaba, que es compartido con el estado de Veracruz-Llave y cuya altitud es de 5 610 m; Popocatepetl, el cual tiene 5 500 msnm y pertenece a los estados de Puebla, México y Morelos; e Iztaccíhuatl, con una altitud de 5 220 m e integrante de los estados de Puebla y México; en las cumbres de estas elevaciones existen tres de los pocos pequeños glaciares de la región intertropical del mundo. También se encuentran: el Atlítzin o cerro La Negra, con 4 580 m; y el volcán Matlacúeytl (La Malinche), con 4 420 msnm; todos estos aparatos volcánicos mencionados forman parte del sistema de topofomas denominado sierra volcánica con estratovolcanes o estratovolcanes aislados.

La provincia Sierra Madre Oriental corre, en sentido paralelo a la Costa del Golfo de México desde la frontera norte del país hasta sus límites con el Eje Neovolcánico en la cercanía de Teziutlán, Puebla. Colinda al norte y noroeste con la provincia de las Sierras y Bolsones; al oeste con la Mesa Central y, en una pequeña franja del extremo noroeste, con la Sierra Madre Occidental; al sur con la provincia del Eje Neovolcánico y al este con la Llanura Costera del Golfo Norte y la Gran Llanura Norteamericana. Abarca partes de los estados de Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Veracruz, Hidalgo y Puebla. La Sierra Madre Oriental es, fundamentalmente, un conjunto de sierras menores de estratos plegados. Estos estratos son de antiguas rocas sedimentarias marinas (del Cretácico y del Jurásico Superior), entre las que predominan las calizas y, en segundo término, las areniscas y las lutitas.

En estas sierras el plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notable es la que produce una topografía de fuertes ondulados paralelos, semejantes a la superficie de un techo de lámina corrugada. El flexionamiento de las rocas en las cretas, las estira y las fractura, haciéndolas más susceptibles a los procesos erosivos. Es por ello que en su estado actual de desarrollo son comunes en esta gran sierra las estructuras constituidas por dos flancos residuales de un anticlinal con un valle al centro. Tales estructuras reciben en la zona regiomontana el nombre local de "potreros", ya que son comunes en la región y se les aprovecha para el pastoreo. Los rumbos de los plegamientos siguen la orientación de la sierra (paralelos a la costa).

La cordillera presenta una imponente escarpa sobre la Llanura Costera del Golfo Norte, pero su transición hacia la Mesa Central y la provincia del Eje Neovolcánico es menos abrupta debido, en parte, a la altitud media de las mismas y a rellenos de materiales aluviales y volcánicos. Dado el predominio de calizas en la provincia, se han producido, particularmente en la porción media y sur de la misma, considerables manifestaciones de carso, esto es, de geoformas resultantes de la disolución de la roca por el agua. La intensa infiltración de agua al subsuelo ha formado extensísimos sistemas cavernarios y también ha generado copiosos manantiales. Son frecuentes las grandes dolinas -depresiones circulares u ovaladas de piso plano, producidas por la disolución de la roca, lo mismo que las depresiones aún más extensas, debido a la fusión de dolinas vecinas y al desplome de techos de cavernas.

### CARSO HUASTECO

Sub provincia Carso Huasteco dentro de territorio poblano pertenece a la región conocida como Sierra Norte de Puebla. Se ubica en la porción septentrional del estado. Limita al norte y noreste con la subprovincia Llanuras y Lomeríos, de la Llanura Costera del Golfo Norte; al este, con la subprovincia Chiconquiaco, del Eje Neovolcánico; al sureste, sur y oeste, con la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, también del Eje Neovolcánico; hacia el noroeste se interna en territorio veracruzano e hidalguense. Se extiende desde las poblaciones de Pantepec y Pahuatlán del Valle hasta la altura de las localidades de Cuyoaco, Zaragoza y Hueyapan. Ocupa 11.58% de la superficie estatal; abarca 33 municipios completos. En esta zona se encuentran materiales sedimentarios calcáreos y no calcáreos, que han sido sepultados parcialmente por rocas volcánicas. Varias de las cumbres de las sierras tienen altitudes superiores a los 1 000 m, pero la mayor, cerro Tenisteyo, llega a los 3 200 m. Los principales ríos que surcan esta parte de la entidad son: Necaxa, San Marcos y Apulco.

El municipio presenta una fisiografía bastante accidentada, su relieve está determinado por la presencia de varias sierras, cerros aislados y un valle intermontano, que se describen a continuación:

La sierra de no más de 10 kilómetros que recorre de sur a norte el oriente del municipio; se inicia con el cerro Miquisochio y termina al sur del poblado de Pachuquilla.

La larga sierra de 15 kilómetros de extensión que se alza al occidente y continúa en el norte del municipio; es una alta sierra que alcanza los 2,900 metros sobre el nivel del mar, 700 metros de altura sobre el nivel del valle, destacando los cerros: El Mirador, Viejo, El Muerto y Quexnol.

El complejo montañoso del noroeste, que culmina en el cerro Cuamizotla de 2,700 metros de altura sobre el nivel del mar.

También presenta dos pequeñas sierras que cruzan el centro del municipio, así como algunos cerros aislados al suroeste como el Achantepec y Las Hojas.

Entre la larga sierra que cruza el poniente, y las otras sierras mencionadas se localiza un valle intermontano labrado por el río Cuautolonico que primero cruza el municipio de sur a norte, curva y continúa de oeste a este, presenta un continuo descenso hacia el noreste y su altura promedio es de 2,200 metros sobre el nivel del mar y Tlascalpa al sur de Cucutienco de 2,300 metros. Precisamente la carretera Chignahuapan-Tetela se construyó sobre el valle mencionado.



Ilustración 4. Fisiografía de Aquixtla

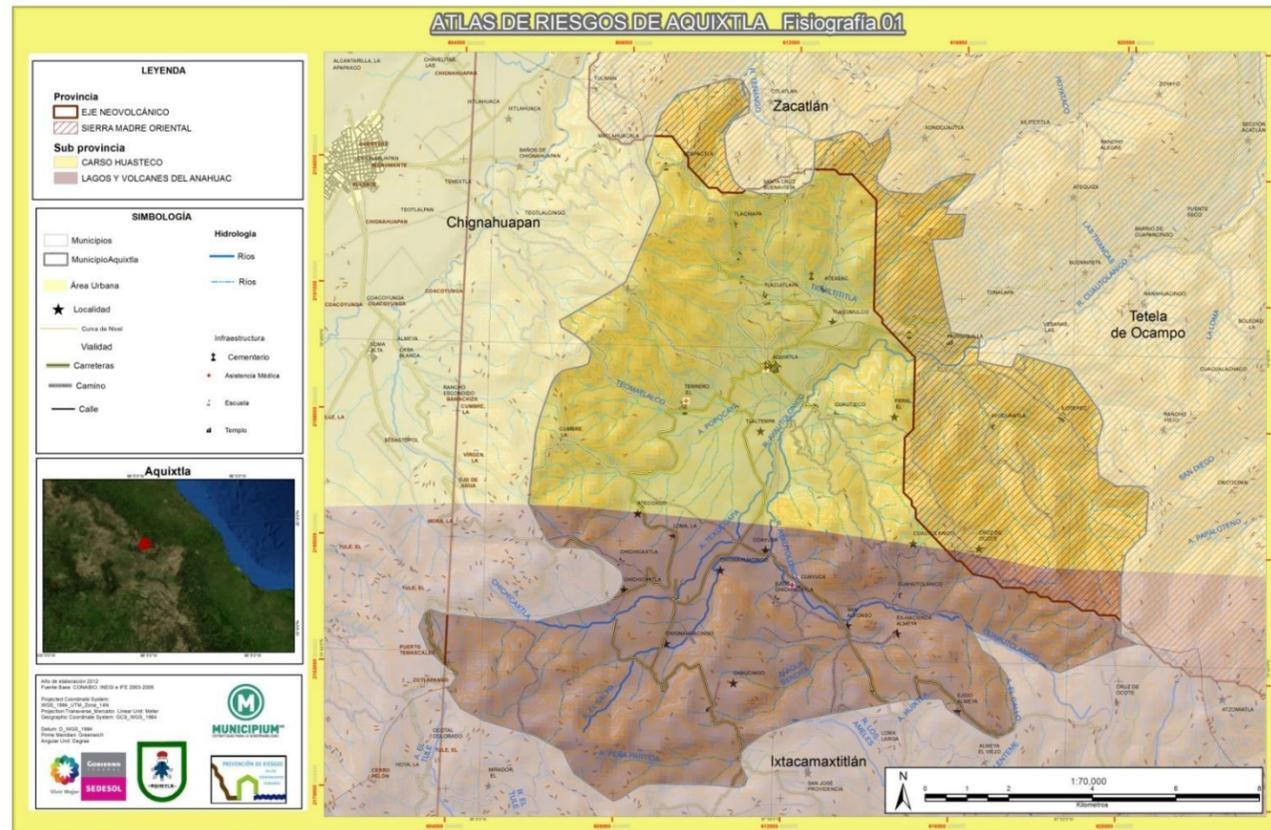


Ilustración 5: Mapa de Fisiografía

### 3.2. Geología

En el Municipio la litología estructural característica, está compuesta por dos tipos principales de roca: ígneas extrusivas y sedimentarias, las ígneas extrusivas presentes en 125.611 km<sup>2</sup> equivalen al 66.08% del total del Municipio, este porcentaje está conformado por: andesita en 41.93%, toba ácida en 21.96%, basalto en 1.55% y brecha volcánica básica en 0.64%. Las rocas sedimentarias, están presentes en 64.40 km<sup>2</sup> que equivale al 33.88% de todo el Municipio, del cual la caliza representa el 29.83%, lutita el 1.56% y caliza – lutita el 2.49%.

Tabla 3. Geología		
	Superficie en km <sup>2</sup>	Porcentaje %
Ígneas extrusivas	125.611	66.08
Andesita	69.92	41.93

Toba ácida	36.62	21.96
Basalto	2.59	1.55
Brecha volcánica básica	1.07	0.64
Sedimentarias	64.40	33.88
Caliza	49.73	29.83
Lutita	2.60	1.56
Caliza-Lutita	4.16	2.49

A continuación se describen cada una de los tipos de roca presentes en el Municipio de Aquixtla:

- ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS:** Las rocas formadas por el magma en lo profundo de la Tierra se denominan rocas ígneas. Ellas pueden formarse bajo la superficie del planeta, conocidas como intrusivas, o fuera de ella, llamadas extrusivas. Las rocas extrusivas cuentan con poco o nada de tiempo para cristalizarse y, como resultado, los cristales son muy pequeños o microscópicos.
- ANDESITA:** Son rocas volcánicas fracturadas de color gris claro o gris verdusco. Su composición es variada y puede contener piroxenos y una baja proporción de cuarzo; en algunos sitios presenta matriz vítrea ácida, de textura porfídica, con fenocristales de plagioclasas y ferromagnesianos, algunas son vesiculares. En algunos sitios está cubierta por depósitos piroclásticos o por basalto.
- TOBA ÁCIDA:** Son tobas soldadas fracturadas (ignimbritas) de color ocre y composición riolítica y dacítica, con fragmentos de feldespatos y pómez. Se encuentran sobre rocas sedimentarias como limolitas y areniscas, y son cubiertas por basaltos del Terciario y Cuaternario. Se localizan en lomeríos, mesas, cerros y barrancas.
- BASALTO:** Estas rocas fueron generadas a finales del Terciario superior e inicios del Cuaternario. Se ubica en aparatos volcánicos, cerros y lomas. Los basaltos son de colores oscuros y fracturados. En su mineralogía presentan plagioclasas, labradorita y olivino, con una textura holocristalina o porfídica en una matriz inter granular, y algunas veces estructuras vesiculares. Estos derrames cerraron algunos valles formando cuencas endorreicas, rellenas posteriormente por material aluvial o lacustre.
- BRECHA VOLCÁNICA:** Es un material cuaternario de color negro ligeramente compactado, moderadamente meteorizado y constituido por fragmentos de material piroclástico escoriaceo de composición básica, con un tamaño mayor de 32 mm. Presenta altos contenidos de vidrio volcánico y posee una estructura micro cristalino o porfídico con matriz inter granular. En algunos sitios están intrusionados por diques andesíticos o dacíticos. Son utilizados como material de construcción.

SEDIMENTARIAS: Las rocas sedimentarias son las que se han producido como consecuencia de fenómenos de alteración, transporte y sedimentación sobre cualquier tipo de roca anterior, por lo tanto los minerales que las componen pueden ser los mismos que existían en la roca anterior después de haber sufrido disgregación física, transporte y sedimentación, o bien pueden ser minerales formados por alteración química de otras preexistentes, que son los que se denominan minerales de alteración:

- CALIZA: son aquellas rocas en las que los núcleos son microfósiles o de otra naturaleza pero de tamaño muy pequeño con lo que, a simple vista, no se distinguen núcleos y micrita, sobre todo si las impurezas no carbonatadas de arcilla, óxidos de hierro, partículas de cuarzo, etc. son relativamente abundantes.
- LUTITA: Son de origen marino o lacustre, y está formada por una mezcla de arcillas con materiales calizos, aderezados con otros minerales como cuarzo o mica y con trazas de materiales orgánicos. Suele contener fósiles. Su textura es de clastos de grano muy fino.
- CALIZA-LUTITA: Son calizas con estratos de lutita.

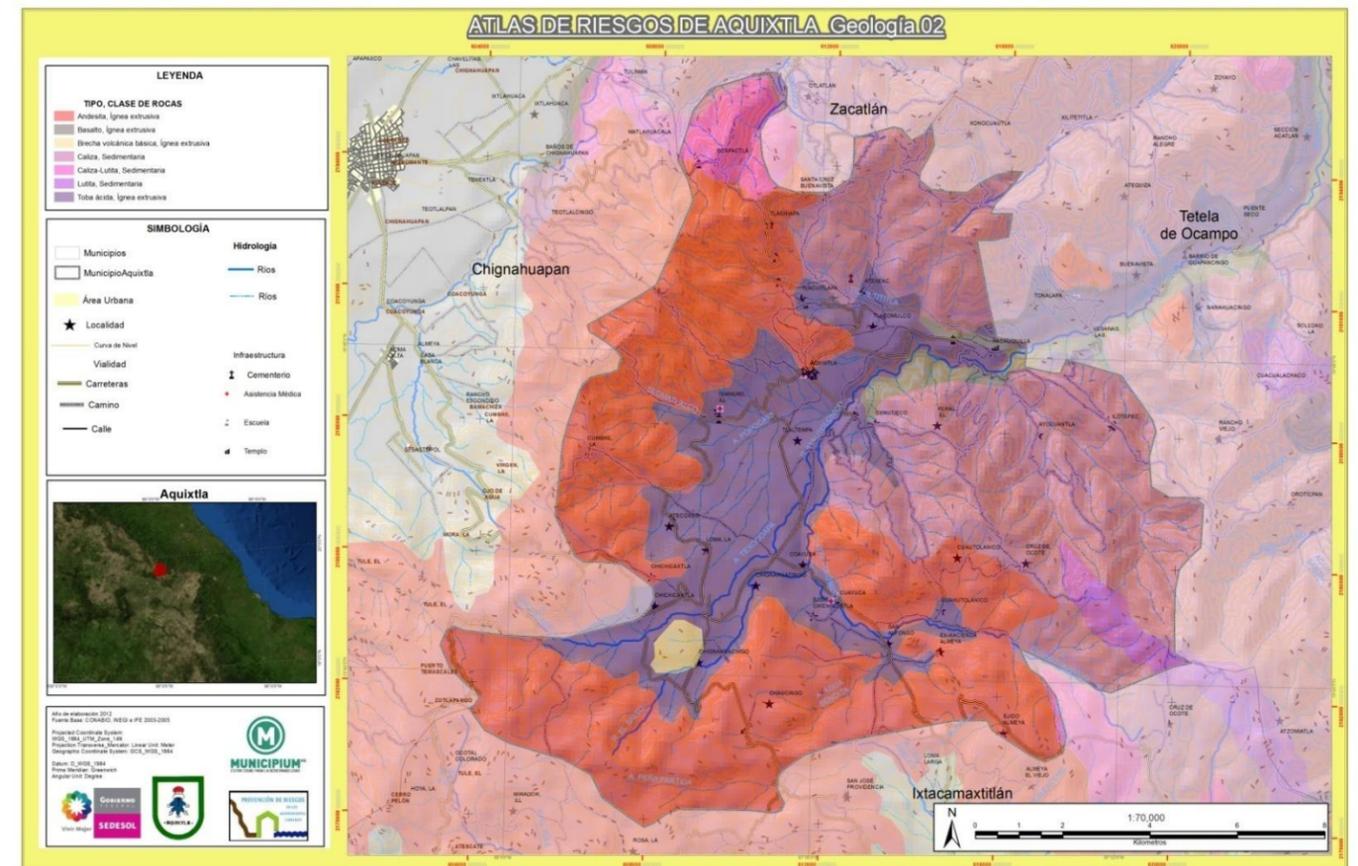


Ilustración 6: Mapa de Geología

### 3.3. Geomorfología

La geomorfología del Municipio de Aquixtla es muy característica debido a que se localiza la porción suroeste en el Eje Neovolcánico que es considerado un arco volcánico continental, con una edad del Mioceno al reciente. Su longitud es de 1,000 km y su ancho varía de 50 a 250 km. Su origen está relacionado con la subducción de la placa de Cocos y la de Rivera debajo de la placa de Norteamérica. Y la porción noreste en la subprovincia Carso Huasteco que es una sierra plegada que difiere en dos aspectos, fundamentalmente, con relación a las otras subprovincias de la Sierra Madre Oriental. Por un lado presenta un fuerte grado de disección e incluso desarrollo de cañones, por la acción de los importantes ríos que fluyen en ella, y por el otro, posee un grado de expresión de rasgos propios de un carso mayor.

En geomorfología el estudio del relieve terrestre también se estudia a partir de la morfometría, ya que es un análisis que contribuye al conocimiento sobre la dinámica endógena como la exógena, a partir de la interpretación de los distintos atributos geométricos de las múltiples formas del relieve. La aplicación de las técnicas del análisis morfométrico facilita la interpretación de la génesis, la edad relativa, la dinámica actual, y en algunos casos la relación entre las formas del relieve y las actividades humanas.

El mapa altimétrico o hipsométrico (Ilustración 7. Altimetría del municipio de Aquixtla, donde se muestran las principales unidades del relieve: sierra y piedemonte.) Es uno de los más importantes ya que muestra los principales intervalos de altitud, así como los rasgos más significativos del relieve y su configuración general. Consiste en definir, a partir de valores de altitud máximos y mínimos del mapa topográfico en que se está trabajando, distintos intervalos de valores que se representan con colores. Con este mapa se hace una primera clasificación de las formas del relieve.

Otro mapa morfométrico importante para la representación del relieve es el mapa de pendientes, ya que refleja formas del relieve, lo cual es comprensible porque por lo general, los límites de las formas coinciden con cambios bruscos de pendiente. De tal forma que se puede ver en él, en donde se concentran las laderas con mayor ángulo de inclinación, la configuración de ciertos elementos del relieve, con lo que se facilita un análisis rápido y general del Municipio de Aquixtla. Los rasgos más característicos que se logran identificar con este mapa son: las laderas inclinadas, la planicie, los escarpes, y algunas porciones del relieve como las superficies cumbreales, ya sea aquellas que son casi lineales o por el contrario las que son amplias y convexas. Se clasificó al Municipio de Aquixtla en seis intervalos de pendiente (Ilustración 8. Configuración de las pendientes de Aquixtla, resalta el piedemonte en tono verde por presentar los valores más bajos de inclinación.).

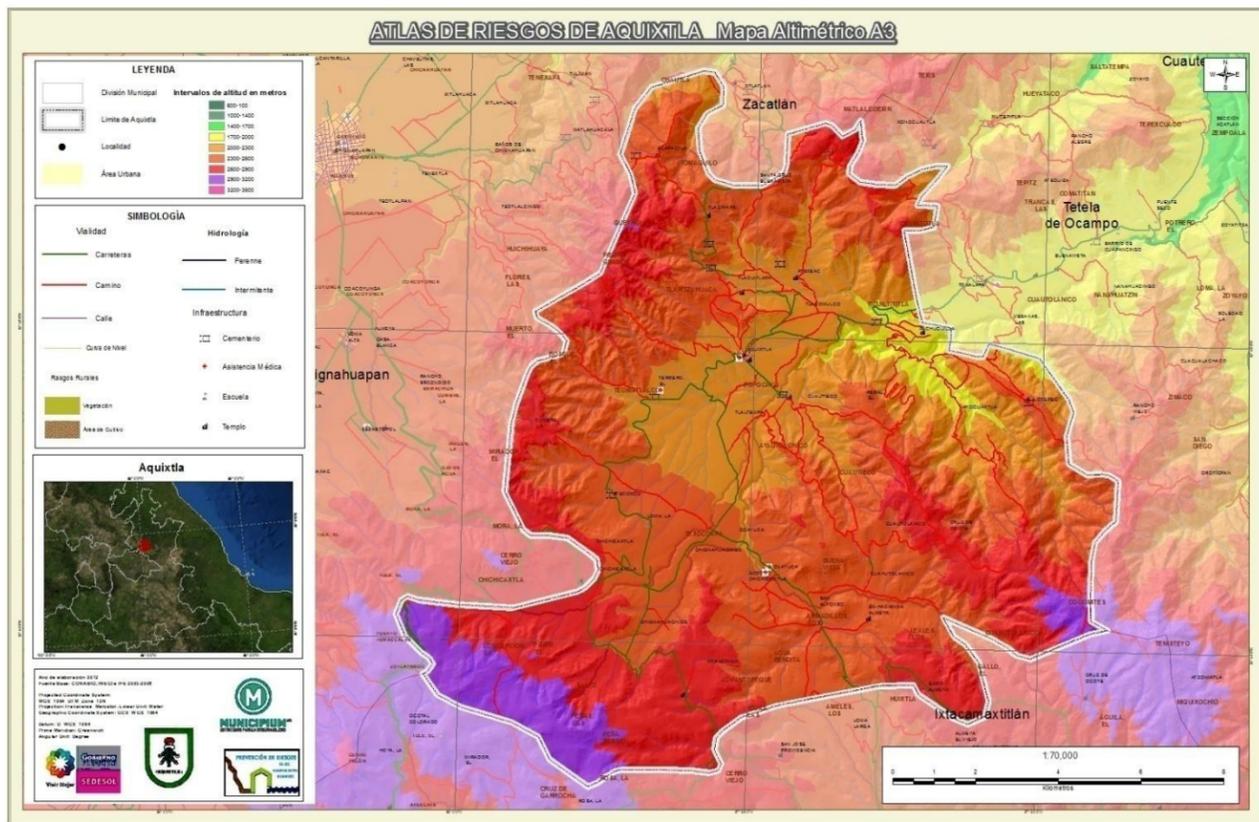


Ilustración 7. Altimetría del municipio de Aquixtla, donde se muestran las principales unidades del relieve: sierra y piedemonte.

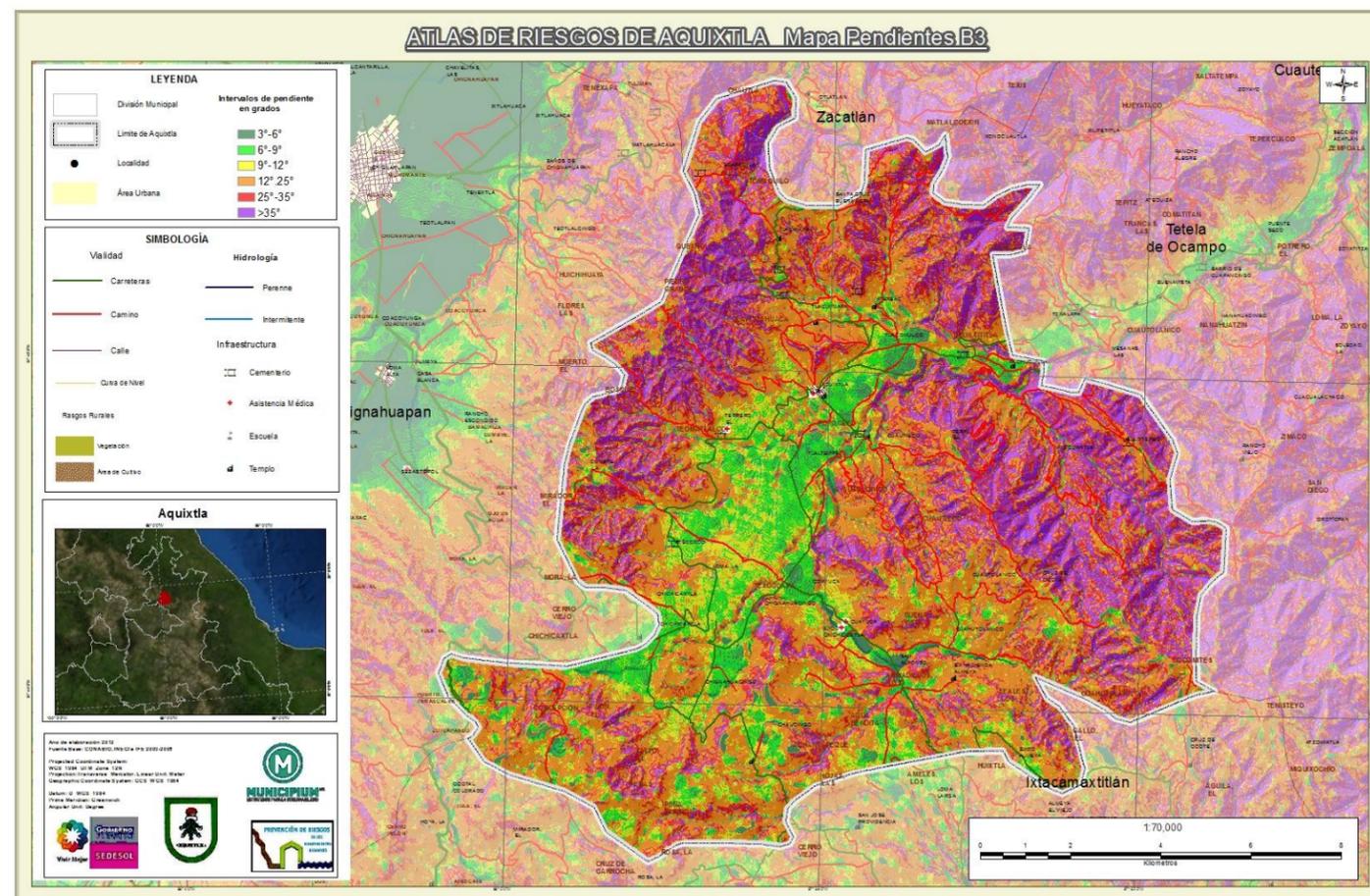


Ilustración 8. Configuración de las pendientes de Aquixtla, resalta el piedemonte en tono verde por presentar los valores más bajos de inclinación.

El sistema de toposformas que domina en el Municipio es el de sierra alta escarpada (montañas plegadas), también presenta piedemonte diseccionado por barrancos y valles fluviales erosivos. De acuerdo a su origen (génesis) el Municipio de Aquixtla

está constituido por relieve endógeno, que son los procesos que ocurren en el interior de la Tierra, y el relieve exógeno que son aquellos procesos que se desarrollan en la interface de la superficie del planeta con la atmósfera, la hidrosfera y otras esferas geográficas.

La clasificación del relieve por origen que presenta el mapa geomorfológico, incluye todas las formas del relieve presentes en el Municipio y el análisis de cada una de ellas se describe a continuación:

### I. Relieve endógeno tectónico sedimentario (estructural plegado)

Relieve cuyo origen es endógeno por el plegamiento de rocas sedimentarias:

- Montañas plegadas constituidas de: Caliza-Lutita (Js): Montañas que se encuentran en un intervalo altitudinal de 2300-2900 msnm y que tienen pendientes que van de 12° a 35°. Presentan mediana disección y sus laderas son cóncavas, convexas y rectas.
- Caliza (Ki): Montañas constituidas de calizas del Cretácico Inferior, es una roca sedimentaria consistente en calcita o residuos calcáreos de organismos. Con frecuencia contiene minerales de dolomita, partículas arenosas y arcillosas, es un tipo de roca muy resistente al intemperismo y la erosión. Forma elevaciones de fuerte amplitud de relieve, con pendientes débiles (9°) a escarpadas (>35°). Se encuentran en un intervalo altitudinal de 2,000 a 2,600 msnm.
- Lutita (Ks): Montañas que su principal litología es lutita, que está constituida de sedimentos de diámetro entre 0.06<sup>a</sup> a 0.004 mm (principalmente arcillas). Representan más de la mitad del total de rocas sedimentarias en tierra firme. Se presenta en capas delgadas y tienen pendientes de 12° a 35°, se encuentran a una altitud de 2,600 a 3,200 msnm.



Ilustración 9 Montañas plegadas.

### II. Relieve endógeno volcánico

Relieve cuyo origen es de origen volcánico:

- Laderas de montaña alta: Están constituidas principalmente de andesitas que son rocas ígneas efusivas de composición intermedia, color oscuro, compuesta de cristales de plagioclasas y frecuentemente de vidrio volcánico. Se encuentran a una altitud de 2,300 a 2,900 msnm y presentan pendientes de 9° a 35°.

### III. Relieve endógeno volcánico modelado

- Laderas de montaña alta modeladas: Tienen una constitución de dacitas que son rocas ígneas ácidas de grano fino compuestas de microlitos de plagioclasas, vidrio, cuarzo y con menor frecuencia hornablenda, biotita, piroxeno y otros minerales. Se encuentran intensamente modeladas por la erosión y están a una altitud de 2,300 a 3,200 msnm y presentan pendientes de 6° a 25° principalmente.

#### IV. Relieve endógeno volcánico acumulativo

- Lomerío constituido de brecha volcánica básica (Q): Se encuentra en un intervalo altitudinal de 2,300 a 2,900 msnm y presenta pendientes de 6° a 25°. Esta constituido de brecha volcánica que es flujos piroclásticos como ceniza, lapilli y clastos volcánicos. Se puede formar a causa de una erupción explosiva, por remoción posterior del material volcánico o por un hundimiento superficial.
- Piedemonte constituido de toba ácida (Q): Relieve constituido de toba acida que es un depósito formado por materiales arrojados por erupciones volcánicas, tales como ceniza, arena y lapilli, posteriormente compactados y cementados. Está en un intervalo de altitud de 1,700 a 2,900 msnm y tiene las pendientes más bajas de 3° a 12°.



Ilustración 10 Piedemonte.

#### V. Relieve exógeno erosivo

- La transformación de la superficie terrestre se realiza también por la acción de los procesos exógenos, que actúan en estrecha relación con los endógenos. El intemperismo, la erosión y la acumulación son los procesos exógenos que influyen en la transformación.

#### VI. Erosivo fluvial

- Son las formas que se originan por destrucción mecánica de las rocas por la fuerza de la corriente.
- Barranco: Es resultado de la erosión fluvial que causa incisión en un piedemonte acumulativo, actúa de manera más intensa en la parte este y conforme avanza al Oeste su profundidad va disminuyendo. Sus paredes son inclinadas; es decir que van de los 12° a los 35°. Alcanza profundidades de 100 m aproximadamente.
- Valles fluviales erosivos: También son resultado de la erosión fluvial y se presentan en casi todas las unidades geomorfológicas, tienen una pequeña profundidad de disección pero están activos y van aumentando debido a las constantes lluvias del Municipio.



Ilustración 11 Barranco visto desde la localidad Ilopec.

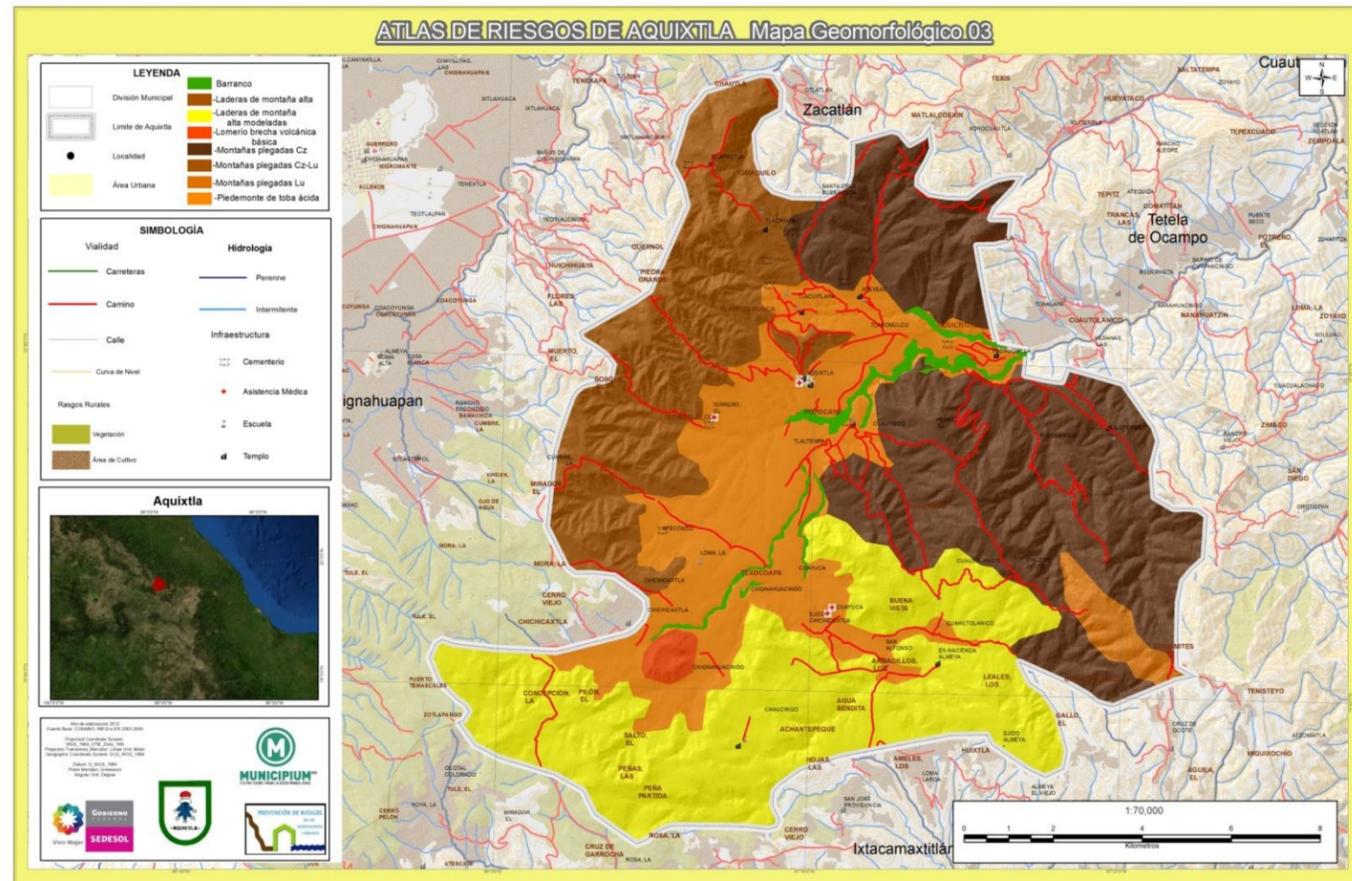


Ilustración 12. Mapa de Geomorfoloía

### 3.4. Edafología

Los suelos predominantes en el Municipio de Aquixtla son: luvisol órtico con una superficie de 107.423 km<sup>2</sup> que representan el 65.89% del total municipal y se localiza en la mayor parte del Municipio, andosol húmico con una superficie de 38.668km<sup>2</sup> que representan el 23.72% del total municipal, está localizado en el noroeste y Sur, el litosol tiene una superficie de 16.867 km<sup>2</sup> que representan el 10.34% del total municipal y se localiza en al Sureste del Municipio, feozem lúvico con una superficie de 0.0717 km<sup>2</sup> que equivale al 0.05% del total municipal, se encuentra en el Oeste del Municipio.

Tabla 4.Edafología		
	Superficie km2	Porcentaje %
Luvisol órtico	107.423	65.89
Andosol húmico	38.668	23.72
Litosol	16.867	10.34
Feozem lúvico	0.0717	0.05
Fuente: INEGI 2010		

A continuación se mencionan las características principales de los suelos del territorio de Aquixtla:

- LUVISOL ÓRTICO:** son suelos con acumulación de arcilla, se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas. Tienen un horizonte árgico con una capacidad de cambio catiónico relativamente elevada y un grado de saturación en bases del 50% o mayor en la totalidad del horizonte, que se encuentra subyacente a un horizonte A de tipo órtico<sup>3</sup>. Este horizonte árgico, se caracteriza por tener un marcado color rojizo, se ha formado, principalmente, por el proceso de ilimerización que consiste en el arrastre mecánico de las arcillas y de óxidos de hierro, en suspensión coloidal, por el agua gravitacional que se infiltra a través de los poros y las grietas del suelo. Estas partículas se depositan posteriormente en profundidad rellenando diminutos huecos y formando recubrimientos sobre partículas más gruesas.
- ANDOSOL HÚMICO:** Se encuentran en áreas onduladas a montañosas de las regiones húmedas, desde el ártico al trópico, bajo un amplio rango de formaciones vegetales, también se encuentran en áreas donde ha existido actividad volcánica reciente, puesto que se originan a partir de cenizas volcánicas. Se caracterizan por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro (aunque a veces es clara) y por ser de textura esponjosa o muy suelto. Son muy susceptibles a la erosión.
- LITOSOL:** Son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Generalmente se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca, tepetate o calinche duro. Se localizan en mayor o menor proporción, en laderas, barrancas y malpaís, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos
- FEOZEM LÚVICO:** Son suelos con igual o mayor fertilidad que los vertisoles, ricos en materia orgánica, textura media, buen drenaje y ventilación, en general son poco profundos, casi siempre pedregosos y muy inestables, restringiendo por ello su uso en la agricultura permanente, pudiéndose utilizar en el cultivo de pastos.

<sup>3</sup>Atlas Global de Murcia (2012) "Los suelos" La verdad Digital, Sociedad Unipersonal

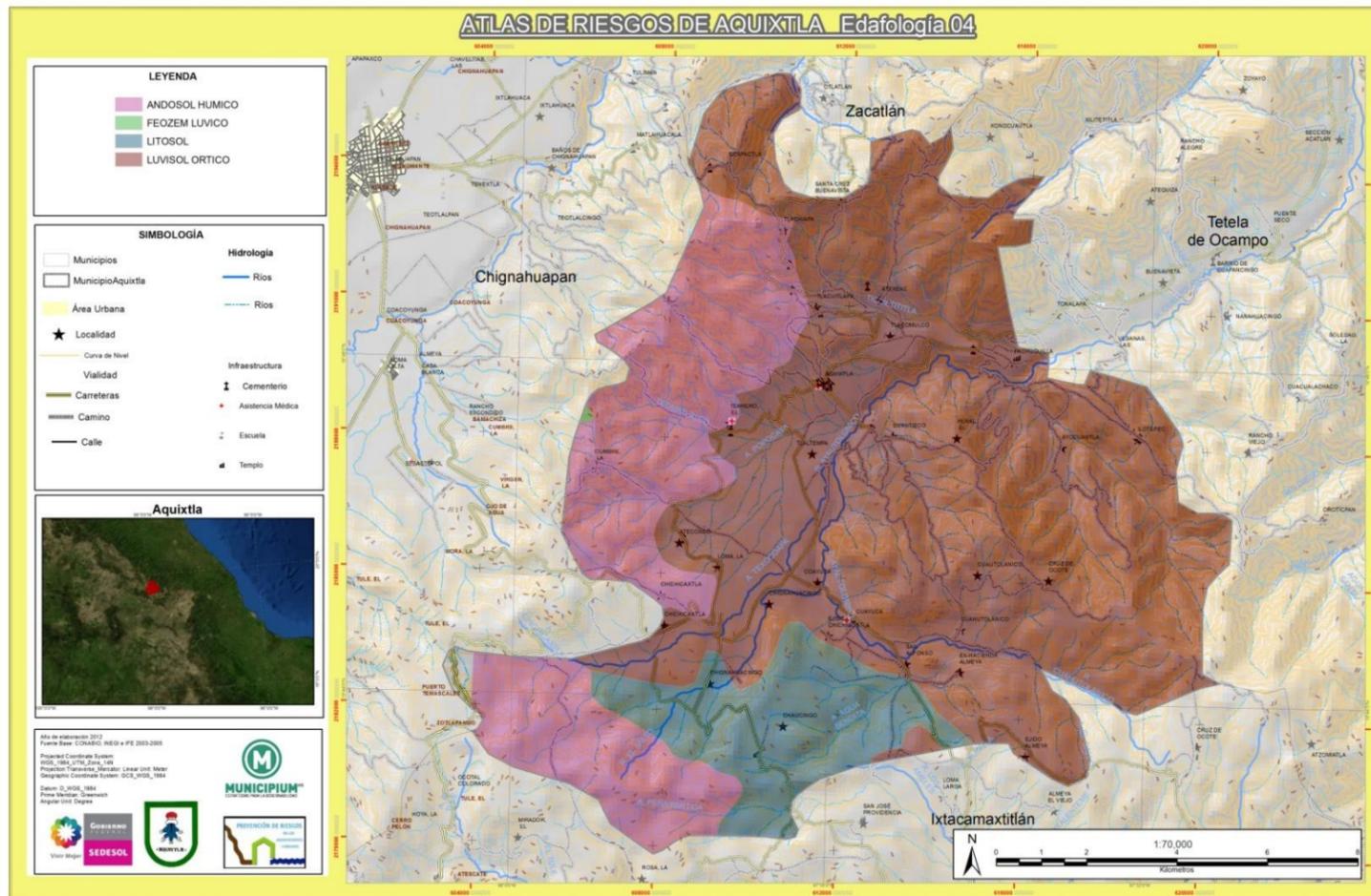


Ilustración 13. Edafología del Municipio

Tabla 5. Hidrología		
Región hidrológica Tuxpan - Nautla		
	Área km <sup>2</sup>	Perímetro km
Cuenca Río Tecolutla	7821.78	559.61
Coefficiente de escurrimiento	17.59	0.03
Fuente: INEGI 2010		

Los escurrimientos son numerosos los que se destacan son los siguientes: el río Ticuiltititla, que baña la parte Norte y se divide en el río Axautolónico y el río Popocaya, que entre los antes mencionados nace el río Texocoapan.

### 3.5. Hidrografía

El Municipio se localiza en la vertiente hidrológica septentrional del estado de Puebla (del Golfo de México), vertiente formada por las distintas cuencas tributarias de los ríos que desembocan en el Golfo. Pertenece a la región hidrológica Tuxpan – Nautla, el Municipio se encentra en la cuenca Río Tecolutla la cual tiene un área de 7821.78km<sup>2</sup> y un perímetro de 559.61km<sup>2</sup>, el Municipio también abarca 3 sub cuencas: Río Tecantepec (95 %), Río Laxaxalpan (3%)y Río Apulco (2%) el coeficiente de escurrimientos va de 05 a 10% en un área de 17.59 km<sup>2</sup>.

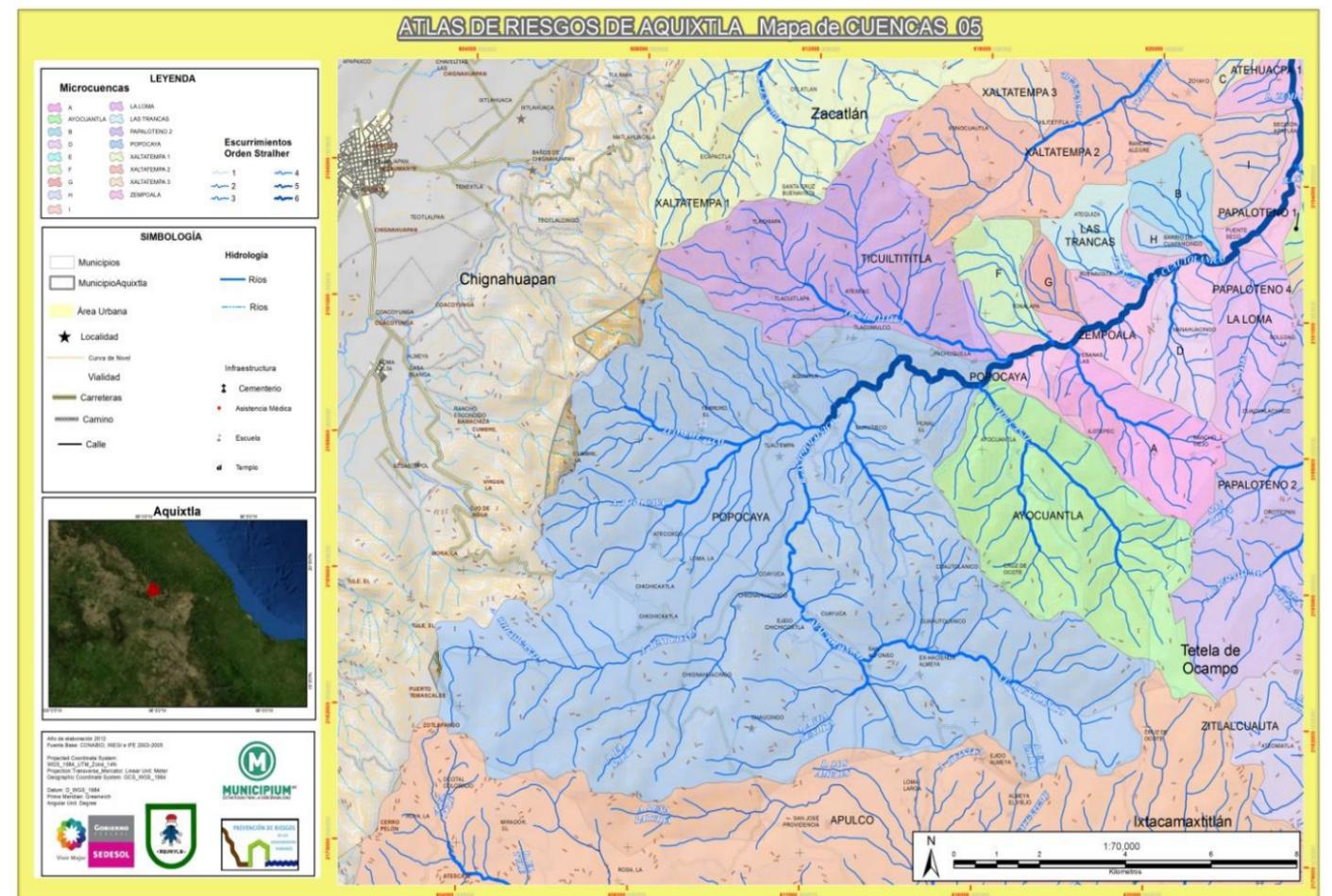


Ilustración 14. Mapa de Cuencas.

