

**SEDATU**  
SECRETARÍA DE  
DESARROLLO AGRARIO,  
TERRITORIAL Y URBANO



# Atlas de Riesgos Naturales PAPALOTLA DE XICOHTÉNCATL 2014



**Acierto**  
**CONSULTORES**  
Capacitación e investigación social

Número de obra: 429041PP003236  
Número de expediente: PP14/29041/AE/10058  
Municipio Papalotla de Xicohténcatl, Tlaxcala  
13 enero 2015

Acierto consultores, S.C.  
Calle Fernando Ramírez 56-A Colonia Obrera  
Tel. 6796 7528  
acierto.sc@gmail.com

## Tabla de contenido

CAPÍTULO I	5
INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETIVO	5
<b><u>1.1 INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>5</b>
<b><u>1.2 ANTECEDENTES</u></b>	<b>8</b>
<b><u>1.3 OBJETIVO</u></b>	<b>10</b>
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS PARTICULARES	10
ALCANCES	10
METODOLOGÍA GENERAL	11
CAPÍTULO II	13
DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA.	13
<b><u>2.1 DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA</u></b>	<b>13</b>
DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
CAPÍTULO III	19
CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL	19
<b><u>3.1 FISIOGRAFÍA</u></b>	<b>20</b>
<b><u>3.2 GEOMORFOLOGÍA</u></b>	<b>22</b>
<b><u>3.3 GEOLOGÍA</u></b>	<b>24</b>
<b><u>3.4 EDAFOLOGÍA</u></b>	<b>26</b>
<b><u>3.5. HIDROLOGÍA</u></b>	<b>28</b>
<b><u>3.6 CUENCAS Y SUBCUENCAS</u></b>	<b>29</b>
<b><u>3.7. CLIMA</u></b>	<b>33</b>
<b><u>3.8. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</u></b>	<b>36</b>
<b><u>3.9. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS</u></b>	<b>38</b>
CAPÍTULO IV	40
CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS	40

<b>4.1 ELEMENTOS DEMOGRÁFICOS</b>	<b>40</b>
DINÁMICA DEMOGRÁFICA	40
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN	41
ESTRUCTURA POBLACIONAL	44
MORTALIDAD	47
DENSIDAD DE POBLACIÓN	48
<b>4.2. CARACTERÍSTICAS SOCIALES</b>	<b>51</b>
ESCOLARIDAD	51
HACINAMIENTO Y CONDICIÓN DE LA VIVIENDA	52
POBLACIÓN CON DISCAPACIDAD	54
MARGINACIÓN Y POBREZA	58
POBLACIÓN INDÍGENA	61
<b>4.3 PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA ZONA</b>	<b>61</b>
ACTIVIDAD ECONÓMICA PRIMARIA	61
ACTIVIDAD ECONÓMICA SECUNDARIA	64
ACTIVIDAD ECONÓMICA TERCIARIA	67
<b>4.4. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA PEA</b>	<b>69</b>
EQUIPAMIENTO DEL MUNICIPIO	70
<b>4.5. RESERVA TERRITORIAL</b>	<b>71</b>
CAPÍTULO 5	73
<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>74</b>
VULNERABILIDAD SOCIAL	74
VULNERABILIDAD FÍSICA	76
PERCEPCIÓN DEL RIESGO	78
VULNERABILIDAD TOTAL	79
<b>FENÓMENOS DE TIPO GEOLÓGICO</b>	<b>79</b>
<b>5.1. VULCANISMO O ERUPCIONES VOLCÁNICAS</b>	<b>80</b>
<b>5.2. SISMOS</b>	<b>84</b>
<b>5.3. TSUNAMIS</b>	<b>90</b>
<b>5.4. INESTABILIDAD DE LADERAS</b>	<b>92</b>
<b>5.5. FLUJOS</b>	<b>100</b>
<b>5.6. CAÍDOS O DERRUMBES</b>	<b>107</b>

<b>5.7. HUNDIMIENTOS</b>	<b>114</b>
<b>5.8. SUBSIDENCIA</b>	<b>116</b>
<b>5.9. AGRIETAMIENTOS</b>	<b>119</b>
<b>FALLAS O FRACTURAS</b>	<b>121</b>
5.10.1. ONDAS CÁLIDAS	122
5.10.2. ONDAS GÉLIDAS	130
5.11. SEQUÍAS	135
5.12. HELADAS	142
5.13. TORMENTAS DE GRANIZO	149
5.14. TORMENTAS DE NIEVE	155
5.15. CICLONES TROPICALES	159
5.16. TORNADOS	163
5.17. TORMENTAS DE POLVO	165
5.18. TORMENTAS ELÉCTRICAS	166
5.19. LLUVIAS EXTREMAS	174
5.20. INUNDACIONES	180
CAPÍTULO 6	193
OBRAS DE MITIGACIÓN	193

# Capítulo I

## Introducción, antecedentes y objetivo

### 1.1 Introducción

El peligro, el grado de exposición y la vulnerabilidad de los bienes expuestos son los tres factores fundamentales que determinan el riesgo de desastres. La probabilidad de que un peligro se materialice en algún daño depende del nivel o grado de exposición de la población, sus bienes materiales, la infraestructura construida y su relación con los fenómenos perturbadores, cualquiera que éstos sean; por ello, las actuales políticas en materia de protección civil están menos enfocadas al desastre en sí mismo y mucho más a la reducción o mitigación del riesgo y de las causas que lo generan o que potencian sus efectos destructivos. Este enfoque implica estimar los riesgos de desastres y por ende, evaluar qué tan expuesta está la población o sus bienes materiales; diagnosticar su vulnerabilidad e identificar las causas que la generan, con lo cual se deja atrás la política reactiva y se transita a una política integral de prevención y gestión del riesgo ante los desastres.

Debido a lo anterior, la creciente necesidad de conocer las características de los eventos que pueden devenir en desastres y determinar la forma en que estos eventos inciden en los asentamientos humanos, en la infraestructura y en el entorno, dio paso a la elaboración del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl, Tlaxcala 2014, el cual pretende funcionar como una herramienta básica para el diagnóstico, ponderación y detección precisa de riesgos, peligros y vulnerabilidad.

El Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl 2014 en principio hace referencia a los antecedentes de riesgos causados por fenómenos perturbadores haciendo énfasis en las inundaciones provocadas por el desbordamiento de ríos y la degradación de recursos naturales que son los que representan un mayor riesgo. Ofrece también un listado de los ordenamientos y leyes que facultan su elaboración y fundamentan sus objetivos, tanto generales como particulares; así como un resumen de los alcances del documento y las características metodológicas de su elaboración.

Otro aspecto que aborda es la localización y extensión territorial, tanto del municipio como del marco de análisis del Atlas, centrandó la atención en las principales características del territorio, el uso del suelo y tipo de vegetación, así como las áreas naturales protegidas.

En cuanto al medio ambiente, contempla un panorama general de sus características, sus elementos constituyentes, los recursos naturales que existen en el municipio y las formas en que son utilizados por la población del municipio. Para ello se han contemplado los siguientes aspectos:

- Fisiografía: En ella se incluyen los elementos formadores del medio físico, las provincias y subprovincias fisiográficas
- Geomorfología: Consiste en identificar las principales formas del relieve (sistemas de topoformas)
- Geología: Parte de ésta son la litología (geología superficial), los estratos geológicos, las fallas y la sismicidad
- Edafología: Se describen aquí los tipos de suelo en la zona (propiedades físicas y químicas)
- Hidrografía: Conformada por los recursos hídricos superficiales y subterráneos, así como los ciclos de recarga

Asimismo pueden apreciarse en la elaboración del Atlas, el acopio de datos y análisis relacionado con el clima, lo cual cobra relevancia al considerar la temperatura, los vientos dominantes y la precipitación, además de los fenómenos climatológicos regionales y locales que inciden en la zona. Esta información es acompañada por mapas base y mapas de áreas de captación hídrica del municipio, considerando cuencas y subcuencas.

Se incluye también la caracterización de la población del municipio, enfocando los aspectos sociodemográficos, socioeconómicos y de la estructura urbana del territorio municipal. Se analizan las interrelaciones y dinámicas que ocurren entre el territorio y sus pobladores, así como los niveles de vulnerabilidad. Los subtemas que componen esta parte del Atlas son:

- Dinámica demográfica con proyección al 2030, distribución y densidad de la población, pirámide de edades y mortalidad
- Características sociales por localidad (escolaridad, población con discapacidad, vivienda, hablantes de lengua indígena, pobreza, hacinamiento y marginación)
- Principales actividades económicas en la zona
- Características de la población económicamente activa
- Equipamiento: salud, educativo, recreativo y/o de esparcimiento
- Reserva territorial y principales conurbaciones

La parte nodal del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl está constituida por la localización cartográfica de los fenómenos naturales considerados como factores de riesgo, así como las representaciones de peligro en cuanto a desastres; además del análisis de los niveles de vulnerabilidad que el municipio presenta ante estos riesgos y peligros. La interpretación que se hace de la cartografía, contribuye a detectar, clasificar y zonificar las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgos e identificar la correlación entre las zonas propensas al desarrollo de fenómenos perturbadores y el espacio físico vulnerable, considerando aspectos tales como infraestructura, vivienda, equipamiento e indicadores socioeconómicos y demográficos. Se ofrecen las recomendaciones y medidas que se deben llevar a cabo para prevenir, mitigar o —si es posible— evitar los daños causados por la ocurrencia de fenómenos naturales perturbadores de origen hidrometeorológico.

Para complementar la información contenida en el Atlas, se incluyen anexos documentales que detallan la información. Las principales entradas de las que consta esta serie de anexos son: un glosario de términos; la bibliografía empleada y consultada para la elaboración del Atlas; los metadatos; índices y descripciones pertinentes de la cartografía empleada; las fichas levantadas en el trabajo de campo, así como las hojas de entrevistas realizadas; una gráfica que incluye una selección ilustrativa de las fotografías tomadas en campo; y un breve documento con las referencias del equipo consultor encargado de elaborar el Atlas.

El Atlas de Riesgos Naturales de Papalotla de Xicohténcatl, Tlaxcala. 2014 está basado en los criterios señalados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y los planteamientos del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, donde se precisa como estrategia nacional “hacer de la prevención de desastres y la gestión del riesgo una política de desarrollo sustentable”. Para alcanzar esta meta, la prevención de desastres no solo busca coadyuvar al establecimiento de una política municipal de prevención de desastres vinculada a la regulación del uso y ocupación del suelo, y a la reducción de la vulnerabilidad de la población ante los efectos destructivos de los fenómenos naturales, sino que además lo hace buscando que los resultados de las investigaciones efectuadas para configurar el Atlas se integren a las redes regionales, estatales y nacionales construidas para enfrentar los riesgos de desastres. Todo ello propicia la integración de Papalotla de Xicohténcatl a un sistema de prevención centrado en los riesgos y a la implementación de un efectivo programa municipal de protección civil.

Asimismo, el Atlas es el resultado del trabajo de campo y gabinete realizado por un equipo de especialistas en el estudio de los fenómenos naturales perturbadores y en el manejo de sistemas de información geográfica (SIG), profesionistas de áreas relativas al medio ambiente y el ordenamiento territorial (geógrafos, geólogos, geomorfólogos, hidrólogos, geomáticos, geofísicos, climatólogos, urbanistas, planificadores y sociólogos). En conjunto, el documento integra un esfuerzo de planeación del desarrollo social enfocado a que gobierno, instituciones y habitantes del municipio regulen coordinadamente las acciones para responder a las contingencias de carácter natural que representen riesgos de catástrofe; donde se han identificado principalmente amenazas y peligros naturales, pero sin dejar de lado los factores de índole social agravantes del riesgo, convirtiéndolo en una herramienta rectora para definir acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial en espacios ordenados y sustentables, cuyo objetivo fundamental es el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio.

## 1.2 Antecedentes

La población del municipio Papalotla de Xicohténcatl está expuesta a diferentes tipos de riesgos además de los naturales, entre ellos los socio-organizativos, que a pesar de no ser contemplados en el Atlas cabe mencionarlos. En este rubro están aquellos eventos con alta concentración de población, el más importante del municipio es el Carnaval de Papalotla de Xicohténcatl. Durante el carnaval se celebran eventos deportivos, carreras de caballos, verbena y baile popular. También se celebran el Attepeihuitl, Semana Santa y dos fiestas patronales (5 de mayo y 4 de octubre) Es importante tener en cuenta estos eventos en caso de ocurrencia de algún desastre natural.

Por otra parte, se consideran asentamientos humanos en riesgo los establecidos en zonas con pendientes muy pronunciadas, en las márgenes de los ríos o barrancas o al pie de laderas donde pueden ocurrir desbordamiento de ríos en la época de lluvia, ante una derrama pluvial alta. En el análisis de riesgo del Plan de atención a contingencias por lluvias e inundaciones Tlaxcala 2014 estableció al municipio de Papalotla de Xicohténcatl, como zona de atención debido a los asentamientos humanos irregulares, sobre todo en la barranca Tenexac, correspondiente a la comunidad de San Buenaventura.

Cabe mencionar que no existen antecedentes de riesgos geológicos en la literatura especializada, en los sitios web del municipio, protección civil municipal, prensa o en portales sociales, salvo por lo que hace a la erosión hídrica e inundaciones, los demás no representan amenaza o riesgo. Los antecedentes en cuanto al peligro y alto nivel de exposición hacen referencia únicamente a los riesgos hidrometeorológicos.

Las directrices para la elaboración del Atlas fueron establecidas a partir de las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el riesgo 2014 (BEEAR), donde están contenidos los criterios del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y los planteamientos del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

Algunos de los documentos locales examinados fueron el Plan de Desarrollo Municipal de Papalotla de Xicohténcatl, Tlax. y el Atlas de Riesgo de Papalotla de Xicohténcatl, Tlax. elaborado por el área de Protección Civil Municipal, entre otros. Pero también se consideraron ordenamientos a nivel federal y estatal para la elaboración del Atlas.

### **Antecedentes de riesgos hidrometeorológicos**

Tlaxcala, hasta el año de 1998, se había considerado como una entidad de menor riesgo en cuanto a fenómenos hidrometeorológicos, por la magnitud y duración con la que se presentaban, pero para el año de 1999, estos fenómenos naturales alertaron considerablemente a las autoridades de la entidad. En el periodo de 1999 al 2006, se han registrado afectaciones por inundaciones en varios municipios del Estado, pero las que han impactado al municipio de Papalotla de Xicohténcatl se suscitaron a partir del 2003, no se cuenta sin embargo con el registro específico de las comunidades afectadas; no obstante, en algunos documentos oficiales como el Plan de atención a contingencias por

lluvias e inundaciones Tlaxcala 2014 se establece de forma global la afectación de 35 comunidades con 337 domicilios dañados mínima y parcialmente, cuatro puentes dañados y un deceso en diferentes municipios del estado de Tlaxcala. Otro aspecto a destacar es que durante las entrevistas, la percepción de los habitantes del municipio es que se encuentran en una situación de riesgo por inundación, principalmente aquellas familias alojadas en barrancas de los barrios de Panzacola, Buenaventura, Potrero, Xilotzingo y Xolalpa, lo que se desprende de las encuestas realizadas.

En el Diario Oficial de la Federación de fecha 20 de noviembre de 2002 se publicó la declaratoria de desastre natural para efectos de las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), debido a los daños provocados por la sequía atípica e impredecible que afectó a diversos municipios del Estado de Tlaxcala, entre los que se contempló a Papalotla de Xicohtécatl. El dictamen fue proporcionado por la Comisión Nacional del Agua con base en la información pluviométrica de mayo a agosto de 2002, y utilizando el criterio de escasez atípica e impredecible de lluvia, lo que dio como resultado una sequía prolongada.

En el 2004, las afectaciones fueron en los municipios de: Tzompantepec, Papalotla, Ixtacuixtla, Tlaxcala, Axocomanitla, Chiautempan, Huamantla, Tlaltlelulco, Nanacamilpa, Apizaco y Xaltocan, donde se afectaron domicilios y cultivos en forma parcial y mínima. En agosto del 2011, también se presentaron inundaciones de viviendas y encharcamientos provocados por lluvias intensas. La información oficial al respecto no precisa la magnitud de estos acontecimientos, pero de acuerdo con los habitantes entrevistados, las inundaciones no han sido de gran magnitud y no han provocado daños mayores, pero sí consideran encontrarse en riesgo de desastre por inundación y probables deslaves sobre todo en la zonas donde hay viviendas y asentamientos en o colindantes con las barrancas y ríos, como las comunidades de Panzacola, Xilotzingo, Potrero y San Buenaventura.

El 9 de julio de 2014 se publicó en el periódico digital Cuarto de Guerra, el desbordamiento del río Tenexac que pasa por la comunidad de San Buenaventura, perteneciente a Papalotla en Tlaxcala. La intensidad de las lluvias registradas dos días antes generó la crecida del río. El periódico puntualizó que una amplia zona de territorio en los estados de Tlaxcala y Puebla, fue inundada por las aguas del río Tenexac y detalla que la fuerte precipitación pluvial estuvo acompañada de ráfagas de viento y granizo.

La mayor afectación tuvo lugar en cuatro domicilios particulares de la comunidad de San Buenaventura, ubicados a la orilla del río Tenexac, registrando pérdidas considerables en enseres y muebles. Su situación es de extremo peligro, ya que con el temporal, la corriente del cuerpo de agua ha alcanzado gran altura y la margen se ve crecida, lo que en consecuencia está reduciendo considerablemente la distancia entre las casas y la ribera del mismo.

## 1.3 Objetivo

### Objetivo general

Generar el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl 2014, un documento científicamente elaborado, en el que se detectan y ponderan tanto los riesgos de desastres y daños por fenómenos naturales perturbadores, como los estados y niveles de vulnerabilidad que presentan ante esos fenómenos la sociedad y la infraestructura del municipio.

### Objetivos particulares

- Detectar, clasificar y ponderar los peligros y riesgos de fenómenos naturales en el territorio municipal de Papalotla de Xicohténcatl de acuerdo con parámetros estandarizados que permitan homologar los criterios de calificación y cuantificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad.
- Generar una cartografía propia del Atlas en la que se incorpore la información recopilada en el levantamiento en campo y aquella otra que se ha obtenido a través de información de gabinete. Definir conceptualmente y delimitar cartográficamente las situaciones de riesgo y las posibilidades de desastres de origen natural en el territorio del municipio de Papalotla de Xicohténcatl.
- Señalar las medidas de mitigación de riesgos y recomendar los lineamientos para un programa de protección civil que incluya medidas sobre la prevención, mitigación y restauración de los daños que puedan generar los fenómenos naturales perturbadores a suceder en el territorio del municipio de Papalotla de Xicohténcatl.
- Hacer posible la consulta y análisis de la información de los diferentes peligros que afectan al municipio de Papalotla de Xicohténcatl, así como ubicar e identificar el tipo y grado de riesgos existentes de acuerdo con el origen de los mismos a escala municipal y de localidad.
- Homologar el diccionario de datos municipal con la finalidad de obtener instrumentos confiables y capaces de integrarse a una base de datos nacional.

### Alcances

El Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl 2014 se ha construido siguiendo los lineamientos generales y los tratamientos específicos que se definen en el documento normativo BEEAR de la SEDATU; en este sentido, sus contenidos tienen alcances estrictamente apegados a los señalamientos marcados en ese instrumento. Esto es aplicable tanto en el manejo instrumental de elementos cartográficos, diccionarios de datos y metadatos, así como en el manejo técnico y analítico de las descripciones y referencias que integran el documento.

El alcance máximo del Atlas apunta a que éste y sus componentes instrumentales posibiliten una adecuada identificación de los peligros, riesgos y niveles de vulnerabilidad a los que están expuestos el municipio y sus habitantes. Este alcance se logra tras realizar el análisis y síntesis de la situación de peligros y riesgos ocasionados por eventos naturales (en conjunción con las variables de vulnerabilidad del sistema afectable); después, esta información se traduce en términos cartográficos y se cuantifica por medio de tablas y descripciones analíticas dentro del texto.

### **Metodología general**

Para la realización del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl 2014 se tomó como directriz el marco metodológico establecido en el documento BEEAR, así como lo señalado al respecto en los instrumentos de la legislación nacional vigente en materia de riesgos y protección civil, como son la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Protección Civil y los planes de desarrollo estatal y municipal. Siguiendo estas pautas metodológicas y de ordenamiento, el Atlas permite establecer los lineamientos básicos para diagnosticar, ponderar y detectar amenazas, peligros, vulnerabilidades y estimar los riesgos en el espacio geográfico a través de criterios estandarizados, catálogos y bases de datos homologadas, compatibles y complementarias, aunado al fomento de una cultura de protección civil, lo cual facilitaría la implementación de acciones en caso de algún siniestro a través de:

- a) Contar con un documento cartográfico y escrito que represente y zonifique cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
- b) Desarrollar y fundamentar una base de datos homologada para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores presentes en la localidad.
- c) Sentar las bases para definir un esquema de prevención, planeación y gestión del riesgo.

El propósito metodológico general, de acuerdo con los criterios de clasificación y los términos de referencia establecidos por el CENAPRED en materia de riesgos, es la estandarización de criterios en la elaboración del Atlas. Esta metodología se circunscribe a la unificación de cuatro elementos básicos que permitan equiparar y homologar la información de municipio en cuanto a:

- Métodos de estudio del sistema perturbador. Se refiere a los planteamientos metodológicos que existen para obtener información precisa y en diferentes escalas de trabajo acerca de los sistemas perturbadores de origen natural que pueden afectar el territorio municipal, a sus habitantes y su infraestructura.
- Jerarquía de complejidad de métodos de estudio. Este punto observa el desarrollo jerárquico de métodos, se consideran desde lo más simple hasta lo más complejo desde el punto de vista de la metodología empleada. De esta forma, el "Método 1" representa el nivel más básico de estudio y obtención de información; el cual de manera progresiva aumentará la complejidad de acuerdo a las características de la zona de estudio, aumentando también la numeración del mismo; es decir, el

“Método 2” será más complejo que el número 1, el 3 más que el número 2 y así sucesivamente.

- Métodos de representación cartográfica de los sistemas naturales. Se definen las escalas de representación cartográfica de acuerdo con el origen y expresión territorial de cada uno de los sistemas perturbadores de la zona de estudio.
- Especificaciones técnicas para la confección de la cartografía.

La metodología general para la identificación de riesgos geológicos e hidrometeorológicos, se conformó por tres aspectos fundamentales:

- a) Acopio de información de campo y gabinete que incluyó análisis documental, recorridos, encuestas y levantamientos.
- b) Establecimiento de indicadores de vulnerabilidad a partir de la agrupación de evidencias físicas o documentales relacionadas con la ocurrencia de sistemas perturbadores de origen natural.
- c) Zonificación cartográfica de peligros, vulnerabilidad y riesgos a través de un sistema SIG digital (vectorial) e impreso.

Finalmente, cabe mencionar el eje analítico de la propuesta el cual plantea que la correlación funciona como evidencia de diferentes niveles de vulnerabilidad desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa; con ello pueden establecerse las prioridades aplicables a la realización de acciones de ordenamiento territorial, prevención de desastres, reducción de vulnerabilidad, riesgos y todas aquellas relacionadas con el desarrollo sustentable de los asentamientos humanos.

## CAPÍTULO II

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

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

##### Determinación de la zona de estudio

El municipio de Papalotla de Xicohtécatl tiene una extensión aproximada de 18.9 Km<sup>2</sup>, lo que equivale al 0.47% de los 4 060 923 Km<sup>2</sup> que representan el total del territorio estatal. De estas cifras, 676 hectáreas son destinadas a la producción rural, entre cultivos y ganadería, representando el 0.3% de la superficie total del estado.<sup>1</sup> El municipio forma parte de la Zona Metropolitana Puebla Tlaxcala que está conformada por 38 municipios - 18 de Puebla y 20 de Tlaxcala- ocupa el cuarto lugar en población del país, con un total de 2'470,206 habitantes en una superficie de 2,392.4 km<sup>2</sup>. Papalotla representa el 0.79% del área metropolitana y tiene las siguientes colindancias:

- Al norte con los municipios de Santa Catarina Ayometla, Santa Cruz Quilehtla, Acuamanala de Miguel Hidalgo y Mazatecochco de José María Morelos;
- Al este con los municipios de Mazatecochco de José María Morelos, San Pablo del Monte y Tenancingo;
- Al sur con el municipio Tenancingo y con los de San Lorenzo Almecatla y Puebla en el estado de Puebla;
- Al oeste con San Lorenzo Almecatla en el estado de Puebla y los municipios de Xicohtzinco y Santa Catarina Ayometla.

El municipio de Papalotla de Xicohtécatl está ubicado aproximadamente entre los paralelos 19° 08' y 19° 12' de latitud norte; los meridianos 98° 08' y 98°14' de longitud oeste; con una altitud que varía entre los 2,100 y 2,500 m.

---

<sup>1</sup> Plan de desarrollo municipal 2014-1016

Figura 1. Ubicación del Municipio Papalotla de Xicohténcatl



Fuente: Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México

Conforme a lo establecido en las *Bases para la Estandarización y la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014*. En la tabla 1 se han definido los niveles de análisis 1 y 2 para el Atlas de Riesgos de Papalotla de Xicohténcatl, particularizando en los ámbitos municipal y urbano.

**TABLA 1. Niveles de tratamiento de la información geológica e hidrometeorológica**

Origen	Fenómenos de estudio	Nivel de análisis	Escala de análisis
<b>Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen geológico</b>	Vulcanismo	1	Regional
	Sismicidad	2	Regional
	Tsunamis	1	Regional
	Inestabilidad de laderas	2	Municipal
	Flujos	2	Municipal
	Caídos y derrumbes	1	Municipal
	Hundimientos	1	Municipal
	Subsidencia	1	Municipal
	Agrietamientos	1	Municipal
<b>Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen hidrometeorológico</b>	Ondas cálidas y gélidas	2	Regional
	Sequías	1	Municipal
	Heladas	3	Municipal
	Tormentas de granizo	2	Municipal
	Tormentas de nieve	1	Municipal
	Ciclones tropicales, Huracanes	1	Regional
	Tornados	1	Municipal
	Tormentas de polvo	2	Municipal
	Tormentas eléctricas	2	Municipal
	Lluvias extremas	2	Regional
	Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	2	Municipal-Urbano

Fuente: Elaboración propia con información de gabinete

Con base en información documental, los datos recopilados por parte de los técnicos expertos en el ámbito de los peligros naturales definieron la calificación y cuantificación de amenazas, peligros, riesgos y vulnerabilidad, éste ha sido ratificado y/o rectificado con el resultado del trabajo realizado directamente en campo referente a los fenómenos perturbadores de origen natural y de la aplicación de entrevistas dirigidas con población clave. Los estudios, obras o acciones de mitigación y cartografía propuestos, así como la cartografía con base a sistemas de información geográfica, fueron elaborados a partir de este análisis.

Para el Atlas Municipal de Riesgos Naturales de Papalotla de Xicohténcatl se determinó utilizar una escala de 1:40,000 y se consideró el estudio de toda el área que ocupa el

municipio. Se incluyen la cabecera municipal, siendo la escala de representación 1:15,000 dependiendo de la superficie cubierta por cada una de las localidades. En los dos casos, se utiliza una proyección UTM Universal Transversa de Mercator. Las áreas geoestadísticas básicas (AGEBs) establecidas por el INEGI, complementan la representación tanto de la vulnerabilidad a nivel de manzana, así como algunas variables sociales a nivel de las localidades urbanas del municipio.

La División Política del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl , Tlaxcala, está conformada por 9 Barrios, 2 Comunidades y 1 pueblo. El nombre por el que se identifican es el siguiente:

<b>Barrios</b>		<b>Comunidades:</b>
1. Xaltipa	2. La Trinidad	San Buenaventura
3. Xilotzinco	4. Tenantitla	Panzacola
5. Potrero	6. Los Reyes	<b>Pueblo:</b>
7. Xolalpa	8. La Cienega	San Marcos Contla
9. El carmen		

El cubrimiento para el análisis considera todo el territorio municipal de Papalotla de Xicohténcatl. De las localidades urbanas se presentan los mapas base que servirán para llevar a cabo un análisis territorial tanto de los aspectos sociales como de los peligros, amenazas y riesgos.





## Capítulo III

### Caracterización de los elementos del medio natural

Foto 1. Caracterización del medio natural



El objetivo de la caracterización del sistema natural es establecer las condiciones medioambientales que prevalecen en un espacio determinado; en este caso, el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, Estado de Tlaxcala. Una vez determinadas dichas condiciones se logrará una primera aproximación a las causas naturales que generan fenómenos potencialmente peligrosos.

### 3.1 Fisiografía

En las ciencias de la tierra, una región se considera provincia o región fisiográfica cuando presenta un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área, así como una morfología y litología propias y distintivas. Estas unidades a su vez pueden ser divididas en una serie de subprovincias fisiográficas, que pueden presentar elementos discordantes conocidos como discontinuidades fisiográficas.

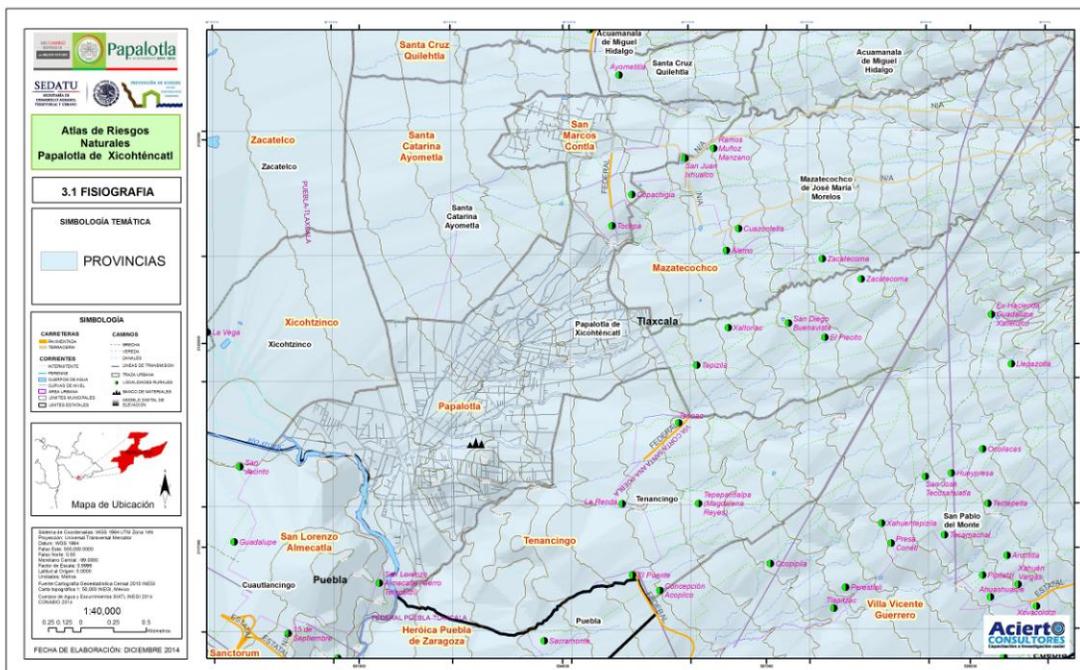
El municipio de Papalotla de Xicohtécatl se encuentra asentado en la Provincia del Eje Neovolcánico, que se caracteriza por tener grandes sierras volcánicas, enormes coladas lávicas, conos cineríticos y depósitos de arena y cenizas, comprende a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac con un sistema fisiográfico de topoformas caracterizado por lomerío de basalto, vaso lacustre de piso rocoso o cementado, sierra volcánica con extracto de volcanes, llanura aluvial, escudo de volcanes con meseta y lomerío de basalto con cañadas.

**TABLA 2. Porcentajes de la fisiografía del municipio de Papalotla de Xicohtécatl**

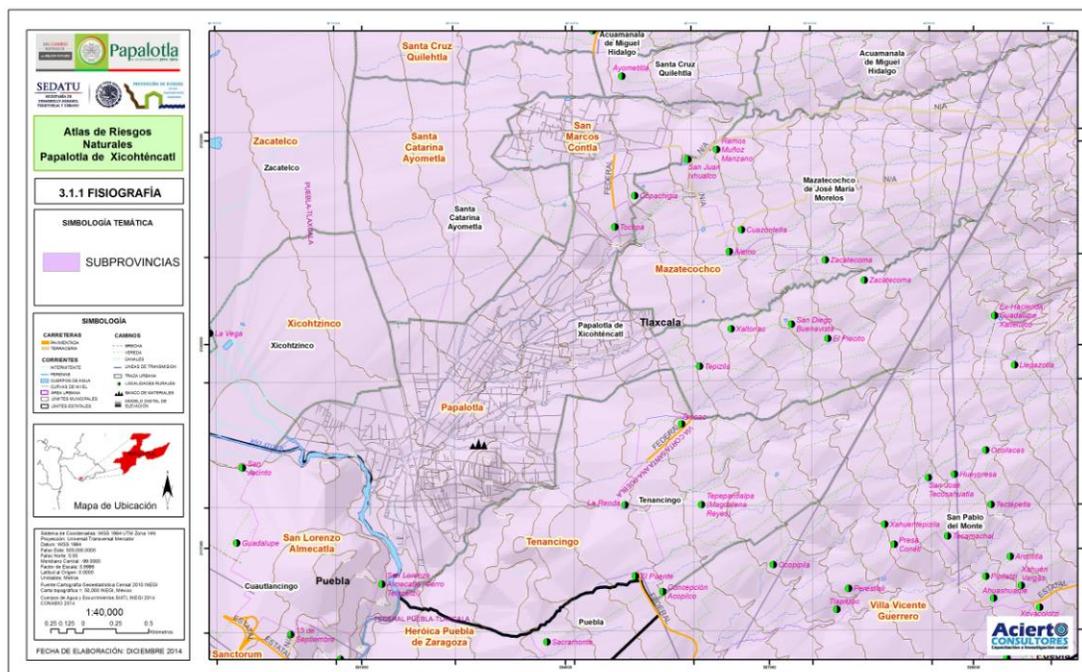
Fisiografía	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
<b>Eje Neovolcánico</b>	2,263.8	100
<b>Subprovincia</b>		<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Lagos y Volcanes de Anáhuac</b>	2,263.8	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de las cartas temáticas de las provincias fisiográficas y subprovincias fisiográficas de INEGI.

### MAPA 3 Provincias Fisiográficas



### MAPA 4 Subprovincias Fisiográficas



### 3.2 Geomorfología

La geomorfología es la ciencia que permite explicar el origen, estructura y disposición de los materiales formadores del relieve, es decir, define las formas del territorio.

La descripción geomorfológica de un espacio geográfico, permite interpretar de manera integral y homogénea su territorio, abordando su complejidad y estructura- funcional a partir de la identificación de distintas geoformas.

Estas unidades sirven para comprender los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren dentro del paisaje. Las formas del terreno determinan el flujo de agua superficial, transporte de sedimentos y contaminantes, clima a escala regional y/o local, naturaleza y distribución de los hábitats para especies de plantas y animales. Es también una expresión de los procesos geológicos y de intemperización que han contribuido a su formación. El conocimiento de las formas del terreno es indispensable para un adecuado manejo de los recursos naturales.

Descripción de las Geoformas identificadas para el municipio (ver Tabla y mapa correspondientes):

**Montaña de Plegamiento.-** Es una elevación, más o menos grande, del terreno producida por el hundimiento o plegamiento (elevación) de bloques de la corteza terrestre como consecuencia del movimiento de las placas tectónicas. Constituye una superficie de 1,620.1 hectáreas, lo que representa un 71.56% del total del municipio.

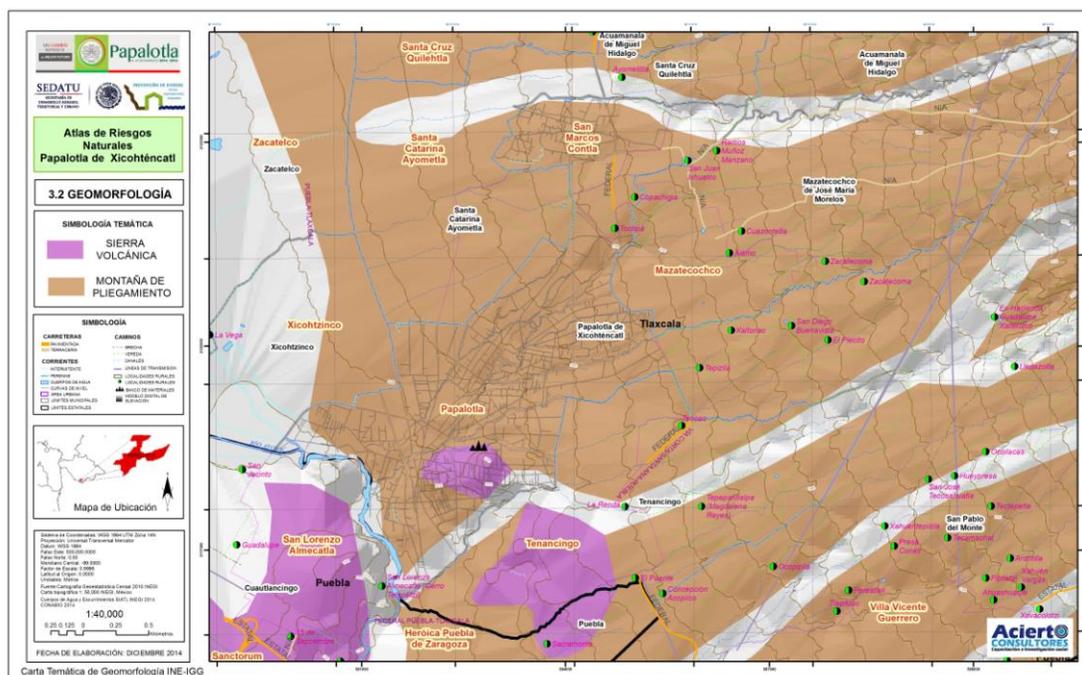
**Sierra volcánica.-** Unidad de terreno localizada en las partes bajas de la montaña y se caracterizan por tener laderas de pendiente suave a intermedias. Presenta una superficie de 643.7 hectáreas, lo que representa un 28.44% del total del municipio.

**TABLA 3. Porcentajes de las Geoformas del Municipio Papalotla de Xicohténcatl**

Geoformas	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
<b>Sierra Volcánica</b>	1,620.1	71.56
<b>Montaña de Plegamiento</b>	643.7	28.44
<b>Total</b>	2,263.8	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Geomorfología de INEGI

MAPA 5 Geomorfología del municipio Papalotla de Xicohténcatl



### 3.3 Geología

El factor geológico y su interdependencia socio-ambiental representan la base a partir de la cual se han desarrollado los paisajes. La coherencia y los lugares de contacto de las rocas, la heterogeneidad en edades, el origen y los tipos de unidades litológicas determinan la edafogénesis, la composición fisicoquímica del suelo, la formación de relieve, la localización de los recursos hidráulicos subterráneos, así como la ubicación de los depósitos minerales y materiales de construcción, además de mantener una estrecha relación con otros elementos, como son la vegetación y la fauna.

En el municipio se encuentran eventos geológicos volcánicos de tipo extrusivo que se dieron en el periodo Neógeno y Cuaternario. Ambos de la era geológica cenozoica.

Las unidades litológicas que componen cada formación del municipio se describen a continuación (tabla y mapa de geología):

**Aluvial (al).**- Suelo del Cuaternario y una unidad que consiste de una mezcla de materiales granulares no consolidados de arrastre, conformados principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas. Cuenta con una superficie de 2,228.3 hectáreas, lo que representa apenas un 98.43% del territorio.

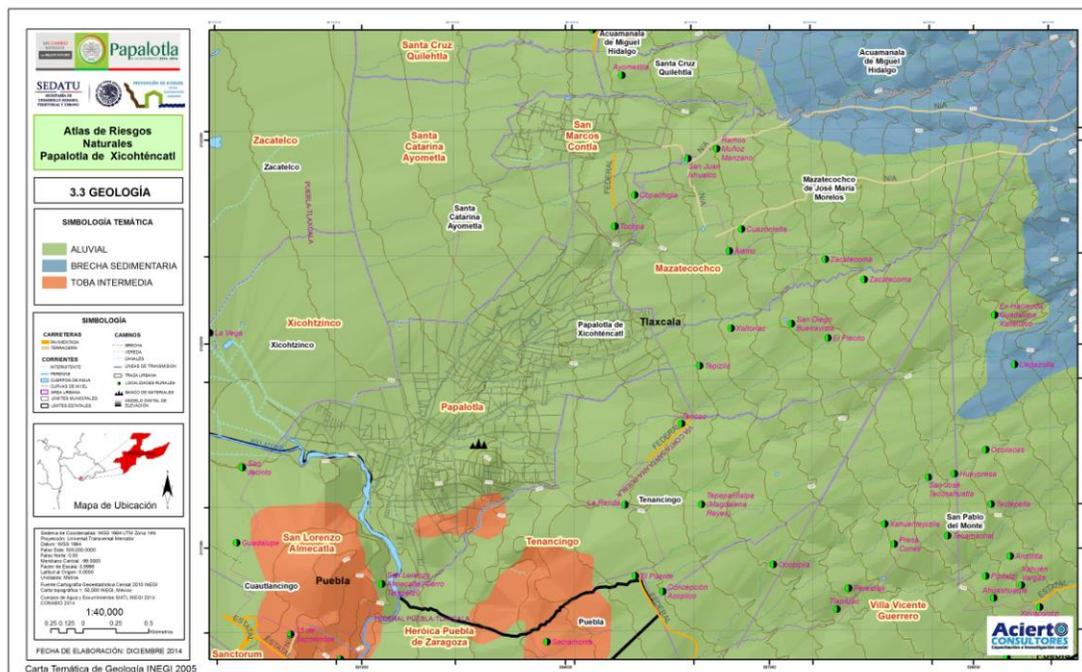
**Toba Intermedia (Ti).**- Roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca basáltica. Cuenta con una superficie de 35.5 hectáreas, lo que representa apenas un 1.57% del municipio.

**TABLA 4. Porcentajes de las Unidades Litológicas del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

Unidades Litológicas	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Aluvial	2,228.3	98.43
Toba Intermedia	35.5	1.57
<b>Total</b>	<b>2,263.8</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Geología de INEGI.

MAPA 6 Geología del municipio de Papalotla de Xicohténcatl



### 3.4 Edafología

El suelo es la capa superficial de material mineral no consolidado que cubre las zonas terrestres, que además de servir como medio de crecimiento para diversos organismos, mantiene complejas interacciones con la atmósfera y los estratos que se encuentran por debajo de él, permitiendo el mantenimiento de los servicios ambientales de los ecosistemas e influye en el clima y en el ciclo hidrológico (Doran, 1996).

El suelo como componente del medio ambiente es un recurso vivo y dinámico que se renueva muy lentamente, por lo que su capacidad para cumplir con sus funciones es un indicador de salud ambiental, y por ende, de salud humana. La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. (Castillo, 2004).

De acuerdo a la carta edafológica de INEGI, en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl existen cuatro unidades de suelo, sobresaliendo en orden ascendente los cambisoles, regosoles, vertisoles y fluvisoles. (ver tabla y mapa de edafología):

**Cambisol.-** se le conoce como suelo que cambia. Es un suelo joven, poco desarrollado, de distribución amplia, se localiza en todos los climas, con excepción de los secos; la vegetación asociada es muy variada. La principal característica de este tipo de suelos es que no presenta diferencias significativas entre el suelo y la roca que le dio origen; son moderadamente susceptibles a la erosión. Cuenta con una superficie de 1,437.9 hectáreas y un 63.53 % en el municipio.

**Regosol.-** suelo somero y claro similar a la roca que les dio origen. Se presenta en diferentes climas y asociados a vegetación muy diversa. Poseen una alta susceptibilidad a la erosión. Sus características de profundidad y pedregosidad los hacen poco atractivos para el desarrollo de la agricultura. Se distribuye con una superficie de 640.9 hectáreas y un 28.30% en el municipio.

**Vertisol.-** Suelo que se caracteriza por las grietas anchas y profundas que presentan en época de sequía, son suelos arcillosos de color café rojizo y pegajoso cuando están húmedos, y muy duros cuando están secos. Su utilización agrícola es muy extensa, variada y productiva, son generalmente muy fértiles, pero presentan problemas en su manejo debido a su dureza, y con frecuencia ocasionan problemas de inundación y drenaje. Se encuentra distribuido principalmente en algunos valles o cañadas. Cuenta con una superficie de 156.0 hectáreas y un 6.89% en el municipio.

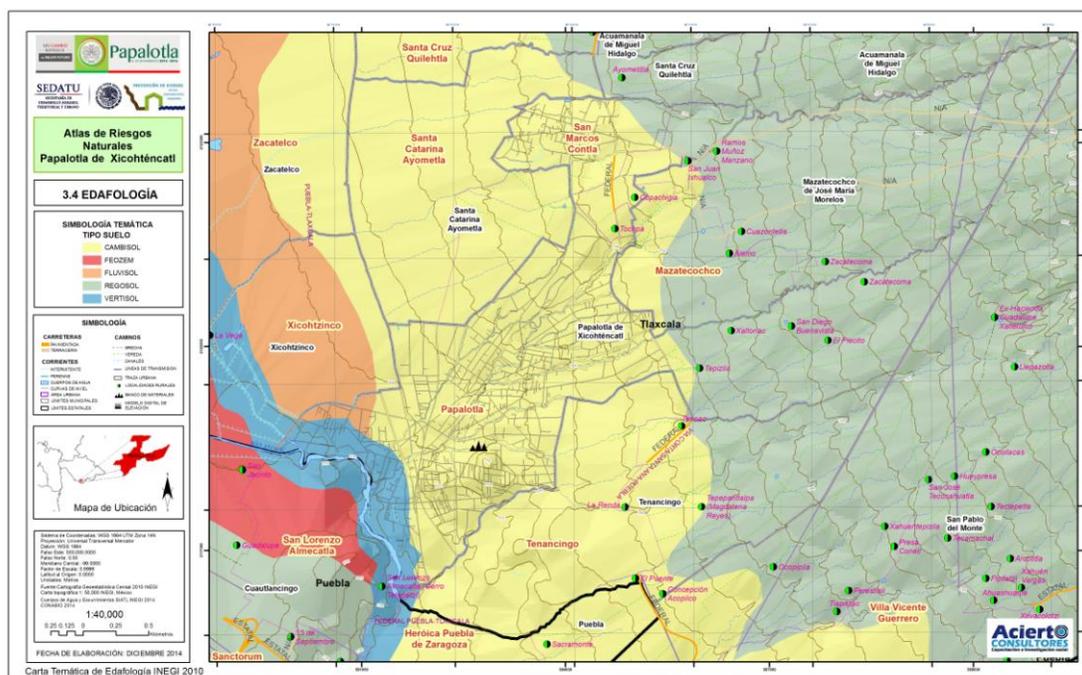
**Fluvisol.-** suelo conformado por el acarreo fluvial de materiales, de ahí su localización en riberas; presentan capas alternas de arena, arcilla o grava. La vegetación asociada a estos suelos se caracteriza por su adaptabilidad a dichas condiciones. Se distribuye con una superficie de 29.0 hectáreas y un 1.28% en el municipio.

