

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



**Acierto**  
CONSULTORES  
Capacitación e investigación social



## Atlas de Riesgos Naturales 2014 San Felipe del Progreso

Número de obra: 415074TT3170  
Número de expediente: PP14/15074/AE/1/0026  
Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México  
6 de abril de 2015  
Acierto Consultores, A.C.  
Calle Fernando Ramírez 59-A Depto. 103,  
Colonia Obrera, México D.F.  
Tel. 67967528  
acierto.sc@gmail., México D.F.

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES</b> .....	7
1.1. Introducción .....	7
1.2. Antecedentes .....	8
1.3. Objetivos .....	10
<b>CAPÍTULO II. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA</b> .....	15
2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.....	15
<b>CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL</b> ....	19
3.1. Fisiografía .....	19
3.2. Geomorfología .....	19
3.3. Geología.....	21
3.4. Edafología .....	22
3.5. Hidrografía .....	23
3.6. Cuencas y sub-cuencas.....	24
3.7. Clima .....	26
3.8. Uso de suelo y vegetación .....	27
3.9. Áreas Naturales Protegidas .....	28
<b>CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS</b> .....	31
4.1. Elementos demográficos .....	31
4.2. Características sociales.....	36
4.3. Principales actividades económicas en la zona .....	41
4.4. Características de la Población Económicamente Activa .....	44
4.5. Reserva Territorial.....	47
<b>CAPÍTULO V. IDENTIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD, PELIGROS Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL</b> .....	50
<b>VULNERABILIDAD</b> .....	50
Vulnerabilidad Social.....	51
Vulnerabilidad Física .....	51
Percepción del Riesgo.....	52
Vulnerabilidad Total .....	52
<b>5.1 FENÓMENOS GEOLÓGICOS</b> .....	54
5.1.1. Vulcanismo o erupciones volcánicas .....	54
5.1.2. Sismos .....	57
5.1.3. Tsunamis o maremotos.....	62
5.1.4. Inestabilidad de laderas .....	63
5.1.5. Flujos.....	70
5.1.6. Caídos o Derrumbes .....	76
5.1.7. Hundimientos.....	82
5.1.8. Subsistencia.....	84
5.1.9. Agrietamientos.....	86
<b>5.2. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b> .....	89
5.2.1. Metodología para peligros hidrometeorológicos.....	89
5.2.2. Ondas cálidas y gélidas .....	89
5.2.3. Sequías .....	96
5.2.4. Heladas .....	98
5.2.5. Tormentas de granizo .....	102
5.2.6. Tormentas de nieve.....	104
5.2.7. Ciclones tropicales.....	105
5.2.8. Tornados.....	108
5.2.9. Tormentas de polvo .....	109
5.2.10. Tormentas eléctricas.....	109
5.2.11. Lluvias extremas.....	111
5.2.12. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.....	114
<b>OBRAS DE MITIGACIÓN</b> .....	122
6.1. Recomendaciones para riesgos geológicos .....	122
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	126
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b> .....	127
<b>INDICE DE MAPAS</b> .....	127
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	128







# CAPÍTULO I



## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

### 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 provocados por fenómenos naturales. La probabilidad de que un peligro de este tipo se materialice en daños severos depende en mucho del nivel o grado de exposición que presenten la población, sus bienes materiales y la infraestructura construida; 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, por un lado, estimar los riesgos de desastres y por ende, evaluar qué tan expuesta está la población (y/o sus bienes materiales), y por otro, diagnosticar su vulnerabilidad e identificar las causas que la generan. De esta manera, se deja atrás la política reactiva y se transita hacia una política integral de prevención y gestión del riesgo de desastres causados por fenómenos naturales.

Conocer las características de los eventos que pueden devenir en desastres y analizar las formas en que tales eventos inciden en los asentamientos humanos, en su infraestructura y en el entorno ambiental, constituyen el motivo principal de la elaboración del “Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México, 2014”, estudio que pretende funcionar como herramienta básica para el diagnóstico, la ponderación y la detección de riesgos y peligros, así como la vulnerabilidad humana ante ellos. Su propósito es reducir el riesgo a través de una planeación y un ordenamiento territorial adecuados, para coadyuvar así con la disminución de la vulnerabilidad de la población ante los efectos destructivos de los fenómenos naturales, por medio de la mejora de sistemas estructurados de mitigación y de la implementación de una normatividad más adecuada de los métodos constructivos y los factores integrales relacionados con los ámbitos de la planeación del desarrollo socioeconómico, el ordenamiento del territorio y la utilización sustentable de los recursos naturales.

Considerando estas características, el “Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Felipe del Progreso, 2014” describe en primer lugar los antecedentes de desastres causados por fenómenos hidrometeorológicos, entre los que destacan las inundaciones provocadas por el desbordamiento de ríos. Establece la localización y extensión territorial, tanto del municipio como del marco de análisis del Atlas, centrando la atención en las principales características del territorio, los usos del suelo, los tipos de vegetación y las áreas naturales protegidas. Contempla el acopio y análisis de datos relacionados con el clima (temperatura, vientos dominantes y precipitación), además de los fenómenos climatológicos regionales que inciden en la zona. Esta información es acompañada por mapas base y mapas de áreas de captación hídrica del municipio. En cuanto a la caracterización de la población, enfoca los aspectos sociodemográficos, socioeconómicos y de estructura urbana del municipio, analizando las interrelaciones y dinámicas que ocurren entre el territorio y sus pobladores, así como sus niveles de vulnerabilidad.

Como en todo atlas, la parte nodal de este documento está constituida por los mapas que aquí se centran en la localización cartográfica de los fenómenos naturales considerados como factores de riesgo, así como las representaciones de peligro y el análisis de los niveles de vulnerabilidad presentes en el municipio. La interpretación de la cartografía, contribuye a detectar, clasificar y zonificar las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgos e identificar la correlación entre las zonas propensas a la ocurrencia de fenómenos perturbadores y el espacio físico vulnerable, considerando infraestructura, vivienda, equipamiento e indicadores socioeconómicos y demográficos; una vez realizada la ubicación, se ofrecen recomendaciones de medidas a implementar para prevenir, mitigar o evitar daños causados por la ocurrencia de fenómenos naturales perturbadores. Para complementar la información contenida en el Atlas, se incluyen anexos documentales que detallan la información.

La elaboración del “Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México, 2014” se realizó siguiendo los criterios señalados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y los planteamientos del *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018*. Este último precisa como estrategia nacional “hacer de la prevención de desastres y la gestión del riesgo una política de desarrollo sustentable”; para alcanzar esta meta, no sólo es necesario establecer políticas municipales de prevención de desastres vinculadas 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, además, es indispensable que los resultados de las investigaciones presentadas en este Atlas se conviertan en insumos para la actuación de las redes locales, regionales y estatales que se construyen a efecto de enfrentar los riesgos de desastres.

El Atlas integra un esfuerzo de planeación del desarrollo social enfocado a que gobierno, instituciones y habitantes del municipio de San Felipe del Progreso regulen coordinadamente las acciones encaminadas a ofrecer respuestas efectivas ante las contingencias de carácter natural que representan riesgos de catástrofes, amenazas y peligros naturales; por eso, en este esfuerzo, la atención a los factores de índole social que pueden resultar agravantes del riesgo natural se aborda también como premisa fundamental del éxito en el combate a los riesgos naturales. De esta manera, el Atlas funge también como una herramienta de análisis que aporta elementos para la definición de acciones programáticas y presupuestales enfocadas a guiar el desarrollo territorial dentro de espacios ordenados y sustentables, cuyo objetivo fundamental es el desarrollo equilibrado de la región y el municipio.

Así, de manera general, el “Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México, 2014” preconiza: la integración del municipio de San Felipe del Progreso en un sistema ampliado de prevención de riesgos naturales; la implementación de un programa municipal de protección civil efectivo; y el establecimiento de políticas públicas tendientes a asegurar la consecución de la armonía y el equilibrio entre las necesidades del impulso económico, la urbanización, el ordenamiento adecuado del territorio y el acceso a la sustentabilidad socio-ambiental.<sup>1</sup> Las directrices normativas aplicadas en la elaboración del

<sup>1</sup>Este Atlas es el resultado del trabajo de campo y gabinete de un equipo de especialistas en el estudio de los fenómenos naturales perturbadores y en el manejo de sistemas de información geográfica (SIG), realizado por profesionistas de áreas relativas al medioambiente y el ordenamiento territorial (geógrafos, geólogos, geomorfólogos, hidrólogos, geomáticos, geofísicos, climatólogos, urbanistas, planificadores, sociólogos y antropólogos).



presente Atlas corresponden a lo establecido en las *Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos* y en el *Catálogo de Datos Geográficos para representar el riesgo 2014* (BEEAR), donde están contenidos los criterios del CENAPRED y los planteamientos del *Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos* de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

Las fuentes documentales de nivel local utilizadas en la elaboración del Atlas fueron:

- *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de San Felipe del Progreso.*
- *Bando Municipal de San Felipe del Progreso 2014.*
- *Plan de Desarrollo Municipal de San Felipe del Progreso 2013–2015.*
- *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.*
- *Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma. Conservación y Rehabilitación de los Recursos Suelo y Agua de la Cuenca Alta del Río Lerma. Región 10 San Felipe del Progreso.*
- *Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México.*
- *Ley Estatal de Planeación del Estado de México.*
- *Ley General de Protección Civil para el Estado de México.*
- *Plan de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.*
- *Programa Estatal de Protección Civil.*

## 1.2. Antecedentes

El municipio de San Felipe del Progreso se localiza al norponiente del Estado de México en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, dentro de la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. Se extiende por parte de las faldas de la cordillera de las Cumbres de Angangueo y de las sierras de Jaltepec y La Ciénega, por lo que constituye una región mixta, de lomeríos, sierras y llanuras.

Dentro de las áreas naturales presentes en el municipio de San Felipe del Progreso hay varios ecosistemas no alterados significativamente por la acción del hombre, en los cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, algunas consideradas como endémicas, amenazadas o en peligro de extinción por lo que el municipio cuenta con el Acuerdo de Cimas y Montañas correspondiente. Dentro del municipio también se encuentran dos áreas de preservación ecológica que abarcan los cerros de San Antonio del Rincón y El Tigre.

Culturalmente cuenta con el Parque Municipal “Centro Ceremonial Mazahua”, el cual se ubica en la localidad de Santa Ana Nichi, a 32 kilómetros al suroeste de San Felipe del Progreso; así como algunos monumentos históricos arquitectónicos como la Capilla de Tepetitlán y el Templo Parroquial de San Felipe, ambos de la época colonial.

Hidrológicamente el territorio municipal se ubica principalmente en la cuenca perteneciente al Río Lerma-Toluca. La principal corriente superficial es el río San José, el cual junto con el río La Peña, alimenta la presa de Tepetitlán ubicada al centro del municipio. Otra corriente es el río San Felipe, que se alimenta de las aguas de las montañas situadas al norte y que desemboca en la presa de

Embajomuy. La hidrología superficial del municipio está representada principalmente por esta presa Embajomuy y por la de Tepetitlán, así como los principales ríos: Lerma, Jaltepec, El Salto, San José, La Peña, Piedras Negras y Purla.

Los problemas carreteros al sur y al poniente del municipio son considerables. Además de que muchos puntos permanecen aislados, los caminos son de terracería en algunos casos nivelados con grava, provocando que algunos de ellos se vuelvan intransitables durante la temporada de lluvias. En cuanto a las carreteras asfaltadas, los problemas se centran en la falta de mantenimiento, lo cual favorece la aparición de deformaciones y baches, que aunados a la proliferación de topes y la escasez de señalamientos, impiden la circulación continua y eficiente.

En San Felipe del Progreso una cantidad importante de la población se dedica a las actividades agrícolas, principalmente para el autoconsumo. La aplicación de técnicas inadecuadas y el uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha reducido la capa fértil del suelo cultivable. En otras zonas los sistemas de cultivo tradicionales y el pastoreo han favorecido el proceso de erosión, de tal manera que el 1.4% del suelo cultivable del municipio se encuentra erosionado. Por otra parte, en el municipio solo existen industrias clasificadas como pequeñas o microempresas, mismas que se encuentran ubicadas en la cabecera municipal: una pequeña fábrica de medias, un taller que produce escobas y un taller de maquila de ropa interior. Asimismo en San Juan Evangelista se ubica otro taller que industrializa la raíz de zacatón. Así, al tratarse de un municipio eminentemente rural, las emisiones de contaminantes de origen industrial son mínimas, aunque por efecto de los vientos, la zona industrial del vecino municipio de Atlacomulco puede llegar a generar ciertos impactos en San Felipe del Progreso.

Las áreas forestales del municipio han sido seriamente dañadas, básicamente por la tala inmoderada de árboles para la comercialización clandestina de madera o para ampliar las zonas de cultivo y expandir los espacios de pastoreo. Otras actividades que afectan las áreas forestales son las actividades de tumba-roza-quema y la explotación intensiva de leña para combustible. En 1999, se registraron en la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) 17 denuncias (correspondientes a un 4% de todo el estado), todas ellas referentes a recursos forestales. El mismo año se registraron 28 incendios que afectaron un total de 59 hectáreas en el municipio, en su mayoría de pastizal y arbustos (estos datos corresponden al año 1999, fecha en la que el municipio San Felipe del Progreso incluía territorialmente al actual municipio de San José del Rincón).<sup>2</sup>

Se consideran asentamientos humanos en riesgo los establecidos en zonas con pendientes muy pronunciadas, en las márgenes de los ríos o al pie de laderas donde pueden ocurrir desbordamiento de ríos, trombas o deslaves en la época de lluvia, ante una derrama pluvial alta. Al respecto, aun cuando muchas de las localidades del municipio (o sus zonas de crecimiento) se localizan en terrenos con pendientes superiores al 10%, la baja densidad y la dispersión característica de estas comunidades reduce el impacto de eventos de este tipo, sin dejar de ser considerado un aspecto importante en la definición de áreas aptas para el crecimiento urbano en el futuro.

<sup>2</sup>Cabe aclarar que en el año 2002 se aprobó la creación del municipio de San José del Rincón, el cual se segregó del municipio de San Felipe del Progreso con una superficie de 49,791 hectáreas, definiendo los centros de población asentados en ésta mediante una poligonal, la cual incluye un total de 75,728 habitantes.



No existen antecedentes de daños o peligros relacionados con las fallas geológicas presentes en la zona. El riesgo más importante en esta categoría son los derrumbes. Dadas las características de dispersión de las localidades en el municipio es muy difícil ubicar con precisión zonas de riesgo en este ámbito; sin embargo, existen puntos reconocidos respecto a esta problemática en San Pedro El Alto sobre la carretera a Santa Ana Nichi, aproximadamente a lo largo de 2 km. Estas situaciones también son frecuentes en las comunidades ubicadas al sur del municipio como Santa Ana Nichi, específicamente en el Centro Ceremonial Mazahua.