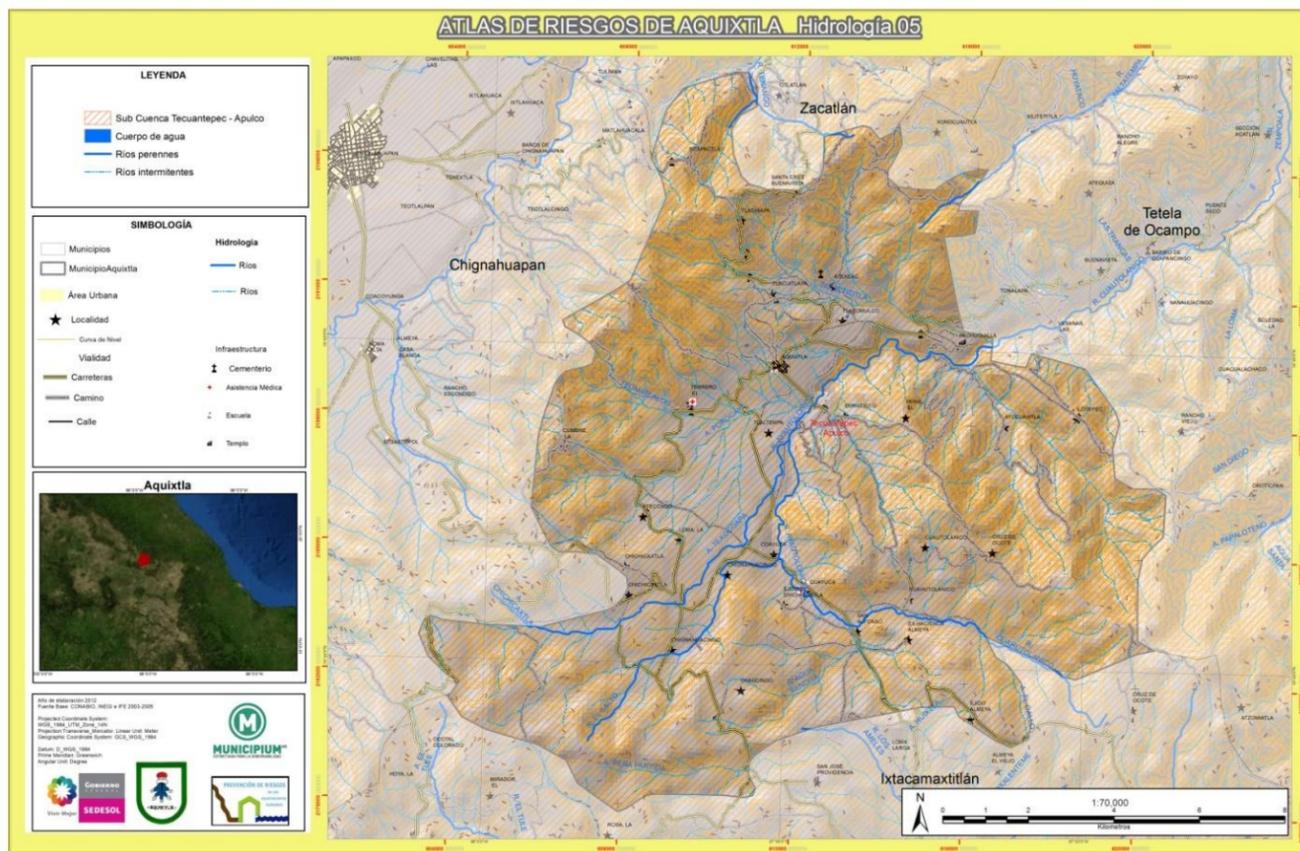


Ilustración 15. Municipio de Hidrología Aquixtla

	media anual	invernal	frío
Templado subhúmedo con lluvias en verano C(w1)	12 y 18°C	Menos de 5%	3 y 18°C
Templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad C(w2)	12 y 18°C	Menos de 5%	3 y 18°C

Fuente: INEGI 2010

Clima templado subhúmedo C (w1) con lluvias en verano de humedad media tiene el 81%, se localiza en casi la mayor parte de Aquixtla en un área de 161.92km<sup>2</sup> que representa el 85% del total municipal

Los terrenos bajo la influencia de este clima están ubicados: hacia el norte, donde comprenden parte de los municipios de Chignahuapan, Aquixtla, Tetela de Ocampo, Ixtacamaxtitlán, Zautla, Cuyoaco, Libres, Tlatlauquitepec, Chignautla y Xiutetelco; al centro-oeste, es decir, de la población Nopalucan de la Granja a las localidades San Salvador el Seco, San Pablo de las Tunas, Tepeaca y Cuautinchán, así como en los alrededores de la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo); al oriente, en las inmediaciones de Tlachichuca, al sur de Saltillo y al noroeste de Atzitzintla; y al sur, en dos áreas separadas entre sí, situadas al suroeste de la cabecera municipal Tlacotepec de Benito Juárez y al oeste de Tehuacán respectivamente. La temperatura media anual varía entre 12° y 18°C, igual que en el clima anterior; la precipitación total anual tiene un rango de 600 a 1 000 mm, y el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5.

El clima templado subhúmedo C (w2) con lluvias en verano de mayor humedad, con el 19% se localiza al noreste y oeste del municipio. En un área de 1.12km<sup>2</sup> que representa el 0.6% del total municipal

### 3.6. Climatología

El Municipio se ubica dentro de la zona de climas templados en el Eje Neovolcánico; conforme se avanza de Norte a Sur la humedad decrece.

La temperatura media anual se encuentra entre 12° y 18°C, la temperatura del mes más frío están entre 3 y 18° C, la temperatura del mes más cálido oscila entre los 22°C y se identifican los siguientes climas según la clasificación de Koppen

Tipo de Clima	Temperatura	Precipitación de lluvia	Temperatura del mes más
---------------	-------------	-------------------------	-------------------------

Es el más húmedo de los climas templados subhúmedos con lluvias en verano, abarca en el valle de Puebla desde las estribaciones orientales de la Sierra Nevada hasta el sureste de la localidad Soltepec; también comprende una franja que va del norte de Santa María del Monte al suroeste de Santa María Coyomeapan en el sureste de la entidad. La temperatura media anual en estas zonas varía entre 12° y 18°C, la precipitación total anual entre 700 y 1 500 mm y el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5, dentro de ésta se considera la precipitación ocurrida en los meses de enero, febrero y marzo.

Otras áreas con el mismo clima pero con porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2, se localizan a lo largo de una franja continua orientada de noroeste a este sureste, que va de la porción norte del municipio de Chignahuapan al centro-sur del municipio de Xiutetelco; y en unidades aisladas al sur de Chignahuapan y al occidente de Ocoatepec. La única estación presente es Pueblo Nuevo, en ella se reportan una temperatura media anual de 13.6°C y una precipitación total anual promedio de 860.5 mm; el mes más cálido es abril con 14.5°C de temperatura media y el mes más frío diciembre con 12.8°C; el mes más húmedo es junio con 175.2 mm de precipitación promedio mensual, y el más seco es marzo con 11.6 mm.

El régimen de lluvias muestra amplia variedad en lo que respecta a las cantidades que se reciben. La parte más seca se encuentra en la parte sur con una precipitación de 600 a 900mm.

Tabla 7. Precipitación media anual	
Parte Sur y Norte	600 a 900mm
Fuente: INEGI 2010	

### 3.7. Uso de suelo y vegetación

El Municipio ha perdido una buena parte de su vegetación original; sin embargo aún predominan los bosques generalmente de pino y encino con vegetación secundaria arbórea; en ellos destacan el pino, ocote, encino, roble y táscate.

Las zonas menos accidentadas y mejor comunicadas han sido incorporadas a la actividad agrícola, principalmente de temporal al extremo centro Oriente cuenta con zonas de riego.

En menor media, también se cuenta con pastizales inducidos.

El bosque de pinos se presenta en un área de 77.65 km<sup>2</sup> que representa el 40.90% del total municipal y se localiza en la mayor parte del Municipio; el bosque de encino con vegetación secundaria tiene una superficie de 8.28 km<sup>2</sup> que equivalen al 4.35% del total municipal y se encuentra en el Norte del Municipio; el bosque de pino con vegetación secundaria, arbustiva y herbácea tiene una superficie de 5.47km<sup>2</sup> que equivale al 2.88% del total municipal, se localiza en la parte Este del Municipio; el bosque de oyamel tiene una superficie de 4.55 km<sup>2</sup> que representa el 2.40% del total municipal y se encuentra en el Oeste del Municipio.

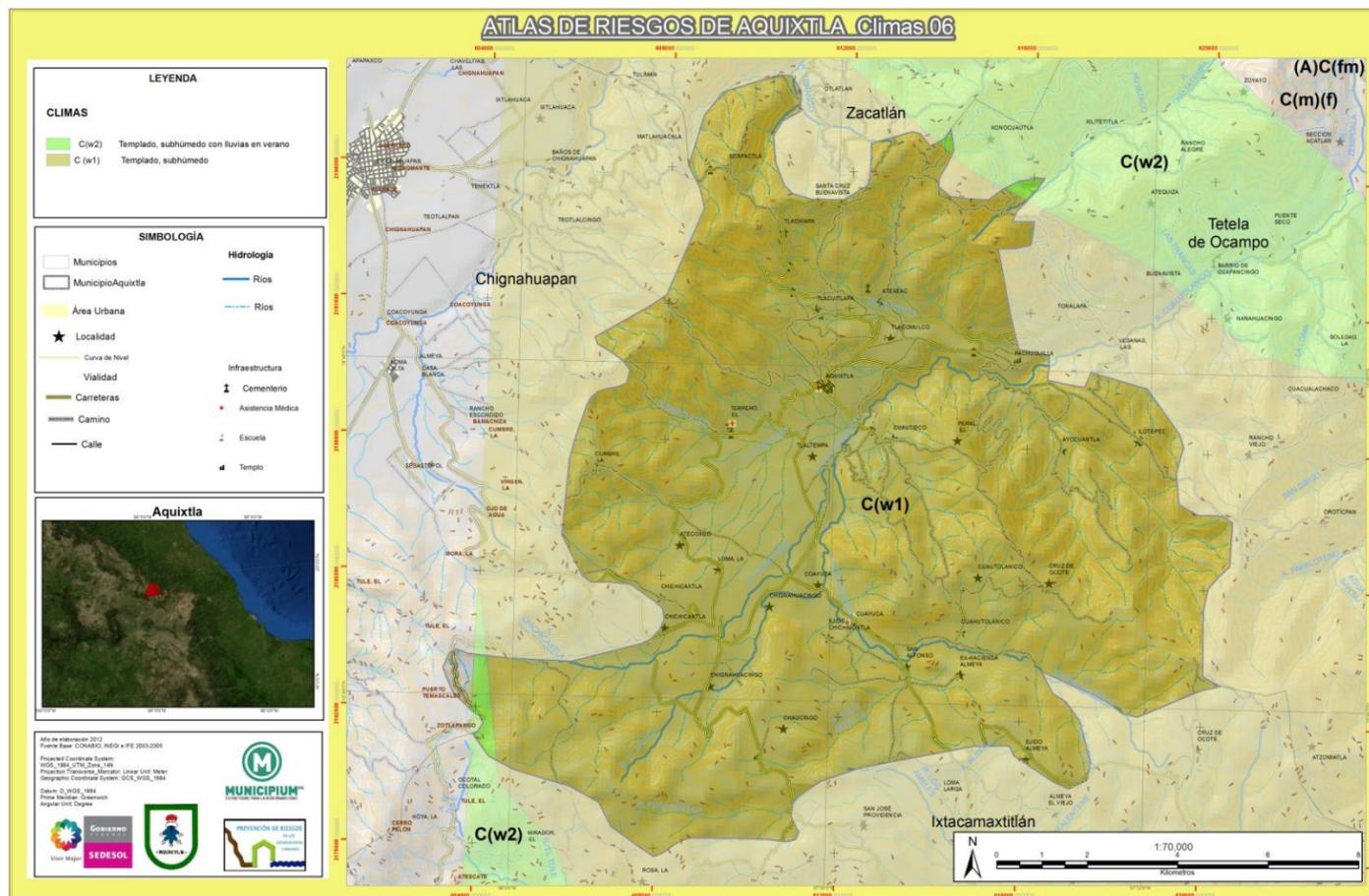


Ilustración 16. Mapa de Climas

Tabla 8. Uso de suelo		
Tipo	Superficie km <sup>2</sup>	Porcentaje%
Bosque de pino	77.65	40.90
Bosque de encino	8.28	4.35
Bosque de pino con vegetación secundaria	5.47	2.88
Bosque de oyamel	4.55	2.40
El resto es agricultura		
Fuente: INEGI 2010		

El bosque de pino se desarrolla a altitudes entre los 1,600 y 3,000 msnm, donde el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 16 y 20°C, con precipitaciones que varían entre 700 y 1,500 mm.

Este tipo de bosque se puede encontrar sobre distintos tipos de roca: ígneas, metamórficas y sedimentarias; mientras que los suelos sobre los que se asienta son delgados y poco desarrollados, siendo litosol, regosol y cambisol los principales; pero también se encuentra sobre suelos originados por ceniza volcánica como el andosol.

Los bosques de encinos son formaciones comunes en México entre los 2,300 y los 3,000 m, con lluvias de 700 a 1,200 mm anuales. El ambiente en que se desarrollan es muy parecido al que ocupan los bosques de pinos y con frecuencia, ambos géneros crecen juntos formando comunidades mixtas. Al igual que los pinos, existe un número grande de especies de encinos en México. Los encinares son bosques más bien bajos, de 5 a 12 m de altura, y generalmente forman bosques densos en el piso altitudinal inmediatamente inferior al de los pinos. Por debajo de los 2,500 m dominan *Quercus obtusata* y *Q. laeta*; entre los 2,500 y los 2,800 m domina *Q. rugosa*, una especie de encino de hojas anchas y rígidas, asociado a veces con el madroño (*Arbutus xalapenses*) y con *Q. mexicana* y *Q. crassipes*. Por encima de los 2,800 m domina *Q. laurina*, comúnmente asociado a los bosques de oyamel y de pino. Al Norte de la cuenca, en las partes más secas, son comunes los bosques bajos de *Q. microphylla* y de *Q. gregii*. Un gran bosque de encinos dominado por *Quercus rugosa* ocupaba las partes medias.

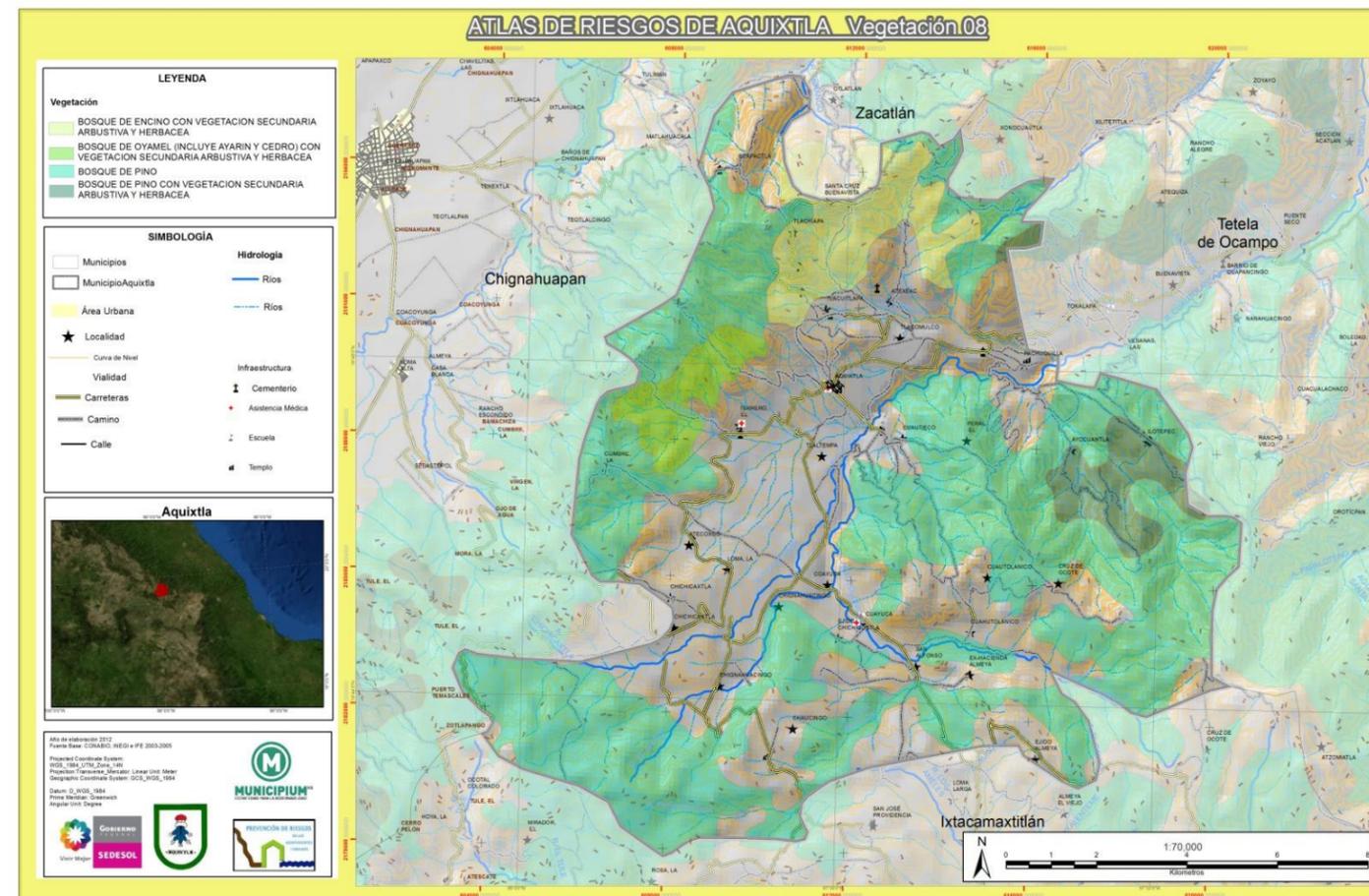


Ilustración 17. Mapa de Vegetación

### Uso de suelo

El municipio tiene cuatro usos de suelos principales, el bosque con un 55%; agrícola con 36%; pastizal con 7% y zona urbana con 2% del total municipal.

El municipio tiene tres tipos de agricultura; Agricultura de riego, Agricultura de temporal y Agricultura de temporal con cultivos permanentes.

La agricultura de riego la podemos localizar en la parte central del municipio en la localidades de Aquixtla y Tlaltempa y al norte en la localidad de Pachuquilla; con la introducción de invernaderos este tipo de agricultura se ha ido extendiendo por todo el territorio del municipio,, la agricultura de temporal se encuentra en el sur en la localidad la Rosa, al sur-oeste en la localidad de Chichicaxtla y al este en Cruz de Ocote; la agricultura de temporal con cultivos permanentes se localiza en la

mayor parte del municipio, sin embargo podemos apreciar una mayor presencia en la parte oeste del mismo; en la parte sur-este y norte del municipio podemos localizar pequeñas áreas de pastizales.

Tabla 9. Uso de suelo	
Tipo	Porcentaje%
Bosque	55
Agrícola	36
Pastizal	7
Zona Urbana	2

Fuente: INEGI 2010



Ilustración 19. Agricultura de riego en Aquixtla

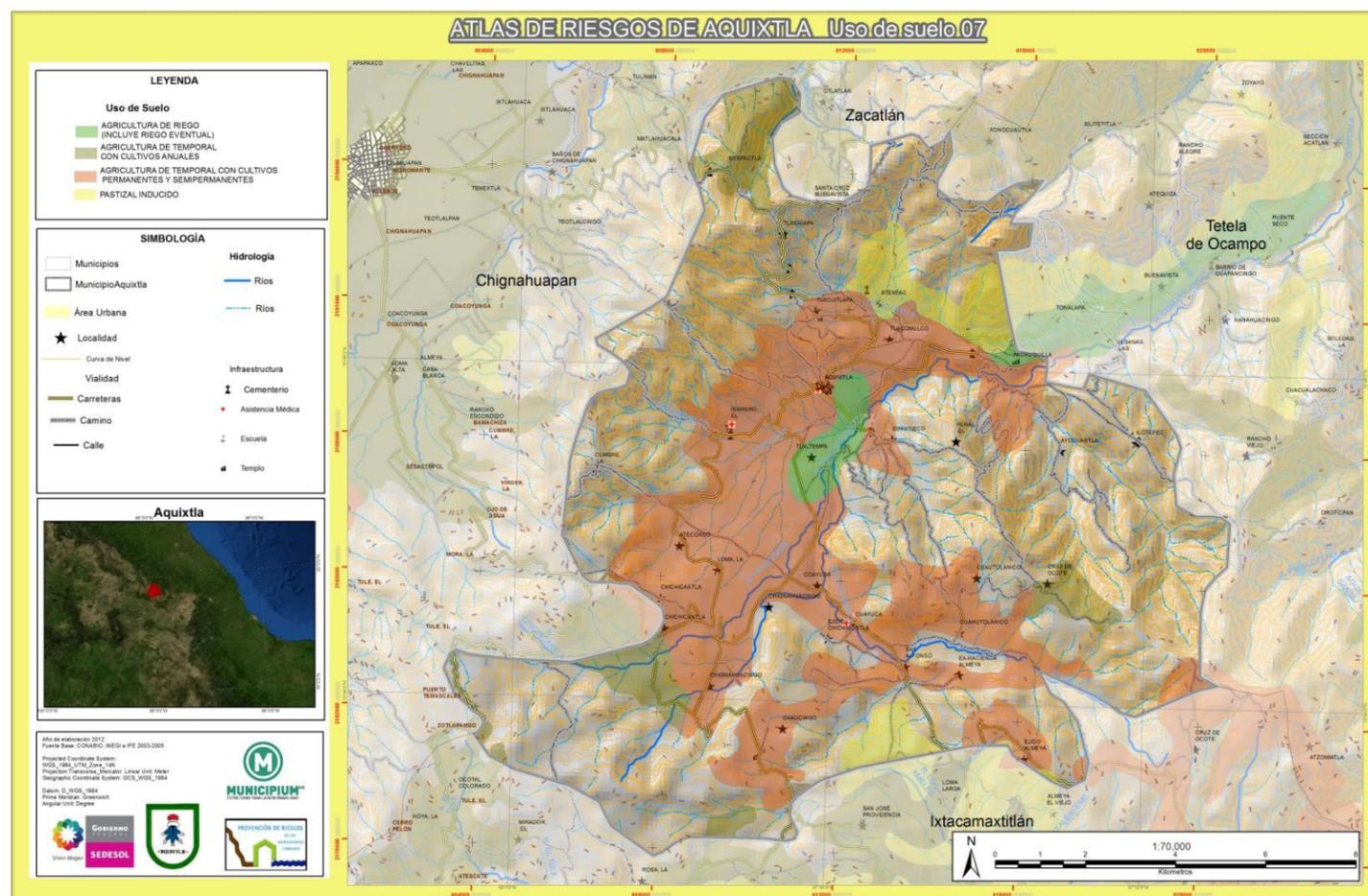


Ilustración 18. Mapa de Uso de Suelo



Ilustración 20. Agricultura de riego en Aquixtla (Invernaderos)



Ilustración 21. Agricultura de riego en Aquixtla (Invernaderos)

El municipio de Aquixtla no tiene delimitadas las áreas de conservación de acuerdo a las leyes tanto federal como la estatal que rigen este estatus dentro de la República Mexicana.

### 3.9. Problemática ambiental

En Aquixtla se presenta la descarga de aguas residuales a cielo abierto que sumada a la deficiencia en el sistema de recolección de las mismas, genera deterioro a los recursos naturales y presencia de enfermedades gastrointestinales en la población. Existe en consecuencia gran interés de los integrantes de la comunidad quienes solicitan la realización de las obras de saneamiento. En la zona de descarga, el agua residual que se vierte no cumple con las normas que para este efecto están vigentes.

Las áreas naturales protegidas (ANP) son espacios terrestres o acuáticos que la sociedad ha destinado para la conservación de la naturaleza a perpetuidad y en los que existen características naturales de singular valor, como ecosistemas, especies de plantas y animales, paisajes, manantiales, etc. En las ANP las autoridades han tomado medidas legales, administrativas y de concertación con la sociedad para evitar el deterioro de los recursos naturales. Las ANP son esenciales para el desarrollo de la sociedad humana por diversas razones, como son:

- Mantener la estabilidad del ambiente: protección de inundaciones, sequías, conservación del suelo y agua, regulación del clima, etc.
- Mantener la capacidad productiva de la naturaleza y con ello asegurar la disponibilidad continua de agua, productos animales y vegetales.
- Proveer oportunidades para la educación ambiental del público en general, para el desarrollo rural, para la recreación y el turismo.

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

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

Aquixtla es uno de los 217 municipios del Estado de Puebla, localizado al Norte de la entidad, forma parte de la región económica I. Se sitúa cerca del límite entre Puebla y Tlaxcala. Vecino de Zacatlán, Tetela de Ocampo, Ixtacamaxitlán y Chignahuapan.

El Censo de Población de 1995 realizado por el INEGI, indica que se cuentan con 7,541 habitantes, siendo 3,760 hombres y 3,781 mujeres, con una densidad de población de 40 habitantes por kilómetro cuadrado y una tasa de crecimiento anual de 0.76%, para el año 2000 el Censo indica que la población asciende a 7,735, con una densidad de 41 habitantes por kilómetro cuadrado. De acuerdo a los resultados que presenta el INEGI en el II Censo de Población y Vivienda del 2005, el Municipio contaba con un total de 7,386 habitantes, es decir presenta un decrecimiento (crecimiento negativo).

Municipio de Aquixtla	2005			2010		
Datos demográficos	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Población total	3,687	3,699	7,386	3,900	3,948	7,848
Viviendas particulares habitadas	1,698			1,954		

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

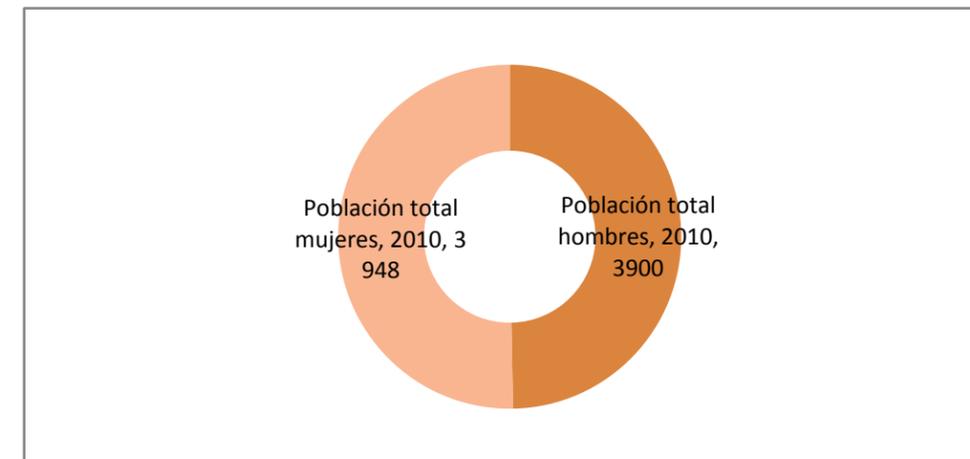


Gráfico 1: Relación Mujeres y Hombres en el Municipio de Aquixtla

Fuente: INEGI 2012

Para el año 2010 en el Censo de Población presenta que vuelve a tener un crecimiento positivo, con 7,848 habitantes, 3,900 hombres y 3,948 mujeres. En cuanto a viviendas se tiene un incremento que va de las 1698 en 2005 a 1954 en 2010, cabe mencionar que ninguna localidad del Municipio tiene más de mil habitantes, así que se considera eminentemente rural.

Población	Aquixtla	Puebla
Población total, 2010	7848	5,779,829
Población total hombres, 2010	3900	2,769,855
Población total mujeres, 2010	3948	3,009,974
Relación hombres-mujeres, 2010	98.8	92.0

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

#### DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN

En el Municipio de Aquixtla, se tiene que ninguna localidad es mayor a los mil habitantes, esto indica que es un Municipio considerado predominantemente rural, la población se distribuye a lo largo de su territorio en localidades dispersas, con los problemas que esto conlleva, ya que entre más dispersas estén las poblaciones más susceptibles a la marginación e incomunicación estarán.

	Tlachiapa Tlacomulco Tlacuitlapa Tlaltempa	
--	---	--

**Tabla 12. Población en localidades en Aquixtla**

Localidad	Hab.	Localidad	Hab.
Aquixtla	855	El Terrero	920
Atecoxco	416	Ilotepec	154
Atexcac	530	La Cabaña	2
Ayocuantla	118	La Cumbre	9
Chaucingo	142	La Loma	285
Chignahuacingo	324	Pachuquilla	297
Coayuca	307	San Alfonso	272
Cuautieco	657	Tlachiapa	171
Cuautolanico	217	Tlacomulco	156
Ecapactla	160	Tlacuitlapa	322
El Peral	77	Tlaltempa	368

**Tabla 13. Tamaño de localidades en Aquixtla**

Localidades que tienen menos de 10 habitantes:	Localidades o áreas de menos de 500 habitantes:	Localidades con número de habitantes mayor a 500:
La Cabaña La Cumbre	Atecoxco Ayocuantla Chaucingo Chignahuacingo Coayuca Cuautolanico Ecapactla Ilotepec La Loma Pachuquilla San Alfonso	Aquixtla - 855 personas Atexcac - 530 personas Chichicaxtla - 627 personas Cuautieco - 657 personas El Terrero - 920 personas

**Tabla 14. Localidades del Municipio de Aquixtla**

Clave del Municipio	Nombre del Municipio	Clave de la localidad	Nombre de la localidad	Población 2010	Ámbito
016	Aquixtla	210160001	Aquixtla	901	Rural
016	Aquixtla	210160002	Atecoxco	393	Rural
016	Aquixtla	210160003	Atexcac	566	Rural
016	Aquixtla	210160004	Ayocuantla	103	Rural
016	Aquixtla	210160008	Chaucingo	141	Rural
016	Aquixtla	210160009	Chichicaxtla	675	Rural
016	Aquixtla	210160010	Chignahuacingo	363	Rural
016	Aquixtla	210160006	Coayuca	315	Rural
016	Aquixtla	210160005	Cuautieco	683	Rural
016	Aquixtla	210160007	Cuautolanico	200	Rural
016	Aquixtla	210160011	Ecapactla	167	Rural
016	Aquixtla	210160022	El Peral	76	Rural
016	Aquixtla	210160015	El Terrero	930	Rural
016	Aquixtla	210160012	Ilotepec	136	Rural
016	Aquixtla	210160023	La Cabaña	2	Rural
016	Aquixtla	210160021	La Cumbre	9	Rural
016	Aquixtla	210160013	La Loma	319	Rural
016	Aquixtla	210160020	Pachuquilla	367	Rural
016	Aquixtla	210160014	San Alfonso	327	Rural
016	Aquixtla	210160018	Tlachiapa	172	Rural
016	Aquixtla	210160016	Tlacomulco	209	Rural
016	Aquixtla	210160017	Tlacuitlapa	348	Rural
016	Aquixtla	210160019	Tlaltempa	407	Rural
016	Aquixtla	210160024	Tlapizahuacan	50	Rural

INEGI. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, Junio 2012.  
INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER).

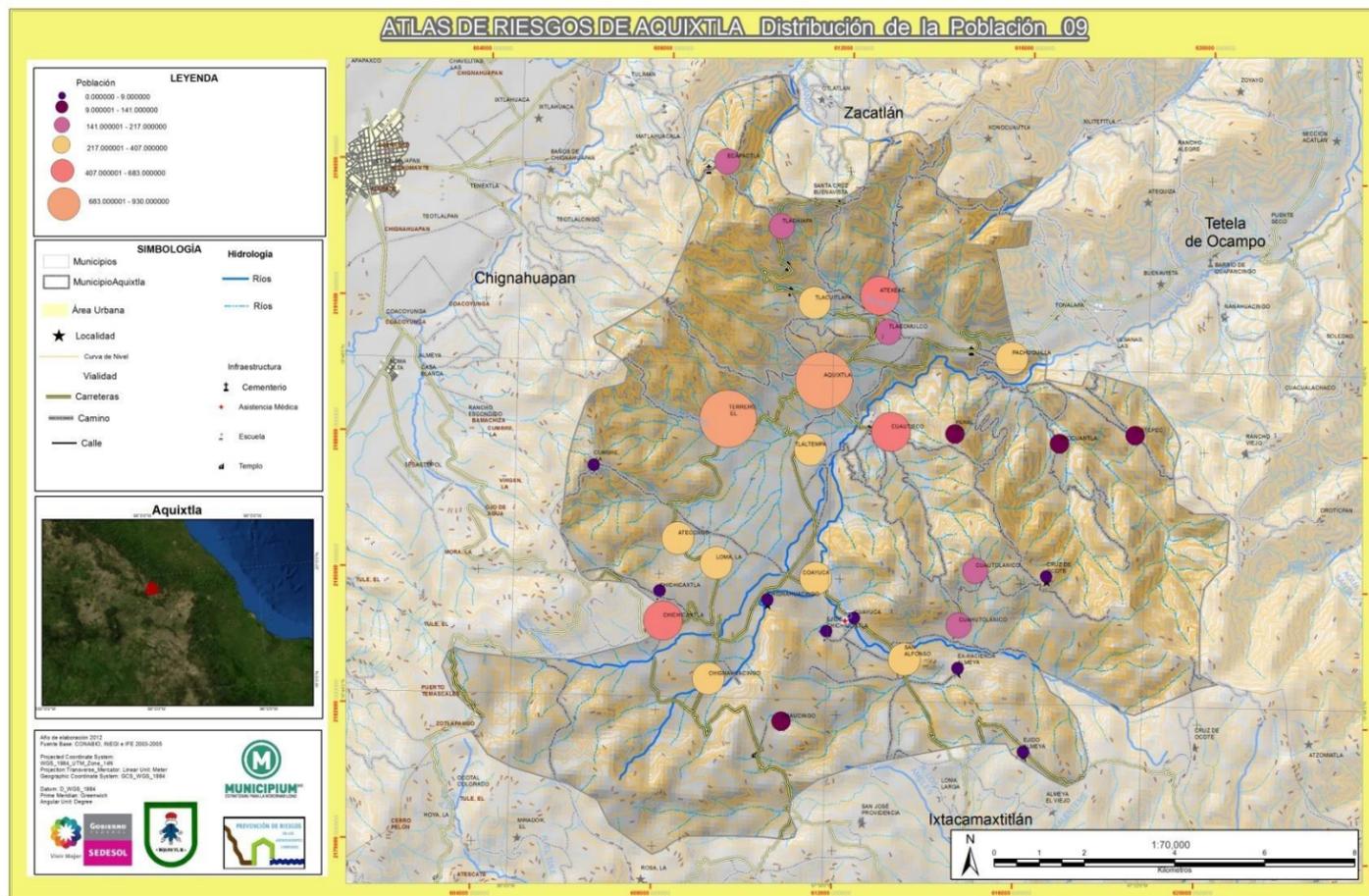


Ilustración 22. Mapa de Distribución de la Población

**PIRÁMIDE POBLACIONAL DE EDADES**

La población de se Aquixtla divide en 3,145 menores de edad y 4,241 adultos, de cuales 882 tienen más de 60 años. El mayor grupo en número es el de 5 a 9 años y de 10 a 15 años, siendo el menor el de los adultos mayores. En cuanto a la comparación de hombres y mujeres, la relación es casi de 50 y 50%, diferenciándose en solo 48 mujeres más.

Tabla 15. Distribución de la población por edades

	Aquixtla	Puebla
Población total, 2010	7,848	5,779,829
Porcentaje de población de 15 a 29 años, 2010	26.6	27.2
Porcentaje de población de 15 a 29 años hombres, 2010	26.0	27.1
Porcentaje de población de 15 a 29 años mujeres, 2010	27.2	27.3
Porcentaje de población de 60 y más años, 2010	12.1	9.0
Porcentaje de población de 60 y más años hombres, 2010	11.5	8.5
Porcentaje de población de 60 y más años mujeres, 2010	12.6	9.5
Relación hombres-mujeres, 2010	98.8	92.0

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

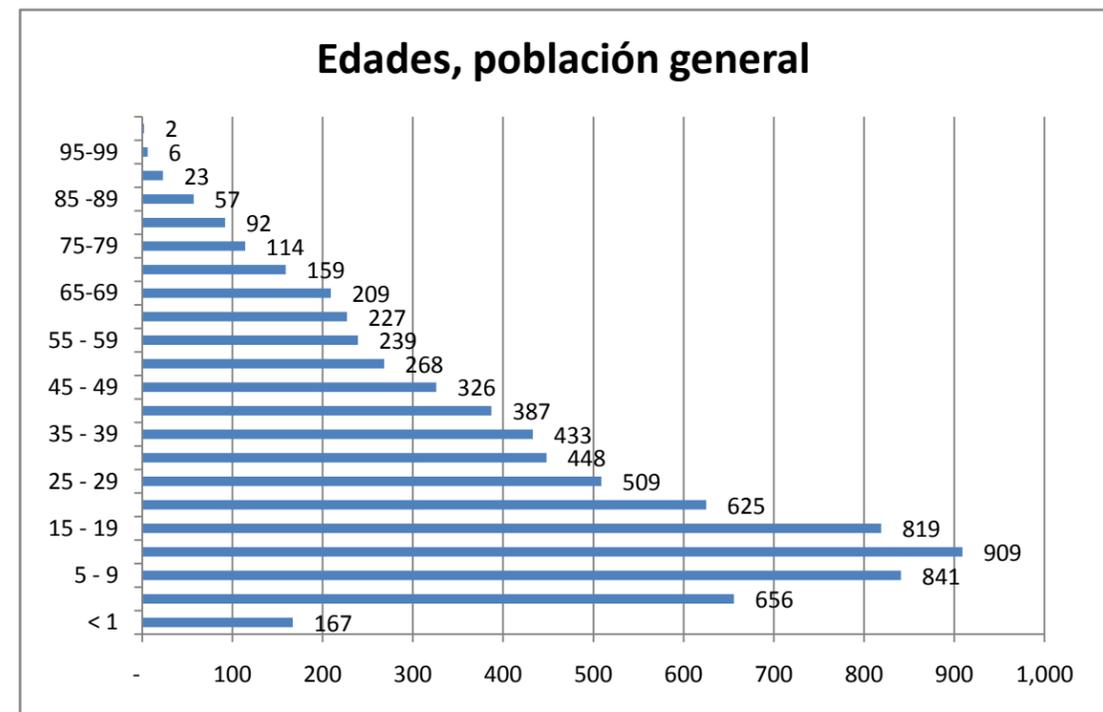


Grafico 2: Representación de grupos quinquenales de edades de la población general de Aquixtla

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI

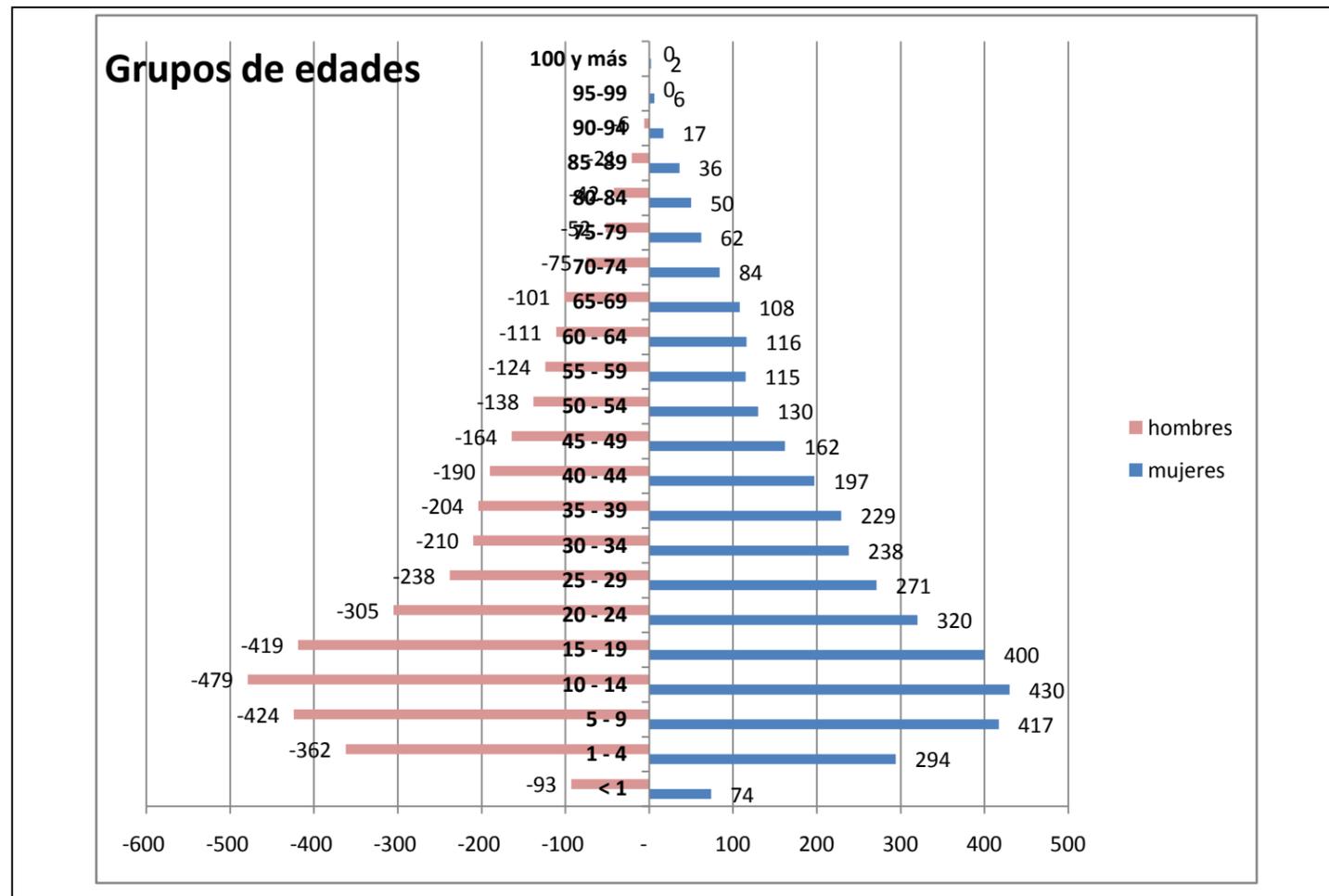


Gráfico 3: Grupos de Edades quinquenales de hombres y mujeres

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI

### NATALIDAD Y MORTALIDAD

La natalidad es la medida del número de nacimientos en una determinada población durante un periodo de tiempo. La tasa de natalidad se expresa como el número de nacidos vivos por cada 1,000 habitantes en un año.

La mortalidad es el número de fallecimientos en una población a lo largo de un periodo establecido. La tasa de mortalidad calcula el número de fallecimientos por cada 1,000 personas en un año.

Aquixtla tiene una tasa de natalidad de 32.8%, con 226 nacimientos y una tasa de mortalidad de 8.1% con 60 defunciones, asimismo se cuenta con una tasa de mortalidad infantil de 40.7%, lo que demuestra que este último grupo es muy vulnerable.

Tabla 16. Natalidad y fecundidad	Aquixtla	Puebla
Nacimientos, 2010	226	160,571
Nacimientos hombres, 2010	113	79,466
Nacimientos mujeres, 2010	113	80,970
Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Estadísticas de natalidad, mortalidad 2010		

Tabla 17. Mortalidad	Aquixtla	Puebla
Defunciones generales, 2010	60	31,031
Defunciones generales hombres, 2010	27	16,432
Defunciones generales mujeres, 2010	33	14,583
Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Estadísticas de natalidad, mortalidad 2010		

### DENSIDAD DE POBLACIÓN

La densidad de población se define como el total de la población dividida por una superficie territorial dada en kilómetros cuadrados. La media resultante es la que da la relación que hay entre la cantidad de personas que viven en un territorio y la extensión de este. Por tanto, si se tiene un territorio pequeño pero con mucha población, se tiene una densidad alta; pero, si por el contrario, se tienen pocos habitantes y un territorio extenso, la densidad será baja y seguramente dispersa, lo cual no siempre es bueno para la obtención de servicios y atención a las personas residentes en dicho territorio.

Por la población que proporciona el INEGI para el 2010 (7,848 habitantes), contra la superficie del territorio municipal (190.9 km<sup>2</sup>), se tiene que el Municipio de Aquixtla presenta un promedio de 41.1 habitantes por kilómetro cuadrado. En 2005 la densidad de población en este Municipio fue de 39 hab./km<sup>2</sup>. Esto representa un Municipio de “baja densidad”,

característica de las localidades rurales. Como comparación podemos mencionar que la población relativa de México, en promedio presenta una densidad de 52.3 hab./km<sup>2</sup>.

Este Municipio ocupa el lugar 65 en el Estado por su extensión, asimismo es uno de los que presentan menos población y por ser rural esta misma población se encuentra disgregada en el territorio municipal.

Tabla 18. Uso de suelo						
Municipio de Aquixtla	2005			2010		
Datos demográficos	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Población total	3,687	3,699	7,386	3,900	3,948	7,848
Viviendas particulares habitadas	1,698			1,954		
Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.						

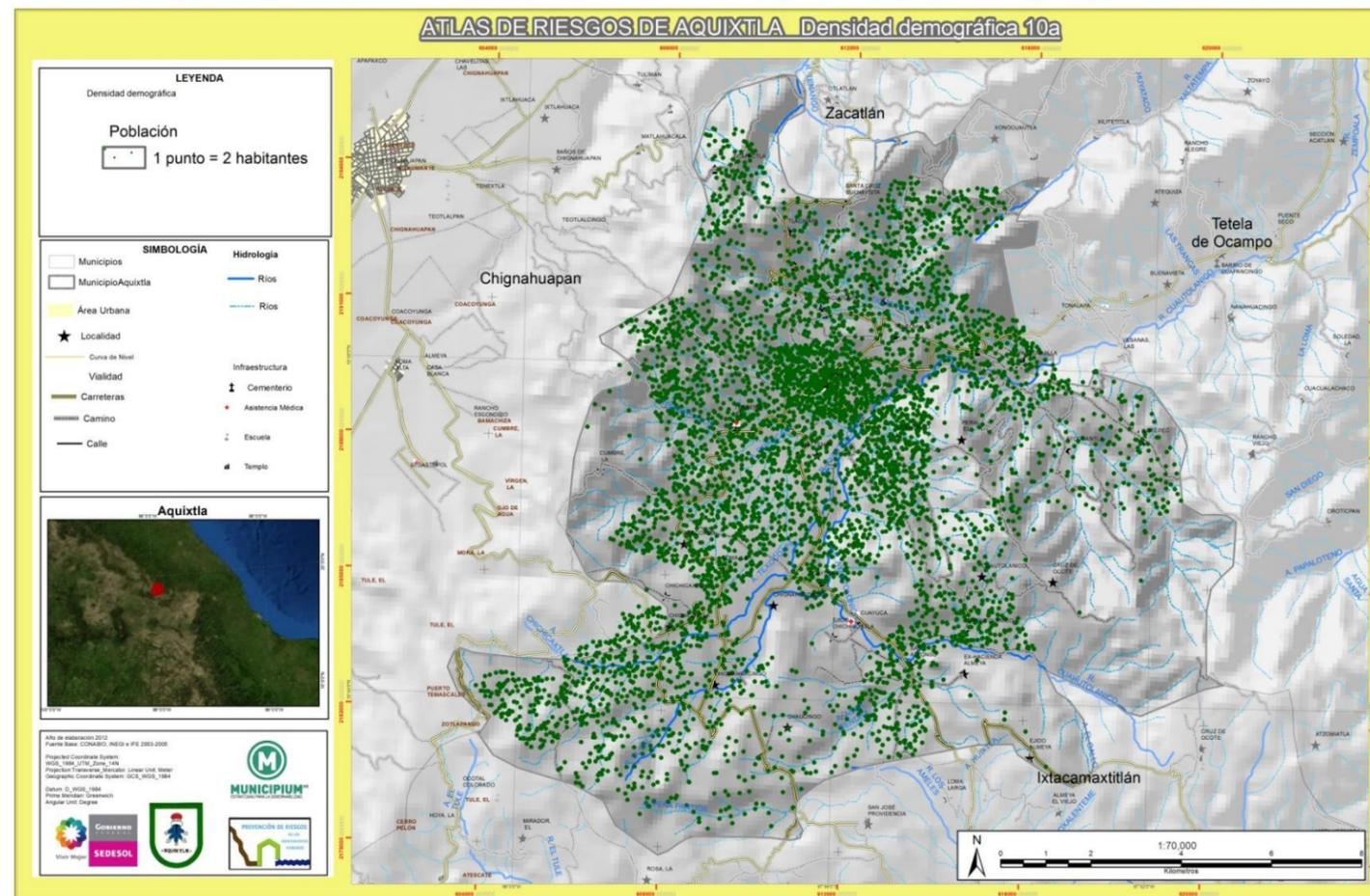


Ilustración 23. Mapa de densidad de población

## 4.2. Características sociales

A continuación se integran los datos estadísticos de las características sociales poblacionales en el Municipio de Aquixtla, entre las cuales están el hacinamiento, marginación, pobreza, escolaridad y salud; estas características son el reflejo del bienestar de la población y permite conocer las diferencias básicas entre localidades y los servicios básicos que ofrecen los tres ámbitos de gobierno.

**PERFIL SOCIO DEMOGRÁFICO**

El Municipio es uno de los más pequeños del Estado, apenas representa el .14% en cuanto a población, de esta población los indígenas representan solo el 3.4% lo que puede resultar bajo sabiendo que es un Municipio eminentemente rural.

La mayor representación de grupo la tienen los niños y jóvenes, lo que representa que se tendrán que tener programas y espacios para su desarrollo. Un rezago importante es el 22% de analfabetas que aún existen aquí, junto con el casi 40% que no asisten a la escuela y están en edad de hacerlo. A pesar de que hay poco porcentaje de discapacitados, solo 2.3% es importante saber que existirán disposiciones para su atención y movilidad.

Rubro	Total	Tasa
Población Municipio	7,386	.14% (del Estado)
Población indígena	251	3.4%
Hombres	3,687	49.92%
Mujeres	3,699	50.08%
Ancianos	882	11.94%
Niños	2,615	35.4%
Discapacitados	174	2.36%
Analfabetas	1,056	22.23%
Asistencia escolar	1,936	61.19%
Grado escolar	5.09	
Datos de Inegi 2010 y Coneval		

**ESCOLARIDAD Y EDUCACIÓN**

Según el conteo nacional de INEGI de 2000, contaba con un total de 43 planteles educativos impartándose la educación en los siguientes niveles: preescolar, primaria, secundaria y bachillerato. Preescolar con 17 escuelas y una población escolar de 587, primaria con 20 escuelas y una población escolar de 1,467, secundaria con 5 escuelas y una población escolar de 195. Tiene un plantel de bachillerato con 39 alumnos.