**TABLA 5. Porcentajes de las Unidades Edafológicas del municipio Papalotla de Xicohténcatl**

Unidades de Suelo	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Cambisol	1,437.9	63.53
Regosol	640.9	28.30
Vertisol	156.0	6.89
Fluvisol	29.0	1.28
<b>Total</b>	<b>2,263.8</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Edafología de INEGI.

**MAPA 7 Edafología del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

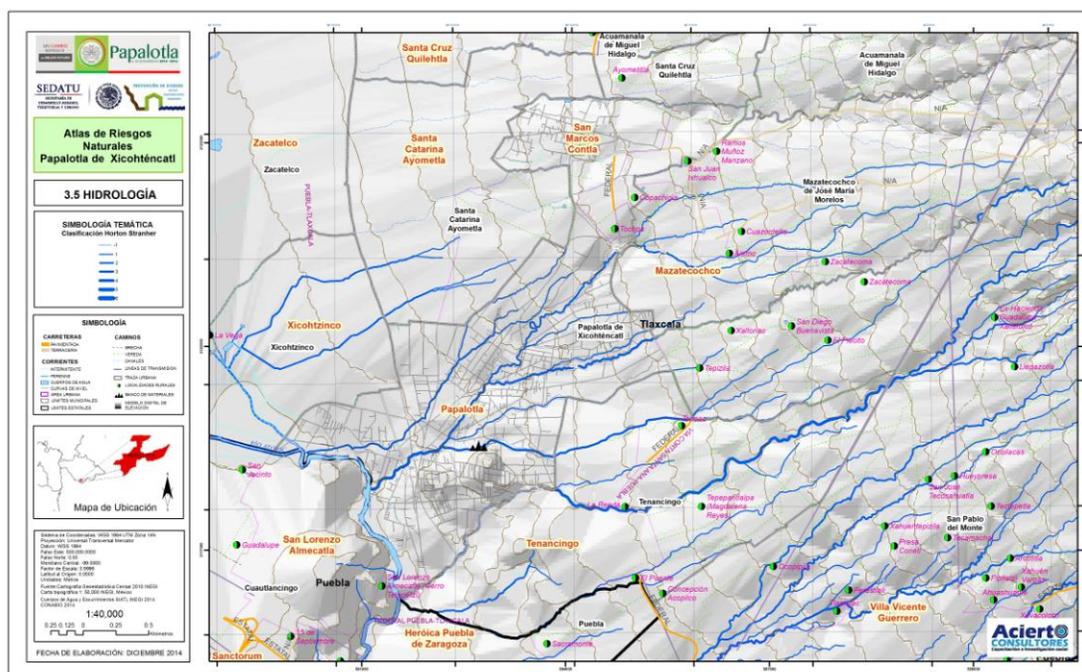


**3.5. Hidrología**

Papalotla de Xicohténcatl forma parte de la región hidrológica Balsas, Cuenca Río Atoyac y subcuencas Atoyac – San Martín Texmelucan y Río Zahuapan. Así como 5 microcuencas: Santa Catarina Ayometla, Tenencingo, Huejotzingo, Xicohtzingo, Papalotla.

El principal recurso hidrográfico del municipio es el río Atoyac cuyo curso es de 3 kilómetros, aproximadamente en dirección poniente-oriental, además de dos arroyos de caudal permanente: el Tenexac y el Huehuexotla.

**MAPA 8 Hidrología del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

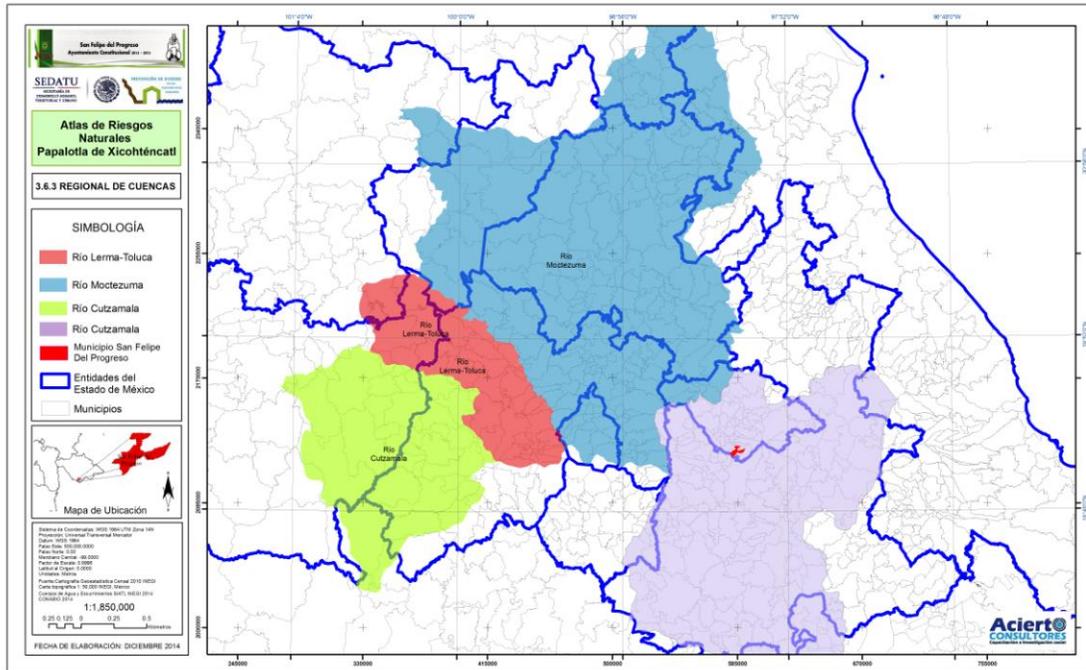


### 3.6 Cuencas y Subcuencas

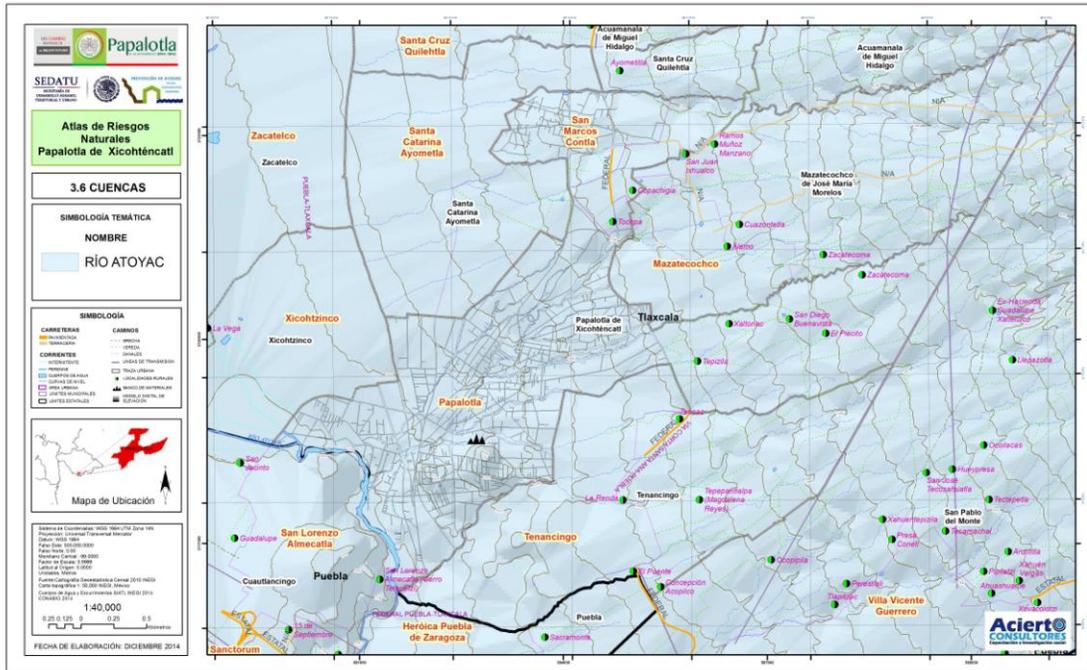
Un enfoque de cuenca hidrográfica nos permite entender las interrelaciones de los recursos naturales (clima-relieve-suelo-vegetación), así como la forma en que se organiza la población para apropiarse de ellos y su impacto en la cantidad, calidad y temporalidad del agua. Este enfoque brinda la posibilidad de evaluar y de explicar las externalidades resultantes de los diferentes usos del suelo. Por esta razón se considera que las cuencas hidrográficas constituyen un marco apropiado para el análisis de los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos suelo, agua y vegetación. (Cotler, 2004).

El municipio forma parte de la región hidrológica Balsas, Cuenca Río Atoyac (mapa regional de cuencas y mapa de cuencas) y subcuencas Atoyac – San Martín Texmelucan y Río Zahuapan (mapa de subcuencas). Así como 5 microcuencas, Santa Catarina Ayometla, Tenancingo, Huejotzingo, Xicohtzingo, Papalotla. (mapa de microcuencas).

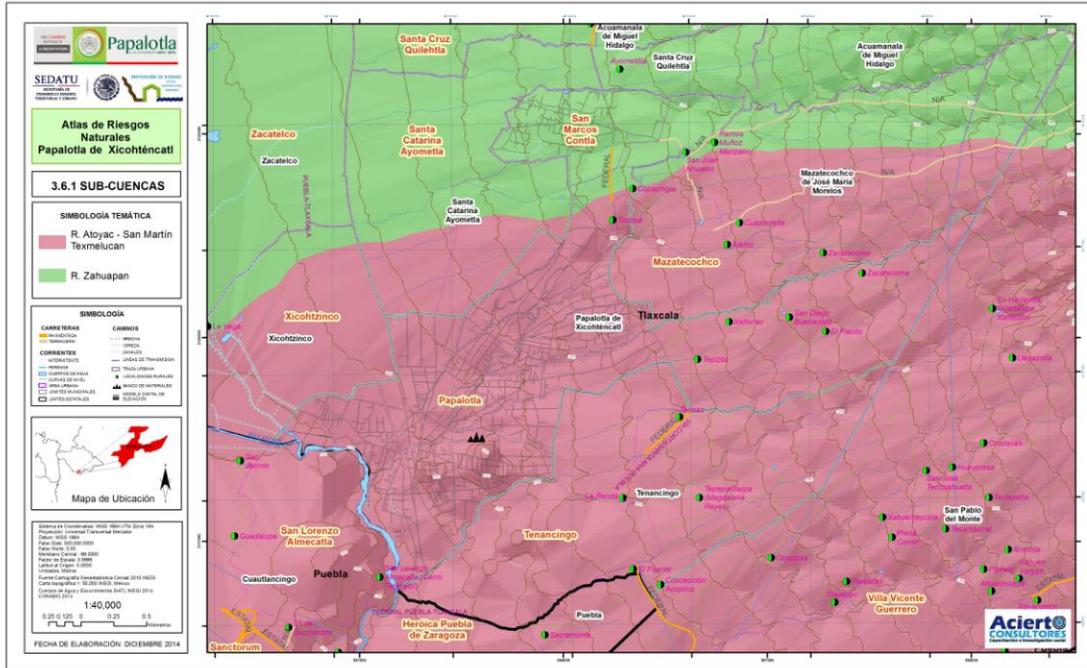
### MAPA 9 Regional de cuencas



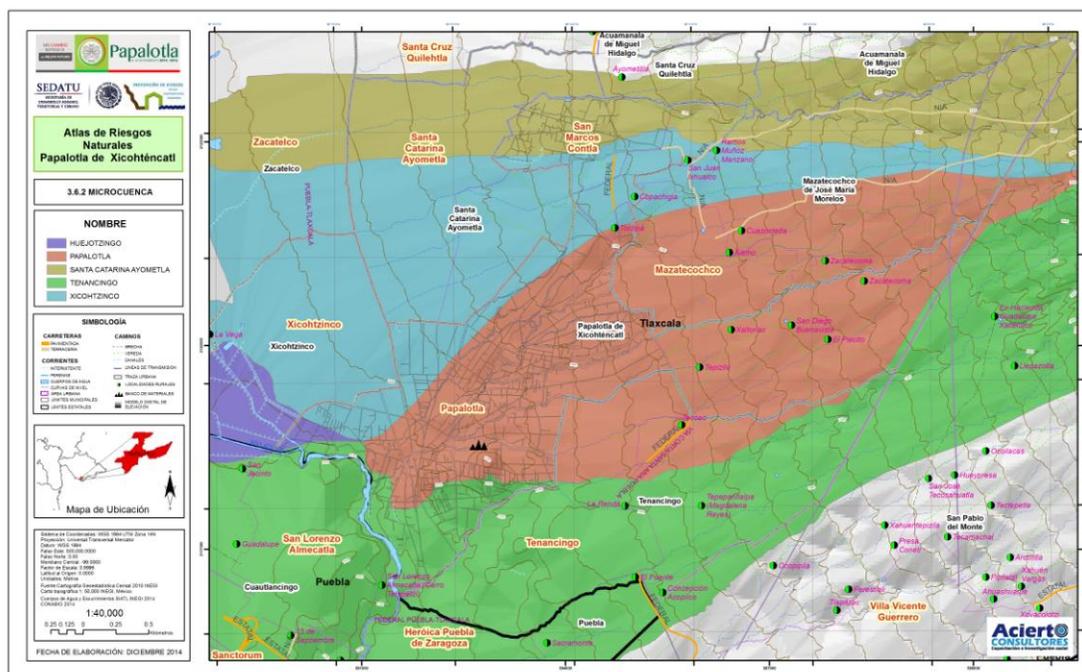
**MAPA 10 Cuencas hidrográficas en el municipio Papalotla de Xicohténcatl**



MAPA 11 Subcuencas hidrográficas en el municipio Papalotla de Xicohténcatl



**MAPA 12 Microcuencas hidrográficas en el municipio Papalotla de Xicohténcatl**



### 3.7. Clima

El clima de una región está determinado principalmente por la interacción de factores, como: la temperatura, humedad, evaporación y la dirección de los vientos; también los pisos térmicos determinan el carácter de la vegetación, tanto en su estado natural, como en cultivos. Asimismo, el clima condiciona las actividades productivas que pueden llevarse a cabo.

Dada la ubicación geográfica del municipio el clima dominante es el Templado subhúmedo.

Tomando en cuenta el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, la entidad presenta el siguiente tipo de clima:

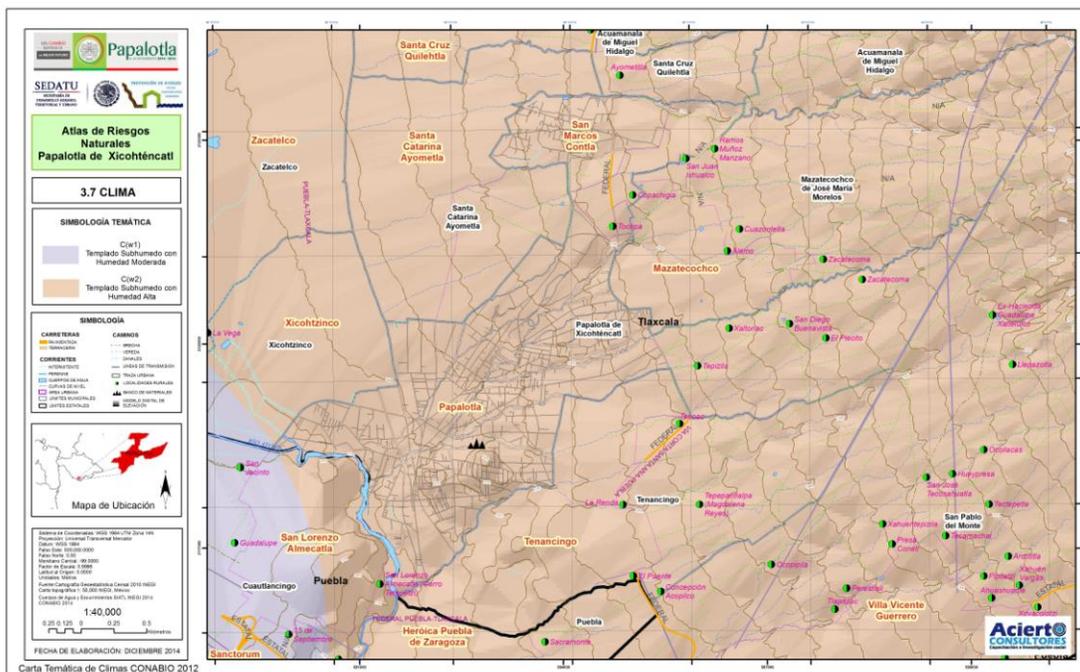
Templado subhúmedo C (w).- Presenta verano fresco y largo, lluvia invernal inferior a 5 % de la anual, con oscilación térmica de 5-7 °C. Los subtipos de clima presentan las características y simbología siguientes: alta humedad C(w2)(w)b(i)g, humedad moderada C(w1)(w)b(i)g y baja humedad C(w0)(w)b(i)g.

**TABLA 6. Porcentajes de los tipos de clima del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

<b>Tipo de Clima</b>	<b>Superficie(Ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Templado subhúmedo C(w1) Con Humedad Moderada</b>	0.3	0.01
<b>Templado subhúmedo C(w2) Con Alta Humedad</b>	2,263.5	99.99
<b>Total</b>	2,263.8	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Climas de INEGI

MAPA 13 Climas del municipio Papalotla de Xicohténcatl



- Temperatura.

Templado subhúmedo C (w2).- temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.

- Precipitación.

Templado subhúmedo C (w2).- Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; llluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual. Con una precipitación media anual de 800mm a 900mm.

### 3.8. Uso de Suelo y Vegetación

El término uso del suelo se refiere a las actividades humanas que se desarrollan en un territorio, resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores socioeconómicos y culturales. Se encuentra representado por las formas de ocupación, las prácticas específicas de manejo, y las fuerzas sociales, políticas y económicas que determinan el uso del territorio (Mendley et al., 1995; Rossete et al., 2009).

Desde el punto de vista ambiental, el uso del suelo está muy relacionado con el tema de la sostenibilidad ya que la forma en que cambia la cubierta vegetal determina la persistencia de bosques, selvas y suelos en el futuro, así como de los recursos que estos proporcionan. Asimismo, tiene una serie de implicaciones ecológicas como por ejemplo la alteración de los ciclos biogeoquímicos, la pérdida de recarga de mantos acuíferos, alteraciones en el microclima y la pérdida de hábitat y por consiguiente de biodiversidad.

La cartografía de uso de suelo y vegetación de un área es necesaria ya que permite tener una visión sinóptica y cuantitativa de la condición de los recursos naturales y su dinámica espacio-temporal, así como sus procesos de degradación, constituyendo una herramienta importante como apoyo a las tareas vinculadas con la instrumentación de políticas ambientales y eventualmente la base para los planes de uso y conservación del territorio.

Los usos del suelo en el municipio de Papalotla de Xicohtécatl (Ver tabla y mapa) están conformados en forma ascendente por:

**Agricultura de Temporal.-** Comprende 1,933.2 hectáreas y el 80.98% de la superficie total. Se consideran todas las áreas destinadas al cultivo de temporal.

**Pastizal inducido.-** La presencia de este tipo de vegetación implica la degradación o eliminación de la vegetación original por desmonte o bien producto de áreas incendiadas. Esta comunidad es dominada con 213.3 hectáreas de pastos y zacates (Gramineae) y la presencia de árboles es muy esporádica. Los pastizales en el municipio se encuentran en parches aislados conformando grandes manchones, principalmente caracterizados por ser áreas de agostadero.

**Agricultura de Riego.-** Cubre una extensión de solo 174.1 hectáreas, lo que representa el 7.69% del municipio.

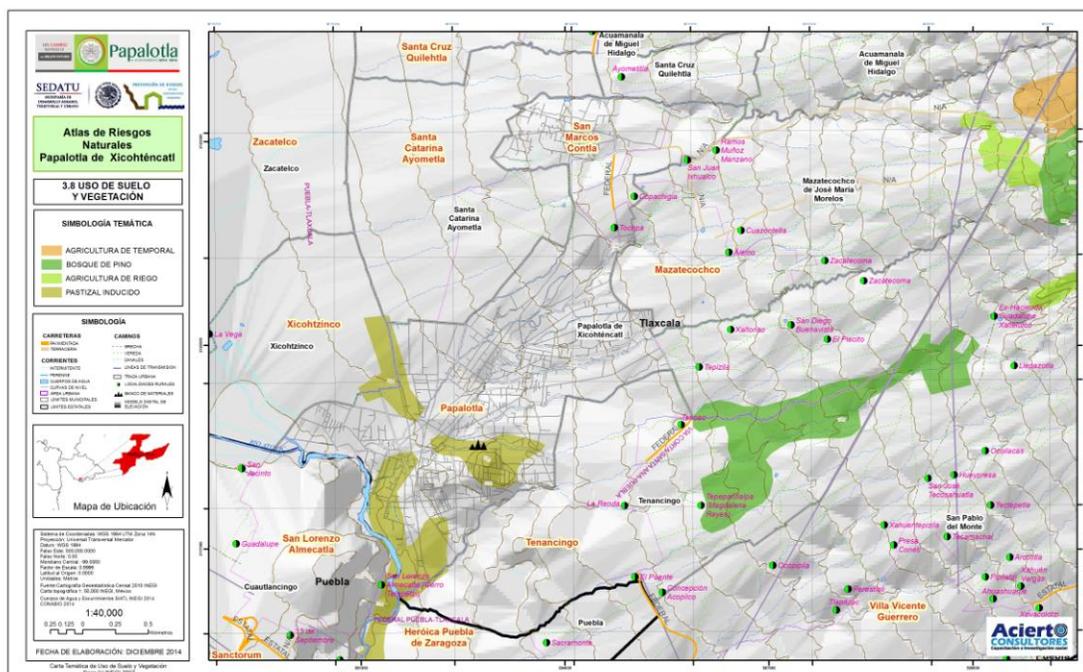
**Bosque de pino.-** El bosque de pino suele estar asociado con el oyamel (*Abies religiosa*) para formar rodales en los que ni el *Pinus* ni el *Abies* resultan claramente dominantes, asimismo, tienden a estar asociados con especies de encino para formar bosques de pino-encino, por lo que resultan menos frecuentes los rodales constituidos exclusivamente por el género *Pinus*. Las especies corresponden a los géneros *Quercus*, *Abies*, *Alnus*, *Buddleia* y *Arbutus*; en el estrato herbáceo contiene principalmente especies de las familias *Asteraceae* y *Gramineae*. Comprende 43.2 hectáreas y el 1.91% de la superficie total.

**TABLA 7. Porcentajes del uso de suelo y vegetación del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Agricultura de Temporal	1,933.2	80.98
Pastizal Inducido	213.3	9.42
Agricultura de Riego	174.1	7.69
Bosque de Pino	43.2	1.91
Total	2,263.8	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la carta temática de Uso de Suelo y Vegetación serie IV de INEGI

**MAPA 14** Uso del suelo y vegetación en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl



### 3.9. Áreas Naturales Protegidas

El municipio forma parte del 0.2 % del Parque Nacional Malinche o Matlalcuéyatl que se ubica en la zona central oriente de México formando parte de la cordillera neovolcánica y se considera la montaña aislada más significativa del país. Constituye la quinta montaña más alta de México.

El Parque Nacional Malinche o Matlalcuéyatl es el onceavo parque con mayor extensión, de los 67 Parques Nacionales decretados en el país y comprende una superficie total de 46 112.2447 hectáreas.



## Capítulo IV

### Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

#### 4.1 Elementos demográficos

##### Dinámica demográfica

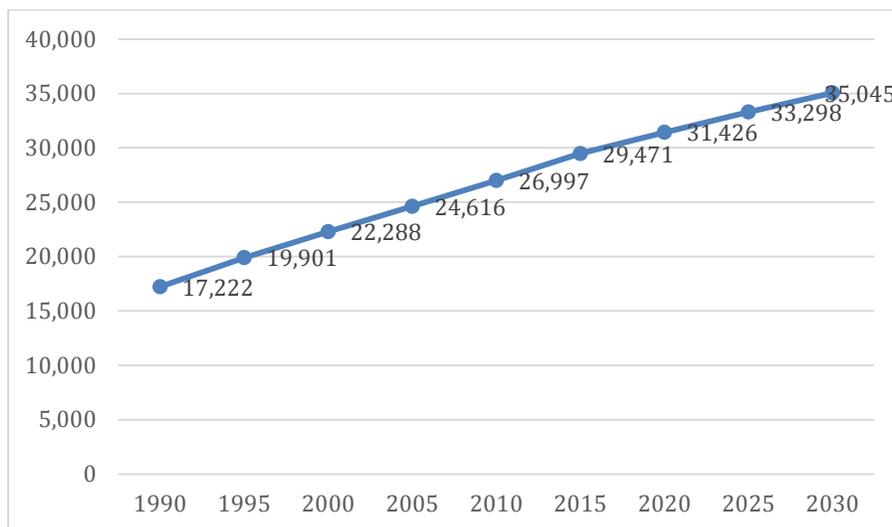
De acuerdo con el censo realizado por el INEGI en 2010, el municipio contaba con 26 997 habitantes distribuidos en 9 localidades. De ellas, 2 contaban con más de mil habitantes, el resto tenía entre tres y 57 habitantes. Entre las localidades con más habitantes ambas pueden ser consideradas urbanas por tener más de 2 500 habitantes, en ellas habita el 99% del total de la población, mientras el 0.6% restante se considera población rural.

La población del municipio se considera pequeña porque representa el 2.3% del total de la población del estado de Tlaxcala, que corresponde a 1,169,936 y menos del 1% de la población de la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala, donde habitan en total 2,728,790 personas.

##### Proyección al 2030

Pese a la poca cantidad de población, ésta ha aumentado constantemente en las últimas décadas. En la gráfica se observa que entre 1990 y 2010 la población creció poco más del 64 por ciento. La población ha aumentado en las últimas décadas con una tasa constante de crecimiento. En la siguiente gráfica se observa que entre 1990 y 2010 la población creció a un ritmo homogéneo. De acuerdo con las proyecciones de la población por municipios y localidades de la CONAPO, la población del municipio de Papalotla de Xicohtécatl en 2030 será de 35,045 habitantes.

**Grafica 1. Evolución de la población y proyecciones en el municipio Papalotla 1990-2030**

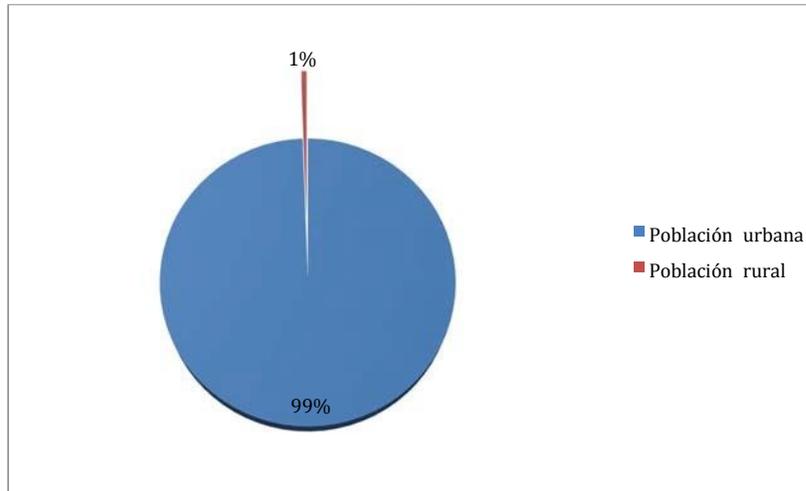


Fuente: Elaboración propia con los censos de población de 2000 y 2010 y los conteos de 1995 y 2005 del INEGI y Proyecciones de la población por municipios y localidades 2010-2030 de CONAPO

### Distribución de la población

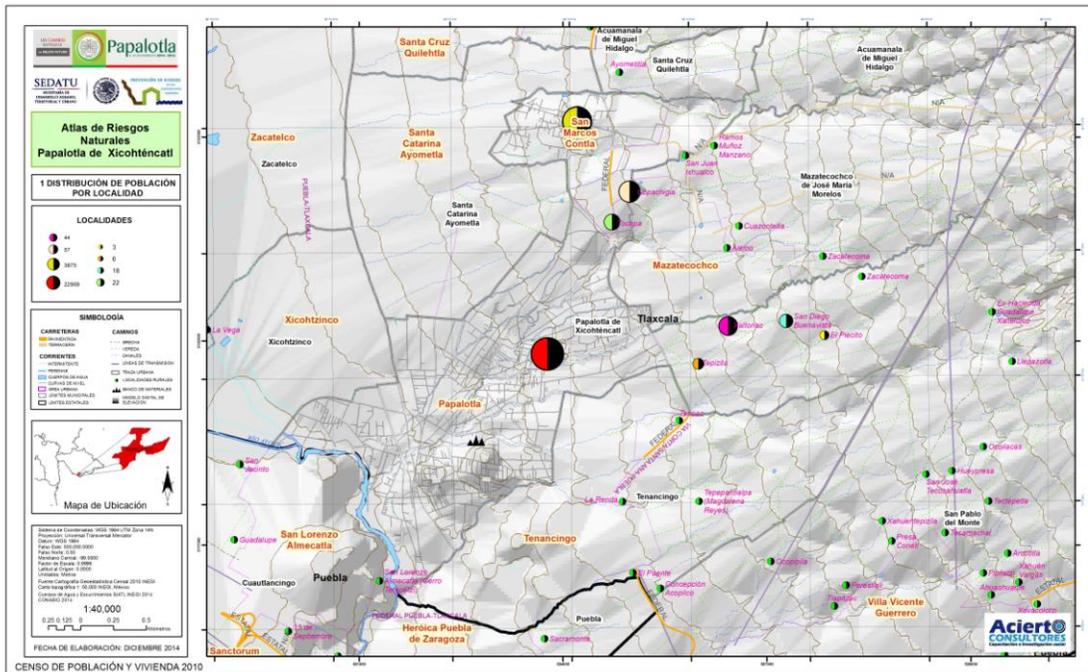
Las localidades Papalotla y San Marcos Contla son las únicas que se consideran urbanas pues en ellas habitan 22 969 y 3 875 personas respectivamente. En la siguiente gráfica podemos observar la distribución de la población de acuerdo al tipo de localidad en la que habitan.

**Grafica 2. Distribución de la población municipal**



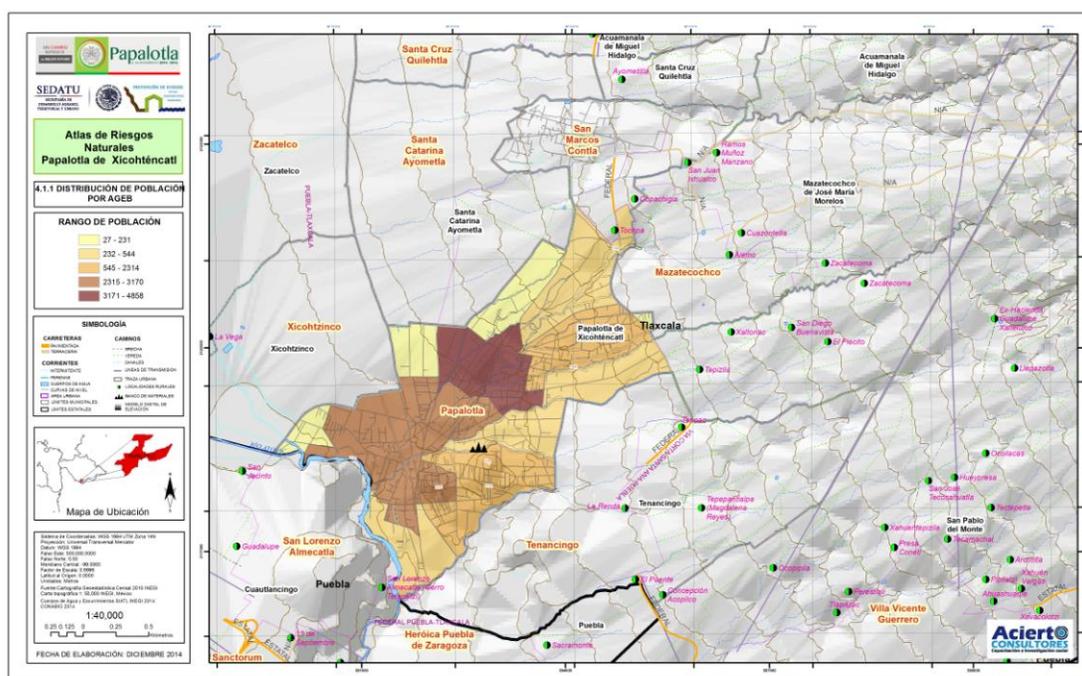
Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda, 2010, INEGI

**MAPA 16 Distribución de la población por localidad en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl**



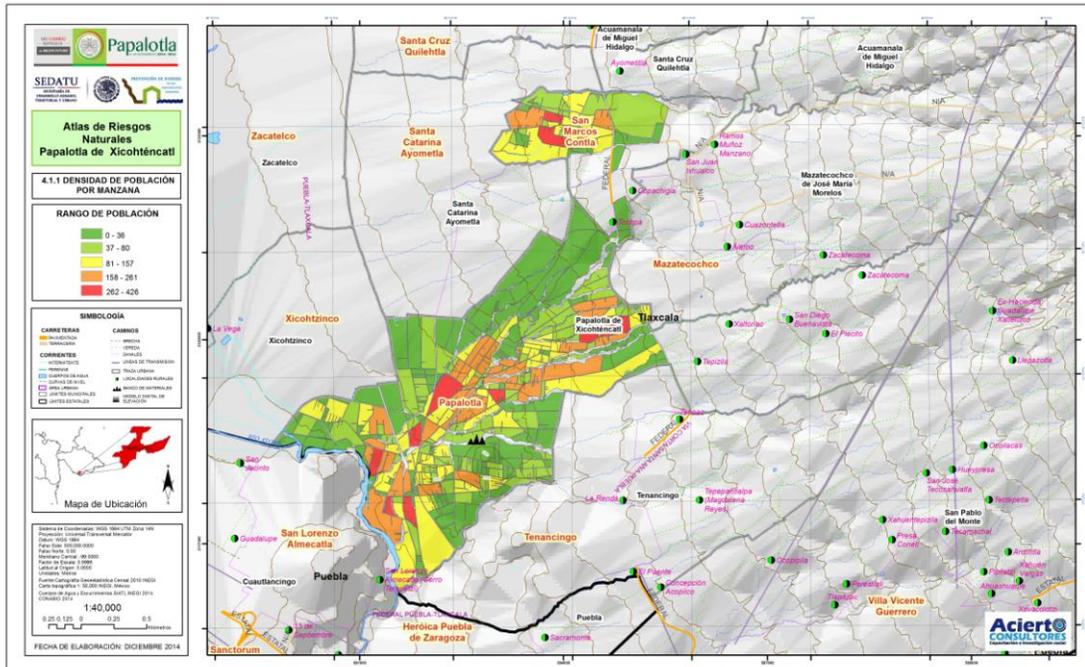
En cuanto al tamaño de la población de las localidades que integran el municipio se realiza una clasificación según rangos. En el mapa “Distribución de la población por AGEB” puede observarse dicha distribución, donde claramente la zona más oscura (correspondiente al rango más elevado de población) se ubica en las localidades centrales que son la cabecera, Papalotla, y en un tono más degradado puede observarse también San Marcos Contla.

**MAPA 17** Distribución de la población por AGEB en la localidad Papalotla de Xicohténcatl



La población presenta una marcada y normal tendencia a concentrarse en el centro de las localidades urbanas. Podemos ver claramente en el mapa cómo hacia el centro de San Marcos Contla y Papalotla los niveles de población aumentan, mientras hacia la periferia disminuyen bastante.

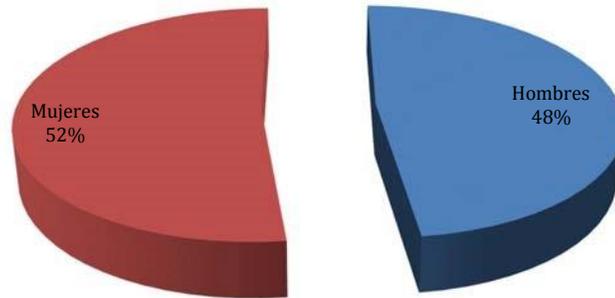
**MAPA 18 Distribución de la población en el municipio por manzana urbana, Papalotla 2010**



### Estructura poblacional

El 52% de la población en el municipio son mujeres y 48% son hombres, (Gráfica 3) lo que resulta en una relación hombre-mujer de 92.5. Dicha relación es ligeramente menor a las proporciones estatales y nacionales, por lo que se considera normal.

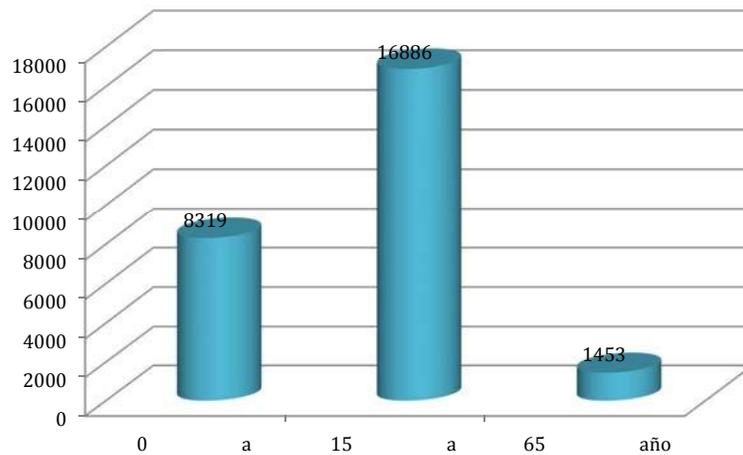
**Grafica 3. Distribución de la población por sexo, Papalotla de Xicohténcatl**



Fuente: Elaboración propia con información del XIII Censo Nacional de Población y Vivienda, INEGI 2010

Respecto a las edades, según el censo de 2010 (INEGI), del total de personas que habitan el municipio, 16,886 (63.3%) tienen entre 15 y 64 años, es decir, se encuentran en edad productiva; 8,319 (31.2%) son niños entre 0 y 14 años y solamente 1,453 (5.4%) tienen 65 años o más, es decir, su edad productiva se considera estadísticamente terminada. En la gráfica 4 se observa dicha distribución de la población, donde se demuestra que la población en edad de mayor productividad económica domina en la población y por lo tanto es un momento propicio para el desarrollo económico del municipio.

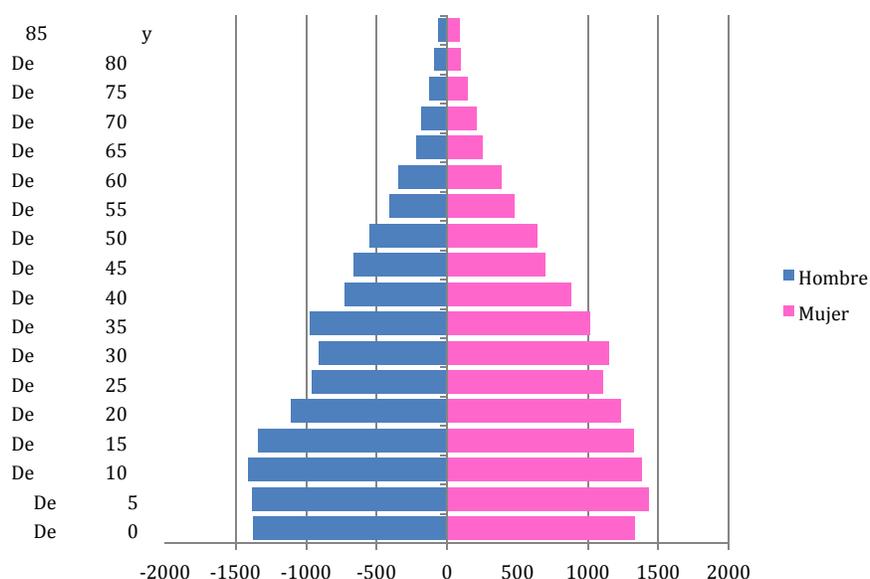
**Grafica 4. Distribución de población por grupos de edad**



Fuente: Elaboración propia con información del XIII Censo Nacional de Población y Vivienda, INEGI 2010

Al realizar la observación por quinquenios de edad y sexo (pirámide poblacional), mostrado en la gráfica 5, puede observarse que el grupo de menor edad (0 a 4 años) es tan reducido como el siguiente (5 a 9 años), lo cual nos indicaría, si se genera una tendencia de disminución en los siguientes años, que la población está pasando por una transición demográfica. Si es el caso, dicha transición apenas comienza y los indicadores sólo nos permiten observar que el municipio en algunas décadas tendrá un crecimiento poblacional más lento debido a menor cantidad de nacimientos cada año. Actualmente (mientras el presente Atlas sea vigente) esta situación demográfica no debe constituir ningún tipo de alarma.

**Grafica 5. Pirámide de población por sexo en el Municipio de Papalotla de Xicohténcatl**



Fuente: Elaboración propia con datos de CID (Consulta Interactiva de Datos) del Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

## Mortalidad

En el 2012 las cifras sobre mortalidad del INEGI registran 90 decesos en el municipio. Las principales causas de muerte son enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas, enfermedades del sistema circulatorio y causas externas de morbilidad y de mortalidad (accidentes, caídas, lesiones o envenenamiento).

Las enfermedades y padecimientos causantes de muerte son similares en hombres y mujeres, sin embargo destacan las causas externas de morbilidad y de mortalidad que son muy superiores para hombres respecto a las mujeres, lo cual es relativamente común por motivos culturales. Los fallecimientos por desastres naturales no aparecen en las principales causas de muerte (Tabla 8) porque dicho tipo de eventos ocurridos en el municipio no han tenido un nivel tan elevado de gravedad.

**TABLA 8. Principales causas de muerte según sexo en el municipio Papalotla de Xicohténcatl, 2012**

Causa de muerte	Total	Hombre	Mujer
Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas	34	17	17
Enfermedades del sistema circulatorio	20	9	11
Causas externas de morbilidad y de mortalidad	11	9	2
Tumores (neoplasias)	8	4	4
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte	6	4	2
Enfermedades del sistema digestivo	4	2	2
Enfermedades del sistema respiratorio	2	1	1
Enfermedades del sistema genitourinario	2	2	
Trastornos mentales y del comportamiento	1	1	
Enfermedades del sistema nervioso	1		1
Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	1		1
<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>49</b>	<b>41</b>

Fuente: Consulta interactiva de datos, estadísticas de mortalidad, INEGI 2012.

### Densidad de población

La densidad poblacional es de 1,302.43 habitantes por km<sup>2</sup>, la cual equivale a 13 habitantes por hectárea. Para tener un comparativo del indicador, en la Tabla siguiente se enlistan las densidades en otras unidades territoriales, de acuerdo con la información del INEGI.

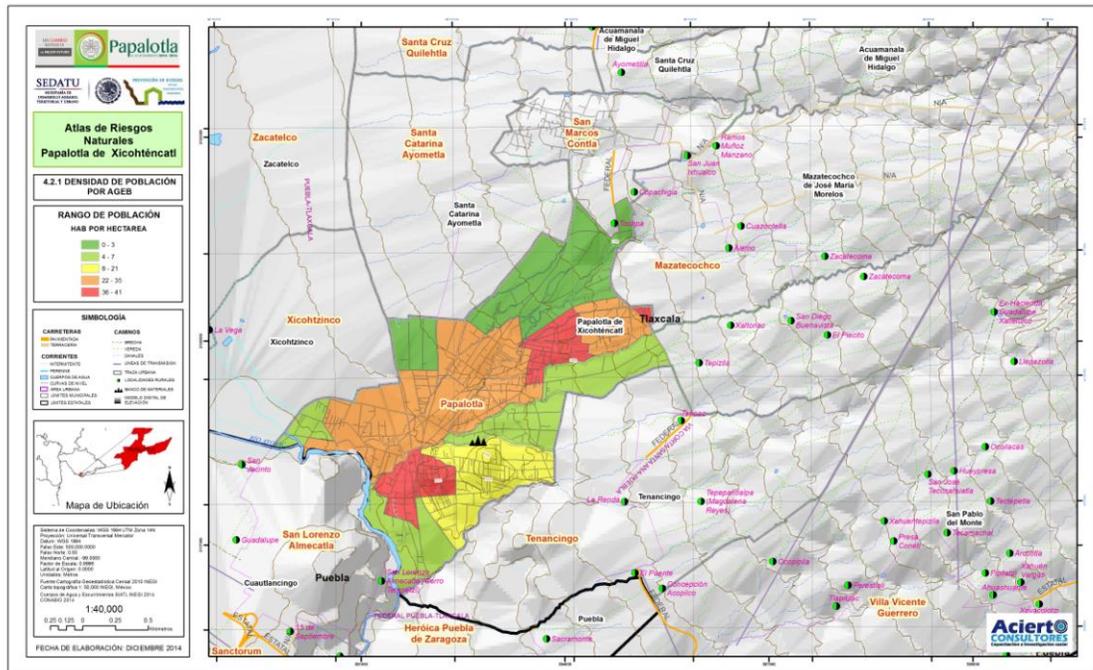
TABLA 9. Densidad poblacional de diferentes unidades territoriales

Unidad territorial	Densidad promedio (hab por km <sup>2</sup> )
Papalotla	1,302.43
Tlaxcala	293 .00
Distrito Federal	5,920.00
México	57.00

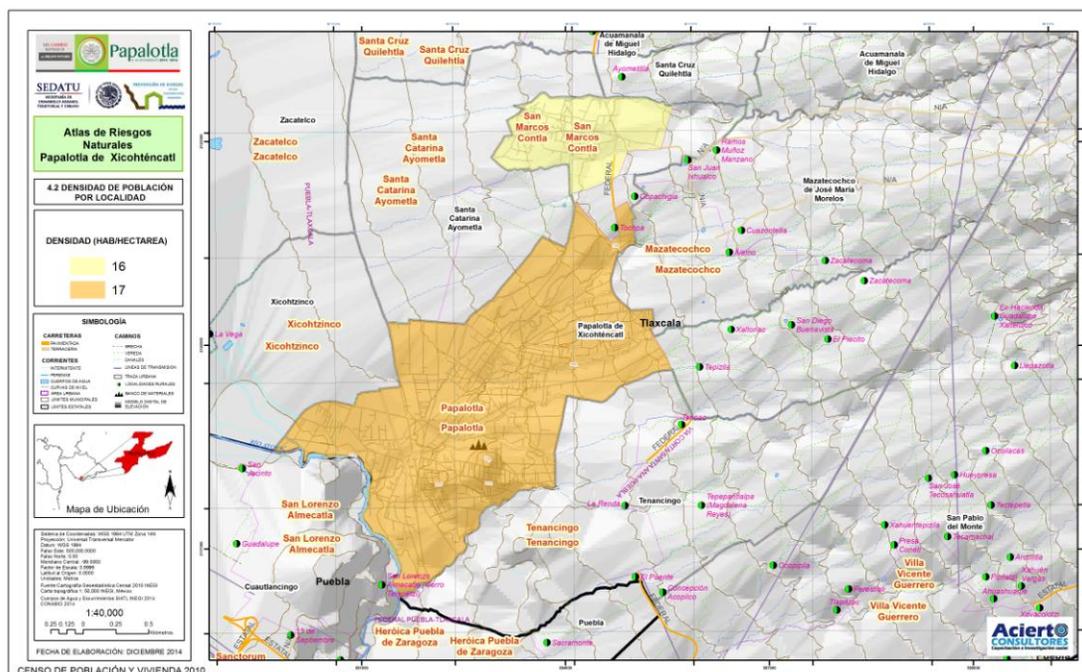
Fuente: Cédulas de información municipal de SEDESOL

Al presentar una baja densidad poblacional, la localidad urbana no enfrenta un peligro alto en caso de desastre para evacuar adecuadamente las zonas de riesgo. Considerando la densidad diferenciada que puede observarse en el mapa Densidad de población por AGEB, podemos afirmar que los más altos niveles de densidad no se encuentran en el centro de la localidad de Papalotla, sino en zonas vecinas. Asimismo, en las zonas marginales del municipio observamos niveles bajos de marginación, por lo cual sería más fácil evacuar dichas zonas, la mayoría con una densidad entre 0 y 21 habitantes por hectárea.