**Carretera a Santa Ana Nichi**



**Antecedentes de riesgos hidrometeorológicos.** Uno de los principales riesgos dentro del territorio municipal son las trombas acompañadas de fuertes vientos que ocurren en la temporada de lluvias, afectando particularmente a las viviendas rurales construidas con materiales precarios. Las medidas preventivas implementadas por las autoridades consisten en la dotación de materiales de construcción en zonas marginadas, como parte de un programa de mejoramiento a la vivienda; sin embargo, con la llegada de las lluvias el problema se repite debido al desgaste propio de los materiales de construcción tradicionales (adobe, tejamanil, madera). En el año 2013 se tuvieron eventos de este tipo en los meses de julio y septiembre.

**Fotografías 1.1 y 1.2 Viviendas afectadas y acciones de mejoramiento (2013).**



Fotos proporcionadas por Protección Civil de San Felipe del Progreso.

Otro riesgo dentro de esta categoría son las inundaciones. En la cabecera municipal se ha identificado una zona con riesgo de inundación ubicada en el cruce de la Avenida Morelos y la calle Alberto Garduño, especialmente conflictiva por ser el acceso principal a la localidad, además de que ahí se ubican equipamientos de salud y áreas deportivas. El desbordamiento del río Purla también ha provocado inundaciones dentro de la cabecera municipal, principalmente en la colonia Ejidal, afectando las instalaciones del Hospital General. La más reciente tuvo lugar el 9 de octubre de 2014, en que resultaron inundadas 100 viviendas de las colonias Insurgentes, Morelos y Orozco y Berra.

**Fotos 1.3. y 1.4. Inundación del 9 de octubre de 2014 por desbordamiento de los Ríos Purla y Tejocote.**



Fotos proporcionadas por Protección Civil de San Felipe del Progreso.

Al sur de la cabecera corre el río Jaltepec, que en temporada de lluvias llega a desbordarse afectando a las comunidades de San Agustín Mextepec, Tungareo y Emilio Portes Gil. Esta situación es provocada por el azolve del cauce y por obstrucciones de troncos y árboles, incrementándose el problema por un remanso del río Lerma y por el desfogue de las presas Alzate, Ignacio Ramírez y Tepetitlán (que llegan a tener un sobre-almacenamiento). En Tepetitlán se han detectado situaciones similares, pero que allí son provocadas por el desbordamiento del río Lerma. En este caso se implementaron medidas de prevención realizadas entre marzo y junio del

2007, principalmente con acciones de limpieza y desazolve, así como la elevación del nivel del bordo.

A principios del año 2010, se registró el desalojo de varias comunidades al desbordarse el río Jalpa (afluente del río Lerma), la emergencia provocó que elementos de la agencia de seguridad del Estado de México bloquearan algunas carreteras para evitar que el paso del agua arrastrara los vehículos que cruzaban por el lugar. Las comunidades más afectadas fueron Tungareo y Emilio Portes Gil, cuyos habitantes fueron llevados a albergues implementados de emergencia. El agua llegó a rebasar el metro de altura y en algunas localidades alcanzó a cubrir por completo las viviendas. Otros daños provocados fueron la caída de árboles y el desgaje de cerros. Aunado a lo anterior, en el mes de junio del 2012 se registró la presencia de tornados.

En enero del 2014, se presentó una helada severa que afectó a treinta municipios del Estado de México, entre ellos San Felipe del Progreso. La intensidad del evento motivó la declaratoria de emergencia por parte de la Coordinación Nacional de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación (Segob), con una permanencia de diez días y la entrega de despensas, cobertores y colchonetas a los afectados (*Boletines* 34/14 y 66/14 de la Dirección General de Comunicación Social de la Segob).

**Antecedentes de riesgos por degradación de recursos naturales.** Generalmente, la degradación de los suelos se inicia por la alteración de la cubierta vegetal, con lo que se reduce la infiltración del agua al subsuelo y se incrementan los escurrimientos superficiales así como el acarreo de sedimentos de las partes altas y medias a las partes bajas, ocasionando efectos negativos como el azolvamiento de la infraestructura hidráulica y desbordamientos e inundaciones que se traducen en pérdidas sociales y económicas.

De acuerdo con el *Plan Maestro para la Restauración Ambiental de la Cuenca Alta del Río Lerma*, la Región 10 San Felipe del Progreso tiene serios problemas de degradación de sus recursos naturales, entre los que se tienen pérdidas inevitables de la diversidad biológica, desequilibrio hídrico y erosión de los suelos. Estos factores contribuyen a dicha degradación por la falta de conciencia ambiental, los escasos conocimientos técnicos para el manejo sustentable de los recursos y el cambio de uso de suelo (básicamente de forestal a agrícola). Aunado a lo anterior, existe una alta ocurrencia de deforestación, incendios, pastoreos desordenados, crecimiento desordenado de áreas urbanas y presencia de plagas y enfermedades en la vegetación de las zonas forestales.

Como parte de las consecuencias que se generan por la degradación de los recursos naturales se destacan las siguientes: incremento de la erosión hídrica y eólica; alteración del régimen hídrico y aumento de riesgos por desastres naturales; aumento de los picos de avenidas que causan desbordamientos de arroyos y ríos y consecuentemente más inundaciones en las partes bajas; azolvamiento de cauces, presas, depósitos de agua e infraestructura hidráulica; aumento en formación de cárcavas; disminución en la recarga de los acuíferos; degradación de los suelos y pérdida de la capa de suelo fértil, así como hundimiento de algunas áreas de la zona urbana.

### 1.3. Objetivos

#### Objetivo general

Generar el “Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Felipe del Progreso, 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 San Felipe del Progreso 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 San Felipe del Progreso.
- 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 San Felipe del Progreso.
- Hacer posible la consulta y análisis de la información de los diferentes peligros que afectan al municipio de San Felipe del Progreso, 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 San Felipe del Progreso, 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 San Felipe del Progreso, 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.

Otro instrumento empleado como referente para la metodología de análisis y descripción de los fenómenos naturales fue el *Atlas de Riesgos y Peligros del Estado de México 2009-2012* publicado por el Gobierno del Estado de México.

Finalmente, el eje analítico de este Atlas plantea que las correlaciones entre los ámbitos naturales, sociales y ambientales funcionan como evidencias de diferentes niveles de vulnerabilidad desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa; a partir del análisis de esas correlaciones, pueden establecerse las prioridades aplicables a la realización de acciones de ordenamiento territorial, prevención de desastres, reducción de la vulnerabilidad, mitigación de riesgos y otras problemáticas más relacionadas con el acceso de los habitantes de San Felipe del Progreso al desarrollo sustentable.





## CAPÍTULO II





Se ha definido la calificación y cuantificación de amenazas, peligros, riesgos y vulnerabilidad, por parte de los técnicos expertos en el ámbito de los peligros naturales con base en información documental, éste será ratificado y/o rectificado una vez que se cuente 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. La cartografía con base a sistemas de información geográfica se elaboró con base en este análisis y se propusieron estudios, obras o acciones de mitigación y cartografía.

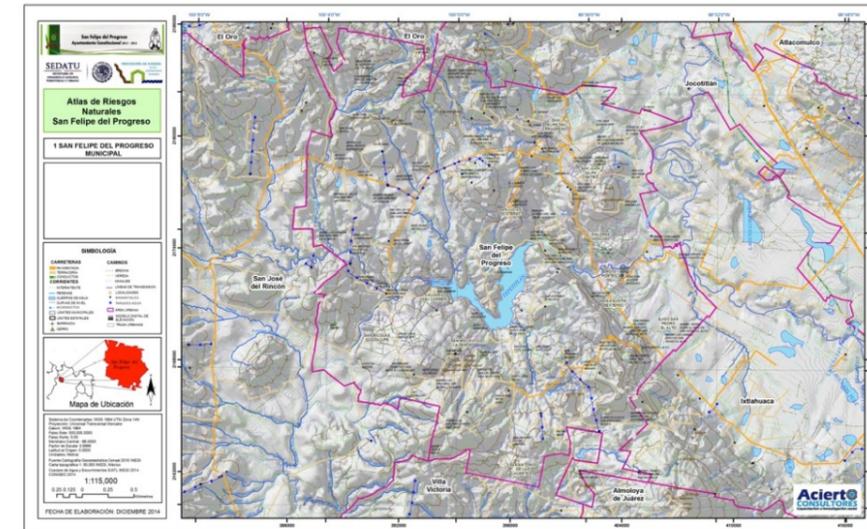
**Determinación de la Zona de Estudio.** Para elaborar el Atlas Municipal de Riesgos Naturales de San Felipe del Progreso se consideró el estudio de toda el área que ocupa el municipio para lo cual se determinó una escala de 1:115,000. Se incluye el mapa de la cabecera municipal y en caso de presentar un riesgo medio, alto o muy alto, se mapean las localidades urbanas dentro del municipio, consideradas como tales conforme a los datos del *Censo de Población y Vivienda 2010* del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI): San Felipe del Progreso, Calvario del Carmen, Dolores Hidalgo, Emilio Portes Gil, San Antonio de las Huertas, Purísima Concepción Mayorazgo, San Agustín Mextepec, San Jerónimo Bonchete, San Juan Jalpa Centro, San Lucas Ocoatepec, San Miguel La Labor, San Miguel Guadalupe y San Pedro El Alto, siendo las escalas de representación variables, dependiendo de la superficie cubierta por cada una de las localidades. En todos los casos, se utiliza una proyección Universal Transversa de Mercator (UTM).

Las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) establecidas por el INEGI, complementan la representación tanto de la vulnerabilidad a nivel de manzana, como de algunas variables sociales de las localidades urbanas del municipio.

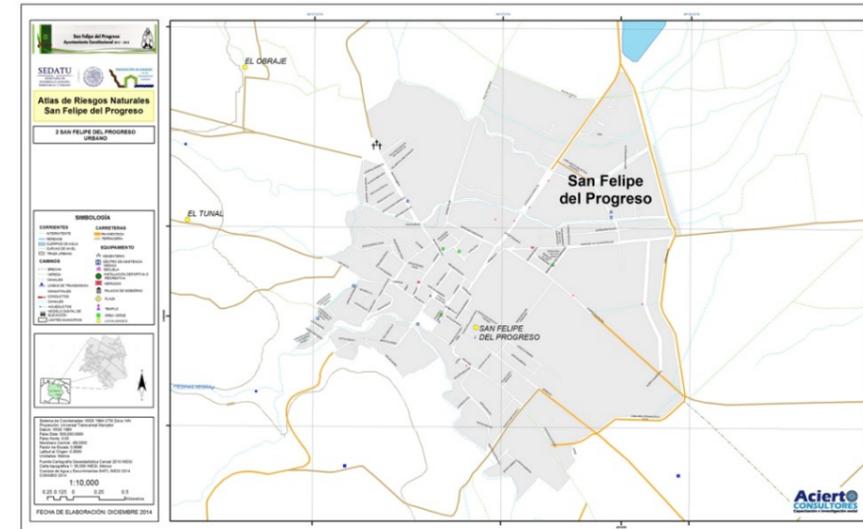
El *Bando Municipal de San Felipe del Progreso de 2014*, en su artículo 14, establece que: “El Municipio para su Gobierno y Administración interna se encuentra organizado en 100 Delegaciones, 28 Subdelegaciones, una Cabecera Municipal, Sectores, Colonias, Barrios, Rancherías y Manzanas, que dependerán directamente del Ayuntamiento.” Este criterio es el que se adopta para la representación en el presente Atlas, en el cual se incluyen para efectos de análisis las localidades con más de 2500 habitantes, que son las consideradas urbanas: San Felipe del Progreso, que es la cabecera municipal; San Agustín Mextepec, San Pedro el Alto; El Calvario del Carmen; Dolores Hidalgo; Emilio Portes Gil, y San Antonio de las Huertas.

La cobertura del análisis del presente Atlas toma en consideración todo el territorio municipal de San Felipe del Progreso. 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.

**MAPA 1 Mapa Base del municipio de San Felipe del Progreso**



**MAPA 2 Cabecera municipal de San Felipe del Progreso**





## CAPÍTULO III



### CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS 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 del municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Una vez caracterizadas 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. A su vez, estas unidades pueden ser divididas en una serie de subprovincias fisiográficas, mismas que presentan elementos discordantes conocidos como discontinuidades fisiográficas.

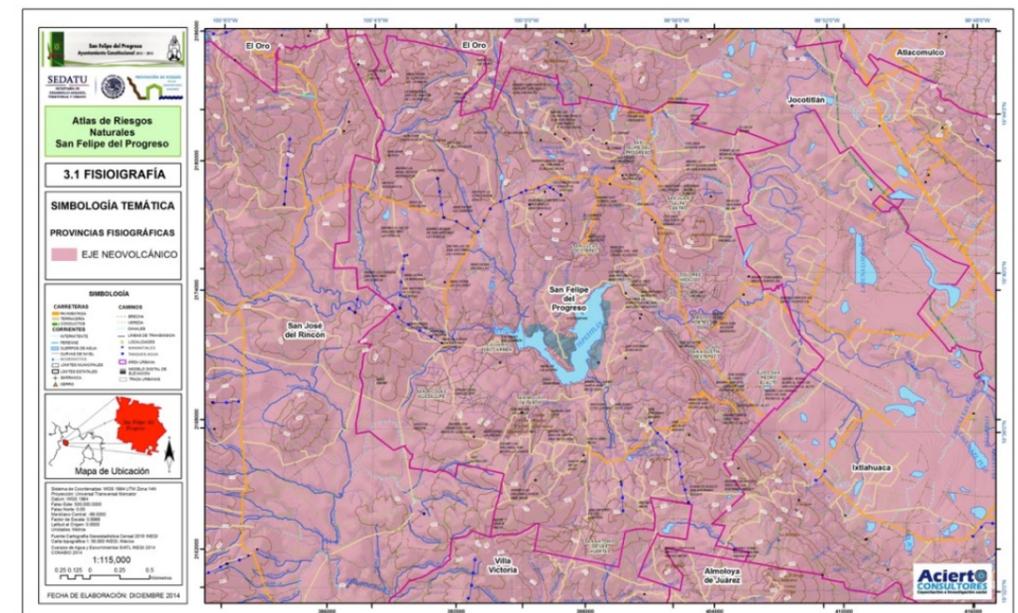
El municipio de San Felipe del Progreso se encuentra en la Provincia del Eje Neovolcánico, integrado por los volcanes de Colima, Tancítaro, Zinantécatl (Nevado de Toluca), Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Matlacuéyetl (Malinche) y Citlaltépetl (Pico de Orizaba), que casi en línea recta atraviesan el país, más o menos sobre el paralelo 19. Esta provincia, que se caracteriza por tener grandes sierras volcánicas, enormes coladas lávicas, conos cineríticos y depósitos de arena y cenizas, comprende las subprovincias de Lagos y Volcanes de Anáhuac; es la mayor de las 14 subprovincias del Eje Neovolcánico y consta de sierras volcánicas y grandes aparatos individuales que alternan con amplias llanuras, presenta un sistema fisiográfico de topofomas 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. La subprovincia Mil Cumbres es una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas que descienden hacia el sur, abarca sierras volcánicas complejas debido a la variedad de sus antiguos aparatos volcánicos, mesetas lávicas escalonadas y lomeríos basálticos (Tabla y mapa de fisiografía del municipio de San Felipe del Progreso).