Para el año 2010, el Censo de Población marca que existen 52 planteles educativos de educación básica y media, 21 de nivel preescolar, 22 para primaria, 7 de secundaria y 2 de bachillerato. Esto quiere decir que en los últimos 10 años se han incrementado un poco el número de planteles educativos.

En cuanto a educación escolar en Aquixtla, según datos del Censo de Población de INEGI de 2010, que de una población de 6 años y más, 6,880 habitantes, de este total la población de 5 años y más con primaria se contaron más de 3,440 habitantes, con un nivel profesional mayores de 18 años hay 146 habitantes y solo 7 con posgrado.

Asimismo se tiene que 135 de los jóvenes entre 6 y 14 años no está inscrita a alguna escuela. De la población a partir de los 15 años 954 no tienen ninguna escolaridad y 2,429 tienen una escolaridad incompleta. De este grupo de arriba de 15 años 887 tienen una escolaridad básica y 438 cuentan con una educación post-básica. El grado promedio de escolaridad es bastante más bajo que la media estatal, 5.8 de Aquixtla contra 8 del Estado de Puebla, en cuanto al nivel de alfabetización, no es malo ya que se encuentra en el 96.9%, un poco más bajo que la tasa estatal que es de 97.8%.

A continuación se muestra la siguiente tabla con las estadísticas en educación que presenta el INEGI:

Tabla 19. Calidad educación en Aquixtla

	2005	2010
Población total	7,386	7,848
% de población de 15 años o más analfabeta	22.23	17.77
% de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	8.4	4.27
% de población de 15 años y más con educación básica incompleta	71.86	65.83

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Tabla 20. Educación

	Aquixtla	Puebla
Población de 6 y más años, 2010	6,880	5,029,312

Población de 5 y más años con primaria, 2010	3,448	2,135,667
Población de 18 años y más con nivel profesional, 2010	146	533,554
Población de 18 años y más con posgrado, 2010	7	38,997
Grado promedio de escolaridad de la población de 15 y más años, 2010	5.8	8.0
Alumnos egresados en preescolar, 2009	221	136,103
Alumnos egresados en primaria, 2009	160	120,989
Alumnos egresados en secundaria, 2009	110	97,807
Alumnos egresados en profesional técnico, 2009	0	3,882
Alumnos egresados en bachillerato, 2009	30	56,527
Alumnos egresados en primaria indígena, 2009	0	10,299
Personal docente en preescolar, 2009	29	12,303
Personal docente en primaria, 2009	51	27,777
Personal docente en primaria indígena, 2009	0	2,492
Personal docente en secundaria, 2009	25	18,236
Personal docente en profesional técnico, 2009	0	1,953
Personal docente en bachillerato, 2009	9	13,304
Personal docente en Centros de Desarrollo Infantil, 2009	0	67
Personal docente en formación para el trabajo, 2009	0	1,700
Personal docente en educación especial, 2009	0	1,251
Total de escuelas en educación básica y media superior, 2009	52	13,127
Escuelas en preescolar, 2009	21	5,041
Escuelas en primaria, 2009	22	4,595
Escuelas en primaria indígena, 2009	0	745
Escuelas en secundaria, 2009	7	2,105
Escuelas en profesional técnico, 2009	0	161
Escuelas en bachillerato, 2009	2	1,225
Escuelas en formación para el trabajo, 2009	0	252
Tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años, 2010	96.9	97.8
Tasa de alfabetización de los hombres de 15 a 24 años, 2010	96.3	97.8
Tasa de alfabetización de las mujeres de 15 a 24 años, 2010	97.5	97.8
Instituto de Educación del Gobierno del Estado.		
Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.		

A continuación se presenta la lista de planteles educativos del nivel básico y su ubicación para su identificación:

Tabla 21. Escuelas Preescolares en Aquixtla, Puebla

Nombre	Ubicación, domicilio
Chautzingo	Conocido, Chautzingo
Tlacomulco	Conocido, Tlacomulco
Aquixtla	Plaza principal, Aquixtla
Los manantiales	Conocido, Atecoxco
Citlaltoni	Calle principal, Atexcac
Progreso	Conocido, Ayocuantla
Citlali	Conocido, Coautieco
Coayuca	Conocido, Coayuca
El Manzano	Conocido, Chichicaxtla
Filemón Munguía Munguía	Calle Principal S/N, Chignahuacingo
El Laurel	Calle Principal S/N, Ecapactla
Juana De Arco	Conocido, Hilotepic
Citlaltlanextli	Conocido, Loma La
Mixcoatl	Conocido, San Alfonso
Citlaltepetl	Conocido, Terrero El
Benito Juárez	Conocido, Atilxca
Progreso	Conocido, Tlacuitlapa
Xochipilli	Conocido, Tlachiapa
El Amanecer	Conocido, Tlaltempa
Macuili Citlali	Calle De La Iglesia S/N, Pachuquilla
Xochitecatl	Conocido, Agua Zarca
Fuente: Instituto de Educación del Gobierno del Estado.	

Tabla 22. Escuelas Primarias en Aquixtla, Puebla

Nombre	Ubicación, domicilio
Benito Juárez	Conocido, Atecoxco
Nicolás Bravo	Calle Real 5, Atexcac
Justo Sierra	Conocido
Benito Juárez	Conocido, Atilxca
José María Morelos	José Ma. Morelos 2, Coautieco
Cinco De Mayo	Conocido, Coayuca
Lic. Adolfo López Mateos	Conocido, Cuautolanico
Rafael Ávila Camacho	Conocido, Chautzingo

Luis Donaldo Colosio Murrieta	Plaza Principal, Chichicaxtla
Lic. Adolfo López Mateos	Conocido, Chichicaxtla
José María Domínguez Castilla	Conocido, Chignahuacingo
Eufrosina Camacho Vda. De Ávila	Juárez No 5, Ecapactla
Francisco I Madero	Conocido, Hilotepec
Ignacio Allende	Conocido, Loma La
Prof. Raúl Isidro Burgos	Conocido, San Alfonso
Benito Juárez	Calle De Las Vegas, Terrero El
Vicente Guerrero	Vicente Guerrero 1, Tlacuitlapa
Aldama	Conocido, Tlachiapa
Benito Juárez	Conocido, Atlixca
Ignacio Zaragoza	Zaragoza 1, Tlaltempa
Miguel Hidalgo Y Costilla	Conocido, Pachuquilla
Lic. Benito Juárez	Conocido, Almeya
Fuente: Instituto de Educación del Gobierno del Estado.	

Tabla 23. Escuelas Secundarias en Aquixtla, Puebla

Benito Juárez García	Plaza Principal
Cristóbal Colon	Camino Real Núm. 1
Emiliano Zapata	Plaza Principal Núm. 4
Gral. Ignacio Abasolo	José María Bonilla no 15
Guadalupe Victoria	Plaza Principal
Manuel Sabino Crespo	1a Avenida Núm. 4
Luis Donaldo Colosio Murrieta	Plaza Principal
Fuente: Instituto de Educación del Gobierno del Estado.	

En cuanto al demás equipamiento que tiene que ver con educación, para el referente a cultura, se tiene que para el censo del año 2010 de INEGI, solamente se registraron 6 bibliotecas públicas en todo el territorio municipal.

Tabla 24. Cultura	Aquixtla	Puebla
-------------------	----------	--------

Bibliotecas públicas, 2009	6	613
Bibliotecas en educación básica, media y superior de la modalidad escolarizada, 2009	No disponible	No disponible
Consultas realizadas en bibliotecas públicas, 2009	29,654	4,239,592
Fuente: Instituto de Educación del Gobierno del Estado.		
Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.		

## SALUD

En el Municipio se tienen registrados 5,023 derechohabientes que tienen acceso a servicios de salud, contra 2,081 que no cuentan con acceso a este tipo de servicios. De estas el IMSS es el que como Institución atiende a más personas con un total de 2,081, en cambio el ISSSTE solo atiende a 86 personas, todos los demás, 1,388 personas, están registradas con el seguro popular, con estas cifras se puede apuntar que hay un rezago en la atención de salud, puesto que poco más del 36% no tiene derecho a servicios de este tipo, muchos de ellos porque sus localidades están alejadas de las instalaciones de salud, aunque en los últimos 5 años se notó un avance en este rubro ya que se disminuyó del 47.9%.

En cuanto a personal que atiende, se registraron 24 distribuidos en las diferentes instituciones nombradas.

Tabla 25. Salud

	Aquixtla	Puebla
Población derechohabiente a servicios de salud, 2010	5,023	2,858,894
Población derechohabiente a servicios de salud del IMSS, 2010	2,153	1,142,607
Población derechohabiente a servicios de salud del ISSSTE, 2010	86	271,461
Población sin derechohabiencia a servicios de salud, 2010	2,801	2,848,420
Familias beneficiadas por el seguro popular, 2009	1,388	602,909
Personal médico, 2009	8	8,499
Personal médico en instituciones de seguridad social, 2009	0	4,006
Personal médico en el IMSS, 2009	0	2,813
Personal médico en el ISSSTE, 2009	0	584
Personal médico en PEMEX, SEDENA y/o SEMAR, 2009	0	43
Personal médico en otras instituciones de seguridad social, 2009	0	566

Personal médico en instituciones de asistencia social, 2009	8	4,493
Personal médico en el IMSS-Oportunidades, 2009	2	542
Personal médico en la Secretaría de Salud del Estado, 2009	6	3,405
Personal médico en otras instituciones de asistencia social, 2009	0	546
Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.		

Rubro	2005	2010
% de población sin derechohabencia a servicios de salud	47.96	35.69
Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Principales Resultados por Localidad, INEGI.		

**HACINAMIENTO**

El término se refiere a la situación que padecen algunos seres humanos que habitan u ocupan un determinado espacio y estos superan la capacidad del espacio, el cual debiera contar con algunos parámetros de comodidad, seguridad e higiene, tomando en cuenta las características de los hogares.

En todo el Municipio se tienen registradas 1,954 viviendas con un promedio de 4 habitantes para cada una (sólo un poco debajo de la tasa media estatal que es de 4 hab./viv.), del año 2005 al año 2010 las viviendas se incrementaron en un poco menos de 300.

	Aquixtla	Puebla
Hogares, 2010	1,954	1,373,772
Tamaño promedio de los hogares, 2010	4.0	4.2
Hogares con jefatura masculina, 2010	1,532	1,025,727
Hogares con jefatura femenina, 2010	422	348,045
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.		

En dichos hogares se tiene que en 21.5% la jefatura corresponde a las mujeres, y del total de hogares aún existe un 19.5% con piso de tierra, lo que representa peligro de enfermedades para sus habitantes, aunado a un 11% que no dispone de excusado sanitario. Aunque la atención de agua potable no se considera mala (solo un 16.9% no dispone), si es más grave la falta de drenaje (24.4%, aunque ha disminuido, antes era del 40%), esto se considera importante por el propio bienestar de los habitantes como evitar que los desechos se filtren a la tierra y la contaminen. De los aparatos eléctricos que se consideran básicos en hogares por ayudar a preservar alimentos y limpieza se menciona que hay altos porcentajes de hogares que no disponen de lavadora y refrigerador.

Rubro	2005	2010
% de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	23.5	19.55
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario	14.49	11.05
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública	18.55	16.94
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	40.87	24.41
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica	6.18	4.4
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora	82.16	69.65
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	70.85	58.7
Estimaciones del CONEVAL, con base en INEGI, II Conteo de Población y Vivienda 2005 y la ENIGH 2005. Estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010		

**COBERTURA DE SERVICIOS**

Por las características que se presentan en Aquixtla, que es un Municipio con localidades eminentemente rurales (aún la cabecera municipal, que según SEDESOL y el Sistema Nacional de Planeación, se considera Urbano arriba de los 2,500 habitantes), algunas localidades aún presentan rezagos en servicios; con las cifras presentadas por INEGI y CONEVAL se observa que la mejor atención está en la dotación de electricidad a los hogares y localidades (casi un 95%), en agua potable se considera bien atendido (con un 83%) y en lo que se nota un rezago es en el drenaje (sólo un 73% cuenta con él, y en muchos casos no se especifica si es fosa séptica o conexión a la red pública).

Tabla 29. Servicios en la Vivienda

	Aquixtla	Puebla
Total de viviendas particulares habitadas, 2010	1,954	1,391,803
Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, 2010	4.0	4.2
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua potable de la red pública, 2010	1,623	1,144,569
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje, 2010	1,443	1,194,959
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, 2010	1,864	1,342,158

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Tabla 30. Indicadores de rezago en viviendas

Aquixtla	2005 [1]		2010 [3]	
	Valor	%	Valor	%
Viviendas particulares habitadas	1,693		1,954	
Viviendas sin drenaje	694	44.12	477	24.84
Viviendas sin sanitario [2]	237	14.03	216	11.05
Viviendas con piso de tierra	399	23.65	382	19.60
Viviendas sin energía eléctrica	86	5.12	86	4.41
Viviendas sin agua	315	18.66	331	16.94

[1] SEDESOL. Cálculos propios a partir del II Censo de Población y Vivienda 2005, INEGI.  
 [2] SEDESOL. Cálculos propios a partir del Censo de Población y Vivienda 2010.  
 [3] SEDESOL. Cálculos propios a partir del Censo de Población y Vivienda 2010. Tabulados del Cuestionario básico: Viviendas.

## MARGINACIÓN Y POBREZA

La importancia de analizar la marginación y la pobreza en el Municipio es porque es la población más vulnerable ya que la pobreza se refiere a la circunstancia económica en la que una persona o un grupo carecen de los ingresos suficientes para acceder a los niveles mínimos de atención médica, alimento, vivienda, vestido y educación. Esto es parte de lo que crea la marginación, entendida como exclusión (tanto social y/o espacial) y privación o dificultad para la normal satisfacción de las necesidades básicas y secundarias, lo cual se mide con diferentes rubros como los que se verán más adelante.

Cuenta con un índice de marginación de 0.996 por lo que es considerado como alta, por lo que se ubica en el lugar 49 con los demás municipios del estado.

La población se encuentra sumamente dispersa en el Municipio. Ninguna localidad posee una población superior a los mil habitantes y la cabecera municipal, el pueblo de Aquixtla, tiene menos habitantes que El Terrero. El índice de marginación del Municipio es uno de los más altos en el estado de Puebla.

Tabla 31. Datos de marginación y rezago en el Municipio de Aquixtla

Datos demográficos	2005			2010		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Población total	3,687	3,699	7,386	3,900	3,948	7,848
Viviendas particulares habitadas	1,698			1,954		
Población hablante de lengua indígena de 5 años y más	114	137	251			390

**Índices sintéticos e indicadores**

Grado de marginación municipal	Alto	
Lugar que ocupa en el contexto estatal	7	
Lugar que ocupa en el contexto nacional	771	
Grado de rezago social municipal	Medio	

**Indicadores de rezago en vivienda**

Localidades por grado de marginación	Número	%	Población	Número	%	Población
Grado de marginación muy alto	1	4.35	9			
Grado de marginación alto	17	73.91	5,699	19	86.36	6,173
Grado de marginación medio	4	17.39	1,676	3	13.64	1,675
Grado de marginación bajo						
Grado de marginación muy bajo						
Grado de marginación n.d.	1	4.35	2			
<b>Total de localidades (Iter, 2005 y 2010)</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>7,386</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	<b>7,848</b>

SEDESOL. Unidad De Microrregiones, Dirección General Adjunta De Planeación Micro regional  
 INEGI. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, Junio 2012.  
 INEGI. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades  
 INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER).  
 INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad (ITER).  
 CONAPO. Índices de marginación por entidad federativa y Municipio 2005.  
 CONAPO. Índice de marginación a nivel localidad 2005.  
 CONAPO. Índice de marginación por entidad federativa y Municipio 2010.  
 CONAPO. Índice de marginación por localidad 2010.  
 SEDESOL. Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP).  
 Estimaciones del CONEVAL, con base en INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005 y la ENIGH 2005.  
 Estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010

Tabla 32. Localidades del Municipio de Aquixtla

Clave del Municipio	Nombre del Municipio	Clave de la localidad	Nombre de la localidad	Población 2010	Grado de marginación de Localidad 2010	Ámbito	Grado de marginación del Municipio 2010
016	Aquixtla	210160001	Aquixtla	901	Medio	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160002	Atecoxico	393	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160003	Atexcac	566	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160004	Ayocuantla	103	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160008	Chaucingo	141	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160009	Chichicaxtla	675	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160010	Chignahuacingo	363	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160006	Coayuca	315	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160005	Cuautieco	683	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160007	Cuautolanico	200	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160011	Ecapactla	167	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160022	El Peral	76	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160015	El Terrero	930	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160012	Ilotepec	136	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160023	La Cabaña	2	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160021	La Cumbre	9	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160013	La Loma	319	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160020	Pachuquilla	367	Medio	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160014	San Alfonso	327	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160018	Tlachiapa	172	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160016	Tlacomulco	209	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160017	Tlacuitlapa	348	Alto	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160019	Tlaltempa	407	Medio	Rural	Alto
016	Aquixtla	210160024	Tlapizahuacan	50	Alto	Rural	Alto

SEDESOL. Unidad De Microrregiones, Dirección General Adjunta De Planeación Micro regional  
 INEGI. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, Junio 2012.  
 INEGI. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades  
 INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER).

Tabla 33. Indicadores de marginación

Grado de marginación	Alto Lugar estatal: 83 de 217 Lugar nacional: 771
Grado de rezago social	Medio Lugar estatal: 108 de 217 Lugar nacional: 875
Grado de desarrollo humano	Medio Lugar estatal: 150 de 217

Lugar nacional: 1922

CONAPO. Índice de marginación por entidad federativa y Municipio 2010.  
 Estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010

Tabla 34. Líneas de pobreza

Pobreza alimentaria	33.85% Lugar estatal: 122 de 217 Lugar nacional: 1041
Pobreza de capacidades	44.01% Lugar estatal: 83 de 217 Lugar nacional: 1022
Pobreza de patrimonio	69.45% Lugar estatal: 120 de 217 Lugar nacional: 971

CONAPO. Índice de marginación por entidad federativa y Municipio 2010.  
 Estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010

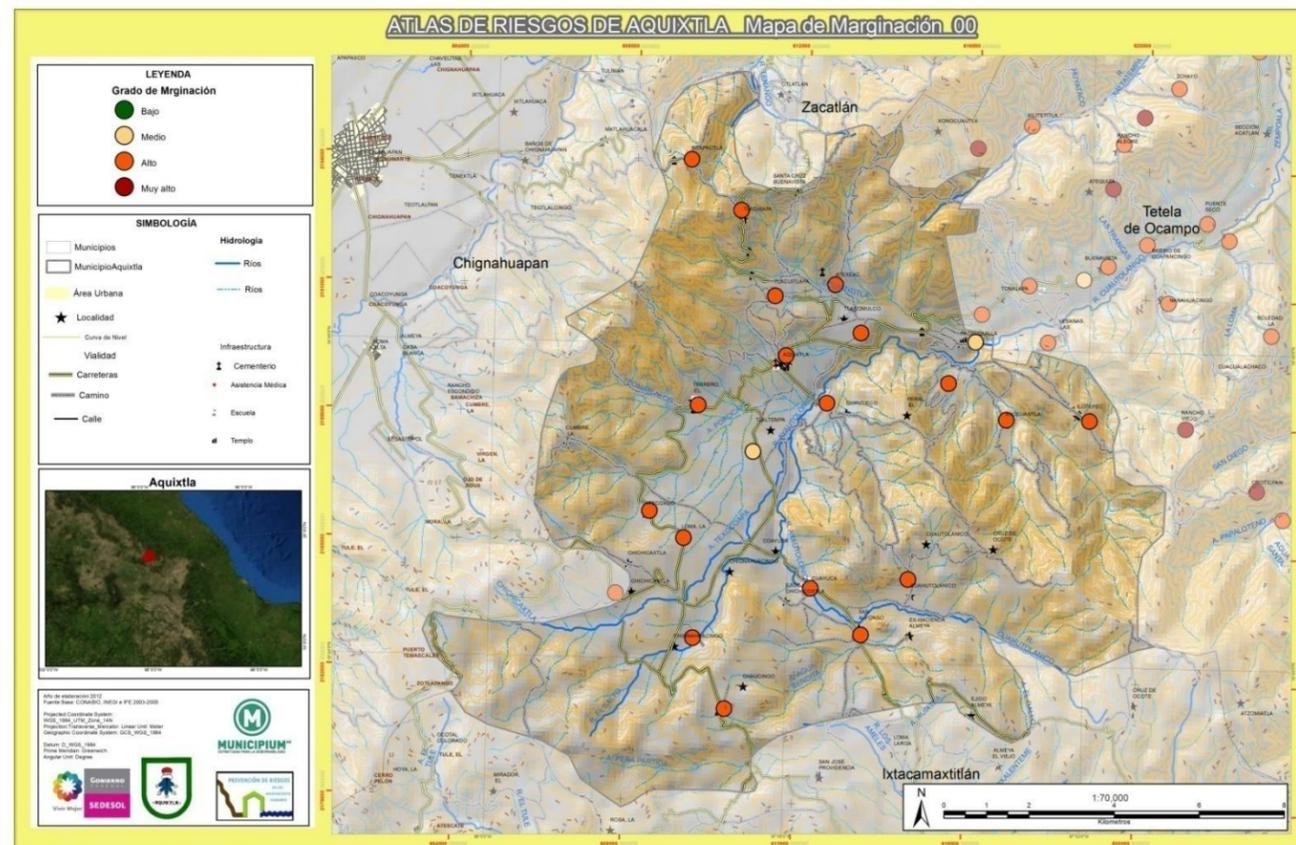


Ilustración 24. Mapa de marginación por localidad.

### 4.3. Principales actividades económicas en la zona

Las principales actividades económicas de Aquixtla son las que se desprenden de lo agropecuario, principalmente a campo abierto y ahora con los nuevos cultivos dentro de invernaderos, produciendo estos últimos más de 10 mil toneladas de productos, de los cuales el principal es el jitomate, posicionándose como proveedores de grandes empresas, esta actividad ha hecho que muchos de los habitantes cambien sus actividades como las artesanías de barro o la producción de otro tipo de semillas o cría de animales, después están los productos como maíz, frijol, haba, cebada y avena, también se encuentran en hortalizas de temporal productos como ajo y papa, alfalfa, manzana, pera, durazno, ciruela y nuez de castilla. Aparte se cuenta con diferentes programas de apoyo para la planta de árboles frutales, cría de animales (pollos de engorda y carpas).

La ganadería no es de gran escala y se encuentra cría de ganado bovino, para carne y leche, porcino, caprino, y ovino; en otro plano, como para consumo interno hay además cría de ganado asnal, mular y conejos, con una extensa diversidad de aves de corral.

En cuanto a la industria, la única considerada es muy básica, sin tener una derrama económica importante para los habitantes, ya que es la que se refiere a la producción artesanal de productos de barro, artículos de vidrio y esferas navideñas.

En lo que se refiere a la rama de servicios el comercio es la actividad más recurrente con pequeños y medianos comercios fijos y en tianguis donde se vende un poco de todos los productos básicos (por ejemplo, abarrotes y misceláneas, carnicerías, alimentos para animales, frutas y legumbres, entre otros) se cuenta con un tianguis dominical, dos tiendas Conasupo y 28 establecimientos comerciales. El turismo es una actividad aún sin explotar, aunque se podrían explorar diferentes formas de turismo alternativo (siempre con protección al medio ambiente) aprovechando las bellezas naturales del territorio municipal. Por último los servicios en general también son los básicos dirigidos a los habitantes para cubrir sus necesidades (por ejemplo, preparación de alimentos, talleres de para automóviles y camiones, reparación de llantas y bicicletas, de aparatos de uso doméstico, así como un restaurante y otras del tipo de cocina económica).

La actividad económica del Municipio por sector, de acuerdo al INEGI, se distribuye de la siguiente forma:

- Sector Primario: Agricultura, ganadería, caza y pesca - 78.2 %

- Sector Secundario: Minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción - 12.4 %
- Sector Terciario: Comercio, transporte y comunicaciones, servicios financieros, de administración pública y defensa, comunales y sociales, profesionales y técnicos, restaurantes y hoteles, personales de mantenimiento y otros - 8.3 %

#### Actividades económicas en las localidades principales:

- El Terrero: Su principal actividad económica es la agropecuaria, con una distancia aproximada a la cabecera municipal de 2 km.
- Atexcac: Su principal actividad económica es la agropecuaria, con una distancia aproximada a la cabecera municipal de 2 km.
- Chichicaxtla: Su principal actividad económica es la agropecuaria, con una distancia aproximada a la cabecera municipal de 7 km.
- Cuayuca: Su principal actividad económica es la agropecuaria, con una distancia aproximada a la cabecera municipal de 12 km.
- Cuautieco: Su principal actividad económica es la agropecuaria, con una distancia aproximada a la cabecera municipal de 2 km.

Actividades primarias	Aquixtla	Puebla
Superficie sembrada total (Hectáreas), 2009	4,892	994,399
Superficie sembrada de alfalfa verde (Hectáreas), 2009	30	18,303
Superficie sembrada de avena forrajera (Hectáreas), 2009	68	5,701
Superficie sembrada de frijol (Hectáreas), 2009	100	67,818
Superficie sembrada de maíz grano (Hectáreas), 2009	4,267	597,143
Superficie sembrada del resto de cultivos nacionales (Hectáreas), 2009	427	271,296
Superficie cosechada total (Hectáreas), 2009	2,571	629,790
Superficie cosechada de alfalfa verde (Hectáreas), 2009	30	18,303
Superficie cosechada de avena forrajera (Hectáreas), 2009	68	5,013
Superficie cosechada de frijol (Hectáreas), 2009	100	30,796
Superficie cosechada del resto de cultivos nacionales (Hectáreas), 2009	427	246,193
Volumen de la producción de alfalfa verde (Toneladas), 2009	2,580	1,143,488
Volumen de la producción de avena forrajera (Toneladas), 2009	952	72,090

Volumen de la producción de frijol (Toneladas), 2009	100	18,325
Superficie sembrada de temporal (Hectáreas), 2009	4,380	836,679
Superficie mecanizada (Hectáreas), 2009	468	546,506
Volumen de la producción de carne en canal de ovino (Toneladas), 2009	36	3,576
Volumen de la producción de carne en canal de caprino (Toneladas), 2009	46	3,697
Volumen de la producción de carne en canal de gallináceas (Toneladas), 2009	343	157,257
Volumen de la producción de carne en canal de guajolotes (Toneladas), 2009	11	2,281
Volumen de la producción de leche de bovino (Miles de litros), 2009	2,609	395,211
Volumen de la producción de huevo para plato (Toneladas), 2009	39	484,113
Volumen de la producción de miel (Toneladas), 2009	10	3,190
Volumen de la producción forestal maderable de coníferas (Metros cúbicos rollo), 2009	9,633	198,422
Superficie sembrada de riego (Hectáreas), 2009	512	157,719
Actividades secundarias	Aquixtla	Puebla
Usuarios de energía eléctrica, 2009	2,307	1,671,733
Volumen de las ventas de energía eléctrica (Megawatts-hora), 2009	2,048	6,777,637
Valor de las ventas de energía eléctrica (Miles de pesos), 2009	2,866	8,102,234
Inversión pública ejercida en obras de electrificación (Miles de pesos), 2009	378	67,867
Actividades terciarias	Aquixtla	Puebla
Tianguis, 2009	1	240
Oficinas postales, 2009	5	1,016

#### 4.4. Estructura urbana

La estructura que se denota en el territorio municipal es dentro de las localidades una mezcla de urbanización llamada de “plato roto”, con algunas reminiscencias de “damero”, es decir de plato roto por seguir la topografía propia del lugar que hace que las calles y formas de las localidades sean de diversas formas, también se dice con reminiscencias de la forma tradicional de damero, ya que en lagunas de las localidades principales se parte de una plaza central con calles que forman una traza que aspira a ser cuadrículada, hasta donde la topografía lo permite. Las características urbano – arquitectónicas que se ostentan es distintivo de comunidades rurales, como se dijo en este Municipio hay más de 1,500 viviendas y la mayoría tienen como principal elemento el techo de teja y procesos constructivos tradicionales, desde muros hechos de tabique y hormigón, hasta en los estratos más bajos muros con materiales endebles como troncos, ramas y paja.

En cuanto a las vías de comunicación se tiene una carretera secundaria procedente de Tetela de Ocampo, atraviesa el Municipio de este a Oeste, pasando por la cabecera municipal y uniéndose en el Municipio de Chignahuapan, a una carretera estatal. Entroncando con la carretera secundaria, 3 carreteras de terracería que se dirigen hacia el Sur del Municipio de Ixtacamaxitlán. El resto del Municipio se encuentra comunicado únicamente por medio de caminos de terracería revestidas. El transporte público de pasajeros es prestado por la línea de autobuses local, y por el servicio de microbuses con dos líneas que comunican al Municipio con Tetela de Ocampo y Chignahuapan, esta situación de conectividad puede ser grave porque representa pocos enlaces para los habitantes, ya sea para acceder a un servicio (por ejemplo de salud o educación) o para atender una emergencia (como un deslave o inundación).

Aunque no hay un crecimiento rápido o alarmante de las localidades, por actividades diferentes si hay cierta depredación del entorno natural que reportan las propias autoridades municipales (como tala clandestina, manejo de la basura, deterioro, descuido de los cuerpos de agua y falta de programas municipales de conservación y protección). Por tal motivo es necesario poder ordenar hacia dentro y fuera de las localidades un buen crecimiento y consolidación como centros rurales o urbanos, según sea el caso.

En este orden de ideas, se recomienda seguir las propias estrategias y líneas de acción del Plan Municipal de Desarrollo que menciona que se deben desarrollar los siguientes instrumentos:

- Elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial.
- Formular el Programa de Desarrollo Urbano de Aquixtla.
- Formular el Plan de acción para el cuidado de las áreas verdes y la imagen del Municipio.
- Creación de brigadas de asistencia social y de cuidado al medio ambiente con el personal de la Presidencia Municipal.
- Reforzar la aplicación de los instrumentos de planeación y administración urbanas y las acciones de supervisión.

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

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

### 5.1.1. Fallas y Fracturas

El término de falla (fault) se utilizó por primera vez en 1802 por Playfair. Es un plano o zona de ruptura en el sustrato rocoso a lo largo de la cual se produce un desplazamiento. Una falla con desplazamiento vertical forma un bloque levantado y otro hundido; cuando la falla está inclinada resulta un bloque del bajo y un bloque del alto. Los tipos principales de falla son: normal, inversa, de desplazamiento vertical y lateral. Las dimensiones de los desplazamientos varían de algunos centímetros de longitud hasta las de fallas profundas que cortan toda la corteza terrestre. Con frecuencia, los planos de falla sirven como conductores para el ascenso de soluciones hidrotermales que forman las vetas iniciales. Las fallas pueden ser activas e inactivas y pueden tener expresión directa e inversa en el relieve, en otro caso no se reconocen en la superficie terrestre o se infieren por determinados rasgos del relieve.

El Municipio de Aquixtla está localizado en los límites de las provincias fisiográficas del Sistema Volcánico Transmexicano en su sector Norte y la Sierra Madre Oriental. Su ubicación es favorable para la presencia de fallas y sistemas de fracturas que se expresan de distintas maneras en el relieve montañoso característico de esta porción del estado de Puebla.

Las fallas y fracturas que se presentan son acordes a la tectónica activa en la Sierra Madre Oriental. La estructura de carácter regional es la y que se localiza en el sector noreste de la cabecera municipal es la Cabalgadura Otlatlán, una falla inversa que ha experimentado un movimiento ascendente y con sobre corrimiento que da la apariencia de que un bloque monta a otro en sentido del esfuerzo de compresión, que es con dirección NE. La presencia de una estructura geológica de dimensiones considerables supone la existencia de sistemas de fallas alineados en la misma orientación. A pesar de no estar documentadas en la cartografía geológica básica debe entenderse su presencia, misma que es posible interpretar con base en los mapas topográficos, imágenes de satélite y la misma carta geológica.

Son sistemas activos de fallas que además presentan la formación de estructuras plegadas a manera de fajas orientadas en sentido NW, aproximadamente a 340° de azimut.

En Aquixtla, la intensidad de peligro alto de las fallas de da principalmente en la cercanía del eje de las mismas y a partir de este se desarrolla una zona de 500 metro de afectación media. Esta situación sugiere que así como las fallas principales se asocian a fallas con la misma orientación, pero de menor extensión y casi siempre de carácter local, habrá una expresión directa en el relieve y en procesos derivados de la interacción de estas estructuras con otros tipos de roca, ya que las cabalgaduras corresponden a las rocas carbonatadas de la SMO, que limitan al SW con las rocas del Eje Neovolcánico, en donde no se presentan estas fallas, en cambio, en dichos materiales volcánicos se presentan dislocaciones o fracturas asociadas a la tectónica reciente, que tiene su origen en la subducción de la placa de Cocos deba de la placa Norteamericana.

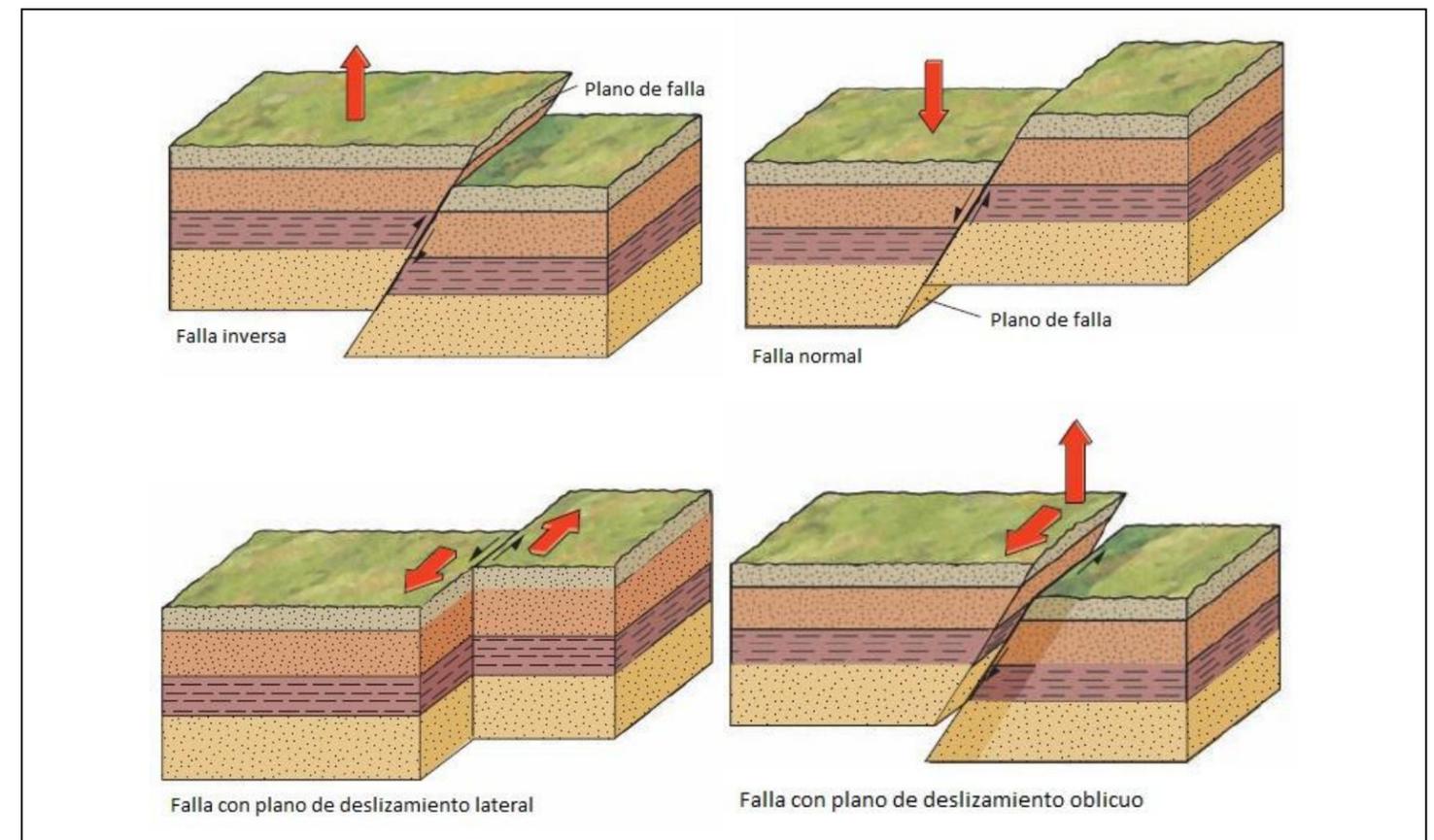


Ilustración 25. Detalle de fallas

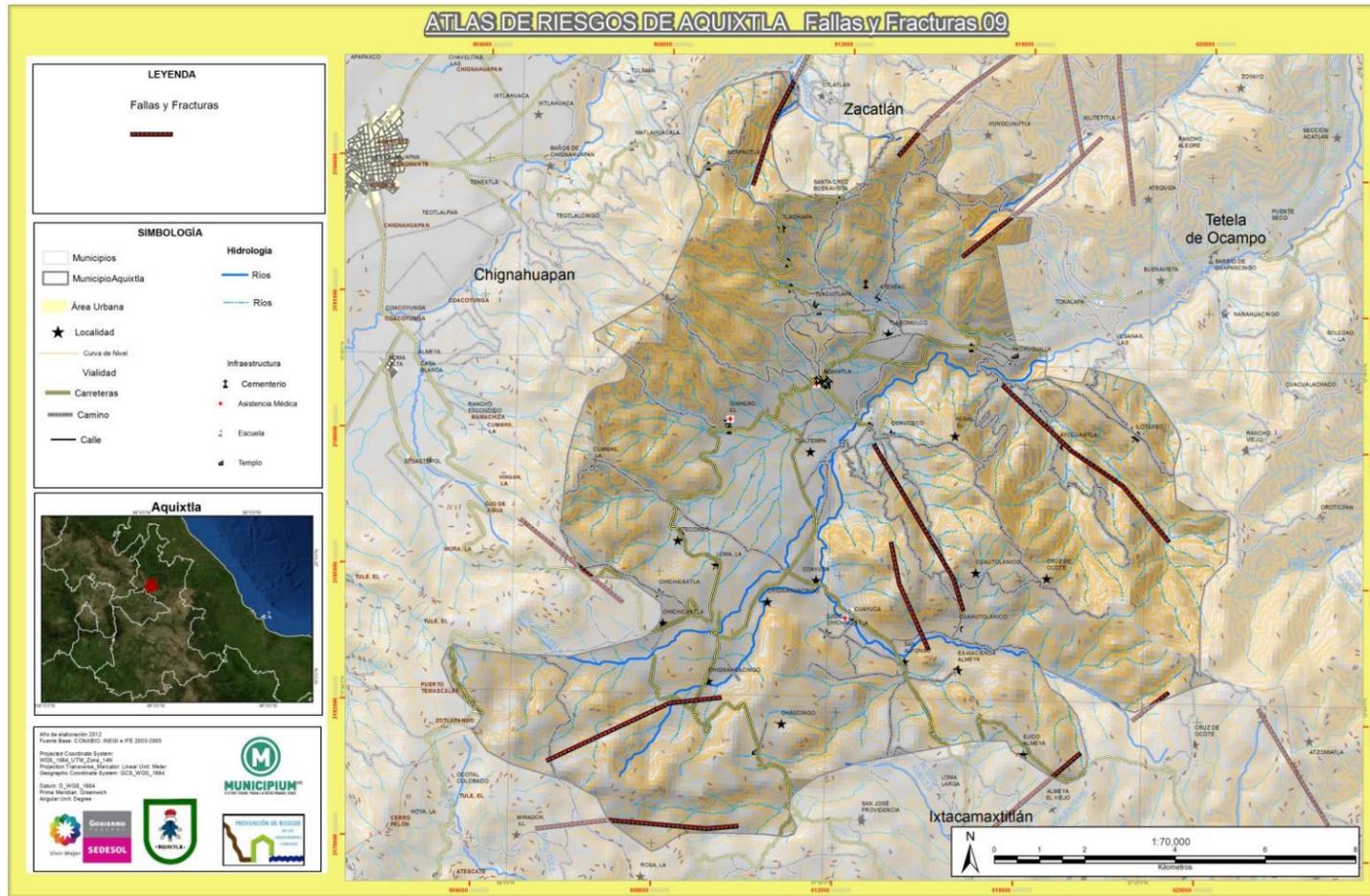


Ilustración 26. Mapa de Fallas y Fracturas

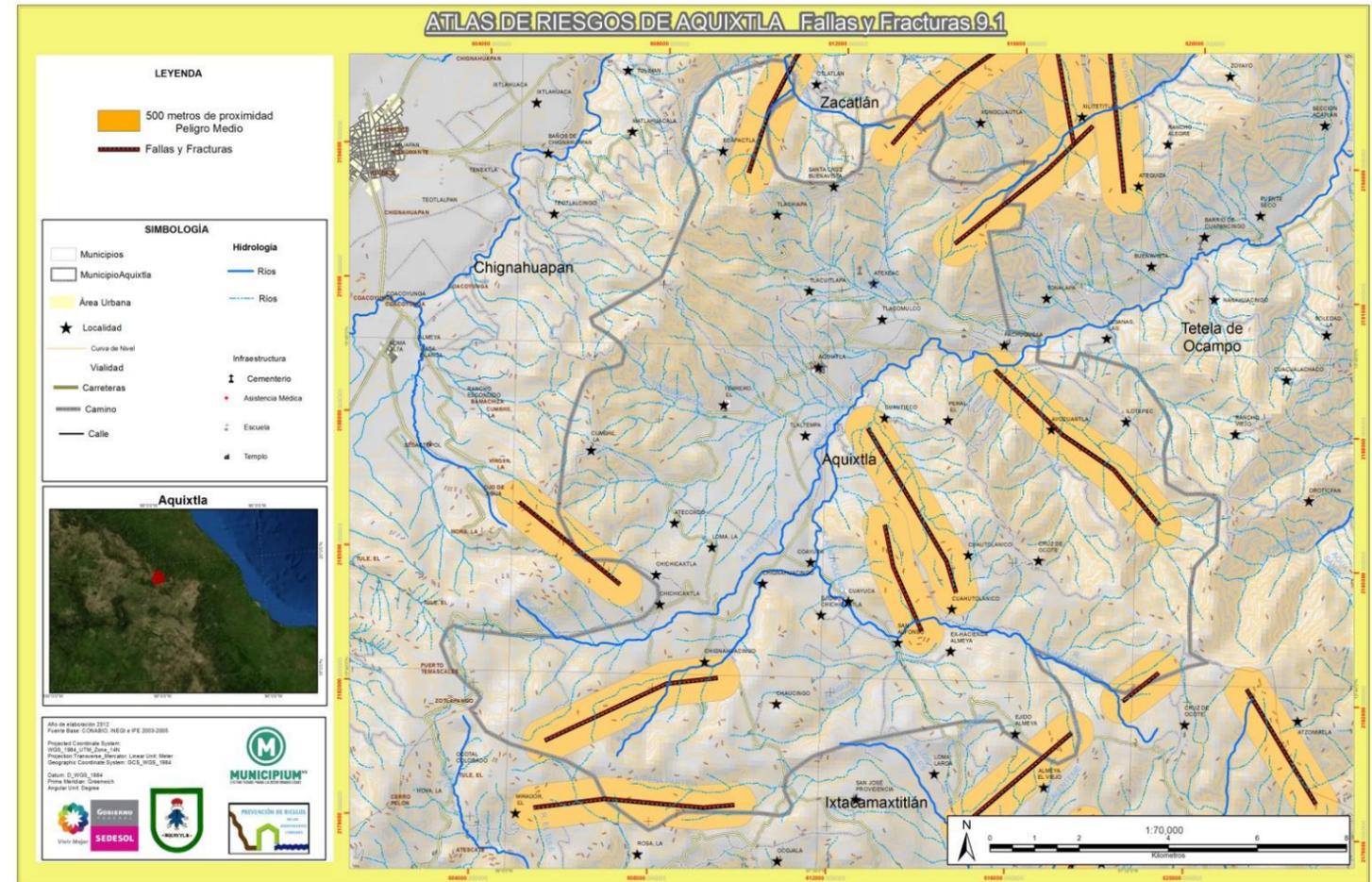


Ilustración 27. Mapa de Fallas y Fracturas

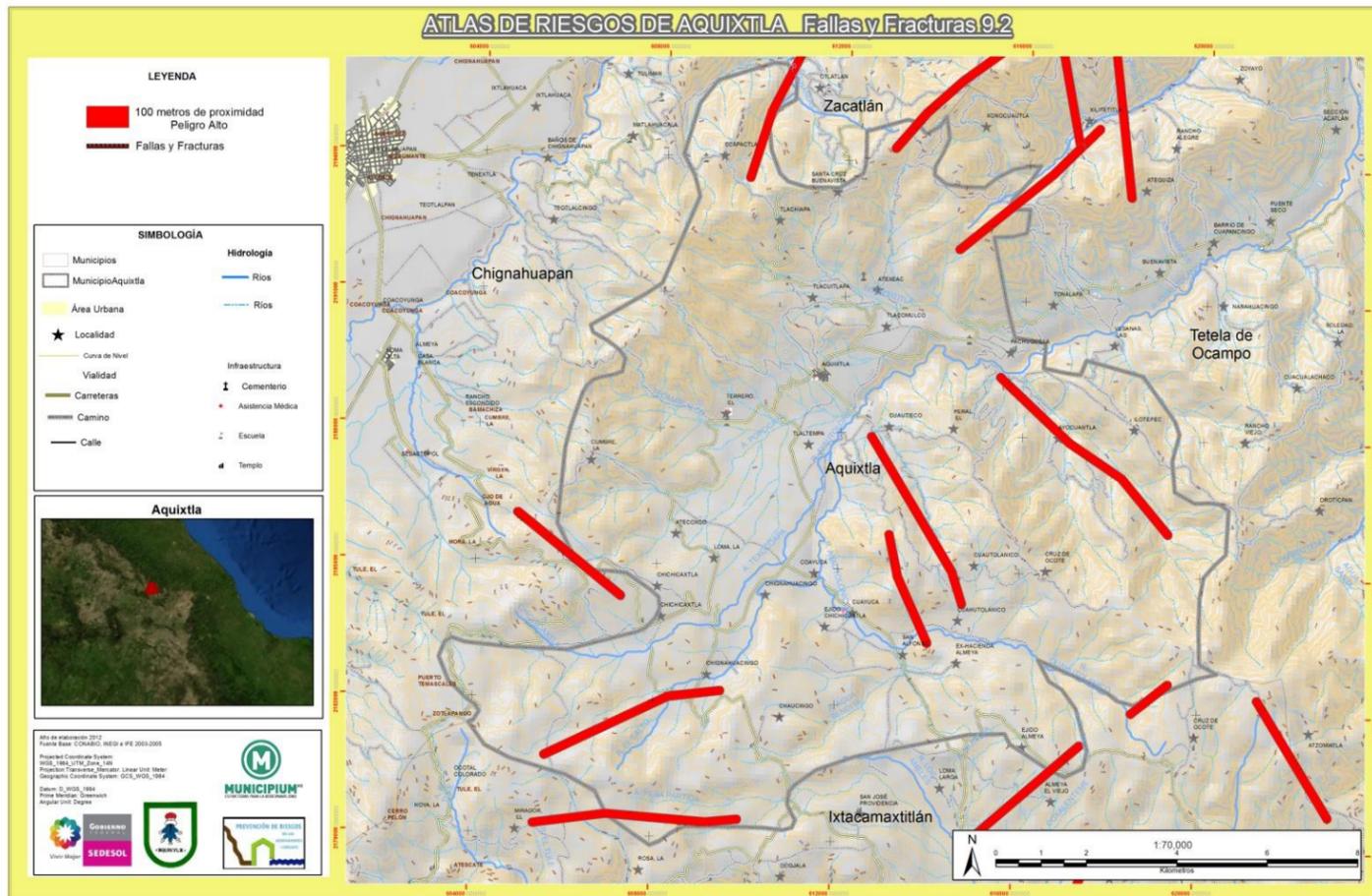


Ilustración 28. Mapa de Fallas y Fracturas

### 5.1.2. Sismos

Más del 80 % de la sismicidad mundial tiene lugar en el Cinturón Circun pacífico, franja que incluye las costas de Asia y América, principalmente. El territorio nacional, asociado al Cinturón, se encuentra afectado por la movilidad de cuatro placas tectónicas: la de Norteamérica, Cocos, Rivera y del Pacífico. En la ilustración 1 se muestra la configuración de estas placas; las flechas indican las direcciones y velocidades promedio de desplazamiento relativo entre ellas.