**MAPA 19 Densidad poblacional por AGEB. Localidad Papalotla de Xicohténcatl**



MAPA 20 Densidad poblacional. Localidades urbanas



## 4.2. Características sociales

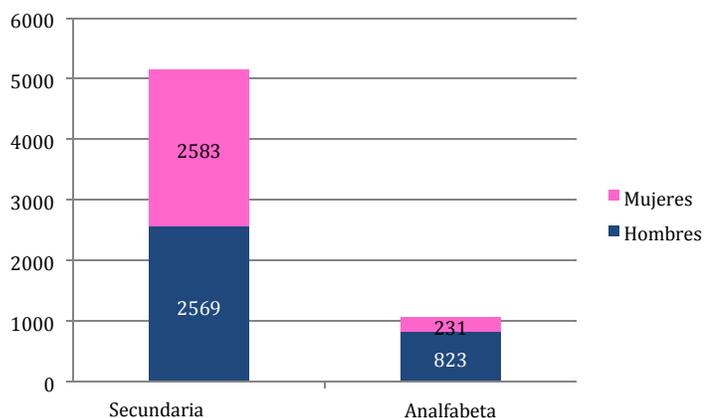
### Escolaridad

La importancia de conocer el nivel educativo de un municipio o localidad radica en la posibilidad que ésta facilita la comunicación y mejora la respuesta de la población en un caso de emergencia. Para el municipio de Papalotla de Xicohténcatl el grado promedio de escolaridad es de 8.9 años, equivalente a haber ingresado a secundaria y prácticamente lograr terminar el tercer año. Existe menor nivel educativo en las mujeres en relación con los hombres ya que ellas acuden en promedio 8.63 años a la escuela y ellos 9.18 años. La localidad con mayor nivel educativo es la cabecera municipal, Papalotla, en ella el grado promedio de escolaridad general es de 9.08, para las mujeres equivale a 8.86 y para hombres a 9.34.

En este sentido, la población de 15 años y más con secundaria terminada es considerablemente mayor, como se aprecia en la Gráfica 6. El mayor rezago educativo

masculino está presente en ambos casos: existen menos mujeres analfabetas y más mujeres con secundaria terminada.

**Grafica 6. Población de 15 años y más. Comparativo analfabetas y con secundaria terminada por sexo**



Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

### Hacinamiento y condición de la vivienda

El hacinamiento en el municipio es ligeramente más elevado que en el resto de la entidad. En cada vivienda en promedio habitan entre 4 y 5 personas y por habitación hay entre una y dos. El 42.83% de las viviendas, según CONAPO, cuenta con algún nivel de hacinamiento. El promedio de habitantes por vivienda más alto del municipio se registra en la localidad Xaltonac, con 4.89 hab/viv; el número promedio de ocupantes por cuarto es de 1.91, lo que la mantiene en un rango cercado al promedio municipal.

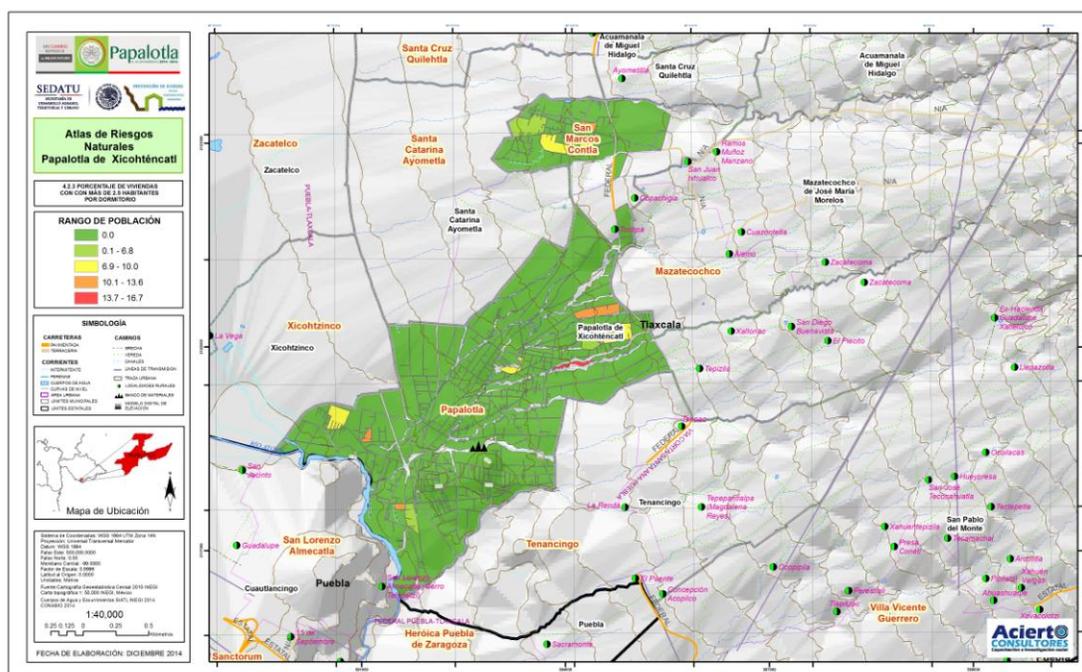
En el municipio 23% de los jefes de familia son mujeres, en concordancia con el 23% de jefatura femenina en hogares a nivel estatal y el 25% a nivel nacional. La localidad con mayor proporción de jefatura femenina es Lomas del Pedregal (Cuachipotla), donde 43% de los hogares pertenecen a dicha categoría. Es importante considerar esta circunstancia debido a que frecuentemente los hogares con jefatura femenina son monoparentales y las dificultades para poner a la familia a salvo aumentan.

El promedio de la proporción de viviendas con más de 2.5 habitantes por dormitorio es de 34.1%, lo que es un indicador de hacinamiento. Sin embargo, sólo 6 AGEBS de 16 superan ese promedio, ubicadas en las orillas de la localidad urbana Papalotla; y sólo una

supera el 50% (con 60% de viviendas en dicha condición), se ubica al sur del municipio en la misma localidad que las anteriores.

No se puede observar una distribución geográficamente homogénea de las otras AGEBs en relación con su nivel de hacinamiento, pues las que van del 24 al 33 por ciento se encuentran distribuidas al interior y en los márgenes de las dos localidades urbanas, al interior y en los márgenes.

**MAPA 21** Porcentaje de viviendas con más de 2.5 habitantes por dormitorio por AGEB, municipio de Papalotla de Xicohténcatl 2010.



El nivel de hacinamiento se puede considerar bajo. En general, el municipio presenta porcentajes muy cercanos a cero en el número de viviendas que tienen 3 habitantes por habitación en la mayoría de sus manzanas, que se observan de color verde en el mapa. Sin embargo, de las siete manzanas que superan el 10% de viviendas con hacinamiento, dos están ubicadas hacia el norte, dos en el Suroeste y tres en el centro-norte municipal.

En lo que respecta a las condiciones de las viviendas particulares habitadas en el municipio destaca que el 95% de ellas cuentan con los tres servicios básicos dentro del terreno –luz eléctrica, agua entubada y drenaje–, éstas se encuentran casi en su totalidad en las localidades urbanas del municipio. El 5% de las viviendas restante no cuenta con los tres servicios y se ubican en localidades rurales.

La cobertura de los servicios en la vivienda se presenta en el siguiente mapa, donde se observa que la mayoría de las viviendas urbanas tienen acceso a luz eléctrica, agua entubada y drenaje. Destaca que la AGEB con menor proporción de abasto en dichos servicios cuenta con el mayor porcentaje de viviendas con hacinamiento y se ubica en el centro del municipio en el occidente de la localidad Papalotla; a sus costados se encuentran las otras dos áreas urbanas con menos del 85% de las viviendas con cobertura, generando una zona importante de marginación de la vivienda. Esto nos indica que en la cabecera municipal aún hay zonas donde la calidad de la vivienda es precaria, lo cual debe tomarse en cuenta en caso de desastre.

Por otro lado, cuatro AGEBs tienen más de 97% de cobertura en dichos servicios y se ubican cerca del centro de la cabecera municipal. Al norte y sur del municipio, se presentan los niveles intermedios de cobertura, que oscilan entre 86.2 y 96.7 por ciento.

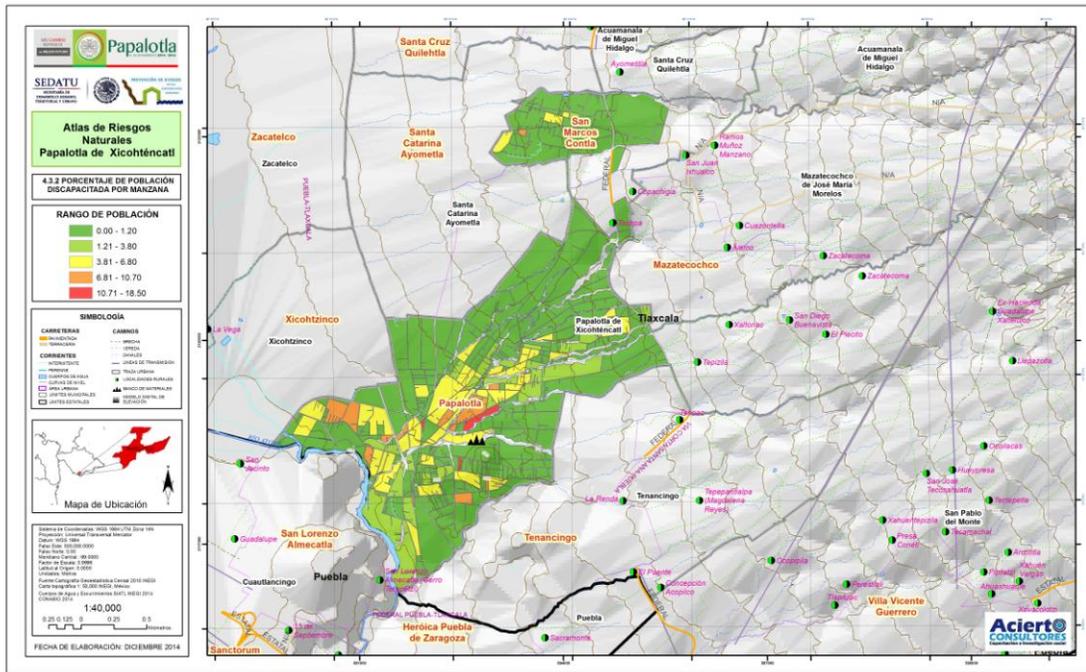
La cobertura de los servicios en las viviendas se presenta en el siguiente mapa, donde se observa que la mayoría de las viviendas urbanas tienen acceso a luz eléctrica, agua entubada y drenaje. Destaca que las manzanas con menor proporción de abasto en dichos servicios se ubican en los alrededores de la localidad Papalotla, generando una zona importante de marginación de la vivienda. El mismo mapa nos indica que en la cabecera municipal aún hay zonas donde la calidad de la vivienda es precaria, lo cual se observa al centro de la localidad urbana y debe tomarse en cuenta en caso de desastre. Del mismo modo, se observan varias manzanas donde la cobertura de dichos servicios no supera el 70 por ciento de las viviendas, a pesar de que se hable de localidades urbanas; éstas se ubican cerca del centro de la cabecera municipal, al norte y oeste del municipio.

### **Población con discapacidad**

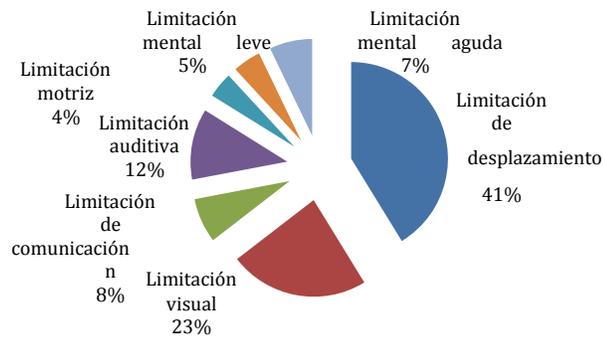
En el municipio habitan 783 personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana, lo que equivale al 3% de la población. Las principales limitaciones o discapacidades son las relacionadas con el desplazamiento, facultades visuales y auditivas; todas ellas pueden, potencialmente, aumentar la vulnerabilidad de la población que las padece en caso de desastre. En la siguiente gráfica (Gráfica 7) se muestran todas las limitaciones contabilizadas y la proporción de incidencia con que se presentan, véase la tabla que muestra la descripción de cada limitación y el mapa que muestra el número de personas discapacitadas por localidad).

Al observar la discapacidad por manzana notamos que 93% de las personas con alguna discapacidad habitan al noreste del municipio, en la localidad de Papalotla, mientras únicamente el 7% restante viven en San Marcos Contla. Las manzanas con las proporciones más altas de personas con discapacidad se ubican hacia el centro y sur del municipio, mientras hacia el norte se presentan proporciones muy reducidas de individuos con dicha condición.

### MAPA 22 Población con discapacidad por manzana urbana en Papalotla, 2010



**Grafica 7. Incidencia de tipo de discapacidad en Papalotla de Xicohténcatl, 2010**



Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

TABLA 10. Detalle del tipo de discapacidad

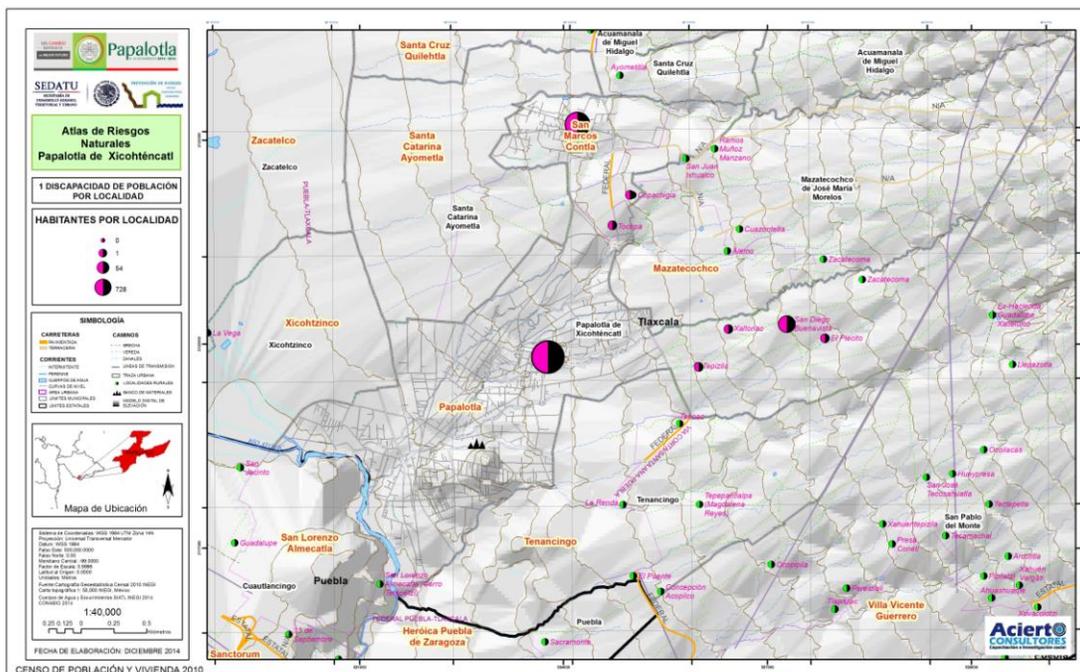
## Descripción de discapacidades

<b>Limitación de desplazamiento</b>	Personas con dificultad para caminar o moverse, subir o bajar.
<b>Limitación visual</b>	Personas con dificultad para ver, aun cuando usen lentes.
<b>Limitación de comunicación</b>	Personas con dificultad para comunicarse con los demás o que tienen limitaciones para la recepción y producción de mensajes para hacerse entender a través del lenguaje, signos y símbolos.
<b>Limitación auditiva</b>	Personas con dificultad para escuchar, aun usando aparato auditivo.
<b>Limitación motriz</b>	Personas con dificultad para bañarse, vestirse y/o comer.
<b>Limitación mental leve</b>	Personas con dificultad para mantener un nivel de atención en cosas sencillas.
<b>Limitación mental aguda</b>	Personas con dificultad o con alguna limitación mental.

Fuente: INEGI

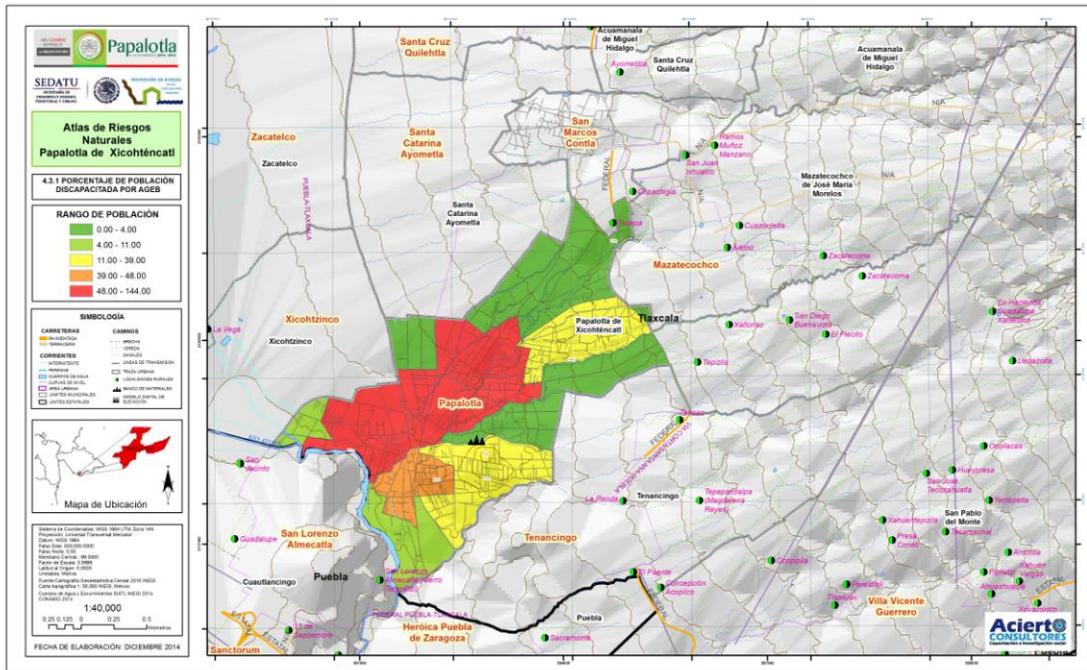
La localidad con mayor número de discapacitados es la cabecera municipal con 728 por tener al mayor número de habitantes total, conforma un porcentaje del 93% del total de los discapacitados en el municipio. La otra localidad urbana, San Marcos Contla, tiene 54 habitantes con alguna limitación y representa al 6.9% de la población con alguna discapacidad. Finalmente, San Diego Buenavista tiene un habitante con discapacidad, el cual representa tan solo al 0.1% del total de discapacitados.

MAPA 23 Población con discapacidad por localidad en el municipio Papalotla de Xicohténcatl



Al observar la discapacidad por AGEB notamos que 93% de las personas con alguna discapacidad habitan al noreste del municipio, en la localidad de Papalotla, mientras únicamente el 7% restante viven en la AGEB de San Marcos Contla. Las AGEB con las siguientes proporciones de personas con discapacidad se ubican hacia el centro y sur del municipio, mientras hacia el norte se presentan números muy reducidos de individuos con dicha condición.

MAPA 24 Población con discapacidad por AGEB urbana en Papalotla, 2010



### Marginación y pobreza

El grado de marginación del municipio es bajo y ocupa el lugar 51 en el contexto estatal (ver la tabla siguiente de indicadores de marginación). Para entender dicho resultado es importante destacar que 12.8 por ciento de la población mayor de 15 años no estudió la primaria completa, que 42.83% de las viviendas tienen algún nivel de hacinamiento y que el 46.95% de la población ocupada tiene ingresos de hasta dos salarios mínimos.

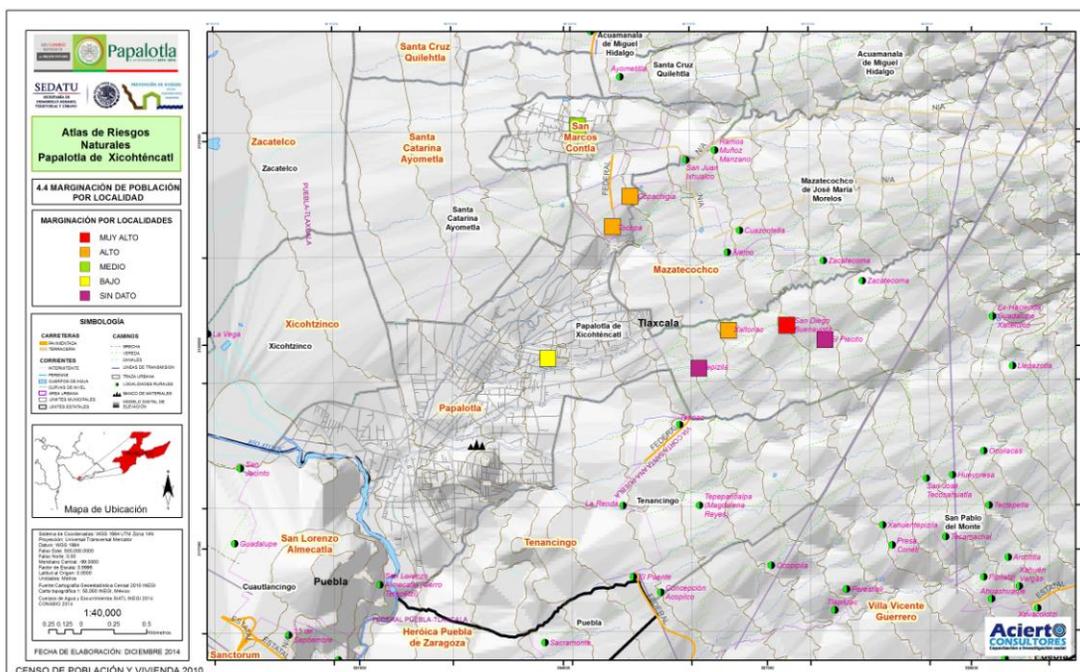
TABLA 11. Indicadores de marginación para el Municipio Papalotla

Indicador	Índice de marginación	Grado de marginación	Índice de marginación escala 0 a 100	Lugar que ocupa en el contexto estatal	Lugar que ocupa en el contexto nacional
Resultado	-1.24392	Bajo	13.617	51	2,192

Fuente: Índice de marginación por entidad federativa y municipio de CONAPO

El Mapa denominado Grado de marginación por localidad presenta los niveles de marginación de las localidades según el mismo criterio utilizado para evaluar al municipio. Como podemos observar, la localidad San Diego Buenavista presenta el grado más alto de marginación, Tochpa, Lomas del Pedregal (Cuachipotla) y Xaltonac tienen un nivel alto de marginación; todas las localidades anteriores deben tener prioridad en casos de riesgo. Finalmente, San Marcos Contla tiene un índice medio y Papalotla bajo. Ninguna localidad tiene un grado muy bajo de marginación.

**MAPA 25** Grado de marginación por localidad en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl



Respecto a la relación de la pobreza con el nivel de riesgo es necesario saber que es una situación que limita las capacidades de desarrollo y acción en diversos aspectos de quienes las padecen. En el mismo sentido, la vulnerabilidad social producida por la pobreza incrementa también la vulnerabilidad frente a un desastre natural. Si la población no puede cubrir ciertas necesidades en condiciones normales, las dificultades para satisfacerlas en caso de emergencia disminuirán aún más. En respuesta a ello la población en condiciones de pobreza debe ser prioridad para otorgarles ayuda.

En el caso particular de Papalotla de Xicohténcatl el índice de rezago social es calificado como muy bajo (CONEVAL). Aunado a ello, los niveles de pobreza no son tan elevados en comparación con otros municipios, el porcentaje de personas en pobreza alimentaria en el municipio se muestra en la tabla a continuación comparado con otros municipios:

**TABLA 12. Comparativo de niveles de pobreza en Papalotla de Xicohténcatl, Estado de Tlaxcala y otros municipios**

Indicador	Pobreza alimentaria
Papalotla de Xicohténcatl	22.3
Benito Juárez, D. F.	0.5
San Juan Tepeuxila, Oaxaca	46.2

Fuente: CONEVAL, 2010

### Población indígena

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) pregunta si el habitante habla una lengua indígena para considerarlo o no indígena en los censos y conteos de población y vivienda. En consecuencia con lo anterior y para el presente atlas se considerarán como indígenas quienes hayan sido contabilizados en el último censo como hablantes de alguna de dichas lenguas, aunque además hablen español.

Para este municipio en 2010, el 2.4% de la población de 3 años y más aceptó hablar una lengua indígena, lo que equivale a 591 habitantes, 52% hombres y 48% mujeres. En las localidades urbanas se presentaron distintos porcentajes: Papalotla tiene 2.5% y San Marcos Contla 1.4%. De las localidades rurales, Xaltonac destaca por tener un 5% de habitantes indígenas, sin embargo su población es tan reducida que esta cifra equivale a sólo 2 personas.

De las localidades mencionadas, Papalotla tiene un nivel bajo de marginación, San Marcos Contla medio y Xaltonac alto.

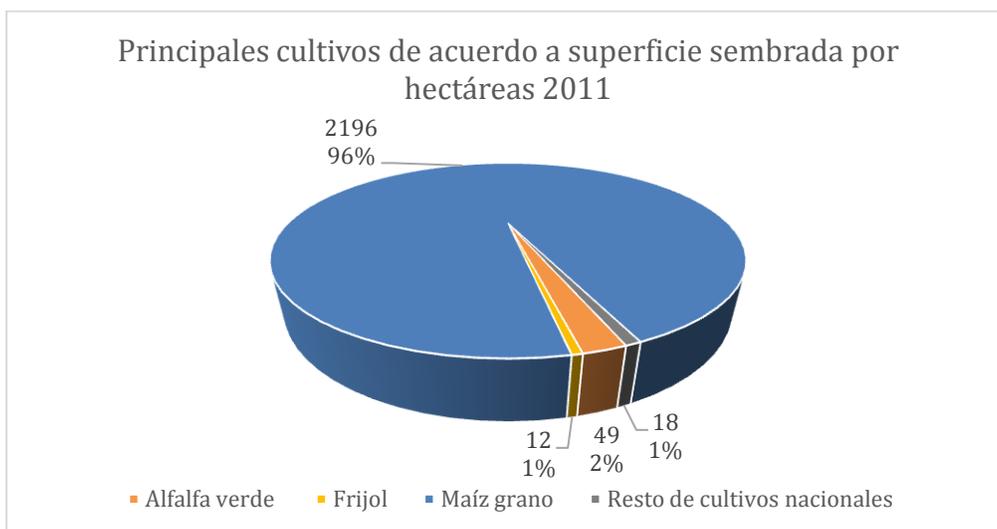
## 4.3 Principales actividades económicas en la zona

### Actividad económica primaria

El municipio de Papalotla de Xicohténcatl destina un total de 2,275 ha a la producción de cultivos, siendo su principal producto el maíz grano con un 96% de la superficie destinada

a dicho cultivo, el 4% restante se distribuyen entre el cultivo de alfalfa verde, frijol y el resto de los cultivos nacionales, con base en la información obtenida del INEGI 2011. (Gráfica 8).

**Gráfica 8. Producción agrícola del municipio Papalotla de Xicohténcatl**



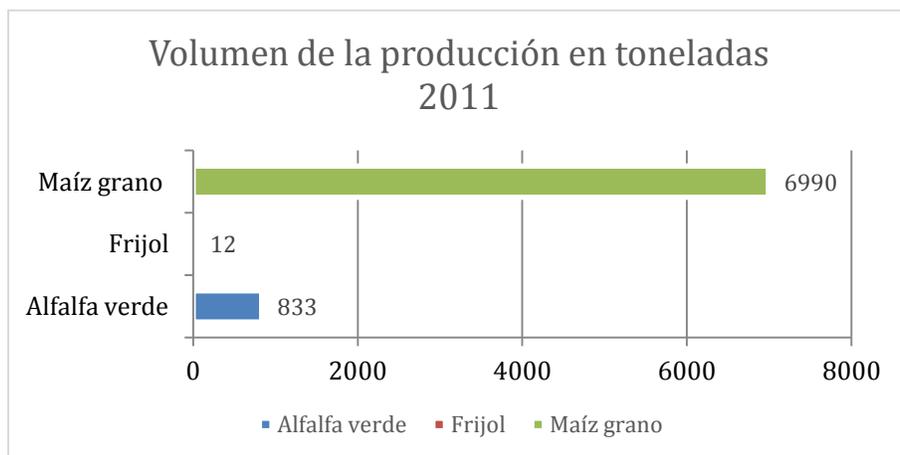
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI 2011

Es importante mencionar que para el año 2011, según cifras del INEGI, la superficie cultivada correspondió a la superficie sembrada sin observar mermas.

Observándose una producción de 6 990 ton de maíz, 833 ton de alfalfa verde y 12 ton de frijol. Cabe destacar que también se produce haba verde y zempoalxochitl (Gráfica 9).

La actividad agrícola desarrollada en el municipio es básicamente de temporal ya que sólo un 11% de la superficie cultivada es de riego; asimismo es importante hacer énfasis en el reducido uso de tecnología en el campo, puesto que sólo el 7% de la tierra de labor está mecanizada.

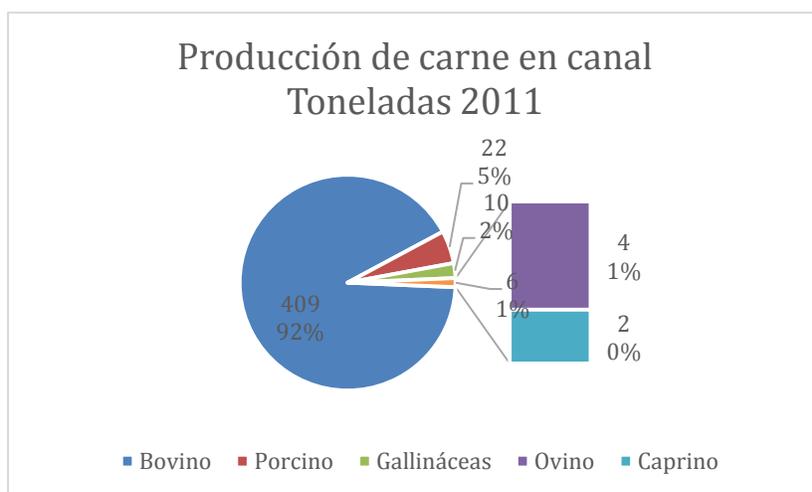
**Grafica 9. Volumen de la producción agrícola del municipio Papalotla de Xicohtécatl**



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI 2011

Respecto a la actividad ganadera los principales productos son: carne en canal de bovino, porcino, gallináceo y con una producción menor ovino, caprino y carne de guajolote con tan solo una tonelada producida esta última; el valor total de la producción de carne en canal es de \$14, 927 000 (Gráfica 10).

**Grafica 10. Producción ganadera en 2011**



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI 2011

De acuerdo con información del INEGI en el 2011 se produjeron 773 000 litros de leche de bovino, 15 toneladas de huevo, 3 toneladas de miel y 2 toneladas de lana sucia. A continuación, en la tabla se muestra el valor de la producción de estos derivados en miles de pesos.

**TABLA 13. Valor de la producción de los derivados de la actividad ganadera  
(Miles de pesos)**

Leche de bovino	Huevo para plato	Lana sucia
3504	221	10

**Nota:** El valor de la producción se obtiene de multiplicar el volumen de producción de cada producto por la cotización donde quede representada la totalidad de la producción comercializada o no.

Debido al redondeo de las cifras, la suma de los parciales puede o no coincidir con los totales

**Fuente:** INEGI Anuario Estadístico de Tlaxcala 2012-2013

### Actividad económica secundaria

De acuerdo con el último censo económico del INEGI 2009, en el municipio de Papalotla de Xicohtécatl se cuenta con 258 industrias dedicadas a la manufactura, de las cuales 92 corresponden a la industria alimentaria y 81 a la fabricación de prendas de vestir; destaca también la fabricación de productos metálicos y a base de minerales no metálicos por ser estas cuatro las que mayor personal ocupan.

Existen además 7 establecimientos dedicados a la elaboración de artesanías de madera con un personal ocupado de 8 personas, contabilizados al 31 de diciembre del 2011 con datos del Fideicomiso Casa de las Artesanías.

### Listado de Unidades económicas en el municipio

Actividad Económica	Unidades económicas
Industrias manufactureras	258
Industria alimentaria	92
Industria de las bebidas y del tabaco	*
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	14
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	6
Fabricación de prendas de vestir	81
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	*
Industria de la madera	8
Impresión e industrias conexas	*
Industria química	*
Industria del plástico y del hule	*
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	12
Fabricación de productos metálicos	24
Fabricación de equipo de transporte	*
Fabricación de muebles, colchones y persianas	6
Otras industrias manufactureras	*
Fuente INEGI. Censos económicos 2009. Resultados definitivos	

La columna unidades económicas se encuentra inhibida en varios renglones, mostrando un asterisco (\*). Esto se debe a que la ley del sistema nacional de información estadística y geografía, en vigor, en sus artículos 37, 38, 42 y 47 establece la confidencialidad de la información.

De acuerdo con el Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) existen 103 unidades económicas registradas en el municipio; de las cuales 11 emplean entre 50 y 250 personas, en tanto 3 generan más de 250 empleos cada una. A continuación en la siguiente tabla, agregamos el listado de las empresas registradas en el SIEM que emplean el mayor número de personas en el municipio.

**TABLA 14. Listado de las principales empresas del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

No	RAZÓN SOCIAL	DOMICILIO	COLONIA	GIRO	RANGO DE EMPLEADOS
1	MALTA TEXO DE MEXICO S.A. DE C.V.	TLAXCALA SUR No. 75	PANZACOLA	ELABORACION DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES	51 a 250
2	REFACCIONES Y ACCESORIOS MECANICOS S.A. DE C.V.	GENERAL MAXIMO ROJAS No. 9	SAN BUENAVENTURA	FABRICACION DE REFACCIONES PARA MAQUINARIA PARA LA INDUSTRIA EN GENERAL	51 a 250
3	TALLERES MECANICOS MONTSERRAT S.A. DE C.V.	REFORMA SUR No. 27	PANZACOLA	FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE OTRAS PIEZAS AUTOMOTRICES (BOMBAS DE AGUA; BOMBAS DE GASOLINA; FILTROS)	51 a 250
4	SINTERAMA DE MEXICO S.A. DE C.V.	REFORMA SUR No. 27	PANZACOLA	FABRICACION DE HILOS TECNICOS	51 a 250
5	IMPULSORA TLAXCALTECA DE INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.	REFORMA SUR No. 25	SAN BUENAVENTURA	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PREFABRICADOS DE CONCRETO	51 a 250
6	REVESTIMIENTOS PORCELANITE LAMOSA, S.A. DE C.V.	CARRETERA PUEBLA-SANTA ANA VIA CORTA No. KM. 14.5	SAN MARCOS CONTLA	FABRICACION Y RECUBRIMIENTO CERAMICO DE PISO Y MURO	MAYOR A 250
7	GROUP SWEETLONG INTERNATIONAL, S.A. DE C.V.	PUEBLA-TLAXCALA No. KM. 14.5	SAN FRANCISCO PAPALOTLA	ELABORACION DE SANDALIA DE PLASTICO	MAYOR A 250
8	CONSORCIO INDUSTRIAL MEXICANO DE AUTOPARTES, S DE R L DE CV	REFORMA SUR No. 27	SAN BUENAVENTURA	FABRICACIÓN DE ASIENTOS PARA AUTOMOVIL	MAYOR A 250

Fuente Sistema de Información Empresarial Mexicano, Secretaria de Economía, 2010

**TABLA 15. De acuerdo con registros proporcionados por personal de protección civil del municipio, se tienen también las siguientes:**

Razón Social	Domicilio	Número de Empleados
ACABADOS TEXTILES ZALDO SA DE CV	PREDIO LA JOYA S/N	100
AZT INTERNACIONAL SA DE CV	REFORMA SUR N.27	2932
BENCAFSE SA DE CV	AV. TLAXCALA SUR 98	9
CAPRETEX SA DE CV	MAXIMO ROJAS N.40	120
CIADUSA SA DE CV	BENITO JUAREZ N.86 SECCION PRIMERA	12
CONFECCIONES Y PUNTADAS SA DE CV	EDIFICIO FOLTON	130
DRAGO PUEBLA SA DE CV	KM 15 CARRETERA VIA CORTA PUEBLA -SANTA A	103
DISEÑO EN MARMOL Y CANTERA SA DE CV	KM 12 CARRETERA PUEBLA TLAXCALA	77
DRUCKER´S SA DE CV	BRAULIO RODRÍGUEZ 1812	10
EISSMANN SA DE CV	MAXIMO ROJAS 40 E	4
GABYFIEL SA DE CV	KM 1 CARRETERA TENANCINGO PANZACOLA	120
GRANITOS NATURALES BETA SA DE CV	PUEBLA - TLAXCALA KM. 12	22
HACTEX SA DE CV	EXFABRICA EL VALOR PANZACOLA	35
SPINTEX SA DE CV	KM 14.5 CARRETERA FEDERAL PUEBLA TLAXCALA	341
TECNOLOGIA AVANZADA ELECTROQUIM	AV. TLAXCALA NORTE N.38	6
TEXTILES TENEXAC SA DE CV	EXFABRICA EL VALOR PANZACOLA	192
UHU SA DE CV	KM 34.5 CARRETERA PUEBLA TLAXCALA	40
VALTIC SA DE CV	FEDERAL PUEBLA-TLAXCALA No. KM. 14.5	42
ZONATEX SA DE CV	KM. 10.5 CARRETERA PUEBLA TLAXCALA No. 94	34

### Actividad económica terciaria

La actividad comercial y de abasto en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl se lleva a cabo a través de 3 tiendas Diconsa, 18 misceláneas y 9 farmacias registradas en el padrón del SIEM; así como 3 establecimientos de abasto social Liconsa que benefician a 1,029 familias.

El sector servicios cuenta con 2 oficinas postales, 3 sucursales de la banca comercial y 4 establecimientos de hospedaje con una oferta de 52 cuartos registrados.

Papalotla de Xicohténcatl posee un parque vehicular privado de 1,703 unidades en circulación, excluyendo motocicletas, de los cuales 669 son automóviles y 1,014 corresponden a camiones y camionetas para carga.

En cuanto a las finanzas públicas ejercidas, tenemos que los ingresos ejercidos son iguales a los egresos del municipio y representan el 2% de los ingresos y egresos a nivel estatal.

De acuerdo a la información del plan de desarrollo municipal 2014-2016, la inversión ejercida por obras públicas y acciones sociales durante el año 2012 asciende a los 9,572,000

**TABLA 16. Presupuesto de ingresos y egresos del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

Finanzas públicas	Papalotla de Xicohténcatl	Tlaxcala
Ingresos brutos de los municipios (Miles de pesos), 2012	55,100	2,488,079
Egresos brutos de los municipios (Miles de pesos), 2012	55,100	2,488,079

Fuente INEGI. Finanzas públicas estatales y municipales. 2012

En relación al Producto interno bruto del municipio a precios corrientes del 2005, éstos están calculados en \$1,358,556,283

**TABLA 17. Producto interno bruto del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

PIB (pesos a precios corrientes de 2005)		PIB per cápita (pesos a precios corrientes de 2005)	
En dólares	En pesos	En dólares	En pesos
<b>191,987,378</b>	1,358,556,283	7,799	55,190

Fuente: SNIM

Nota. PIB en dólares, estimación del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. PIB en pesos, estimación del INAFED con base en el PNUD e INEGI

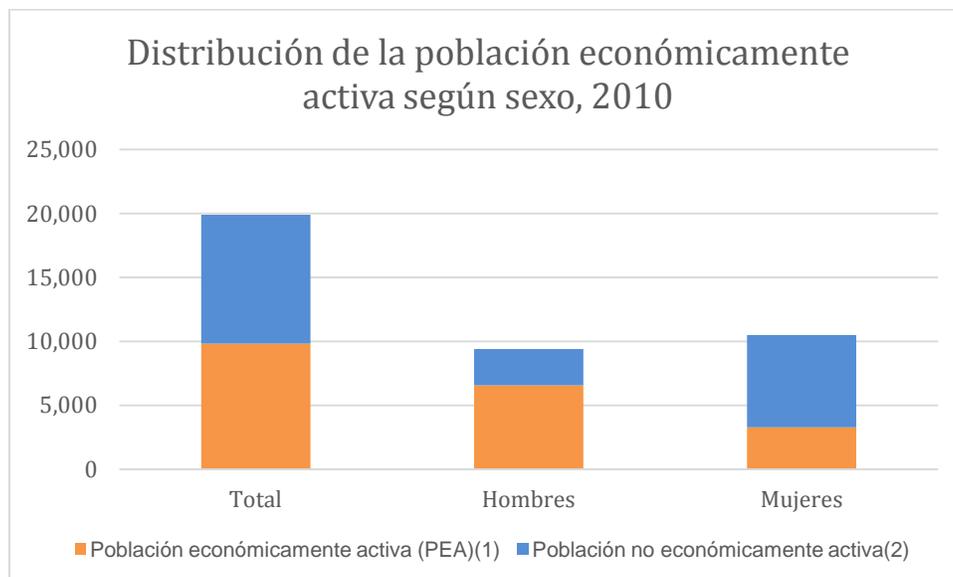
#### 4.4. Características de la Población Económicamente Activa PEA

El salario mínimo en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl corresponde al área geográfica B respecto al publicado por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos en el 2014 quedando en \$63.77

De acuerdo con los datos arrojados en el último censo nacional, Papalotla de Xicohténcatl registró más de 9,835 personas como población económicamente activa (PEA) con una tasa de desempleo del 4% y una tasa de participación económica total del 49.19%

En lo que respecta a la distribución de la población económicamente activa por sexo, nos encontramos con que el 66.68% corresponde al sexo masculino en tanto que el 33.32% al femenino (Gráfica 11).

**Gráfica 11. Tasa de participación económica por sexo del municipio de Papalotla de Xicohténcatl**



Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010.

Respecto a la participación de la población ocupada por actividad económica es importante señalar que las actividades más importantes son la industrial, que ocupa prácticamente la mitad de la PEA, con un 49% y el sector servicios que ocupa un 42%.

Con lo que la actividad agropecuaria queda marginada al 6% de la PEA siendo un medio de auto consumo para muchas familias del municipio.

**Grafica 12. porcentaje de la población ocupada por actividad económica del Municipio de Papalotla de Xicohténcatl, 2000**



Fuente: SNIM con datos del INEGI. Censo de Población y Vivienda 2000

### Equipamiento del municipio

Dentro de esta denominación se consideran todos los edificios y espacios que están destinados a dar un servicio predominantemente público, en los que la población recibe servicios que contribuyen al bienestar social y apoyo para realizar sus actividades económicas, tales como las escuelas, mercados, parques, oficinas de administración y seguridad.

La importancia de considerar elementos como estos en un atlas de riesgos naturales radica en que dadas las características de los edificios, permiten usarse como albergues o sitios para dar algún tipo de atención en el caso de desastre o emergencia. También funcionan como concentradores de población y pueden ser referencia de ubicación. Dentro de los planes de desarrollo urbano, factores como la localización, distribución, el estado en que se encuentran y los requerimientos para un buen funcionamiento deben ser tomados en cuenta.

En Papalotla de Xicohténcatl, de acuerdo con la información que proporcionó el área de Protección Civil, hay 20 guarderías y 28 escuelas en total, de éstas, 11 son de nivel preescolar, 11 son de primaria, cuatro de secundaria y dos de bachillerato y se encuentran dispersas en el territorio municipal dando atención a alrededor de 8,131 alumnos desde los 3 años de edad hasta mayores de 30 años.

Este municipio cuenta únicamente con tres unidades médicas del Instituto Mexicano del Seguro Social y una por parte de la Secretaría de Salud del Estado, en ellas laboran un total de 26 elementos de personal médico divididos en: 14 pertenecientes al IMSS, 11 de la Secretaría de Salud del Estado y uno del ISSSTE.

#### **4.5. Reserva territorial**

Con base en el comportamiento de las tasas de crecimiento que ha presentado el municipio y considerando que se conserve la misma tendencia, se prevé un incremento de población de 8,048 habitantes para el año 2030. Este incremento representa un 29.81%. Si no hubiera una densificación de las actuales zonas urbanas, es decir, que se mantuvieran también las densidades actuales, la reserva territorial necesaria sería de 6.18 kilómetros cuadrados, que tendrían que preverse en zonas de planicie o valle al oeste y noroeste del municipio, al margen de las barrancas respetando una distancia mínima de 10 metros y nunca en los cauces.

Cabe mencionar que puede darse una mayor densidad, por lo que esta superficie representa una previsión máxima en caso de mantenerse la actual tendencia de crecimiento.

Para determinar sitios para usos urbanos, se debe considerar: granulometría y textura, grado de consolidación y compactación, grado de saturación del agua, nivel freático superficial, plasticidad, expansibilidad y dispersabilidad, así como la pendiente y estabilidad de los suelos. El conocer estas características de suelo a detalle requiere de estudios específicos de campo y laboratorio.

De la visita a Papalotla se pudo observar la presencia de un horizonte endurecido, compactado o cementado, que es común en los paisajes volcánicos. El tipo de suelo que se observó es de características de baja conductividad hidráulica y retención de humedad haciéndolo poco permeable, es decir impide la infiltración del agua y favorece el escurrimiento, marcando una superficie susceptible a deslizamientos en pendientes pronunciadas.

La ubicación geográfica del municipio de Papalotla en las “faldas” del volcán de la Malinche, donde se encuentran pendientes poco pronunciadas, a diferencia de sus laderas centrales ubicadas por arriba de 3,300m, donde las pendientes son muy pronunciadas y aunado a las condiciones del suelo, propician un drenaje muy rápido, provocando erosión hídrica y la formación de grandes barrancas.

Papalotla de Xicohténcatl se encuentra inmersa en una zona de barrancas que son afluentes del río Atoyac, por lo que el área de cultivo y vivienda se restringe a las planicies que se ubican entre éstas. El crecimiento urbano del municipio de Papalotla, considerando solo pendiente se podría dar en su parte Este, a lo largo de la calle Cañada de Morelos, Los límites de uso de esta pequeña meseta serían las barranca de los ríos, respetando al menos los 10 metros de zona federal, de hecho se pueden habitar todas las mesetas, considerando solamente la pendiente.