TABLA 2 Fisiografía del municipio de San Felipe del Progreso

Fisiografía	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
<b>Eje Neovolcánico</b>	34,234.8	100
<b>SUBPROVINCIAS</b>		
<b>Mil Cumbres</b>	2,019.9	4.38
<b>Lagos y Volcanes de Anáhuac</b>	32,214.9	94.06
<b>Total</b>	34,234.8	100

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

MAPA 3 Fisiografía del municipio de San Felipe del Progreso

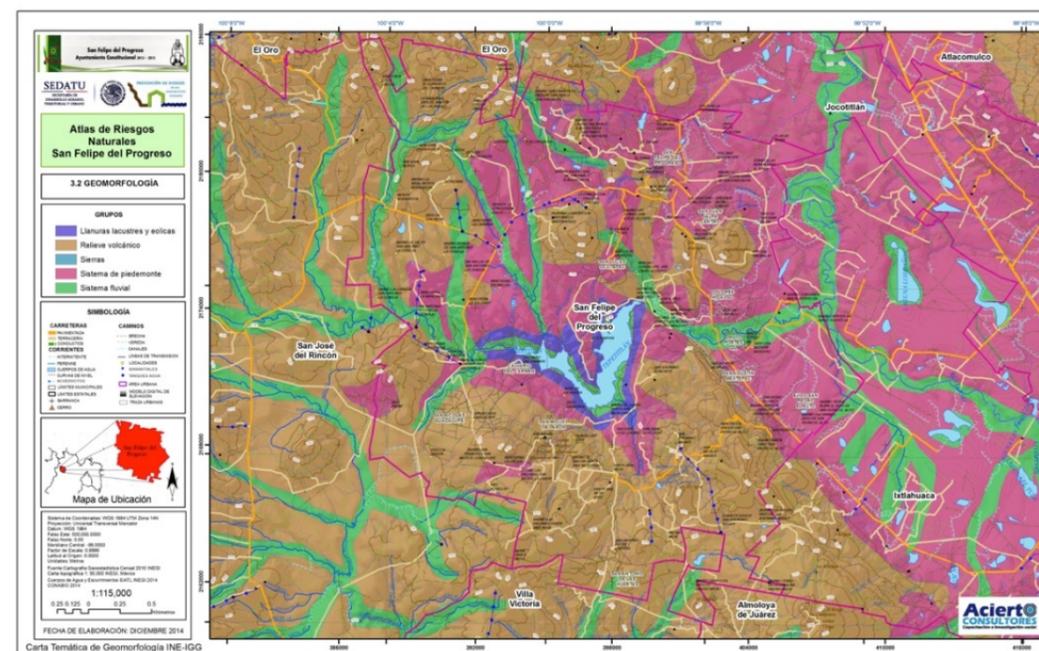


#### 3.2. Geomorfología

En el estudio del relieve, 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 estructural-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, el transporte de sedimentos y contaminantes, el clima a escala regional y/o local, así como la 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.

Las geoformas identificadas para el municipio corresponden a *sierra Volcánica* que son todos los centros eruptivos, derrames y superficies cubiertas de material volcanoclástico asociado, las cuales se distinguen por ser un relieve de edad geológica reciente, que conserva las formas originales o estructuras primarias del mismo y de las rocas, con escasas e incipientes formas de erosión, ya que los agentes de denudación apenas han retocado dicho relieve. Cuenta con una superficie de 8,747.2 hectáreas, lo que representa un 25.55% del total del municipio (ver las características de todas las geoformas en la tabla correspondiente). La *montaña de Plegamiento* que es una elevación, más o menos grande del terreno producida por el hundimiento o plegamiento de bloques de la corteza terrestre como consecuencia del movimiento de las placas tectónicas, cuenta con una superficie de 5,127.1 hectáreas, lo que representa un 14.98% del total del municipio. Los *lomeríos* son unidades de terreno localizadas en las partes bajas de la montaña y que constituyen la zona de transición; se caracterizan por tener laderas de pendientes suaves a intermedias. Cuenta con una superficie de 11,841.4 ha, lo que representa el 34.59% del municipio.

*Llanuras lacustres* que son unidades de terreno localizadas en las partes bajas de la montaña; se caracterizan por tener laderas de pendientes suaves a intermedias. Cuenta con una superficie de 6,434.2 hectáreas, lo que representa un 18.79% del total del municipio.



**TABLA 3 Geoformas del municipio de San Felipe del Progreso**

Geoformas	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Sistema pie de monte	8,747.2	25.55
Relieve volcánico	5,127.1	14.98
Lomerío de Basalto	11,841.4	34.59
Sistema Fluvial	6,434.2	18.79
Llanuras lacustres	2,084.9	6.09
<b>Total</b>	<b>34,234.8</b>	<b>100</b>

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

**MAPA 4 Geomorfología del municipio de San Felipe del Progreso**

### 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 de materiales de construcción, además de que mantienen una estrecha relación con otros elementos, como son la vegetación y la fauna.

En el municipio se encuentran eventos geológicos por roca ígnea extrusiva (le) de la era cenozoica y sedimentarios (s) originarios en la era cenozoica periodo terciario e ígnea extrusiva (le) del cenozoico cuaternario.

Las unidades litológicas que componen cada formación del municipio se describen a continuación (ver características de estas unidades en la tabla correspondiente):

*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 1,482.4 hectáreas, lo que representa apenas un 4.33% del territorio

*Andesita (A).*- Es el tipo de roca volcánica de plagioclasa sódica que se encuentra en el municipio, cubre aproximadamente 3.64% de la superficie municipal, y es característica de zonas montañosas y boscosas.

*Basalto (B).*- Roca volcánica del Cuaternario, se genera a través de la expulsión de lava volcánica, de color oscuro, pesado, completo y resistente, generalmente de grano fino. Por sus características hidráulicas son rocas de permeabilidad secundaria, por lo que favorecen tanto el escurrimiento como la recarga de acuíferos. Cubre una extensión de 12,882.6 hectáreas, lo que representa el 37.63% del municipio.

*Brecha Volcánica (Bvb).*- Roca de Origen volcánico formada por materiales fragmentados expulsados por conductos volcánicos, proyectados al aire y depositados en la superficie. Comprende fragmentos de diferentes tamaños. Cuenta con una superficie de 1,061.3 hectáreas, lo que representa apenas un 3.10% del municipio.

*Toba ácida (Ta).*- Roca volcánica de origen explosivo, formada por material volcánico suelto o consolidado. Compuesta por fragmentos de diferente composición mineralógica. Representa una superficie de 3,375.6 hectáreas y un porcentaje de 9.86 % en el municipio.

*Esquisto.*- Roca originada por un metamorfismo de tipo regional, caracterizada por una disposición paralela de la mayor parte de sus minerales. Cubre una extensión de solo 6.85 hectáreas, lo que representa el 0.2% del municipio.

*Riolita. (R)*- Roca Volcánica formada de cuarzo y feldespatos alcalinos. Cuenta con una superficie de 780.5 hectáreas, lo que representa apenas un 2.28 % del municipio.

*Volcanoclástico (Vc).*- Roca constituida de fragmentos derivados por cualquier mecanismo y origen depositado en ambientes continentales y marinos. Su clasificación se basa en la combinación de la textura y estructura de rocas piroclásticas y sedimentarias. Cuenta con una superficie de 13,399.5 hectáreas, lo que representa un 39.14 % del municipio.

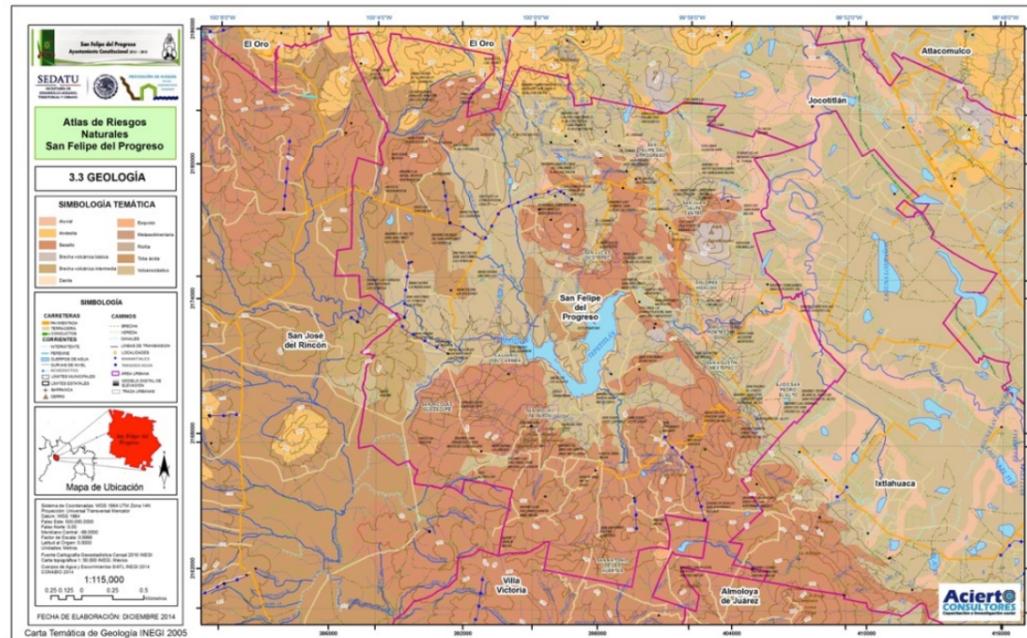
**TABLA 4 Unidades litológicas del municipio de San Felipe del Progreso**

Unidades Litológicas	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
<b>Aluvial</b>	1,482.4	4.33
<b>Andesita</b>	1,246.1	3.64
<b>Basalto</b>	12,882.6	37.63
<b>Brecha volcánica básica</b>	1,061.3	3.10
<b>Toba Ácida</b>	3,375.6	9.86
<b>Vulcanoclástico</b>	13,399.5	39.14
<b>Esquistos</b>	6.85	0.02
<b>Riolita</b>	780.5	2.28
<b>Total</b>	34,234.8	100

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

El municipio se ubica en la placa tectónica norteamericana y presenta una regionalización sísmica baja, en zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente. En el municipio se localizan una falla que está ubicada al sureste del municipio y la fractura que se sitúa al noroeste.

**MAPA 5 Geología del municipio de San Felipe del Progreso**



### 3.4. Edafología

El suelo es la capa superficial de material mineral no consolidado que cubre las zonas terrestres; 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 las posibilidades de servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas e influyendo en el clima y en el ciclo hidrológico (Doran, 1996). Como componente del medio ambiente, el suelo es un recurso vivo y dinámico que se renueva muy lentamente, por lo que su capacidad para cumplir con determinadas 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 San Felipe existen seis unidades de suelo sobresalientes, que aquí presentamos:

*Andosol*.- Son suelos que se han formado a partir de cenizas volcánicas. En condiciones normales se encuentran asociados con el bosque templado. Su textura es muy suelta y por lo mismo poseen una alta susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica. Cubren una extensión de

solo 13,512.4 hectáreas, lo que representa el 39.47% del municipio (ver características de estas unidades edafológicas en la tabla que se encuentra a continuación).

*Planosol*.- Son suelos ubicados en las partes planas o de lomeríos, localizados principalmente en la zona norte y en el centro del municipio, abarcando la cabecera municipal y la presa de Tepetitlán. Muestran una capa superficial con alto contenido de materia orgánica; tienen un drenaje deficiente debido a una capa en el subsuelo de muy baja permeabilidad; son moderadamente aptos para la agricultura, se localizan principalmente en zonas bajas y son fáciles de erosionar. Se distribuye en una superficie de 13,255.3 hectáreas y ocupa un 38.72% del territorio municipal.

*Cambisol*.- 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 suelo es que no presenta diferencias significativas entre el suelo y la roca que le dio origen; son moderadamente susceptibles a la erosión. Con una superficie de 1,340.8 ha ocupa un 3.92% en el municipio.

*Luvisol*. Son suelos típicos en los que la precipitación es alta; presentan acumulación de arcilla o sesquióxidos; coloración rojiza, parda o gris; su vocación natural es la forestal y su rendimiento en la agricultura es bajo; son susceptibles a la erosión en todos sus grados. Cubren una extensión de sólo 3,998.2 hectáreas, lo que representa el 11.68% del municipio.

*Fluvisol*.- Son suelos conformados 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 distribuyen con una superficie de 1,133.6 ha, en un 3.29% del municipio.

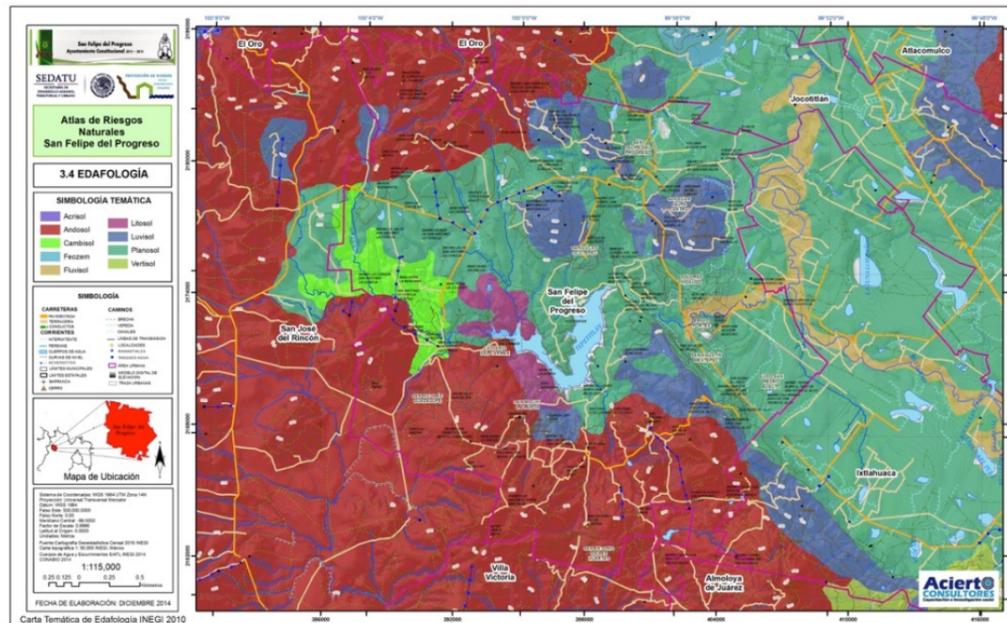
*Litosol*.- Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por una profundidad menor a 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre, como bosques y selvas (por lo que en San Felipe su uso es principalmente forestal). Cubren sólo una extensión de 994.5 hectáreas, lo que representa el 2.90% del Municipio.