La generación de los temblores más importantes en México se debe, básicamente, a dos tipos de movimiento entre placas. A lo largo de la porción costera de Jalisco hasta Chiapas, las placas de Rivera y Cocos penetran por debajo de la

norteamericana, ocasionando el fenómeno de subducción. Por otra parte, entre la placa del Pacífico y la Norteamericana se tiene un desplazamiento lateral cuya traza, a diferencia de la subducción, es visible en la superficie del terreno; esto se verifica en la parte Norte de la península de Baja California y a lo largo del estado de California, en los Estados Unidos.

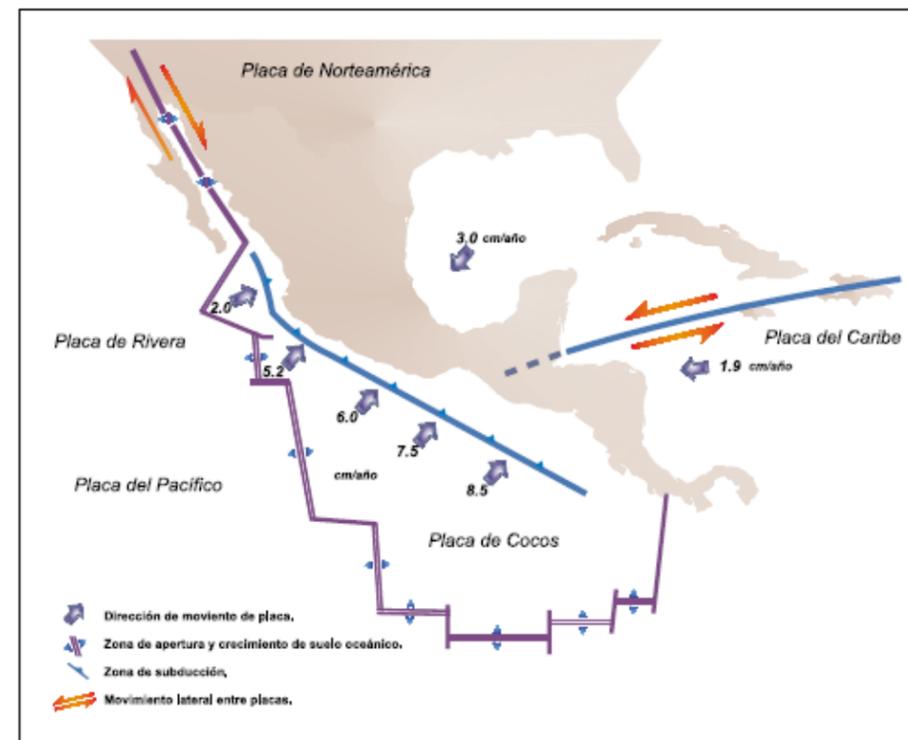


Ilustración 29. Configuración de las placas tectónicas, que debido a su movimiento generan los principales sismos en el país.

Hay pocos reportes de sismicidad en esta parte del estado de Puebla, se debe principalmente al escaso registro que hay de dichos eventos. González y colaboradores (1992), reportaron que la sismicidad registrada en un período de 1985 a 1991, se localizó en su mayoría en la región Sur del estado, debido principalmente a que se localizan en ese sector los límites de las placas involucradas en la subducción, la de Cocos y la norteamericana. Por esta razón, principalmente, se considera de escasa sismicidad el área en donde se ubica el Municipio de Aquixtla.

En el mapa de intensidades sísmicas (ilustración 2) se puede observar que el Municipio de Aquixtla se encuentra en una intensidad IV, eso indica que la actividad sísmica en el Municipio si se presenta pero no es tan intensa como en otros estados del país.

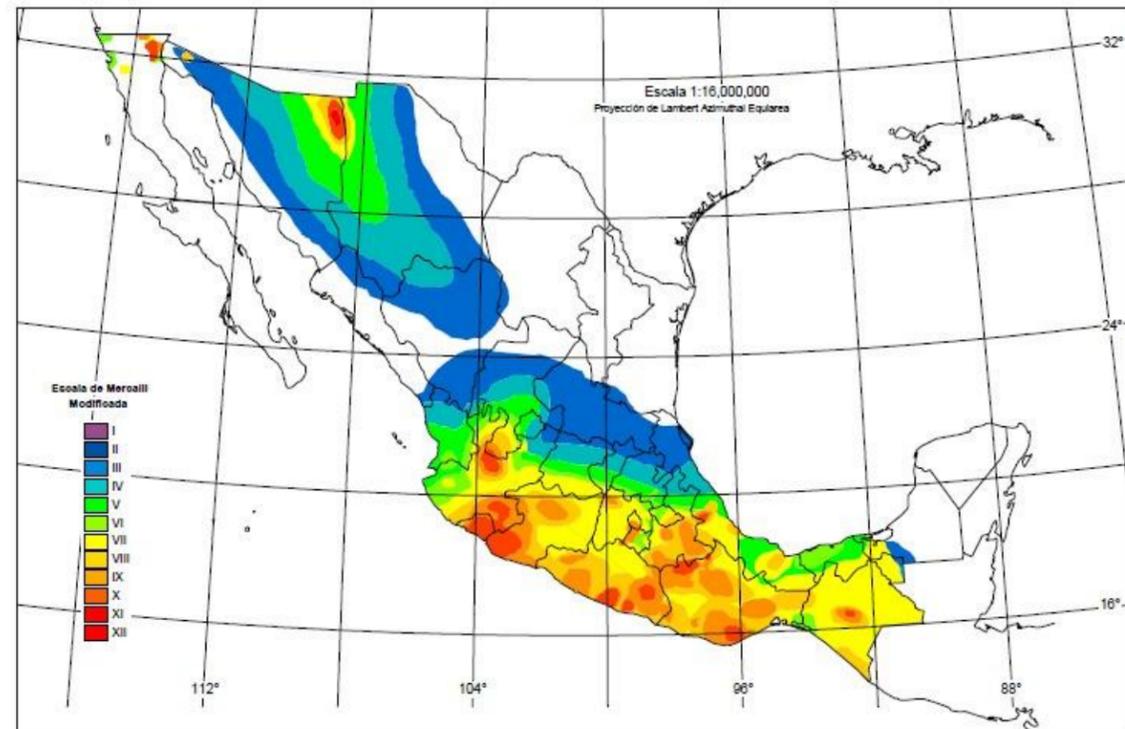


Ilustración 30. Intensidades sísmicas máximas obtenidas de 49 mapas de isosistas de temblores importantes ocurridos entre 1845 y 1985, la mayoría con magnitud superior a 7. Aunque no se cubren todos los temblores grandes ocurridos en ese lapso, la distribución de los eventos considerados en este mapa es representativa de la sismicidad en México.



Ilustración 31. Se presentan los epicentros de todos los eventos localizados por el Servicio Sismológico Nacional.

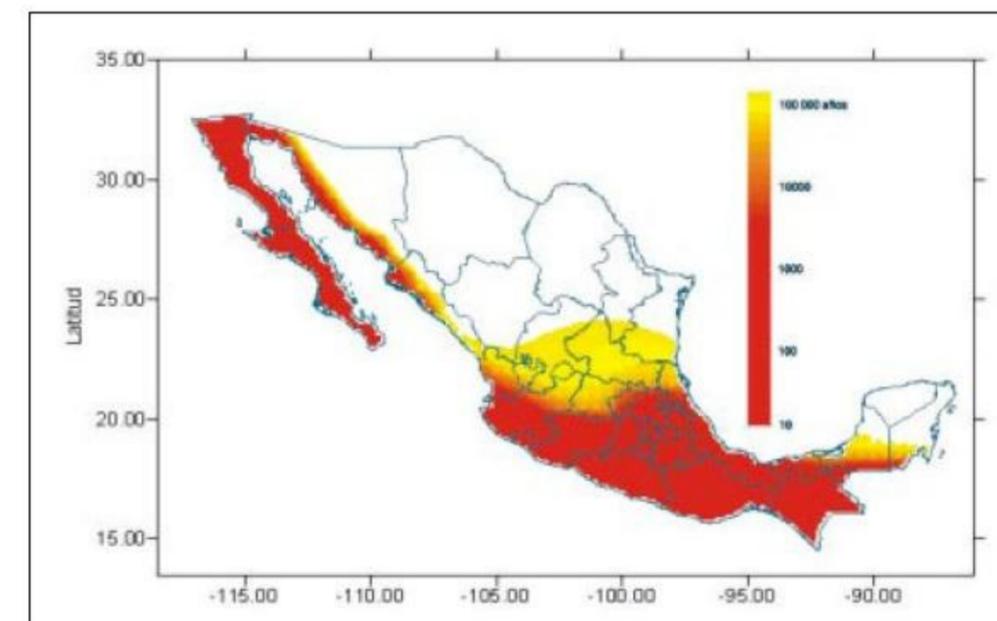


Ilustración 32. Períodos de retorno para aceleraciones de 0.15 g o mayores.

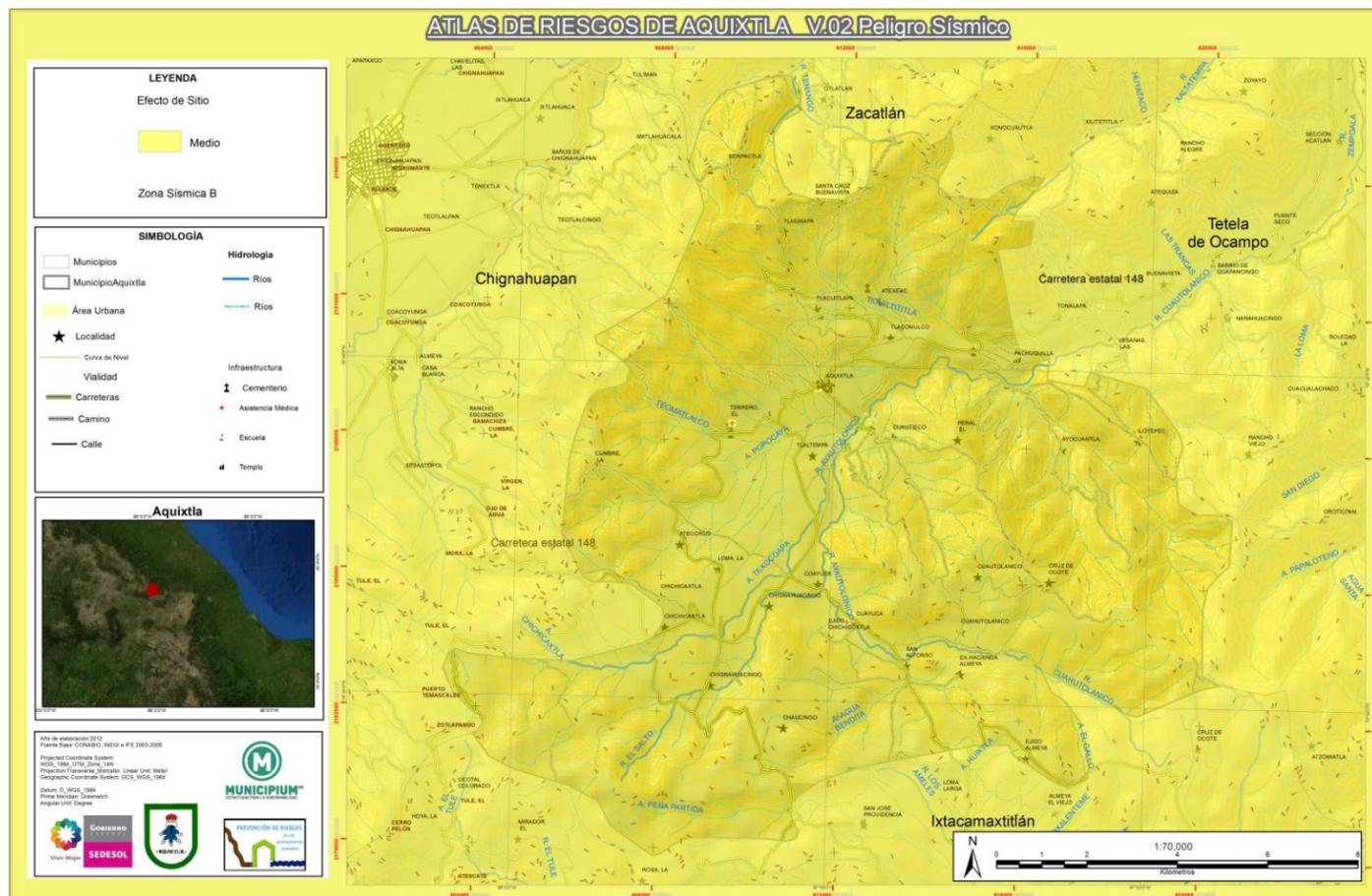


Ilustración 33. Mapa de peligros sísmicos

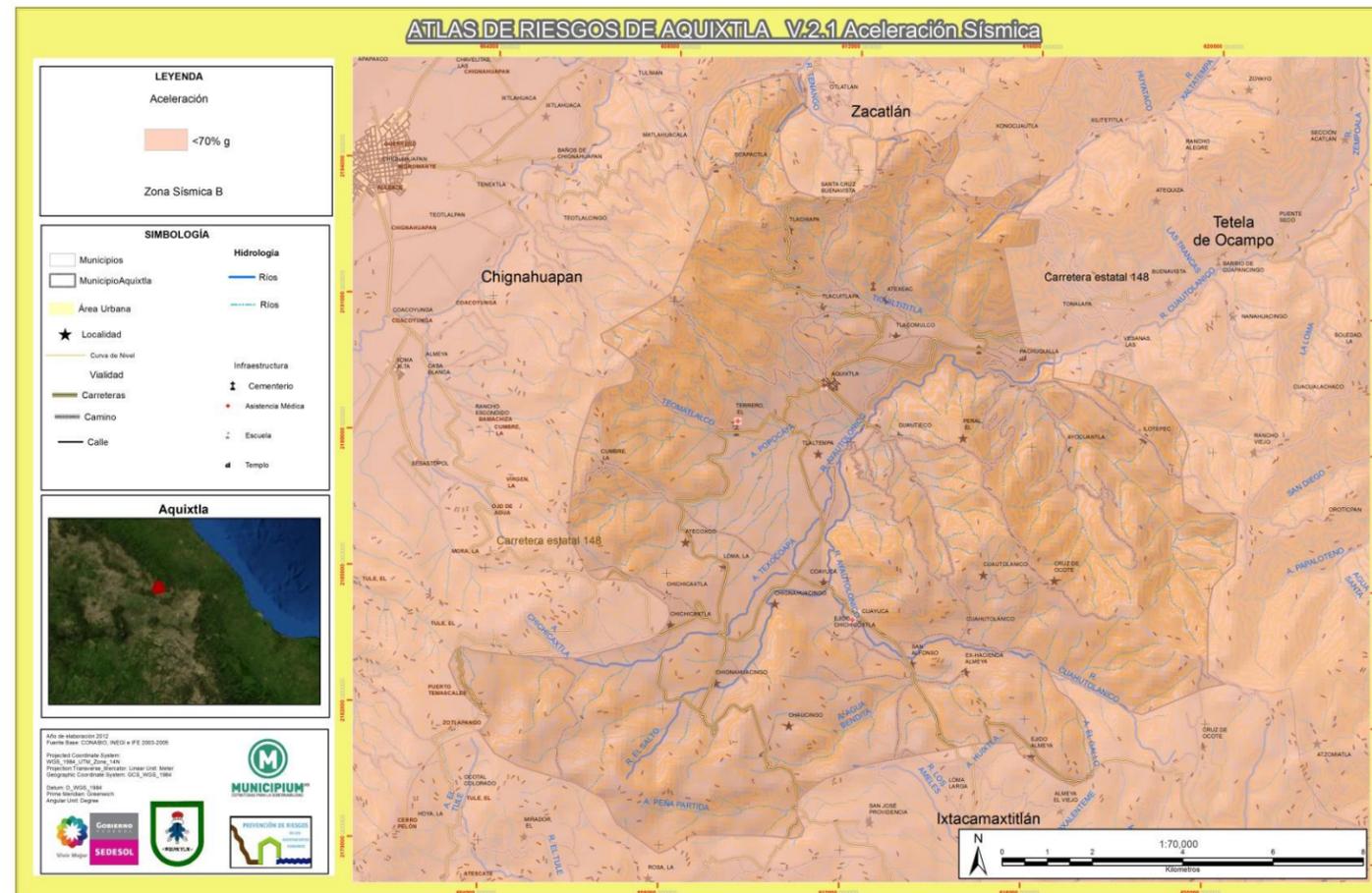


Ilustración 34. Mapa de aceleración sísmica

La aceleración sísmica es un parámetro dinámico que puede ser medido instrumentalmente en unidades como los gals (valores de gravimetría o densidad media de los materiales que componen a la corteza, en esa medida la aceleración de los objetos es diferente), porcentaje de la gravedad o en  $\text{cm/s}^2$ . El valor de la fuerza gravitacional de la Tierra (g), es igual a 981 gals o a  $981 \text{ cm/s}^2$ .

Cuando no se cuenta con un acelerómetro en el sitio, se puede calcular el valor de la aceleración para una determinada magnitud, utilizando ecuaciones empíricas ya definidas por varios autores y sustentadas en bases de datos a nivel mundial sobre registros de aceleración. Casi todas las reacciones utilizan la magnitud y las distancias entre el foco y el lugar de la obra.

El poder determinar la posible aceleración máxima generada por una fuente sísmica, es de sumo interés debido a que, los diseños de los edificios y otras obras para aceleraciones superiores a 0.25 g, encarecen la obra, sin embargo, algunos ingenieros estructurales consideran que este sobre-costos no sobrepasa el 5% del valor total de la estructura.

### 5.1.3. Tsunamis o maremotos

El Tsunami se entiende como el movimiento de gran cantidad de agua capaz de afectar las zonas costeras que circundan al mar, principalmente los movimientos se presentan en la zona de contacto de las placas tectónicas Norteamericana y del Pacífico, en donde por la ampliación de la dorsal del lecho oceánica, se generan movimientos tectónicos de gran intensidad (sismos) capaces de ocasionar grandes olas que cubren parte del terreno de las localidades costeras. Olas enormes con longitud de onda de hasta 100 kilómetros y que viajan a velocidades de 700 a 1000 km/h, en altamar la altura de la ola es pequeña, sin superar el metro cuadrado, pero cuando llega a la costa, al rodar sobre el fondo marino alcanza alturas mucho mayores que pueden superar los 30 metros. El tsunami está formado por varias olas que llegan separadas por unos 15 o 20 minutos. La primera que llega no suele ser la más alta, sino que es muy parecida a las normales; después se produce un impresionante descenso del nivel del mar seguido por la primer ola gigantesca y posteriormente por varias más.

<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/08RiesgN/110TerrTs.htm#Tsunamis>

No aplica este fenómeno, para el municipio de Aquixtla ya que se encuentra entre los 2,200 y 2,900 msnm, y a una distancia del mar de 162 km.

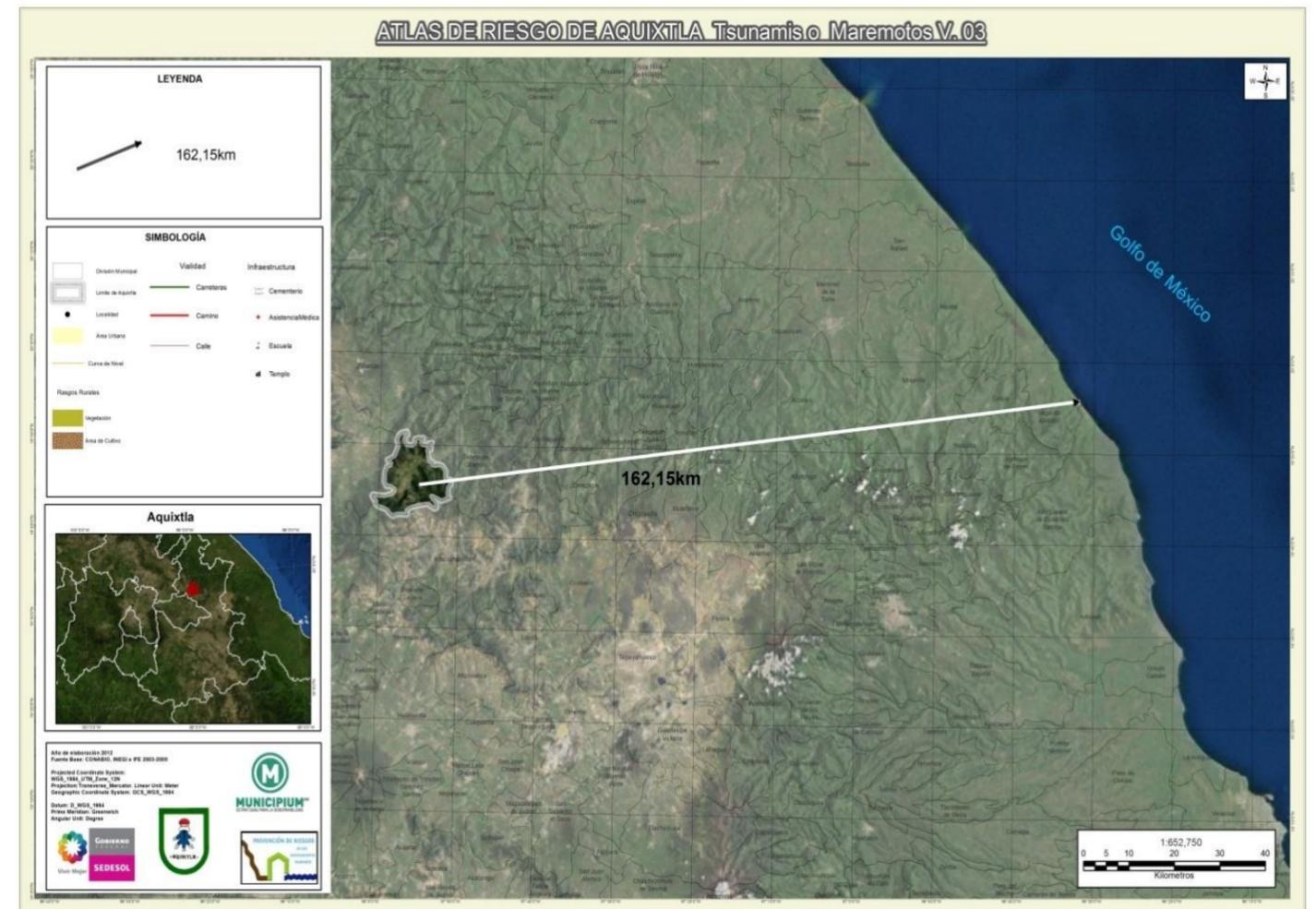


Ilustración 35. Mapa de tsunamis o maremotos

### 5.1.4. Vulcanismo

Es la actividad magmática que relaciona a la superficie terrestre con los mantos de la corteza; el magma bajo presión asciende mediante cámaras magmáticas que buscan las debilidades de la superficie, denominadas grietas que permiten la salida de la energía acumulada, en forma de vapor de agua, humo, gases, ceniza, roca (lanzada a la atmósfera) y lava. Conformando conos o edificios volcánicos.

El municipio de Aquixtla se ubica dentro del Eje Neovolcánico, entendido como una región volcánica de gran actividad eruptiva durante el Cuaternario, que comparte el terreno con la zona de cabalgamiento y actividad tectónica de la Sierra

Madre Oriental-que termino por conformar un relieve de lomeríos y montañas de alto a bajo nivel de disección-.El tipo de material volcánico predominante es la roca ígnea extrusiva conformada por brechas volcánicas y toba ácida. Dicho material tiene su origen en el volcán la Malinche, Pico de Orizaba y Cofre de Perote principalmente, y algunos otros volcanes de menor tamaño pero que presentaron erupciones explosivas, como el Axalapasco Alchichica, las Minas y el Atexcac entre otros.

Los volcanes que actualmente se consideran como activos y que pueden representar un peligro para la población de Aquixtla, son: El volcán Popocatepetl a una distancia de 113,36km, ubicado al suroeste de Aquixtla en los límites del Estado de Puebla con Morelos y el Estado de México. Con una amenaza nula en escurrimientos de lava; de igual forma queda fuera del rango de influencia por caída de ceniza -a menos que fuese una erupción extraordinaria de gran duración y que generara una columna de más de 20km capaz de ser transportada varios kilómetros-; influyendo en las actividades del Municipio, al afectar la salud de los pobladores, causando afecciones respiratorias, irritación de ojos (conjuntivitis y abrasiones en la córnea), trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua y alimentos contaminados con flúor y posiblemente con metales pesados como el arsénico y el mercurio entre otros.

El segundo volcán en actividad y que podría alterar en cierta forma al municipio de Aquixtla, es el volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba, considerado un volcán activo en estado de quietud, que se ubica al sureste del municipio a 111,41km, en los límites del Estado Puebla y Veracruz, cabe mencionar que en la parte que corresponde al Estado de Veracruz, se ha presentado la mayor actividad volcánica. Al igual que el Popocatepetl no habría afectación por flujo de lava; por caída de ceniza se considera mínima su afectación. CENAPRED, fenómenos Geológicos 2000.

**Tabla 13. Volcanes de Puebla Activos e Inactivos**

	Tipo de erupción e intensidad	Ultima Actividad registrada
<b>Volcanes Activos</b>		
	Volcán Popocatepetl. Erupción pliniana con flujos piroclásticos y algunos derrames de lava. Actualmente se mantiene con emisiones de gases y cenizas. Altura de 5,454msnm	Actividad resiente desde 1993 hasta la fecha 2012, con intervalos de inestabilidad.
	Volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba. Erupción pliniana. Flujos de lava, ceniza y fumarolas. Altura de 5,700msnm	Las emisiones recientes registradas son de 1864 a 1867.
<b>Volcanes Inactivos</b>	Iztaccíhuatl a 5,230 msnm	Última erupción registrada durante el siglo XIX, un remanente de su pasada actividad
	Malinzint, Malinche, Matlalcueye, se eleva a 4, 464 msnm	Su actividad eruptiva finalizo en le pleistoceno, aunque se tiene registro de actividad en mayo de 1993.

	msnm	plioceno, aunque se tiene registro de actividad en mayo de 1993.
	Cofre de Perote a 4,300 msnm	Erupciones durante el Mioceno, Plioceno y Pleistoceno.
<b>Volcanes Activos</b>	Volcán Popocatepetl. Erupción pliniana con flujos piroclásticos y algunos derrames de lava. Actualmente se mantiene con emisiones de gases y cenizas. Altura de 5,454 msnm	Actividad resiente desde 1993 hasta la fecha 2012, con intervalos de inestabilidad.
	Volcán Popocatepetl. Erupción pliniana con flujos piroclásticos y algunos derrames de lava. Actualmente se mantiene con emisiones de gases y cenizas. Altura de 5,454msnm	Actividad resiente desde 1993 hasta la fecha 2012, con intervalos de inestabilidad.
	Volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba. Erupción pliniana. Flujos de lava, ceniza y fumarolas. Altura de 5,700 msnm	Las emisiones recientes registradas son de 1864 a 1867.
	Volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba. Erupción pliniana. Flujos de lava, ceniza y fumarolas. Altura de 5,700msnm	Las emisiones recientes registradas son de 1864 a 1867.
	Iztaccíhuatl a 5,230 msnm	Última erupción registrada durante el siglo XIX, un remanente de su pasada actividad
<b>Volcanes Inactivos</b>	Iztaccíhuatl a 5,230msnm	Última erupción registrada durante el siglo XIX, un remanente de su pasada actividad
	Malinzint, Malinche, Matlalcueye, se eleva a 4, 464 msnm	Su actividad eruptiva finalizo en le pleistoceno, aunque se tiene registro de actividad en mayo de 1993.
	Malinzint, Malinche, Matlalcueye, se eleva a 4, 464msnm	Su actividad eruptiva finalizo en le pleistoceno, aunque se tiene registro de actividad en mayo de 1993.
	Cofre de Perote a 4,300 msnm	Erupciones durante el Mioceno, Plioceno y Pleistoceno.
	Cofre de Perote a 4,300msnm	Erupciones durante el Mioceno, Plioceno y Pleistoceno.

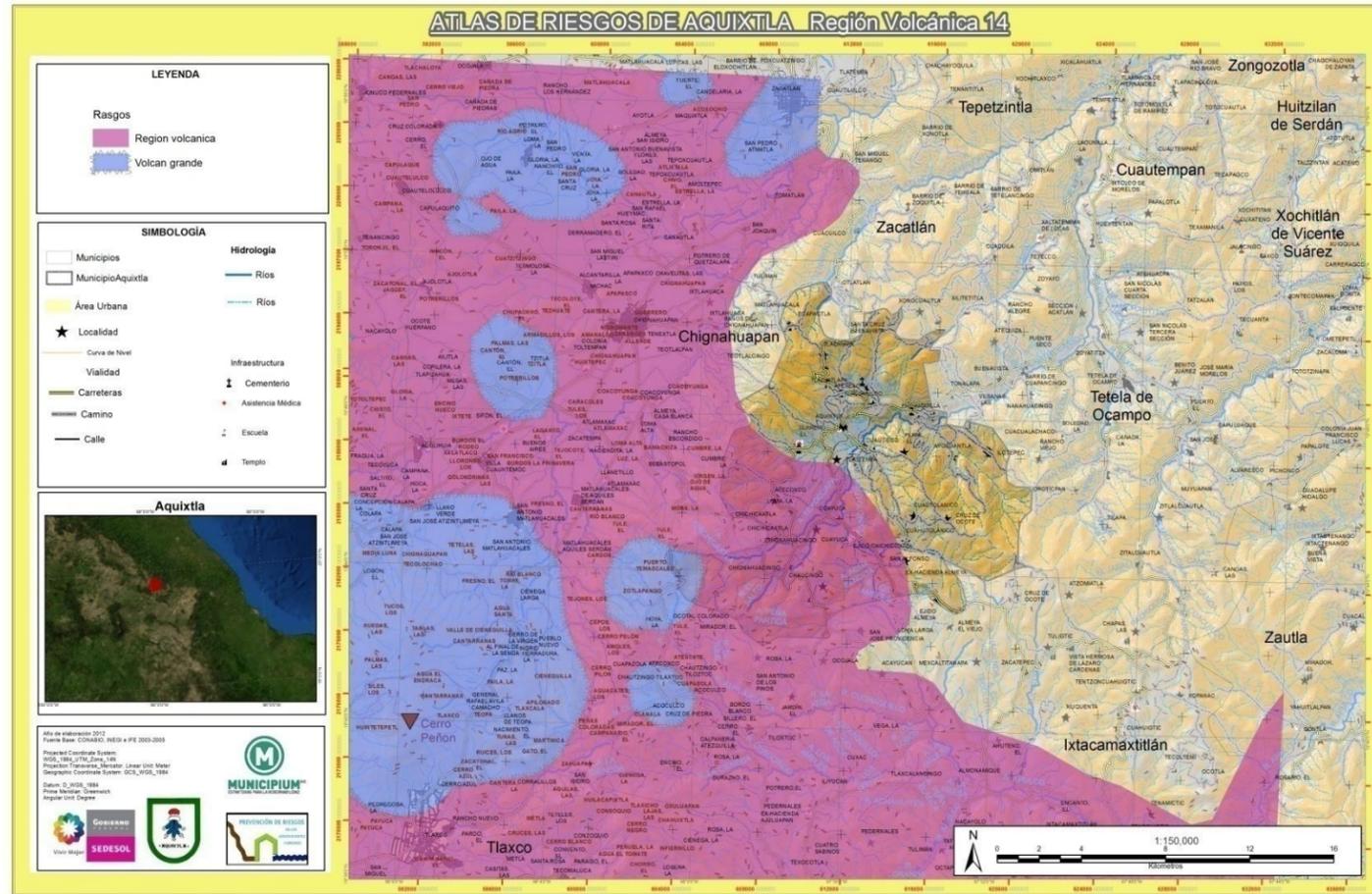


Ilustración 36. Mapa de Región Volcánica

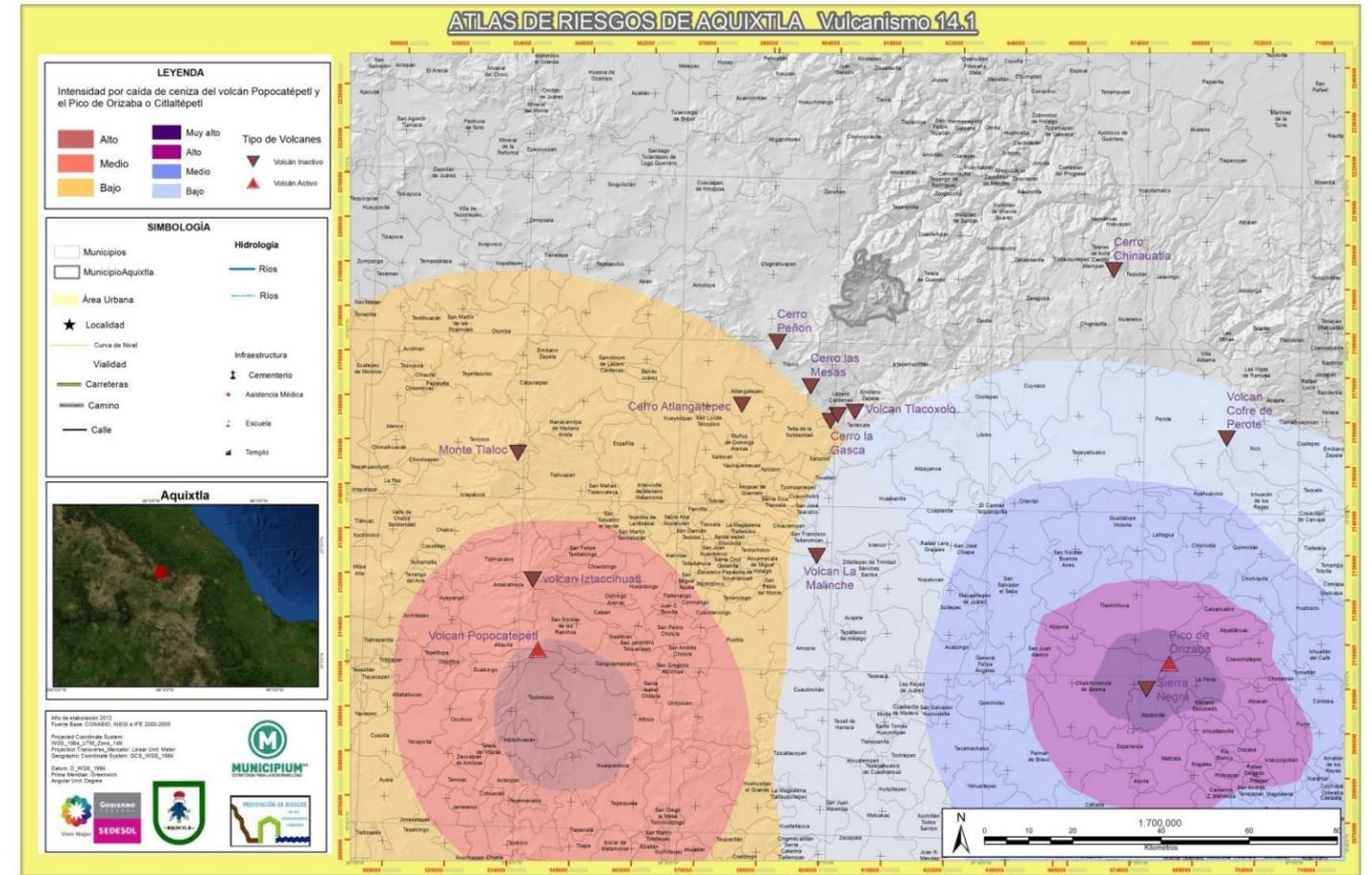


Ilustración 37. Mapa de Vulcanismo

### 5.1.5. Procesos de remoción en masa (deslizamientos, derrumbes y flujos)

Los procesos de remoción en masa son aquellos movimientos de masa de suelo, detritos y rocas que ocurren en una ladera como resultado de la influencia directa de la gravedad, y que pueden ser desencadenados por factores internos y externos. Los factores determinantes de inestabilidad son todos los que permanecen in situ como son los litológicos y estructurales (los materiales del terreno formadores pueden ser poco resistentes o estar caracterizado por la presencia de sistemas de debilidad como diaclasas, fracturas, fallas, planos de estratificación, buzamiento), topográficos (pendiente, mayores en montaña y menores en piedemonte y planicies) y climático refiriéndose al clima constante del lugar.

Cuando las laderas se encuentran en una condición potencialmente inestable o desencadenante, los movimientos se inician con facilidad; es decir, que la estabilidad de las laderas es afectada por procesos de remoción en masa (PRM) o procesos gravitacionales; estos implican el movimiento hacia abajo de los materiales que forman a una ladera y constituyen uno de los procesos geológicos más frecuentes que han afectado a la superficie terrestre. También cada formación geológica que perfila una ladera posee una susceptibilidad específica a los procesos de remoción en masa, de acuerdo con las características físicas que muestran los materiales.

Para Cruden y Varnes las causas de los procesos de remoción en masa son de índole geológica, por procesos físicos, morfológicas y antrópicas, las cuales se resumen en la siguiente tabla.

Causas de Índole Geológica	Causas por Procesos Físicos
Materiales débiles	Precipitación intensa
Materiales sensibles	Derretimiento rápido de nieve o hielo
Materiales intemperizados	Precipitación extraordinaria
Materiales sujetos a cizallamiento	Sismos
Materiales con fisuras y diaclasas	Erupciones volcánicas
Discontinuidades orientadas adversamente (esquistosidad, planos de inclinación)	Gelifracción
Discontinuidades estructurales (fallas, discordancias, contactos)	Expansión e hidratación de arcillas
Permeabilidad contrastante	
Contraste de materiales con diferente plasticidad	
Causas Morfológicas	Causas Antrópicas
Levantamientos tectónicos o volcánicos	Excavación de laderas o del pie de las laderas
Erosión glacial	Incremento de peso en las laderas
Erosión fluvial al pie de las laderas	Desecación de cuerpos de agua (presas)
Erosión marina al pie de los acantilados	Irrigación
Erosión glacial al pie de las laderas	Actividad minera
Erosión en márgenes laterales	Vibraciones artificiales
Erosión subterránea	
Remoción de la vegetación (por incendios y sequías)	

Con base en el trabajo que se hizo en campo (recorridos, observaciones e identificación) y la fotointerpretación de las imágenes de satélite y ortofotos, los procesos de remoción en masa en el Municipio de Aquixtla se clasifican principalmente de acuerdo con el material de arrastre y el tipo de movimiento; se tomaron en cuenta las clasificaciones propuestas por

Varnes (Tabla 15) y Dikau (Tabla 16) y también se clasificaron de acuerdo a las características morfológicas de las trazas de los procesos de remoción en masa. De acuerdo con estas clasificaciones los procesos de ladera se dividen en seis principales: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, reptación y movimientos complejos; estos pueden variar de acuerdo al material en el que se originen: rocas, detritos y suelos.

Tipo de Movimiento	Tipo de Material		
Caída	Roca (sustrato)	Suelo (formación superficial)	
	Grueso Fino		
Vuelco			
Deslizamiento Rotacional (unidades pequeñas)			
Translacional (unidades grandes)	En roca	En derrubios	En suelos
Expansión lateral			
Flujo Reptación			
Complejo	Combinación de dos o más tipos		

Tipo de Movimiento	Subtipo
Caída o desprendimiento de suelo o roca	
Vuelco o desplome de suelo o roca	
Deslizamiento rotacional	Simple
	Múltiple
	Sucesivo
Deslizamiento translacional	Deslizamiento translacional o de bloques
	Deslizamiento de suelos
	Deslizamiento rocoso
	Deslizamiento de derrubios
Extensión lateral	Extensión lateral de rocas
	Extensión lateral de suelos
Flujos	Rocas

	Derrubios
	Arena
Complejo	Alud o avalancha de rocas
	Flujo deslizante

En el Municipio de Aquixtla se identificaron principalmente tres tipos de procesos: deslizamientos, caída de rocas y vuelcos, no se detectaron flujos y reptación, sin embargo se presentan las condiciones litológicas, de pendiente, climáticas y geomorfológicas para que se generen flujos y reptación de suelos. Las localidades en donde se presentan estos procesos (deslizamientos, caídas y vuelcos) son: Ecapactla, Tlachiapa, Atexcac, Cuautieco, Cuautolanico, Ilostepec y Ayocuantla.

Las caídas o desprendimientos involucran la caída libre de material (rocas, detritos o suelos) en laderas inclinadas, por lo general con pendiente mayor a 30°, o bien en el borde de alguna pared rocosa, por ejemplo un acantilado afectado por erosión fluvial. Este movimiento de caída libre inicia con la cuarteadura del material y el desprendimiento de este por agentes externos a través del intemperismo físico, en una superficie inclinada. El material que puede originar desprendimientos es todo aquel que sea deleznable, ya sea en fragmentos grandes o bloques o bien en detritos; pueden rebotar, rodar, deslizarse o caer libremente. Dependiendo de esta acción puede sufrir una transformación en su forma, en términos generales, ésta será mínima en el rodamiento ladera abajo, y mayor en la caída libre.

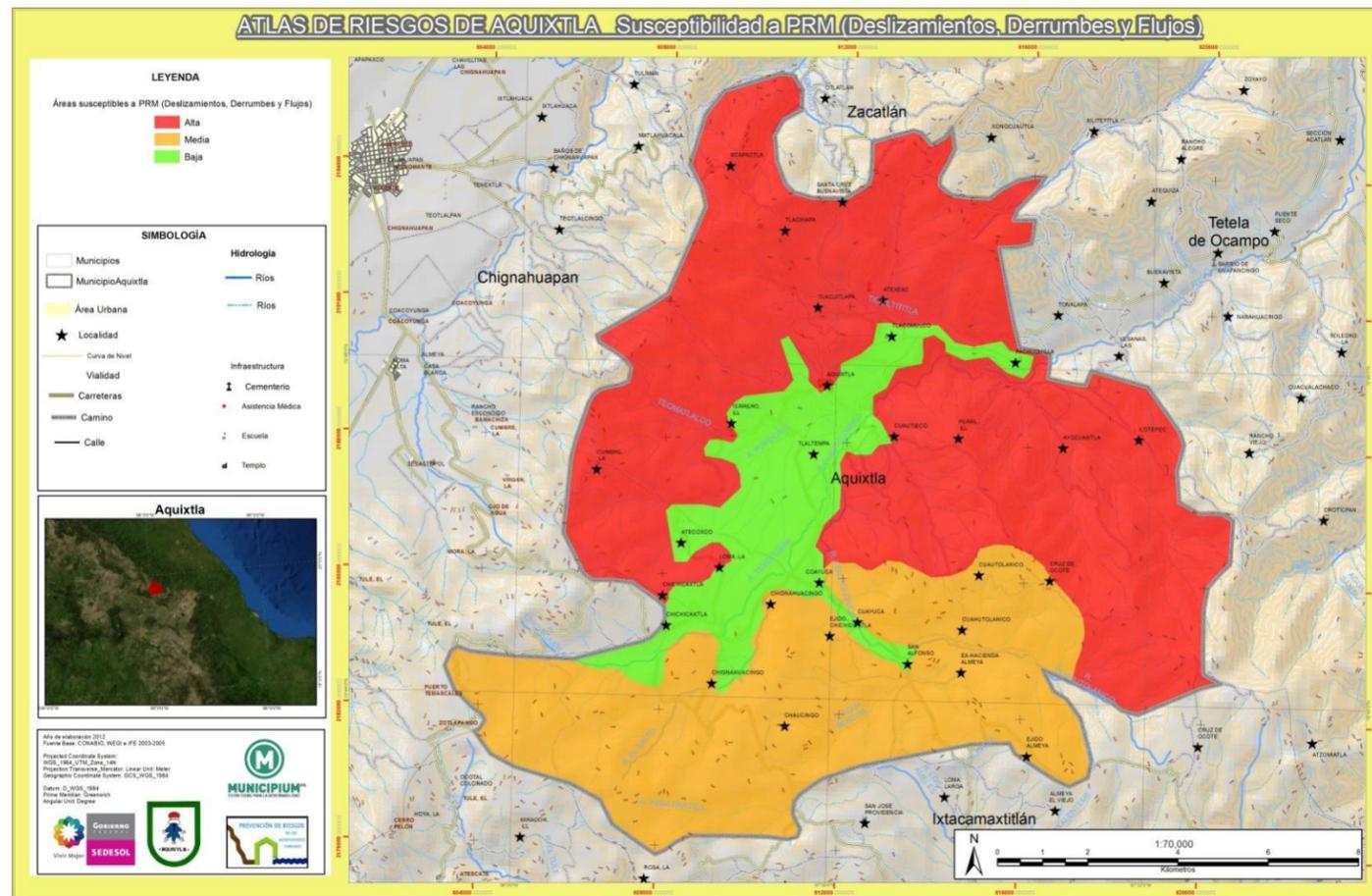


Ilustración 38. Mapa de PRM

**Desprendimiento o caída de rocas (Falls)**

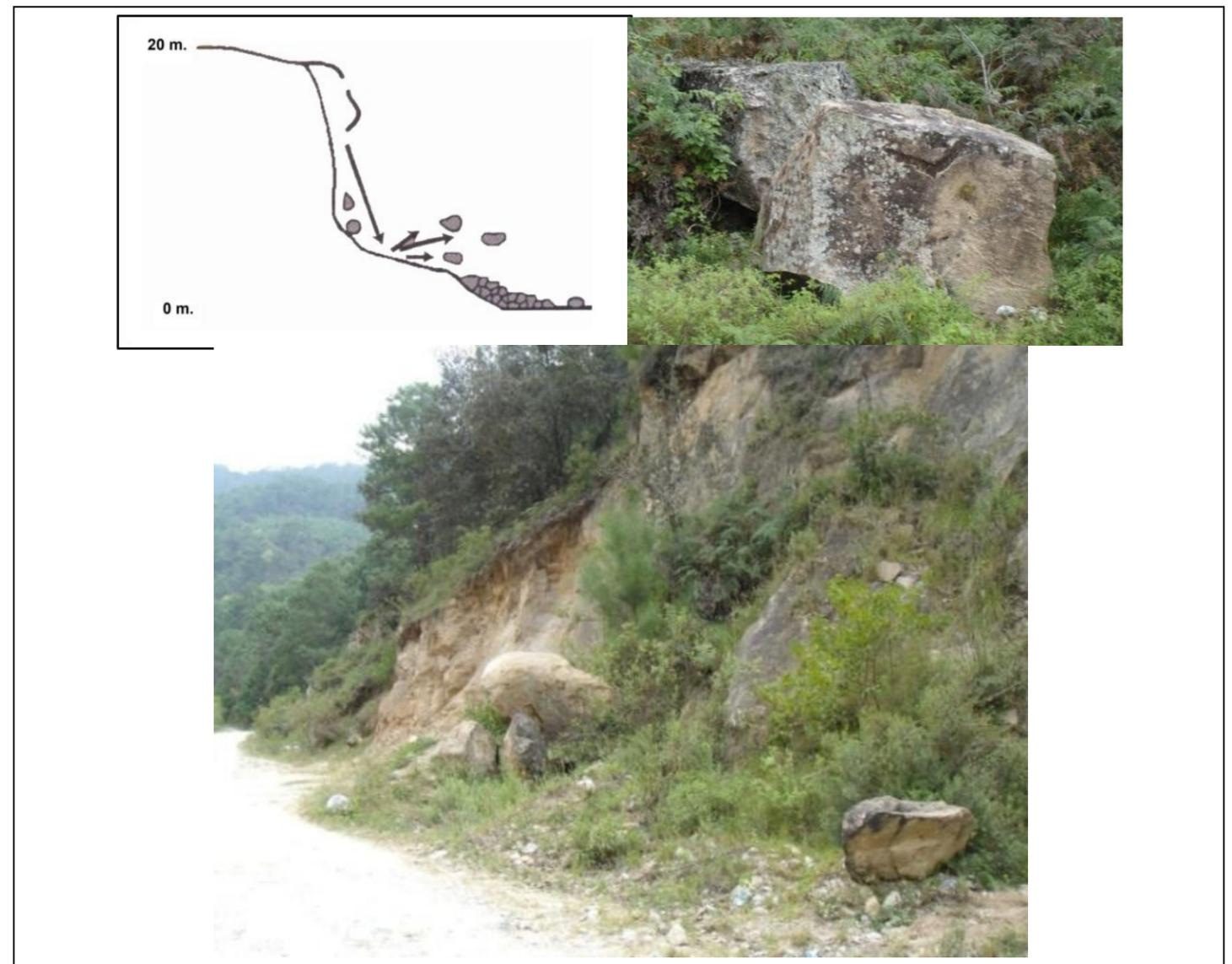


Ilustración 39. Esquema y fotografías de caída de bloques en Ilostepec.