El riesgo a la orilla de las cañadas y barrancas puede disminuir, si se respeta la Ley de zona federal. “Las fajas de 10 m de anchura contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los depósitos de propiedad nacional, medidas horizontalmente a partir del Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO)”. En el reglamento vigente de la Ley de Aguas Nacionales se establece que “El NAMO a que se refiere la Fracción XLVII (VIII) del Art. 3º de La Ley, se entiende como el que resulta de la corriente ocasionada por la Creciente Máxima Ordinaria dentro de un cauce sin que en éste se produzca desbordamiento. La creciete máxima ordinaria estará asociada a un periodo de retorno de cinco años”. Asimismo en el artículo 4º fracción I establece que “Para el caso de las cuencas sin registro hidrométrico, la Creciente Máxima Ordinaria se obtendrá a partir de tormentas máximas ordinarias, a las que se asociará el período de retorno (Tr) correspondiente y el cálculo del escurrimiento respectivo, se hará con las normas oficiales mexicanas que expida la Comisión”.

## Capítulo 5

El presente capítulo del Atlas contiene el análisis de los registros de cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural que señalan las directrices de los ordenamientos y leyes que facultan su elaboración (ver capítulo 1). De acuerdo con esa normatividad, se identificaron –a través de la consulta bibliográfica y una visita a campo– las zonas de riesgo y se proponen estudios y/o acciones necesarias para disminuir los riesgos de desastres provocados por fenómenos naturales.

El riesgo es la probabilidad de que ocurra un daño por un fenómeno perturbador. Se presenta como el resultado de la coexistencia del peligro, la amenaza (factor externo) y la vulnerabilidad (factor interno) en un momento dado y en un espacio determinado. Por ello se dice que el riesgo está en función del peligro y la vulnerabilidad.

El riesgo es una condición latente, implica una situación de crisis potencial. Cuando se manifiesta –en caso de ocurrencia de un desastre– lo hace bajo forma de daños y pérdidas de tipo económico, social y ecológico. El riesgo es imputable, dado que es posible identificar sus causas, factores y agentes. Existe una valoración individual y social del riesgo, que depende de las percepciones, motivaciones y actitudes individuales y colectivas, no necesariamente coincide con la visión científico-técnica. Dicha valoración varía en el tiempo, de un lugar a otro y de una cultura a otra. Es fundamental tenerla en cuenta para la gestión del riesgo.

Para la elaboración del presente Atlas de Riesgos Naturales se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos por el CENAPRED en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas de Riesgos Estatales y Municipales. La estructura del documento y la metodología utilizada es la que establecen las Bases para la Estandarización en la Elaboración del Atlas de Riesgo y Catálogos de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014 (BEEAR).

El presente documento se conformará por tres elementos sustantivos:

- Búsqueda de evidencias que se puedan encontrar al realizar el estudio de los sistemas perturbadores en campo y/o en documentos escritos o cartográficos, así como trabajo de campo que requirió recorridos, encuestas y levantamiento de datos.
- Indicadores de vulnerabilidad (grupo de evidencias físicas o documentales que se relacionan con el acontecimiento de los procesos naturales asociados con la ocurrencia de sistemas perturbadores de origen natural).
- Zonificación cartográfica de peligros, vulnerabilidad y riesgos a través de un sistema SIG digital (vectorial) e impresa, en la que se determinan las zonas de riesgo ante los diferentes tipos de fenómenos perturbadores.

En el desarrollo de cada fenómeno perturbador significativo para Papalotla se incluyó la metodología, la memoria de cálculo, resultados, mapa y ficha técnica.

## Vulnerabilidad

Para los fines de este Atlas de Riesgos, entenderemos la vulnerabilidad como la posibilidad o susceptibilidad de interrupción de las actividades normales del sistema afectable por un fenómeno natural.

De forma general, la vulnerabilidad tiene diversas determinantes que actúan simultánea y sistemáticamente e influyen en las afectaciones que sufre o puede sufrir la población. A saber, dichos factores sociales pueden ser de índole política, demográfica, social, cultural, ideológica, educacional, institucional, económica, técnica, física o ambiental (Wilches-Chaux, 1993; Cardona, 2003).

Para el cálculo de la vulnerabilidad total se utilizaron los siguientes aspectos:

- Vulnerabilidad social
- Vulnerabilidad física
- Percepción del riesgo por parte de la población

En consecuencia, la ausencia o presencia de vulnerabilidad sintetiza el desarrollo alcanzado por un país, un municipio o una ciudad.

En este contexto, es necesario remarcar que la dimensión de la vulnerabilidad analizada para la construcción de este atlas de riesgo para el municipio de Papalotla de Xicohténcatl se centra en los aspectos físicos y sociales ante fenómenos hidrometeorológicos, entendida como el conjunto de características físicas y socioeconómicas de la población que limitan su capacidad de desarrollo, de adaptación y mitigación de las amenazas y de reponerse de los daños provocados por un fenómeno natural extremo (CEPAL, CELADE, 2002; García, 2006).

### Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, del incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación. Como la define CENAPRED (2006), es “El conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad”.

La vulnerabilidad es un concepto ampliamente utilizado en la evaluación y gestión de riesgos naturales, ya que tiene un efecto directo sobre la resiliencia y capacidad de respuesta de la población ante una amenaza dada. La vulnerabilidad condiciona a reconocer la dinámica de los factores de peligro que existen en el entorno y su relación geoespacial con la población, permitiendo estimar el nivel de exposición, con base en la proximidad al sitio donde se presenta el evento o las zonas afectables. Así mismo, lleva a analizar las condiciones de sensibilidad de individuos, grupos o sectores a partir de la caracterización del objeto de análisis, así como las relaciones que guardan con el peligro.

El enfoque cualitativo de la vulnerabilidad es inductivo y se sustenta en la expansión de los datos o de la información con procesos de investigación interpretativos, que parten de

observaciones abiertas a la subjetividad como entrevistas, revisión de documentos, discusiones de grupos o evaluación de experiencias.

La medición de la vulnerabilidad social en relación con los peligros geológicos e hidrometeorológicos presentes en este Atlas, se realiza en función de cinco variables cuantitativas y una cualitativa (encuestas directas realizadas en el municipio en cuanto a la percepción del peligro).

Variables consideradas a nivel manzana:

- población total,
- población de 65 años o más,
- población con algún tipo de discapacidad,
- hacinamiento y
- percepción del peligro.

Se estimó el promedio ponderado de los indicadores seleccionados, dando prioridad o mayor importancia a la población total. Después, con igual grado de importancia, a la población de 65 años y más y a la población con algún tipo de discapacidad. Posteriormente al hacinamiento y por último a la percepción del peligro a través de encuestas aplicadas directamente en el municipio. A continuación se presenta la ecuación utilizada para calcular el índice:

Índice de vulnerabilidad = 0.4

\* Densidad de Población + 0.25

\* Densidad de Población de 65 y más + 0.25

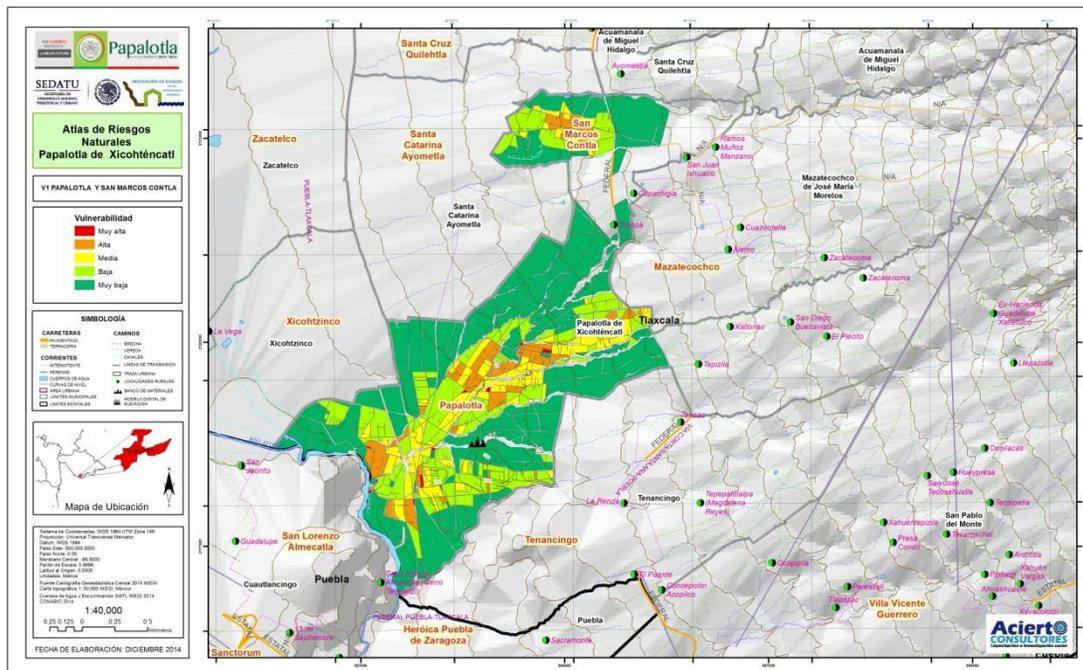
\* Densidad de población con discapacidad + 0.09

\* Densidad de Población en Hacinamiento + 0.01

\* Percepción del peligro

Finalmente, se clasificó de acuerdo a las bases del ejecutor y se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo). A continuación se muestra el mapa de vulnerabilidad social de las localidades urbanas del municipio de Papalotla de Xicohténcatl (Papalotla y San Marcos Contla).

**MAPA 26 Vulnerabilidad Papalotla y San Marcos Contla**



### Vulnerabilidad Física

La vulnerabilidad física o de la infraestructura está asociada a la respuesta y resistencia que ofrece una estructura física ante los eventos potencialmente destructivos; por ejemplo cómo se comporta una vivienda o edificio ante un evento hidrometeorológico.

La vulnerabilidad física, asociada a los peligros geológicos e hidrometeorológicos expuestos en este Atlas, se plantea en función de variables referidas a las características de las viviendas, de acuerdo a la clasificación de INEGI, señaladas en el documento de CENAPRED (2006):

#### Características de la vivienda

1. Muros de mampostería con techos rígidos.
2. Muros de mampostería con techos flexibles.
3. Muros de adobe con techo rígidos.
4. Muros de adobe con techos flexibles.
5. Muros de materiales débiles con techos flexibles

También se toma en cuenta si cuentan con agua, piso de tierra, debido a que los materiales y servicios de la vivienda indican la precariedad o no de la misma. Al igual que el acceso al agua, reflejan las condiciones del contexto de la localidad, así como un cierto nivel que diferencia a la población según las posibilidades de enfrentar, reaccionar, recuperarse y prevenir un desastre.

Por lo anterior, para la estimación del índice de riesgo por vulnerabilidad física se retoma la propuesta del documento de CENAPRED (2006). Éste integra las características físicas de la vivienda que la hacen susceptible al daño y el nivel de peligro asociado a sismo o viento:

$$I_{vf} = \frac{V_i P_i}{V_p P_M}$$

Donde:

$I_{vf}$  = índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda;

$V_i$  = calificación según el tipo de vivienda de acuerdo con la tabla anterior.

$V_p$  = la vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (ver tabla anterior)

$P_i$  = nivel de peligro por fenómenos geológicos o hidrometeorológicas .

$P_M$  = nivel de peligro máximo por fenómenos geológicos o hidrometeorológicas.

Para las dos últimas variables, los niveles de peligro son los siguientes:

- ✓ 1.00, para el peligro Alto,
- ✓ 0.70, para el peligro Medio,
- ✓ 0.40, para el peligro Bajo.

A continuación se muestran imágenes del tipo de vivienda predominante en la zona, tomadas durante el recorrido de campo:



### Percepción del Riesgo

Para este estudio se propone la definición del grado de riesgo como una función del peligro o amenaza físicos y la vulnerabilidad existente o prevaeciente en el municipio. Para su medición se valoran los índices generales: el grado de peligro y el grado de vulnerabilidad.

Con el fin de identificar los riesgos a los que está expuesto el municipio Papalotla de Xicohténcatl se realizó trabajo de campo, el cual consistió en un recorrido a las comunidades y zonas donde se identificaron peligros con niveles altos a inundaciones. Se aplicaron entrevistas abiertas basadas en un guión de trabajo a la población y algunas autoridades locales. Las entrevistas se aplicaron básicamente a la población que ha sido afectada por algún peligro y/o que es propensa a sufrir alguna afectación.

Para la interpretación del grado de la vulnerabilidad derivada de la información recabada en las entrevistas semiestructuradas se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico, que es una teoría general sobre juicios y valoraciones que, basada en escalas de razón, permite combinar lo científico y racional con lo intangible para ayudar a sintetizar la naturaleza humana con lo concreto de nuestras experiencias capturadas a través de la ciencia, proporciona escalas capaces de capturar la realidad percibida, y es diferente de una asignación y normalización arbitraria de números.

Para valorar el grado de riesgo percibido por los entrevistados, en promedio, se empleó una escala de valores entre 0 y 1, que indica el nivel o grado de riesgo y vulnerabilidad para el municipio. Así se tiene la escala:

- Muy Bajo de 0 a 0.2;
- Bajo de 0.2 a 0.4;
- Medio de 0.4 a 0.6;
- Alto de 0.6 a 0.8
- Muy Alto  $\geq 1$ .

## **Vulnerabilidad Total**

Finalizando el cálculo del índice por medio de componentes principales planteados para las localidades del municipio de Papalotla de Xicohtécatl, se clasificó la información en cinco estratos de la forma más homogénea posible. La información tiene un carácter ordinal, es decir, sabremos en dónde se encuentra el mayor valor. Por ello se realizó la estratificación del índice de vulnerabilidad global estableciendo 5 diferentes niveles de vulnerabilidad, a saber: Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo.

Encontramos que a través de los años, en la zona donde se ubica el municipio de Papalotla de Xicohtécatl, es clara la manifestación de fenómenos hidrometeorológicos, pero su impacto en las poblaciones dependerá de diversos factores sociales y económicos (es decir la vulnerabilidad social y física).

En el municipio se tiene una capacidad diferenciada de acceso a los recursos y servicios; en general, las condiciones en que viven las personas al no tener acceso inmediato a estos contribuyen a una situación de vulnerabilidad, lo que hace necesaria la implementación de ciertos mecanismos de ayuda, que por supuesto dependerá de las características de la región, sus comunidades y su nivel organizativo.

La construcción del índice de vulnerabilidad social y física, a partir de los procesos espaciales que conforman la región, permite y hace visible la existencia de índices diferenciados de riesgo en función a la marginación o accesibilidad a los servicios públicos elementales y a las condiciones económicas de la población. En conclusión: a mayor grado de marginación, mayor riesgo.

El planteamiento complementario de esa declaración constituye un objetivo para las políticas de gestión del riesgo y prevención de desastres: abatir el rezago y la marginación sociales.

## **Fenómenos de tipo geológico**

Para el desarrollo de este apartado se tomó como base la información bibliográfica, de gabinete y la generada en trabajo de campo. Se realizó el análisis de registro de cada fenómeno perturbador para identificar las zonas de peligro, vulnerabilidad y riesgo, para proponer derivado de ellos los estudios y/o acciones necesarias para evitarlos, disminuirlos o mitigarlos.

El análisis se hizo conforme al orden que establecen las BEEAR: erupciones volcánicas, sismos, tsunamis o maremotos, inestabilidad de laderas, flujos, caídos o derrumbes, hundimientos, subsidencia y agrietamientos. En el Municipio de Papalotla de Xicohtécatl, se identificaron las erupciones volcánicas, flujos, caídos o derrumbes y hundimiento como fenómenos perturbadores causantes de peligro.

## 5.1. Vulcanismo o erupciones volcánicas

El vulcanismo, es la actividad interna de los mantos de la corteza terrestre, representada por el ascenso de material magmático (roca fundida en el interior de la tierra), que usa los puntos más débiles existentes en la corteza como las fracturas y grietas que permiten la salida de roca fundida, así como emisiones de gases a la atmosfera.

Las zonas de debilidad de la corteza terrestre se localizan a lo largo de los límites de las placas tectónicas, cuando el magma y los gases alcanzan la superficie a través de chimeneas, grietas o fisuras forman estructuras geológicas llamadas volcanes. En México gran parte del vulcanismo está relacionado con la zona de subducción comprendida entre las zonas de contacto de las placas: Rivera y Cocos, en conjunto con la placa Norteamericana, que tiene su expresión volcánica en la Faja del Eje Neovolcánico Transversal, la orientación de sus elevaciones va de Este-Oeste, (Espíndola, 1999). Los volcanes se forman por sucesivas erupciones de lava (es la roca fundida que alcanza la superficie terrestre), y material piroclástico.

En la cima de los volcanes, por lo regular, hay una depresión de paredes empinadas llamada cráter el cual es un rasgo estructural que se construye paulatinamente a medida que los fragmentos expulsados se acumulan alrededor de la chimenea formando una estructura cónica.

Las amenazas volcánicas derivan de dos clases de erupciones:

- Erupciones explosivas: se originan por la rápida disolución y expansión del gas desprendido por las rocas fundidas al aproximarse estas a la superficie terrestre. Las explosiones imponen una amenaza al desparramar bloques y fragmentos de rocas y lava, a distancias variantes del origen.
- Erupciones efusivas: la mayor amenaza impuesta por éstas es el flujo de materiales, y no las explosiones en sí. Los flujos de materiales, y no las explosiones en sí. Los flujos varían en naturaleza (fango, ceniza, lava) y cantidad, y su origen puede provenir de diferentes fuentes. Su acción está determinada por la gravedad, la topografía que los rodea y la viscosidad del material

### Metodología

El criterio utilizado para elaborar el presente apartado fue considerar la ubicación a menos de 100 km de la localidad de estudio de cuerpos volcánicos, en específico fueron desarrollados los activos, considerando la información proporcionada por el CENAPRED de volcanes activos, analizando al cuerpo volcánico más cercano por su posible área de influencia por cenizas y flujo de materiales.

### Resultado

A partir de análisis de distancia del municipio a los edificios volcánicos con mayor potencial de afectación, se determinó que de acuerdo a su nivel de cercanía (menores a 50km) los volcanes que tienen mayor incidencia sobre Papalotla son el Popocatepetl que se encuentra a una distancia de 47.67 Km, Iztaccíhuatl a 46.65 Km y la Malintzin o Malinche a 18.50 Km. En la tabla siguiente se describen las principales características de dichos aparatos volcánicos.

**TABLA 18. Descripción de aparatos volcánicos cercanos al municipio**

CATEGORÍA	NOMBRE	ELEVACIÓN	INDICE DE EXPLOSIVIDAD	TIPO	ACTIVIDAD	LOCALIZACIÓN	TIPO DE ERUPCIÓN	PRODUCTO	COMPOSICIÓN
1	Popocatepetl	5454	4	Estrato volcán	Histórica	Puebla, Morelos y Estado de México	Plinianas, vulcaneanas	Flujos piroclásticos lahares	Andesítica
2	La Malinche	4461	4	Estrato volcán	Pleistoceno	Tlaxcala y Puebla	Freáticas, explosivas	Tefra, lahares	
3	Iztaccíhuatl	5230	4	Estrato volcán	Holoceno	Puebla y Estado de México	Explosivas	Flujos de lava, Flujos piroclásticos lahares	Andesítica a dacítica

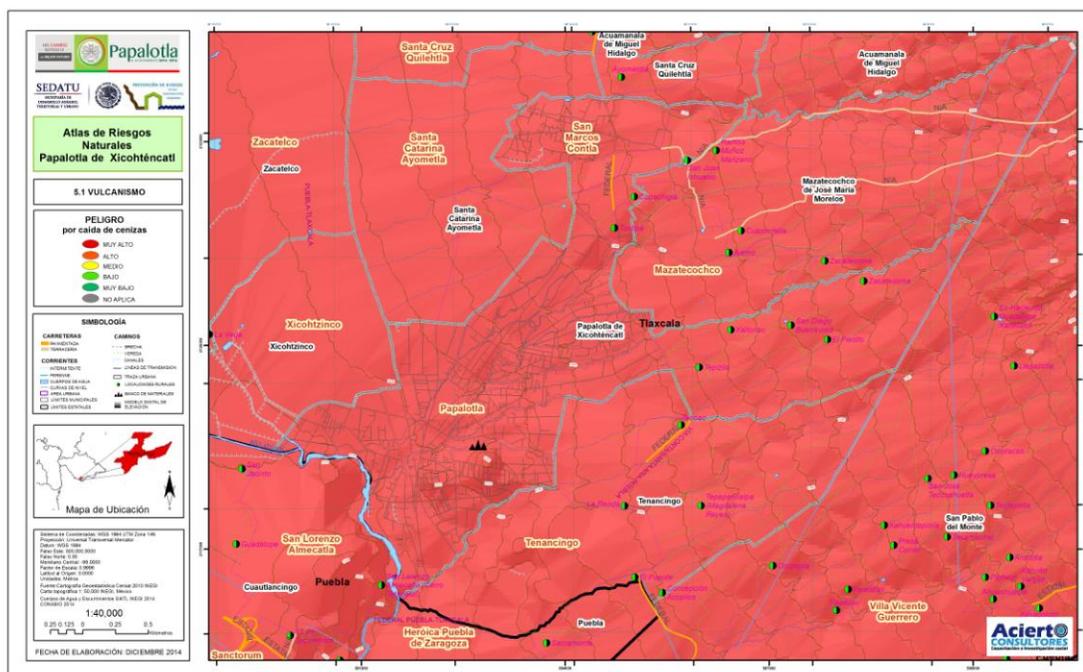
**Figura 2. Ubicación de volcanes cercanos al Municipio de Papalotla.**



Por su cercanía al municipio el volcán Popocatepetl, éste fue analizado de manera individual, considerando el área de influencia de los flujos de materiales. En este sentido al realizar la visita se pudo verificar que la información obtenida bibliográficamente y del análisis de peligro, es la misma, donde el municipio no se encuentra en peligro ante éste fenómeno.

Por lo que respecta a la caída de materiales volcánicos del Popocatepetl, dicho análisis arrojó que existe peligro alto por los materiales que pudiera arrojar el volcán hacia el municipio, aunque dicha afectación es únicamente por caída de cenizas.

**Mapa 25. Mapa de PELIGRO ALTO de caída de ceniza del volcán Popocatepetl**



### Riesgo por caída de cenizas

Según la Ley General de Protección Civil, el riesgo es la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador; la UNESCO define el riesgo como la posibilidad de pérdida tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción. La siguiente matriz le da el valor relativo y ponderado a vulnerabilidad y

peligro de caída de cenizas para determinar el grado de riesgo que puede tener en el municipio.

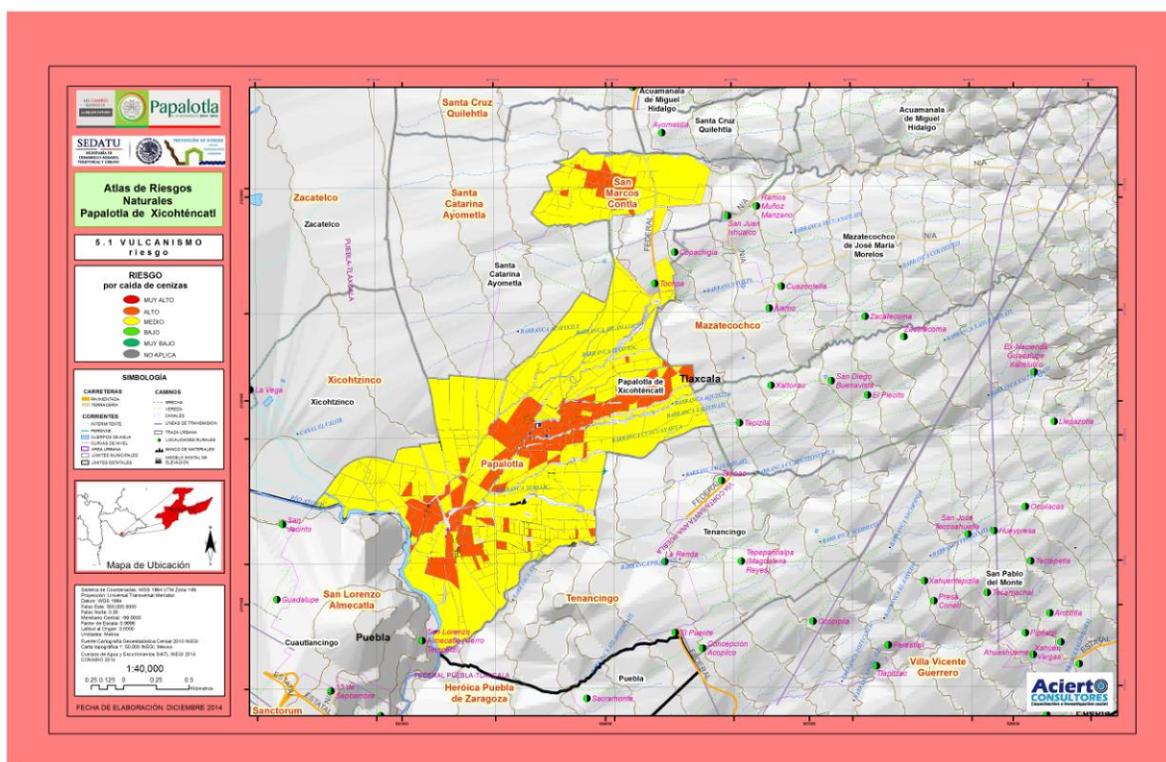
**Matriz de decisión RIESGOS GEOLÓGICOS**  
Vulnerabilidad / Peligro por caída de cenizas

		Peligro				
		MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Vulnerabilidad	MUY BAJA	Riesgo: Muy bajo	Riesgo: Muy bajo	Riesgo: Bajo	Riesgo: Bajo	Riesgo: Muy alto
	BAJA	Riesgo: Bajo	Riesgo: Bajo	Riesgo: Bajo	Riesgo: Medio	Riesgo: Muy alto
	MEDIA	Riesgo: Bajo	Riesgo: Medio	Riesgo: Medio	Riesgo: Medio	Riesgo: Muy alto
	ALTA	Riesgo: Medio	Riesgo: Medio	Riesgo: Alto	Riesgo: Alto	Riesgo: Muy alto
	MUY ALTA	Riesgo: Medio	Riesgo: Alto	Riesgo: Alto	Riesgo: Muy alto	Riesgo: Muy alto

Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos se podrá estimar cuanta población se encuentra en riesgo de caída de cenizas a través de la siguiente fórmula:  $riesgo = vulnerabilidad \times peligro$ .

Población afectada por nivel de riesgos a causa del fenómeno de caída de cenizas (Afectación por manzana, habitantes y viviendas)			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	--	--	--
ALTO	65	4,598	1,089
MEDIO	347	24,472	5,230
BAJO	--	--	--
MUY BAJO	--	--	--

MAPA 27 Riesgo por vulcanismo en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl



## 5.2. Sismos

Los sismos se identifican como energía ondulatoria transmitida a partir del foco o punto de liberación en todas direcciones perdiendo energía gradualmente, a través de las capas de la tierra, que tiende a desplazarse por el fallamiento de la corteza. Es uno de los

fenómenos que se derivan de la dinámica interna de la Tierra, y por sus características y naturaleza se relaciona con las zonas de subducción, donde se presenta el choque de placas y tierras emergidas. Las placas están en un constante movimiento, pero cuando existe un proceso de fricción se acumula energía, que al momento de liberarse generan los movimientos que conocemos como sismos o temblores.

### ***Peligro***

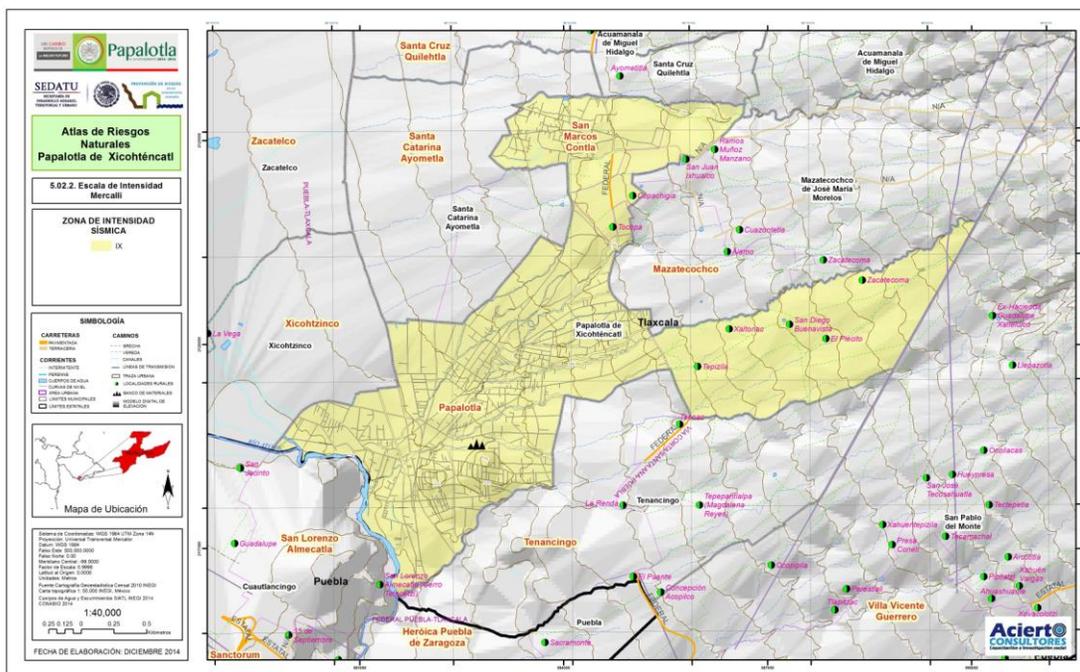
Para el desarrollo del presente fenómeno se tomó en cuenta la información existente de regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad CFE, la de intensidad de Mercalli del CENAPRED y los datos históricos del Servicio Sismológico Nacional, UNAM. Para los periodos de retorno se utilizó la información generada por CENAPRED, realizando la clasificación municipal correspondiente. Los periodos de retorno para las aceleraciones de 15% de g (valor de la aceleración de la gravedad) o mayores también se utilizó la información generada por el CENAPRED, el Instituto de Ingeniería, UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas y la Comisión Federal de Electricidad a través del programa sísmico en México. Los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

Los sismos se originan por la repentina liberación de la energía de tensión lentamente acumulada en la falla de la corteza terrestre. Los terremotos en particular, presentan una seria amenaza debido a la irregularidad en los intervalos de tiempo entre eventos y a la falta de sistemas adecuados de pronóstico.

### ***Resultado***

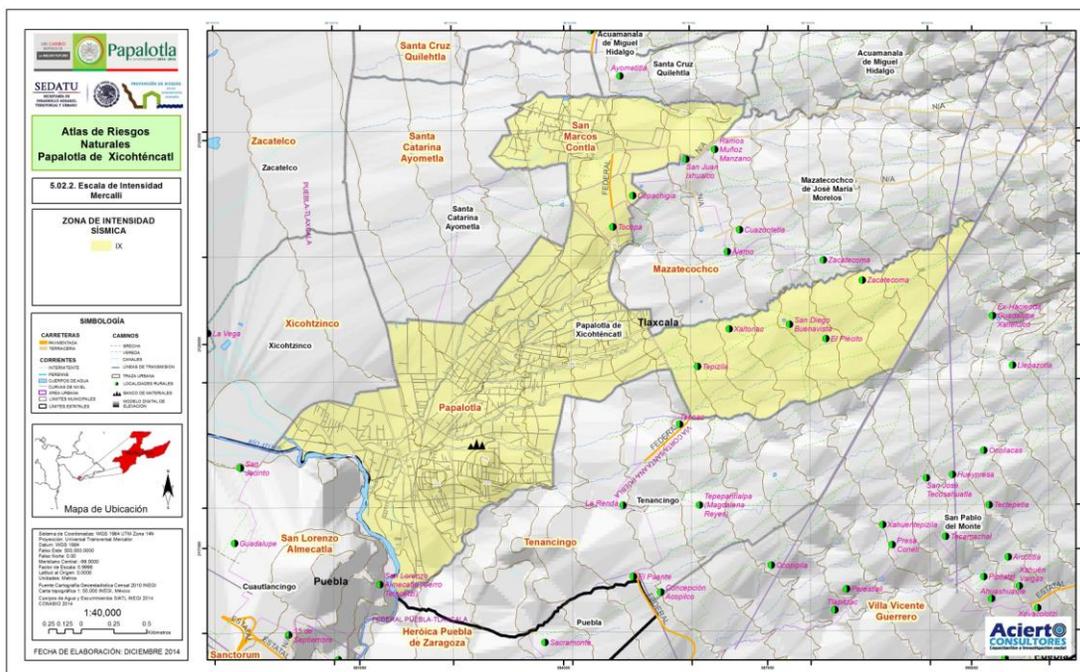
De acuerdo con la CFE, la República Mexicana se dividió para fines de diseño sísmico en cuatro zonas (A, B, C, y D). La zona de menor intensidad sísmica se denomina A y aumenta gradualmente de modo que la D es donde se registra la mayor intensidad sísmica. Con base en dicha información tenemos que el municipio de Papalotla de Xicohténcatl se ubica dentro de la zona B, donde la sismicidad es intermedia y las aceleraciones esperadas no son superiores a 0.7g (CENAPRED).

**Mapa 26. Mapa de Regionalización sísmica del municipio de Papalotla**



La escala de Intensidad Mercalli (CENAPRED), se refiere a la intensidad o fuerza con la que se siente un terremoto en un punto de la superficie de la Tierra, es una medida indirecta y subjetiva basada en los efectos que ocasiona en las construcciones y en las personas. Un mismo terremoto produce distintos grados de intensidad dependiendo del lugar en que se sienta. Depende de la magnitud, la distancia al epicentro y las características del terreno.

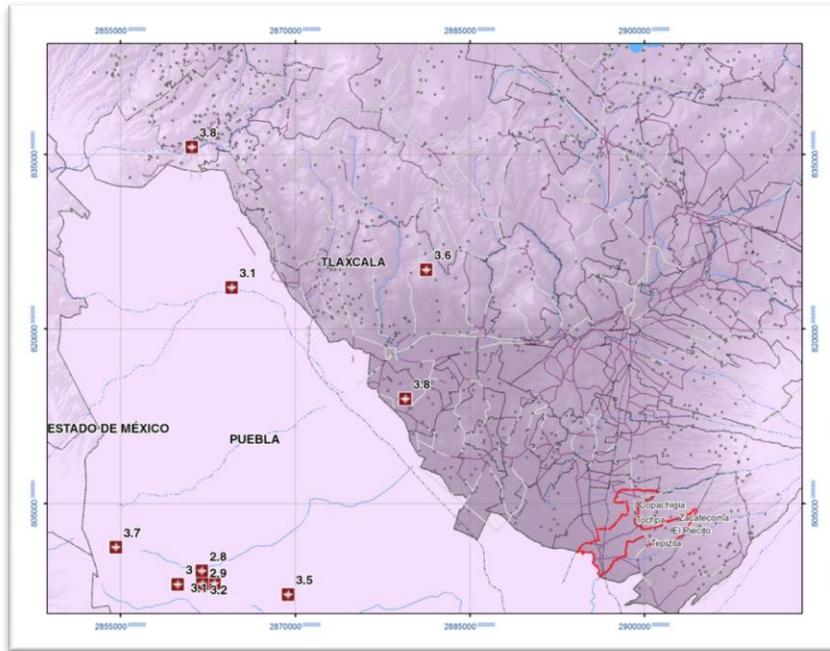
**Mapa 25. Mapa de intensidad Mercalli**



El municipio de Papalotla se localiza en la zona VIII y IX . Al VIII corresponde a un daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles. Para la zona IX el daño es considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas (Bolt, 1978).

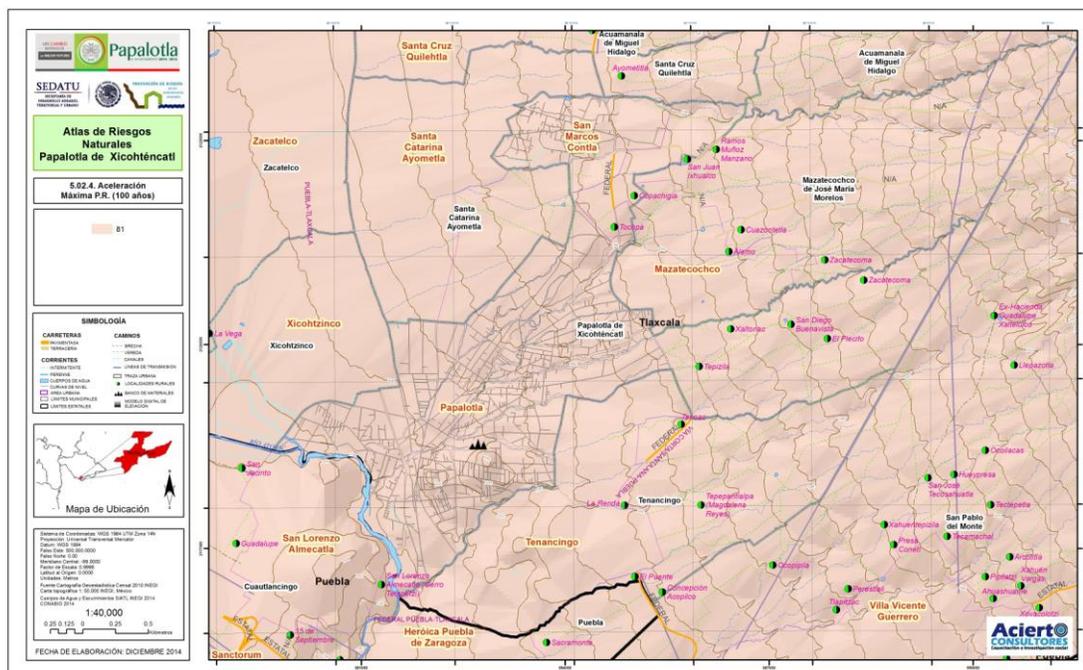
En la figura se muestran los sismos con epicentros registrados por el Servicio Sismológico Nacional en zonas aledañas al municipio de Papalotla, es importante resaltar que de los epicentros registrados, ninguno fue cercano al municipio, por lo que no se tiene registro de afectaciones por éste tipo de fenómenos.

**Figura 3. Sismos registrados con epicentros cercanos al municipio de Papalotla**



Los periodos de retorno son una manera cuantitativa de representar un peligro por grandes sismos, es el cálculo de aceleraciones máximas posibles del terreno. Para el caso de nuestro país, se ha observado que aquellas aceleraciones que rebasan el 15% del valor de la aceleración de la gravedad ( $g$ ), producen daños y efectos de consideración, sobre todo para los tipos constructivos que predominan en México (CENAPRED, 2001).

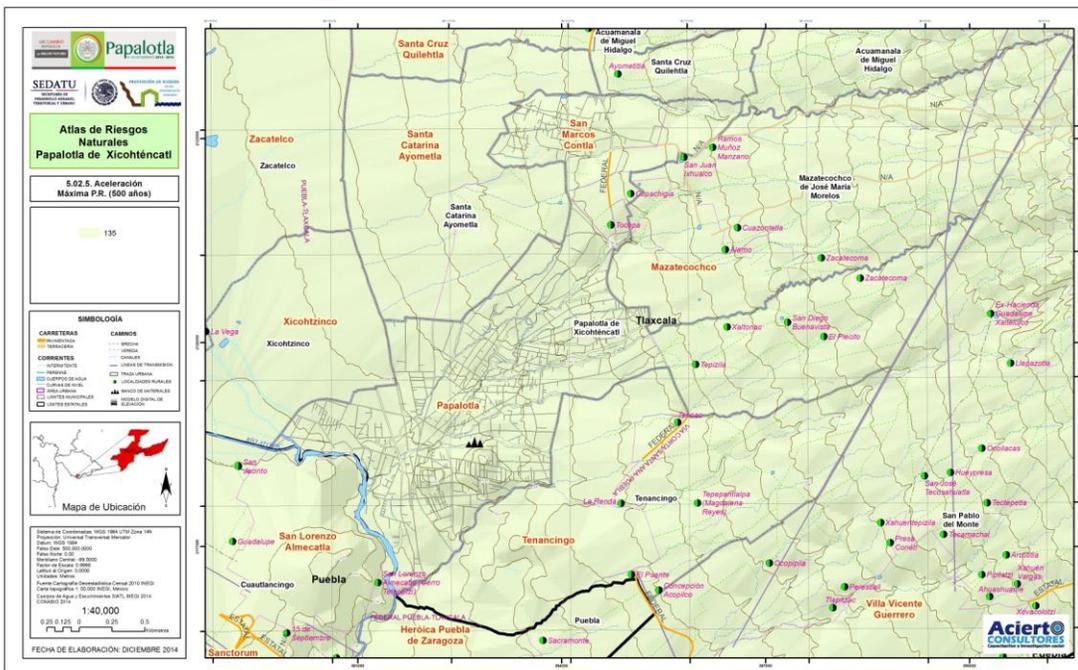
**Mapa 25. Aceleración máxima (Periodo de Retorno de 100 años)**



Debido a que en el Sismológico Nacional no existe registro de sismos dentro del municipio, el cálculo del periodo de retorno no sería representativo, por lo que se hizo uso de los mapas de aceleración para 10, 100 y 500 años generados por el instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas, la Comisión Federal de Electricidad y el CENAPRED, a través del programa sísmico en México (PSM, 1996).

Para el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, los rangos para la aceleración máxima en un periodo de retorno de 10 años es de 34  $\text{cm/s}^2$  para el periodo de 100 años es 81  $\text{cm/s}^2$  y para el periodo de retorno de 500 años el municipio queda dividido en dos la parte noroeste tiene un valor de 135  $\text{cm/s}^2$ .

**Mapa 25. Aceleración máxima (Periodo de Retorno de 500 años)**



En el mapa de aceleraciones de gravedad mayores al 15%, donde se considera que se produce el fenómeno en años, el análisis nos arrojó que el municipio está dividido en dos partes, la mayor extensión presenta un periodo de retorno que va de 500 a 1000 años, las poblaciones que están expuestas a este intervalo son Papalotla de Xicohténcatl y San Marcos Contla.

De acuerdo con el resultado del análisis de peligro, la información bibliográfica existente y la visita a campo, se ubica al municipio de Papalotla con peligro medio ante el fenómeno de sismos y terremotos.

### 5.3. Tsunamis

Los Tsunamis o maremotos se definen como una ola de gran tamaño o subida repentina del mar en las costas, se produce por un violento sismo en el mar que genera su levantamiento o hundimiento repentino, lo que produce desplazamientos bruscos de un gran volumen de agua en el océano, alterando su nivel normal en una gran extensión de su superficie.

#### *Peligro*

El criterio utilizado para la elaboración del presente apartado fueron los criterios y la información existente generada por el CENAPRED de Diagnósticos de Peligros e identificación de Riesgos de Desastres en México (2001) y el catálogo de Tsunamis ocurridos en México a partir del siglo XVIII. El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación.

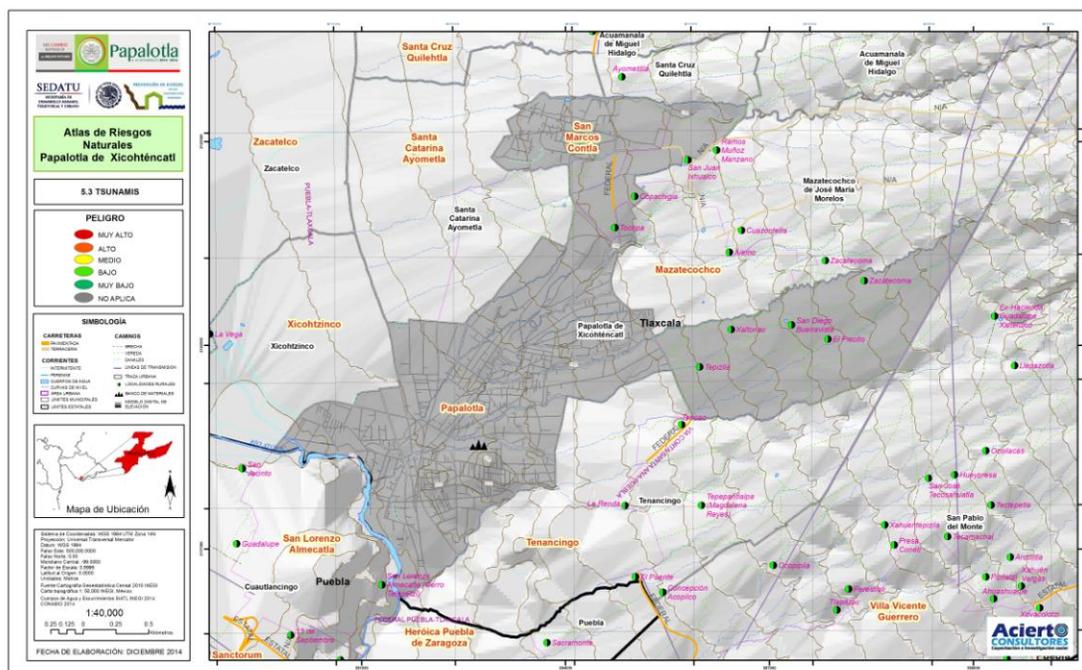
### Resultado

Debido a la localización geográfica del municipio de Papalotla de Xicohtécatl que se ubica a 295.22 km de la línea de costa más cercana, a una altitud promedio es de 2,200 msnm, es por ello que dicho municipio no se encuentra sujeta a peligros por el fenómeno de Tsunamis o maremotos como se aprecia en la figura y el mapa siguientes.

**Figura 4. Mapa de peligro al fenómeno de tsuanami o maremotos en el Municipio de Papalotla**



MAPA 28 Peligro por tsunamis en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl



#### 5.4. Inestabilidad de laderas

Las laderas generalmente son de materiales consolidados y cohesivos y están afectadas por planos de fisibilidad, que debilitan las rocas y favorecen la fragmentación y caída de éstas y deslizamiento del suelo; están compuestas por dos tipos de materiales: roca y suelos, y cada uno tienen propiedades mecánicas diferentes y evolucionan de distinta manera.

Los suelos son materiales no consolidados y de débil resistencia mecánica con menor cohesión (mayor porosidad). Dado lo anterior, las laderas presentan inestabilidad dependiendo del material del que estén formadas, no obstante, otros factores influyen para que se generen procesos gravitacionales o de remoción de masa.