**TABLA 5 Unidades Edafológicas en el municipio de San Felipe**

Unidades de Suelo	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
<b>Andosol</b>	13,512.4	39.47
<b>Planosol</b>	13,255.3	38.72
<b>Luvisol</b>	3,998.2	11.68
<b>Cambisol</b>	1,340.8	3.92
<b>Fluvisol</b>	1,133.6	3.29
<b>Litosol</b>	994.5	2.90
<b>Total</b>	34,234.8	100

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

**MAPA 6 Edafología del municipio de San Felipe**



### 3.5. Hidrografía

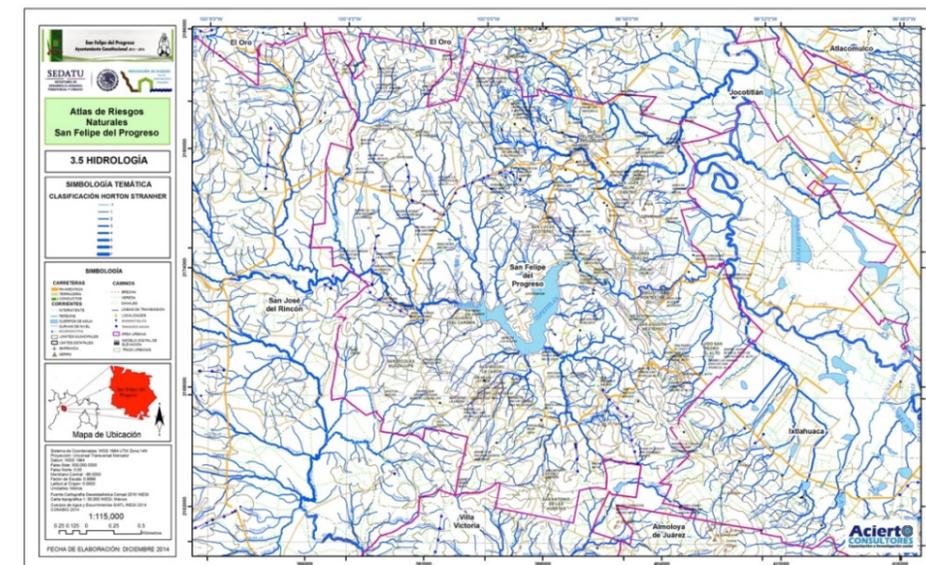
El municipio forma parte de la región hidrológica Lerma-Santiago, Cuencas del Río Lerma-Toluca, Río Cutzamala, con tres sub-cuencas:

- Río Jaltepec con una superficie de 57.16% del municipio;
- Río Otzolotepec-Río Atlacomulco que cubre el 33.73 % del municipio;
- Río Tilostoc, que pertenece también a una sub-cuenca de la Cuenca del Río Cutzamala, y que representa una superficie correspondiente al 9.09 % del municipio de San Felipe del Progreso.

Al oriente, en el límite con el municipio de Ixtlahuaca, se ubica el cauce del río Lerma. La corriente superficial principal, el río San José, atraviesa el municipio de San José del Rincón, que conjuntamente con el río La Peña, desembocan en la Presa Tepetitlán, ubicada en el centro territorial del municipio de San Felipe del Progreso. La Presa Tepetitlán tiene una capacidad útil de 67.6 millones de m<sup>3</sup>, destinados primordialmente para el riego de las tierras de San Felipe del Progreso y de los municipios de Ixtlahuaca, Jocotitlán y Atlacomulco.

Otra corriente de agua muy importante en el municipio, es el río San Felipe, que se alimenta de las aguas que bajan de las montañas de la parte norte y que desembocan en la Presa de Embajomuy y luego continúan por la barranca de Piedras Negras, pasando por la cabecera municipal y desembocando en el río Lerma.

**MAPA 7 Hidrología del municipio de San Felipe del Progreso**



Para el balance hidrológico de aguas subterráneas se estima que existe una recarga de 455.8 mm<sup>3</sup> y una extracción de 630.4 mm<sup>3</sup>, por lo que el balance es negativo. Es decir, se extrae más de lo que se ingresa. Esto representa un serio problema de sobreexplotación, particularmente en la región Lerma.

**TABLA 6 Balance hídrico de aguas subterráneas del municipio de San Felipe**

Balance Hidrológico de Aguas Subterráneas mm <sup>3</sup> /a (millones de m <sup>3</sup> )			
Región	Recarga	Extracción	Balance
Lerma	455.8	630.4	-1774.6

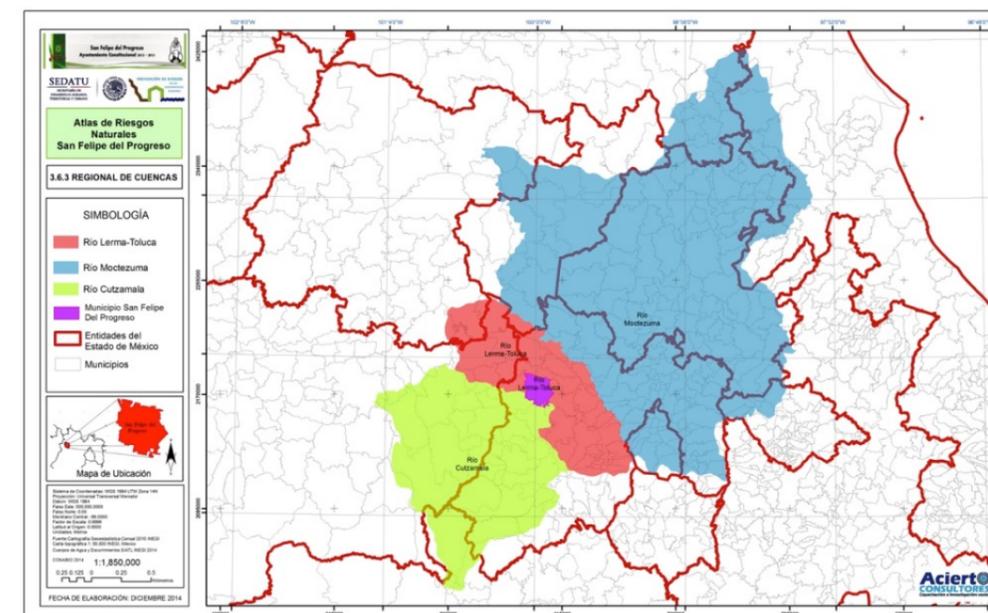
Fuente: CAEM (2004).

### 3.6. Cuencas y sub-cuencas

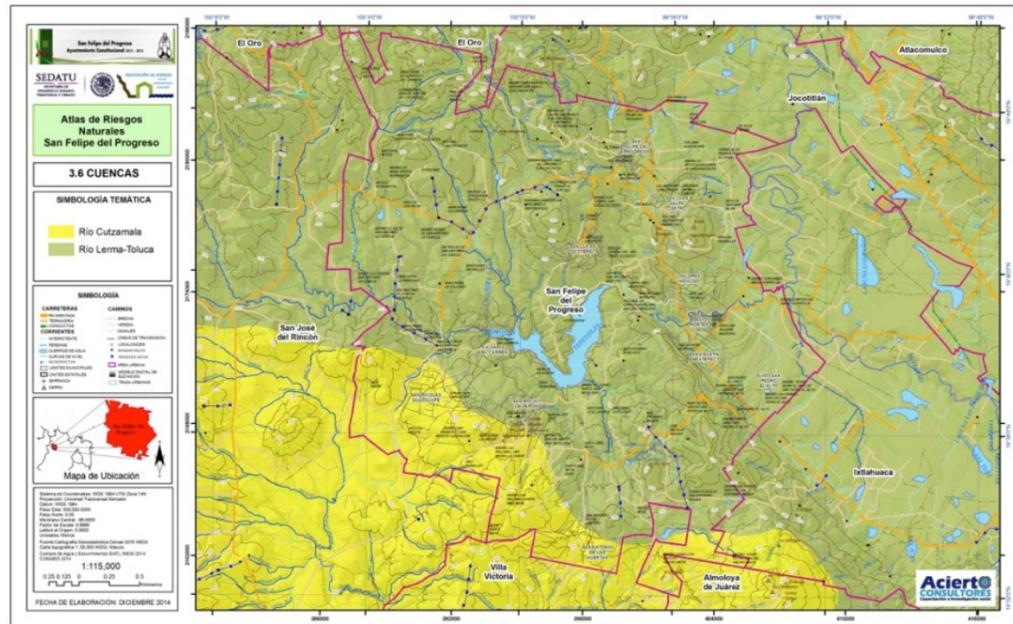
Un enfoque de cuenca hidrográfica nos permite entender las interrelaciones de los recursos naturales (clima-relieve-suelo-vegetación), así como la forma en que se organiza la población para apropiarse de ellos y su impacto en la cantidad, calidad y temporalidad del agua. Este enfoque brinda la posibilidad 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 Lerma-Santiago, Cuencas Río Lerma-Toluca, Río Cutzamala y tres sub-cuencas: Río Jaltepec con una superficie de 57.16% del municipio y Río Otzolotepec-Río Atlacomulco que cubre el 33.73 % del municipio, así como la sub-cuenca que pertenece a la Cuenca del Río Cutzamala: Río Tilostoc representado una superficie del 9.09 % del municipio (Ver mapas en este apartado).

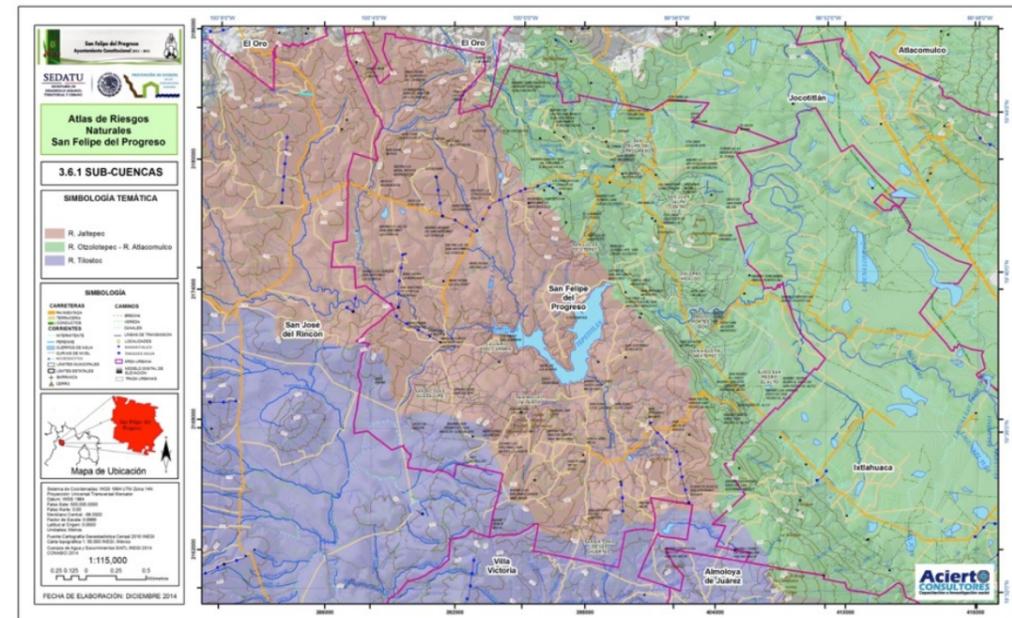
**MAPA 8 Regional de cuencas**



**MAPA 9 Cuencas en el municipio de San Felipe del Progreso**

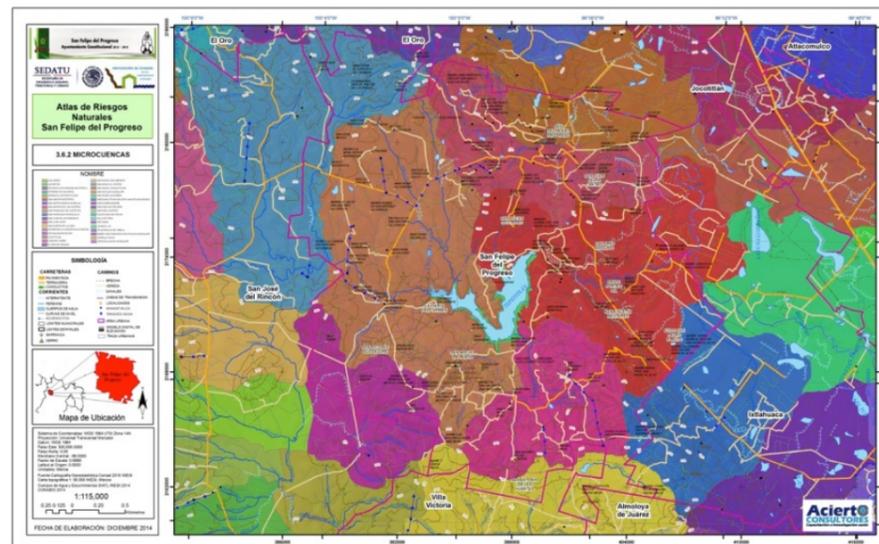


**MAPA 10 Subcuencas en el municipio de San Felipe del Progreso**



(E) (m) (w) b (i) g, clima semifrío, húmedo, con verano largo isotermal, la lluvia de invierno es menor a 5 % y la temperatura más alta se presenta antes del solsticio de verano.