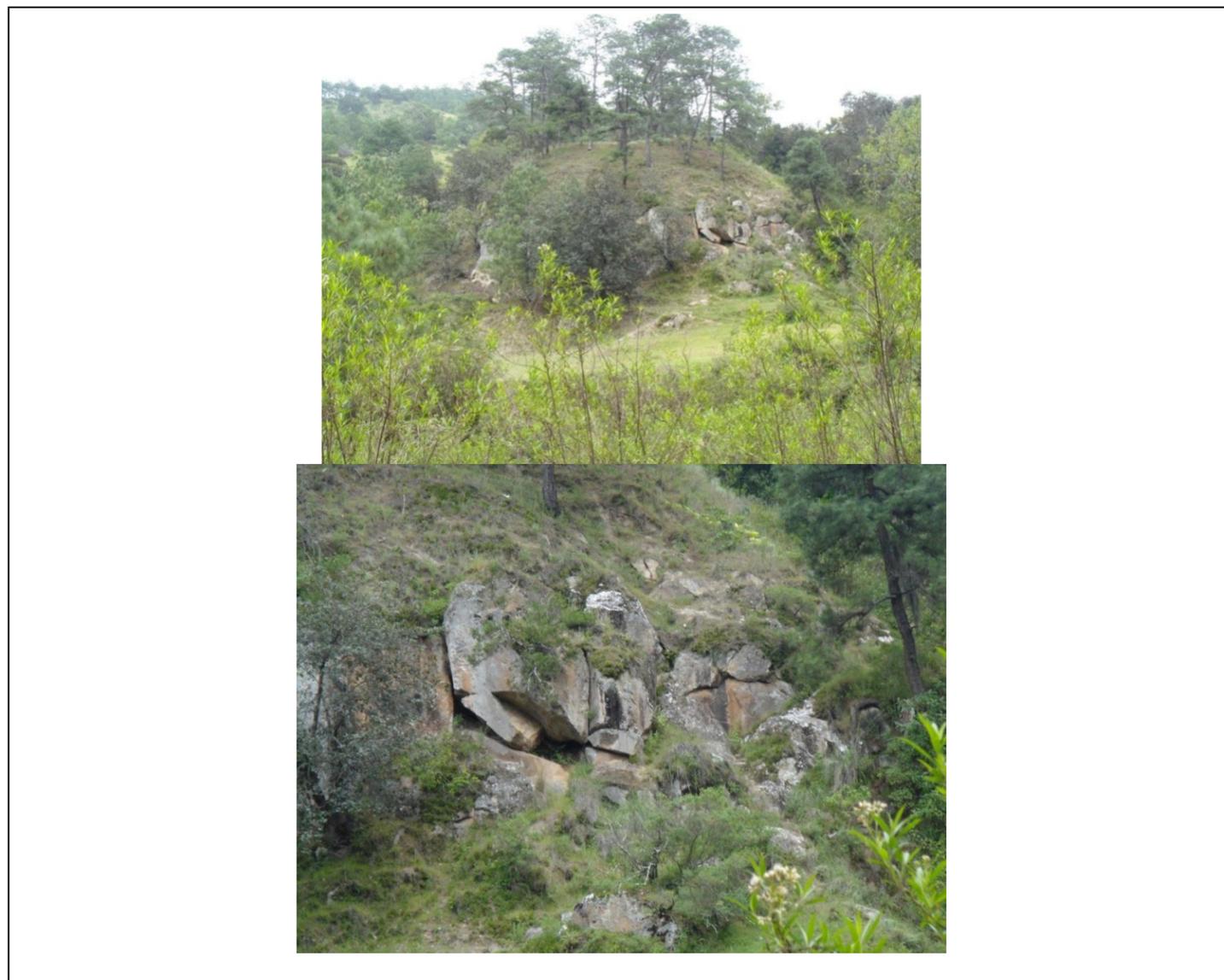


Ilustración 40. Fotografías de caída de bloques en Ilostepec.

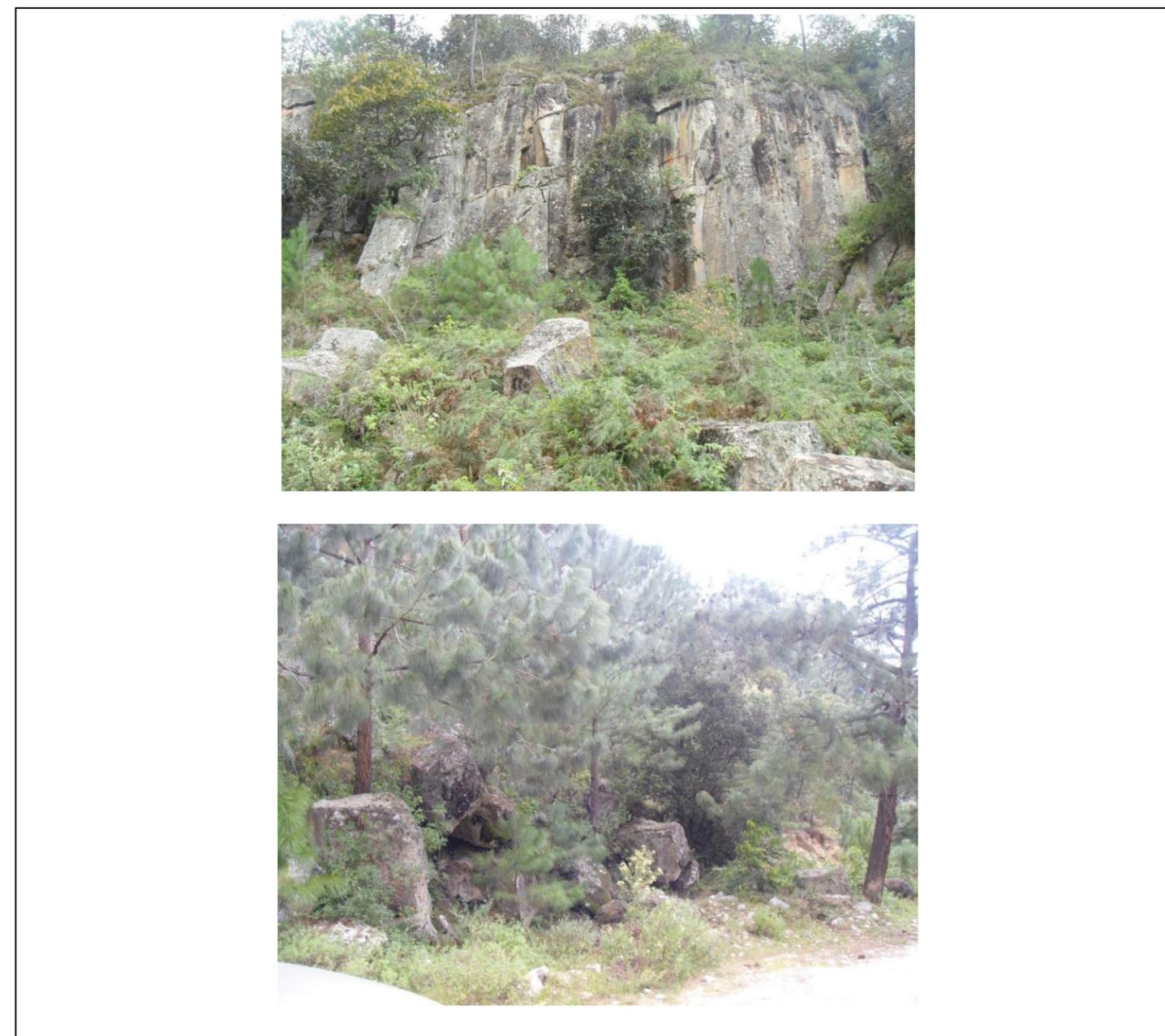


Ilustración 41. Ladera escarpada en Ilostepec donde se observa que las rocas están muy fracturadas; esto indica la presencia de caída de rocas las cuales están cercanas a la fuente que las aporta ya que no son desplazadas lejos debido a su dimensión.

### 5.1.5.1. Deslizamientos

#### Deslizamientos (Slides)

Se denomina deslizamiento al movimiento lento de una masa de suelo y rocas en una ladera de más de 15° de inclinación, plano sobre el que resbala. Los deslizamientos se llevan a cabo favorecidos por la infiltración de agua y contactos de rocas inclinadas en dirección de la pendiente de la ladera. Sus dimensiones o espesores de las masas son muy variables, las hay de miles de cientos de metros cúbicos de roca, lo mismo de unas decenas de metros cúbicos; en espesor varían de menos de un metro a más de veinte. Son propios de las montañas y de las riberas de ríos, lagos y mares. Al producirse un deslizamiento se origina una grieta de forma cóncava vista en plano, en la zona de ruptura, con un escarpe que presenta el movimiento vertical entre las masas. En la grieta puede desarrollarse un circo de erosión. La masa deslizante presenta, por lo general una superficie escalonada. Similar a lo que ocurre en un inicio con el vuelco, la presencia de grietas es la primera señal de la posibilidad de que se genere un proceso de este tipo, estas se llegan a localizar en la zona en que ocupará el escarpe principal.



Ilustración 42. Esquema y fotografías de un deslizamiento en la localidad Ilostepec.



Ilustración 43. Deslizamiento reciente; mide aproximadamente 20 metros de longitud y 12 de altura. Se puede observar la corona y parte del depósito en la línea punteada.

Cubrió gran parte del camino de la localidad Ilostepec y continúa hacia la parte de abajo uniéndose con un río.

Ilustración 44. Casa en riesgo por procesos de remoción en masa, se observan bloques cercanos en la parte de arriba.



Ilustración 45. Deslizamiento en la localidad Ilotepec; se observa en la base parte del depósito con línea punteada (bloques), y grietas de tensión que indican que el proceso está activo y va en aumento. Los bloques cubren parte del camino.



Ilustración 46. Deslizamiento que afectó el camino y tuvieron que construir otro en la parte de abajo, la flecha indica el antiguo camino.



Ilustración 47. Casa en riesgo por deslizamiento de suelo en la localidad Atexcac.



Ilustración 48. Deslizamiento sobre el camino en la localidad Atexcac, se puede observar la corona de desprendimiento y el depósito en la base.



Ilustración 50. Casas en riesgo por deslizamientos en la localidad Ecapactla.



Ilustración 49. Casas en riesgo por deslizamiento indicado con la flecha en la localidad de Atexcac.



Ilustración 51. Casa de salud afectada por deslizamiento provocado por las intensas lluvias en 1999, se pueden observar las grietas de tensión que indican que el proceso se encuentra activo.



Ilustración 52. Escuela en riesgo por deslizamiento en la localidad Ecapactla, la flecha apunta a un muro de retención que se está construyendo para mitigar este proceso.



Ilustración 53. Escuela es riesgo en Ecapactla.



Ilustración 55. Deslizamiento de detritos sobre la vereda en Tlachiapa.



Ilustración 54. Construcción de muro de retención para la protección de una casa en la localidad Tlachiapa.

### Vuelcos o desplomes (Topples)

El vuelco basa su movimiento en la rotación de una masa de suelo, detritos o roca, en función de un eje o pivote determinado por su centro de gravedad. La dirección del movimiento es hacia adelante o hacia la parte externa, generalmente perpendicular a las grietas o discontinuidades que generan su separación del bloque principal, lo cual involucra inclinación o basculamiento, pero no colapso.

Este tipo de procesos ocurren en una o más superficies, en materiales que poseen un sistema de discontinuidades preferencial como diaclasas, grietas de tensión o superficies columnares. Se clasifican según su material en vuelcos de rocas, de derrubios o detritos y de suelo.

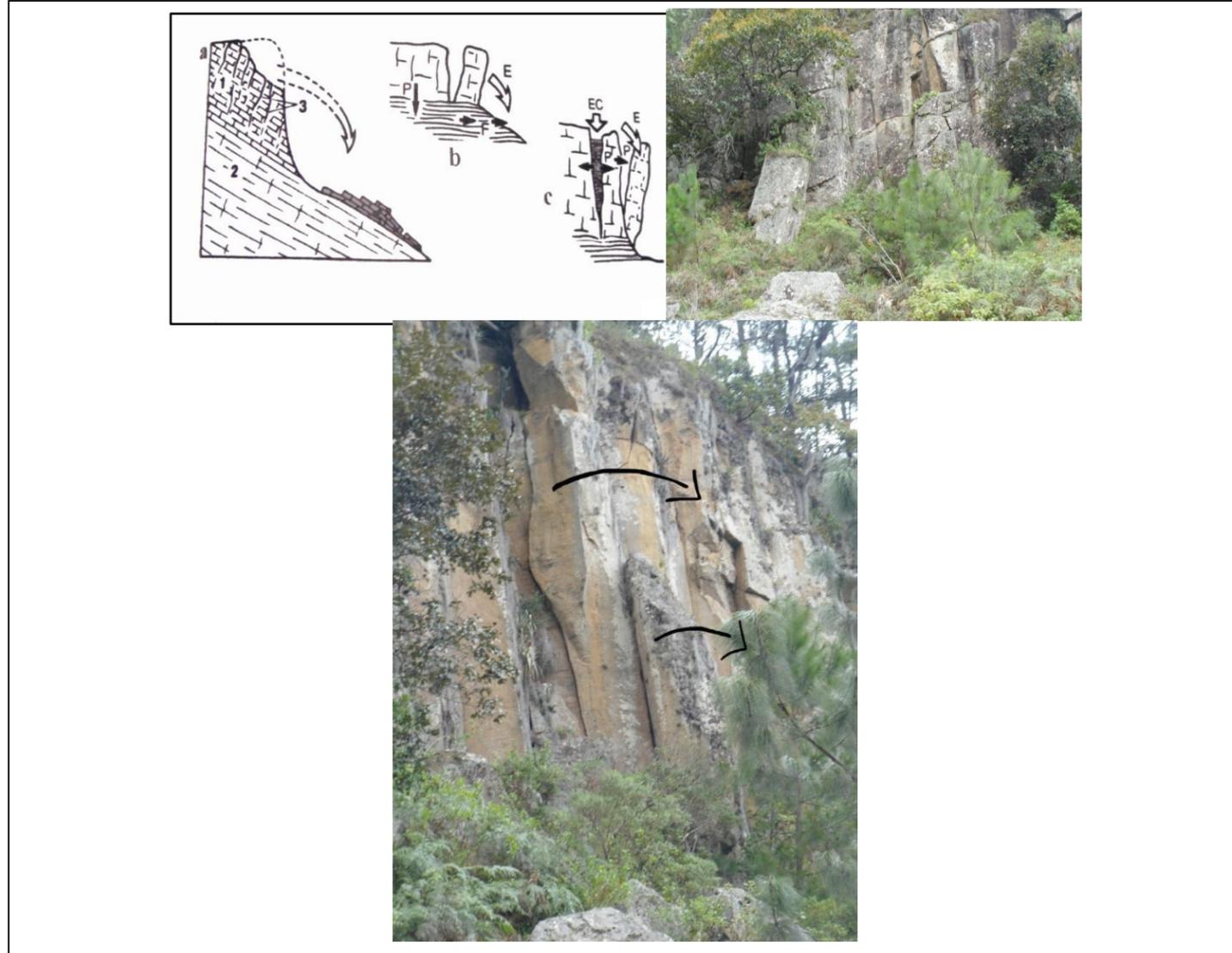


Ilustración 56. Esquema y fotografías de vuelcos en la localidad Ilotepec.

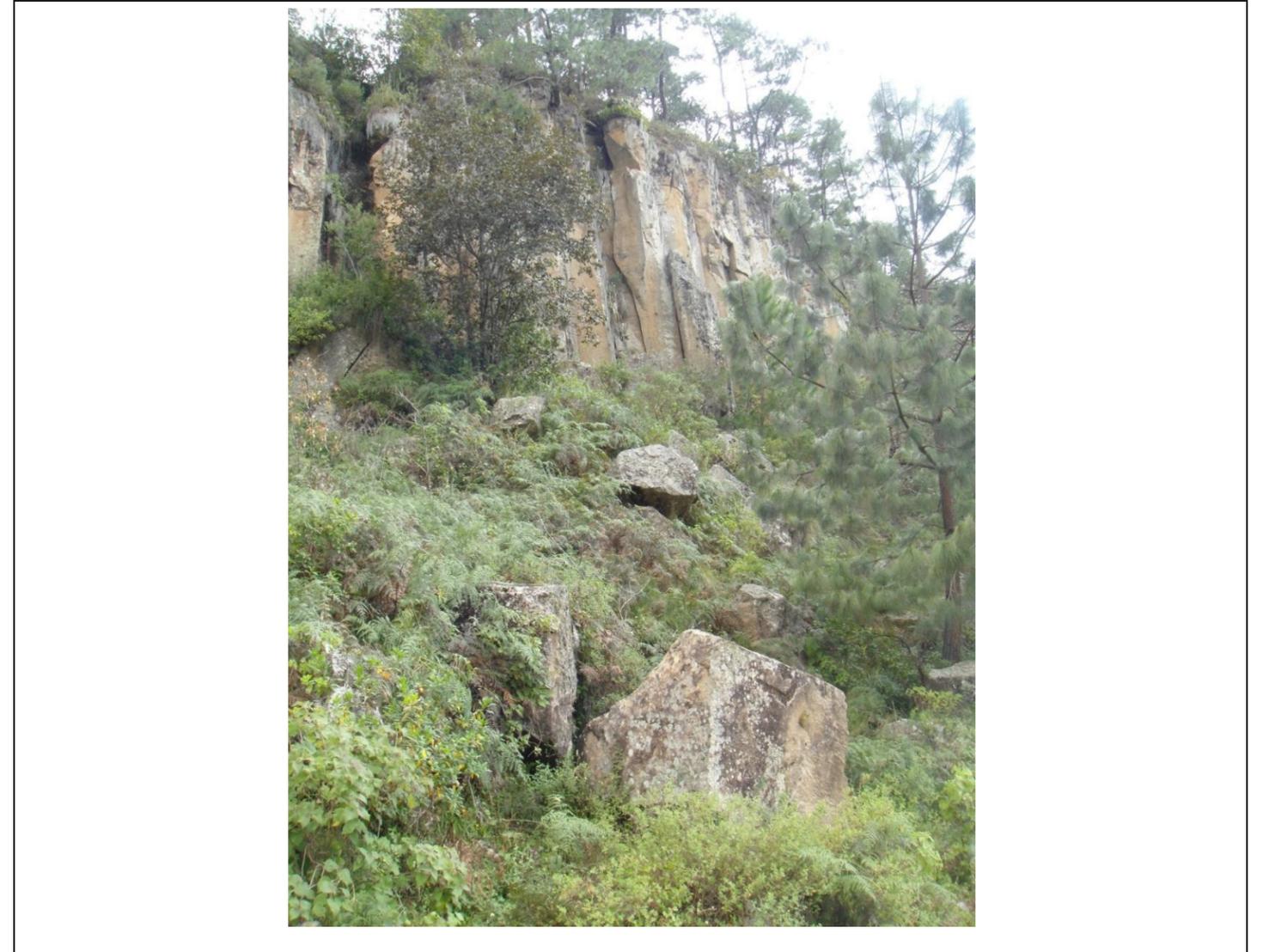


Ilustración 57. Se puede observar en la imagen las columnas fracturadas en el escarpe y en la base grandes bloques que no han sido transportados lejos de la fuente de aporte.

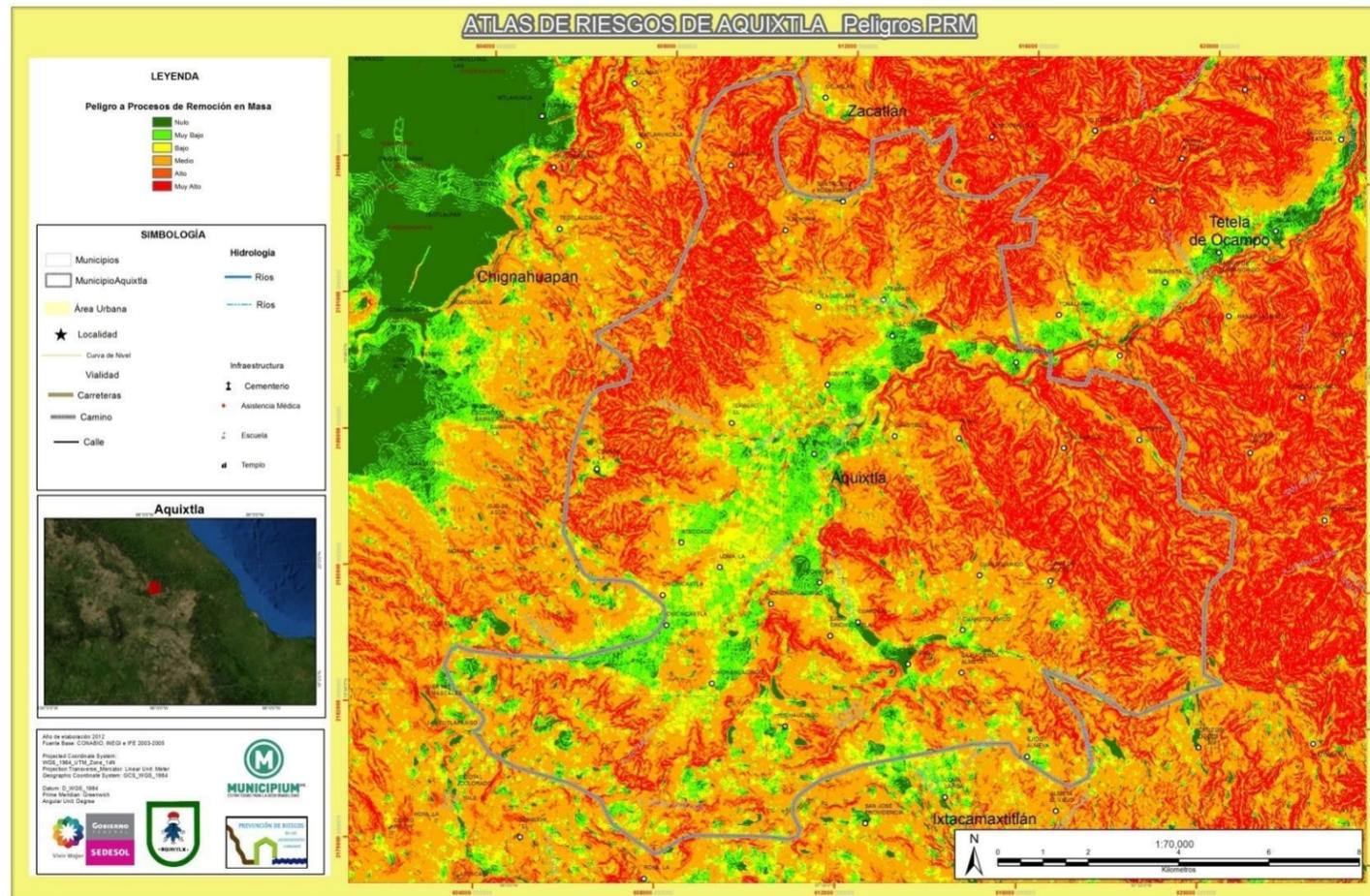


Ilustración 58. Mapa de Peligros

### 5.1.8. Hundimientos

El hundimiento se manifiesta por el paulatino descenso de la superficie del terreno en una determinada área o región, relacionado, principalmente con la extracción de agua; de manera local generado por el colapso del suelo por lluvias torrenciales, fugas de agua y drenaje que se infiltra en el subsuelo por periodos largos de tiempo reblaneciendo los materiales del suelo, contribuyendo a la ocurrencia de hundimientos súbitos, (Gutiérrez M, 2006).

En Aquixtla, se presentan varios procesos relacionados a movimientos tectónicos y factores exógenos, sobre todo en temporada de lluvias en que se alteran las zonas de mayor pendiente, generando movimientos lateral y vertical que se podrían considerar a simple vista como hundimientos relacionados a Procesos de Remoción en Masa, por ejemplo: los deslizamientos (rotacional o translacional), desplomes de material, caída de bloques, etc., sobre las laderas de los cerros: el Bosque, el Puerto Orográfico y el cerro Buenavista, principalmente. Por tal motivo debemos decir que hasta el momento no

se identifican hundimientos en el territorio del Municipio, pero sí se presentara combinación de varios elementos y factores como: movimientos tectónicos, el cambio de uso de suelo (del forestal-agrícola al urbano), la sobreexplotación del manto freático, traerían como consecuencia un asentamiento superficial en el Municipio (hundimientos).

En la **Ilustración 59** se presenta una zona que puede ser susceptible a hundimiento por el incremento en la extracción de agua subterránea; al ocurrir la sobreexplotación se daría como consecuencia hundimientos del suelo, que afectarían las construcciones de las diferentes localidades próximas a la misma, como: Atexeac, Tlacuitlapa, Tlacomulco, Aquixtla, El Terrero, Tlaltempa, Cuautieco, La Loma, Coayuca, Chignahuacingo y Chichicxxtla, principalmente.

Este fenómeno se presenta con mayor magnitud en las zonas donde el espesor de arcilla es mayor, la consolidación de las arcillas del suelo luvisol órtico, que cubre el 66% del Municipio, al romper el equilibrio hidrostático (equilibrio del líquido, que realiza el agua subterránea sobre la presión que ejerce la gravedad terrestre), en los materiales que componen el acuífero a causa de la extracción de agua. Así como la reducción de las tierras forestales por agrícolas, es un problema que se ha extendido dentro del Municipio. Y generalizado en el país, cada vez es mayor la zona afectada por hundimientos y agrietamientos del suelo como ocurre en las ciudades de Celaya, Irapuato, Querétaro, Torreón y Aguascalientes, y empieza a manifestarse en Toluca y Puebla. (Villa, 2010).

El probable incremento en la extracción de agua del Estado de Puebla, generalizaría el área regional de hundimientos que se extiende en la parte centro del Estado, información sustentada en el mapa de “susceptibilidad del terreno a hundimientos”, basado en estudios (del Instituto de Geografía de la UNAM), originando hundimiento de tipo local en el municipio de Aquixtla.



Ilustración 60. Vista de zonas hundimientos

El mapa de susceptibilidad a hundimientos muestra de color rojo, anaranjado, amarillo y verde (de mayor a menor intensidad de afectación) la zona con probabilidad de que se vea afectada la parte baja del Municipio por los factores antes mencionados.

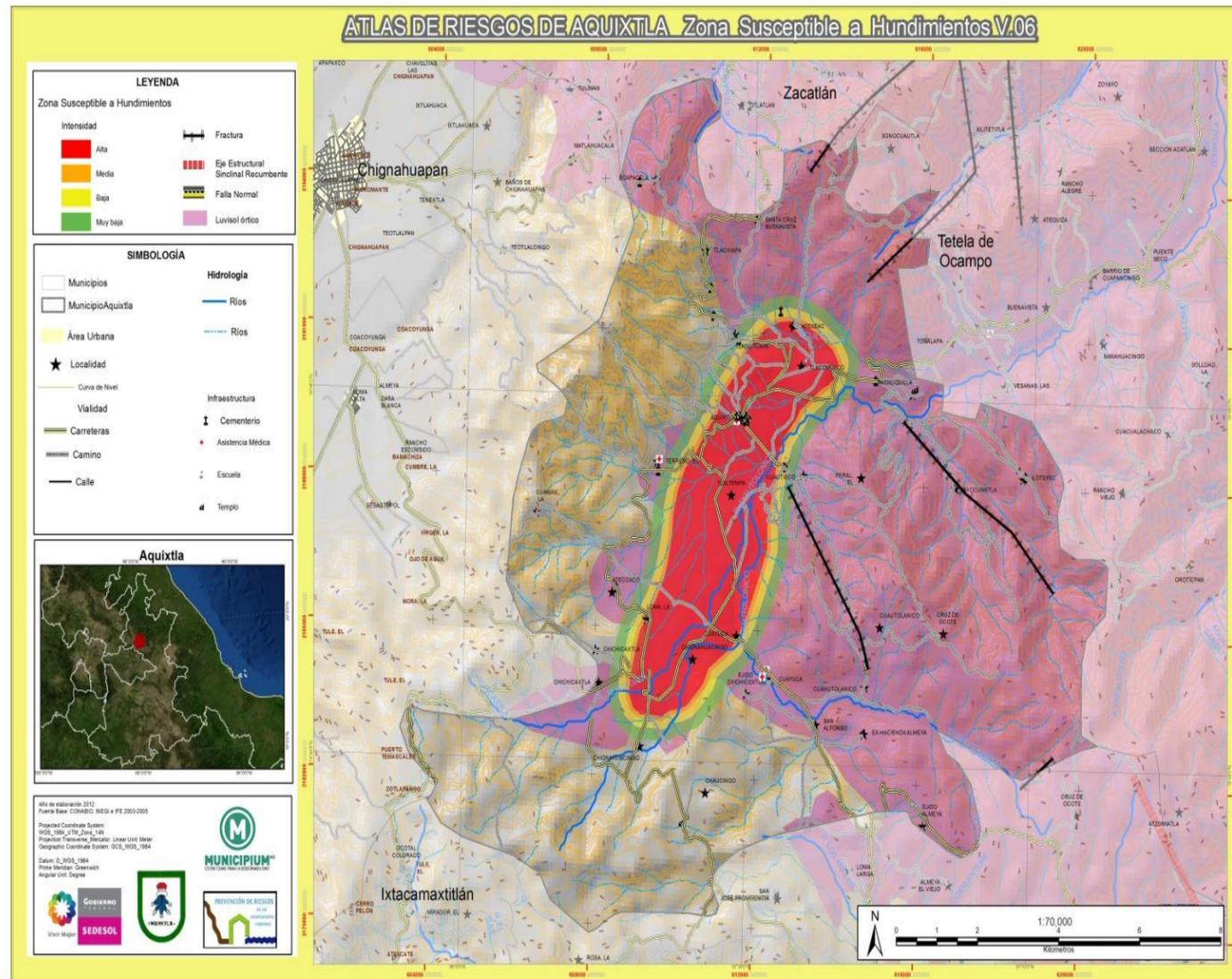


Ilustración 61. Mapa de Hundimientos

La erosión es la pérdida de suelo fértil, provocado por el desprendimiento, transporte y depositación de las partículas que genera el agua y el viento. El ser humano se convierte en acelerador de la erosión tanto eólica como hídrica al realizar el cambio de uso de suelo (del forestal al agropecuario o urbano), que incrementa la pérdida de suelo (Morales, 2010). Por ejemplo el área al sur-sureste y al norte-noroeste, se presenta un constante crecimiento de la actividad agrícola en el municipio de Aquixtla, lo que da pauta para establecer la factibilidad erosiva en dichas áreas.

El tipo de erosión que más influye dentro del Municipio es la erosión hídrica, que erosiona el suelo de dos maneras: la primera es por el impacto de la lluvia y la segunda por la fricción del escurrimiento y las partículas arrastradas; que se intensifica en temporada de lluvias generan ciertas modificaciones al relieve, sobre todo, en las partes altas del Municipio, erosionando de forma vertical y lateral las márgenes de los escurrimientos. Por lo regular estas lluvias repercuten en inundaciones en las zonas bajas y más pobladas del municipio de Aquixtla. De igual forma dicho fenómeno erosivo da pauta a la aceleración de los procesos de remoción en masa que tienden a modificar la topografía del terreno.

La erosión vertical se da principalmente sobre el lecho del cauce al moverse partículas de distintos tamaños que al ser arrastradas van desgastando el lecho e incrementando la profundidad del cauce.

Erosión lateral se presenta básicamente sobre las paredes del cauce, casi siempre se refleja al ocasionar la socavación de las paredes en las partes donde se da un contacto con el cauce y los materiales de arrastre que van minando la resistencia de las márgenes y generando el deslizamiento o caída de las mismas, dando como resultado el ensanchamiento del cauce.

Tabla 39. Intensidad por erosión definida a partir de la pendiente y acumulación de escurrimientos

Erosión	Pendientes	escurrimientos	Actividad humana
Muy Alta	>30°	> Acumulación	Forestal
Alta	20°	Acumulación	Forestal agrícola
Media	10°	Menor cantidad	Agrícola
Baja	5°	Mínima cantidad	Agrícola rural
Muy baja	<1°	Pocos	Rural

El mapa de erosión se generó a partir de las áreas de mayor pendiente en relación con la distribución y acumulación de los escurrimientos que se ubican en el Municipio, para determinar áreas susceptibles a la erosión. En la Ilustración 62 se muestra la zona de mayor acumulación de escurrimientos que está íntimamente relacionada con las pendientes de 25° a más de 35°, generándose una dinámica erosiva: en la zonas norte y noroeste de magnitud muy alta; al este con intensidad alta; y de media proporción al sur del municipio; las magnitudes baja y muy baja se localizan donde es menor la acumulación de los escurrimientos y la pendiente es mínima.

### 5.1.9. Erosión



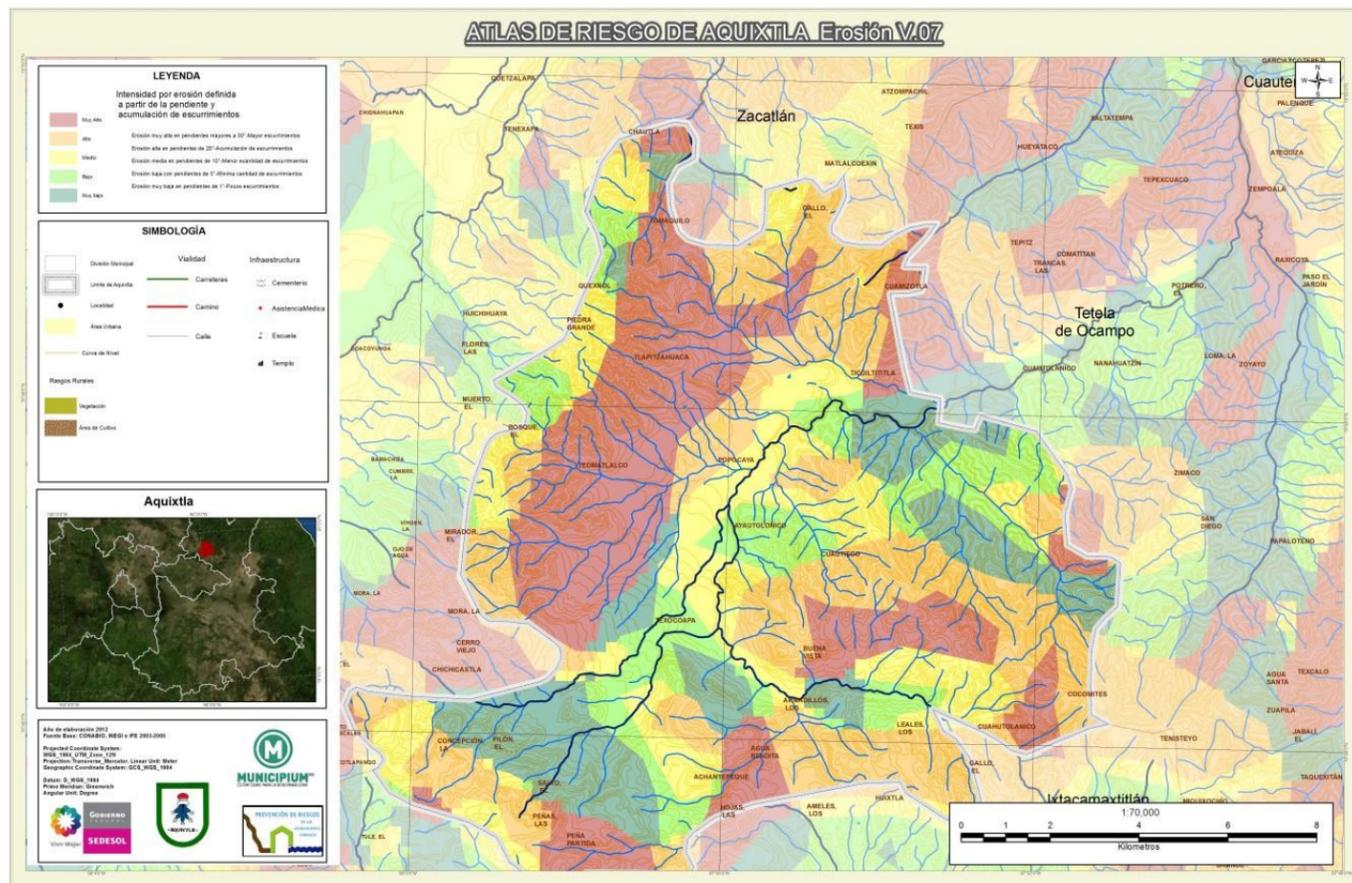


Ilustración 63. Mapa de Erosión Hídrica

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

Los fenómenos hidrometeorológicos están relacionados con los procesos naturales de tipo atmosférico, sus causas están vinculadas con el ciclo del agua, los vientos, las variaciones de presiones y las zonas térmicas. En nuestro país el elemento principal de los desastres derivados de estos fenómenos están relacionados con la precipitación.

Dentro de este grupo de fenómenos se incluyen: tormentas eléctricas, granizadas, inundaciones, ciclones tropicales, marejadas, lluvias, temperaturas extremas, heladas, nevadas, avalanchas y otros efectos como: la desertificación, los incendios forestales y las sequías.

### 5.2.1. Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)

Un ciclón tropical es una manifestación extrema del flujo atmosférico alrededor de un centro de muy baja presión sobre la superficie terrestre<sup>4</sup>. Se considera que la presencia de un ciclón tropical puede ser un problema y un beneficio principalmente porque puede ayudar a la recarga de los acuíferos. Sin embargo, los efectos provocados por este tipo de fenómenos son capaces de causar graves daños a las poblaciones ocasionando pérdidas humanas y económicas.



Ilustración 64. Huracán Ernesto 2012, como de humedad afectando a Aquixtla. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Los ciclones tropicales provocan tres efectos: marea de tormenta, vientos fuertes y lluvias extremas, en el Municipio de Aquixtla, el único que se experimenta es la lluvia. En el 2012 las lluvias derivadas del huracán Ernesto tuvieron impacto en el estado de Puebla provocando lluvias de moderadas a fuertes, que causaron daños en los municipios pertenecientes a la Sierra Norte como Zacatlán, Aquixtla, Tlacuilotepec, Chignahuapan; en los de la Sierra Nororiental como Hueytamalco,

<sup>4</sup>Rosengaus M. 2002, Efectos Destructivos de los Ciclones Tropicales.

Teziutlán y Tlatlauquitepe, de acuerdo con información hemerográfica los daños en la entidad ascienden a más de 7 millones.

La mayoría de los ciclones que llegan a provocar lluvias en Puebla son los que se generan en el océano Atlántico, tal como se señala en la base de datos de la NOAA, entre los que destacan el Huracán Florence en 1954, Jannet en 1955, Dolly en 1996 Keit en 2000, Dean y Lorenzo en 2007, Karl en 2010, de acuerdo con la información hemerográfica en el Municipio los efectos de estos fenómenos únicamente han sido lluvias que provocaron inundaciones leves. Cabe señalar, que el fenómeno de inundaciones será analizado con mayor profundidad en otro apartado.



Ilustración 66. Ubicación de estaciones meteorológicas en Aquixtla. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

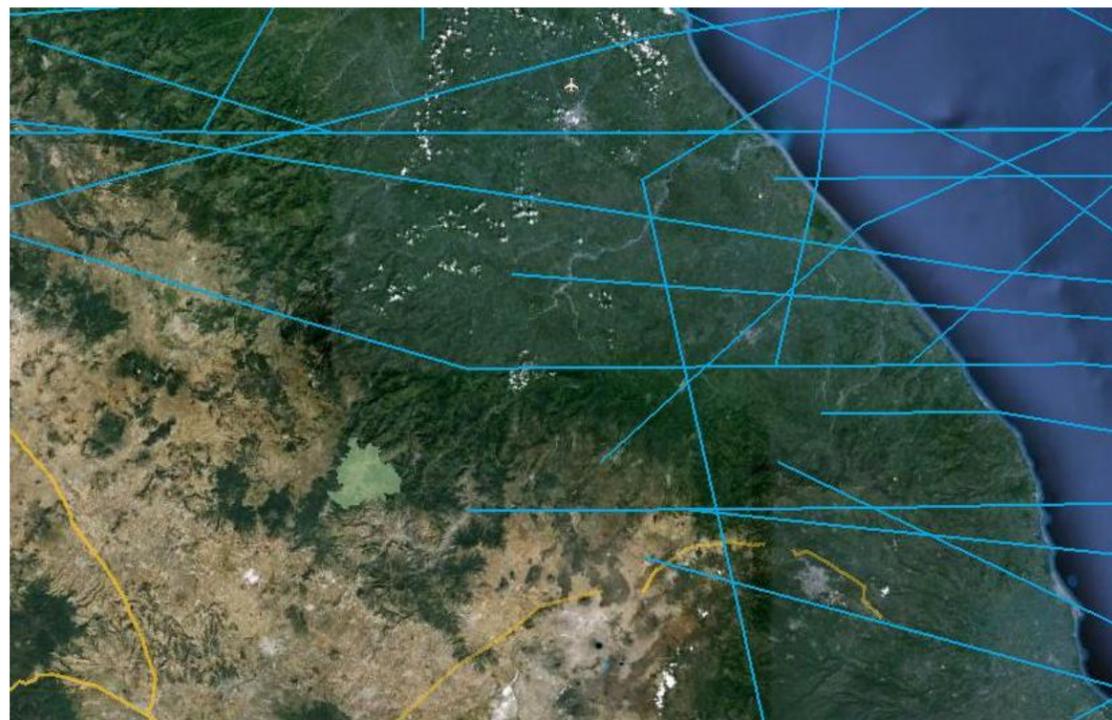


Ilustración 65. Trayectorias de Huracanes cercanas a Aquixtla. Fuente: NOAA

Los ciclones y sus efectos directos tienen un peligro muy bajo en Aquixtla.

### 5.2.2. Tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica es un fenómeno meteorológico en el que se presentan rayos que caen a la superficie, estas descargas son producidas por el incremento del potencial eléctrico entre las nubes y la superficie terrestre.

La identificación de este tipo de fenómenos está basada en la información obtenida por las estaciones de monitoreo del Servicio Meteorológico Nacional SMN, en el Municipio sólo existe una estación ubicada en las instalaciones de la Comisión Federal de Electricidad, sin embargo, para realizar el análisis se tomaron otras cuatro estaciones cercanas.

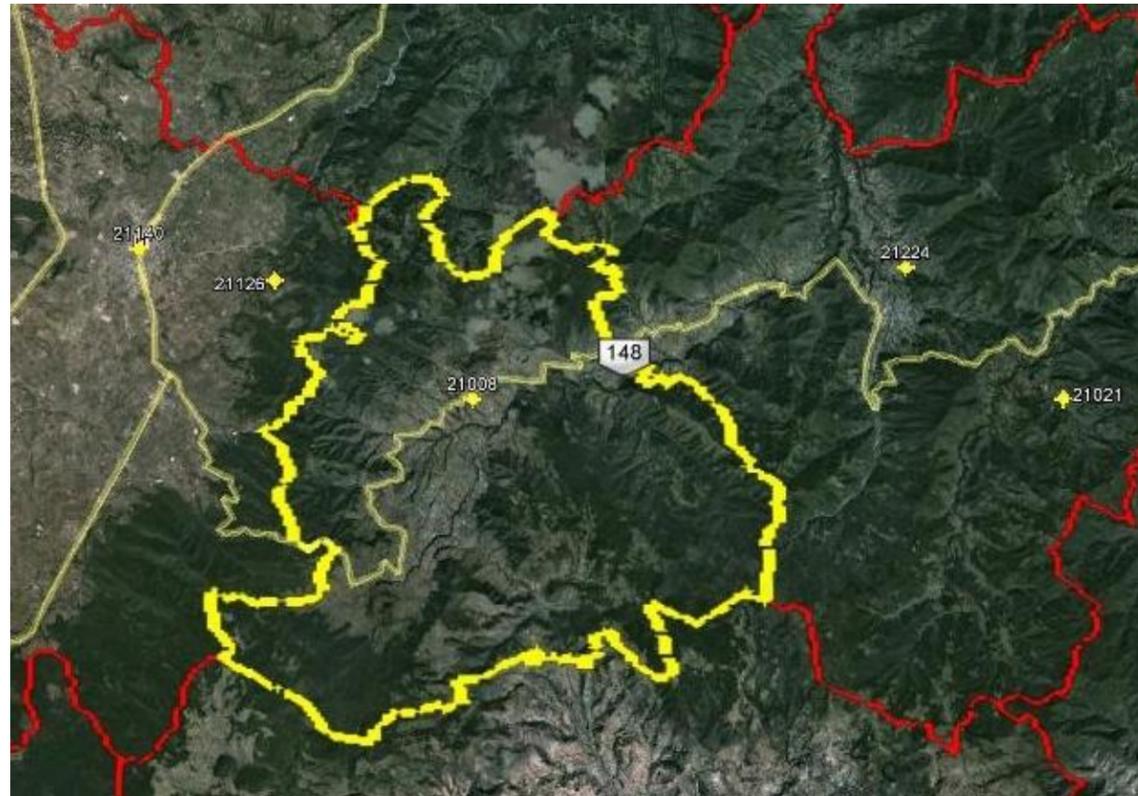


Ilustración 67. Ubicación de estaciones meteorológicas en Aquixtla. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

De acuerdo a los datos históricos, en el Municipio se llegan a presentar hasta 10 tormentas al año, el nivel de peligro es alto ante el fenómeno de tormentas eléctricas, de acuerdo a los registros.

Tabla 39. Tormentas eléctricas registradas en las estaciones circundantes.													
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ESTACIÓN: 00021008 AQUIXTLA (CFE)</b>													
TORMENTA ELÉCTRICAS	0.2	0.2	0.6	1.1	1.5	1.6	1.4	1.4	1	0.5	0.4	0.2	10.1
AÑOS CON DATOS	40	40	41	42	41	42	42	42	41	40	40	39	
<b>ESTACIÓN: 00021126 LOMA ALTA (CFE)</b>													
TORMENTA ELÉCTRICAS	0	0.1	0.3	0.6	0.7	0.7	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	4.2
AÑOS CON DATOS	38	38	38	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
<b>ESTACIÓN: 00021021 CAPULUAQUE (CFE)</b>													
TORMENTA ELÉCTRICAS	0.2	0.1	0.5	1	0.8	0.9	1	1.1	0.7	0.5	0.2	0.2	7.2
AÑOS CON DATOS	52	52	52	52	52	52	52	52	51	50	52	52	
<b>ESTACIÓN: 00021140 CHIGNAHUAPAN</b>													
TORMENTA ELÉCTRICAS	0.1	0.6	1	3	3.5	2.5	2.6	1.8	1.4	0.7	0.2	0.1	17.5

AÑOS CON DATOS	25	26	28	28	24	25	24	25	25	24	25	25	
<b>ESTACIÓN: 00021047 IXTACAMAXITLÁN (CFE)</b>													
TORMENTA ELÉCTRICAS	0.1	0.3	1	1.6	2.2	1.7	1.6	1.7	1.2	0.9	0.4	0.1	12.8
AÑOS CON DATOS	47	47	47	48	48	49	49	49	47	47	49	48	

Fuente: Elaboración propia con base en SMN.

La información de las estaciones circundantes al Municipio muestran que hacia el Sur-Poniente se incrementa la actividad de las tormentas, para el caso del Municipio de Aquixtla casi en su totalidad se encuentra en una zona de peligro medio, hacia el suroriente el nivel de peligro llega a ser alto, pues de acuerdo a la información de la estación meteorológica en este perímetro se experimentan hasta 10 tormentas eléctricas al año.

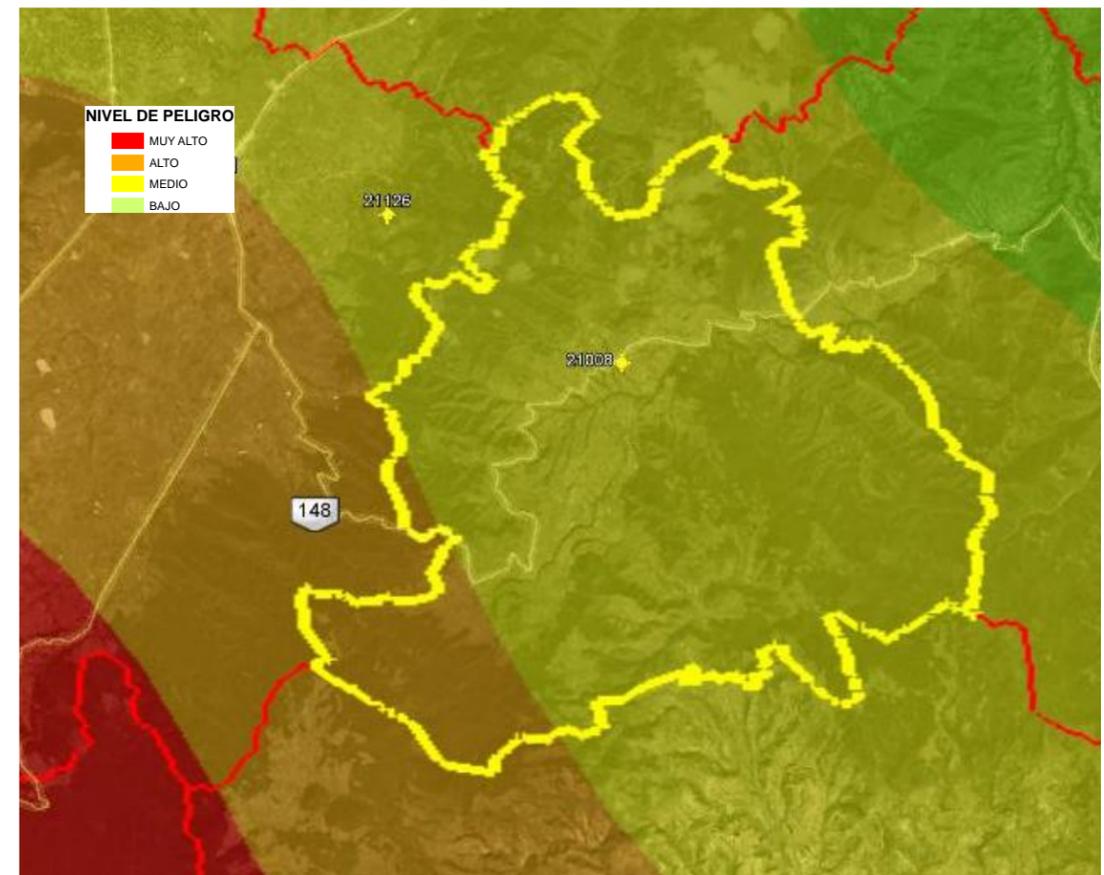


Ilustración 68. Nivel de peligro por tormentas eléctricas. Fuente: Elaboración propia con base en datos meteorológicos del SMN

De acuerdo a los datos es observable que en los meses de abril a agosto se presentó mayor actividad de tormentas eléctricas en la estación meteorológica del Municipio, mientras que hacia la zona Sur en la estación Chignahuapan las tormentas eléctricas son mayores durante los mismos meses.