**Peligro**

Para el desarrollo del presente apartado se utilizó un análisis multicriterio utilizando como factores: la edafología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, pendiente y precipitación media anual, con la información existente en INEGI y SEMARNAT. La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

**Memoria de Cálculo:**

**TABLA 19. Valoración y características del factor edafológico**

EDAFOLOGÍA			
Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Gleysol	Suelos con mal drenaje, con presencia de agua permanente o semipermanente	1	Muy Bajo Bajo
Solonchak	Suelos claros o grisáceos, típicos de zonas áridas, subhúmedas, poco drenadas, material parental salino, con presencia de yeso, sal o carbonato de calcio	2	Bajo
Regosol	Suelos poco desarrollados de materiales no consolidados, comunes en áreas erosionadas de zonas áridas o montañosas	2	
Fluvisol	Suelos formados por material arenoso a lodoso de aluvión reciente presente en topografías planas como las llanuras de inundación de los ríos	3	Moderado
Cambisol	Suelos con horizontes que cambian de color o estructura, desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial, muy pedregoso, poco espesor y pendiente variables.	4	Alto
Rendzina	Tipo de suelo oscuro, rico en humus, generalmente poco profundo, de las regiones húmedas de climas templados, desarrollado sobre la roca caliza.	5	Muy Alto

**TABLA 20. Valoración y características del factor geológico/litológico**

LITOLOGÍA			
Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Ignea extrusiva intermedia	Principalmente andesitas, Roca muy consistente por la presencia de cuarzo en su composición	1	Muy bajo
Ignea extrusiva básica	Roca consistente, en coladas de lava de roca basáltica	2	Bajo
Brecha sedimentaria.	Principalmente formada por fragmentos de gravas de calizas, comúnmente cementadas por CaCo3	3	Moderado
Vulcanoclástico	Material semiconsolidado formado por cenizas volcánicas	4	Alto
Conglomerado	Material semiconsolidado formado por gravas ( guijarros ) de material fluvial	5	Muy alto

**TABLA 21. Valoración y características del relieve relativo**

RELIEVE RELATIVO	
Rango	Categoría
0 - 2,500 m	1
2,500 - 3,000 m	2
3,000 - 3,500 m	3
3,500 - 4,000 m	4
4,000 - 4,500 m	5

El relieve relativo es la diferencia entre los valores de elevación máxima y mínima registrados en el área.

**TABLA 22. Valoración y características del factor uso de suelo y vegetación**

<b>USO DE SUELO Y VEGETACIÓN</b>		
<b>Entidad</b>	<b>Tipo</b>	<b>Categoría</b>
Bosque	Bosque de Pino	2
	Bosque de Encino	
	Bosque de Pino-Encino	
	Bosque de Tascate	
	Bosque de Oyamel	
Pastizal	Pastizal Inducido	3
	Pradera de Alta Montana	
Área agrícola	Agricultura de Temporal	4
Área agrícola - pastizal	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	
Matorral	Matorral Desértico Rosetofilo	
Área agrícola - pastizal	Área Urbana	5

**TABLA 23. Valoración de la pendiente**

<b>PENDIENTE</b>		
<b>Clasificación</b>	<b>Ángulo de inclinación</b>	<b>Criterio</b>
Muy bajo	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
Bajo	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
Medio	30 a 50 % (16.7 - 26.6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Alto	50 a 100 % (26.6 - 45 grados)	Laderas que tienen zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Muy alto	Más del 100 % (mas de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

**TABLA 24. Valoración de precipitación media anual**

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	
Rango	Categoría
De 600 a 800	1
De 800 a 1000	2
De 1000 a 1200	3
De 1200 a 1500	4
De 1500 a 1800	5

El mapa de peligro de inestabilidad de Laderas se consigue del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, y pendiente) y detonantes (precipitación media anual), que se obtienen al hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinaron pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno. Finalmente se sumaron las resultantes, en la tabla siguiente, donde se muestran los pesos que se le asignaron.

**TABLA 25. Ponderación de variables condicionantes y detonantes**

PENDIENTE		
	Factores Condicionantes	Factor Detonante
<b>Peso</b>	0.70	0.3

Los valores que se obtuvieron de la suma ponderada se clasificaron en 5, donde el valor de 1 hace referencia a la menor probabilidad de que ocurra un evento de inestabilidad de laderas, e inversamente el 5 es el de mayor probabilidad.

Un deslizamiento se define como el movimiento de masas de roca, detritos o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad. El término incluye derrumbe, caídas y flujo de materiales no consolidados. Los deslizamientos pueden activarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, suelos saturados por fuertes precipitaciones o por el crecimiento de aguas subterráneas y por el socavamiento de los ríos. A pesar de que los deslizamientos en ocasiones se localizan en áreas relativamente pequeñas, pueden ser especialmente peligrosos por la frecuencia con que ocurren. Los

deslizamientos se clasifican por su tipo en: derrumbes o caída de bloques, avalanchas de rocas/detritos, volcamiento o basculamiento, reptación de suelos, deslizamientos, coladas o flujos, deslizamientos compuestos. Los deslizamientos son la principal manifestación de los movimientos en masas, es decir, son procesos de la geodinámica externa, los cuales modifican las diferentes formas del terreno. Los deslizamientos como todos los movimientos en masas, involucran el movimiento, pendiente abajo, de los materiales que componen la ladera bajo la influencia de la gravedad y pueden ser desencadenados por las lluvias, sismos y actividad humana.

También se pueden definir como movimientos de masas de terreno, generalmente bien definidas en cuanto a volumen, cuyo centro de gravedad se disloca hacia abajo y para afuera del talud. La masa se desliza entera a lo largo de la superficie de fractura que puede ser cóncava o plana. En el primer caso se los suele definir como deslizamiento rotacional, son deslizamientos de base cuando la superficie de fractura se extiende hasta la base del talud o por debajo de ella. Cuando la superficie de fractura corta al talud por encima de su base, se trata de un deslizamiento de talud. Los deslizamientos con superficie de fractura plana son siempre deslizamientos de talud.

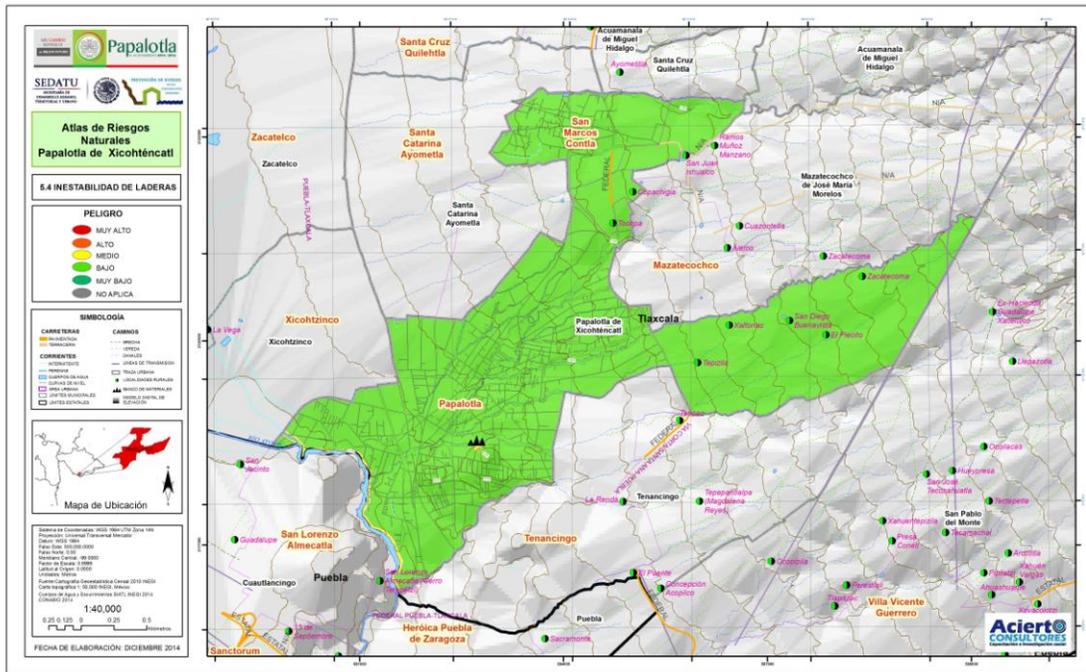
### **Resultado**

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el municipio presenta algunas zonas con peligro ante el fenómeno de inestabilidad, como se puede apreciar en el mapa y en la tabla siguiente donde se describen y localizan dichas zonas para el municipio.

**TABLA 26. . Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de inestabilidad de laderas**

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
<b>BAJO</b>	Papalotla de Xicohténcatl San Marcos	Copachigia Tochpa Zacatecoma San Diego Buenavista Xaltonac El Piecito Tepizila

**MAPA 29 Peligro por el fenómeno de inestabilidad de laderas en el municipio de Papalotla.**



Se documentó durante la visita al sitio la existencia de zonas de peligro por este fenómeno en todas las orillas de los afluentes del río Atoyac, cuyas paredes en algunos sitios son de más de 10 m de altura, como se muestra en la siguiente foto.

**Foto 2. Escurrecimientos de los afluentes del Atoyac únicas zonas de pendiente abrupta**



## 5.5. Flujos

Los flujos son procesos que se generan principalmente por los elementos del clima, particularmente la precipitación y la temperatura, sin embargo la relación que existe es compleja debido a los mecanismos de rotura de la roca. En todos los lugares montañosos ocurren estos procesos, y no sólo el clima es un factor para que se generen, ya que el tipo de material, la pendiente, el agua y la vegetación influyen de manera directa. Numerosos procesos se originan durante o después de períodos de lluvia, de este modo las áreas donde se registra mayor precipitación son las que presentan mayores problemas de inestabilidad.

### *Memoria de Cálculo*

Para el desarrollo del presente apartado se realizó un análisis multicriterio considerando los siguientes factores: la edafología, geología, relieve relativo, uso actual de suelo, vegetación, pendiente, litología, corrientes y precipitación media anual, a través de la información existente en la cartografía temática de INEGI y SEMARNAT. La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

**TABLA 27. Valoración y características del factor edafológico**

<b>EDAFOLOGÍA</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categoría</b>	<b>Nomenclatura</b>
Gleysol	Suelos con mal drenaje, con presencia de agua permanente o semipermanente	1	Muy Bajo Bajo
Solonchak	Suelos claros o grisáceos, típicos de zonas áridas, subhúmedas, poco drenadas, material parental salino, con presencia de yeso, sal o carbonato de calcio	2	Bajo
Regosol	Suelos poco desarrollados de materiales no consolidados, comunes en áreas erosionadas de zonas áridas o montañosas	2	
Fluvisol	Suelos formados por material arenoso a lodoso de aluvión reciente presente en topografías planas como las llanuras de inundación de los ríos	3	Moderado
Cambisol	Suelos con horizontes que cambian de color o estructura, se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial, muy pedregoso, poco espesor y pendiente variables.	4	Alto
Rendzina	Tipo de suelo oscuro, rico en humus, generalmente poco profundo, de las regiones húmedas de climas templados, desarrollado sobre la roca caliza.	5	Muy Alto

**TABLA 28. Valoración y características del factor geológico/litológico**

LITOLOGÍA			
Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Ignea extrusiva intermedia	Principalmente andesitas, Roca muy consistente por la presencia de cuarzo en su composición	1	Muy bajo
Ignea extrusiva básica	Roca consistente , en coladas de lava de roca basáltica	2	Bajo
Brecha sedimentaria.	Principalmente formada por fragmentos de gravas de calizas, comúnmente cementadas por CaCo3	3	Moderado
Vulcanoclástico	Material semiconsolidado formado por cenizas volcánicas	4	Alto
Conglomerado	Material semiconsolidado formado por gravas ( guijarros ) de material fluvial	5	Muy alto

**TABLA 29. Corrientes**

Corrientes		
Orden de Corriente	Distancia	Categoría
1 ro	50 m	1
2 do	100 m	2
3 ro	200 m	3
4 to	400 m	4
5 to	800 m	5

**TABLA 30. Valoración y características del Relieve relativo**

RELIEVE RELATIVO	
Rango	Categoría
0 - 2,500 m	1
2,500 - 3,000 m	2
3,000 - 3,500 m	3
3,500 - 4,000 m	4
4,000 - 4,500 m	5

El relieve relativo es la diferencia entre los valores de elevación máxima y mínima registrados en el área.

**TABLA 31. Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación**

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Entidad	Tipo	Categoría
Bosque	Bosque de Pino	2
	Bosque de Encino	
	Bosque de Pino-Encino	
	Bosque de Tascate	
	Bosque de Oyamel	
Pastizal	Pastizal Inducido	3
	Pradera de Alta Montana	
Área agrícola	Agricultura de Temporal	4
Área agrícola - pastizal	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	
Matorral	Matorral Desértico Rosetofilo	
Área agrícola - pastizal	Área Urbana	5

**TABLA 32. Valoración de la Pendiente**

<b>PENDIENTE</b>		
<b>Clasificación</b>	<b>Ángulo de inclinación</b>	<b>Criterio</b>
Muy bajo	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
Bajo	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
Medio	30 a 50 % (16.7 - 26.6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Alto	50 a 100 % (26.6 - 45 grados)	Laderas que tienen zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Muy alto	Mas del 100 % (mas de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

TABLA 33. Valoración de precipitación media anual

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	
Rango	Categoría
De 600 a 800	1
De 800 a 1000	2
De 1000 a 1200	3
De 1200 a 1500	4
De 1500 a 1800	5

El mapa de peligro de inestabilidad de Laderas se obtiene del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, pendiente y corrientes de agua) y detonantes (precipitación media anual), que resultan de hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinaron pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno. Finalmente se sumaron las resultantes. En la Tabla siguiente se muestran los pesos que se le asignaron.

TABLA 34. Ponderación de variables condicionantes y detonantes

PENDIENTE		
	Factores Condicionantes	Factor Detonante
<b>Peso</b>	0.70	0.3

Los valores que se obtuvieron de la suma ponderada se clasificaron en 5, donde el valor de 1 hace referencia a la menor probabilidad de que ocurra un evento de inestabilidad de laderas, e inversamente el 5 es el de mayor probabilidad.

El flujo de escombros consiste en un suelo o suelo-roca moviéndose como un flujo viscoso, desplazándose usualmente hasta distancias mucho mayores de la falla. Generalmente originado por el exceso de presiones de poros. Este tipo de flujo es similar a las avalanchas, excepto que la cantidad de agua es mayor, por ello la masa fluye como

lodo. La principal causa es el aporte de abundante agua por fuertes lluvias aunado al material suelto en la superficie.

Cuando se supera el límite líquido de los suelos cohesivos y cuando la presión de poros del agua intersticial supera la fricción interna del material, el suelo adquiere todas las características del líquido. En este estado los movimientos en masa ocurren como flujos viscosos pendiente abajo. En los suelos cohesivos los flujos generalmente lentos, entre pocos milímetros y varios centímetros por segundo. En arenas, en cambio, los colapsos suelen ser desencadenados por vibraciones naturales o artificiales que licuan el terreno en forma instantánea y producen altas velocidades y efectos catastróficos. En todos los casos el movimiento continúa hasta que la masa pierde suficiente agua como para volver al estado sólido.

Los flujos de barro se pueden producir en esteros y quebradas de cauces estrechos y de fuerte pendiente, rellenos de material fragmentado (normalmente secos y efímeros). También se pueden producir en laderas de valles, donde la acción combinada de fuerte pendiente y acentuada disgregación del material superficial, crean taludes inestables, susceptibles a experimentar una caída, cuando factores externos (sismos, precipitaciones, deshielos, entre otros) modifican su precaria condición de equilibrio natural.

Los flujos de barro ocurren en zonas montañosas donde se acumula gran cantidad de sedimentos en los lechos de pendientes pronunciadas de más de 25°, comienza a disminuir su velocidad en los tramos del lecho con pendiente de 10° y prácticamente se detiene en los tramos de 3-4° de inclinación.

Estos fenómenos se manifiestan por violentas “corrientes de material fino (barro)” en esteros y quebradas, que provocan cuantiosos daños en obras civiles, instalaciones mineras, obras de riego, telecomunicaciones entre otros, acompañados frecuentemente por la pérdida de vidas humanas.

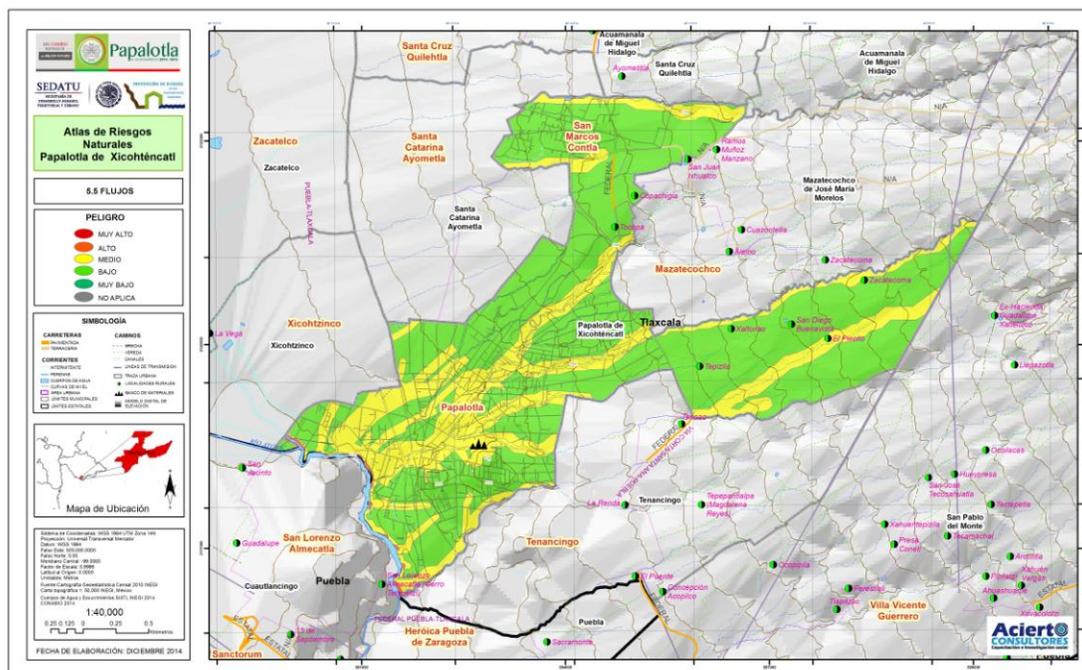
### **Resultado**

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el municipio presenta algunas zonas con peligro al fenómeno de flujos, como se puede apreciar en el mapa donde se describen y localizan dichas zonas para el municipio.

**TABLA 35. Localidades rurales y urbanas con afectaciones por flujos**

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Medio-bajo		Zacatecoma Xaltonac El Piccito.

**MAPA 30 Mapa de peligro al fenómeno de flujos en el municipio de Papalotla.**



## 5.6. Caídos o Derrumbes

Son caídas bruscas de fragmentos de roca o suelo, que permanecían en estabilidad precaria en el talud y se desprenden del mismo por acción de la gravedad. Cada fragmento se mueve hacia abajo en forma independiente, salvo cuando se producen condiciones extremas en avalanchas o aludes. Las causas de este proceso son muy variadas, entre ellas están los sucesivos ciclos de hielo y deshielo que producen la fragmentación de la roca. Las lluvias intensas también son un importante factor desencadenante y otro factor muy frecuente y que es el caso del municipio lo constituye la socavación de la ladera producida por la erosión fluvial.

Se definen como una masa o bloque de roca que se desprende de la ladera principalmente por efecto de la gravedad, estos bloques al momento de caer suelen romperse en fragmentos más pequeños, sin embargo en los barrancos del municipio la caída no es tan fuerte debido a la mediana profundidad de los mismos.

### *Peligro*

Para el desarrollo del presente al igual que los anteriores se realizó un análisis multicriterio tomando en cuenta también las características naturales del territorio los siguientes factores: edafología, geología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, pendiente, litología y precipitación media anual, a través de la información existente en la cartografía temática de INEGI y SEMARNAT. La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

**Memoria de Cálculo:**

**TABLA 36. Valoración y características del factor edafológico**

EDAFOLOGÍA			
Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Gleysol	Suelos con mal drenaje, con presencia de agua permanente o semipermanente	1	Muy Bajo Bajo
Solonchak	Suelos claros o grisáceos, típicos de zonas áridas, subhúmedas, poco drenadas, material parental salino, con presencia de yeso, sal o carbonato de calcio	2	Bajo
Regosol	Suelos poco desarrollados de materiales no consolidados, comunes en áreas erosionadas de zonas áridas o montañosas	2	
Fluvisol	Suelos formados por material arenoso a lodoso de aluvión reciente presente en topografías planas como las llanuras de inundación de los ríos	3	Moderado
Cambisol	Suelos con horizontes que cambian de color o estructura, desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial, muy pedregoso, poco espesor y pendiente variables.	4	Alto
Rendzina	Tipo de suelo oscuro, rico en humus, generalmente poco profundo, de las regiones húmedas de climas templados, desarrollado sobre la roca caliza.	5	Muy Alto

**TABLA 37. Valoración y características del factor geológico/litológico**

LITOLOGÍA			
Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Ignea extrusiva intermedia	Principalmente andesitas, Roca muy consistente por la presencia de cuarzo en su composición	1	Muy bajo
Ignea extrusiva básica	Roca consistente , en coladas de lava de roca basáltica	2	Bajo
Brecha sedimentaria.	Principalmente formada por fragmentos de gravas de calizas, comúnmente cementadas por CaCo3	3	Moderado
Vulcanoclástico	Material semiconsolidado formado por cenizas volcánicas	4	Alto
Conglomerado	Material semiconsolidado formado por gravas ( gujarros ) de material fluvial	5	Muy alto

**TABLA 38. Valoración y características del Relieve relativo**

RELIEVE RELATIVO	
Rango	Categoría
0 - 2,500 m	1
2,500 - 3,000 m	2
3,000 - 3,500 m	3
3,500 - 4,000 m	4
4,000 - 4,500 m	5

El relieve relativo es la diferencia entre los valores de elevación máxima y mínima registrados en el área.

**TABLA 39. Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación**

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN		
Entidad	Tipo	Categoría

Bosque	Bosque de Pino	2
	Bosque de Encino	
	Bosque de Pino-Encino	
	Bosque de Tascate	
	Bosque de Oyamel	
Pastizal	Pastizal Inducido	3
	Pradera de Alta Montana	
Área agrícola	Agricultura de Temporal	4
Área agrícola - pastizal	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	
Matorral	Matorral Desértico Rosetofilo	
Área agrícola - pastizal	Área Urbana	5

**TABLA 40. Valoración de la Pendiente**

PENDIENTE		
Clasificación	Ángulo de inclinación	Criterio
Muy bajo	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
Bajo	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
Medio	30 a 50 % (16.7 - 26.6 grados)	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados donde no han ocurrido deslizamientos pero no existe completa seguridad de que no ocurran.

PENDIENTE		
Clasificación	Ángulo de inclinación	Criterio
Alto	50 a 100 % (26.6 - 45 grados)	Laderas que tienen zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran
Muy alto	Mas del 100 % (mas de 45 grados)	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de que ocurran.

**TABLA 41. Valoración de Precipitación media anual**

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	
Rango	Categoría
De 600 a 800	1
De 800 a 1000	2
De 1000 a 1200	3
De 1200 a 1500	4
De 1500 a 1800	5

El mapa de peligro de inestabilidad de laderas resulta del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, y pendiente) y detonantes (precipitación media anual), que se obtienen al hacer una suma lineal ponderada, es decir, se determinaron pesos relativos de manera analítica a las variables que componen estos dos factores, dependiendo del grado de influencia que tiene cada variable para que suceda dicho fenómeno. Finalmente se sumaron las resultantes, en la Tabla XX se muestran los pesos que se le asignaron.

**TABLA 42. Ponderación de variables condicionantes y detonantes**

PENDIENTE		
	Factores Condicionantes	Factor Detonante
Peso	0.70	0.3

Los valores que se obtuvieron de la suma ponderada se clasificaron en 5, donde el valor de 1 hace referencia a la menor probabilidad de que ocurra un evento de inestabilidad de laderas, e inversamente el 5 es el de mayor probabilidad.

Este tipo de fenómenos presentan un desprendimiento brusco y la caída más o menos libre y a gran velocidad de un bloque o masa rocosa “en seco”. Gran parte del transporte de dicho bloque es aéreo, aunque dependiendo de la pendiente de la ladera de origen tendrá también un componente de salto y rodamiento. La zona de origen corresponde prioritariamente a acantilados rocosos o laderas de fuerte pendiente donde la roca está fracturada y alterada.

Son caídas bruscas de fragmentos de roca o suelo, que permanecían en estabilidad precaria en el talud y se desprenden del mismo por acción de la gravedad. Cada fragmento se mueve hacia abajo en forma independiente, salvo cuando se producen condiciones extremas en avalanchas o aludes. Los derrumbes ocurren con mucha mayor frecuencia en taludes de roca que en suelos, por lo común en pendientes cercanas a la vertical. Sin embargo se conocen casos de derrumbes de grandes dimensiones en taludes de regolito (roca muy alterada) con solamente 40° de inclinación. Derrumbes pequeños de rocas y tierra se encuentran asociados frecuentemente a los deslizamientos importantes. Ocasionalmente ocurren desprendimientos y caídas de bloques aislados.

### **Resultado**

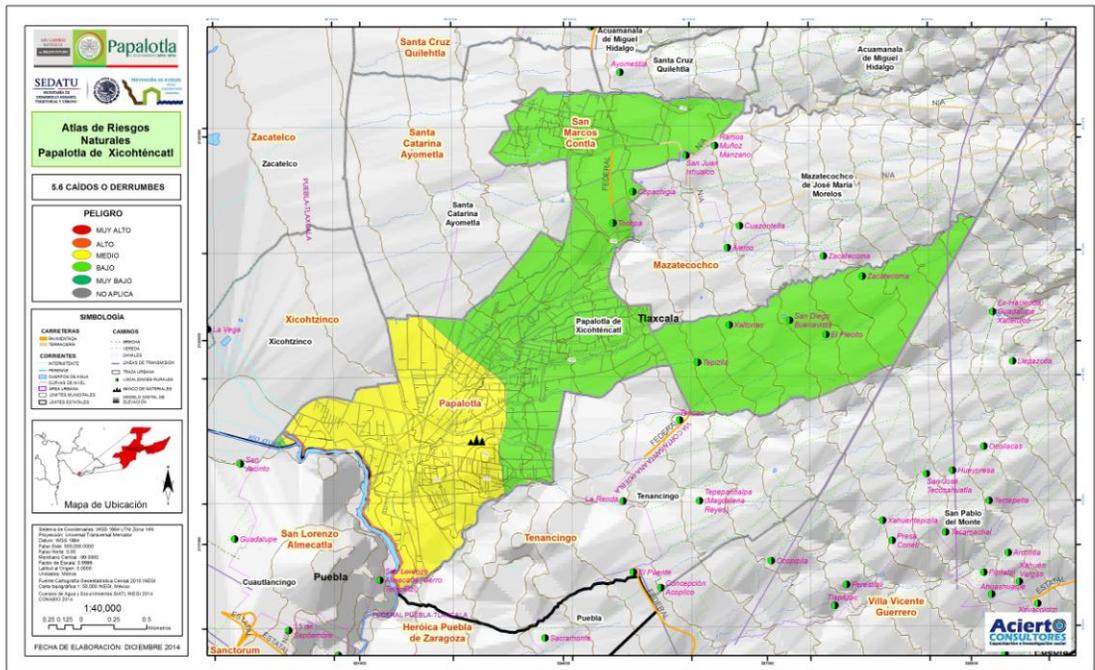
De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el municipio presenta algunas zonas con peligro al fenómeno de caídos y derrumbes, como se puede apreciar más adelante donde se describen y localizan dichas zonas para el municipio.

**TABLA 43. Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de inestabilidad de laderas del municipio de Papalotla.**

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
---------	------------------	-----------------

<p><b>Bajo</b></p> <p>Copachigia Tochpa Zacatecoma San Diego Buenavista Xaltonac El Piccito Tepizila</p>
--

**MAPA 31 Peligro por el fenómeno de caídos o derrumbes en el municipio de Papalotla**



Durante la visita al municipio se pudo documentar que existe peligro por éste fenómeno ya que en los escurrimientos de los afluentes del río Atoyac, existen zonas con peligro de derrumbarse como se muestra en la siguiente foto.

**Foto 3. Zonas de escurrimiento de los afluentes de Río Atoyac.**



## **5.7. Hundimientos**

Los hundimientos son colapsos producidos por el aplastamiento o remoción del material subyacente. En condiciones naturales las rocas calcáreas y el yeso se van disolviendo lentamente, formando cavernas que al degradarse demasiado pierden estabilidad y se produce el colapso del techo, hundiendo el terreno situado encima. En la superficie se forman depresiones cerradas de forma irregular o circular. Son fenómenos que afectan a veces áreas de miles de metros cuadrados. La mayor parte de los hundimientos de rocas de origen artificial son provocados por la actividad minera, como resultado de la excavación de galerías y cámaras de exploración. Con frecuencia estos colapsos tienen efectos catastróficos en áreas pobladas (Iriondo, 2007).

Este fenómeno es un paulatino o súbito descenso de la superficie del terreno en una determinada área o región. Se tienen identificados procesos por diferentes factores, cómo: extracción de agua (Subsidencia).

### ***Peligro***

De la revisión bibliográfica y visitas a campo no se registran hundimientos. Por lo que el criterio utilizado para la elaboración de este apartado fueron los lineamientos y la información existente en la cartografía temática generada sobre hundimientos regionales y agrietamientos por sobre-explotación de acuíferos del CENAPRED (2001). En el caso del CENAPRED superponen la información referente a las características de las diferentes provincias fisiográficas, la geomorfología, el estudio sobre los diferentes climas existentes en todo el país, así como la localización de las condiciones ambientales que propician la necesidad de extraer agua del subsuelo para consumo humano, agrícola e industrial, identificando las distintas formaciones geológicas involucradas, la edafología, la distribución de vertientes, ríos y cuencas hidrológicas, dando, especial atención a las condiciones geológicas y a los datos de precipitación pluvial, mediante el estudio de isoyetas. El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación

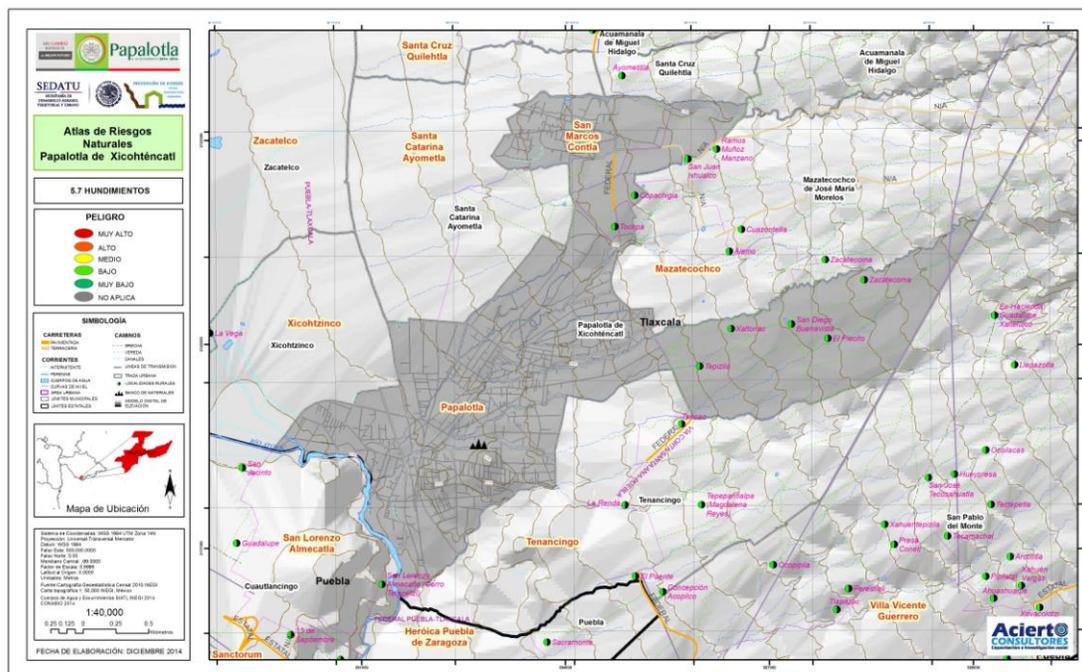
### **Resultado**

De acuerdo con el análisis de peligro y la información se pudo determinar que el municipio presenta zonas con peligro al fenómeno de hundimientos, como se puede apreciar en el mapa y en la tabla donde se describen y localizan dichas zonas para el municipio.

**TABLA 44. Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de hundimiento del municipio**

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
<b>Medio</b>	Papalotla San Marcos Contla	

**MAPA 32** Mapa de peligro al fenómeno de hundimiento en el municipio de Papalotla



## 5.8. Subsistencia

El término de subsistencia se refiere al hundimiento paulatino de la corteza terrestre, continental o submarina. La subsistencia terrestre, en la cual se centra el presente trabajo, es un fenómeno que implica el asentamiento de la superficie terrestre en un área extensa debido a varios factores, que pueden ser naturales o causados por el impacto de una gran variedad de actividades humanas (Corapcioglu, 1984).

La subsistencia es un fenómeno geológico que no suele ocasionar víctimas mortales, aunque los daños materiales que causa pueden llegar a ser cuantiosos. Es de gran importancia en zonas urbanas, donde los perjuicios ocasionados pueden llegar a ser ilimitados, suponiendo un riesgo importante para edificaciones, canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma. *La subsistencia del terreno* es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación.

Para este Atlas se empleará la clasificación de Prokopovich (1979), que define desde un punto de vista genético dos tipos de subsistencia: endógena y exógena.

- ★ *La subsidencia endógena* hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc.
- ★ *La subsidencia exógena* se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

### **Peligro**

Para el cálculo de la subsidencia se realizó un análisis multicriterio abarcando tres variables: edafología, minas y aguas subterráneas presentes en el municipio, se tiene que la edafología está dividida en cinco categorías, donde 1 es valor de menor susceptibilidad y 5 el de mayor, al no haber una metodología que indique puntos estratégicos para este cálculo, se infirió que los puntos donde se intersecten las variables se podría suscitar un fenómeno de subsidencia.

### **Memoria de Cálculo:**

**TABLA 45. Valoración y características del factor edafológico**

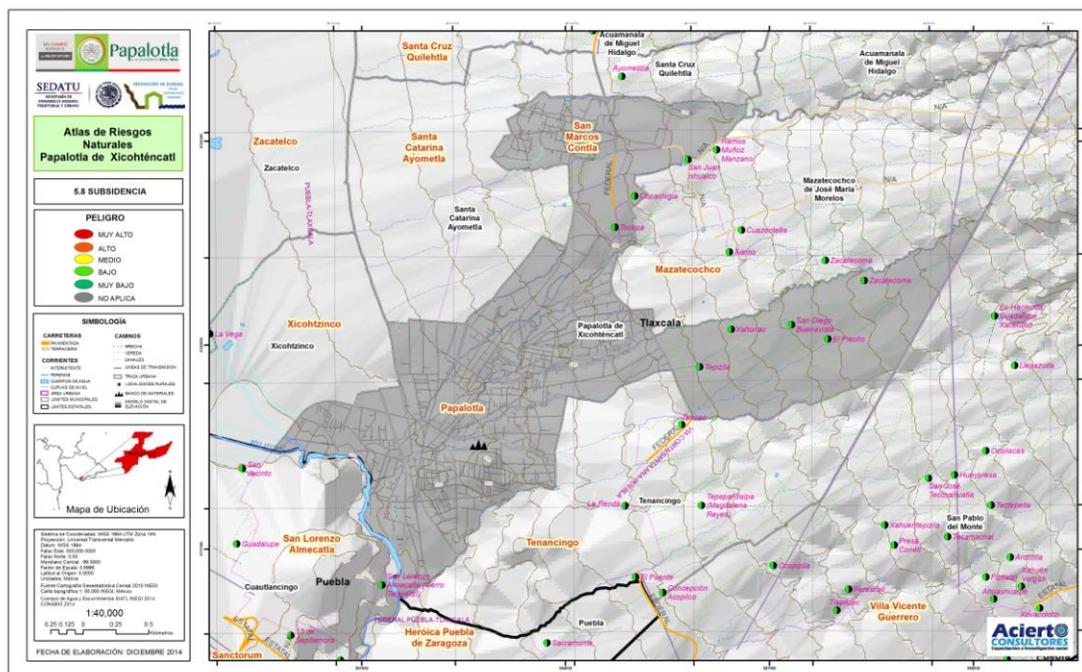
<b>EDAFOLOGÍA</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categoría</b>	<b>Nomenclatura</b>
Gleysol	Suelos con mal drenaje, con presencia de agua permanente o semipermanente	1	Muy Bajo Bajo
Solonchak	Suelos claros o grisáceos, típicos de zonas áridas, subhúmedas, poco drenadas, material parental salino, con presencia de yeso, sal o carbonato de calcio	2	Bajo
Regosol	Suelos poco desarrollados de materiales no consolidados, comunes en áreas erosionadas de zonas áridas o montañosas	2	
Fluvisol	Suelos formados por material arenoso a lodoso de aluvión reciente presente en topografías planas como las llanuras de inundación de los ríos	3	Moderado

EDAFOLOGÍA			
Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
Cambisol	Suelos con horizontes que cambian de color o estructura, desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial, muy pedregoso, poco espesor y pendiente variables.	4	Alto
Rendzina	Tipo de suelo oscuro, rico en humus, generalmente poco profundo, de las regiones húmedas de climas templados, desarrollado sobre la roca caliza.	5	Muy Alto

### **Resultado**

Para el municipio no se tiene registro de la existencia de pozos,, corrientes subterráneas o minas, por tal motivo el análisis resulto negativo para peligro por este tipo de fenómenos.

MAPA 33 Peligro al fenómeno de subsidencia en el municipio de Papalotla.



## 5.9. Agrietamientos

El agrietamiento de la superficie del terreno es una manifestación de una serie de desplazamientos verticales y horizontales del subsuelo en un área amplia que resulta del problema de hundimiento regional, por la extracción excesiva mediante bombeo profundo de agua subterránea, normalmente con fines de abastecimiento para uso agrícola, urbano o industrial, en zonas del país donde este recurso natural es escaso.

Los agrietamientos son un tipo de *diaclasas*. Las diaclasas o juntas son fracturas en las rocas que no presentan desplazamiento trasversal que sea detectable, sólo manifiestan un poco de movimiento extensional. Por su origen se dividen en:

- ✓ *Fisuras de enfriamiento*, las que se originan durante el enfriamiento de la roca magmática.
- ✓ *Grietas de desecación*, que se forman durante la desecación del barro o lodo bajo condiciones atmosféricas determinadas.

Existe otro tipo de grietas que resultan de actividades antrópicas a las que se denomina agrietamientos. Se presentan en la superficie del terreno en lugares donde la extracción de agua sobrepasa la reserva natural de los acuíferos, así como a los diferentes tipos de materiales y al régimen hidrológico de cada zona. En México, la mayor parte de las ciudades que sufren el fenómeno de agrietamiento y subsidencia del terreno se encuentran localizadas en la zona norte de la provincia geológica conocida como Cinturón Volcánico Transmexicano y en algunos estados del altiplano central como el Distrito Federal, Estado de México y algunas regiones de Puebla e Hidalgo.

### **Memoria de cálculo**

El criterio utilizado para la elaboración del presente apartado fue la información existente de INEGI sobre fallas y fracturas registradas en la República Mexicana y el Plan Estatal de Desarrollo, donde se observa que el municipio cuenta con fallas cercanas. El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación

**TABLA 46. Valoración de fallas y fracturas**

Distancia considerada	Peso relativo
50 m	5
100 m	4
150 m	3
200 m	2
250 m	1

Este último fenómeno geológico puede ocasionar severos problemas tales como el “rompimiento” progresivo de terrenos de cultivo, pavimento, aceras de calle, tuberías de drenaje y agua potable, así como una serie de daños en casas habitación y en algunos edificios públicos.

Con base en la información anterior el presente apartado fue abordado tomando en cuenta la información de fallas y fracturas existentes para el Municipio.

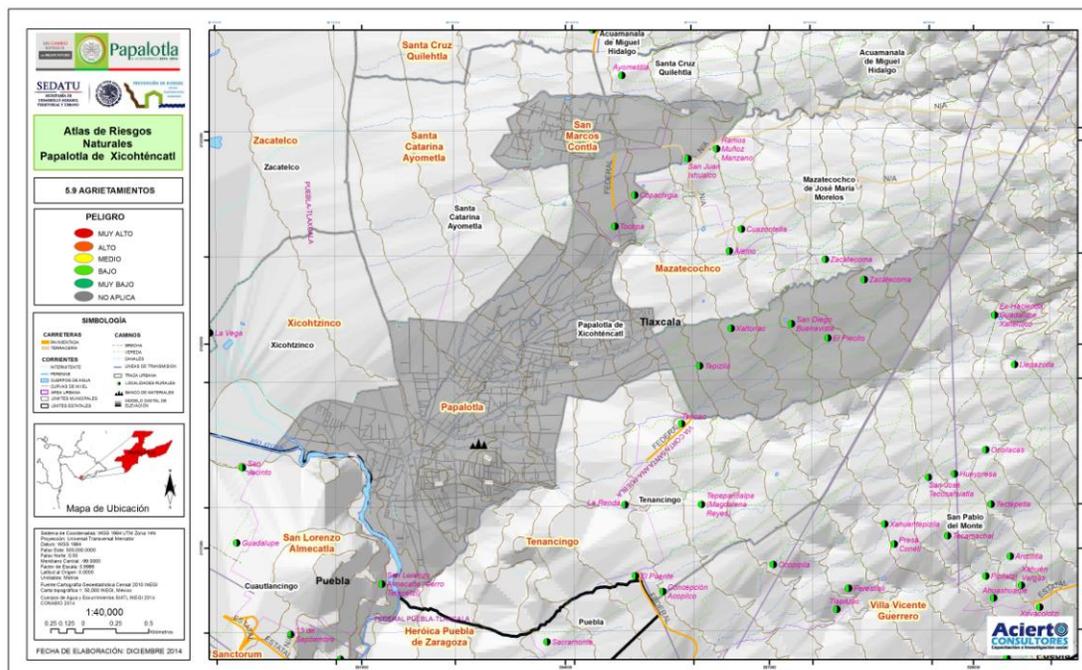
## Fallas o fracturas

Con base en la información existente en INEGI dentro del municipio de Papalotla de Xicohténcatl no se tienen registro de fallas y/o fracturas que lo afecten directamente (Ver tabla y mapa siguientes).

**TABLA 47. Fracturas cercanas al municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

No.	Ubicación de Fractura	Distancia
1	Orientación Noroeste. Poblados cercanos La Retama y Vista Hermosa Municipio Xaltocan.	29.2 km
2	Orientación Norte- Sur. Cruza la localidad urbana de San Simeón Xipetzinco Municipio de Hueyotlipan.	27.9 km
3	Orientación Noreste. Poblados cercanos La Soledad (Rancho), San Miguel Tepalca y El Sabinal del Municipio Españita, la población de San Marcos Jilotepec y la localidad urbana de Villa Mariano Matamoros del municipio Ixtacuixtla de Mariano Matamoros.	25.78 Km
4	Orientación Noroeste. Poblaciones cercanas y por municipio son Las Rosas del municipio de Españita, Las huertas, La Fiscala, Miguel Ángel (Granja) y la localidad urbana de San Antonio Atotonilco del Municipio de Ixtacuixtla de Mariano Matamoros.	33.7 Km

Mapa 26. Agrietamientos (con base en fallas y fracturas)



### 5.10.1. Ondas cálidas

Se llama onda cálida a la parte frontal de una masa de aire tibio que avanza para remplazar a una masa de aire frío, que retrocede. Generalmente, con el paso del frente cálido la temperatura y la humedad aumentan, la presión sube y aunque el viento cambia no es tan pronunciado como cuando pasa un frente frío. La precipitación en forma de lluvia, nieve o llovizna se encuentra generalmente al inicio de un frente superficial, así como las lluvias convectivas y las tormentas. La neblina es común en el aire frío que antecede a este tipo de frente. A pesar que casi siempre aclara una vez pasado el frente, algunas veces puede originarse neblina en el aire cálido.

Las temperaturas máximas extremas, se definen de la siguiente manera: “Es la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en un día (máxima diaria), en un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual)”. También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta).

En condiciones normales, y sin tener en cuenta otros elementos del clima, las temperaturas máximas diarias se alcanzan en las primeras horas de la tarde; las máximas mensuales suelen alcanzarse durante julio o agosto en la zona templada del hemisferio norte y en enero o febrero en el hemisferio sur.

Las máximas absolutas dependen de muchos factores, sobre todo de la insolación, de la continentalidad, de la mayor o menor humedad, de los vientos y de otros.

Las temperaturas extremas, tanto altas como bajas, pueden causar disturbios fisiológicos y daños a diferentes órganos provocando enfermedad o la muerte en los seres humanos. Una de las consecuencias más seguras y directas del cambio climático es un aumento en la morbilidad y la mortalidad humanas en períodos de clima extremos como son las olas de calor.

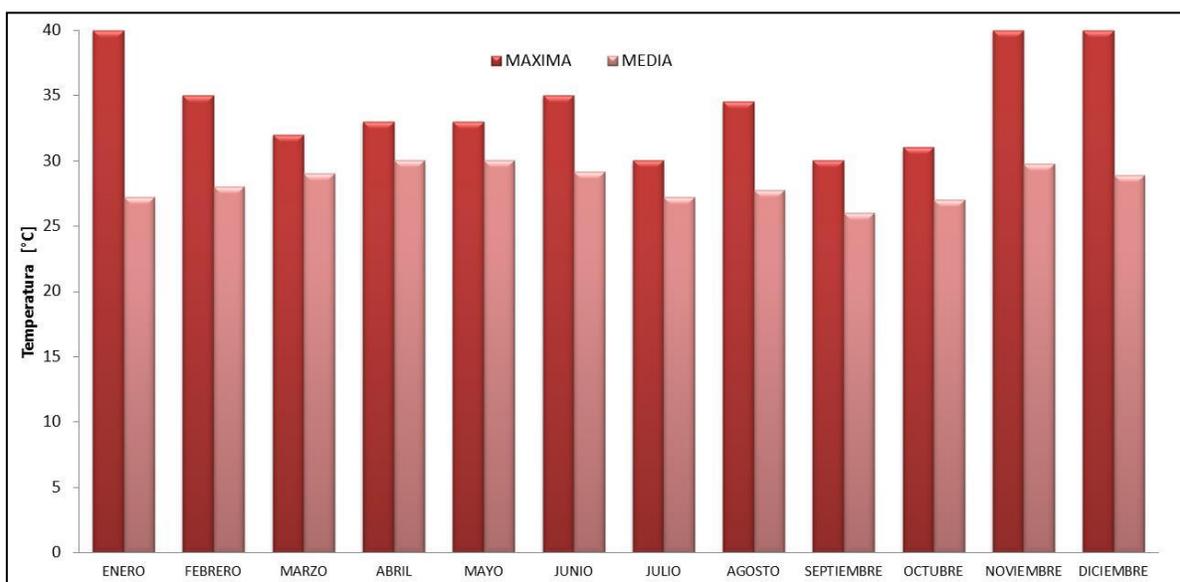
La letalidad de una ola de este tipo aumenta si ocurre al principio del verano (cuando la población todavía no ha podido aclimatarse al calor), si es de larga duración y si hay temperaturas nocturnas elevadas. Estos efectos son peores en las ciudades debido al “efecto de isla de calor urbano” que involucra la liberación nocturna del calor almacenado durante el día en el cemento y los materiales metálicos urbanos.

Como ejemplo se puede citar la ola de calor que causó la muerte de más de 500 personas en julio de 1995 en la ciudad de Chicago, EE.UU. (WHO 2001). Las personas mayores con problemas cardiacos o respiratorios son particularmente vulnerables porque el calor extremo puede exacerbar estas condiciones preexistentes. La falta de acceso a sistemas de aire acondicionado aumenta también el riesgo de muerte por calor lo que introduce un factor socio-económico.