**MAPA 11 Microcuencas en el municipio de San Felipe del Progreso**



**TABLA 7 Tipos de clima del municipio de San Felipe del Progreso**

Tipo de Clima	Superficie(ha)	Porcentaje (%)
<b>Templado subhúmedo C(w2) Con Alta Humedad</b>	29,268.8	85.49
<b>Semifrío subhúmedo con verano fresco largo Cb'(w2)</b>	4,966.0	14.51
<b>Total</b>	<b>34,234.8</b>	<b>100</b>

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

### 3.7. Clima

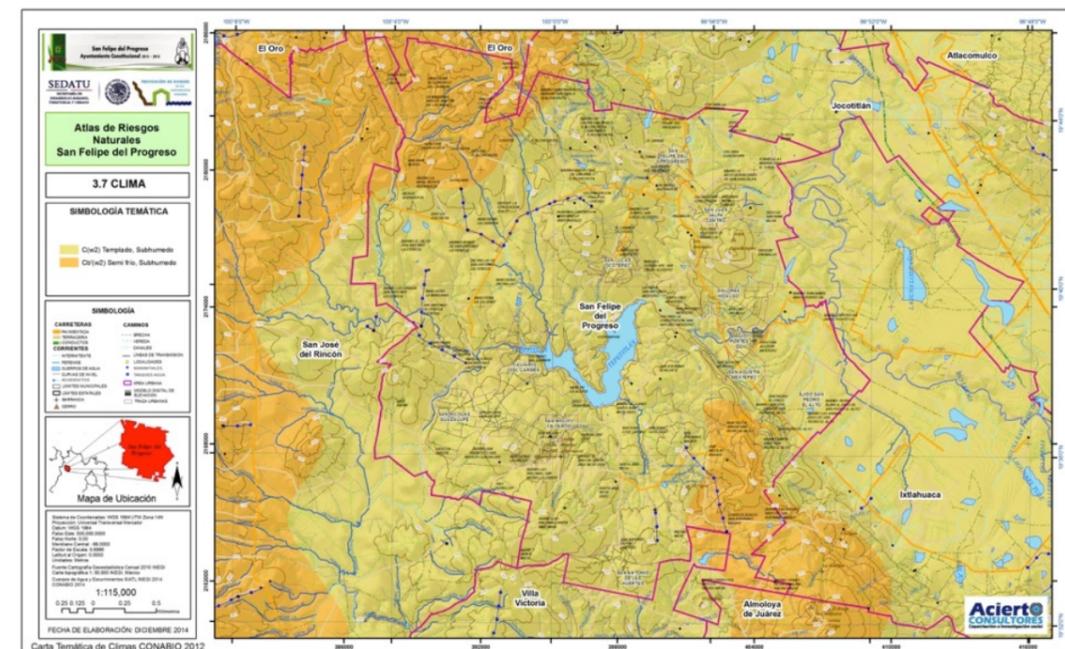
El clima de una región está determinado principalmente por la interacción de varios factores, como: temperatura, humedad, evaporación y dirección de los vientos; también los pisos térmicos determinan el carácter de la vegetación, tanto en su estado natural, como en cultivos. Asimismo, el clima condiciona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

Dada la ubicación geográfica del municipio el clima dominante es el templado, sin embargo, las variaciones del relieve originan diversidad de climas, de tal suerte que existen los templados en los valles elevados. Tomando en cuenta el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, la entidad presenta los siguientes tipos de clima (Tabla y mapa de Tipos de clima del municipio de San Felipe del Progreso):

*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. Está presente en gran parte de la región Lerma.

*Semifrío C (E).*- Se presentan dos subtipos: el primero, C (E) (W2) (w) b (i) g, clima semifrío, subhúmedo, con porcentaje de precipitación invernal menor a 5 %, el verano es largo, isotermal y con la temperatura más elevada antes del solsticio de verano, es característico de aquellas zonas con altitud considerable, como el Nevado de Toluca. El segundo subtipo, el C

**MAPA 12 Climas del municipio de San Felipe del Progreso**



## 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.

*Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo Cb' (w2).*- temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.

## Precipitación

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

*Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo Cb' (w2).*- Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual y una precipitación media anual de 1000 mm.

En el comportamiento mensual de la precipitación media del municipio, se observa que las lluvias más abundantes acontecen en los meses de junio a septiembre, temporada en la cual suelen presentarse inundaciones en algunos sitios de los valles. Las lluvias finalizan, normalmente, en la primera quincena de octubre. La precipitación promedio anual en la entidad es de 734 milímetros. Durante la época de verano, el paso constante de ondas tropicales y la aproximación de ciclones tropicales son comunes. Tales sistemas meteorológicos contribuyen, de acuerdo con su intensidad, con nublados y lluvias abundantes sobre el territorio.

### 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 San Felipe están conformados en forma ascendente por:

*Agrícola.*- Comprende 30,820.04 hectáreas y el 79.87% de la superficie total. Se consideran todas las áreas destinadas al cultivo de temporal y de riego.

*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 5,214.85 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.

*Bosque de encino-pino.*- Con una superficie de 208.37 has. que representan un 0.54% del municipio. Las mezclas de encino pino, ocupan zonas templadas, áridas y tropicales. Las principales especies de encino en este tipo de bosque son *Q. macrophylla*, *Quercus rugosa*, *Q. crassipes*, *Q. elliptica* *Q. acutifolia* y *Q. castanea*.

*Bosque de pino-encino.*- Presenta una superficie de 1,569.23 hectáreas que cubren el 4.07% del municipio; comprende las comunidades mezcladas de diversas especies de pino y encino en proporción diversa, siendo difícil separar una especie de otra, debido a la heterogeneidad con que se presentan. Las asociaciones más frecuentes son pino-encino. Las especies dominantes en este tipo de vegetación pertenecen a los géneros *Pinus* y *Quercus*.

*Bosque de pino.*- Con una superficie de 724.73 has que cubren el 1.88 % del municipio; los pinares, o bosque de pino, ubicados en altitudes desde 2,350 hasta 4,000 msnm, son comunidades principalmente compuestas por diferentes especies de pinos. Son comunidades características de las sierras sin llegar a ser el tipo de vegetación predominante. 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*.

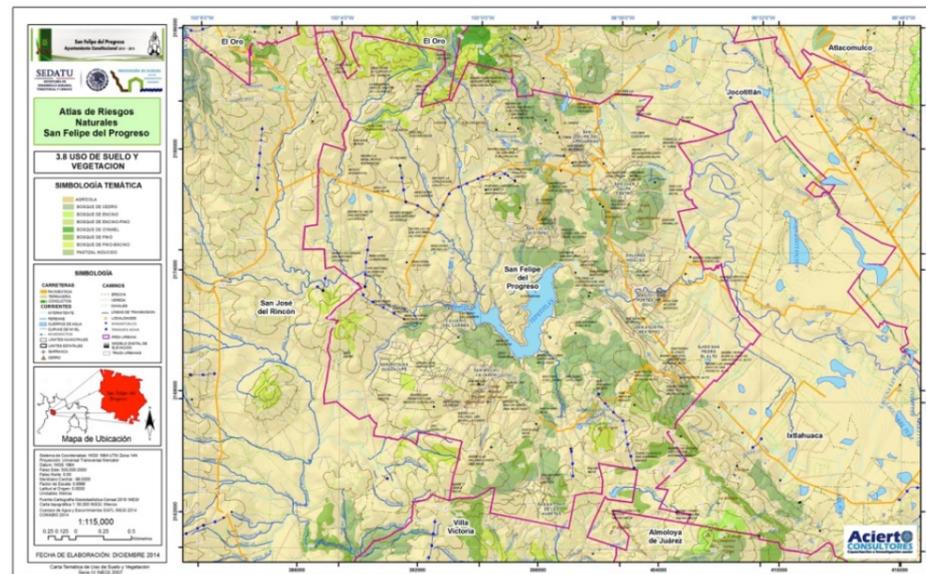
*Bosque de oyamel.*- tiene una distribución más restringida, presenta una superficie de 52.42 has que cubre 0.14% del municipio. Se desarrolla principalmente en lugares de clima frío. Son bosques muy húmedos, ubicados en cañadas o laderas entre los 2,800 y 3,400 metros de altitud. La especie dominante es el oyamel, también llamado abeto, árbol que llega a alcanzar 30 metros de altura.

**TABLA 8** Uso de suelo y vegetación del municipio de San Felipe del Progreso

Uso de Suelo y Vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
BOSQUE DE ENCINO-PINO	208.3	0.54%
BOSQUE DE OYAMEL	52.4	0.14%
BOSQUE DE PINO	724.7	1.88%
BOSQUE DE PINO-ENCINO	1569.2	4.07%
AGRÍCOLA	30820.03	79.87%
PASTIZAL INDUCIDO	5214.8	13.51%
Total	38589.6	100.00%

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

MAPA 13 Uso del suelo y vegetación en el municipio de San Felipe del Progreso



### 3.9. Áreas Naturales Protegidas

El “Centro Ceremonial Mazahua”, que forma parte del municipio, fue decretado como área natural protegida (ANP) del estado el 17 de diciembre de 1976 con una superficie total de 190,322.50 metros cuadrados; surgió como parte de la necesidad de proteger áreas que contribuyan a funcionar como zonas generadoras de oxígeno, captadoras de agua y refugio de flora y fauna silvestres.

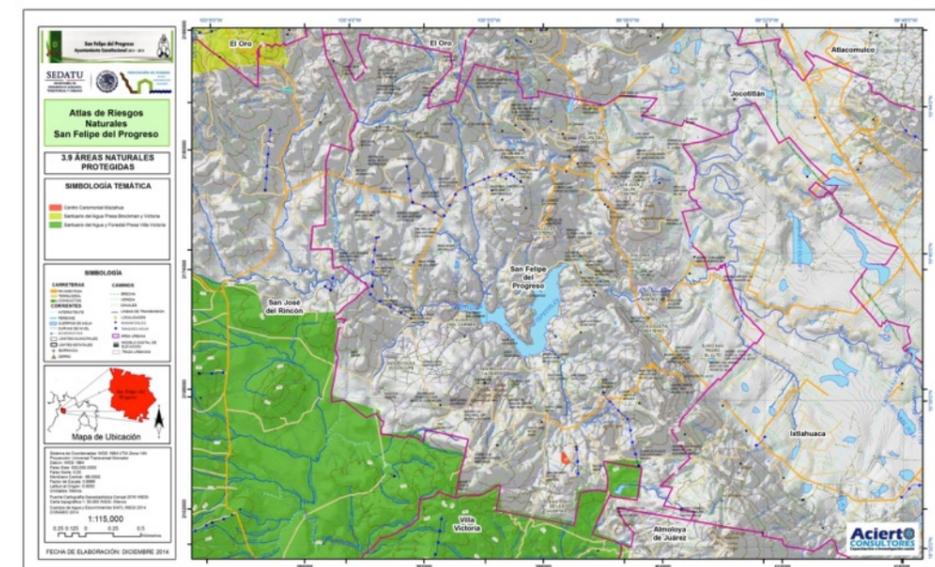
También está el parque estatal “Santuario del Agua y Forestal Presa Villa Victoria”, decretado el 8 de junio del 2004, con una superficie de 46,722 ha; este parque cuenta con un Programa

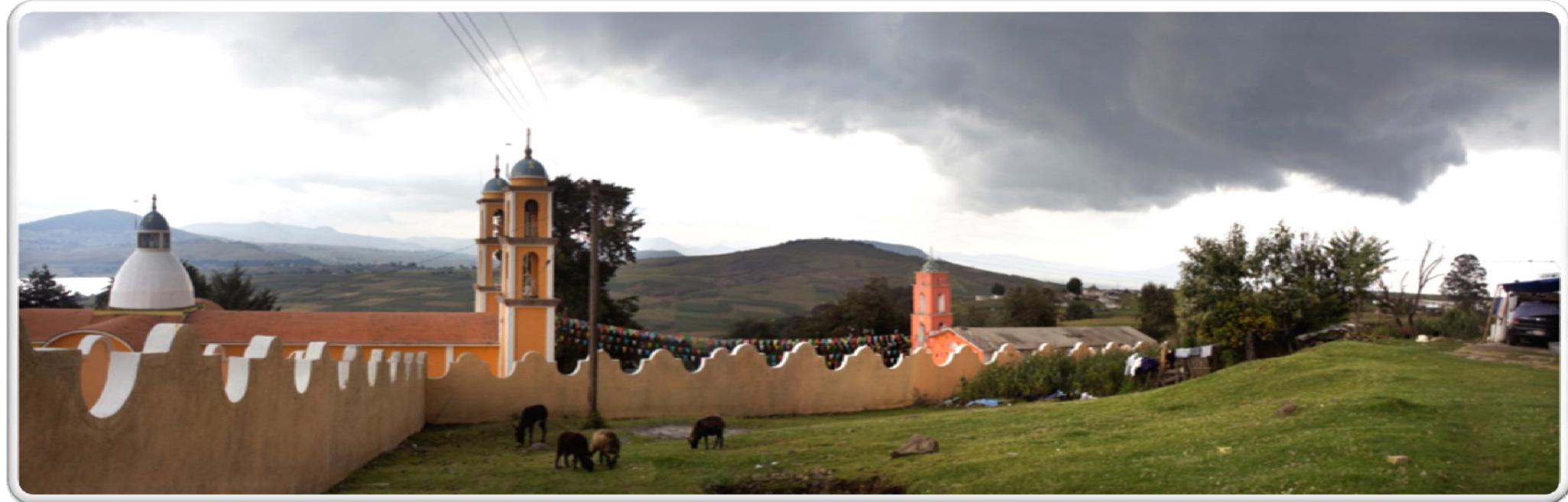
de Conservación y Manejo que busca planear, guiar y controlar el aprovechamiento, la protección, la conservación y la restauración de los recursos naturales.

TABLA 9 Áreas Naturales Protegidas del municipio de San Felipe del Progreso

Área Natural Protegida	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Centro Ceremonial Mazahua	34.49	1.0
Santuario del Agua y Forestal Presa Villa Victoria	1.77	0.05

MAPA 14 Áreas Naturales Protegidas del municipio de San Felipe del Progreso





## CAPÍTULO IV



## 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 cuenta con 121,396 habitantes distribuidos en las 104 localidades. De ellas, 62 contaron con menos de mil habitantes, el resto tenía entre 1,000 y 5,905 habitantes. La población es relativamente pequeña, pues representa el 0.8% de la población total del estado, la cual asciende a 15 175,862 habitantes.

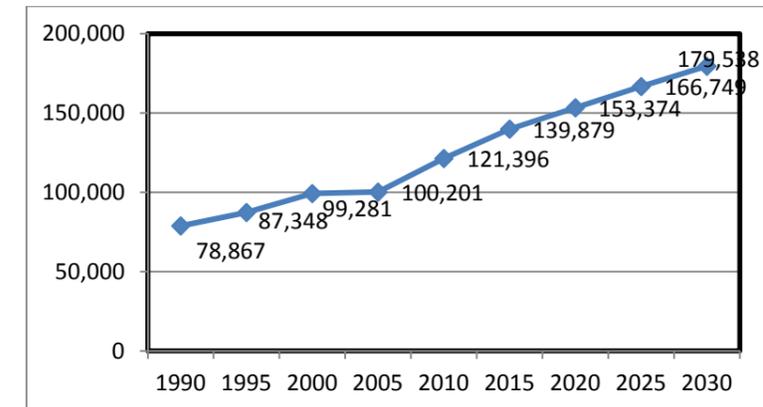
Entre las localidades con más habitantes, trece pueden ser consideradas urbanas por tener más de 2,500 habitantes, en ellas habita el 42% del total de la población, mientras el 58% restante es rural.

La población sufrió las consecuencias de un cambio administrativo de la delimitación municipal en 2005, cuando se creó el municipio San José del Rincón, teniendo por resultado este acto que San Felipe del Progreso registrara un descenso considerable en el número de sus habitantes. Para que dicha modificación no afectara los indicadores en el Atlas, se calculó el porcentaje que representaba la población de la zona que ahora forma parte del otro municipio. El resultado de lo anterior fue un promedio de 56%, por lo que este porcentaje fue restado a la población total registrada entre 1990 y 2000. La tasa de crecimiento promedio anual, para lo que hoy conforma el municipio fue de 2.7% hasta 2010.

#### Proyección de la población al 2030

Las proyecciones elaboradas por el CONAPO indican un crecimiento constante partiendo de 2005 hasta 2030, cuando el municipio alcanzará una población de 179,538 habitantes, de los cuales se calcula que habrá 92,271 mujeres y 87,268 hombres.