- **Sequía Hidrológica:** Se refiere a la falta de agua en las fuentes de abastecimiento superficial y subterráneo. El indicador considerado es el nivel de agua en los ríos, lagos, presas y aguas subterráneas, para determinar el déficit de precipitación y la disminución de agua en los ríos, lagunas, presas, etc., se considera un periodo de tiempo entre el primer indicador de la sequía y el momento en que los estándares cambian.
- **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:** Este tipo de sequía se identifica cuando no existe humedad suficiente en el terreno para un cultivo determinado en un momento particular de tiempo, por lo general sucede después de la sequía meteorológica.

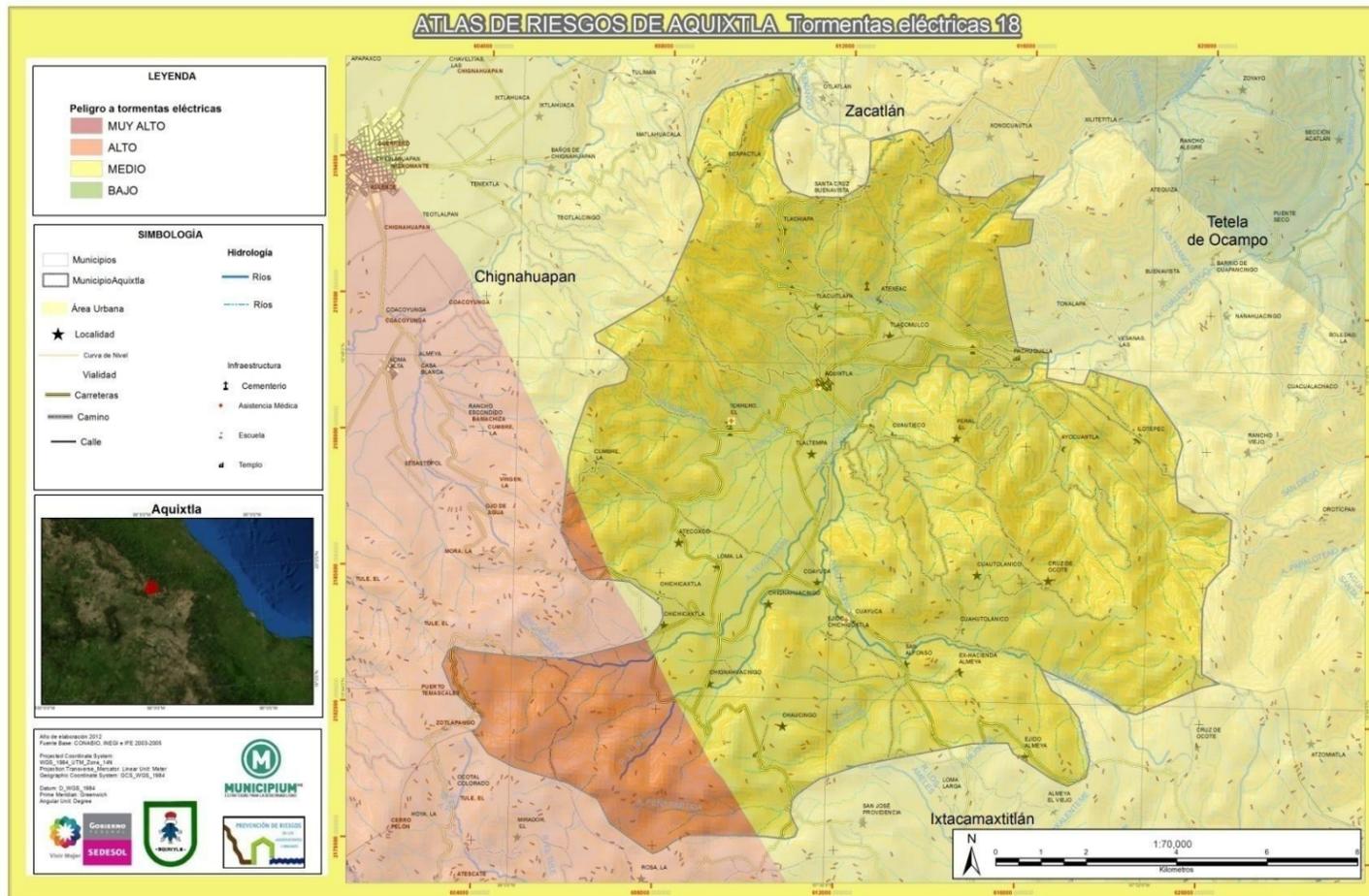


Ilustración 69. Mapa de tormentas eléctricas

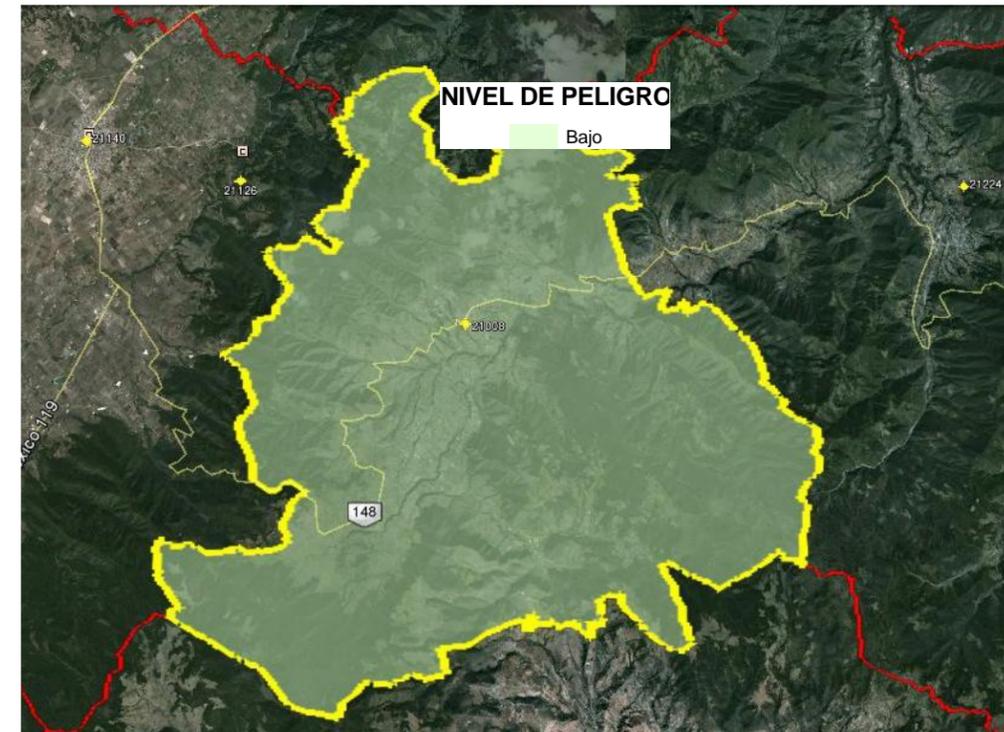


Ilustración 70. Nivel de peligro por Sequía. Fuente: Elaboración propia con base en Índice de Sequías Meteorológicas.

### 5.2.3. Sequías

La sequía es la carencia de agua en el suelo a consecuencia de la insuficiencia de lluvias y es un periodo prolongado de tiempo seco. Algunos investigadores consideran que existen tres tipos de este fenómeno:

En este estudio se desarrolló 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. En Municipio de Aquixtla por su localización geográfica la sequía meteorológica es baja se expresa en un porcentaje de entre el 5 y el 10% de años secos y secos en extremo. Por lo anterior, el nivel de peligro identificado en la zona es bajo.

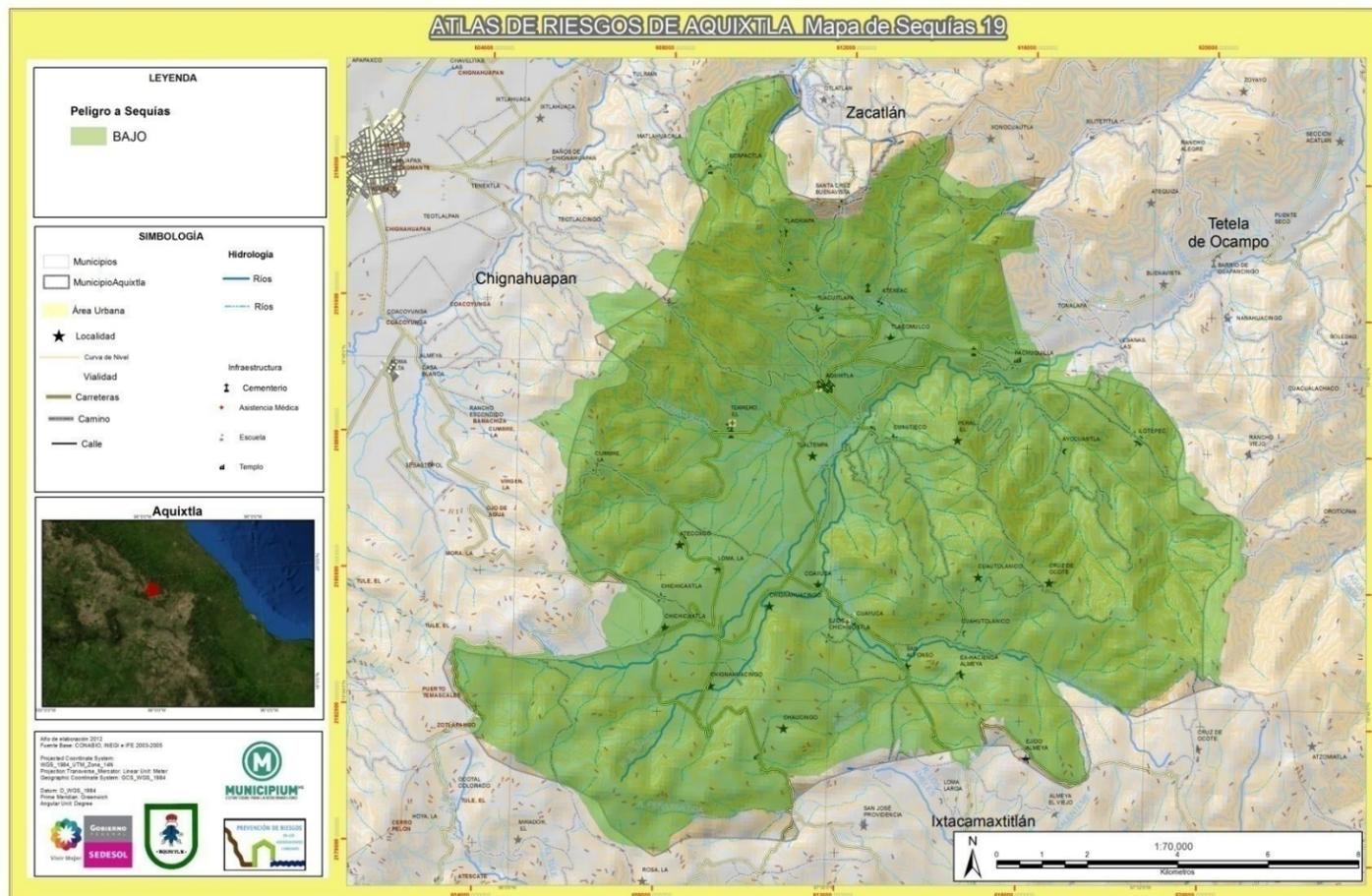


Ilustración 71. Nivel de peligro por Sequía. Fuente: Elaboración propia con base en Índice de Sequías Meteorológicas.

### 5.2.4. Temperaturas máximas extremas

El análisis de las temperaturas máximas extremas 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.

Tabla 40. Temperaturas extremas registradas en las estaciones meteorológicas

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

ESTACIÓN: 00021008 AQUIXTLA (CFE)													
NORMAL	18.9	20.1	22.6	23.7	24	22.3	21	21.4	20.7	19.7	19.6	18.9	21.1
MÁXIMA MENSUAL	23.4	24.2	29	29.2	29	26.8	24.7	24.2	24.2	24.3	23.1	23.4	
AÑO DE MÁXIMA	1969	1962	1973	1968	1968	1969	1967	1964	1968	1969	1968	1967	
MÁXIMA DIARIA	29.5	30.5	33.5	38.5	34.5	32	30	30.5	32.5	36	29.5	29	
FECHA MÁXIMA DIARIA	26/1979	26/1964	30/1970	26/1964	Jun-69	Nov-69	Sep-67	16/1972	Ene-75	Feb-69	Feb-72	15/1970	
AÑOS CON DATOS	45	45	46	48	47	48	48	48	47	44	44	43	
ESTACIÓN: 00021126 LOMA ALTA (CFE)													
NORMAL	18.8	20.1	22.5	24.1	24.2	21.7	19.9	20	19.5	18.8	18.9	18.6	20.6
MÁXIMA MENSUAL	21.5	23.3	27.6	28.1	29.5	26.2	22.4	22.2	21.6	21.9	23.4	21.5	
AÑO DE MÁXIMA	1982	2003	1973	1991	1989	1989	2007	2003	1977	1979	1988	1987	
MÁXIMA DIARIA	29	30	34	36	37	36	29	30	28	30	29	50	
FECHA MÁXIMA DIARIA	Oct-71	21/1980	17/1977	22/1978	31/1990	Jul-89	16/1990	26/1989	Nov-82	27/1991	18/1972	29/2000	
AÑOS CON DATOS	42	42	41	45	45	45	44	44	43	42	42	42	
ESTACIÓN: 00021021 CAPULUAQUE (CFE)													
NORMAL	17.9	19.2	21.5	23	23.6	21.5	20.1	20.1	19.3	19.3	18.6	18	20.2
MÁXIMA MENSUAL	22.2	24.7	25.4	28.3	29.8	26.9	23.6	23.4	22	23.9	22.1	20.6	
AÑO DE MÁXIMA	2002	1998	2005	1984	1998	1998	2004	2004	1996	2009	1994	2002	
MÁXIMA DIARIA	30	33	34	36	37	37	29	29	27	30	29	30	
FECHA MÁXIMA DIARIA	22/2000	25/1998	27/1984	22/1983	Feb-83	Feb-83	Abr-90	13/1990	18/1980	25/1997	28/1994	14/1987	
AÑOS CON DATOS	30	30	30	30	31	31	31	31	31	30	30	30	
ESTACIÓN: 00021140 CHIGNAHUAPAN													
NORMAL	17.7	18.3	20.7	22.1	23	20.9	19.3	19.1	18.4	18	17.8	18.1	19.5
MÁXIMA MENSUAL	20.3	21.5	23.7	25.2	27.7	24.2	22	21.1	20.5	21.3	20.8	25.1	
AÑO DE MÁXIMA	1990	1999	2005	1991	1998	1998	2009	1979	2009	1979	1997	1991	
MÁXIMA DIARIA	27	28	30	32	33	31	29	29	26	40	26	30	
FECHA MÁXIMA DIARIA	28/1990	Jul-97	Jul-91	Jun-98	Jul-98	Abr-98	29/1984	28/1998	Mar-99	Sep-07	Ene-79	Mar-91	
AÑOS CON DATOS	24	26	27	26	23	23	22	24	23	24	25	25	
ESTACIÓN: 00021047 IXTACAMAXTITLÁN (CFE)													
NORMAL	23.7	25	27.2	28.4	28.1	26.6	25.3	25.5	24.7	24.4	24.1	23.7	25.6
MÁXIMA MENSUAL	26.6	27.5	31.7	32.2	32.5	30.3	27.2	27.9	27.3	30.4	27.8	26.4	
AÑO DE MÁXIMA	1961	2003	1991	1984	1998	1998	2009	2009	1987	2009	1988	1987	
MÁXIMA DIARIA	31	33	37	39	37	35	32	35	32	36	33	31	
FECHA MÁXIMA DIARIA	27/1973	28/1991	22/1977	Jun-86	Feb-83	30/1969	Jun-63	Feb-81	Dic-82	30/2009	15/2009	22/1990	

AÑOS CON DATOS	52	52	52	55	55	55	54	54	52	51	52	52	
Fuente: Elaboración propia con base en SMN.													

En el Municipio la temperatura máxima diaria alcanza los 38.5°C, de acuerdo a los registros de más de treinta años, en esta zona los meses de mayores temperaturas son entre marzo a mayo. El año con temperaturas más altas fue 1964 donde las temperaturas observadas alcanzaron máximas mensuales mayores a 30 °C.

El nivel de peligro en el Municipio es bajo hacia la zona Norte donde se presentan temperaturas que oscilan entre 18 y 20°C, mientras que hacia la zona Sur se identifica un aumento en la temperatura que va de 21 a 25.6°C, por ello el nivel de peligro se estima en medio.

Cabe señalar que la zona corresponde al tipo de clima templado con lluvias en verano, actualmente los niveles climáticos no afectan a la población municipal, ni se considera que las temperaturas máximas observadas en la zona lleguen a ser extremas.

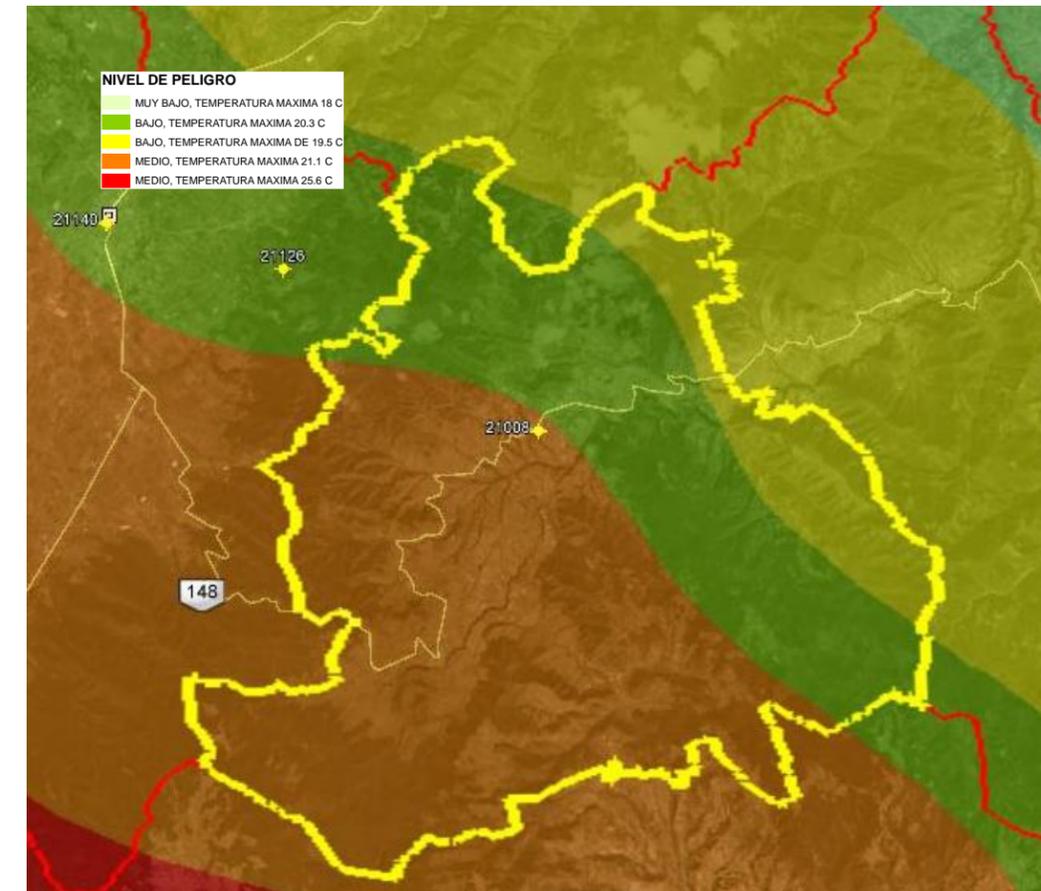


Ilustración 72. Peligro por Temperaturas Extremas. Fuente: Elaboración propia con base en SMN.

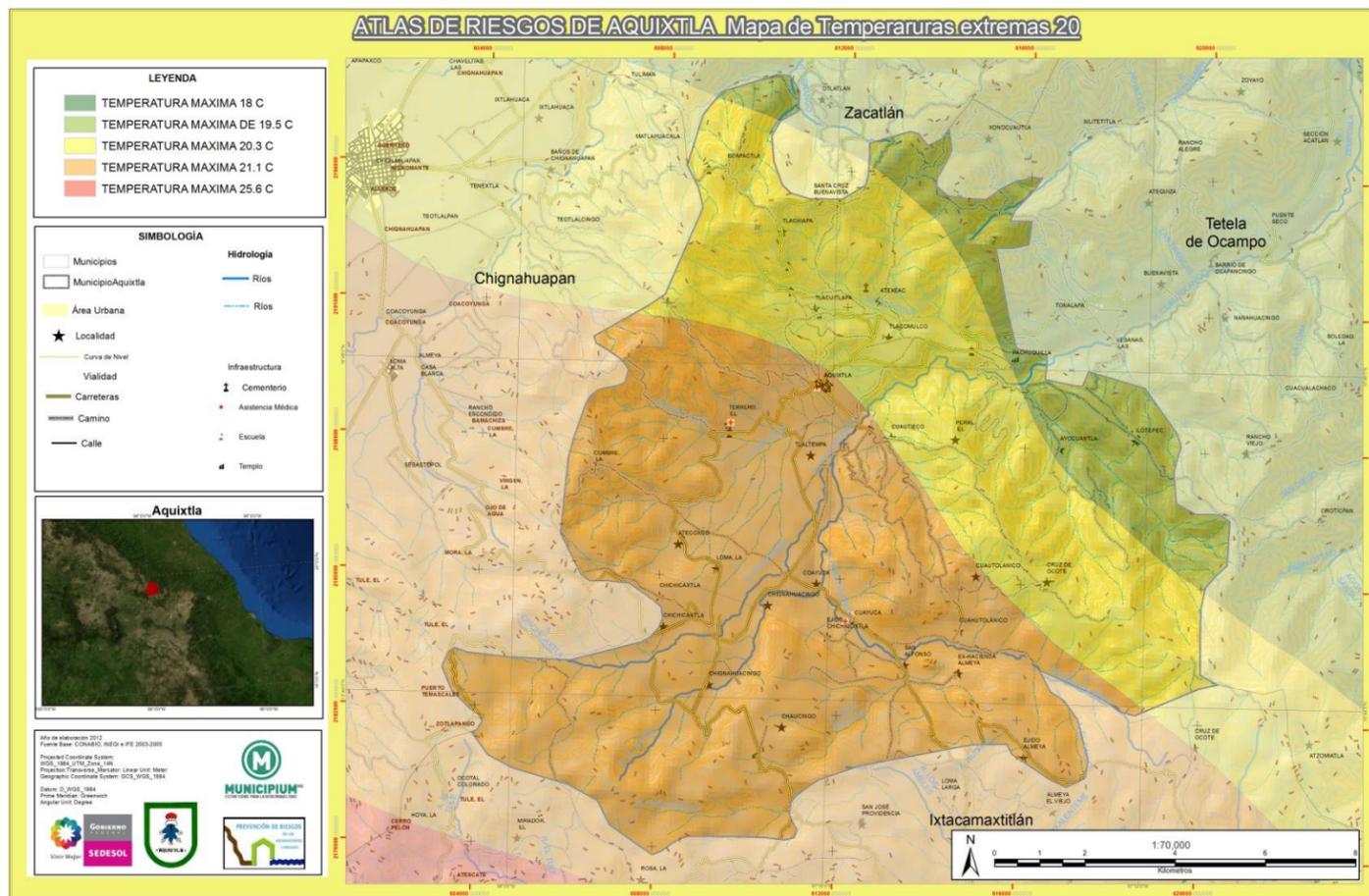


Ilustración 73. Nivel de Peligro por Temperaturas Extremas. Fuente: Elaboración propia con base en SMN.

### 5.2.5. Vientos Fuertes

El viento es el aire en movimiento horizontal, originado por el desigual calentamiento de las masas de aire en las diversas regiones de la atmósfera. Varios fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aun en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos (CENAPRED, 2001).

De acuerdo al mapa de zonificación de velocidades máximas del viento, el Municipio de Aquixtla, se ubica en el rango de peligro moderado, donde se presentan intervalos de 130 a 150 km/hrs. Según los registros históricos de 1940 a 1980 del

Instituto de Geografía de la UNAM, los vientos regionales dominantes en la zona se presentan por el Este, con frecuencias mayores al 60% en los meses de diciembre, enero, mayo, junio y agosto, con velocidades entre 2m/s y 4m/s.

En Aquixtla el viento es un fenómeno que no pone en alto peligro a la población, debido a que los vientos de la zona alcanzan velocidades bajas, sin embargo, en ocasiones podrían presentarse daños debido a la caída de espectaculares ubicados en los edificios o pérdidas en viviendas construidas con materiales endebles, principalmente en aquellas al Sur de la cabecera de Aquixtla (p.ej. los ejidos Coayuca, San Alfonso y la Lagunilla)

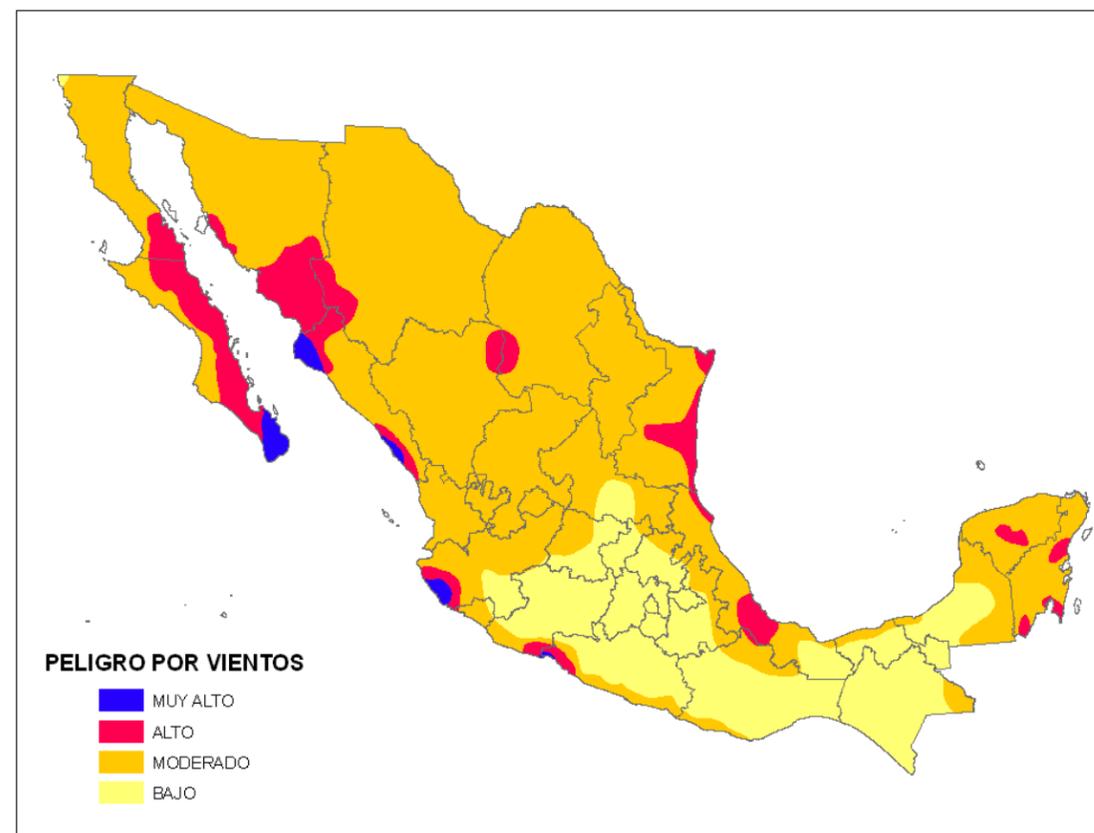


Ilustración 74 . Zonificación de velocidades máximas de viento en la República Mexicana. Fuente: Elaboración con base en CENAPRED, 2001.

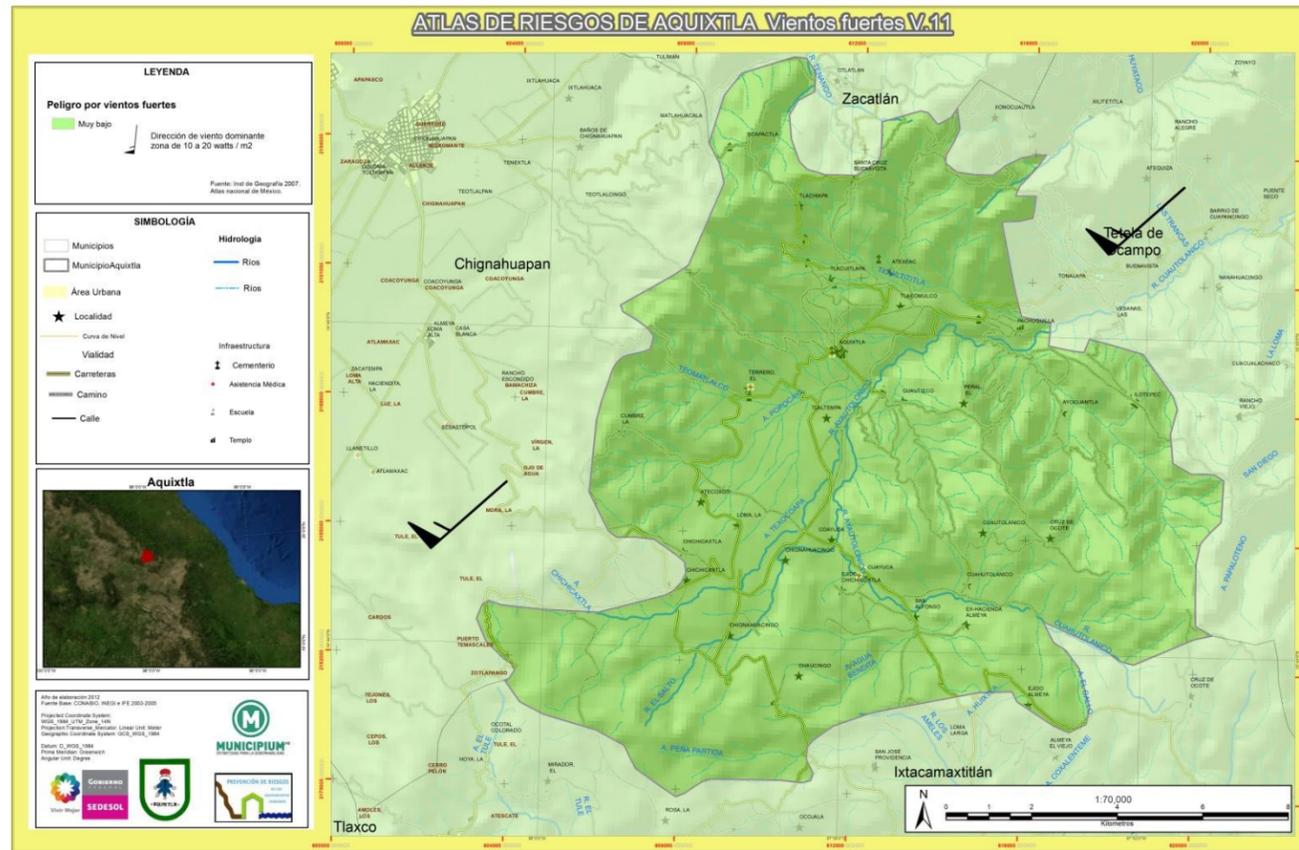


Ilustración 75 . Mapa de vientos fuertes

### 5.2.6. Inundaciones

El municipio de Aquixtla, en el estado de Puebla, con poco más de 166 km<sup>2</sup> tiene una red de drenaje dendrítica compleja como la que se muestra en la Ilustración 76. El patrón de la dirección de flujos es de oeste a este. En la parte central superior del municipio se ubica la cabecera municipal, la cual es prácticamente la única zona vulnerable a los peligros generados por los escurrimientos que puedan ocasionar inundaciones. En el presente documento se presenta la memoria de cálculo para estimar las zonas inundables de muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto riesgo. Para los alcances del presente trabajo, se considerarán los eventos hidrometeorológicos asociados a los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años los correspondientes a los niveles de riesgos citados anteriormente.

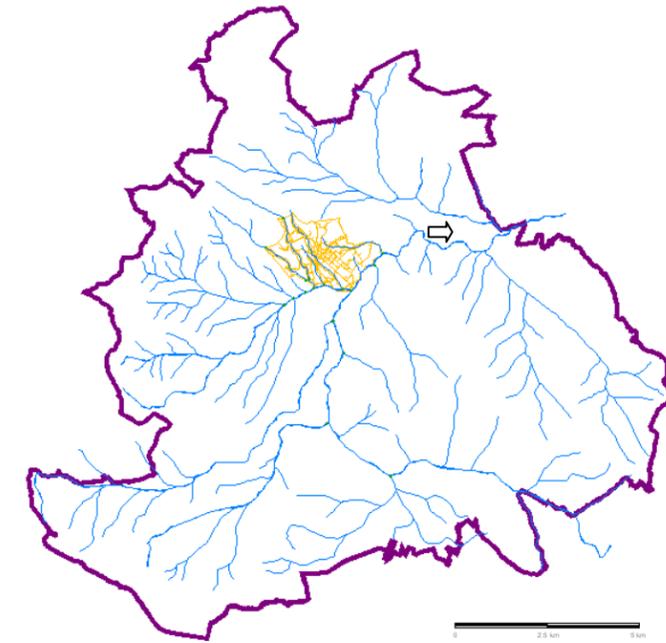


Ilustración 76. Municipio de Aquixtla y la red de drenaje superficial

A partir del modelo digital de elevaciones disponibles del INEGI, se generaron las curvas de nivel que conforman a la zona del municipio a cada 5 metros de desnivel. En la Ilustración 78 se presenta una imagen de dichas curvas de nivel, puede observarse que existen una topografía abrupta y de fuertes pendientes en lo general, con una zona de menor pendiente al eje de la corriente superficial principal. En la misma Ilustración 78 puede observarse que el trazo de las manzanas de la zona semiurbana se ubica en una zona alta pendiente y solo la parte sur de la cabecera municipal es tangencial a la zona de menor pendiente.

Por otro lado, en la Ilustración 78 se presenta el trazo de las cuencas que interactúan con el trazo de la zona semiurbana a partir de las curvas de nivel del terreno. Debe observarse que el criterio de trazo fue el de determinar las características fisiográficas que podrían representar escurrimientos que afecten a las zonas urbanas, tanto al menaje de los predios como el de la infraestructura.

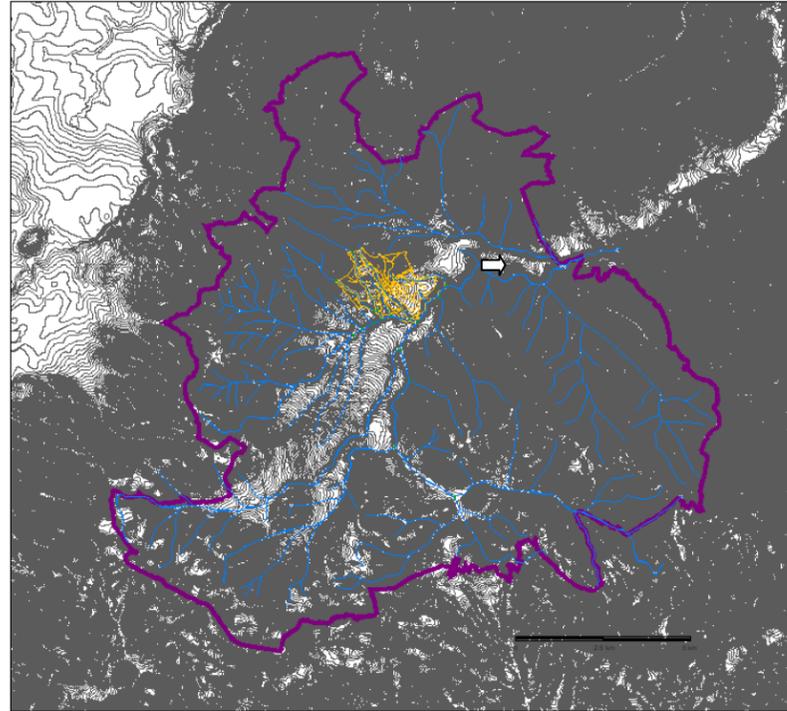


Ilustración 77. Curvas de nivel equidistantes a 5 m en el municipio

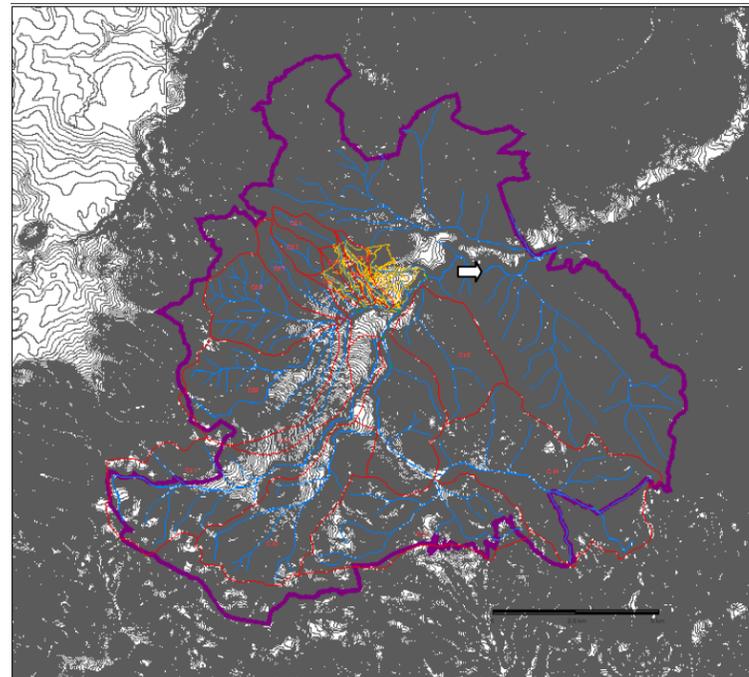


Ilustración 78. Trazo de cuencas que interactúan con la zona semiurbana sobre las curvas de nivel

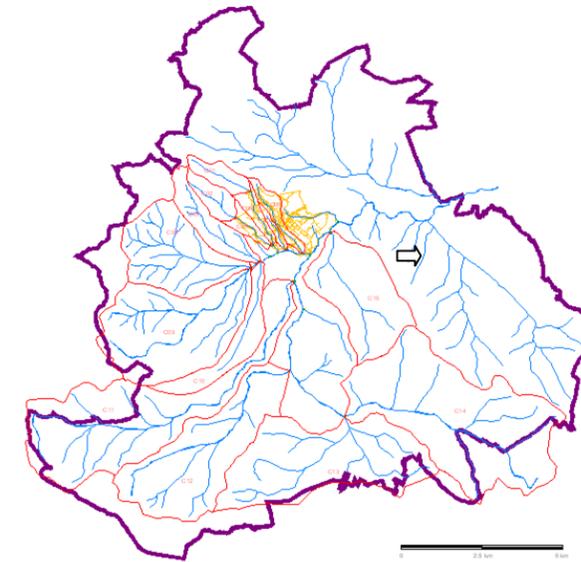


Ilustración 79. Trazo de las 15 cuencas que interactúan con la zona semiurbana del municipio

En la siguiente figura se presenta la red de drenaje de las cuencas de estudio, mismas que confluyen a las corrientes principales que interactúan con la zona semiurbana de estudio, como se indica en la misma.

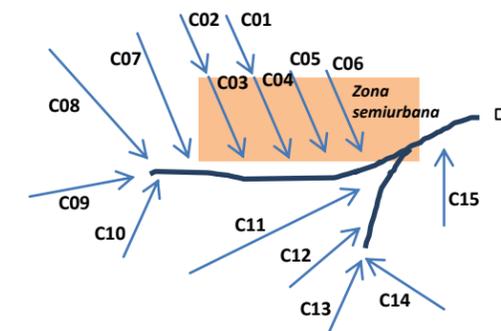


Ilustración 80. 5. Esquema simplificado de la red de drenaje de las 15 cuencas de estudio

### CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS

Cada una de las cuencas tiene asociado un uso de suelo que sirve para definir los porcentajes de escurrimiento medio, estimados para fines prácticos a partir del coeficiente de escurrimiento. En la Ilustración 80 se presenta el uso de suelo de

cada una de las 15 cuencas de estudio utilizando como fuente de información el software SIATL de INEGI y la CONAGUA, el cual es un programa libre en la web.

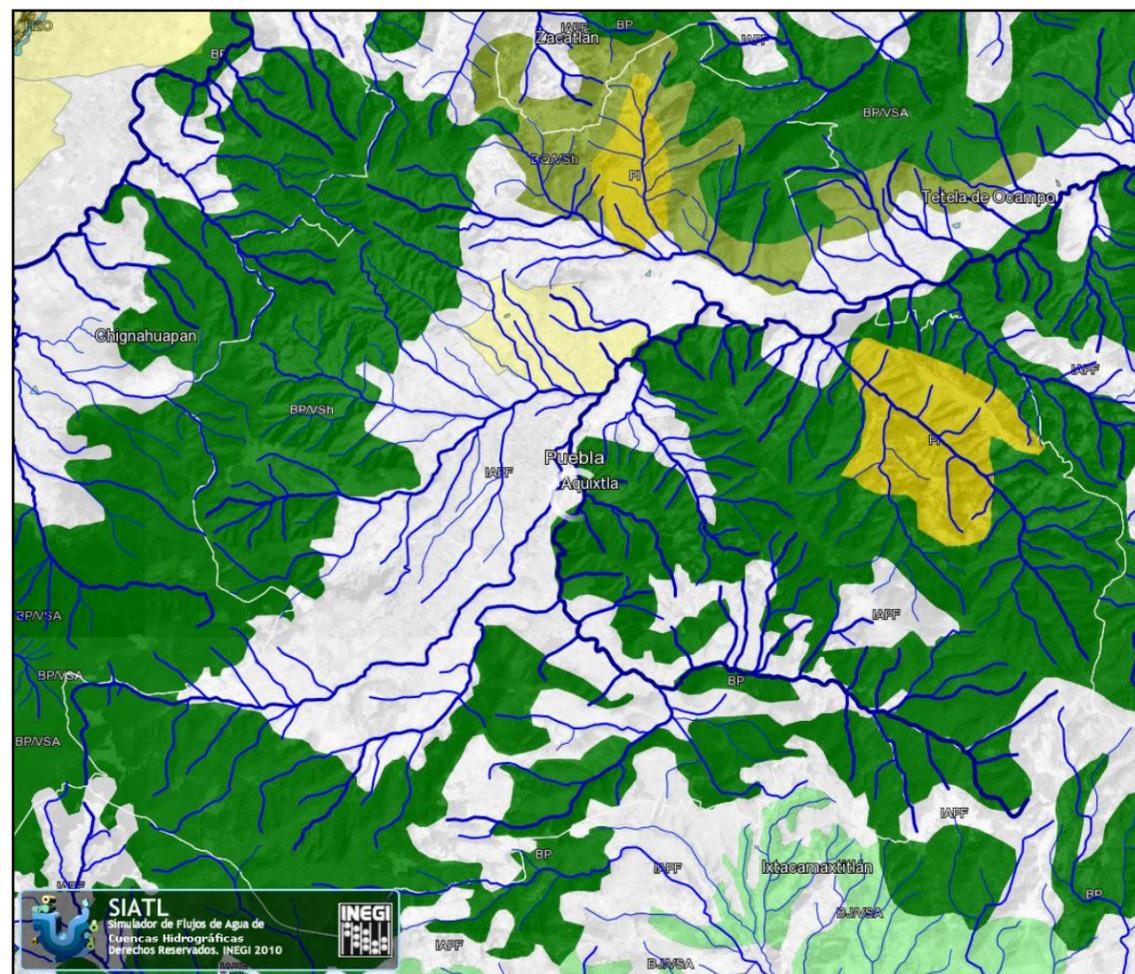


Ilustración 81. Usos de suelo y vegetación de la zona de estudio, para la determinación del coeficiente de escurrimiento, Fuente: SIATL.

Por otro lado, cada una de las cuencas tiene una corriente principal, la cual tiene a su vez una pendiente media y un tiempo de concentración, los cuales se determinan con las siguientes expresiones.

La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración del escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las

avenidas o crecientes. El cálculo de la pendiente media del cauce se realizó por el método de Taylor – Schwarz, el cual se presenta a continuación.

Tabla 41. Determinación de características fisiográfica cuenca C01

$$T_c = 0.0003245 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Donde:

T<sub>c</sub>, es el tiempo de concentración, h

L, es la longitud del cauce principal, m

S, es la pendiente del colector principal, calculada por el método de Taylor – Schwarz.

A partir de las curvas de nivel y del trazo de las 15 cuencas y sus correspondientes corrientes principales, se determinaron sus pendientes y tiempos de concentración, en las tablas 1 a 15 se presentan los cálculos correspondientes.