### **Situación Local ondas cálidas**

Si bien Papalotla de Xicohtécatl pudiera clasificarse como un municipio con temperaturas promedio anuales bajas, el promedio es de 15.49°C, la ocurrencia de temperaturas altas no puede descartarse completamente.

**Grafica 13. Temperaturas máximas mensuales históricas y máximas promedio.**



Fuente: Registros en la estación climatológica 29050

### Metodología para la determinación del peligro por altas temperaturas

Se integró una base de datos de temperaturas máximas diarias de las estaciones de la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que inciden o que se encuentran cercanas al Municipio. En la siguiente tabla 23 se muestran las estaciones climatológicas.

**TABLA 48. Estaciones climatológicas para temperaturas máximas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohtécatl**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
29049	Panzacola	1979-1985	29161	Acxotla del Monte	1994-2001
29050	Teolocholco	1985-2005	29169	Zacatelco	1994-2005
29056	Tenancingo	1994-2002	29170	San Pedro del Monte	1994-2005

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan las temperaturas máximas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.

- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de temperaturas máximas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isotermas para el municipio.

### Memoria de cálculo para la determinación del peligro por ondas cálidas

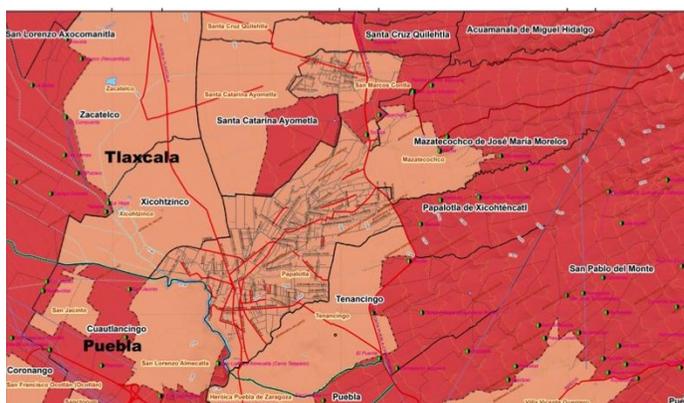
Para poder determinar las temperaturas máximas asociadas a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida. Estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

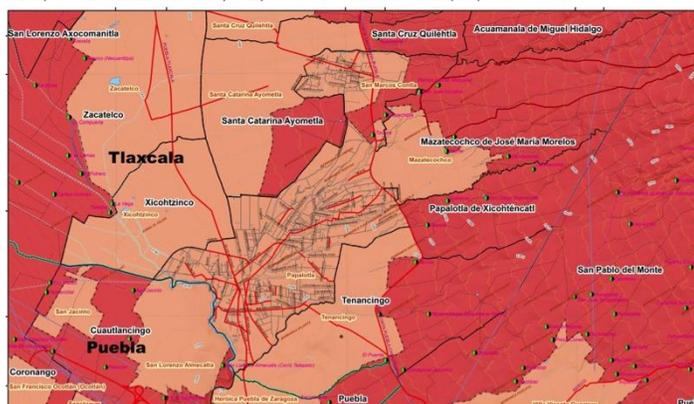
Cabe mencionar que sólo la estación 29050 contiene un periodo de registros continuos y mayor a 30 años, se planteó trabajar solo esta estación, pero al no poder realizar interpolaciones y extrapolaciones y atendiendo a la petición de SEDATU se incorporaron las estaciones 29056 y 29169.

Mapas de nivel de peligro por temperaturas máximas de acuerdo a su periodo de retorno (escala cromática rojo (MUY ALTO), naranja (ALTO), amarillo (MEDIO), verde (BAJO) y verde olivo (MUY BAJO)).

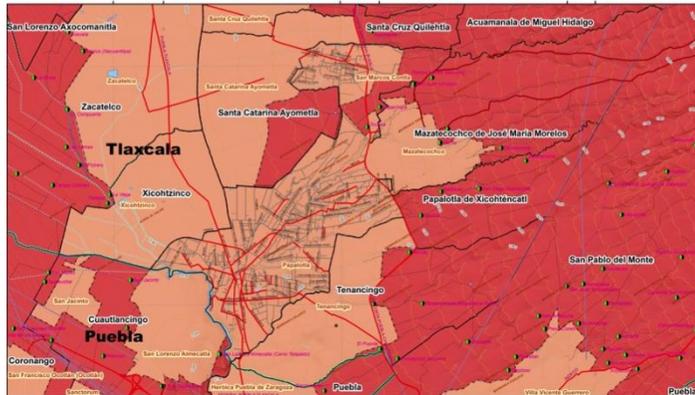
PR 5 años



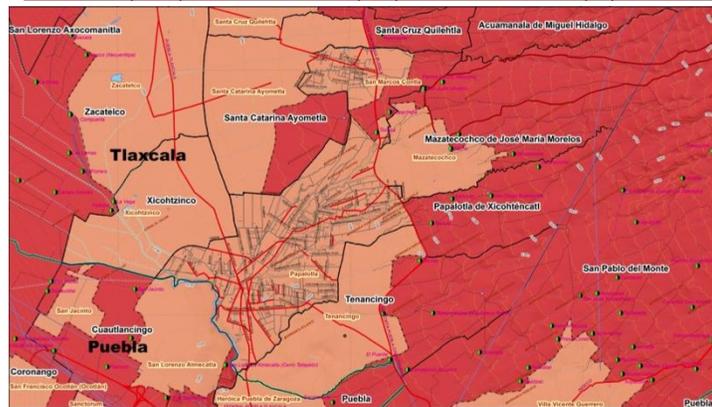
PR 10 años



PR 25 años



PR 50 años



En la siguiente tabla se muestran las temperaturas máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 49. Temperaturas máximas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C].**

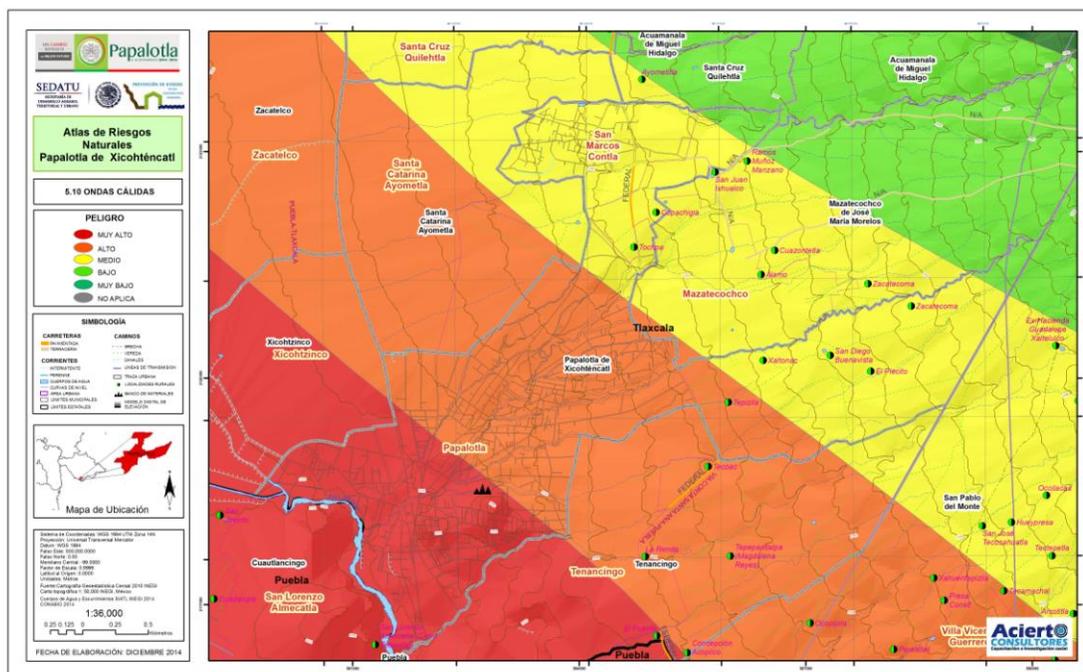
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
29050	35.29	37.04	38.00	40.00
29056	37.29	39.56	39.12	43.00
29169	36.68	38.62	38.46	42.10

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

<b>AÑO</b>	<b>29050</b>	<b>29056</b>	<b>29169</b>
1987	34.5		
1988	33		
1989	30.5		
1990			
1991			
1992			
1993	35	35	
1994	32	30	
1995	31	31.5	35
1996	32	28	36
1997	31	24	35
1998	33	36	36
1999	33	32	31.5
2000	32	33	33
2001	32	31	35
2002	40		33
2003	40		34
2004	30		29
2005	31		33

Datos de Temperatura Máxima obtenidos de CONAGUA.

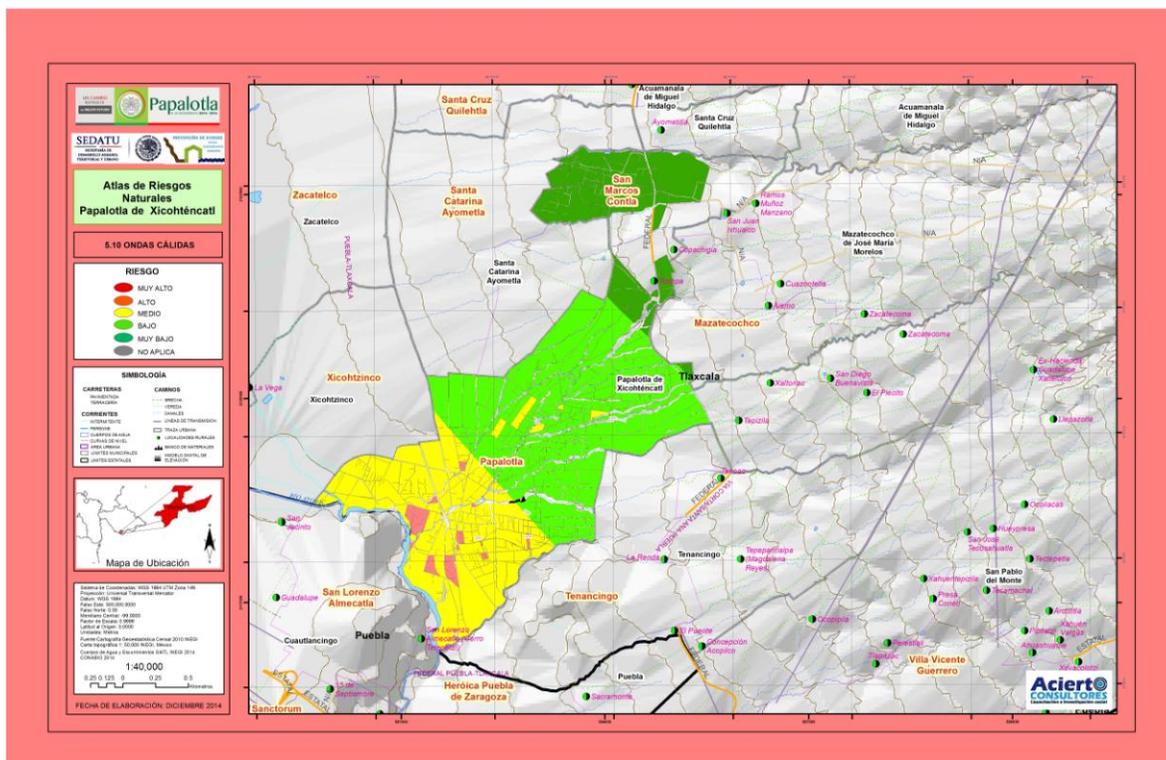
**MAPA 34 Peligro por ondas cálidas en el municipio de Papalotla**



**Resultados en ondas cálidas**

En el siguiente mapa se presenta la distribución del peligro para Ondas Cálidas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio.

**MAPA 35 Riesgo por ondas cálidas en el municipio de Papalotla**



Población afectada por nivel de riesgos a causa del fenómeno de Ondas cálidas (Afectación por manzana, habitantes y viviendas)			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	-- --	--	--
ALTO	21	2311	502
MEDIO	141	9731	2115
BAJO	188	12796	2782
MUY BAJO	62	4232	920

### 5.10.2. Ondas gélidas

Las ondas gélidas, como su nombre lo indica, son ondas de frío intenso que provocan daños en la población y en sectores productivos como la agricultura. En el municipio razón del presente análisis, se registran de manera recurrente ondas gélidas derivadas de frentes fríos que afectan a la región en general. Los frentes fríos corresponden a la porción delantera de una masa polar, transportan aire frío, que en su avance hacia el sur interacciona con aire caliente, se caracterizan por fuertes vientos, nublados y precipitaciones si la humedad es suficiente.

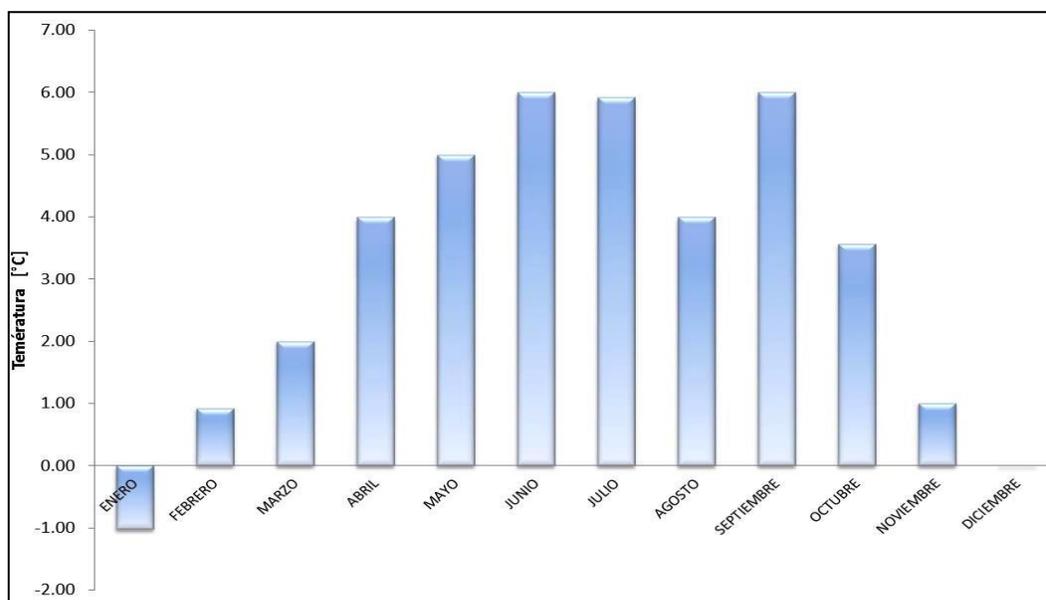
La frecuencia de los frentes es muy variable y depende de su origen, la mayoría viene del océano Pacífico (origen marítimo polar), algunos vienen del norte (polar continental) y otros tienen origen ártico continental.

### Situación Local ondas gélidas

En el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, todos los años se han registrado temperaturas bajo cero, que van de noviembre a marzo, lo que indica que la mitad de año presenta en algún momento temperaturas bajas.

En la siguiente gráfica se muestran las temperaturas mínimas medias mensuales en la estación climatológica 29050.

**Grafica 14. Temperaturas mínimas medias mensuales en la estación 29050**



Fuente: Registros en la estación climatológica 29050

### Metodología para la determinación del peligro por bajas temperaturas

Se integró una base de datos de temperaturas mínimas diarias de las estaciones de la red de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), que inciden o que se encuentran cercanas al municipio. En la tabla a continuación se muestran las estaciones climatológicas.

AÑO	29050	29056	29169
1987	-9		
1988	-1.5		
1989	-3.9		
1990			
1991			
1992			
1993	0	-1	
1994	-1	-5	
1995	0	-2	1
1996	-3	0.5	0
1997	-3	-1	-3.5
1998	-3	-5	-0.5
1999	-3	-1	0
2000	-2	-1	0
2001	1	0	0
2002	0		-1
2003	-1		0
2004	-2		-2
2005	-8.5		-2

Datos de Temperatura Mínimas obtenidos de CONAGUA.

**TABLA 50. Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohtécatl para temperaturas mínimas**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
29049	Panzacola	1979-1985	29161	Acxotla del Monte	1994-2001
29050	Teolocholco	1985-2005	29169	Zacatelco	1994-2005
29056	Tenancingo	1994-2002	29170	San Pedro del Monte	1994-2005

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan las temperaturas mínimas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de temperaturas mínimas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isotermas para el municipio.

### Memoria de cálculo para la determinación del peligro por ondas gélidas

Para poder determinar las temperaturas mínimas asociadas a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida, estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

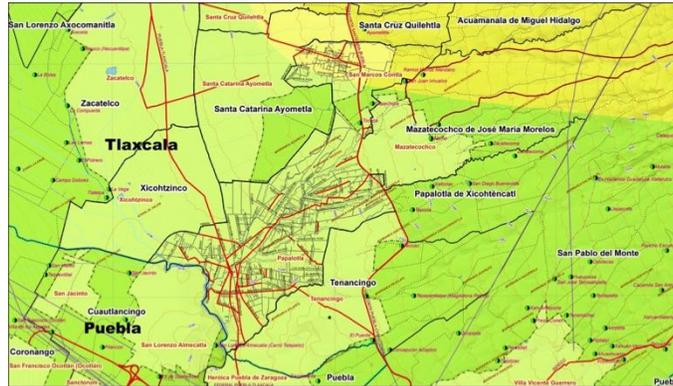
En la siguiente tabla se muestran las temperaturas mínimas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 51. Temperaturas mínimas [°C] asociadas a diferentes periodos de retorno**

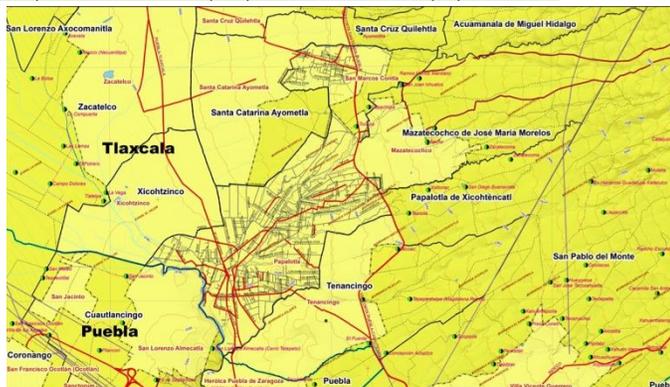
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
29050	-4.55	-6.12	-7.63	-9.57
29056	-0.32	-5.10	-5.89	-7.79
29169	-3.64	-5.64	-6.19	-8.12

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

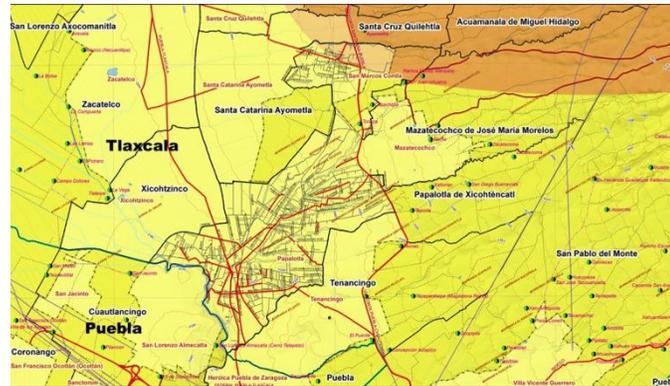
Mapas de nivel de peligro por temperaturas mínimas de acuerdo a su periodo de retorno (escala cromática rojo (MUY ALTO), naranja (ALTO), amarillo (MEDIO), verde (BAJO) y verde olivo (MUY BAJO)).



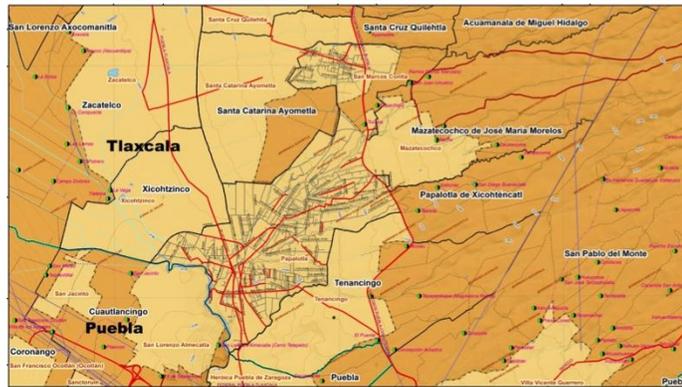
PR 5 años



PR 10 años



PR 25 años

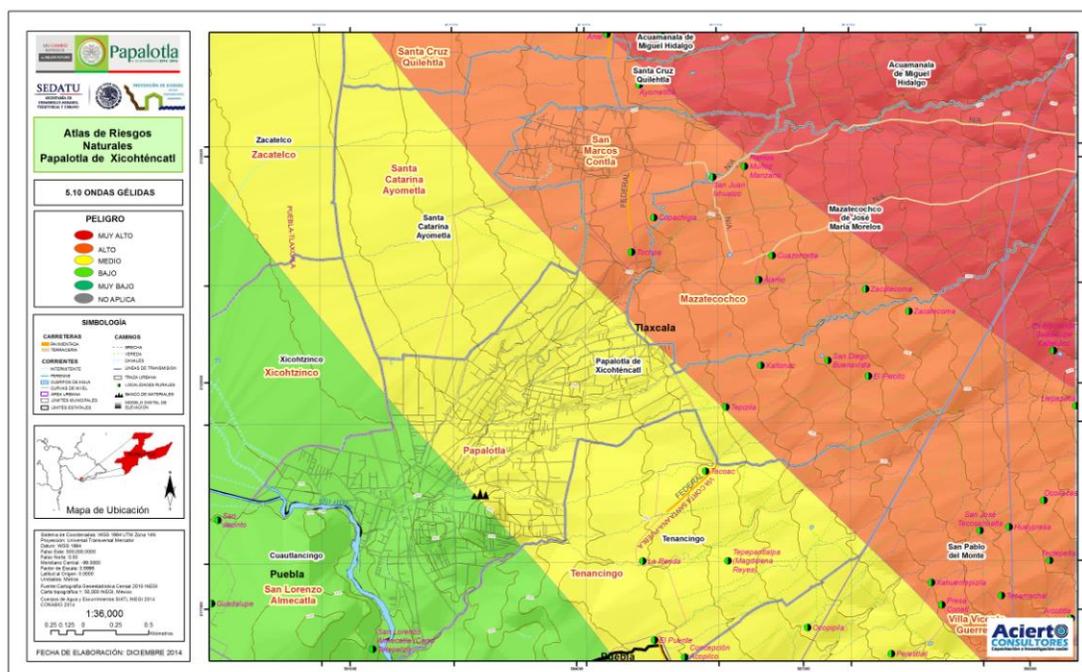


PR 50 años

Cabe mencionar que sólo la estación 29050 contiene un periodo de registros continuos y mayor a 30 años, se planteó trabajar solo que esta estación, pero al no poder realizar interpolaciones y extrapolaciones y atendiendo a la petición de SEDATU se incorporaron las estaciones 29056 y 29169.

En el siguiente mapa se presenta la distribución del peligro por Ondas Gélidas para un periodo de retorno de 50 años, con objeto de representar la situación más desfavorable para este municipio.

**MAPA 36 Peligro por Ondas Gélidas para el municipio de Papalotla.**



### 5.11. Sequías

La sequía, como fenómeno natural asociado al ciclo hidrológico, ha sido poco estudiada y no precisamente por carecer de importancia, sino por lo complicado que resulta analizarla debido a los múltiples factores que son causa y efecto de la misma. De hecho, el reconocimiento de la sequía como fenómeno hidrológico extremo, dista mucho de tener las características de otros como son las grandes avenidas. Por ello, se ha llegado a mencionar que la sequía es un «no evento», debido a que su ocurrencia, sobre todo en su

inicio, no es fácilmente detectable como tal, sino que se le reconoce por los efectos que causa después de un cierto tiempo.

Para la caracterización de la sequía es muy importante determinar su duración, su intensidad o valor promedio del déficit de humedad y la severidad en términos del valor acumulado del déficit, de tal manera que estos parámetros ayudan en la difícil tarea de su catalogación. La distribución temporal y espacial de la precipitación (en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, granizo, etc.) determina si se presenta o no la sequía en una región. La severidad de la sequía radica en que es variable en el espacio ya que puede abarcar grandes extensiones de territorio, además de durar meses o años, por lo que sus efectos pueden ser catastróficos en comunidades que no se encuentran suficientemente preparados para afrontarlas.

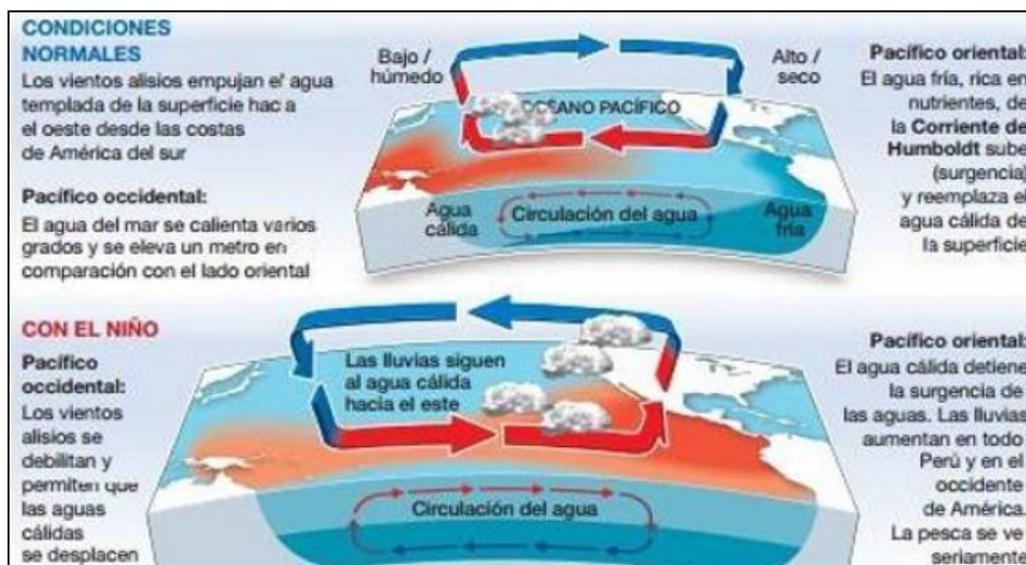
### **Causas de las sequías**

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios en las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera (variaciones de los vientos a escala planetaria), así como modificaciones en la cantidad de luz solar reflejada en la superficie de la Tierra, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera, que a su vez ocasionan variaciones espacio -temporales de las precipitaciones.

### **Fenómeno de “El Niño”**

Una de las causas de las sequías se atribuye a los cambios en la circulación general atmosférica que son provocados por el fenómeno de “El Niño”. Básicamente, este fenómeno consiste en un incremento de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial que provoca una disminución en el ascenso de aguas frías frente a las costas de Perú (sustento de una gran diversidad biológica) y que origina grandes cambios en los vientos y el transporte de humedad (igura siguiente). La aparición de estas aguas cálidas fue identificada por los pescadores del Perú, quienes observaron una disminución en la cantidad de peces capturados y le dieron el nombre de “El Niño”, porque se presentaba a finales de diciembre, coincidiendo con la temporada de Navidad.

Figura 5. Condiciones normales del Pacífico tropical y Condiciones del Pacífico tropical durante “El Niño”



El Niño está relacionado con la Oscilación del Sur, esta última es una disminución de la presión atmosférica entre el Pacífico tropical oriental y occidental y que trae aparejadas variaciones climáticas a escala global. El acoplamiento entre ambos se conoce con el nombre de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO). El ciclo del ENSO es irregular y genera perturbaciones atmosféricas que resultan en impactos climáticos a escala regional y global tales como sequías, lluvias intensas, períodos de calor y frío.

Se pueden mencionar las grandes sequías que han afectado a países como Australia, Indonesia, noreste de Brasil y sur de África a causa de El Niño. Existen lapsos durante los cuales las aguas marinas superficiales del Pacífico ecuatorial, en lugar de calentarse se enfrían por abajo de cierta temperatura que también tiene consecuencias en el clima, a este fenómeno se le conoce como “La Niña”, por contraponerse a las condiciones del fenómeno de “El Niño”.

En los últimos años, la sequía ha adquirido una gran relevancia por los daños que ocasiona, que con frecuencia superan en magnitud a los que producen otros fenómenos hidrometeorológicos, y se torna más amenazador por el calentamiento atmosférico asociado al cambio global, entre cuyas secuelas el aumento en la frecuencia de sequías en determinadas zonas del planeta, es uno de los más serios problemas que enfrentará la humanidad, en especial los países ubicados en las zonas subtropicales, donde los altos niveles de radiación solar y evaporación se combinan con escasas precipitaciones y

favorecen la recurrencia de periodos prolongados de sequía en áreas extensas (Salati y Nobre, 1991).

### **Metodología para la determinación del peligro por Sequías**

Tomando como base los registros de precipitación históricos en la estación climatológicas 29050, se calculó el índice de severidad para cada año de lluvia, respecto de la media histórica en cada estación de medición climatológica.

El índice de índices de aridez de acuerdo al método utilizado por María Engracia Hernández, se describe a continuación:

Donde:

$$IS = \frac{\sum Y - \sum X}{\sum X}$$

Y= Precipitación mensual registrada

X= Precipitación mensual histórica

Calculados los índices de severidad para cada año de la muestra (1981-2008), se tipifican de acuerdo a la clasificación propuesta a continuación:

El índice de severidad de la sequía meteorológica se clasificó en siete grados (Sancho y Cervera, et al., 1980):

- Extremadamente severo (mayor de 0.8)
- Muy severo (0.6 a 0.8)
- Severo (0.5 a 0.6)
- Muy fuerte (0.4 a 0.5)
- Fuerte (0.35 a 0.4)
- Leve (0.2 a 0.35)
- Ausente (<0.2)

### **Memoria de cálculo para la determinación del peligro por Sequías**

De cada una de las estaciones climatológicas se obtuvieron la precipitación mensual normal de acuerdo al periodo particular de cada una de las estaciones y por medio de la ecuación antes mencionada se fue calculando el índice de severidad en cada uno de los años de registro.

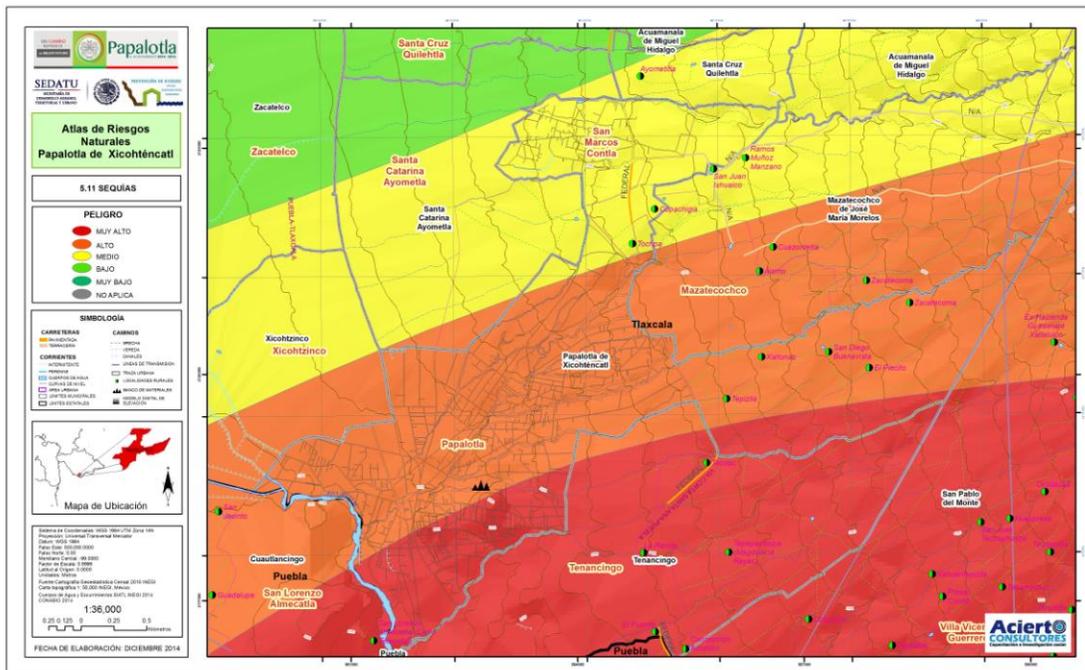
En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos en cada una de las estaciones.

### Índice de Severidad

ID ESTACIÓN	IINDICE DE SEVERIDAD
29050	0.33
29056	0.35
29050	0.3

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

**MAPA 37 Peligro por sequías en el municipio de Papalotla**



### Resultados en Sequías

Cabe mencionar que sólo la estación 29050 contiene un periodo de registros continuos y mayor a 30 años, se planteó trabajar solo que esta estación, pero al no poder realizar

interpolaciones y extrapolaciones y atendiendo a la petición de SEDATU se incorporaron las estaciones 29056 y 29169.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación del índice de severidad de la sequía meteorológica obtenido en cada una de las estaciones climatológicas

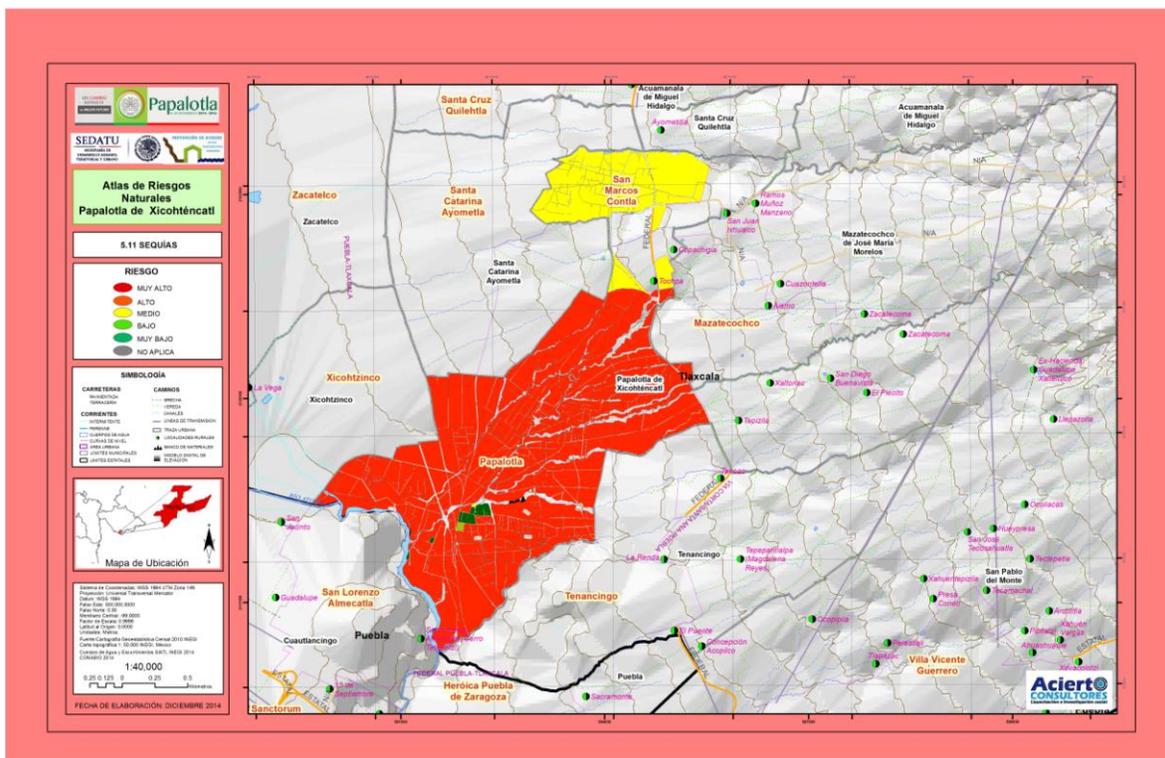
**Clasificación del Índice de Severidad.**

ID ESTACIÓN	IÍNDICE DE SEVERIDAD
29050	LEVE
29056	LEVE
29050	LEVE

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

En el siguiente mapa se presenta la distribución del RIESGO por SEQUÍA en el Municipio de Papalotla.

**MAPA 38 Riesgo por sequías en el municipio de Papalotla**



**Población afectada por nivel de riesgos a causa del fenómeno de Sequías  
(Afectación por manzana, habitantes y viviendas)**

Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	354	24797	5391
ALTO	1	34	7
MEDIO	51	3978	865
BAJO	--	--	--
MUY BAJO	6	261	57

## 5.12. Heladas

Existen varias definiciones de una helada, se puede decir que una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas.

La helada es un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies.

La ocurrencia de este fenómeno climático es constante en el municipio razón del presente estudio, de hecho, en el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), específicamente en la capa de “Índice de días con helada por municipio”, tipifican a Papalotla de Xicohténcatl como un lugar con alto peligro por probabilidad de ocurrencia de Heladas.

### ***Elementos Meteorológicos que afectan la formación de heladas***

El estado de la atmósfera se manifiesta a través de elementos del tiempo, como son la temperatura, la precipitación, la humedad, la dirección y velocidad del viento, la presión atmosférica, la nubosidad, la radiación solar y la visibilidad. Éstos varían de un lugar a otro y a lo largo del tiempo.

Los principales elementos del tiempo que influyen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar.

**Viento.** El viento es fundamental para que se desarrolle una helada, pues cuando hay corrientes de aire se mezcla el aire frío, que se encuentra cercano al suelo, con el más caliente que está en niveles superiores, lo que hace más difícil el desarrollo de una helada. Por tanto, una de las condiciones que favorece la ocurrencia de heladas es la ausencia de viento. La temperatura del aire disminuye conforme aumenta su distancia a la superficie del suelo. Sin embargo, existe una inversión térmica cuando la temperatura es mayor conforme aumenta la elevación. Diversas condiciones meteorológicas producen las inversiones térmicas; cuando se presenta una inversión térmica, las capas de aire son arrastradas por otras descendentes y más frías. Este fenómeno se manifiesta en los valles, principalmente en invierno y está asociado con los cielos despejados y temperaturas bajas cercana a la superficie de la Tierra.

**Nubosidad.** Las nubes son extensos conjuntos de pequeñas gotas de agua y cristales de hielo suspendidos en el aire. Se forman cuando el vapor de agua presente en el aire llega a los niveles altos de la atmósfera y se condensa porque la temperatura es más baja.

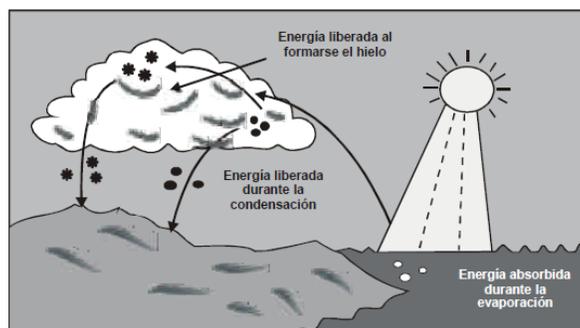
Cuando el cielo está cubierto por nubes, éstas disminuyen la pérdida de calor del suelo por radiación hacia la atmósfera y devuelven parte de ese calor a la Tierra. Para que ello ocurra, la temperatura del aire en movimiento debe ser mayor a la del punto de rocío (la temperatura a la cual el aire no admite más humedad). Cuando sigue descendiendo la temperatura puede llegar a los 0°C y el vapor de agua que contiene produce una capa delgada de hielo en la superficie de la Tierra, que se conoce como escarcha blanca. Si en la noche, el cielo está despejado, la pérdida de calor desde la superficie de la Tierra es continua. Así disminuye el calor de la tierra y con ello se favorece la ocurrencia de las heladas.

**Humedad atmosférica.** Cuando disminuye la temperatura a los 0° C o menos, y el viento es escaso, el vapor de agua contenido en el aire, se condensa; si la humedad es abundante, ésta produce niebla y cuando tiene poco contenido de humedad, se forma la helada. Por ello una gran humedad atmosférica reduce la probabilidad de ocurrencia de heladas. Cuando se presenta una helada, en los cuerpos de agua de una zona y en objetos sobre el terreno se pueden formar capas de hielo.

**Radiación solar.** Una cantidad de radiación solar es absorbida por la superficie de la Tierra y otra es devuelta desde su superficie a la atmósfera (radiación reflejada). Durante el día, el suelo retiene el calor y durante la noche lo pierde; estos procesos dependen de la nubosidad y del viento que existan sobre ciertas regiones del planeta. Cuando los días

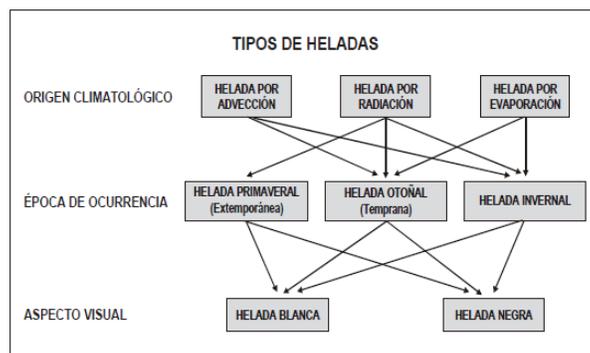
son más cortos y las noches más largas, aumenta la ocurrencia de heladas; aunque exista una menor acumulación de calor en el suelo, habrá un mayor tiempo para que se transmita hacia el aire.

**Figura 6. Elementos que integran la radiación Solar**



**Clasificación de las heladas.** Las heladas se pueden agrupar desde los puntos de vista de origen climatológico, época de ocurrencia o aspecto visual. Algunas de las categorías se relacionan entre sí.

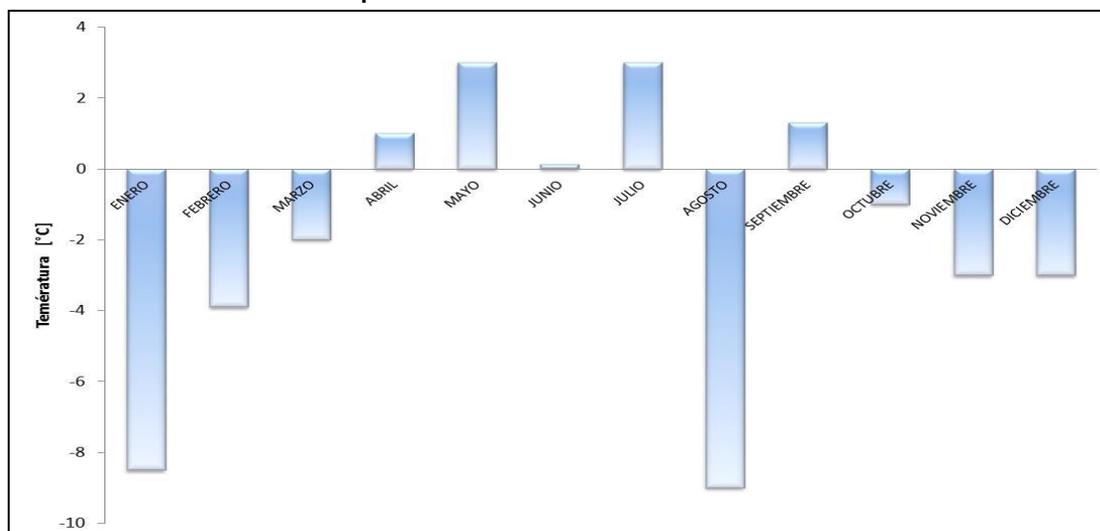
**Figura 7. Tipos de Heladas**



Generalmente la helada se presenta en la madrugada o cuando está saliendo el sol. La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire y de la resistencia de los seres vivos a ella.

En la siguiente gráfica se muestran los registros mínimos históricos en la estación climatológica 15001.

Grafica 15. Temperaturas mínimas históricas mensuales en la estación 29050



Fuente: Registros en la estación climatológica 29050

Del análisis estadístico de la variable climatológica, temperatura mínima reportada en la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2010.

**TABLA 52. Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl para temperaturas mínimas extremas**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
<b>29049</b>	Panzacola	1979-1985	29161	Acxotla del Monte	1994-2001
<b>29050</b>	Teolocholco	1985-2005	29169	Zacatelco	1994-2005
<b>29056</b>	Tenancingo	1994-2002	29170	San Pedro del Monte	1994-2005

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan las temperaturas mínimas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.

- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de temperaturas mínimas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isotermas para el municipio.

### Memoria de cálculo para la determinación del peligro por Heladas

Para poder determinar las temperaturas mínimas asociadas a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida, estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrar era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

En la siguiente tabla se muestran las temperaturas mínimas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**Temperaturas mínimas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C].**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
29050	-4.55	-6.12	-7.63	-9.57
29056	-0.32	-5.10	-5.89	-7.79
29169	-3.64	-5.64	-6.19	-8.12

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Cabe mencionar que sólo la estación 29050 contiene un periodo de registros continuos y mayor a 30 años, se planteó trabajar solo que esta estación, pero al no poder realizar interpolaciones y extrapolaciones y atendiendo a la petición de SEDATU se incorporaron las estaciones 29056 y 29169.

### Resultados por Heladas

En el siguiente mapa se presenta la distribución del peligro para Heladas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio.



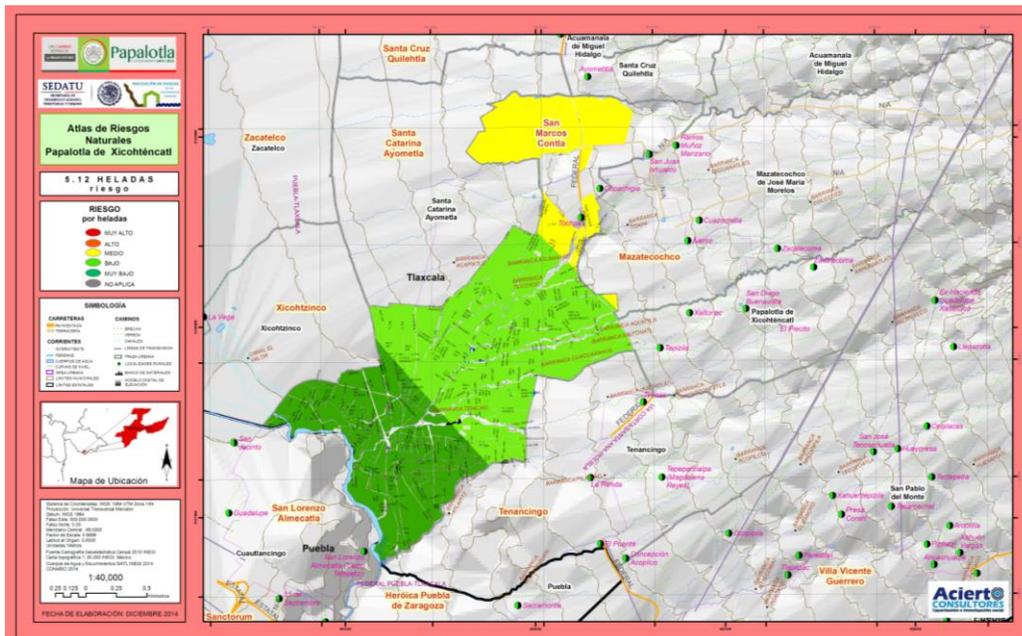
## Riesgo

Según la Ley General de Protección Civil el riesgo es la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador; la UNESCO: define el riesgo como la posibilidad de pérdida tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción. La siguiente matriz le da el valor relativo y ponderado a vulnerabilidad y peligro de **heladas** para determinar el grado de riesgo que puede tener en el municipio.