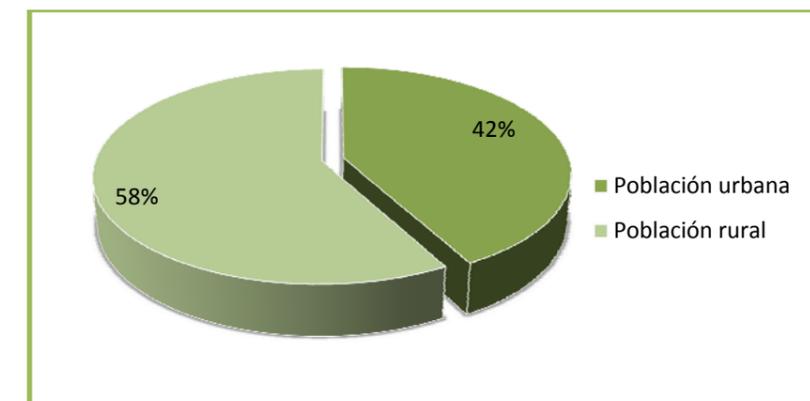
**GRÁFICA 1 Evolución de la población en el municipio San Felipe del Progreso 1990-2030**



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 consideradas urbanas son: San Felipe del Progreso (4,350 habitantes), Calvario del Carmen (4,101), Dolores Hidalgo (3,374), Emilio Portes Gil (3,737), San Antonio de las Huertas (3,549), Purísima Concepción Mayorazgo (2,676), San Agustín Mextepec (4,920), San Jerónimo Bonchete (2,564), San Juan Jalpa Centro (2,667), San Lucas Ocoatepec (3,043), San Miguel la Labor (5,414), San Nicolás Guadalupe (5,905) y San Pedro el Alto (4,925). Dicha población representa el 42% del total de habitantes; mientras las 91 localidades restantes que son rurales concentran a 70,171 habitantes. Por lo anterior se considera un municipio urbano, al tomar también en cuenta las características económicas y de infraestructura (Núñez y Vargas, 1992). En la gráfica 2 podemos observar la distribución de la población de acuerdo al tipo de localidad en la que habitan.

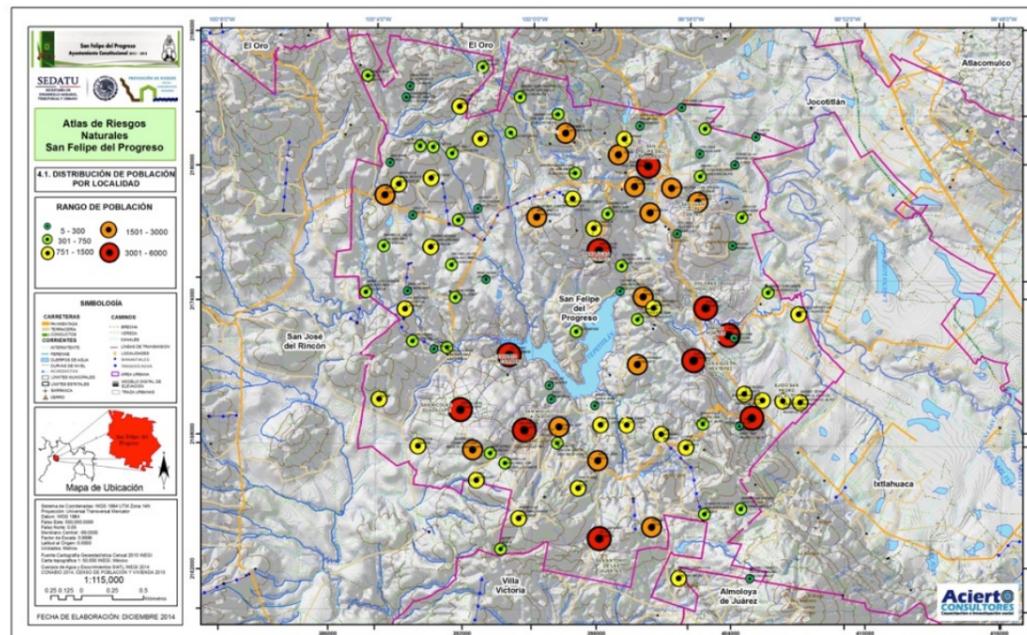
**GRÁFICA 2 Distribución de la población municipal**



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

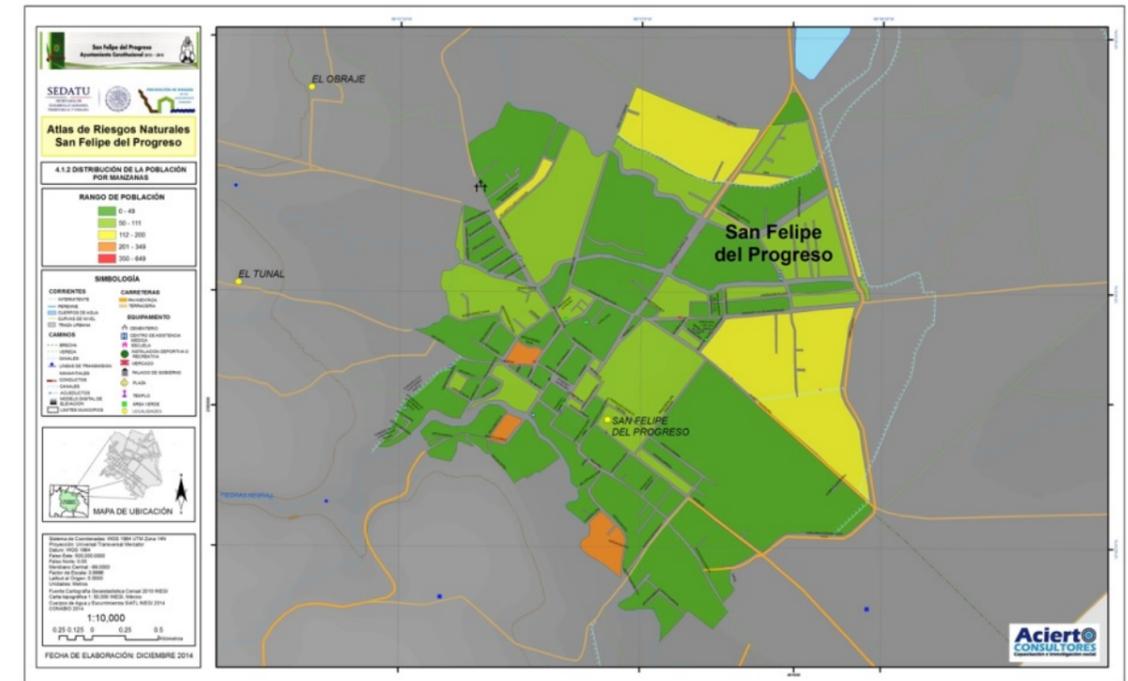
En el mapa siguiente se muestra la ubicación de todas las localidades con población urbana en 2010; remarcadas con círculos grandes se señalan dichas localidades y el resto con círculos pequeños.

**MAPA 15 Distribución de la población del municipio de San Felipe del Progreso**



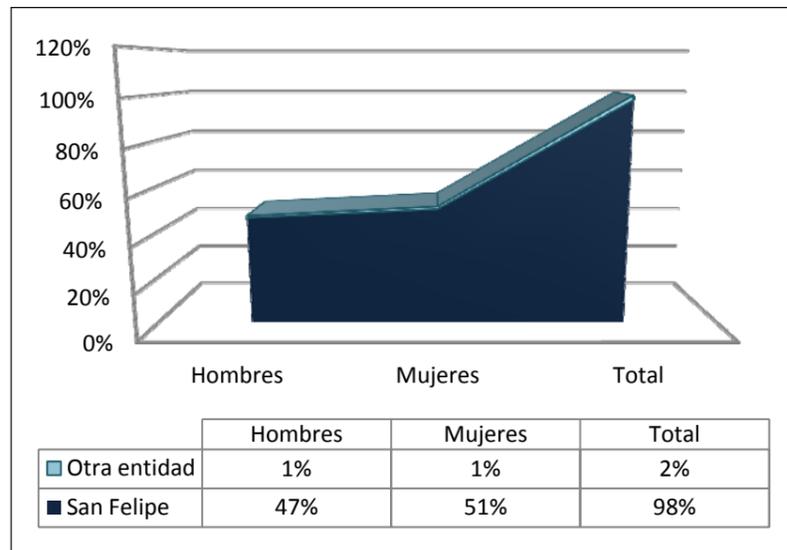
La distribución de la población por manzana urbana tiene cierta uniformidad en el municipio, pues en todas las localidades hay manzanas con diversa cantidad de población. Sin embargo, hacia el poniente del municipio la cantidad de población es mayor, lo que se observa en el mapa en color rojo y anaranjado. En contraste, vemos en verde los niveles de poblamiento inferiores, dominantes principalmente al oriente del municipio. (Ver mapa de distribución de la población en el municipio por manzana urbana)

**MAPA 16 Distribución de la población en el municipio por manzana urbana, San Felipe del Progreso, 2010**



La población de las localidades es principalmente nacida en el municipio y equivale al 98% de la población total, proporcionalmente equitativo para hombres y mujeres. En la siguiente gráfica se muestra en azul claro la población que vive en San Felipe del Progreso pero que nació en otra entidad (2%) y en azul marino la población nativa. Se observa cómo, de los nacidos en la entidad, la población femenina es ligeramente mayor a la masculina.

**GRÁFICA 3** Porcentaje de población por localidad de origen

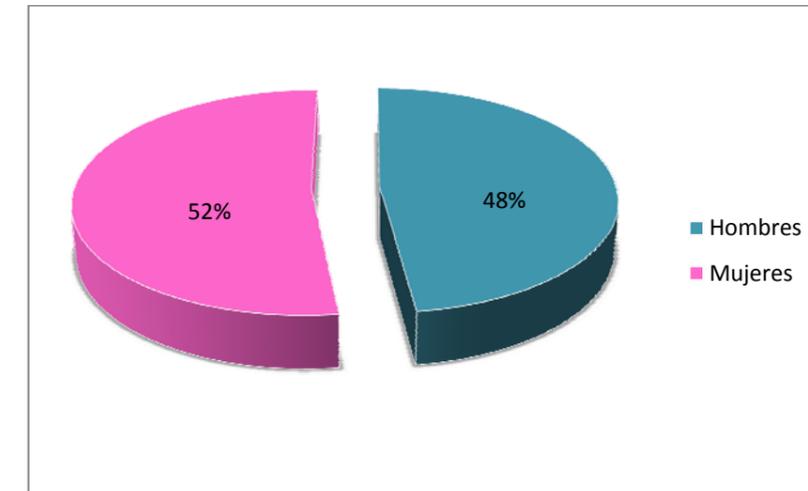


Fuente: Elaboración propia con datos del XIII Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

Según el INEGI, los lugares de origen de la población que habitaba fuera del municipio cinco años antes y actualmente vive en él son Estados Unidos, el Distrito Federal, Michoacán, Guerrero y Veracruz.

**Estructura poblacional.** El 52% de la población en el municipio son mujeres y 48% son hombres, con una relación hombre-mujer de 92.01. Esta relación es ligeramente menor a las proporciones estatal y nacional.

**GRÁFICA 4** Distribución de la población por sexo, San Felipe del Progreso

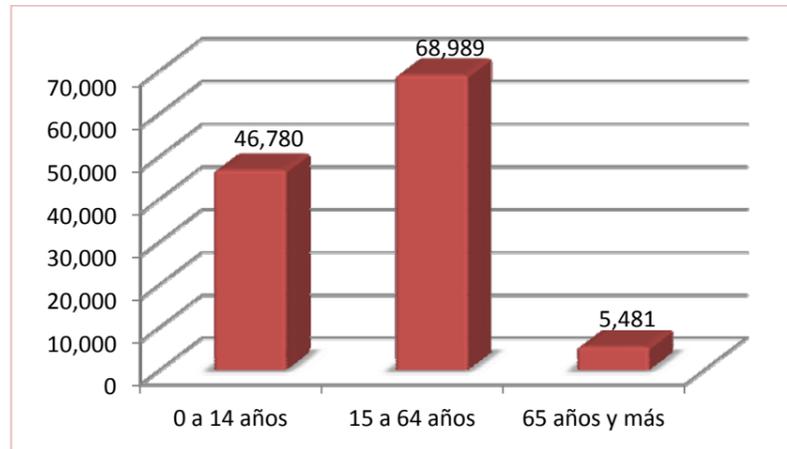


Fuente: Elaboración propia con información del XIII Censo Nacional de Población y Vivienda, INEGI 2010.

En las localidades las proporciones son muy diversas, la relación hombre-mujer en ellas va de 72.07 en Ejido San Agustín Mextepec hasta 130 en Torrecillas Nenaxi Ejido el Tunal.

Respecto a las edades, según el censo del INEGI de 2010, del total de personas que habitan el municipio, 68,989 (57%) tienen entre 15 y 64 años, es decir, se encuentran en edad productiva; 46,780 (39%) son niños entre 0 y 14 años y solamente 5,481 (4%) tienen 65 años o más, es decir, su edad productiva se considera estadísticamente terminada. En la gráfica 5 se observa dicha distribución de la población, donde se demuestra que la población en edad de mayor productividad económica es considerablemente mayor y por lo tanto es un momento propicio para el desarrollo económico del municipio.

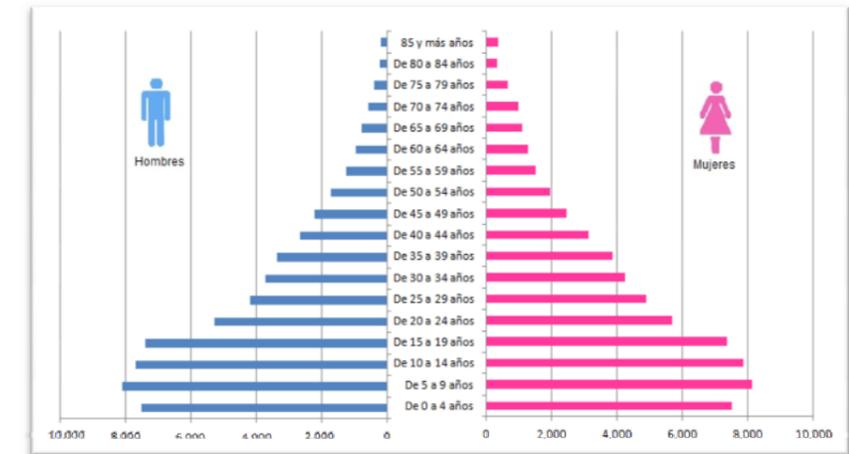
**GRÁFICA 5** Distribución de población por grupos de edad, San Felipe del Progreso



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 6, puede observarse que el grupo de menor edad (0 a 4 años) es más reducido que 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 una menor cantidad de nacimientos cada año. Actualmente, esta situación demográfica no debe constituir ningún tipo de alarma pues la base de la pirámide permanece mucho más ancha en la base respecto al centro y la punta.