Tabla 42. Determinación de características fisiográfica cuenca C02

C01					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2785	2685	204	0.490	291.37	
2685	2600	283	0.300	516.38	
2600	2535	367	0.177	872.05	
2535	2465	341	0.205	752.63	
2465	2345	892	0.135	2431.96	
<b>Longitud cauce principal</b>		<b>2087</b>		<b>4864.39634</b>	
<b>S=</b>		<b>0.1841</b>	pendiente media		
<b>Área (km<sup>2</sup>)=</b>		<b>1.1700</b>	dato de AutoCAD		
<b>tc (h)=</b>		<b>0.2243</b>	tiempo de concentración		

Tabla 43. Determinación de características fisiográfica cuenca C03

C02					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2610	2510	417	0.240	851.54	
2510	2365	777	0.187	1798.65	
2365	2285	706	0.113	2097.31	
<b>Longitud cauce principal</b>		<b>1900</b>		<b>4747.49893</b>	
<b>S=</b>		<b>0.1602</b>	pendiente media		
<b>Área (km<sup>2</sup>)=</b>		<b>1.2500</b>	dato de AutoCAD		
<b>tc (h)=</b>		<b>0.2202</b>	tiempo de concentración		

Tabla 44. Determinación de características fisiográfica cuenca C04

C03					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2285	2200	554	0.153	1414.34	
2200	2145	903	0.061	3658.90	
Longitud cauce principal		<b>1457</b>			<b>5073.24224</b>
S= <b>0.0825</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>0.7200</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.2317</b> tiempo de concentracion					

Tabla 45. Determinación de características fisiográfica cuenca C03

C04					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2345	2240	849	0.124	2414.16	
2240	2145	1084	0.088	3661.69	
Longitud cauce principal		<b>1933</b>			<b>6075.85926</b>
S= <b>0.1012</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>0.7500</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.2662</b> tiempo de concentracion					

Tabla 46. Determinación de características fisiográfica cuenca C04

C05					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2235	2150	751	0.113	2232.29	
2150	2115	529	0.066	2056.60	
Longitud cauce principal		<b>1280</b>			<b>4288.88748</b>
S= <b>0.0891</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>0.3000</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.2036</b> tiempo de concentracion					

Tabla 47. Determinación de características fisiográfica cuenca C05

C06					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2375	2345	119	0.252	237.01	
2345	2260	656	0.130	1822.41	
2260	2165	926	0.103	2891.04	
2165	2100	1015	0.064	4010.91	
Longitud cauce principal		<b>2716</b>			<b>8961.36605</b>
S= <b>0.0919</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>0.9600</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.3591</b> tiempo de concentracion					

Tabla 48. Determinación de características fisiográfica cuenca C06

C07					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2600	2420	1017	0.177	2417.38	
2420	2310	793	0.139	2129.19	
2310	2145	1795	0.092	5920.45	
Longitud cauce principal		<b>3605</b>			<b>10467.0165</b>
S= <b>0.1186</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>2.6000</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.4047</b> tiempo de concentracion					

Tabla 49. Determinación de características fisiográfica cuenca C07

C08					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2645	2475	510	0.333	883.35	
2475	2300	1336	0.131	3691.40	
2300	2225	1009	0.074	3700.89	
2225	2160	1425	0.046	6672.15	
Longitud cauce principal		<b>4280</b>			<b>14947.7788</b>
S= <b>0.0820</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>6.9200</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.5325</b> tiempo de concentracion					

Tabla 50. Determinación de características fisiográfica cuenca C08

C09					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2675	2495	806	0.223	1705.56	
2495	2400	809	0.117	2360.81	
2400	2310	1618	0.056	6860.35	
2310	2225	1055	0.081	3716.80	
2225	2160	1115	0.058	4618.02	
Longitud cauce principal		<b>5403</b>			<b>19261.5392</b>
S= <b>0.0787</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>11.3000</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.6473</b> tiempo de concentracion					

Tabla 51. Determinación de características fisiográfica cuenca C09

C10					
COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>	
2475	2300	1665	0.105	5135.73	
2300	2145	2103	0.074	7746.28	
Longitud cauce principal		<b>3768</b>			<b>12882.0094</b>
S= <b>0.0856</b> pendiente media Área (km <sup>2</sup> )= <b>3.0100</b> dato de AutoCAD tc (h)= <b>0.4749</b> tiempo de concentracion					

Tabla 52. Determinación de características fisiográfica cuenca C10

**C11**

COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>
2980	2740	2924	0.082	10206.11
2740	2575	3638	0.045	17082.53
2575	2500	862	0.087	2922.34
2500	2455	781	0.058	3253.65
2455	2145	4539	0.068	17368.38
<b>Longitud cauce principal</b>	<b>12744</b>			<b>50833.0069</b>

S= **0.0629** pendiente media  
 Área (km<sup>2</sup>)= **15.3700** dato de AutoCAD  
 tc (h)= **1.3665** tiempo de concentracion

Tabla 53. Determinación de características fisiográfica cuenca C13

**C12**

COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>
3005	2895	452	0.243	916.24
2895	2860	198	0.177	470.94
2860	2835	265	0.094	862.78
2835	2700	523	0.258	1029.40
2700	2600	806	0.124	2288.25
2600	2510	1367	0.066	5327.60
2510	2435	1934	0.039	9820.96
2435	2340	1028	0.092	3381.64
2340	2290	960	0.052	4206.51
<b>Longitud cauce principal</b>	<b>7533</b>			<b>28304.3235</b>

S= **0.0708** pendiente media  
 Área (km<sup>2</sup>)= **11.1900** dato de AutoCAD  
 tc (h)= **0.8706** tiempo de concentracion

Tabla 54. Determinación de características fisiográfica cuenca C14

**C13**

COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>
2740	2475	2608	0.102	8181.60
2475	2380	1243	0.076	4496.19
2380	2330	1250	0.040	6250.00
<b>Longitud cauce principal</b>	<b>5101</b>			<b>18927.7962</b>

S= **0.0726** pendiente media  
 Área (km<sup>2</sup>)= **12.8900** dato de AutoCAD  
 tc (h)= **0.6386** tiempo de concentracion

Tabla 55. Determinación de características fisiográfica cuenca C15

**C14**

COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>
2830	2610	1707	0.129	4754.87
2610	2465	1872	0.077	6726.28
2465	2350	2980	0.039	15169.65
2350	2330	953	0.021	6578.46
<b>Longitud cauce principal</b>	<b>7512</b>			<b>33229.2593</b>

S= **0.0511** pendiente media  
 Área (km<sup>2</sup>)= **18.7600** dato de AutoCAD  
 tc (h)= **0.9850** tiempo de concentracion

Tabla 56. Características fisiográficas de las 15 cuencas de estudio

**C15**

COTA SUP	COTA INF	LONG	Si	Li/Si <sup>1/2</sup>
2560	2390	574	0.296	1054.74
2390	2230	1011	0.158	2541.36
2230	2140	1089	0.083	3788.09
2140	2005	1836	0.074	6770.83
<b>Longitud cauce principal</b>	<b>4510</b>			<b>14155.0241</b>

S= **0.1015** pendiente media  
 Área (km<sup>2</sup>)= **7.3700** dato de AutoCAD  
 tc (h)= **0.5106** tiempo de concentracion

Tabla 57. Tabla resumen de las características fisiográficas de las cuencas involucradas en el presente estudio.

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Ce (Adim)	S (Adim)	Tc (h)	Tc (min)
C01	1.17	0.22	0.18	0.22	13.2
C02	1.25	0.22	0.16	0.22	13.2
C03	0.72	0.26	0.08	0.23	13.8
C04	0.75	0.26	0.1	0.26	15.6
C05	0.3	0.29	0.08	0.2	12
C06	0.96	0.3	0.09	0.36	21.6
C07	2.6	0.25	0.11	0.4	24
C08	6.92	0.22	0.08	0.53	31.8
C09	11.3	0.24	0.07	0.64	38.4
C10	3.01	0.26	0.08	0.47	28.2
C11	15.37	0.23	0.06	1.36	81.6
C12	11.19	0.22	0.07	0.87	52.2
C13	12.89	0.22	0.07	0.63	37.8
C14	18.76	0.22	0.05	0.98	58.8
C15	7.37	0.21	0.1	0.51	30.6

1. ESTIMACIÓN DE GASTOS MÁXIMOS

El gasto hidrológico de la corriente se ha estimado aplicando el método racional, que es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escorrimento, su origen se remonta a 1851 ó 1889, de acuerdo a diversos autores; debido a su sencillez es uno de los más utilizados. Está basado en considerar que, sobre el área estudiada se tiene una lluvia uniforme durante un tiempo, de manera que el escurrimiento en la cuenca se establezca y se tenga un gasto constante en la descarga. Este método permite determinar el gasto máximo provocado por una tormenta, suponiendo que dicho máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad aproximadamente constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración de la cuenca. Algunos autores consideran apropiado su uso para cuencas que tengan una superficie de hasta 20 km<sup>2</sup>. La fórmula racional se define como:

$$Q_p = 0.278CiA$$

donde:

- $Q_p$  gasto de pico, en m<sup>3</sup>/s
- $C$  coeficiente de escurrimiento, adimensional
- $i$  intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca (mm/h)
- $A$  área de la cuenca (km<sup>2</sup>)
- 0.278 factor de conversión de unidades

Diferentes autores han propuesto que el tiempo de concentración equivalga a la duración de la lluvia, con lo cual se puede estimar la intensidad utilizando las curvas I-d-Tr.

Se analizó la precipitación del sitio a partir de la base de datos ERIC V3 (Extractor Rápido de Información Climatológica) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en un intervalo de datos de 1969 al año 2009 en forma continua de la estación 21008 Aquixtla, Puebla. En la figura 8 se presenta en forma de resumen la precipitación media mensual, cuya suma arroja una media anual de 709.9 mm, se observa que es durante los meses de junio a octubre en donde se presenta la mayor parte de la precipitación anual, correspondiendo a los meses de verano principalmente.

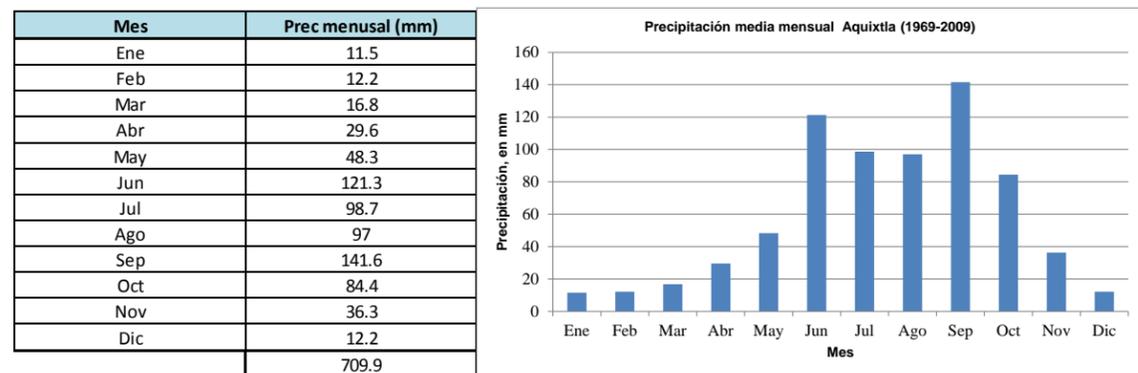


Figura 8. Precipitación media mensual de la zona de estudio, Fuente: ERIC V3

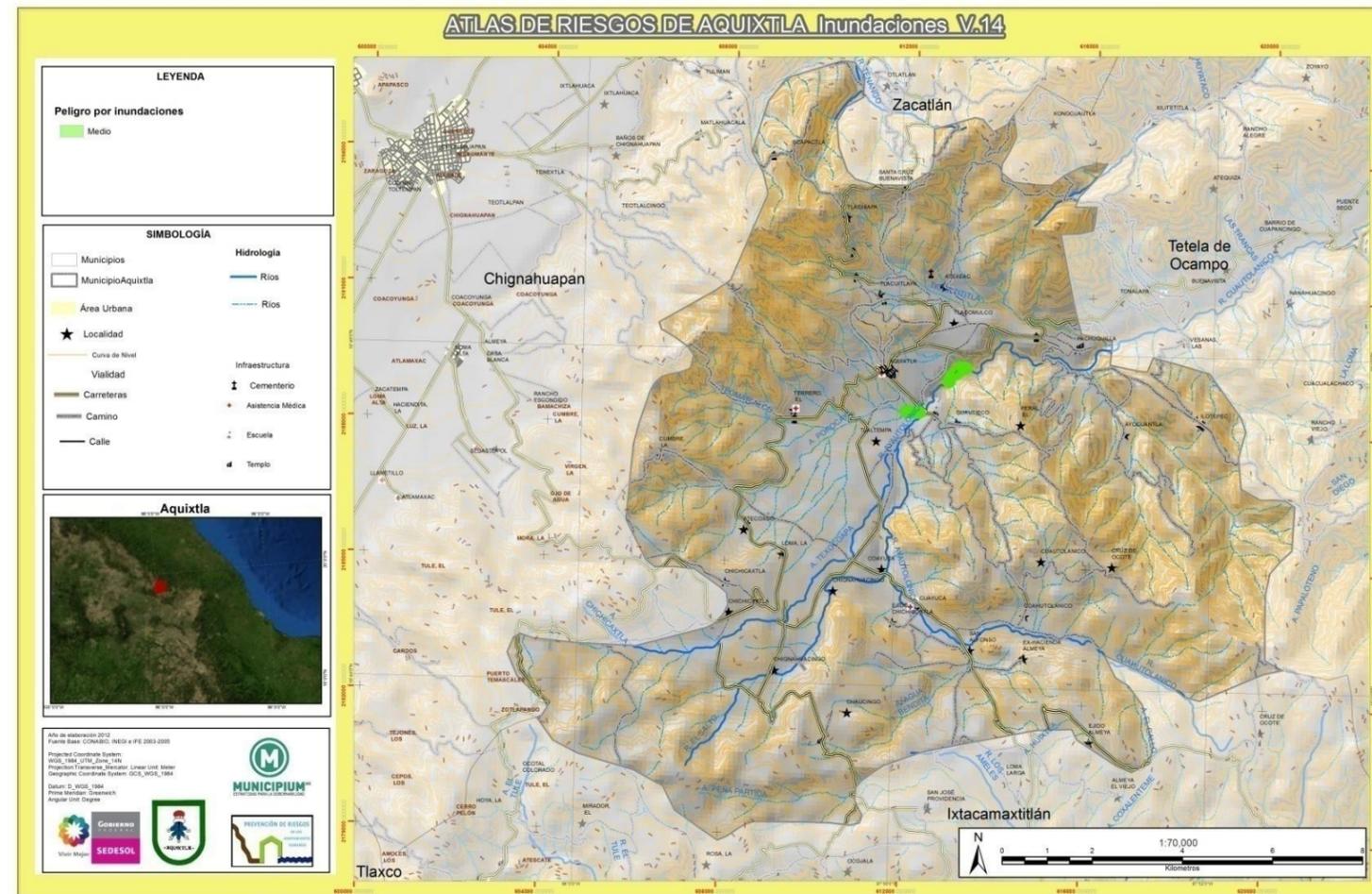


Ilustración 82 . Mapa de inundaciones

El resumen de las lluvias máximas anuales de la estación climatológica de estudio se presenta en la Tabla 17, mientras que en la Figura 9 se representan en forma gráfica dichos valores.

Tabla 58. Precipitación máxima anual de 24 h

Año	PreMax24H	Pre>0.1 mm
1961	75.5	83
1962	53	86
1963	33	75
1964	32.5	69
1965	60	64
1966	57.5	95
1967	45	72
1968	42.5	100
1969	43	83
1970	30.5	73
1971	34.9	87
1972	48.7	96
1973	47.4	94
1975	68.5	95
1976	68.5	104
1977	33.2	71
1978	39.5	96
1979	68.5	75
1980	38	73
1981	51.1	100
1982	35.3	63
1983	30.2	70
1984	36.5	103
1985	44.9	90
1986	31.5	86
1987	35.4	80
1988	58.5	87
1989	55	81
1990	53.5	85
1991	41.5	82
1992	50.2	101
1993	26.3	73
1994	32.4	76
1995	100.5	99
1996	36.8	58
1997	37.2	91
1998	41.1	95
2000	39.3	58
2001	42.5	
2002	39.2	
2003	46.8	
2004	24.5	
2005	56.8	
2006	36.5	
2007	129.6	
2008	36.5	
2009	51	
Promedio	47.2	83.4

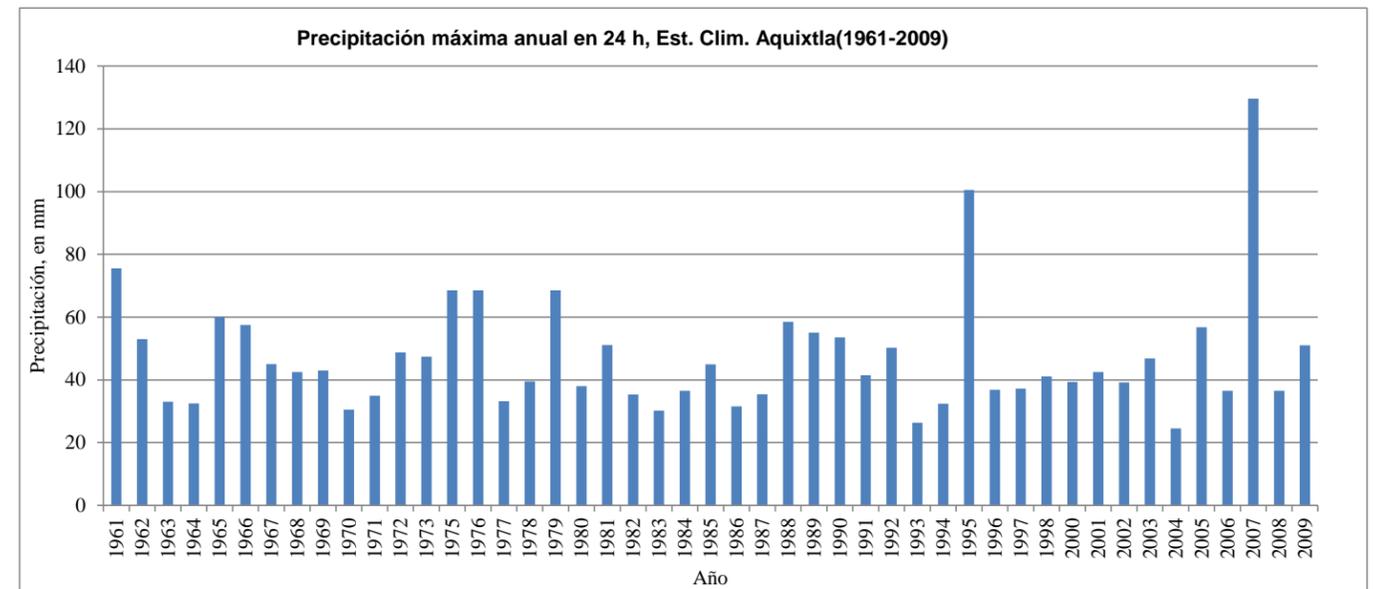


Ilustración 83. Precipitación máxima anual en 24 h en la zona de estudio

### Generación de curvas Intensidad-duración-periodo de retorno (I-d-Tr)

A partir de los valores de precipitación máxima diaria anual, se procedió a asociar a dichos valores un periodo de retorno de ocurrencia de dichos eventos.

El análisis de frecuencias permite determinar los eventos de diseño a partir una serie de datos. El objetivo del análisis de frecuencias es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Para aplicar dichos métodos las variables hidrológicas deben ser independientes y estocásticas, y los parámetros de las distribuciones se deben obtener por diversos métodos, que se ajusten a la muestra de cada estación; con ello se extrapola para determinar los eventos de diseño asociados a una probabilidad de no-ocurrencia denominado comúnmente como periodo de retorno y denotado como Tr.

La magnitud de eventos extremos tales como tormentas, avenidas y sequías, están inversamente relacionados con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos moderados.

En la Tabla 18, se agrupan las distintas funciones de probabilidad con las que se pueden analizar las series de datos.

Una vez que se ajusta la muestra de datos a las diferentes funciones de distribución de probabilidades, se selecciona aquella que presenta el menor error estándar de ajuste, el cual se define por la siguiente expresión:

$$EE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xe_i - X0_i)^2}{N - P}}$$

Donde:

Xei es el i-ésimo dato estimado con la fórmula de Weibull

X0i es el iésimo dato calculado con la función de distribución de probabilidades.

N es el número de datos de la muestra.

P es el número de parámetros de la función de ajuste.

La función de probabilidad se ha determinado utilizando el programa AX, desarrollado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). En él se introducen los valores máximos anuales y se obtiene la función con mejor ajuste a la serie de datos.

El objetivo de determinar el mejor ajuste, es extrapolar, a partir de la serie de datos, los valores de altura de lluvia máxima diaria y asociarlos con su respectivo periodo de retorno (Tr).

Se cuenta con información de lámina de lluvia acumulada de 24 h de la estación climatológica Aquixtla, Pue., en la Tabla 17 se presentaron los valores máximos de precipitaciones.

El análisis de frecuencias de las láminas de lluvia máxima en 24 h se emplea para proveer la magnitud de un evento de diseño de cierto período de Retorno Tr.

El ajuste de la función de distribución de probabilidad se proceso en el Software AX, los resultado muestran que la función de distribución de mejor ajuste es la función de probabilidad Doble Gumbel. En la Ilustración 84, se muestra los resultados de parámetros de las funciones de probabilidad.

Tabla 59. Funciones de distribución de probabilidad

Normal estandarizada	$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ <p>donde <math>t = \frac{x - \alpha}{\beta}</math></p>	☐ y ☐
Lognormal	$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ <p>donde <math>t = \frac{\ln(x - \delta) - \alpha}{\beta}</math></p>	☐, ☐ y ☐ ☐
Gumbel	$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$	☐ : Parámetro de forma ☐ ☐ ☐ ☐ Parámetro de escal
Exponencial	$F(x) = 1 - e^{-\frac{x-\beta}{\alpha}}$	☐ y ☐
Gamma	$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \times \int_{\delta}^x \left(\frac{x-\delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\frac{x-\delta}{\alpha}} dx$ <p><math>\Gamma(\beta)</math>: Función matemática Gamma</p>	☐, ☐ y ☐ ☐
Gumbel mixta	$F(x) = P\left(e^{-e^{-\alpha_1(x-\beta_1)}}\right) + (1-P)\left(e^{-e^{-\alpha_2(x-\beta_2)}}\right)$	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Fuente: Manual de Operación de los programas AX.exe y Carachid.exe para hidrología

Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	9.338	-----	9.338	-----
Lognormal	6.314	5.120	7.586	8.827
Gumbel	6.427	-----	7.967	-----
Exponencial	5.005	-----	24.261	-----
Gamma	7.178	5.427	7.970	5.866
Doble Gumbel	4.560			

Mínimo error estándar: 4.560

Calculado por la función: Doble Gumbel



Ilustración 84. Ajuste de funciones de probabilidad de la estación de estudio. Programa AX

Una vez que se obtiene la Distribución de mejor ajuste del registro, es posible calcular los valores finales de los eventos para los periodos de retorno  $Tr= 2, 5, 10, 25, 50$  y 100 años. En la Ilustración 85 se muestran los resultados de la extrapolación en el programa AX.

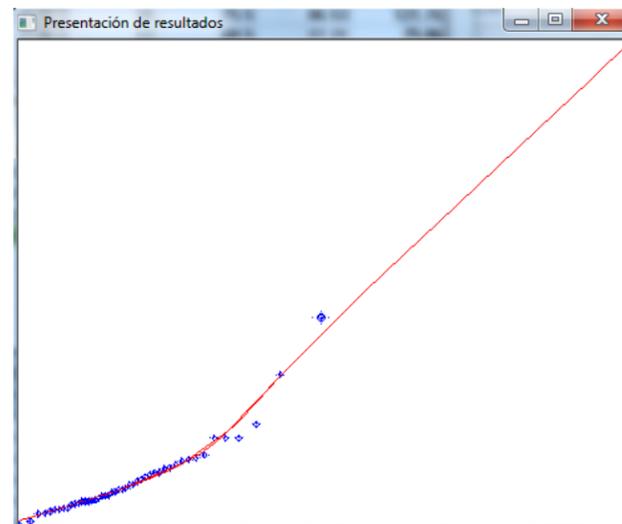


Ilustración 85. Extrapolación de valores de precipitación de 24 h, Función Gamma

Para construir las curvas I-d-Tr se requiere conocer la relación de lluvia R de 1 h a la de 24 h, ambas con periodo de retorno  $Tr$  de 2 años. Para la obtención de esta relación es necesario utilizar el registro pluviográfico más cercano, o bien se puede emplear el criterio propuesto por el U.S. Weather Bureau y ampliado por B.M. Reich.

Estimación de la lluvia de una hora y  $Tr$  de 2 años. De la extrapolación obtenida del AX, se obtuvo que para un  $Tr$  de 2 años se tiene una precipitación máxima de 42.27 mm. Para obtener la lluvia de una hora para  $Tr$  de 2 años, se utiliza la figura 10, con el número medio de días con tormenta convectiva (para este caso=61), y se obtiene que la precipitación de una hora es de 31.0 mm.

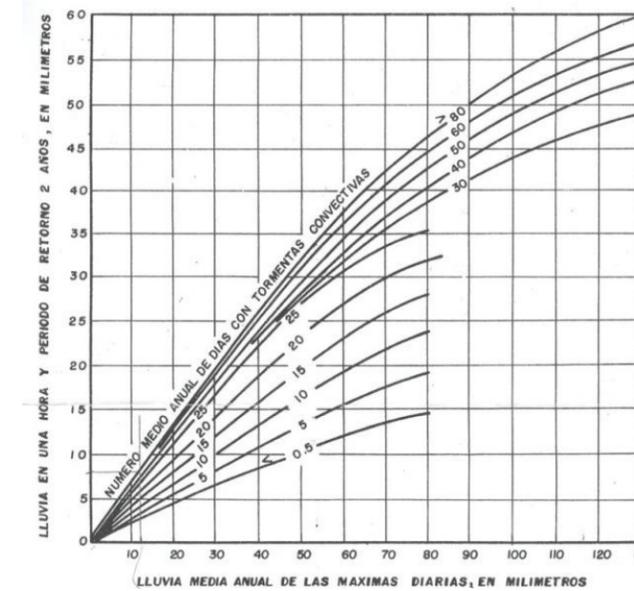


Ilustración 86. Relación empírica para estimar la lluvia de una hora y periodo de retorno de 2 años, en ausencia de registros pluviográficos.

En la Tabla 19, se presentan la estimación de lluvia de una hora y periodo de retorno  $Tr$  de 2 años y su respectiva relación de lluvia  $R$ , la cual se obtuvo a partir del Número Medio Anual de Días con Tormentas Convectivas (según el criterio del U.S. Weather Bureau).

Tabla 60. Relación entre lluvias de 1 h y 24 h para  $Tr$  2 años

**ESTIMACION DE LA LLUVIA DE UNA HORA Y PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$h_{p_{m\acute{a}x}} = 42.270$  PARA  $T_r = 2$  AÑOS

Número medio anual de días con tormentas convectivas  
**83 DIAS**

De gráfica se obtiene:  
 $h_{p_{m\acute{a}x}}$  para una 1 h Y  $T_r=2$  AÑOS= **31.00 mm**

Oobtención de la calibración R:  
 $R = h_p(1\text{ h}) / h_p(24\text{ h})$   
 $R = (31.00 / 42.27) = 0.733$

Tabla 61. Extrapolación de altura de lluvia para diferentes periodos de retorno ( $T_r$ )

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN GAMMA MOMENTOS 3 P			
$T_r$	F(X)	P24Hras, mm	LLUVIA EN 1 h
2	0.5	42.27	31.0
5	0.8	55.96	41.0
10	0.9	71.68	52.6
25	0.96	100.93	74.0
50	0.98	121.91	89.4
100	0.99	141.82	104.0

Con el valor de altura máxima de lluvia para un  $T_r$  de 2 años, aplicando la fórmula de Bell, que es:

$$P_{Tr}^d = (0.35Ln(Tr) + 0.76)(0.54 * d^{0.25} - 0.50)(P_2^{60})$$

Donde

$P_{Tr}^d$ , es el evento de lluvia en milímetros de duración  $d$  minutos y periodo de retorno  $T_r$  en años, y  $Ln$  el logaritmo natural.

Es posible construir las curvas de altura de lluvia-duración-Periodo de Retorno h-D- $T_r$ , y considerando que la intensidad es igual a la lluvia entre su duración, entonces se pueden construir las curvas I-d- $T_r$ , para el caso de la estación climatológica en cuestión estas curvas se presentan en la Ilustración 87, para cualquier Período de Retorno  $T_r$  y duración menor a 2 horas. En la tabla 21 se presentan los valores con los que se construyen dichas curvas.

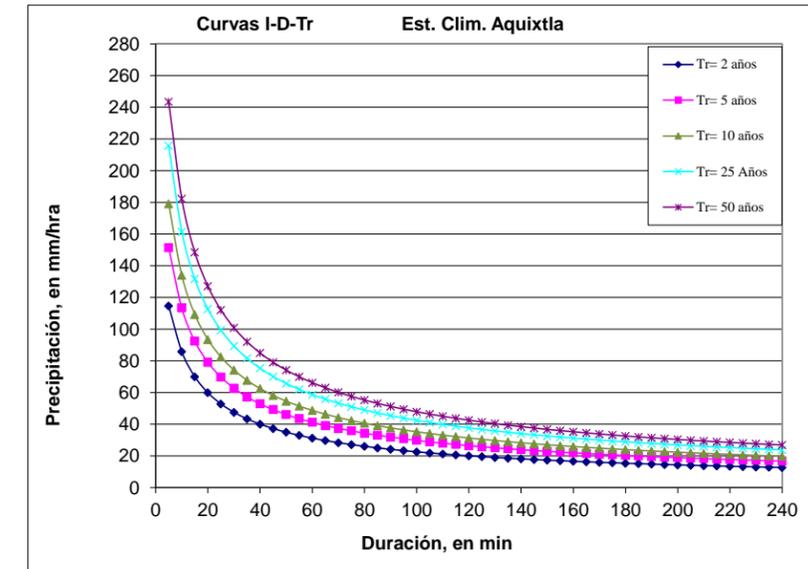


Ilustración 87. Curvas de intensidad - duración – periodo de retorno de la zona de estudio

Tabla 21. Valores de intensidad - duración – periodo de retorno de la zona de estudio

Duración, min	h <sub>p</sub> máx,mm	i <sub>máx</sub> , mm/h	h <sub>p</sub> máx,mm	i <sub>máx</sub> , mm/h	h <sub>p</sub> máx,mm	i <sub>máx</sub> , mm/h	h <sub>p</sub> máx,mm	i <sub>máx</sub> , mm/h	h <sub>p</sub> máx,mm	i <sub>máx</sub> , mm/h
	Tr= 2años		Tr= 5años		Tr= 10años		Tr= 25años		Tr= 50años	
5	9.56	114.68	12.61	151.37	14.93	179.12	17.98	215.80	20.30	243.55
10	14.31	85.83	18.88	113.29	22.34	134.06	26.92	161.51	30.38	182.28
15	17.49	69.96	23.08	92.34	27.32	109.26	32.91	131.64	37.14	148.57
20	19.95	59.86	26.33	79.00	31.16	93.49	37.54	112.63	42.37	127.12
25	21.99	52.77	29.02	69.65	34.34	82.42	41.38	99.30	46.70	112.07
30	23.74	47.48	31.33	62.66	37.08	74.15	44.67	89.34	50.41	100.83
35	25.28	43.34	33.37	57.20	39.49	67.69	47.57	81.56	53.69	92.04
40	26.67	40.00	35.20	52.80	41.65	62.48	50.18	75.27	56.63	84.95
45	27.93	37.24	36.86	49.15	43.62	58.16	52.56	70.07	59.31	79.08
50	29.09	34.91	38.39	46.07	45.43	54.52	54.74	65.69	61.78	74.13
55	30.17	32.91	39.81	43.43	47.11	51.40	56.76	61.92	64.06	69.89
60	31.17	31.17	41.14	41.14	48.68	48.68	58.65	58.65	66.20	66.20
65	32.12	29.64	42.39	39.13	50.16	46.30	60.43	55.78	68.20	62.96
70	33.01	28.29	43.56	37.34	51.55	44.19	62.11	53.24	70.09	60.08
75	33.85	27.08	44.68	35.74	52.87	42.30	63.70	50.96	71.89	57.51
80	34.65	25.99	45.74	34.30	54.12	40.59	65.21	48.91	73.59	55.20
85	35.42	25.00	46.75	33.00	55.32	39.05	66.65	47.05	75.22	53.10
90	36.15	24.10	47.72	31.81	56.47	37.64	68.03	45.35	76.78	51.19
95	36.86	23.28	48.65	30.72	57.57	36.36	69.36	43.80	78.27	49.44
100	37.53	22.52	49.54	29.72	58.62	35.17	70.63	42.38	79.71	47.83
105	38.19	21.82	50.40	28.80	59.64	34.08	71.85	41.06	81.09	46.34
110	38.81	21.17	51.23	27.94	60.62	33.07	73.04	39.84	82.43	44.96
115	39.42	20.57	52.03	27.15	61.57	32.12	74.18	38.70	83.72	43.68
120	40.01	20.00	52.81	26.40	62.49	31.24	75.29	37.64	84.97	42.48

Con estos valores es posible determinar los gastos de diseño para cada cuenca para diferentes periodos de retorno. En la tabla 22 se presentan dichos valores. En dicha tabla, la primer columna indica la cuenca; la segunda columna, el valor de su área, en km<sup>2</sup>; la tercer columna el tiempo de concentración, el cual según la metodología se asigna como el valor de la duración, en minutos; las siguientes cinco columnas son los valores de la intensidad de lluvia, en mm/h para los cinco diferentes periodos de retorno, 2 a 50, que representan el peligro muy bajo a muy alto establecidos en este estudio; y finalmente las últimas cinco columnas presentan el valor del gasto de diseño calculado aplicando la fórmula del método racional, en m<sup>3</sup>/s.

Tabla 22. Cálculo de los gastos de diseño para las 15 cuencas de estudio

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Ce (Adim)	Tc (min) = d	Tr 2 i (mm/h)	Tr 5 i (mm/h)	Tr 10 i (mm/h)	Tr 25 i (mm/h)	Tr 50 i (mm/h)	Tr 2 Q (m <sup>3</sup> /s)	Tr 5 Q (m <sup>3</sup> /s)	Tr 10 Q (m <sup>3</sup> /s)	Tr 25 Q (m <sup>3</sup> /s)	Tr 50 Q (m <sup>3</sup> /s)
C01	1.17	0.22	13.2	69	92	109	131	148	4.9	6.6	7.8	9.4	10.6
C02	1.25	0.22	13.2	69	92	109	131	148	5.3	7.0	8.3	10.0	11.3
C03	0.72	0.26	13.8	69	92	109	131	148	3.6	4.8	5.7	6.8	7.7
C04	0.75	0.26	15.6	69	92	109	131	148	3.7	5.0	5.9	7.1	8.0
C05	0.3	0.29	12	69	92	109	131	148	1.7	2.2	2.6	3.2	3.6
C06	0.96	0.3	21.6	59	79	93	112	127	4.7	6.3	7.4	9.0	10.2
C07	2.6	0.25	24	59	79	93	112	127	10.7	14.3	16.8	20.2	22.9
C08	6.92	0.22	31.8	47	62	74	89	100	19.9	26.2	31.3	37.7	42.3
C09	11.3	0.24	38.4	40	52	62	75	84	30.2	39.2	46.7	56.5	63.3
C10	3.01	0.26	28.2	47	62	74	89	100	10.2	13.5	16.1	19.4	21.8
C11	15.37	0.23	81.6	26	34	40	49	55	25.6	33.4	39.3	48.2	54.1
C12	11.19	0.22	52.2	35	46	54	65	74	24.0	31.5	37.0	44.5	50.6
C13	12.89	0.22	37.8	40	52	62	75	84	31.5	41.0	48.9	59.1	66.2
C14	18.76	0.22	58.8	31	41	48	58	66	35.6	47.0	55.1	66.5	75.7
C15	7.37	0.21	30.6	47	62	74	89	100	20.2	26.7	31.8	38.3	43.0
TOTAL													491.4

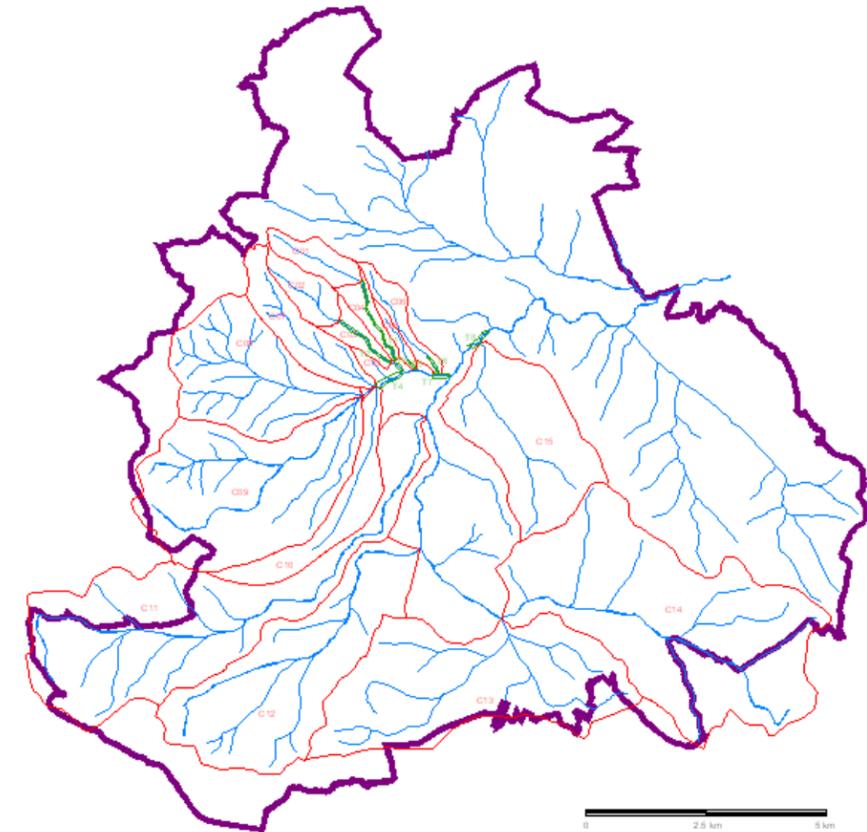


Ilustración 88. Tramos de estudio en los cuales se verificará la capacidad de conducción

Dado que es necesario tener una idea clara de la ubicación de los tramos de análisis, en la siguiente figura se presenta un acercamiento de detalle de los tramos de estudio correspondientes.

De manera general, de los resultados anteriores, se observa que, si se sumaran aritméticamente los gastos de las 15 cuencas involucradas, se tendría un gasto máximo probable, asociado a un periodo de retorno de 50 años, de 491 m<sup>3</sup>/s. Esto es, en la parte más baja de la cuenca.

### CAPACIDAD MÁXIMA DE CONDUCCIÓN

Como se ha señalado anteriormente, las cuencas involucradas en el estudio interactúan con la zona semiurbana, en particular en ciertos tramos en donde se debe verificar su capacidad de conducción. En la Ilustración 88 se presentan, de manera general, los tramos en los cuales se verificará la capacidad máxima de conducción, cuyos valores serán considerados como umbrales de gasto antes de desbordar y generar inundaciones.

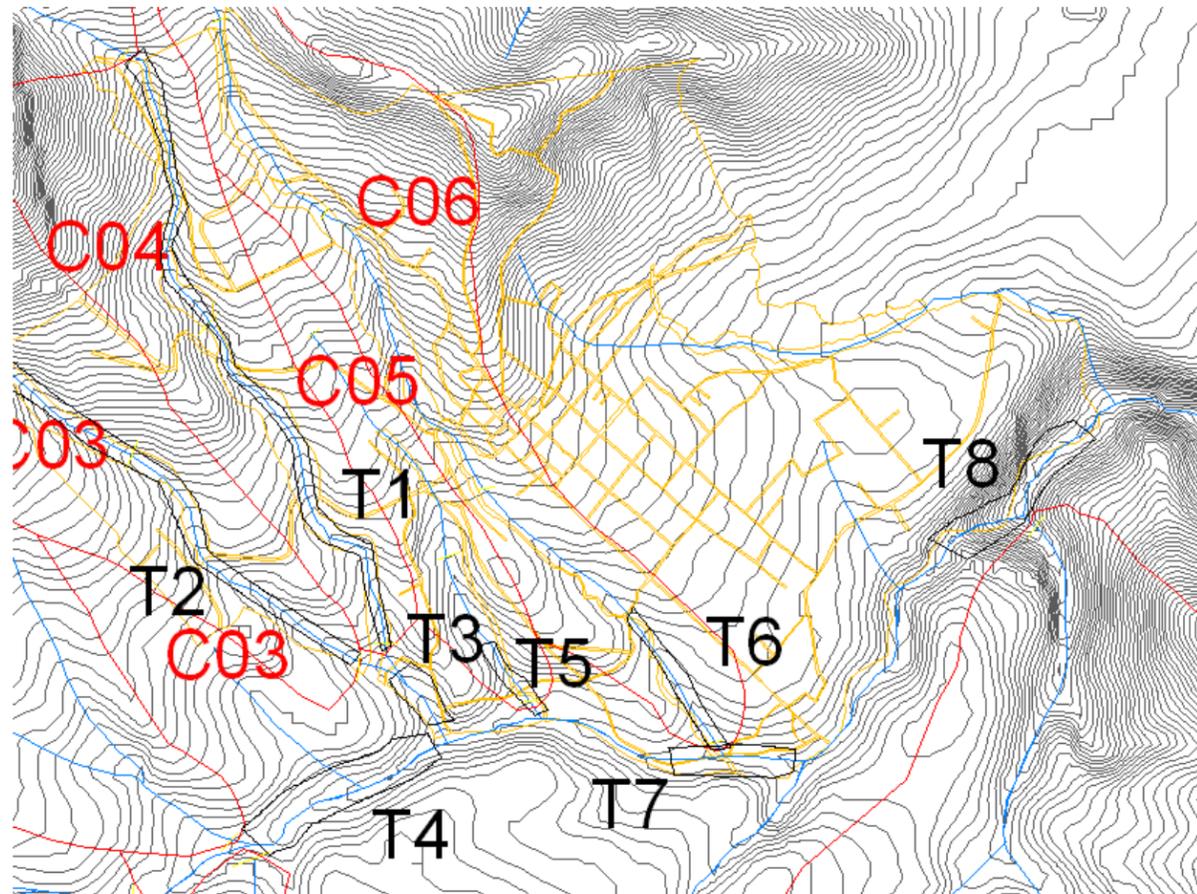


Ilustración 89. Detalle de la ubicación de los tramos de estudio

En la siguiente tabla se presentan las características geométricas e hidráulicas de cada uno de los tramos de estudio. Con la información disponible, tanto en la topografía de INEGI y de las visitas de campo, se estimaron los valores de la base de las corrientes,  $b$ , en m, y de profundidad máxima,  $y$ , también en metros; se han propuesto para fines prácticos taludes promedio con inclinación 1:1, y se calculó el área hidráulica, en  $m^2$ ; igualmente se estimó su perímetro mojado,  $Per$ , en m; y su correspondiente radio hidráulico,  $RH$ ; en cada tramo, se estimó su desnivel entre curvas de nivel,  $Dy$ ; y su longitud,  $Dx$ , ambas en metros, y se calculó el valor de su pendiente,  $S$ ; dado que en general son corrientes pedregosas se asignó un valor de rugosidad de Manning  $n=0.03$  y se calculó su velocidad aplicando la fórmula de Manning ( $v=1/n RH^{2/3} S^{1/2}$ ); con estos valores y aplicando la fórmula de continuidad ( $Q=AV$ ), se determinó el gasto máximo de conducción  $QMX$ , en  $m^3/s$ .

Tabla 62. Determinación del gasto máximo de conducción por tramo

TRAMO	b(m)	y(m)	Talud	Área (m <sup>2</sup> )	Per (m)	RH	Dy (m)	Dx (m)	S (Adim)	n (Adim)	V (m/s)	QMX (m <sup>3</sup> /s)
T1	3	1	1	4	5.8	0.69	200	1924	0.10	0.03	8.36	33.5
T2	3	1	1	4	5.8	0.69	140	1442	0.10	0.03	8.08	32.3
T3	4	2	1	12	9.7	1.24	15	238	0.06	0.03	9.67	116.1
T4	7	2.5	1	23.75	14.1	1.69	20	680	0.03	0.03	8.10	192.4
T5	2	1	1	3	4.8	0.62	18	231	0.08	0.03	6.78	20.3
T6	2	1	1	3	4.8	0.62	30	473	0.06	0.03	6.11	18.3
T7	8	2.5	1	26.25	15.1	1.74	10	406	0.02	0.03	7.57	198.7
T8	8	2.5	1	26.25	15.1	1.74	75	556	0.13	0.03	17.72	465.0

De la tabla anterior, se presenta que para el tramo 1, el gasto máximo de conducción es de 33.5  $m^3/s$ , y así sucesivamente, hasta el tramo 8, el cual tiene una máxima conducción de hasta 465  $m^3/s$ .

En la tabla 24 se presentan las cuencas involucradas por tramo de estudio, es decir, las cuencas cuyos gastos circulan por dichos tramos. Se ha incluido el gasto asociado al Tr de 50 años.

Tabla 63. Cuencas involucradas por tramo de estudio

TRAMO	CUENCAS INVOLUCRADAS														Q TR50	
T1	C01															10.6
T2	C02															11.3
T3	C01	C02	C03	C04												37.6
T4	C07	C08	C09	C10												150.4
T5	C05															3.6
T6	C06															10.2
T7	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10						201.7
T8	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C15	491.4

De la tabla anterior se observa que en el tramo T1 solo está involucrada la cuenca C01, cuyo gasto máximo (Tr de 50 años) es de 10.6  $m^3/s$ , el cual es menor que el gasto máximo de conducción de dicho tramo, el cual según la tabla 23 tiene una capacidad de hasta 33.5  $m^3/s$ , por lo que en dicho tramo no habrá desbordamientos. En el caso del tramo T8, interactúan las 15 cuencas de estudio, por lo que la suma aritmética de sus gastos es de 491  $m^3/s$ , el cual es apenas poco mayor, según la escala de estudio, que los 465  $m^3/s$  que tiene la capacidad de conducir dicho tramo, según la tabla 23. Por ello, se ha construido la siguiente tabla, en la cual se indican los déficits de conducción para el Tr de 50 años, el cual es el gasto asociado a un peligro muy bajo.

Tabla 64. Déficit de conducción para un Tr de 50 años por cada tramo de estudio

TRAMO	QMX (m <sup>3</sup> /s)	Q50 (m <sup>3</sup> /s)	DÉFICT (m <sup>3</sup> /s)
T1	33.5	10.6	0
T2	32.3	11.3	0
T3	116.1	37.6	0
T4	192.4	150.4	0
T5	20.3	3.6	0
T6	18.3	10.2	0
T7	198.7	201.7	3.0
T8	465.0	491.4	26.4

Según la tabla anterior, y tomando como referencia el gasto asociado al peligro muy bajo (Tr de 50 años), únicamente existe déficit de conducción en los tramos de estudio T7 y T8. Para periodos de retorno menores (Tr 25 años, 10 años, 5 años y 2 años), ni siquiera hay déficit de conducción. En la siguiente figura, se han estimado las zonas de inundación asociados a un peligro muy bajo.

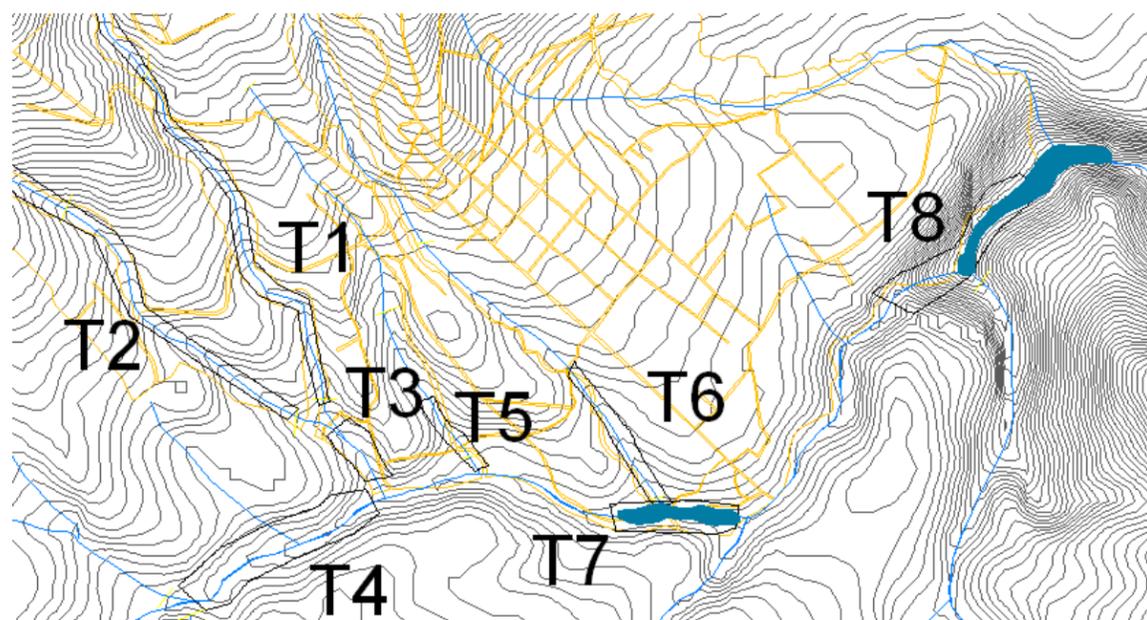


Ilustración 90. 14. Zonas con muy bajo peligro de inundación.

## CONCLUSIONES

En la zona de estudio existen muy bajo peligro de inundaciones en dos tramos de estudio, ubicados en la parte baja de la zona semiurbana, cuya presencia se asocia a un periodo de retorno de 50 años.

La topografía del municipio tiene la característica de drenar de manera muy eficiente los escurrimientos producidos por las lluvias locales, dado que son cuencas consideradas pequeñas. Sin embargo, se debe extremar precauciones en el manejo controlado en el uso de suelo para no incrementar de manera sustancial dichos gastos. Igualmente se debe poner atención especial a las velocidades de conducción de sus corrientes, en particular en las cruces de infraestructura vial y alcantarillas, ya que sus altas pendientes generan altas velocidades que hacen susceptible la presencia de procesos erosivos.

### 5.2.7. Masas de aire (heladas, granizo y nevadas)

Otro fenómeno que provoca precipitaciones en la zona de estudio, es el desplazamiento de masas y frentes de aire fríos que provienen de las zonas polares, forman las llamadas tormentas de invierno, este tipo de fenómenos se presentan esporádicamente en la región. Para los fines de este atlas de riesgos, las masas de aire y sistemas frontales se estudiarán de la siguiente manera: granizadas, heladas y nevadas.