**Matriz de decisión RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS**  
Vulnerabilidad / Peligro para heladas.

		Peligro				
		MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Vulnerabilidad	MUY BAJA	Riesgo: Muy bajo	Riesgo: bajo	Riesgo: Medio	Riesgo: Alto	Riesgo: Muy alto
	BAJA	Riesgo: Muy bajo	Riesgo: Medio	Riesgo: Medio	Riesgo: Alto	Riesgo: Muy alto
	MEDIA	Riesgo: bajo	Riesgo: Medio	Riesgo: Alto	Riesgo: Alto	Riesgo: Muy alto
	ALTA	Riesgo: Alto	Riesgo: Alto	Riesgo: Alto	Riesgo: Muy alto	Riesgo: Muy alto
	MUY ALTA	Riesgo: Alto	Riesgo: Muy alto	Riesgo: Muy alto	Riesgo: Muy alto	Riesgo: Muy alto

**MAPA 40 Riesgo de heladas en el municipio de Papalotla**



Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos se podrá estimar cuanta población se encuentra en riesgo de **heladas** a través de la siguiente fórmula:  $riesgo = vulnerabilidad \times peligro$ . A continuación se presenta la tabla de afectaciones a partir del cruce de la matriz de decisiones con la vulnerabilidad desarrollada anteriormente y el peligro calculado en el presente capítulo.

Población afectada por nivel de riesgos a causa del fenómeno de Heladas (Afectación por manzana, habitantes y viviendas)			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	-----	-----	-----
ALTO	-----	-----	-----
MEDIO	62	4232	904
BAJO	194	13812	2951
MUY BAJO	156	11026	2344

### 5.13. Tormentas de granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbus son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

Las piedras de granizo se forman dentro de una nube cumulonimbus a alturas superiores al nivel de congelación y crecen por las colisiones sucesivas de las partículas de hielo con gotas de agua sobreenfriada, esto es, el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. El tamaño de las piedras de granizo está entre los 5 milímetros de diámetro hasta pedriscos del tamaño de una pelota de golf y las mayores pueden ser muy destructivas, como para romper ventanas y abollar la lámina de los automóviles, pero el mayor daño se produce en los cultivos o a veces, varias piedras pueden solidificarse formando grandes masas de hielo y nieve sin forma. El depósito del granizo sobre la superficie terrestre exhibe un patrón angosto y largo a manera de un corredor. La mayoría de las tormentas de granizo ocurren durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

#### ***Daños que causan las tormentas de granizo***

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes cuando se acumula en

cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas. La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño.

### Metodología para la determinación del peligro por granizadas

Tomando el número de granizadas promedio anuales históricos y se interpolan los datos de las estaciones con ayuda de un sistema de información geográfica.

Finalmente, se tipifican como zonas de alto peligro por granizadas, aquellas que registran más de 4 eventos al año. De mediano peligro aquellas que registran entre 2.5 y 4 granizadas anuales, por debajo de este último umbral, las zonas tienen bajo peligro por granizadas.

Del análisis estadístico de la variable climatológica, temperatura mínima reportada en la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2010. En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl para días con granizo.

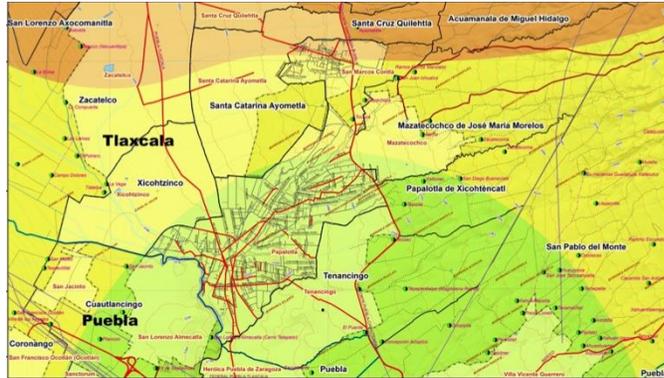
**TABLA 53. Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl para días con granizo**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
29049	Panzacola	1979-1985	29161	Acxotla del Monte	1994-2001
29050	Teolocholco	1985-2005	29169	Zacatelco	1994-2005
29056	Tenancingo	1994-2002	29170	San Pedro del Monte	1994-2005

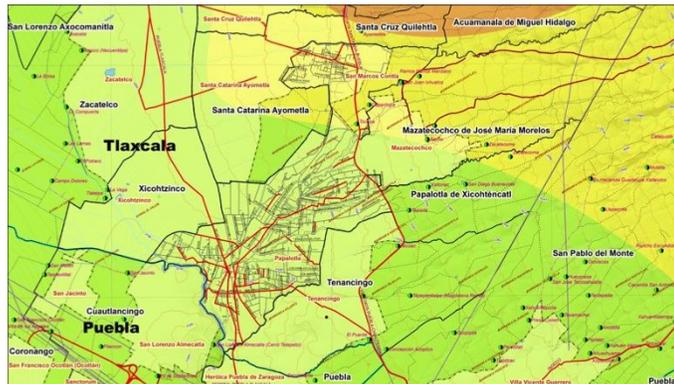
Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Mapas de nivel de peligro por Granizo de acuerdo a su periodo de retorno (escala cromática rojo (MUY ALTO), naranja (ALTO), amarillo (MEDIO), verde (BAJO) y verde olivo (MUY BAJO)).

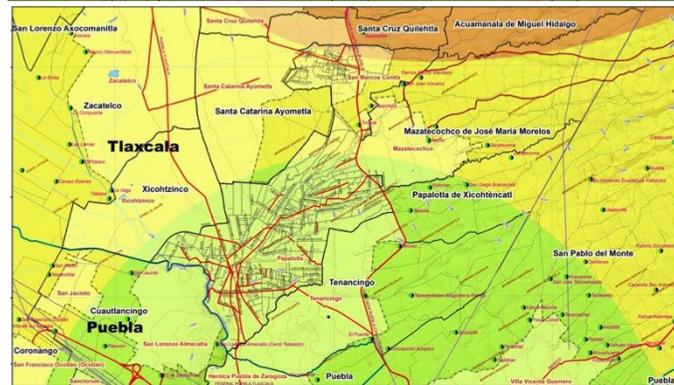
PR 5 años

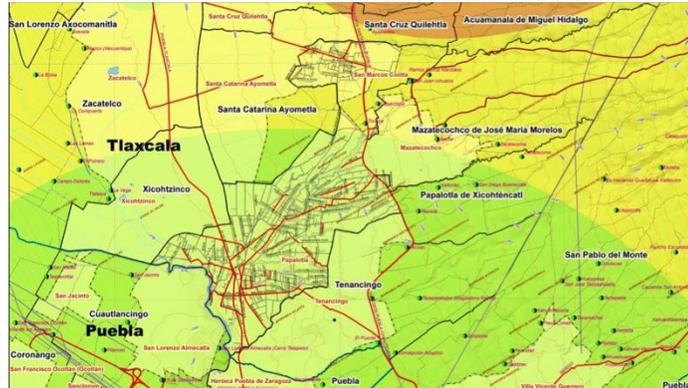


PR 10 años



PR 25 años





PR 50 años

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan los días con granizo anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de días con tormenta de granizo asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isolíneas por tormenta de granizo para el municipio.

### Memoria de cálculo para la determinación del peligro por días con granizo

Para poder determinar los días con granizo asociados a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida. Estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

En la siguiente tabla se muestran los días con granizo por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 54. Días con granizo asociados a diferentes periodos de retorno (frecuencia)**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
29050	2.11	3.10	4.04	5.26
29056	1.10	1.95	2.56	3.46
29169	1.80	2.23	3.45	4.01

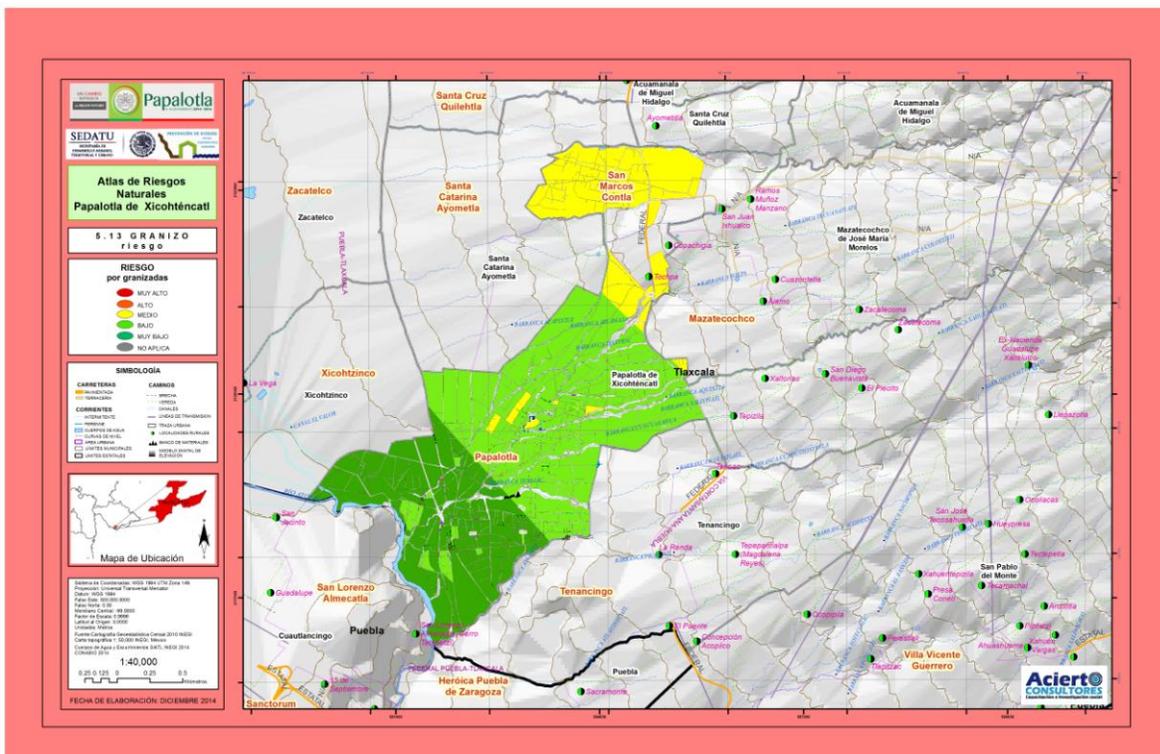
Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

AÑO	29050	26056	29169
1987	0		
1988	2		
1989	0		
1990	0		
1991	0		
1992	0		
1993	1	0	
1994	1	1	
1995	0	0	0
1996	1	0	3
1997	0	0	3
1998	0	0	0
1999	0	3	1
2000	1	0	0
2001	5	0	0
2002	1	0	0
2003	0		0
2004	6		2
2005	0		

Datos de Días con Granizo obtenidos de CONAGUA.

Cabe mencionar que sólo la estación 29050 contiene un periodo de registros continuos y mayor a 30 años, se planteó trabajar solo que esta estación, pero al no poder realizar interpolaciones y extrapolaciones y atendiendo a la petición de SEDATU se incorporaron las estaciones 29056 y 29169.





Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos se podrá estimar cuanta población se encuentra en riesgo de **granizadas** a través de la siguiente fórmula:  $riesgo = vulnerabilidad \times peligro$ . A continuación se presenta la tabla de afectaciones a partir del cruce de la matriz de decisiones con la vulnerabilidad desarrollada anteriormente y el peligro calculado en el presente capítulo.

Población afectada por nivel de riesgos a causa del fenómeno de Granizadas (Afectación por manzana, habitantes y viviendas)			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	--	--	--
ALTO	--	--	--
MEDIO	68	5248	1141
BAJO	209	15107	3284
MUY BAJO	135	8715	1895

#### 5.14. Tormentas de nieve

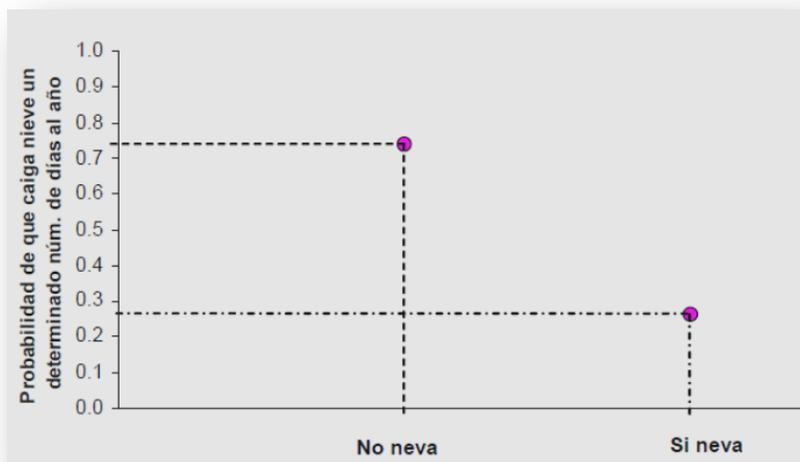
Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras, principalmente, durante el invierno. Un caso extraordinario ocurrió en el invierno de 1967, donde aproximadamente el 50% del territorio nacional resultó afectado por una nevada, incluso en el Valle de México.

Las nevadas principalmente ocurren en el norte del país y en las regiones altas, y rara vez se presentan en el sur. Del libro Guía Básica para la elaboración de Atlas de riesgos estatales y municipales, página 386, en la región del Nevado de Toluca se tienen las siguientes funciones de peligro para el Nevado de Toluca:

**Figura 8. Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm**

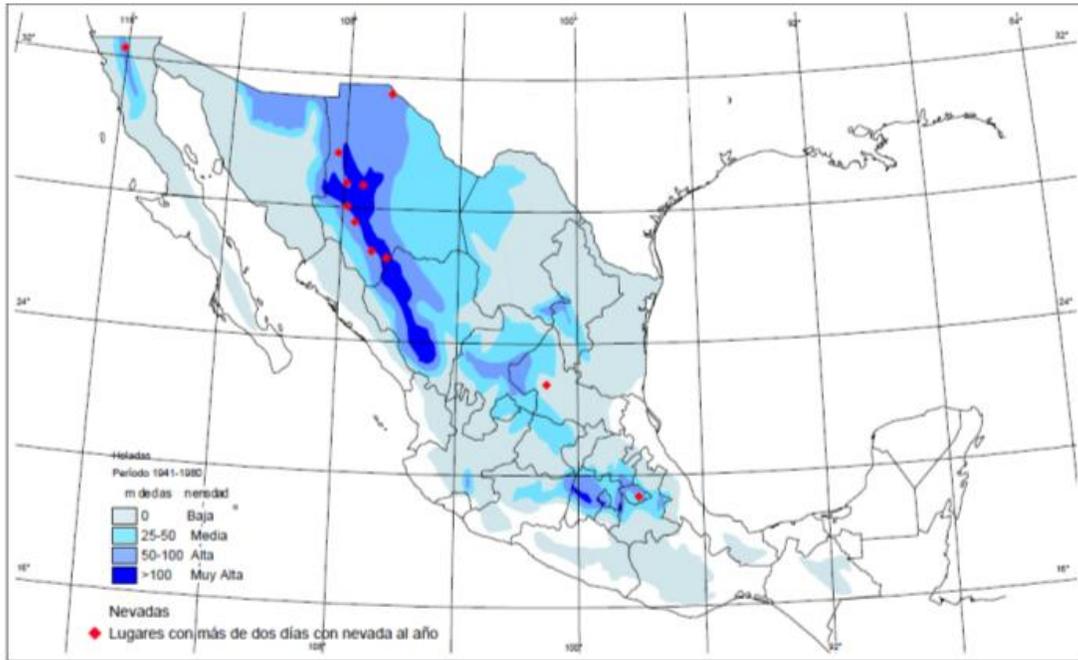


Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm.



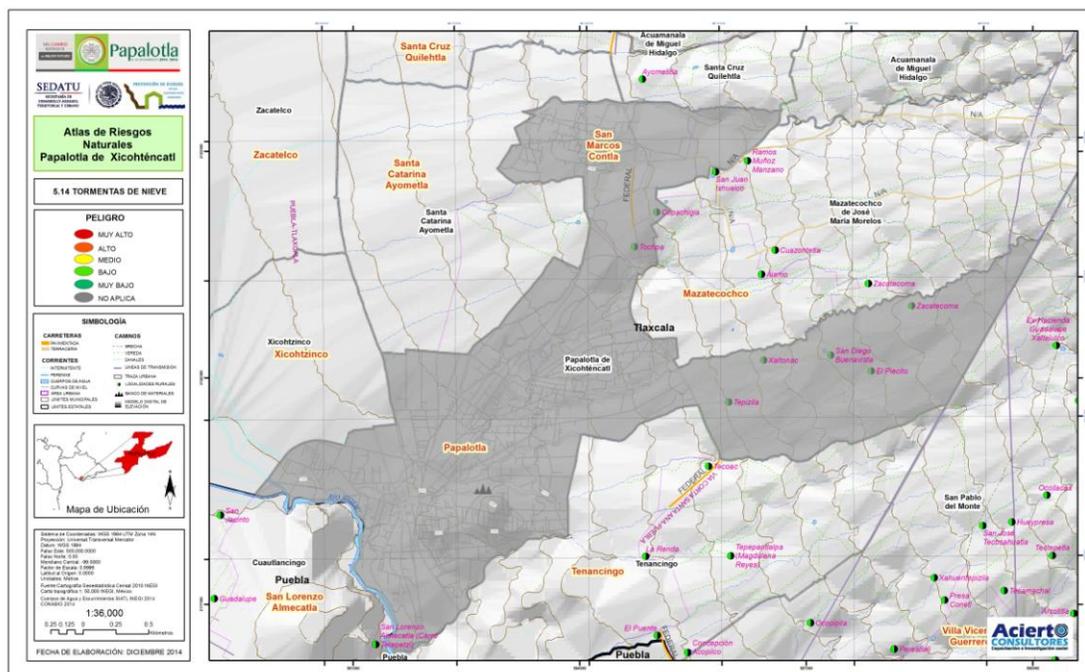
Partiendo de esta premisa, y dado que la totalidad del municipio se encuentra por debajo de los 2500 m.s.n.m. se establece como un peligro por tormentas de nieve no aplica en Papalotla de Xicohténcatl. (ver mapa y tabla correspondientes)

Figura 9. Heladas y nevadas en México



Fuente: Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, CENAPRED.

MAPA 42 Peligro de tormentas de nieve en el municipio de Papalotla



### 5.15. Ciclones Tropicales

Este tipo de fenómenos tiene poca importancia para efectos del presente estudio ya que la exposición que pudiera tener el territorio del municipio ante los peligros por incidencias de ciclones (huracanes y ondas tropicales) es muy baja y por esta razón no fueron incluidos.

En las Bases para la Estandarización de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014, respecto de los grados de vulnerabilidad, escala Saffir-Simpson se señala que la categoría 1 no presenta daño efectivo a los edificios; ocasiona daños menores a arbustos y árboles; produce inundaciones de carreteras, malecones y daños leves a muelles.

Por la ubicación geográfica del Estado de Tlaxcala es prácticamente nula la incidencia de este tipo de eventos en la zona de Papalotla de Xicohténcatl; Debido a que este fenómeno no ha presentado otras manifestaciones en nuestro territorio de referencia, no se calcularon los periodos de retorno.

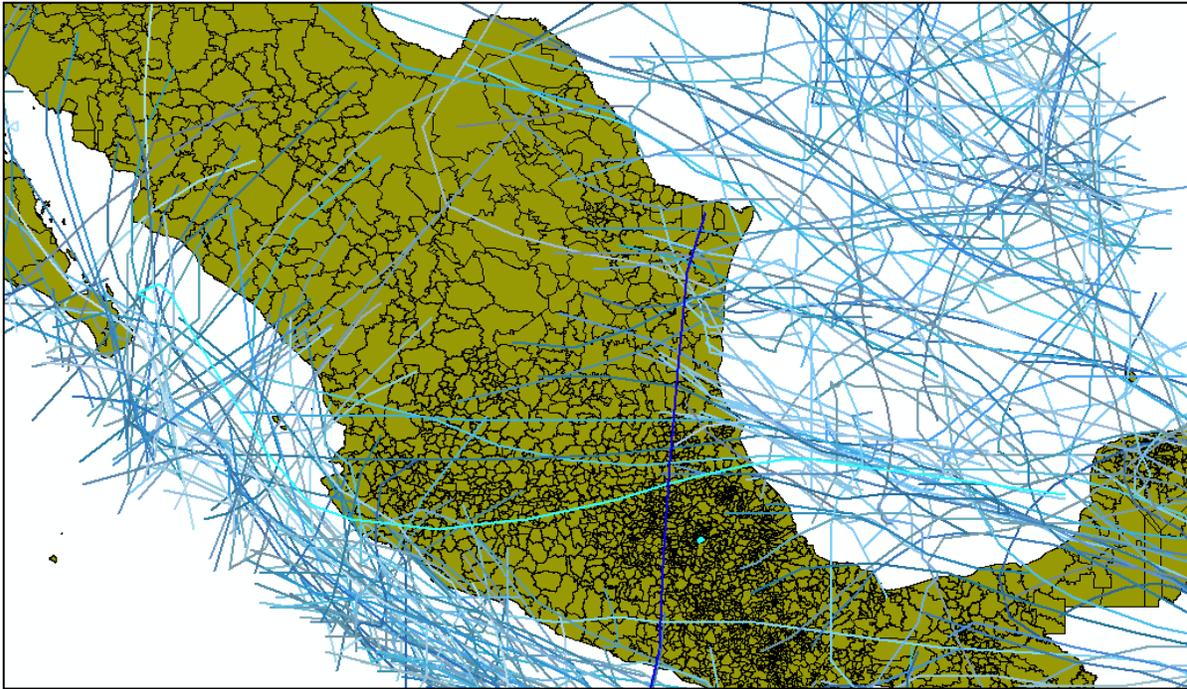
TABLA 55. Daños asociados a diferentes fenómenos hidrometeorológicos.

Categoría	Presión Central (mb)	Vientos (Km/h)	Marea de Tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
<b>Perturbación Tropical</b>	1008.1 a 1010	---	---	Ligará circulación de vientos
<b>Depresión Tropical</b>	1004.1 a 1008	< 62	---	Localmente destructivo
<b>Tormenta Tropical</b>	985.1 a 1004	621 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos
<b>Huracán Categoría 1</b>	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Potencial mínimo. Ningún daño efectivo a los edificios. Daños principalmente a casas rodantes, arbustos y árboles. Ciertos daños a señales pobremente construidas. Algunas inundaciones de carreteras costeras en sus zonas más bajas y daños leves en los muelles. Ciertas embarcaciones pequeñas son arrancadas de sus amarres.
<b>Huracán Categoría 2</b>	966.1 a 980	154.1 a 178	20 a 25	Potencial moderado. Daños considerables a arbustos y a follajes de árboles. Inclusive algunos de ellos son derribados. Daños a señales pobremente construidas. Ciertos daños a techos de casas, puertas y ventanas. Daños graves a casa rodante. Carreteras costeras inundadas de 2 a 4 horas antes de la entrada del centro del huracán. Daño considerables a muelles. Inundación a marinas. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarres. Evacuación de residentes que vivan en la línea de la costa.
<b>Huracán Categoría 3</b>	915.1 a 965	178.1 a 210	25 a 4.0	Potencial extensivo. Follaje arrancado de los árboles altos. Destrucción de prácticamente todas las señales pobremente construidas. Ciertos daños en las puertas y ventanas. Algunos daños estructurales en pequeñas residencias. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de las costas destruyen las estructuras más pequeñas; los escombros flotantes y el embate de las olas dañan a las

Categoría	Presión Central (mb)	Vientos (Km/h)	Marea de Tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
				estructuras mayores cercanas a la costa. Los terrenos planos a 1.5 m sobre el nivel del mar, pueden resultar inundados hasta 13 km tierra adentro (o más) desde la costa.
<b>Huracán Categoría 4</b>	920.1 a 945	910.1 a 250	4.0 a 4.5	<p>Potencial Extremo. Arbustos y árboles derribados. Todas las señales destruidas. Daño severo. Daños extensos a los techos de casas, puertas y ventanas. Falta total de techos en residencias pequeñas. Destrucción completa de casas móviles. Terrenos de la planicie a 3 m sobre el nivel del mar pueden inundarse hasta 10 km tierra adentro de la costa.</p> <p>Grave daño a la planta baja de estructuras cercanas a la costa por inundación. Embate de las olas y escombros flotantes. Erosión importante de las playas.</p>
<b>Huracán Categoría 5</b>	< 920	>250	>5.5	<p>Potencial Catastrófico. Derribamiento de arbustos y árboles, caída total de señales. Daño muy severo en ventanas y puertas. Falta total de techos en muchas residencias y edificios industriales. Vidrios hechos añicos de manera extensiva en ventanas y puertas. Algunas edificaciones con falla total. Pequeñas edificaciones derribadas o volcadas. Destrucción completa de casas móviles. Daños graves en plantas bajas de todas las estructuras situadas a menos de 4.5 m sobre el nivel del mar y a una distancia de hasta 400 metros de la costa</p>

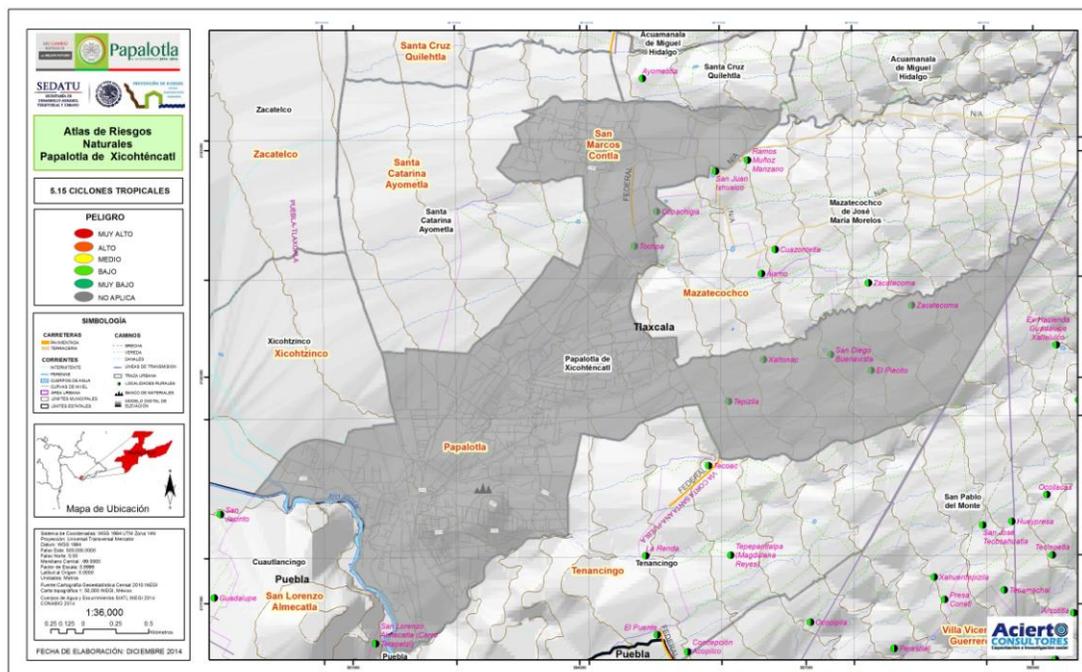
Fuente: Bases para la Estandarización de Atlas de Riegos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2011

**Figura 10. Trayectorias de Ciclones Tropicales por el Pacífico, Caribe y Golfo de México**



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO, CONAGUA y CENAPRED

**MAPA 43 Peligro por ciclones tropicales en el municipio de Papalotla**



De acuerdo al mapa anterior, se concluye que en el Municipio de Papalotla de Xicohténcatl el peligro por huracanes no aplica.

### 5.16. Tornados

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

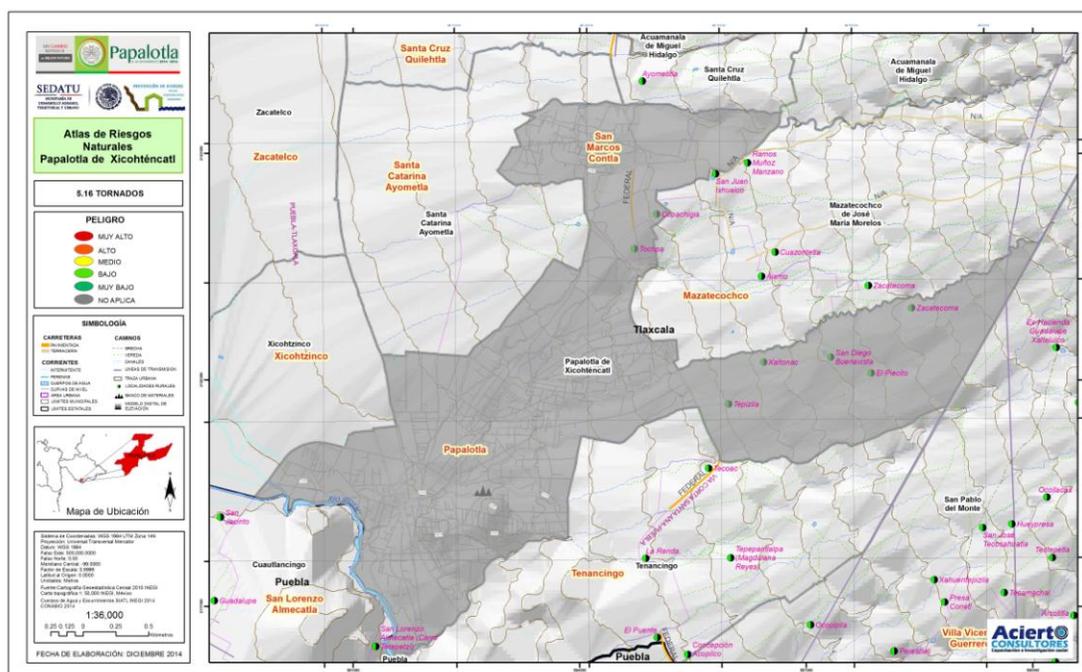
Cuando se observa un tornado se puede distinguir una nube de color blanco o gris claro, mientras que el vórtice se encuentra suspendido de ésta; cuando el vórtice o remolino hace contacto con la tierra se presenta una nube de un color gris oscuro o negro debido al polvo y escombros que son succionados del suelo por la violencia del remolino. Estos vórtices llamados también chimeneas o mangas, generalmente rotan en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y al contrario en el hemisferio sur. En algunas ocasiones se presentan como un cilindro, con dimensiones que pueden ser desde decenas de metros hasta un kilómetro; el diámetro puede variar ligeramente entre la base de la nube y la superficie del suelo.

Algunos tornados están constituidos por un solo vórtice, mientras que otros forman un sistema de varios de ellos que se mueven en órbita alrededor del centro de la circulación más grande del tornado. Estos vórtices se pueden formar y desaparecer en segundos. Los tornados pueden ser locales, pero la rapidez con que se desarrollan los hace muy peligrosos para la gente. Los daños que ocasionan son diversos, entre los que destacan: pérdidas económicas a la agricultura, a las viviendas, a la infraestructura urbana, lesiones, cortaduras e incluso, pérdidas humanas. Los daños de los tornados son el resultado de la combinación de varios factores:

- La fuerza del viento provoca que las ventanas se abran, se rompan cristales, haya árboles arrancados de raíz y que automóviles, camiones y trenes sean lanzados por los aires.
- Los impactos violentos de los desechos que porta y que son lanzados contra vehículos, edificios y otras construcciones, etc.
- La baja presión del interior del tornado, provoca la falla de algunos elementos estructurales y no estructurales sobre las que se posa, como las ventanas.

En México no existe sistema alguno que permita alertar la presencia de este fenómeno hidrometeorológico; sin embargo, ya comienza a haber instrumentación capaz de detectar superceldas y, tal vez, tornados, como es el caso del radar Doppler "Mozotal", recientemente instalado en el estado de Chiapas, operado por el Servicio Meteorológico Nacional.

**MAPA 44 Riesgo por tornados en el municipio de Papalotla**



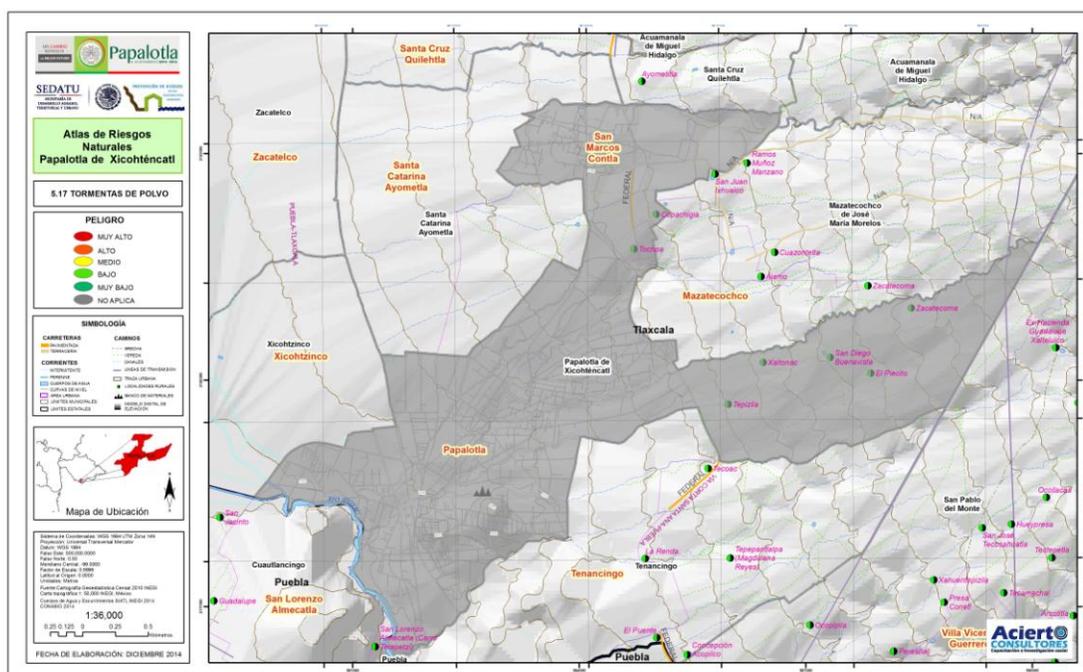
el peligro de que se presenten tornados en el municipio papalotla de xicohténcatl no aplica, debido principalmente a su orografía, lo que impide el desarrollo de un tornado de gran magnitud.

### 5.17. Tormentas de polvo

Una tormenta es un fenómeno caracterizado por la coexistencia próxima de dos o más masas de aire de diferentes temperaturas. Este contraste asociado a los efectos físicos implicados desemboca en una inestabilidad caracterizada por lluvias, vientos, relámpagos, truenos y ocasionalmente granizos entre otros fenómenos meteorológicos.

Aunque científicamente se define como tormenta a aquella nube capaz de producir un trueno audible, también se denominan tormentas en general a los fenómenos atmosféricos violentos que en la superficie de la tierra están asociados a lluvia, hielo, granizo, electricidad, nieve o vientos fuertes que pueden transportar partículas en suspensión como la tormenta de arena o polvo, incluso pequeños objetos o seres vivos.

**MAPA 45 Tormentas de polvo en el municipio Papalotla de Xicohténcatl**



Son eventos de corta duración y que se desarrollan principalmente en zonas planas, el peligro de que se presente un evento de esa naturaleza en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, no aplica.

### 5.18. Tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantarlo, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente, en grupos o en líneas. El ciclo de duración de una tormenta es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella.

El estado de madurez de una tormenta está asociado con grandes cantidades de precipitación y rayos. Los efectos de las tormentas eléctricas van desde herir o causar el deceso de una persona de forma directa o indirecta hasta dañar la infraestructura de la población, que provocaría la suspensión de la energía eléctrica, además de afectar algunos aparatos (radio, televisión, computadoras, refrigeradores, etc.). En ocasiones, las descargas eléctricas pueden provocar la muerte del ganado y son la causa más común del retraso de las aeronaves y de los accidentes aéreos, siendo el mayor peligro para la aviación (Hebbs, 2005).

Los riesgos asociados a los rayos, especialmente aquéllos que pueden producir heridos y decesos, han sido estudiados por países como Estados Unidos de América, Canadá y Reino Unido, entre otros. Dichos trabajos se refieren a la exposición de las personas durante una tormenta eléctrica y sus consecuencias, las cuales pueden ser parálisis, quemaduras, intensos dolores de cabeza, pérdida de audición y de la memoria, hasta llegar a la muerte (Mill, et al, 2008, Shearman y Ojala, 1999).

En México se registran, desde 1985 el número de decesos generados por el alcance de rayos (Secretaría de Salud, 2007). En los últimos 22 años se reportaron 4,848 defunciones en 31 estados del país; en promedio, al año se llegan a presentar 220 pérdidas humanas por tormentas eléctricas. El único estado que no ha registrado muertes es Baja California Sur, mientras que en el Estado de México se localiza el mayor número de casos, con 1,140.

Asimismo, en 1985 se presentó el mayor número de pérdidas humanas con 358, mientras que en 2006 fueron sólo 116, es decir, hubo una disminución de más del 50%. Este decremento se debió probablemente a que la gente conoce mejor el fenómeno y sus consecuencias, así como las medidas de protección. Las tormentas eléctricas en México ocurren entre mayo y octubre. Se presentan con mayor frecuencia durante horas de la tarde o de la noche. Además, su ámbito es local o regional y son intermitentes como resultado de la topografía del país (UNAM, 2007). Así, el promedio anual de días con tormenta es de 30 y el máximo es de 100 sobre las sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre del Sur, Madre de Chiapas, Montañas del Norte de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal.

Por otra parte, las nubes convectivas de gran desarrollo vertical, como las que ocurren en la cuenca de México durante la temporada de lluvias, generalmente desarrollan campos eléctricos en su interior, resultado de la interacción entre las gotas de agua a temperaturas por debajo de 0 °C, el granizo y los cristales de hielo (Binimelis, 2008).

### **Metodología para la determinación del peligro por Tormentas Eléctricas**

Del análisis estadístico de la variable climatológica, temperatura mínima reportada en la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2008.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas.

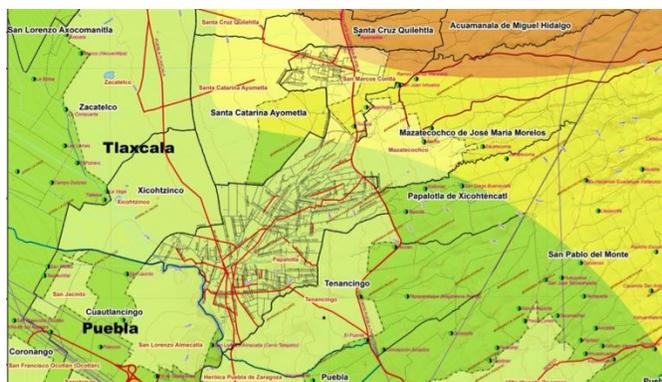
**TABLA 56. Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohtécatl para días con tormentas eléctricas**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
29049	Panzacola	1979-1985	29161	Acxotla del Monte	1994-2001
29050	Teolocholco	1985-2005	29169	Zacatelco	1994-2005
29056	Tenancingo	1994-2002	29170	San Pedro del Monte	1994-2005

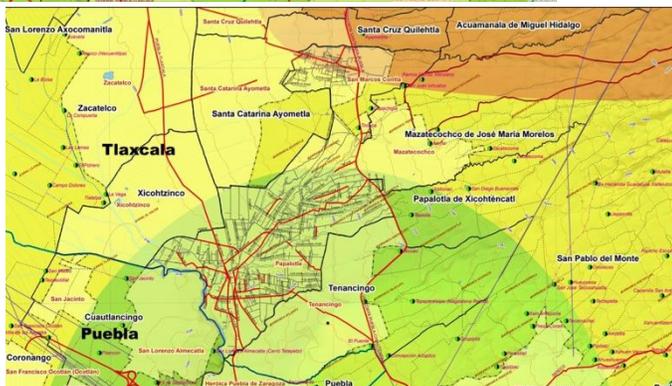
Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Mapas de nivel de peligro por tormentas eléctricas de acuerdo a su periodo de retorno (escala cromática rojo (MUY ALTO), naranja (ALTO), amarillo (MEDIO), verde (BAJO) y verde olivo (MUY BAJO)).

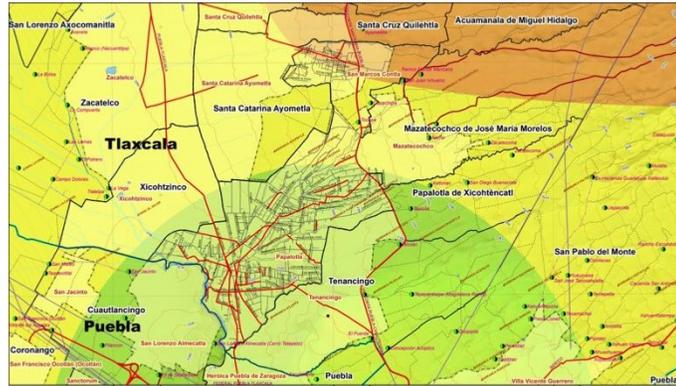
PR 5 años



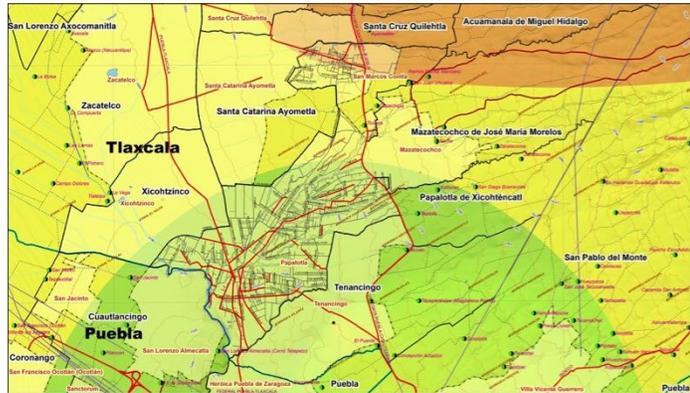
PR 10 años



PR 25 años



PR 50 años



Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan los días con tormentas eléctricas anuales de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de días con tormenta de granizo asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isóneas por tormentas eléctricas para el municipio.

### Memoria de cálculo para la determinación del peligro por tormentas eléctricas

Para poder determinar los días con tormentas eléctricas asociadas a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida, estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

Cabe mencionar que sólo la estación 29050 contiene un periodo de registros continuos y mayor a 30 años, se planteó trabajar solo con esta estación, pero al no poder realizar interpolaciones y extrapolaciones y atendiendo a la petición de SEDATU se incorporaron las estaciones 29056 y 29169.

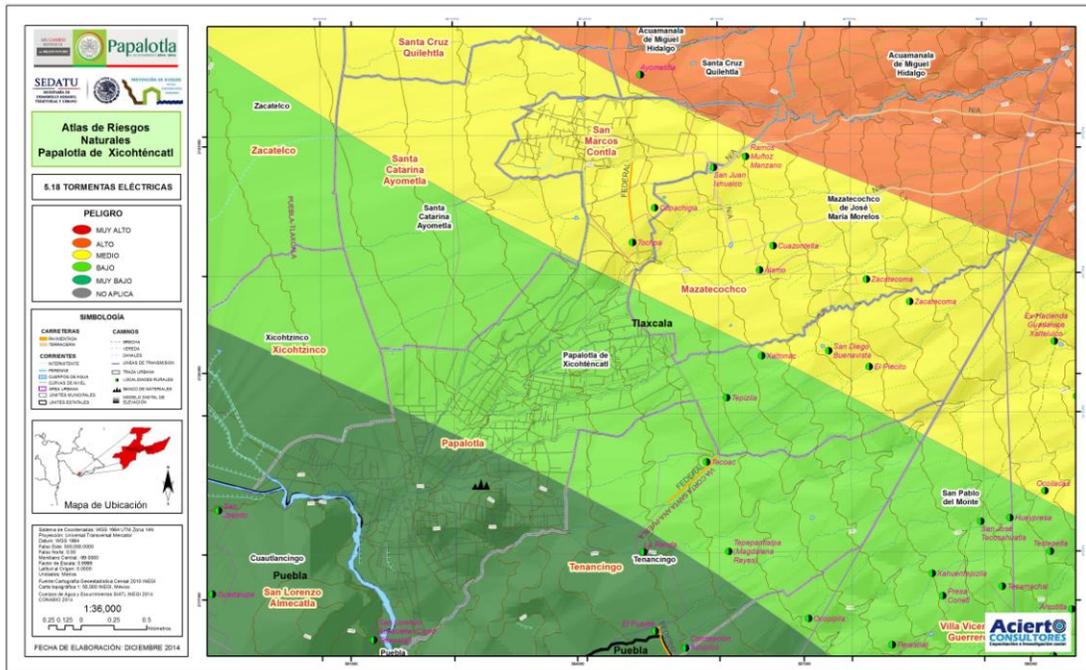
En la tabla siguiente se muestran los días con tormentas eléctricas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 57. Días con tormentas eléctricas a diferentes periodos de retorno**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
29050	7.74	11.44	14.98	19.57
29056	3.46	5.31	6.89	12.27
29169	4.13	7.52	9.23	15.49

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

**MAPA 46 Peligro por tormentas eléctricas en el municipio de Papalotla**



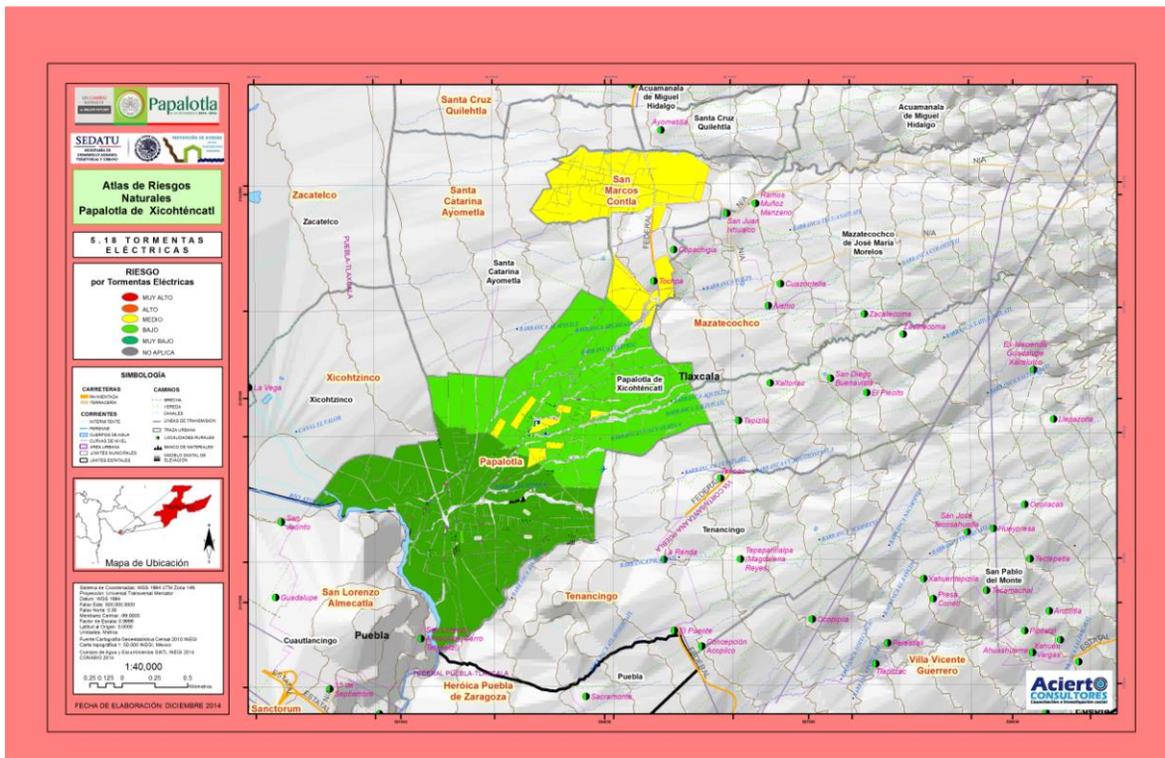
### Resultados por días con tormentas eléctricas

En el siguiente mapa se presenta la distribución del peligro para tormentas de eléctricas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio.