**GRÁFICA 6** Pirámide de población por sexo, San Felipe del Progreso



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

**Mortalidad.** En el año 2012, las cifras sobre mortalidad del INEGI registran 542 decesos en el municipio. Las principales causas de muerte son enfermedades del aparato digestivo (21%), enfermedades endócrinas y metabólicas (12%) y enfermedades del aparato respiratorio (12%).

En la tabla que se presenta a continuación se enlistan las causas de muerte según número de decesos provocados, en la categoría "otras causas" se suman aquellas que tenían únicamente un caso y las no clasificadas.

**TABLA 10 Principales causas de muerte según sexo, San Felipe del Progreso, 2012**

Causa de muerte	Total	Hombre	Mujer
Enfermedades del aparato digestivo	115	78	37
Enfermedades endocrinas y metabólicas	65	34	31
Enfermedades del aparato respiratorio	64	22	42
Tumores malignos	31	12	19
Enfermedades cerebrovasculares	27	14	13
Enfermedades del aparato urinario	26	16	10
Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	24	7	17
Otros accidentes, incluso los efectos tardíos	23	13	10
Enfermedades de la circulación pulmonar y otras enfermedades del corazón	20	8	12
Enfermedades hipertensivas	18	11	7
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	18	8	10
Afecciones originadas en el período perinatal	16	7	9
Enfermedades isquémicas del corazón	15	7	8
Accidentes de transporte	13	11	2
Trastornos mentales y del comportamiento	11	9	2
Enfermedades infecciosas intestinales y bacterianas	10		10
Agresiones	10	9	1
Lesiones autoinfligidas intencionalmente	8	5	3
Enfermedades del sistema nervioso	7	6	1
Enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conjuntivo	3	1	2

Causa de muerte	Total	Hombre	Mujer
Enfermedades víricas	2	1	1
Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos, y ciertos trastornos que afectan el mecanismo de la inmunidad	2	1	1
Enfermedades del aparato circulatorio	2	1	1
Otras enfermedades	12	5	7
<b>Total</b>	<b>542</b>	<b>285</b>	<b>257</b>

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

Las enfermedades y padecimientos causantes de muerte son similares en hombres y mujeres, sin embargo destaca en el caso femenino una mayor incidencia a padecer enfermedades infecciosas intestinales y bacterianas, del aparato respiratorio y desnutrición y otras deficiencias nutricionales. Por su lado, en los hombres las enfermedades del aparato digestivo, y accidentes de transporte se presentan más frecuentemente.

**Densidad de la población.** La densidad poblacional es de 328.28 habitantes por km<sup>2</sup>, la cual equivale a 3.3 habitantes por hectárea, poco menos de la mitad de la densidad del Estado de México donde viven 679 hab/km<sup>2</sup>. 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 11 Densidad poblacional de diferentes unidades territoriales**

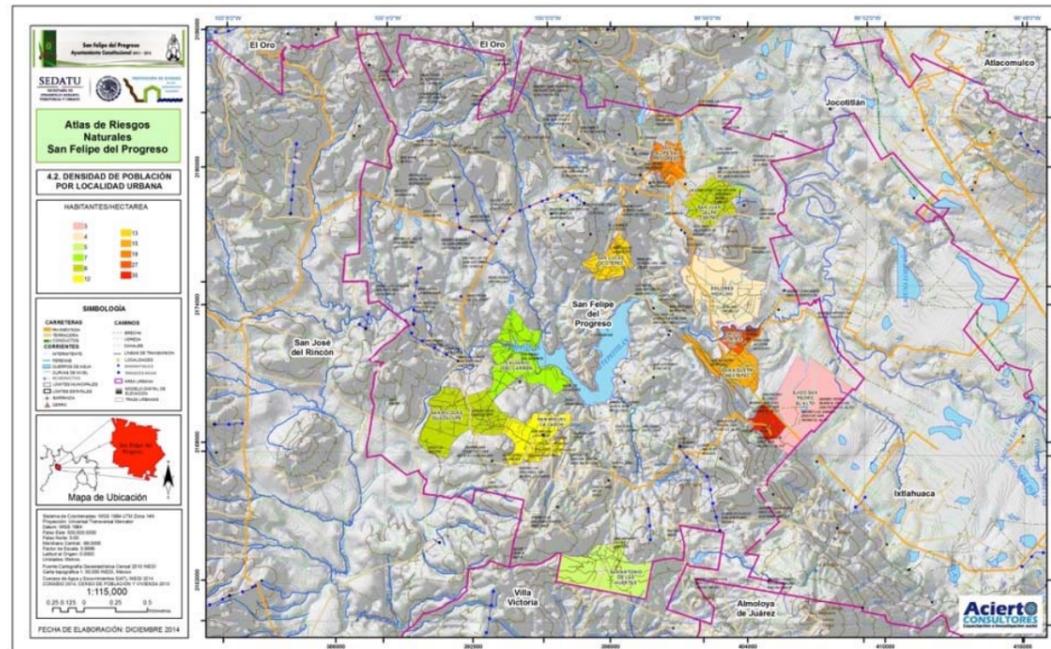
Unidad territorial	Densidad promedio (hab por km <sup>2</sup> )
<b>San Felipe del Progreso</b>	328.28
<b>Edo. De México</b>	679 .00
<b>Distrito Federal</b>	5,920.00
<b>México</b>	57.00

Fuente: Cédulas de información municipal de SEDESOL.

Al presentar una densidad poblacional media, las localidades enfrentan mayor dificultad en caso de desastre para evacuar adecuadamente las zonas de riesgo.

A continuación se presenta el mapa que contiene las localidades urbanas registradas por INEGI que en consecuencia tendrían la densidad demográfica más alta.

**MAPA 17 Densidad de la población en el municipio de San Felipe del Progreso**



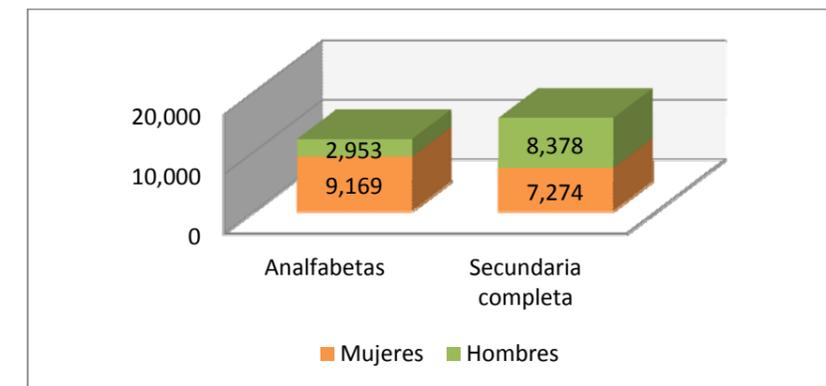
#### 4.2. Características sociales

**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 San Felipe del Progreso el grado promedio de escolaridad es de 6.12 años, equivalente a haber ingresado a secundaria sin lograr terminar el primer año. Existe menor nivel educativo en las mujeres en relación con los hombres ya que ellas acuden en promedio 5.6 años a la escuela y ellos 6.71 años. La localidad con mayor nivel educativo es la cabecera municipal, en ella el grado promedio de escolaridad general es de 10.11, -para las mujeres equivale a 9.84 y para hombres a 10.43-. Las localidades con mayor rezago son Ejido Zaragoza y Barrio la Mesa, Rioyos Buenavista, donde el promedio general corresponde a 4.14 años; en el primer caso las mujeres cuentan con 5.23 años en promedio y los hombres estudian 2.56

años; para la segunda localidad las mujeres acuden 3.54 años a la escuela y los hombres 4.82.

En este sentido, la población de 15 años y más con secundaria terminada es considerablemente mayor, principalmente para los hombres, que la población analfabeta, como se aprecia en la gráfica 7. El mayor rezago educativo femenino está presente en ambos casos: existen más mujeres analfabetas que hombres y menos con secundaria terminada.

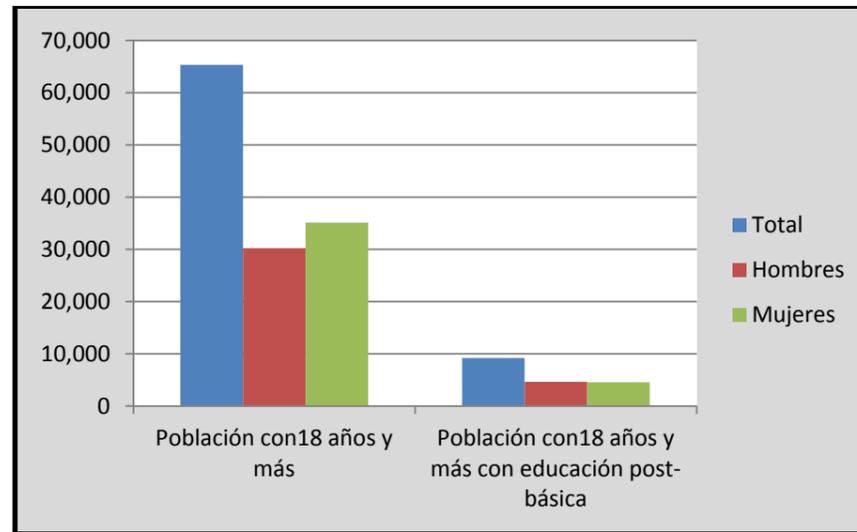
**GRÁFICA 7 Población de 15 años y más. Comparativo analfabetas y con secundaria terminada por sexo**



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

La población con educación posterior a secundaria y que por lo tanto sería la mejor preparada para enfrentarse a un caso de desastre es una minoría en el municipio. Del total de mayores de 18 años sólo el 14% cuenta con este nivel de estudios. De ellos el 51% son hombres y 49% son mujeres.

**GRÁFICA 8** Población de 18 años y más total y la que tiene algún grado post-básico de estudios (niveles medio o superior)



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

**Hacinamiento y condición de vivienda.** El hacinamiento en el municipio es ligeramente más elevado que en el resto de la entidad. En cada vivienda habitan en promedio 5 personas y por habitación hay entre una y dos. El 58.5 por ciento de las viviendas, según CONAPO, tiene algún nivel de hacinamiento.

El promedio de habitantes por vivienda más alto del municipio se registra en la localidad Mesa de la Agüita, con 7.15 hab/viv; el número promedio de ocupantes por cuarto es de 2.20, lo que la mantiene en un rango cercano al promedio municipal. La localidad con menor población por vivienda es Torrecillas Nenaxi Ejido el Tunal, con 3.29 habitantes por vivienda, mientras que tiene un promedio de habitantes por cuarto de 1.15.

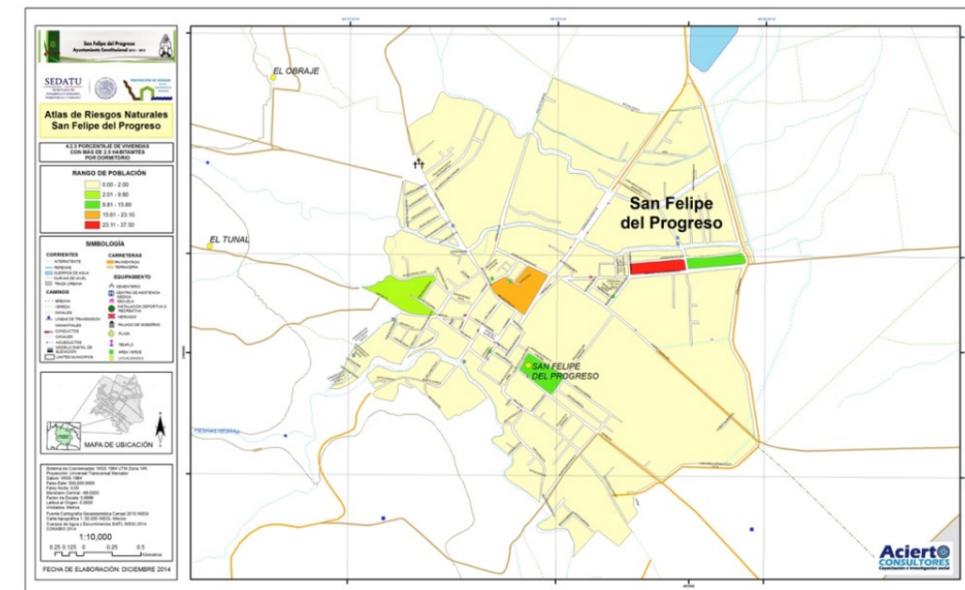
En el municipio 21% de los jefes de familia son mujeres, ligeramente menor al 23% de jefatura femenina en hogares a nivel estatal y al 25% a nivel nacional. Las localidades con mayor proporción de jefatura femenina son La Presa San Antonio Mextepec, donde 38% de los hogares pertenecen a dicha categoría y San Antonio Mextepec con 37%. Flor de María tiene un porcentaje muy alto de jefatura femenina, sin embargo por el tamaño de su población no es significativo para hacer comparaciones.

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.

En lo que respecta a las condiciones de las viviendas particulares habitadas en el municipio destaca que el 70% de ellas no cuentan con los tres servicios básicos dentro del terreno –luz eléctrica, agua entubada y drenaje–, el 30% de las viviendas restante cuenta con los tres servicios. De las que no cuentan con dichos servicios, la mayoría se encuentran en las localidades rurales del municipio, pues la cabecera municipal tiene un 94% de cobertura; mientras en Barrio Tepetitlán Emilio Portes Gil, entre otras, ninguna casa tiene acceso a los tres servicios.

En cuanto al nivel de hacinamiento, medido por el porcentaje de viviendas cuyos cuartos son ocupados por más de 3 habitantes, en general en el municipio tiende a ser bajo. En las localidades San Miguel la Labor y Calvario del Carmen vemos las manzanas con mayor nivel de hacinamiento, mientras en las demás el porcentaje oscila entre 0 y 15.60 por ciento de viviendas con algún nivel de hacinamiento.

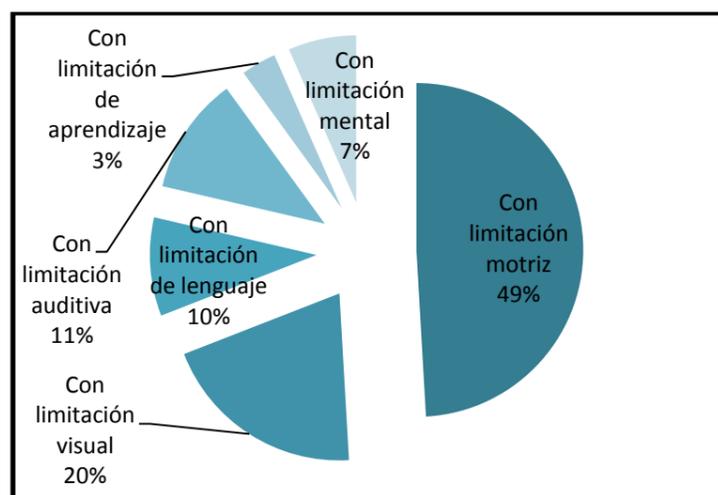
**MAPA 18** Porcentaje de viviendas con más de 2.5 habitantes por dormitorio, San Felipe del Progreso 2010.