#### GRANIZADAS

El granizo es la precipitación de agua en estado sólido, en forma de granos de hielo de diversos tamaños que afectan a la población. En la zona de estudio urbana el granizo se acumula y provoca una obstrucción del paso del agua y genera inundaciones durante algunas horas, esto se debe principalmente a limitaciones en las redes de alcantarillado, sin embargo, las mayores afectaciones se dan en las viviendas que tienen techumbres con materiales endeble que por el peso se desestabilizan y caen. En la zona agrícola puede llegar a dañar las cosechas.



Ilustración 91 . Granizada en Aquixtla. Fuente: Reporte del Clima en México, CONAGUA, 2011.

Este fenómeno se presenta esporádicamente en el Municipio, cabe señalar que de acuerdo a los registros del último año, únicamente se observaron dos días con granizo en la estación meteorológica de Aquixtla.

Tabla 65. Días con Granizo en las Estaciones Meteorológicas													
ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>ESTACIÓN: 00021008 AQUIXTLA (CFE)</b>													
GRANIZO	0	0.1	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.1	0	0.4
AÑOS CON DATOS	40	40	41	42	41	42	42	42	41	40	40	39	
<b>ESTACIÓN: 00021126 LOMA ALTA (CFE)</b>													
GRANIZO	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
AÑOS CON DATOS	38	38	38	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
<b>ESTACIÓN: 00021021 CAPULUAQUE (CFE)</b>													
GRANIZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1
AÑOS CON DATOS	52	52	52	52	52	52	52	52	50	50	52	52	
<b>ESTACIÓN: 00021140 CHIGNAHUAPAN</b>													
GRANIZO	0	0	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0	0	0	0	1.1
AÑOS CON DATOS	25	26	28	28	24	25	24	25	25	24	25	25	
<b>ESTACIÓN: 00021047 IXTACAMAXTILÁN (CFE)</b>													
GRANIZO	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2

AÑOS CON DATOS	47	47	47	48	48	49	49	49	47	47	49	48	
Fuente: Elaboración propia con base en SMN.													

Con base en la información de las estaciones meteorológicas de la zona se determinó el nivel de peligro en área de estudio, lo cual muestra que al Sur del Municipio se ubica una zona con peligro medio, el centro se estima con un nivel de peligro bajo y hacia la zona Norte se determina un nivel muy bajo.

El peligro de heladas depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella, en esta zona del país la presencia de heladas es importante, de acuerdo con datos del Instituto de Geografía de la UNAM, al Norte del Municipio se experimentan hasta 25 a 50 heladas anuales, mientras que al Sur se observa un decremento donde se alcanzan entre 10 y 25 heladas anuales.

Con base en la información de las estaciones meteorológicas se identificó que durante los meses de noviembre a febrero se presenta este fenómeno, siendo también durante este periodo cuando se experimentan las temperaturas diarias más bajas que llegan a descender hasta  $-6^{\circ}\text{C}$ .

En Aquixtla este tipo de eventos provoca daños principalmente a las cosechas, de acuerdo con información hemerográfica en 2010 se dieron pérdidas de hasta 95% de los cultivos de jitomate, para el 2011 se identificaron daños en las zonas agrícolas del Municipio derivados de la helada del día 9 de septiembre.

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

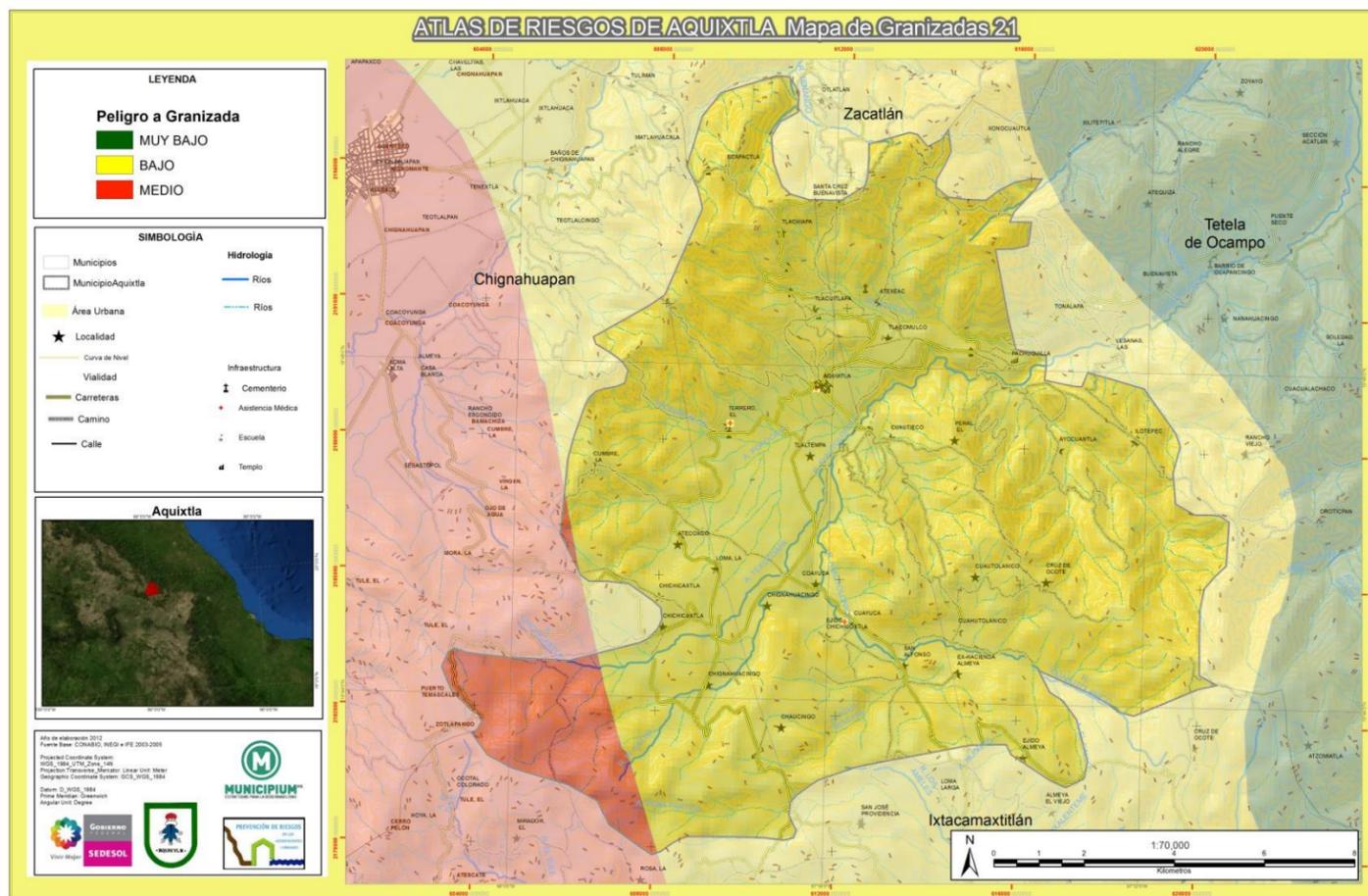


Ilustración 92 . Nivel de Peligro por Granizadas. Fuente: Elaboración propia con base en SMN.

## HELADAS Y NEVADAS

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

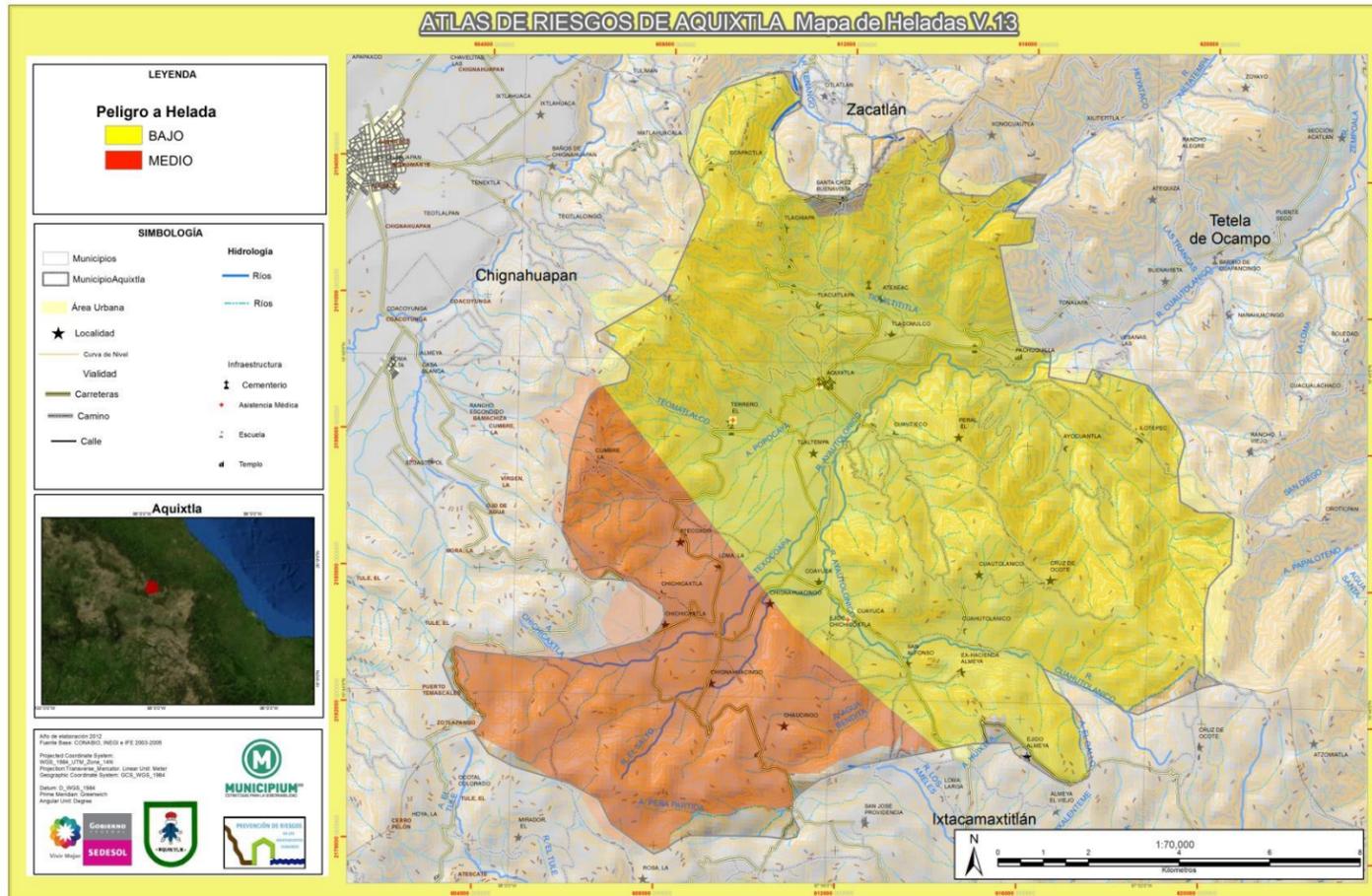


Ilustración 93 . Mapa de Heladas

### 5.3. Otros fenómenos

#### CONTAMINACIÓN POR ACTIVIDADES MINERAS

La función del presente documento es diagnosticar, identificar y mapear riesgos, peligros y/o vulnerabilidad de origen geológico e hidrometeorológicos y no de impactos ambientales, sin embargo se realizó un escenario de posibles afectaciones de la actividad minera teorizando a partir de una mina aurífera a cielo abierto de 2.3 ha de superficie. Las posibles afectaciones deben ser consideradas como una aproximación primaria e incluso esquemática; es indispensable que se cuente con un estudio de impacto ambiental realizado por los expertos autorizados por la PROFEPA en el que se mapeen

los impactos a suelo, aire y agua durante cada una de las etapas del funcionamiento de la potencial mina, desde la preparación del terreno hasta su abandono, pasando por las etapas de construcción y operación. Una vez aclarado lo anterior, se desarrolla el tema.



Ilustración 94. Mina aérea a cielo abierto, el desmonte es total.

La extracción minera provoca disturbios al medioambiente y genera suelos con limitaciones físicas, químicas y biológicas para el establecimiento de vegetación y riesgos a la salud. Arroja al ambiente diversos contaminantes del suelo como Plomo, Cadmio, Cinc y Arsénico causando impactos a diferentes distancias y niveles de profundidad alterando las relaciones físico-químicas-bióticas de los mismos. Al no existir minas activas en la región se hipotetizó una mina cuyo nombre –también ficticio- es el de Aqx1 y los parámetros de concentración de contaminantes se equipararán a los de una mina similar que opera en San Francisco del Oro, Chih<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Formato ISO



Ilustración 95. Mina Espejeras (Tetela) en 1905, 15 Km al Oriente de Aquixtla. Nótese el desmonte y capa edáfica totalmente alterada.

El área de la mina hipotética se halla a unos 1000 metros al Sur de la localidad Cuayuca en el área de influencia del río Ayautolónico (afluente del Texocoapa, afluente del Cautolónico, afluente del Zempoala, afluente del Tecozautla).

El área de confinamiento de los desechos de la hipotética mina Aqx1 abarcará 1 Km lineal en el margen derecho del río Ayautolónico. Ahí se depositarán los desechos pétreos del material explotado, este banco de materiales de desecho lixiviará componentes químicos con los que fue tratada además de modificar las características físicas del suelo y el relieve, mientras que polvos y partículas suspendidas se dispersaran por varios kilómetros a la redonda.

PUGA, Soraya, SOSA, Manuel, LEBGUE, Toutcha et al. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera: Heavy metals pollution in soils damaged by mining industry. *Ecol. apl.*, dic. 2006, vol.5, no.1-2, p.149-155. ISSN 1726-2216. Formato Documento Electrónico (ISO)  
 PUGA, Soraya, SOSA, Manuel, LEBGUE, Toutcha et al. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera: Heavy metals pollution in soils damaged by mining industry. *Ecol. apl.* [online]. dic. 2006, vol.5, no.1-2 [citado 17 Octubre 2012], p.149-155. Disponible en la World Wide Web: <[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162006000100020&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162006000100020&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1726-2216.

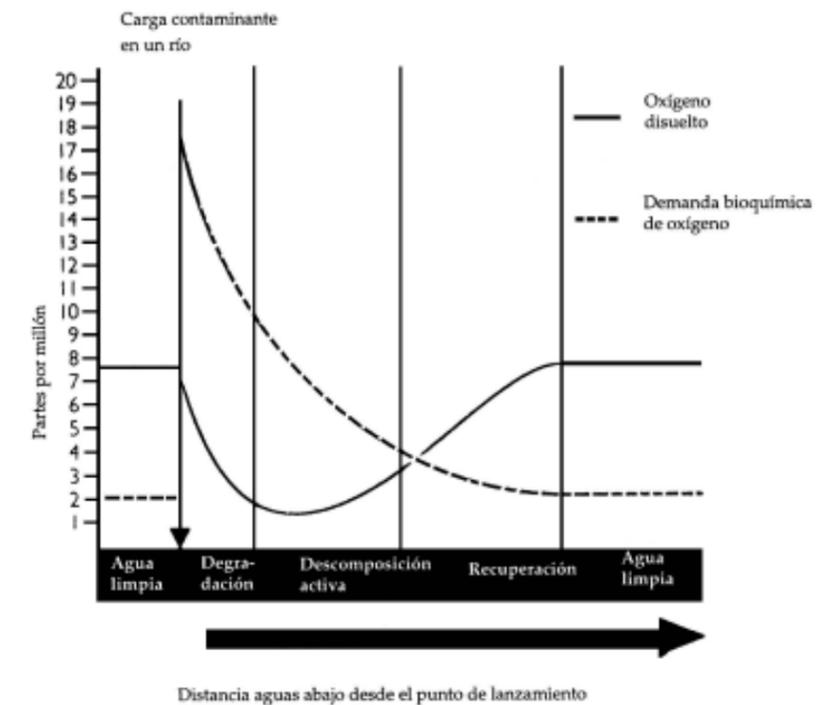


Ilustración 96. Efectos de la contaminación sobre el oxígeno disuelto (fuente Sánchez Luis Enrique)

El suelo de la mina (2.3ha) y varias ha alrededor es alterado como resultado de las actividades mineras, una de las anomalías biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de micro elementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macro elementos los cuales afectan negativamente la biota y calidad de suelo; estos afectan el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica del suelo (Wong, 2003). Salomons (1995) comenta que los jales son tóxicos para los organismos vivos y son inhibidores de factores ecológicos afectando el crecimiento de las plantas. Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (García & Dorransoro, 2002).

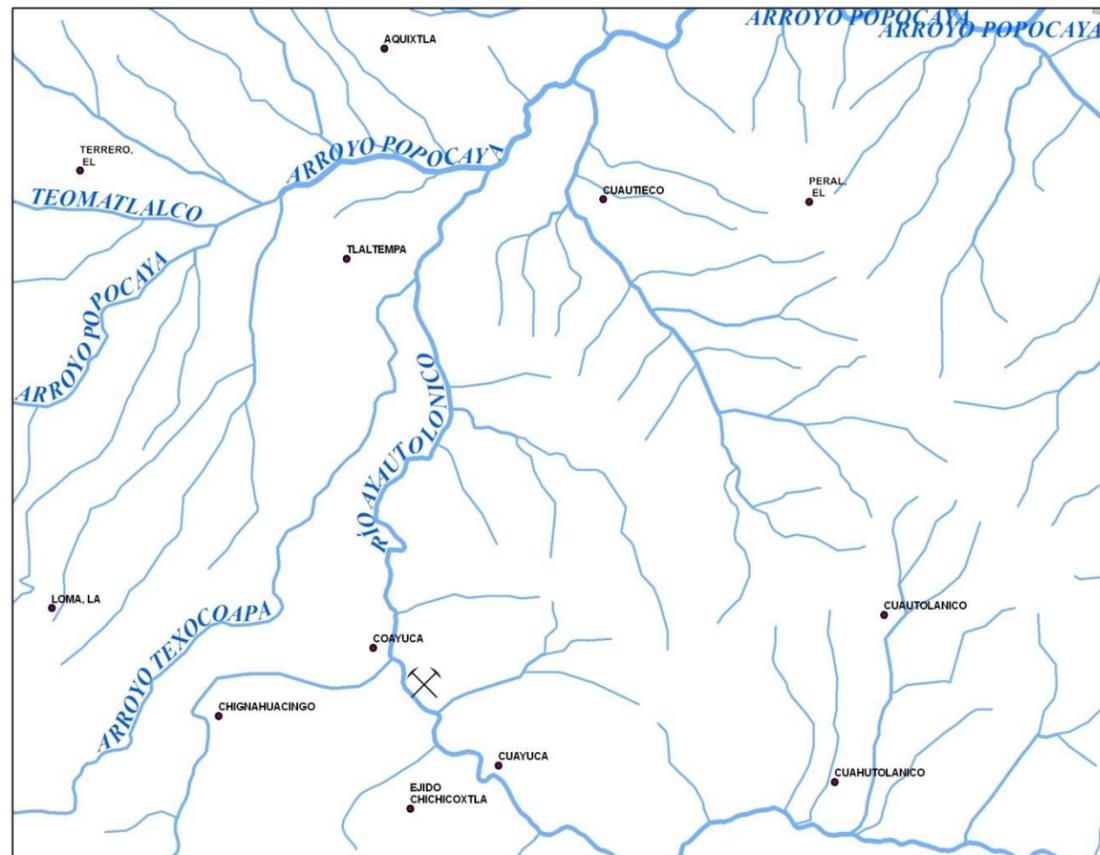


Ilustración 97. Mapa de ubicación hipotética de la mina Aqx1

Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación. Se encontrarán concentraciones de Plomo (Pb), Cinc (Zn), Cadmio (Cd) y Arsénico (As) en diferentes profundidades de suelo afectado por presas de jales.

Las características del suelo juegan un papel importante en reducir o aumentar la toxicidad de los metales en el suelo Colombo et al. (1998) comentan que la distribución de los metales pesados en los perfiles del suelo, así como su disponibilidad está controlada por parámetros como propiedades intrínsecas del metal y características de los suelos.

Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Baird, 1999). Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución húmeda (Kabata-Pendias&Pendias, 2001) Gulson et al. (1996) mencionan que excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos.

## CONCLUSIÓN

Prácticamente toda actividad de minería tiene el potencial de contaminar las aguas. Las minas y sus instalaciones auxiliares ocupan grandes áreas expuestas a las lluvias, propiciando el contacto de las aguas con el mineral, con los estériles y con el suelo expuesto, potencializando una serie de procesos del medio físico, como la erosión, o procesos químicos como la oxidación de los sulfuros, causantes de drenaje ácido.

Además, una buena parte de los procesos de beneficiamiento de minerales son de vía húmeda, de modo que los desechos contienen una fracción acuosa potencialmente contaminante -basta pensar en los efluentes de la flotación de minerales o de la cianetación de mineral de oro<sup>6</sup>. Debido a las características geológicas y de relieve de Aquixtla, es muy probable que los métodos de explotación a emplearse sean aquellos que emplean agua (del Ayautolónico) en grandes cantidades y generan desmonte del mineral, un desmonte hidráulico muy común en minas aluviales.

Se recomienda generar un estudio de la calidad del agua actual para conocer el estado de la misma y contar con elementos técnicos que –en caso de una futura explotación minera- aporten información acerca del nivel real de impacto de una mina, se propone apegarse a las leyes ambientales mexicanas e internacionales y emplear métodos validados por estas instancias. Se invita a la lectura del Ing. Sánchez L6 que puede ampliar la información relativa a este tema (ver <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/control-aguas.pdf>).

## 5.4. Vulnerabilidad

Para evaluar la vulnerabilidad social se plantea un marco conceptual que relaciona la cuestión de los desastres con el riesgo y sus componentes.

Tomar como marco una Teoría Social del Riesgo para el análisis de las catástrofes, amplía necesariamente el campo de análisis, en el que habitualmente sólo se pone el énfasis en los aspectos físico-naturales desencadenantes y en la magnitud del daño producido en cada caso. El hecho de conceptualizar al riesgo en los términos mencionados, permite dar cuenta de otras dimensiones, cuya consideración permitiría lograr una disminución de las consecuencias catastróficas.

<sup>6</sup>Sánchez Luis Enrique, II CURSO INTERNACIONAL DE ASPECTOS GEOLÓGICOS DE PROTECCIÓN Ambiental. Trabajo publicado en “Aspectos Geológicos de Protección Ambiental”, Volumen I, Departamento de Engenharia de Minas Escola Politécnica da Universidad de São Paulo. UNESCO,1995.

Se pueden identificar cuatro dimensiones íntimamente relacionadas entre sí (C. Natenzon, 1995):

- La peligrosidad o amenaza se refiere al potencial peligroso que tienen los fenómenos naturales (espontáneos o manipulados técnicamente), potencial inherente al fenómeno mismo. Una forma de manejar la peligrosidad es conocerla.
- La vulnerabilidad está definida por las condiciones socioeconómicas previas a la ocurrencia del evento catastrófico y la capacidad de hacerle frente. Los niveles de organización e institucionalización de los planes de mitigación (preparación, prevención, recuperación) también son un componente central de la vulnerabilidad. Desde este punto de vista, la vulnerabilidad está directamente asociada al desarrollo.
- La exposición se refiere a la distribución de lo que es “potencialmente” afectable, la población y los bienes materiales “expuestos” al fenómeno peligroso. Es una consecuencia de la interrelación entre peligrosidad y vulnerabilidad, y -a la vez- incide sobre ambas. Esta componente se expresa territorialmente como construcción histórica que entrelaza los procesos físico-naturales con las relaciones socioeconómicas, configurando determinados usos de suelo y distribución de infraestructura, asentamientos humanos, servicios públicos, etc.- (C. Natenzon, op. cit.).
- La incertidumbre se relaciona con las limitaciones en el estado del conocimiento y las indeterminaciones en cuanto a competencias institucionales y aspectos normativos (incertidumbre social); al mismo tiempo, estas limitaciones y la complejidad del fenómeno en cuestión impiden el manejo de la totalidad de las variables involucradas, impregnando de incertidumbre los procesos de toma de decisiones.

De las cuatro dimensiones, las más estudiadas son la peligrosidad o amenaza (por las ciencias físicas y naturales) y la exposición (en su expresión más corriente, como distribución de usos del suelo).

Se ha tomado una metodología cuali-cuantitativa, cuya expresión final será, en parte, la aplicación de un índice que permita un análisis diagnóstico de la vulnerabilidad para áreas territoriales y riesgos específicos.

### La vulnerabilidad

Por *vulnerabilidad* se entiende las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien quedan en riesgo por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad.

Algunos grupos de la sociedad son más propensos que otros al daño, pérdida y sufrimiento en el contexto de diferentes amenazas. Las características claves de estas variaciones de impacto incluyen clase, casta, etnicidad, género, incapacidad, edad o estatus. Aunque el concepto de vulnerabilidad claramente incluye diferentes magnitudes, desde niveles altos hasta bajos de vulnerabilidad para gente diferente, nosotros utilizamos el término para significar aquellos que son más vulnerables. (Blaikie et al. 1996)

La vulnerabilidad tiene incorporada una dimensión temporal. Como se trata de daño a los medios de vida y no sólo a la vida y propiedad lo que está en peligro, los grupos más vulnerables son aquellos que también tienen máxima dificultad para reconstruir sus medios de subsistencia después del desastre.

Altos niveles de vulnerabilidad implican un serio resultado en eventos peligrosos, pero son una compleja combinación tanto de las cualidades de las amenazas implícitas como de las características de la población. Así, desde esta perspectiva, la "...vulnerabilidad es un término relativo y específico, que siempre implica una vulnerabilidad a una amenaza particular" (P. Blaikie et. al, op. cit, 93).

El estudio de la vulnerabilidad puede aportar al mejoramiento de situaciones estructurales, no busca resolverlas, ya que esto escapa al nivel de análisis y al alcance de la gestión de riesgos. En cambio, se trata de considerar la vulnerabilidad en relación con las fases de gestión del "continuo del desastre" -prevención, preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción- (A. Lavell, 1996).

Se considera a las catástrofes como actualización del riesgo, en el antes, en el durante y en el después del desastre, las condiciones concretas en las que cada grupo se puede preparar o reconstruir son muy diferentes. Quienes son potencialmente afectables comparten algunas características definidas tanto desde la exposición (aspectos territoriales y materiales) como desde la vulnerabilidad (aspectos económicos, culturales y políticos).

CONSTRUCCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para construir el índice de vulnerabilidad se revisaron diversas propuestas teóricas, se encontró que la vulnerabilidad es un concepto en construcción por lo que entre los investigadores que lo analizan no hay un acuerdo en los indicadores que se utilizan, sin embargo existe n coincidencias.

Después de comparar y analizar las metodologías se ha retomada la propuesta por investigadores del IMTA en el Atlas de Vulnerabilidad Hídrica.

El índice de vulnerabilidad implica el desarrollo de tres niveles de acercamiento: A) características socio económicas de la población, B) capacidad del municipio en materia de prevención y respuesta ante diversas contingencias y C) la percepción local del riesgo que tiene la población

Con la información del ITER 2010 y CONAPO se seleccionaron lo indicadores siguiendo la propuesta de CENAPRED

Componente	Porcentaje asignado
Características socio económicas	50
Capacidad de prevención y respuesta	25
Percepción local del riesgo	25
Total	100
Fuente: evaluación de la vulnerabilidad física y social , CENAPRED (2006)	

El apartado características socio económicas se abordo con diferentes indicadores agrupados en cinco categorías: salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población

El segundo apartado está dirigido a la capacidad de prevención, respuesta y mitigación por parte de las autoridades y de la población del municipio

El tercer componente la percepción local del riesgo es el tercer componente, este se refiera a como la población asume su postura ante amenazas que existen en la comunidad y su grado de exposición

El grado de vulnerabilidad se establece en una escala de niveles, en donde 0 es el más bajo y 1 el nivel más alto. Para su clasificación se crearon 5 rangos que permite determinar el grado de vulnerabilidad

Valor de la vulnerabilidad	Grado de vulnerabilidad social
De 0 a .20	Muy Bajo
De .21 a .40	Bajo
De .41 a .60	Medio
De .61 a .80	Alto
Más de .80	Muy Alto

Tema	Indicadores	Fuente
Salud	% población no derecho habiente	CONAPO
Educación	% de Analfabetismo	INEGI
	Grado promedio escolar	INEGI

Vivienda	% de viviendas sin agua entubada	INEGI
	% de viviendas sin drenaje	INEGI
	% de viviendas con piso de tierra	CONAPO
Empleo	% de PEA	CONAPO
Población	Densidad de población	INEGI
	% de población con habla indígena	INEGI
	% de jefas de familia	INEGI

Fuentes INEGI (2012) ITER 2010, índice de grado de marginación 2010 (CONAPO)

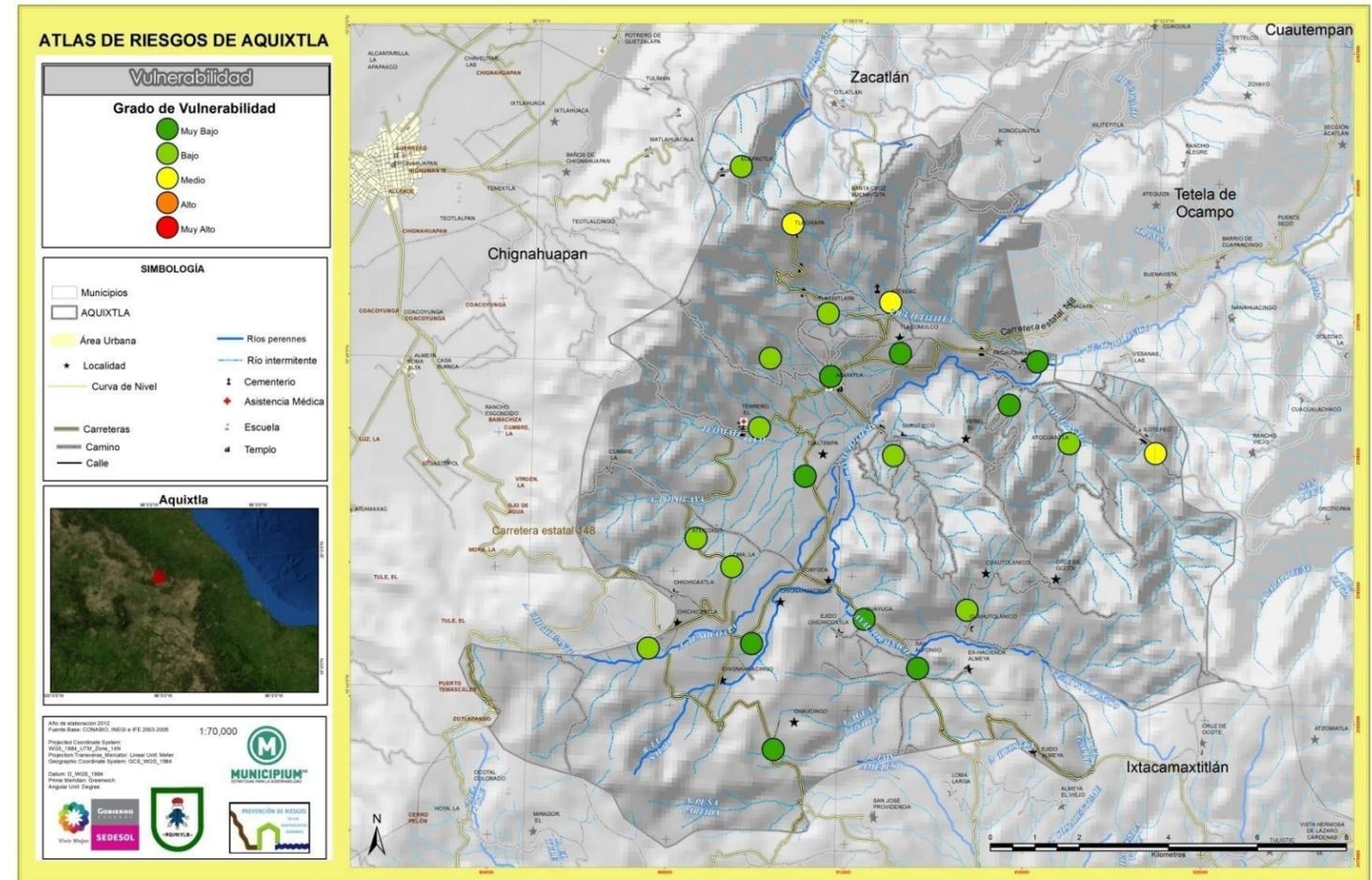
Se creó una pequeña base de datos con las localidades del municipio y se integraron en un SIG (Sistema de información geográfica), el cual nos dio 5 rangos por corte natural a los cuales se les asignaron las características de Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto. En la cartografía se puede apreciar el grado de marginación que existe en el municipio por el color que se asignó para cada rango.

Se utilizó la metodología de rompimiento natural para representar los datos porque es la que mejor muestra la diversidad municipal en cuanto a la vulnerabilidad.

En el municipio de Aquixtla por sus características sociales y las amenazas naturales que presenta es vulnerable principalmente a los procesos de remoción en masa, esto lo podemos observar en localidades como Tlachiapa, Atexcac, Ecapactla en donde se observaron casas dañadas por estos procesos.

En la cabecera municipal se pueden observar casas susceptibles a derrumbes y deslizamientos.

En Trabajo de campo también se observó que el municipio es vulnerable a heladas y sequías ya que la mayor parte de la inversión económica se encuentra en el mantenimiento y construcción de invernaderos.



## 5.5. Obras propuestas

### Identificación de Medidas Preventivas y Acciones de Mitigación.

Las afectaciones que de forma evidente ponen en peligro a la población del municipio, tienen como causa principal fenómenos de origen geológico como los **procesos de remoción en masa (PRM)** que aunados a las fuertes lluvias pueden desencadenar una serie de eventos adversos cuya recurrencia se acentúa con los fenómenos estacionales e hidrometeorológicos asociados al cambio climático en curso. Así los peligros que afectan al Municipio son los **deslizamientos, vuelcos** y en menor medida las **inundaciones**.

Una de las principales razones de la elaboración de este atlas de riesgos es la prevención, ésta es una de las actividades más importantes en la Gestión de Riesgos y se traduce en un conjunto de disposiciones y medidas anticipadas con el propósito de reducir significativamente las consecuencias esperadas por un evento, para evitar que un evento se convierta en un desastre.

Un ejemplo de ello son las cortinas de árboles que regulan las temperaturas, previenen la erosión (deslizamientos) y también puede prevenir las sequías. Con base en la identificación de riesgos, a continuación se proponen medidas para evitar que suceda algún desastre, o en el caso de que llegue a ocurrir, éste tenga afectaciones menores al sistema afectable. Las medidas pueden ser estructurales y no estructurales para reducción de la vulnerabilidad o la intensidad con la que impacta un fenómeno: planeación del uso de suelo, aplicación de códigos de construcción, obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil y manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación y preparación para la atención de emergencias. (CENAPRED, 2006)

Las acciones de mitigación se orientan a reducir la vulnerabilidad frente a ciertas amenazas, a disminuir la intensidad de los efectos que produce el impacto de las calamidades en las personas, la infraestructura y el medio ambiente, es decir, todo aquello que aminora la magnitud de un desastre. Por ejemplo, hay formas de construcción que aseguran que las viviendas y el equipamiento no se caigan con un terremoto.

### MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES

- Difundir los principales resultados del presente Atlas, mediante reuniones de trabajo con los habitantes del municipio, medios impresos y por medio del internet, incorporándolos a la página oficial del Municipio.
- Realizar campañas de difusión sobre protección civil en el hogar, en el trabajo, en la escuela y en la vía pública, así como sobre los distintos tipos de riesgos detectados, en especial en las zonas que tienen alto peligro.
- La Dirección de Protección Civil Municipal deberá elaborar su programa municipal de protección civil, y contar con planes de emergencia para cada uno de los fenómenos detectados, asimismo deberá elaborar un programa operativo anual y un programa de capacitación del personal y de la población con el apoyo de distintos programas, como el Programa Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos, para la reducción de riesgos a nivel municipal, para someterlo a cabildo.
- Contar al menos con un albergue equipado en el municipio, dedicado exclusivamente para este fin y que cuando no sea utilizado como tal, pueda servir como área de capacitación, para la realización de simulacros para fines de protección civil lo cual permitirá mantenerlo en condiciones idóneas y no deteriorado, este deberá estar ubicado en una zona de peligro-riesgo muy bajo, pero cercano a las probables áreas afectadas.
- Revisar el Plan Municipal de Desarrollo Urbano con criterio de riesgos, incorporando los resultados del presente Atlas, publicarlo y vigilar su cumplimiento, principalmente en lo que respecta al crecimiento urbano y construcciones particulares en las barrancas.
- Fortalecer las tareas de gestión de la Dirección de Desarrollo Urbano, dotándola de instrumentos y equipo, y ampliando su personal para supervisión y control de construcciones en zonas de peligro.

### MEDIDAS PREVENTIVAS PARTICULARES

#### Por procesos de remoción en masa (PRM: deslizamientos y vuelcos)

La caída de rocas puede variar desde unas rocas del tamaño de un puño a grandes secciones de acantilados y peñascos que, dependiendo de su tamaño y forma, pueden rodar, rebotar y caer a toda velocidad por las laderas, aterrizando a grandes distancias de las líneas de caída.

En el municipio de AQUIXTLA las áreas afectadas por el fenómeno son en su mayoría carreteras, y las personas se ven expuestas con frecuencia a estos peligros. Hay técnicas de ingeniería que se pueden usar para ayudar a mitigar los efectos

de la caída de rocas. En algunos casos, hay más de un tipo de solución de ingeniería óptimo, y una combinación de estas medidas de rehabilitación aplicadas a una zona donde existe el peligro en ocasiones resulta ser lo más eficaz.

Las acciones para mitigar los peligros por inestabilidad de laderas se enfocan principalmente en un control del crecimiento urbano en zonas de peligro. Estas zonas deben ser protegidas realizando proyectos de conservación de suelo-agua, además de fortalecer las pendientes.

Con la finalidad de reducir el peligro por inestabilidad de laderas, el CENAPRED en el fascículo de Inestabilidad de Laderas 2001, propone entre otras, las siguientes medidas:

- Monitoreo de variables que permitan determinar un posible deslizamiento, como son:
  - Las deformaciones en la superficie del terreno
  - EL desarrollo o evolución de agrietamientos en las partes altas de las laderas.
  - Las expansiones o depresiones en diferentes zonas de laderas.
  - Los agrietamientos y rotura de pavimentos, muros o bardas de las construcciones ubicadas en o cerca de una ladera.
- Implantar y hacer que se respeten las normas y reglamentos que regulan la planificación y construcción de estructuras en áreas susceptibles a movimientos de laderas. Toda estructura de vivienda debe ser construida en áreas lejos de taludes empinados, arroyos y ríos, canales que estén secos durante ciertos períodos del año y en las desembocaduras de canales provenientes de las montañas.
- Vigilar el drenaje en los taludes alrededor de las zonas habitadas, en especial aquellos lugares donde las corrientes convergen causando que el flujo de agua sobre esos suelos aumente.
- Contar con sistemas de alerta temprana así como con planes de evacuación en casos de emergencia.
- Realizar el censo de las viviendas en las inmediaciones de las minas de materiales de construcción y en los cauces de las barrancas, y promover su reubicación hacia un lugar más seguro. Se reitera que estas zonas son las más vulnerables dentro del municipio (ver mapa de PRM).
- En tanto no se realice la reubicación de las viviendas actuales:
  - Impedir nuevas construcciones.
  - No permitir que se rellenen las barrancas ni se deposite en ellas basura o desechos de construcción.

- Revisar continuamente que no se presenten fugas de agua en la red municipal, y en su caso corregirlas de inmediato para evitar que se reblandezca el terreno.
- Revisar la hermeticidad de los drenajes público y doméstico, evitando que las aguas se infiltren al terreno. Estabilizar las laderas de manera natural, con una reforestación basada en especies arbóreas típicas del ecosistema.
- Realizar un inventario detallado de bloques en las zonas de mayor riesgo por desprendimientos. Demoler aquellos que han perdido sustentabilidad. Hacerlo manualmente o mediante el uso de químicos, evitando explosivos. Aquellos que por sus dimensiones sea posible y exista una masa de roca razonablemente aceptable, anclarlos.
- Levantar muros de mampostería y de gaviones para dar apoyo a grandes y medianos bloques.
- Independientemente del grado de fracturamiento, drenar la masa de roca para evitar subpresiones que aumenten el grado de inestabilidad de la masa de roca.

Para el caso del riesgo por derrumbe de rocas y por desprendimiento o avalancha de detritos, los dos casos encontrados en el municipio, las soluciones más adecuadas son:

- Mallas de alambre
- Bermas
- Gaviones

#### Por sismicidad

Con la finalidad de complementar el reglamento de construcción local, se propone generar, con base en la información obtenida del análisis de la respuesta del terreno y de los mapas de isoperiodos, aceleraciones máximas superficiales, ordenadas máximas espectrales, etc; las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, que ayuden a llevar a cabo un diseño sismo resistente acorde a las necesidades del municipio para las construcciones que se proyectan.

Adicionalmente con la información generada en el atlas de riesgo, podrían establecerse o modificarse los planes de desarrollo en función a las áreas de riesgo, ya sea por aceleraciones o por isoperiodos. Se recomiendan las siguientes acciones:

- Promoción de criterios de construcciones sismo - resistentes.
- Expedición de reglamento de construcción para reducir la vulnerabilidad física.

- Reforzamiento de edificaciones vulnerables tales como las edificaciones sin cimentación, castillos ni trabes.
- Elaboración de material para los medios de comunicación y la población en general, así como el desarrollo de cursos de orientación, ilustración y preparación en caso de un evento sísmico.
- Preparación de planes de emergencia y capacitación del personal médico y paramédico para la atención de la población.

**Medidas ante riesgos por hundimientos**

- Identificación y estudio de los procesos que comúnmente son causas de hundimientos. como:
  - Grietas
  - Disolución de materiales.
  - Variaciones del nivel freático
  - Colapso de tuberías
- Elaboración de un estudio que permita identificar líneas de debilidad tectónica susceptibles de formación de estructuras de disolución.

**Medidas ante riesgos por fallas o fracturas**

Las medidas planteadas en la Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a nivel ciudad de SEDESOL proponen seguir una serie de pasos, como son:

- Divulgar los reportes de desastres históricos en zonas de fallas geológicas.
- Dar a conocer y capacitar acerca de los rasgos superficiales del terreno que son síntomas de fallas
- Proponer reforzamiento de estructuras de obras civiles y viviendas
- Medir agrietamientos y deformaciones del terreno mediante inclinómetros, extensómetros y piezómetros.
- Dar información acerca de la ubicación de albergues temporales
- Capacitar acerca de las medidas de autoprotección y primeros auxilios
- Destruir viviendas dañadas y abandonadas
- Proponer cambios de uso de suelo en zonas con daños.

**Erosión**

Se proponen estructuras de piedra acomodada, que son estructuras construidas con piedras que se colocan transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utiliza para el control de la erosión de cárcavas. Este tipo de obra se recomienda para cárcavas con pendientes moderadas donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen. En promedio miden entre 1.2 y 2.5 metros de altura, por lo que en caso de presentarse cárcavas de mayor dimensión, solo se construirán hasta este límite; en cuanto a su ancho de preferencia deben ubicarse en sitios no mayores de 7 metros.

**Beneficios:**

- Retiene suelo.
- Estabiliza lecho de cárcavas.
- Permite el flujo normal de escurrimientos superficiales.
- Incrementa la calidad del agua.

Otras medidas de mitigación en zonas con peligro por erosión consiste en no permitir el crecimiento urbano en las zonas con alto peligro por erosión, delimitadas en los mapas de peligro. En la guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a nivel ciudad, SEDESOL propone las siguientes medidas.

- Promover y realizar la reforestación.
- Promover el uso de cubiertas de vegetación protectora.
- Promover el uso de terrazas de cultivos.
- Promover la rotación de cultivos.
- Promover y realizar la protección de laderas, cárcavas y cauces.

**Medidas ante riesgos de inundación**

- A nivel urbano, previo a la temporada de lluvias (meses de abril y mayo) el Ayuntamiento deberá establecer un programa continuo de limpieza y desazolve de las barrancas, para retirar toda la basura y malezas que se encuentre bloqueando el paso del agua libremente. Complementariamente realizar el desazolve del sistema de alcantarillado previo a la temporada de lluvias.

- Vigilar que se evite dejar material de construcción sobre las calles, con especial énfasis previo a la temporada de lluvias, y definitivamente prohibirlo en plena temporada que va de los meses de junio a noviembre, evitando con ello que en caso de lluvia o viento los materiales se depositen en el sistema de drenaje y alcantarillado limitando con ello su capacidad de recepción de agua en plena temporada de lluvias.
- Con el área de desarrollo urbano, vigilar que todas aquellas viviendas que se encuentran en los bordes de las barrancas no continúen construyendo o ampliando sus viviendas hacia el centro de ellas.
- Comunicar el riesgo a la población expuesta y promover la autoprotección.
- El Sistema Municipal de Protección Civil lo integran todas las Direcciones del H. Ayuntamiento en ese sentido se deberá mejorar entre todas la capacidad de respuesta y el conocimiento de los peligros del Municipio en su conjunto.
- La Dirección de Protección Civil Municipal deberá elaborar un plan especial de contingencias que prevea la evacuación de las personas ante avisos de lluvias o crecidas, particularmente de las viviendas que aún se encuentren localizadas en los cauces de las barrancas.

#### **Medidas ante riesgos por viento**

- 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 las calles y avenidas para evitar que puedan causar daños a personas, equipamiento urbano o vehículos.
- Complementario a lo anterior las autoridades municipales podrán solicitar el apoyo a las universidades para recibir asesoría de las formas más recomendables en cuanto a la ubicación de las viviendas y los techos para prevenir daños

por vientos fuertes lo que sin duda reducirá los gastos cada año, este apoyo podrá ser solicitado al Centro de Ciencias de la Tierra o a la Licenciatura de Ciencias Atmosféricas.

#### **Medidas ante riesgos 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 ante riesgos 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.

ANEXO

AQUIXTLA - tabla de discapacidad

Tabla 66. Principales datos por AGEB y Manzana Urbana. INEGI 2010. Censo de población y vivienda. DISCAPACIDAD

ENTIDAD	NOM_ENT	MUN	NOM_MUN	LOC	NOM_LOC	AGEB	MZA	POBTOT	PCON_LIM	PCLIM_MOT	PCLIM_VIS	PCLIM LENG	PCLIM_AUD	PCLIM_MOT2	PCLIM_MEN	PCLIM_MEN2	PSIN_LIM
21	Puebla	000	Total de la entidad Puebla	0000	Total de la entidad	0000	000	5779829	224090	119109	63575	21486	27584	10663	9839	19087	5465986
21	Puebla	016	Aquixtla	0000	Total del municipio	0000	000	7848	567	331	125	67	75	30	9	35	7251
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Total de la localidad urbana	0000	000	901	41	19	10	*	7	3	0	5	858
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Total AGEB urbana	0036	000	411	23	10	7	*	3	*	0	*	387
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	002	10	*	0	*	0	0	0	0	0	9
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	003	42	3	0	3	0	0	0	0	0	39
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	004	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	005	55	9	7	0	0	*	*	0	*	45
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	007	57	3	0	*	0	*	0	0	0	54
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	008	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	009	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	010	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	011	42	*	*	0	0	0	0	0	0	41
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	012	19	*	*	0	0	0	0	0	0	18
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	015	7	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	016	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	017	25	*	0	0	0	*	0	0	0	24
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	018	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	020	46	*	0	0	*	0	0	0	0	45
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	022	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	025	48	*	*	0	0	0	0	0	0	47

21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0036	026	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Total AGEB urbana	0040	000	239	9	5	*	*	*	*	0	*	230
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	001	49	*	*	0	0	0	0	0	0	48
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	003	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	004	47	*	0	0	0	0	0	0	*	46
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	007	22	*	*	0	0	0	0	0	0	21
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	010	31	5	*	*	*	*	*	0	*	26
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	018	85	*	*	0	0	0	0	0	0	84
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0040	019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Total AGEB urbana	0055	000	34	*	0	*	0	*	0	0	0	32
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0055	001	17	0	0	0	0	0	0	0	0	17
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0055	002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0055	004	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0055	007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0055	010	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0055	013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0055	014	6	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Total AGEB urbana	006A	000	134	6	3	*	0	*	0	0	*	127
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	009	18	*	0	*	0	*	0	0	0	17
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	010	15	*	*	0	0	0	0	0	0	14
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	012	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	013	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	014	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	019	60	*	0	0	0	0	0	0	*	58

21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	020	22	*	*	0	0	0	0	0	0	20
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	006A	025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Total AGEB urbana	0074	000	83	*	*	0	0	0	0	0	0	82
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	001	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	002	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	003	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	004	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	005	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	007	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	010	16	*	*	0	0	0	0	0	0	15
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	012	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	017	7	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	018	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*
21	Puebla	016	Aquixtla	0001	Aquixtla	0074	019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

# Anexo Cartográfico