AÑO	29050	29056	29169
1987	10		
1988	2		
1989	0		
1990	0		
1991	0		
1992	0		
1993	0	0	
1994	0	0	
1995	0	0	0
1996	17	0	5
1997	22	0	1
1998	6	0	0
1999	0	1	0
2000	7	0	0
2001	0	0	1
2002	0	0	0
2003	0		2
2004	0		4
2005	0		

Datos de Días con Tormenta Eléctrica obtenidos de CONAGUA.

**MAPA 47 Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio de Papalotla**



Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos se podrá estimar cuanta población se encuentra en riesgo de **tormentas eléctricas** a través de la siguiente fórmula:  $riesgo = vulnerabilidad \times peligro$ . A continuación se presenta la tabla de afectaciones a partir del cruce de la matriz de decisiones con la vulnerabilidad desarrollada anteriormente y el peligro calculado en el presente capítulo.

Población afectada por nivel de riesgos a causa del fenómeno de Tormentas Eléctricas (Afectación por manzana, habitantes y viviendas)			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	---	---	---
ALTO	---	---	---
MEDIO	71	5923	1288
BAJO	147	9409	2045
MUY BAJO	194	13738	2987

### 5.19. Lluvias extremas

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico porque es responsable de depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) que se forman caen a la Tierra por gravedad. Se puede inducir a las nubes a producir precipitación, rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, generando las gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación.

Las precipitaciones acuosas se clasifican como sigue:

**Llovizna:** es cuando apenas se alcanzan a ver las gotas. En una llovizna la pluviosidad es casi insignificante y se ve como si las gotas flotaran en forma pulverizada. Popularmente se le llama “garúa”, “orvallo”, “sirimiri”, “calabobos”.

**“Chispear”:** se usa para describir un término medio entre una llovizna y una lluvia débil. En comparación con la primera de éstas, la pluviosidad es mayor y las gotas también aumentan de tamaño.

**Lluvia:** propiamente dicha, va de débil a moderada, sin alcanzar la intensidad de una tormenta.

**Chubasco:** el viento, las gotas y la intensidad aumentan.

**Tormenta:** puede ser débil o intensa; su pluviosidad es alta y las gotas son grandes y el viento, intenso; incluye la posibilidad de que se precipite granizo.

**Tromba:** es más fuerte que la tormenta. Tiene viento intenso, gotas grandes, pluviosidad suficientemente alta para inundar y causar estragos. Esta lluvia tiene la capacidad de crear granizo sumamente grande y con posibilidad de aparición de tornados. Las trombas tienen vórtices de viento, como una especie de “ojo”.

#### Análisis de peligro por lluvias extremas

Derivado de una clasificación del CENAPRED, La lluvia se califica con respecto a la cantidad de precipitación por hora (mm/h), siendo tipificada de la siguiente manera:

- Débiles: cuando su intensidad es  $\leq 2$  mm/h.
- Moderadas:  $> 2$  mm/h y  $\leq 15$  mm/h.
- Fuertes:  $> 15$  mm/h y  $\leq 30$  mm/h.
- Muy fuertes:  $>30$  mm/h y  $\leq 60$  mm/h.

Tomando como base la clasificación anterior, se decidió integrar al análisis el mapa de precipitación-duración-periodo de retorno editado por el CENAPRED en el 2006 para una duración de 1 hora y un periodo de retorno de 5 años. Ver la figura y el mapa que se muestran a continuación.

Figura 11. Isoyetas de precipitación con periodo de retorno de 5 años



Del análisis estadístico de la variable climatológica, temperatura mínima reportada en la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional, de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2008.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas.

**TABLA 58. Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl para lluvias máximas**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
29049	Panzacol	1979-1985	29161	Acxotla del Monte	1994-2001
29050	Teolocholco	1985-2005	29169	Zacatelco	1994-2005
29056	Tenancingo	1994-2002	29170	San Pedro del Monte	1994-2005

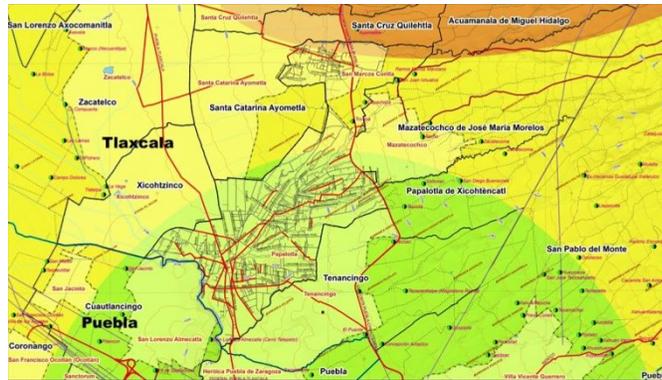
Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

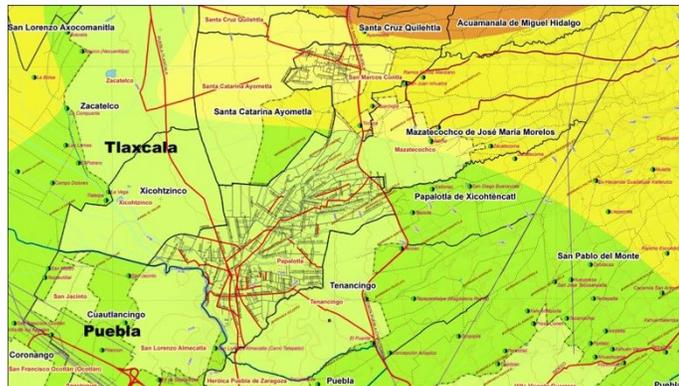
- Se determinan las lluvias máximas anuales en 24 hrs de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de lluvias máximas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isoyetas por tormenta de granizo para el municipio.

Mapas de nivel de peligro por lluvias extremas de acuerdo a su periodo de retorno (escala cromática rojo (MUY ALTO), naranja (ALTO), amarillo (MEDIO), verde (BAJO) y verde olivo (MUY BAJO)).

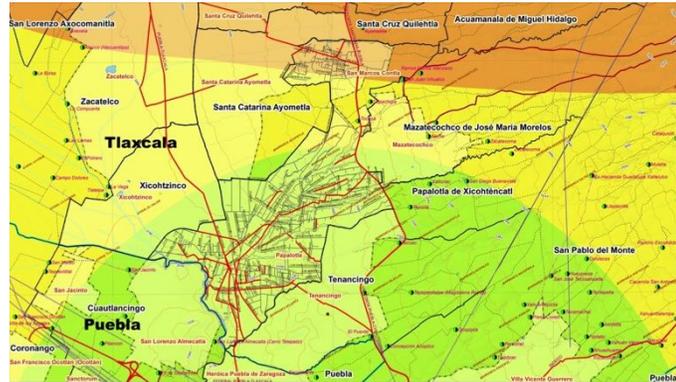
PR 5 años



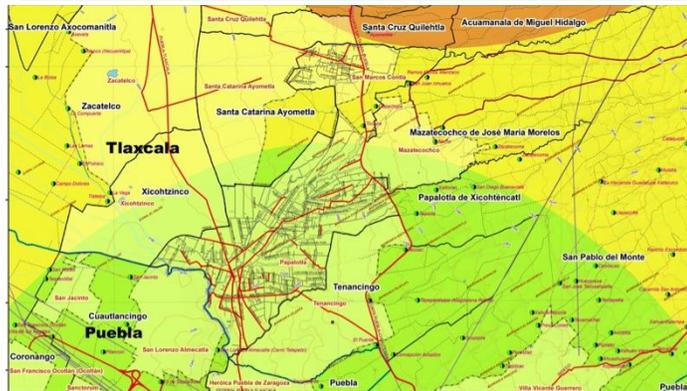
PR 10 años



PR 25 años



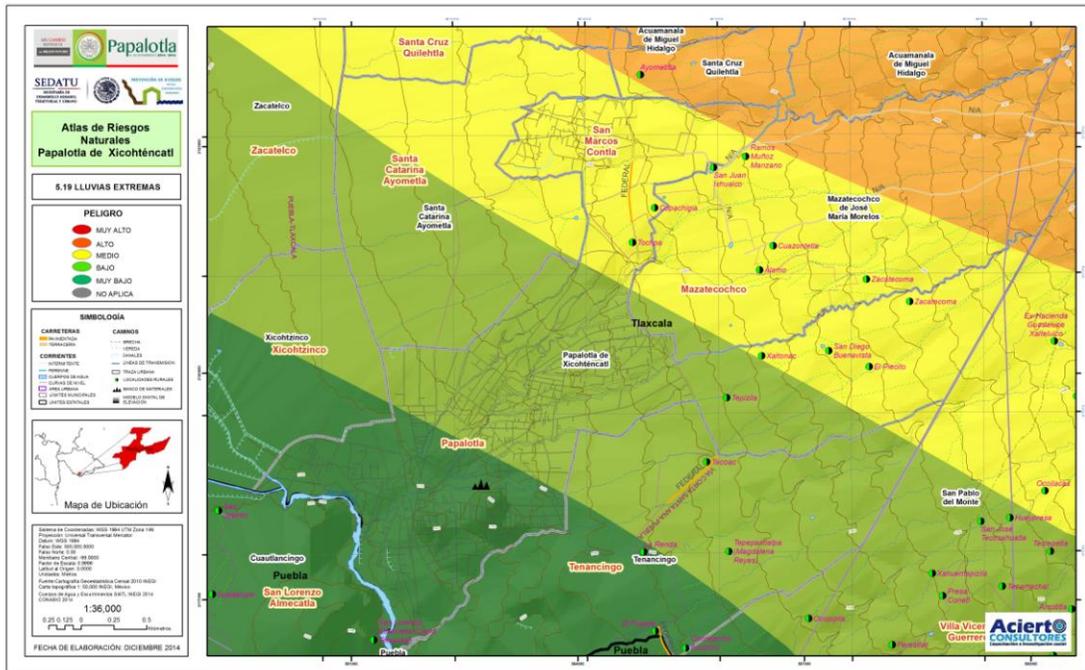
PR 50 años



### Memoria de cálculo para la determinación del peligro por lluvias extremas

Para poder determinar los días con lluvias extremas asociadas a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida, estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

**MAPA 48** Peligro por lluvias extremas en el municipio de Papalotla.



La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados. En la Tabla 37 se muestran las lluvias máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 59. Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
29050	68.75	190.71	297.82	420.16
29056	43.56	160.21	224.36	406.36
29169	59.23	168.61	264.28	412.37

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM.

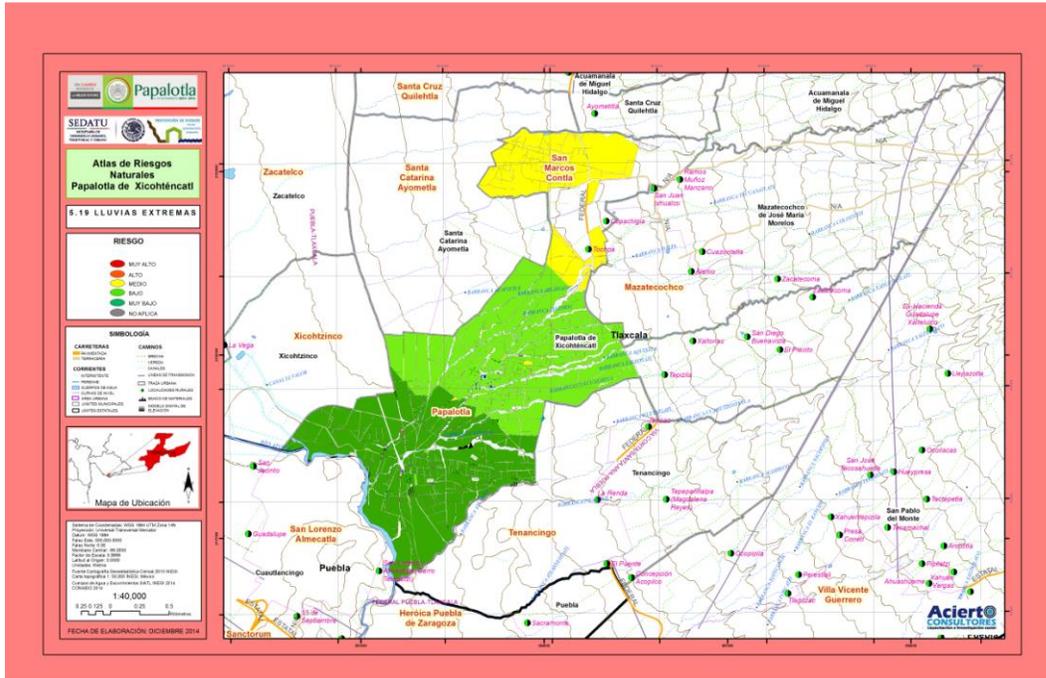
### Resultados de Lluvias Máximas

AÑO	29050	29056	29169
1987	39.9		
1988	62		
1989	40		
1990	35		
1991	61		
1992	35.5	76.2	
1993	45	42.2	
1994	54	47.4	
1995	50	49.4	41
1996	34	98.2	64.5
1997	42	38.5	47.7
1998	45	69	51
1999	60	128	84
2000	38	35.6	38.4
2001	65	19.1	47.5
2002	200		61
2003	380		45
2004	39		91.5
2005	69		61.5

Datos de Lluvias Máximas en 24 hrs obtenidos de CONAGUA

En el siguiente mapa se presenta la distribución del peligro por Lluvias Extremas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio.

#### MAPA 49 Riesgo por lluvias extremas en el municipio de Papalotla.



## 5.20. Inundaciones

En México han ocurrido, por efecto de desastres, alrededor de 10,000 muertes, de 1980 a 1999, aproximadamente 500 cada año. Las pérdidas económicas calculadas alcanzan 9,600 millones de dólares, con un monto promedio anual cercano a los 500 millones de dólares (Bitrán, 2000).

Una estimación de las víctimas fatales en México a consecuencia de fenómenos hidrometeorológicos arroja 2,767 personas, lo que representa un promedio cercano a los 140 individuos fallecidos anualmente. La cantidad de daños totales por este tipo de fenómenos, de 1980 a 1999, fue de 4,537 millones de dólares, lo que en promedio arroja 227 millones de dólares en pérdidas anuales.



**Figura 13. Sitio Reforma Norte y Tenexac**



Fuente: Elaboración propia, con ayuda de Google Earth.

**Foto 4. Sitio de inundación Reforma Norte y Tenexac**



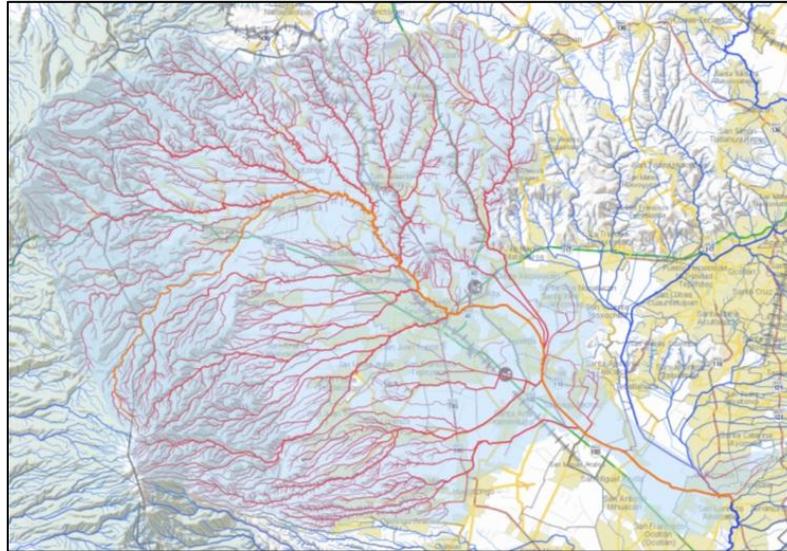
Fuente: Elaboración propia con fotos de Acierto Consultores, S.C.

### **Metodología para la determinación del peligro por Inundaciones**

De acuerdo a lo anterior, se consideraron estos dos sitios con peligro de inundación, uno es causado por el Río Atoyac y el otro es por el río Tenexac. Para cada uno de los ríos se delimitan las cuencas de aportación de los arroyos y ríos que hay en la zona de estudio y se determinan sus parámetros físicos requeridos para determinar el escurrimiento generado en la cuenca, por medio de métodos Lluvia – Escurrimiento.

En la siguiente figura se muestra la cuenca de aportación del Río Atoyac hasta el punto de la colonia San Buenaventura.

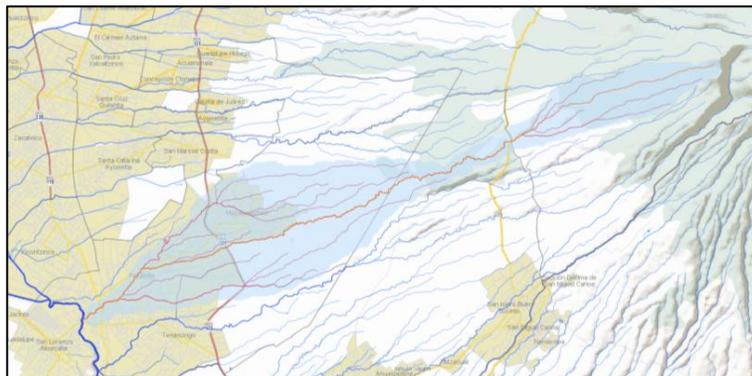
**Figura 14. Cuenca del río Atoyac hasta la colonia San Buenaventura**



Fuente: SIATL INEGI.

En la siguiente figura se muestra la cuenca de aportación del Río Tenexac,

**Figura 15. Cuenca del río Tenexac**



Fuente: SIATL INEGI.

Del análisis de las estaciones que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2008.

En la tabla ubicada a continuación se muestran las estaciones climatológicas.

**TABLA 60. Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl para lluvias máximas**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
29049	Panzacola	1979-1985	29161	Acxotla del Monte	1994-2001
29050	Teolocholco	1985-2005	29169	Zacatelco	1994-2005
29056	Tenancingo	1994-2002	29170	San Pedro del Monte	1994-2005

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM

Integrada la base de datos, se inician las siguientes actividades:

- Se determinan las lluvias máximas anuales en 24 hrs de cada una de las estaciones climatológicas.
- Rellenado de datos faltantes, en caso de existir.
- Filtrado de datos que pudieran afectar la muestra.
- Ajuste de función de probabilidad.
- Estimación de lluvias máximas asociados a diferentes periodos de retorno.
- Interpolación para determinar las isoyetas por tormenta de granizo para el municipio.

### **Memoria de cálculo para la determinación del peligro por Inundaciones**

Para poder determinar los días con lluvias asociadas a los periodos de retorno, 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad a la serie obtenida, estas funciones fueron, Normal, LogNormal, Gamma, Exponencial, Gumbel y DobleGumbel.

La función que presentara el menor error cuadrado era la que se utilizaba para el cálculo de los periodos de retorno antes mencionados.

En la siguiente tabla se muestran las lluvias máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 61. Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
29050	68.75	190.71	297.82	420.16
29056	43.56	160.21	224.36	406.36
29169	59.23	168.61	264.28	412.37

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM.

Con apoyo del SIATL de INEGI se determinaron los escurrimientos generados por las precipitaciones de la tabla anterior asociados a diferentes periodos de retorno.

**TABLA 62. Caudales máximas para diferentes periodos de retorno en el río Atoyac a la Altura de la colonia San Buenaventura en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl**

Tr	Q [m <sup>3</sup> /s]
5	125.5
10	342.8
25	532.94
50	755.59

Fuente: Elaboración obtenida con uso del SIATL INEGI.

Así también con apoyo del SIATL de INEGI se determinaron los escurrimientos generados por las precipitaciones de la tabla anterior asociados a diferentes periodos de retorno.

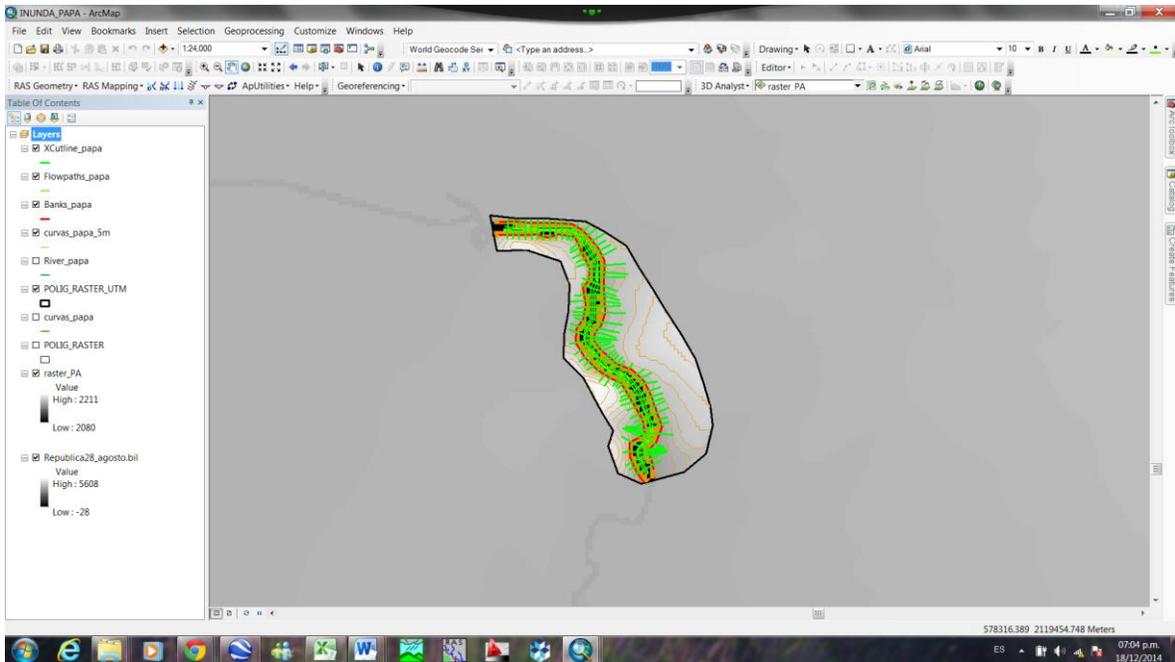
**TABLA 63. Caudales máximas para diferentes periodos de retorno en el río Tenexac**

Tr	Q [m <sup>3</sup> /s]
5	42.13
10	153.27
25	214.36
50	389

Fuente: Elaboración obtenida con uso del SIATL INEGI.

Para determinar las áreas de inundación, se utilizó como información topográfica la del Continuo del Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0, 15m), esto se ve en la siguiente figura.

**Figura 16. CEM 3.0 En zona de cauces en Papalotla y sección del cauce Purla**

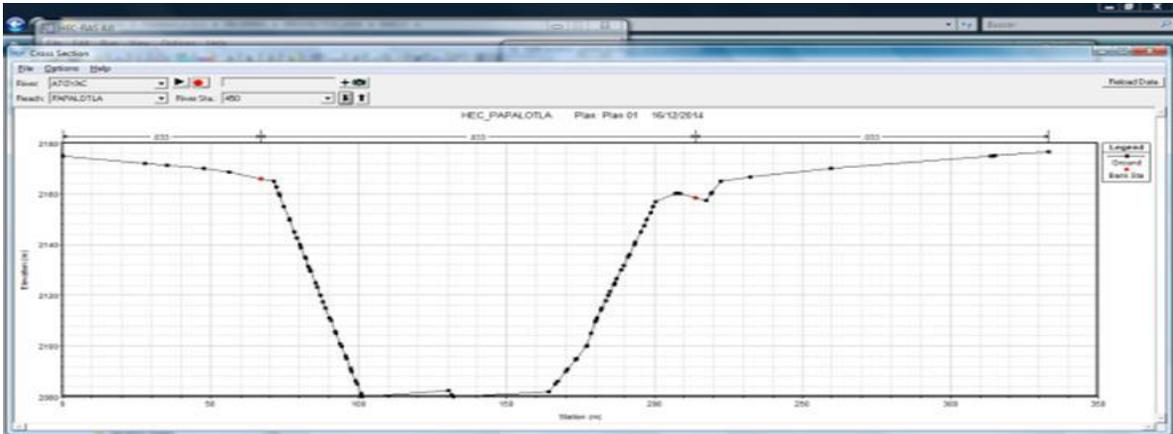


Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m.

Se utilizó el HEC-GeoRAS para realizar el análisis de hidráulico del río Atoyac en esta zona, a continuación se presentan las secciones obtenidas por el CEM 3.0, 15m

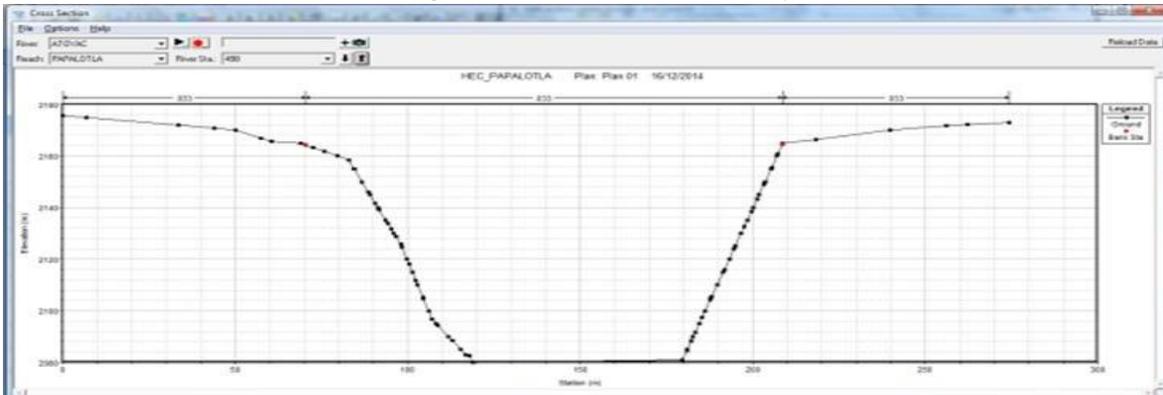
En las siguientes figuras se muestran las secciones obtenidas, esta secciones corresponden a las ubicadas en la colonia San Buenaventura.

**Figura 17. Sección Cauce Atoyac**



Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m y HEC-RAS.

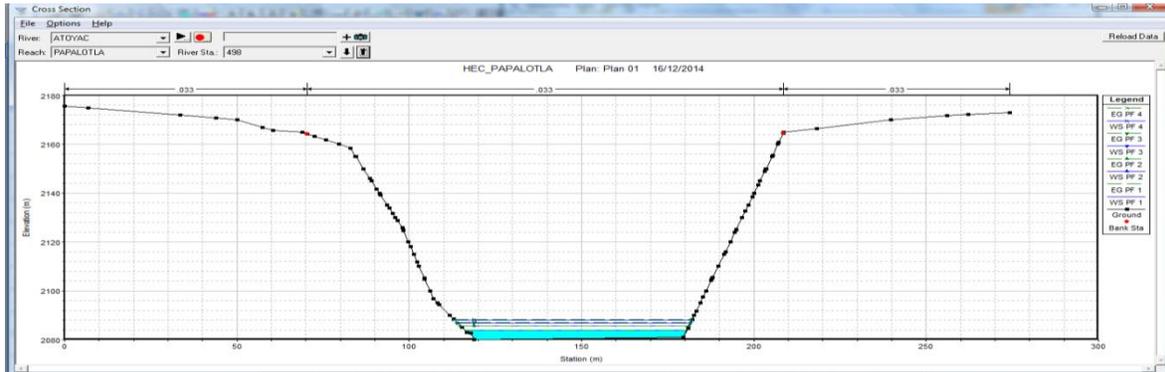
**Figura 18. Sección 2 Cauce Atoyac**



Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m y HEC-RAS.

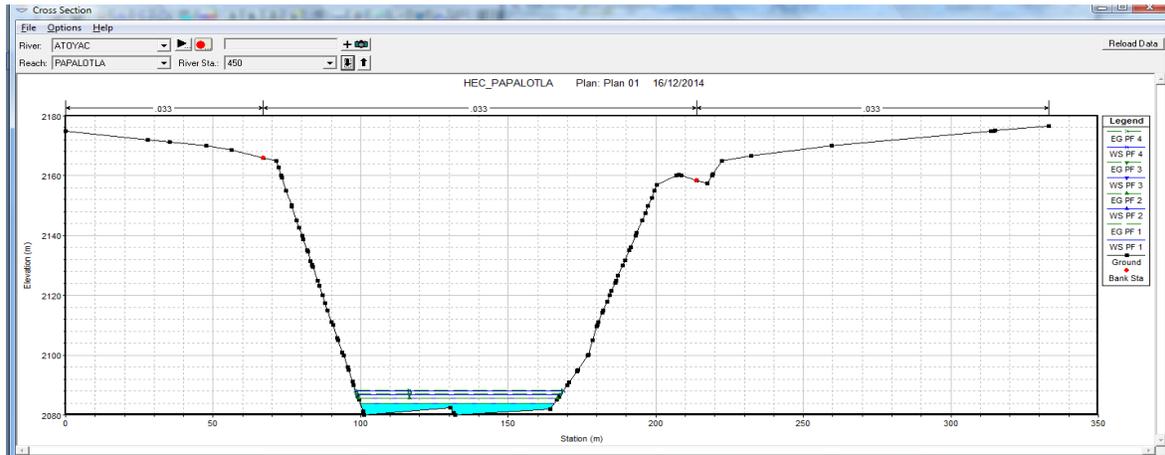
A continuación se muestran estas secciones con los caudales simulados.

Figura 19. Sección Cauce Atoyac, con simulación



Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m y HEC-RAS.

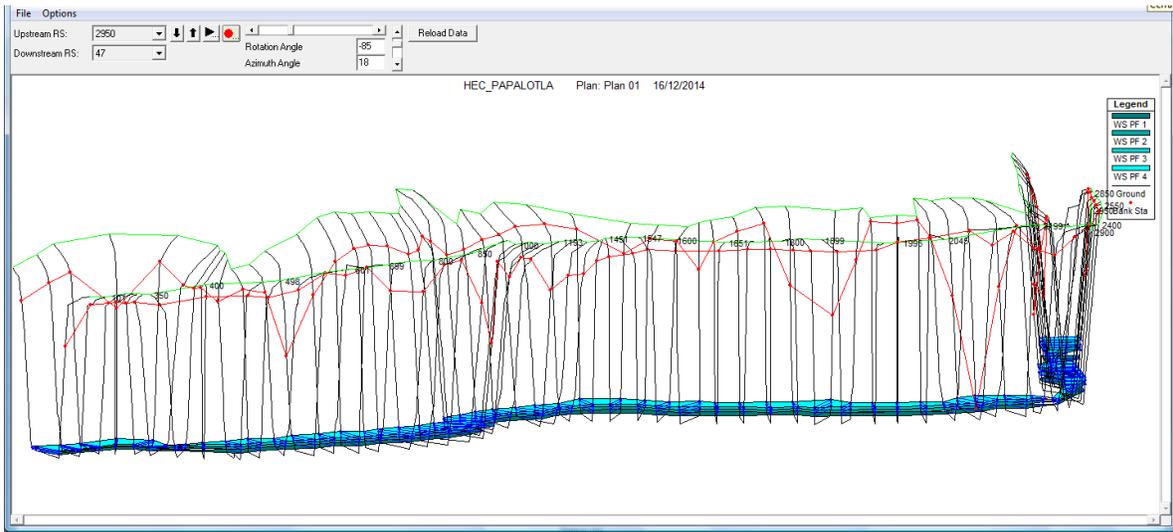
Figura 20. Sección 2 Cauce Atoyac, con caudales simulados



Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m.

A continuación se muestra el modelo 3d de la simulación.

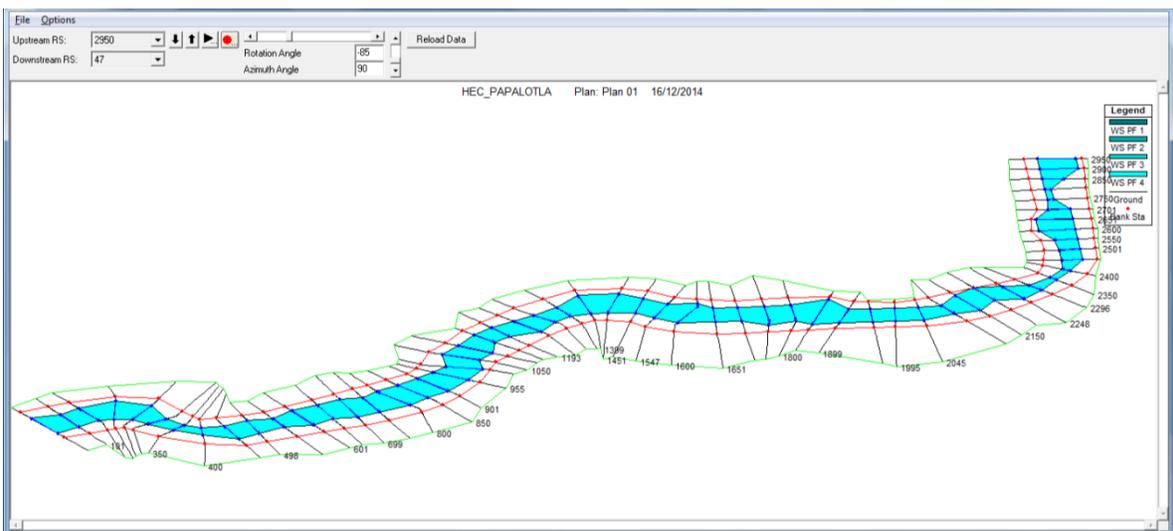
Figura 21. Modelo 3d de caudales simulados en río Atoyac.



Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m y HEC-RAS.

Y por último se muestra la planta.

Figura 22. Planta del río Atoyac con simulaciones de caudales



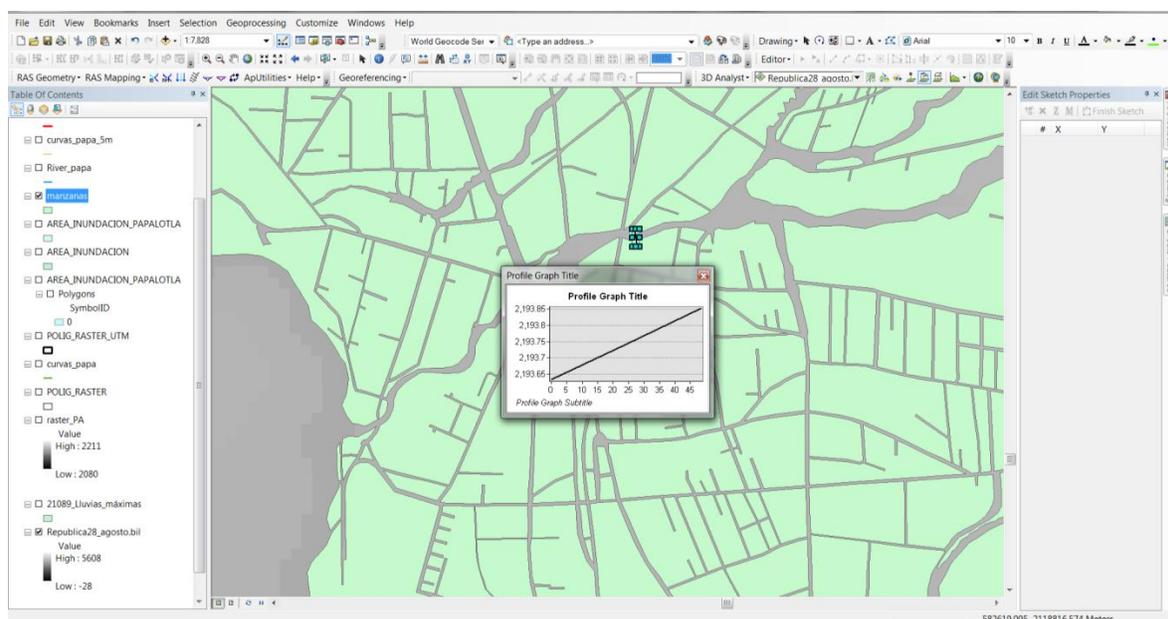
Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m y HEC-RAS.

De lo anterior se observa que Atoyac para estos caudales no desborda.

Pero el personal de Protección Civil de Papalotla indica que el arroyo Tenexac es el que generalmente desborda.

Para determinar las áreas de inundación, se utilizó como información topográfica la del Continuo del Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0, 15m), esto se ve en la siguiente figura.

**Figura 23. CEM 3.0 En zona de cauces en Papalotla y sección del cauce Tenexaca**



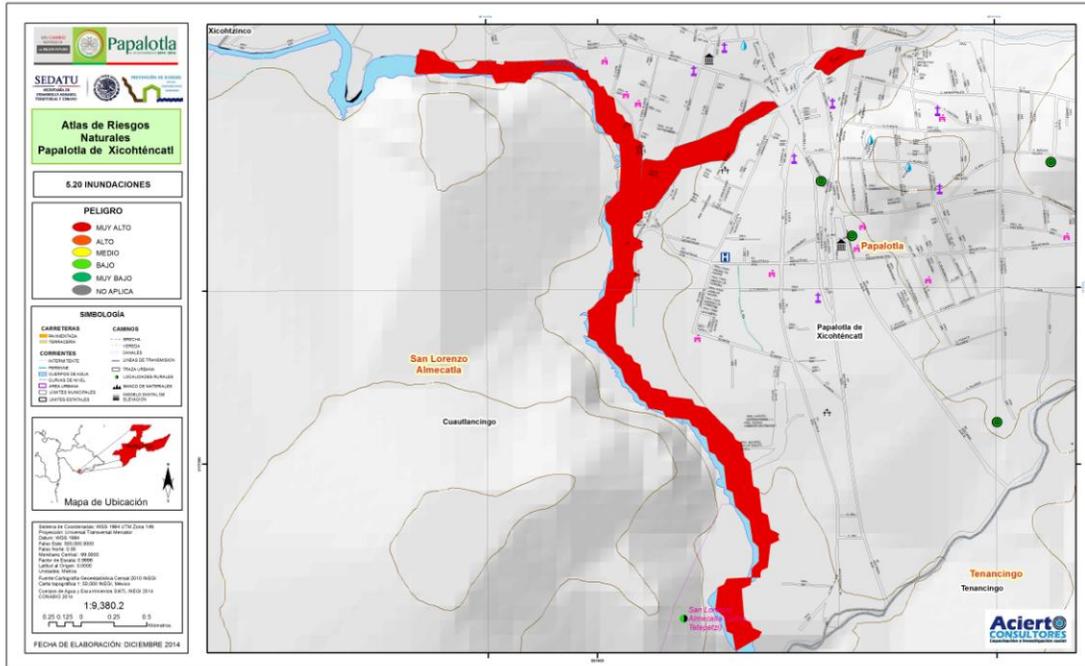
Fuente: Elaboración propia con información del CEM 3.0 de INEGI 15m.

Al intentar generar curvas de nivel no se logró delimitar los drenes pluviales, pues estos tiene un ancho de aproximadamente 3 a 5 metros. Por lo anterior se decidió trazar las áreas de inundación de acuerdo a los recorridos de campo y a la información que proporcionó el personal de Protección Civil del municipio de Papalotla

### Resultados de Inundaciones

En el siguiente plano se muestra la zona de inundación que recurrentemente se presentan en el municipio de Papalotla.

Figura 24. Peligro por Inundaciones en el municipio de Papalotla.

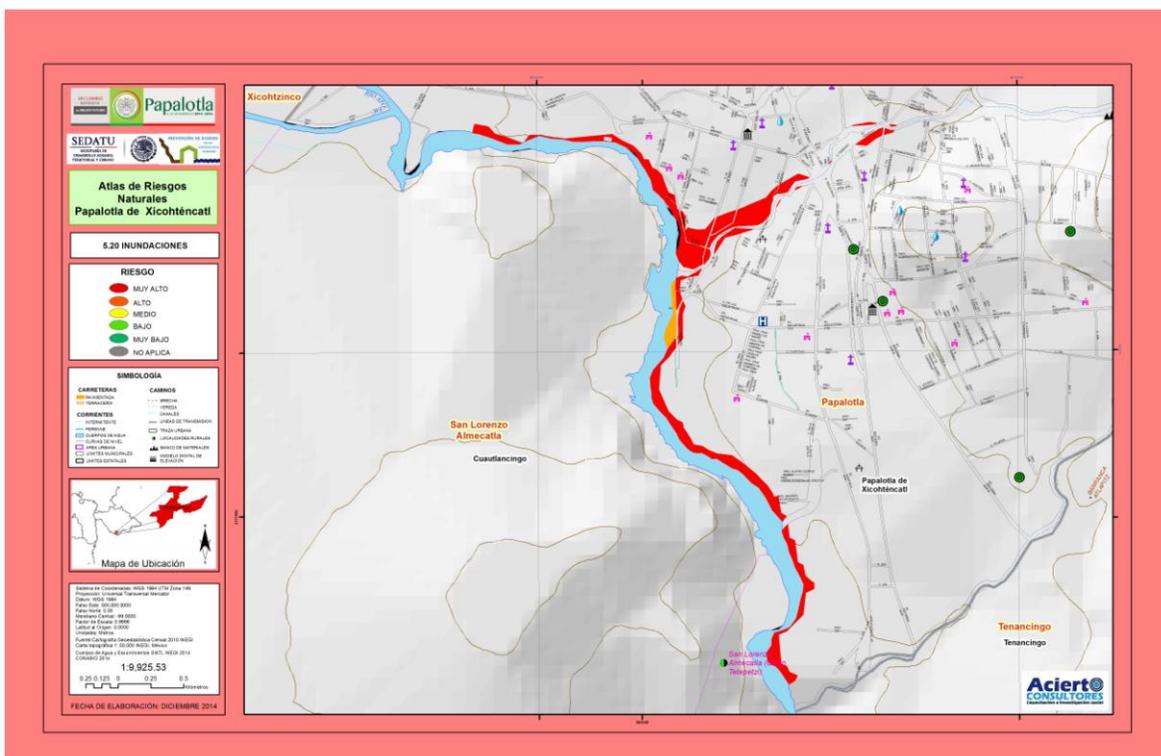


La zona de mayor propensión se localiza en las colonias San Buenaventura y Los Reyes, debido a la confluencia de varios cauces, más a delante se detallan algunos puntos críticos en esta zona.

En la márgenes de los cauces es donde se presenta muy alta susceptibilidad y se va disminuyendo con forme nos alejamos de las márgenes de los ríos.

A lo largo de todos los cauces simulados se estima que ante un fenómeno simultáneo podrías ser afectada alrededor de 5,000 personas. De estas alrededor de unas 2,300 personas están localizadas en zona de muy alto peligro, correspondientes a las colonias San Buenaventura, Centro y los Reyes.

MAPA 50 Riesgo de inundaciones



Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos se podrá estimar cuanta población se encuentra en riesgo de **inundaciones** a través de la siguiente fórmula:  $riesgo = vulnerabilidad \times peligro$ . A continuación se presenta la tabla de afectaciones a partir del cruce de la matriz de decisiones con la vulnerabilidad desarrollada anteriormente y el peligro calculado en el presente capítulo.

Población afectada por nivel de riesgos a causa del fenómeno de Inundaciones (Afectación por manzana, habitantes y viviendas)			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	16	1937	421
ALTO	2	0	0
MEDIO	--	--	--
BAJO	--	--	--
MUY BAJO	--	--	--

## Capítulo 6

### Obras de mitigación

Se recomienda para el Municipio de Papalotla de Xicohténcatl los siguientes puntos:

1. Elaborar el Plan Municipal de Desarrollo Urbano, para el cual se deben retomar los análisis realizados en el presente Atlas.
2. Elaborar un Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio, donde se establezcan claramente las zonas que deben conservarse, así como prohibir asentamientos humanos y actividades de acuerdo a las características naturales del municipio.
3. Fortalecer las áreas de Ecología y Desarrollo Urbano en el Municipio, destinando personal que se encargue del monitoreo y vigilancia así como con la implementación de regulaciones legales (Normas, reglamentos)
4. Realizar los estudios que verifiquen la información bibliográfica que se recabó para la realización del presente atlas.
5. Elaborar un plan de contingencia por caída de cenizas, dada la vulnerabilidad detectada.
6. Se recomienda implementar un programa de reubicación de pobladores de las que se definieron como “zonas susceptibles” (Capítulo V. Inciso 5.11) y de los asentamientos que se ubican en zonas federales.
7. Monitoreo constante por la erosión y socavación hídrica en zonas de riesgo.
8. Se recomienda la reforestación de zonas susceptibles a erosión, para lo cual debe realizarse:
  9. un estudio que incluya el levantamiento de zonas a intervenir, así como definir especies recomendables de acuerdo con el clima, tipo de suelo, disponibilidad de agua, etc., el programa de plantación con características de talla, época en que se deben plantar, mantenimiento requerido, distribución, medidas de cajetes, entre otras características.
10. Para lo anterior, se podrán crear mecanismos que involucren a los ciudadanos a participar en las diferentes etapas del programa.
11. Se recomienda la reforestación de terrenos libres vegetación.
12. Realizar los levantamientos topográficos de todos los cauces con la finalidad de conocer y delimitar sus zonas federales.
13. Realizar el levantamiento detallado de todas las obras que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, a qué periodo de retorno corresponden y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.
14. Se recomienda realizar los estudios hidráulicos de cada uno de los arroyos que influyen en la zona urbana del municipio, con la finalidad de conocer su comportamiento, tirantes alcanzados con el detalle del levantamiento topográfico

- como lo indica la CONAGUA y a partir de éstos poder proponer el dimensionamiento y localización de las obras de protección contra inundaciones.
15. Realizar el estudio del diagnóstico de la red de drenaje pluvial del municipio.
  16. Realizar el estudio del diagnóstico de la red de drenaje sanitario del municipio.
  17. Realizar el estudio del diagnóstico de la red de agua potable del municipio.
  18. Se requieren los estudios de mecánica de suelos en todos los bordos de los cauces.
  19. Realizar un estudio de caracterización de las aguas residuales del municipio.