Las manzanas que presentan altos niveles de cobertura de servicios se encuentran en el norte y este del territorio municipal. Las que presentan una situación de carencia más elevada y generalizada por manzana de uno o más de los tres servicios básicos (agua entubada, luz y drenaje), se ubican en el sur y poniente del municipio; se destaca la localidad San Antonio de las Huertas, donde toda la población está sufriendo los estragos de las carencias en servicios. No se encuentra focalizada una sola zona.

**Población con discapacidad.** En el municipio habitan 3,114 personas que tienen dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana, lo que equivale al 2.6% de la población, una proporción baja. 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 se muestran todas las limitaciones y la proporción de incidencia con que se presentan, véase a continuación de ella, la tabla que muestra la descripción de cada limitación.

**GRÁFICA 9** Incidencia de tipo de discapacidad en San Felipe del Progreso, 2010



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

**TABLA 12** Detalle del tipo de discapacidad

<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 Dolores Hidalgo con 115. Destacan, por el contrario, La Manzana (Ejido el Rincón de los Pirules), Barrio Cerro de la Luna del Fresno Nichi, Colonia la Esperanza, San Juan Rioyos y Ejido de Chichilpa, donde no se reportó un solo caso de limitación. Observamos que las localidades con mayor porcentaje de habitantes con limitaciones y, por lo tanto, donde será necesaria ayuda focalizada en una situación de desastre son Flor de María (16.3%), El Carmen Ocotepc (11.3%), San Juan Evangelista (8.4%) y Ranchería la Soledad (8.1%), todas ellas localidades con menos de 2,500 habitantes.

Las localidades urbanas se presentan en la siguiente tabla con la cantidad de habitantes con alguna discapacidad y el porcentaje que representan de la población total:

**TABLA 13 Localidades urbanas y porcentaje de población con discapacidad en San Felipe del Progreso, 2010**

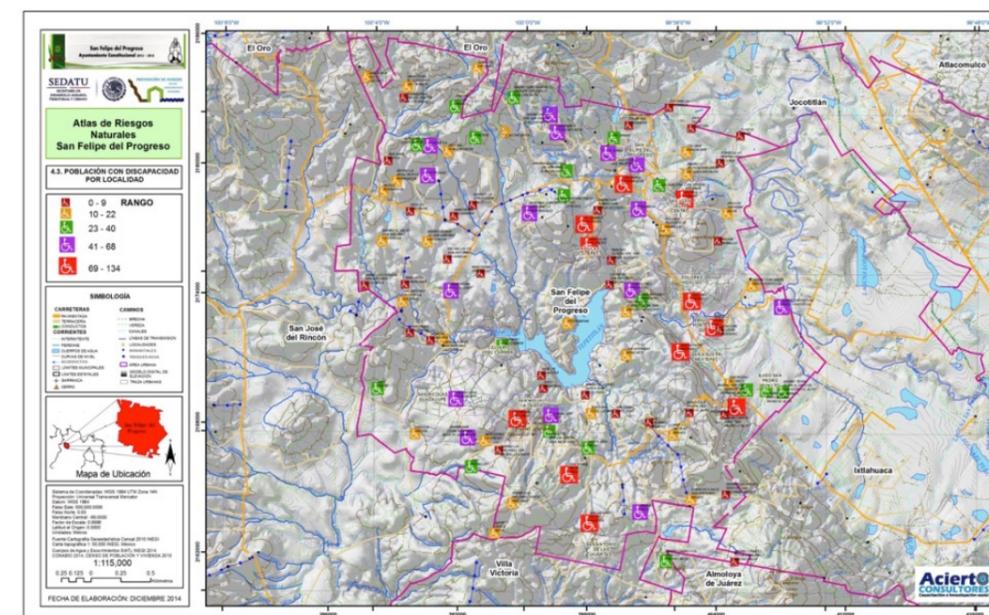
Localidad	Población total	Población con discapacidad	Porcentaje
San Nicolás Guadalupe	5,905	47	0.8%
San Miguel la Labor	5,414	88	1.6%
San Pedro el Alto	4,925	95	1.9%
San Agustín Mextepec	4,920	107	2.2%
San Felipe del Progreso	4,350	68	1.6%
Calvario del Carmen	4,101	33	0.8%
Emilio Portes Gil	3,737	104	2.8%
San Antonio de las Huertas	3,549	88	2.5%
Dolores Hidalgo	3,374	115	3.4%
San Lucas Ocoatepec	3,043	94	3.1%
Purísima Concepción Mayorazgo (Mayorazgo)	2,676	52	1.9%
San Juan Jalpa Centro	2,667	83	3.1%
San Jerónimo Bonchete	2,564	18	0.7%

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

En el mapa siguiente se presentan las localidades según el número de habitantes con una o más limitaciones. La figura más pequeña color rojo intenso presenta las localidades que tienen entre 0 y 9 habitantes con discapacidad; la amarilla, las localidades con 10 a 22; la verde representa a las localidades que tienen entre 23 y 40; el violeta a las que

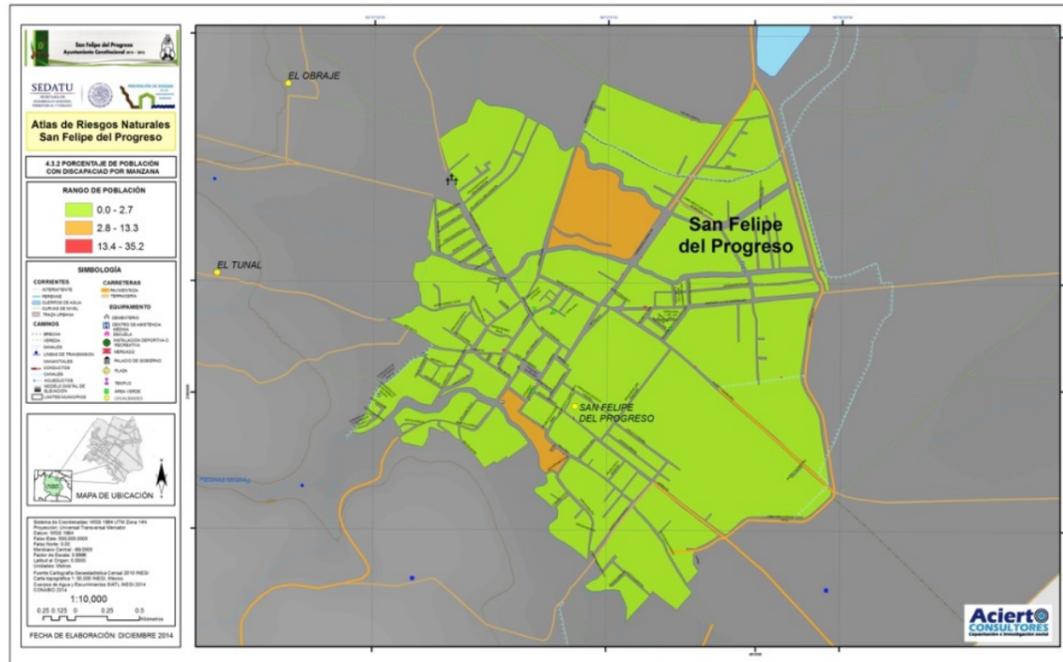
tienen entre 41 y 68; y el rojo a la que tiene entre 69 y 134 (cabecera municipal). Observamos que la mayoría de las localidades cuentan con entre 0 y 25 habitantes con alguna limitación, la cual es una cantidad aceptable al considerar la proporción que representan respecto al resto de la población.

**MAPA 19 Habitantes del municipio con algún tipo de discapacidad**



La discapacidad por manzana es también muy baja. La única manzana que supera el 13% de personas con discapacidad está muy cerca de la cabecera municipal, lo que se justifica, pues mientras más urbanizada esté una zona, atraerá más a personas que requieren de atención médica. El resto de las comunidades representa menos de 13.3% del total.

**MAPA 20 Población con discapacidad por manzana urbana, 2010**



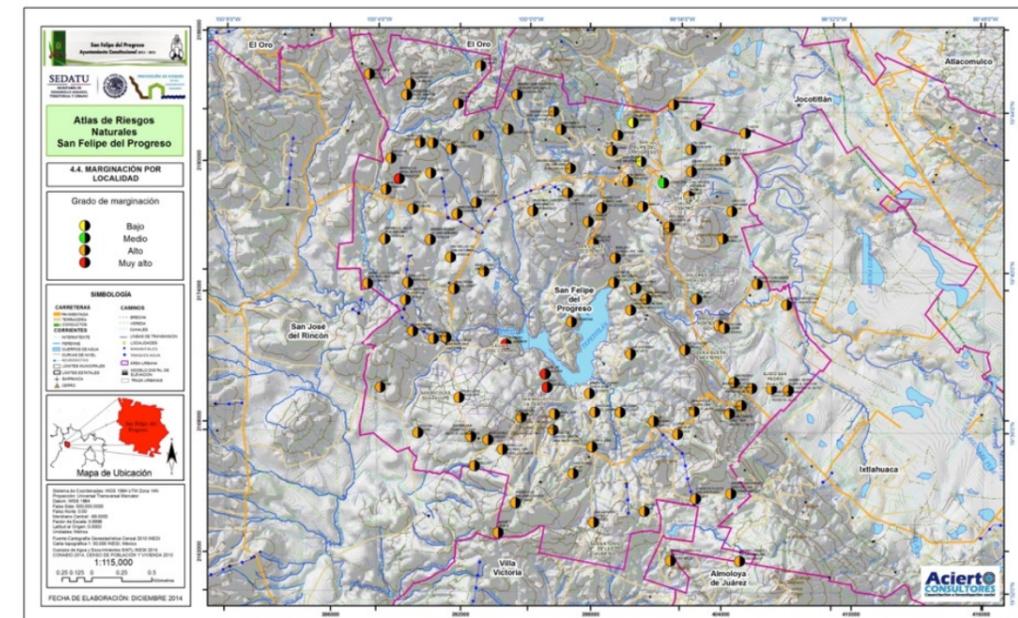
**Marginación y pobreza.** El grado de marginación del municipio es alto y ocupa el lugar 10 en el contexto estatal (Ver tabla siguiente). Para entender dicho resultado es importante destacar que 90.7 por ciento de la población vive en localidades con menos de 5,000 habitantes; el 51.3% de los económicamente activos ganan hasta dos salarios mínimos; 37.7% de la población de 15 años o no tiene la primaria completa y que 58.5% de las viviendas tienen algún nivel de hacinamiento.

**TABLA 14 Indicadores de marginación para el municipio San Felipe del Progreso**

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	0.53235	Alto	33.688	10	732

A continuación el mapa presenta los niveles de marginación de las localidades según su grado. San Felipe del Progreso (cabecera municipal) y Ejido de San Felipe del Progreso son las localidades con mejor condición del municipio, al tener un grado de marginación bajo. Las localidades urbanas restantes tienen un nivel alto de marginación. Las localidades Calvario del Carmen, Mesa de la Agüita, Barrio la Mesa, Rioyos Buenavista y Ejido Zaragoza, presentan un nivel de marginación muy alto.

**MAPA 21 Marginación por localidad en el municipio de San Felipe del Progreso**



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 San Felipe del Progreso el índice de rezago social es calificado como alto (Coneval). Sin embargo, los niveles de pobreza son elevados en comparación con otros municipios, el porcentaje de personas según el tipo de pobreza en el municipio se muestra en la tabla a continuación:

**TABLA 15 Comparativo de niveles de pobreza en San Felipe del Progreso y otras entidades**

Indicador	Pobreza alimentaria	Pobreza de capacidades	Pobreza de patrimonio
Estado de México	14.3	22.4	49.9
San Felipe del Progreso	54.9	64.3	82.6
Benito Juárez, D. F.	0.5	1.2	6.4
San Juan Tepeuxila, Oaxaca	46.2	57.4	80.8

Fuente: CONEVAL, 2010.

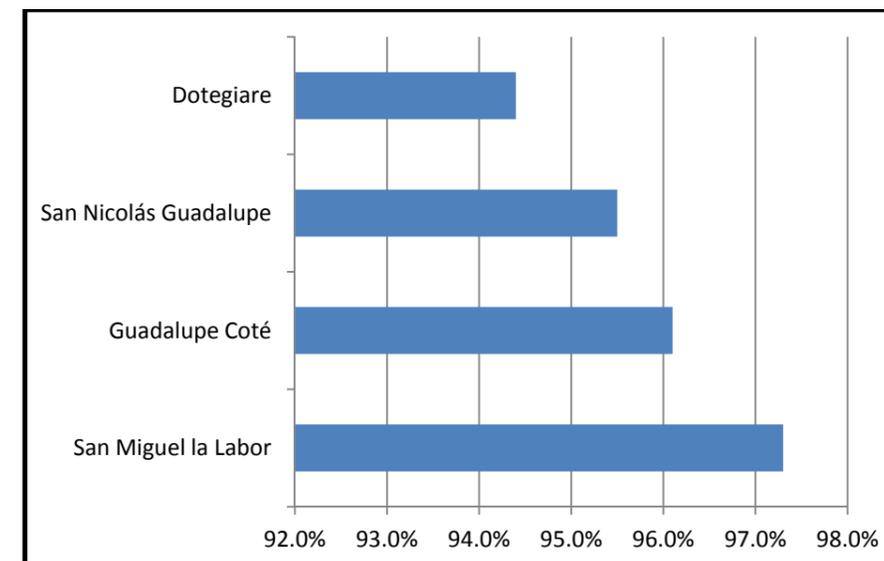
La pobreza en el municipio es más elevada que a nivel estatal. El porcentaje con mayor diferencia es el de pobreza de capacidades (64.3% de los habitantes del municipio no pueden cubrir consumos básicos de alimentación, salud y educación) 41.9 puntos porcentuales más que el estatal. La pobreza alimentaria es 40.6 puntos más elevada en el municipio en relación con el Estado de México, (en San Felipe el 54.9% se considera en dicho rango por no poder costear una canasta básica aunque destinaran el total de sus ingresos para ese fin). La pobreza de patrimonio se encuentra presente en el 82.6% de los habitantes y significa que sus ingresos no son suficientes para cubrir los costos de una canasta alimentaria, salud, vestido, vivienda, transporte y educación. A nivel nacional el 47% de la población se encuentra en esta situación.

**Población indígena.** El 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 también el español.

Por su parte, el CONAPO hace una proyección de la población indígena considerando que no todos los indígenas aceptan que conocen alguna lengua en los censos o incluso son indígenas pero no hablan una lengua. Este instituto calculó para 2005, cifra más reciente, 61,383 personas indígenas en el municipio, lo cual representa el 50.6% de la población total.

La localidad urbana de San Lucas Ocoatepec tiene 68% de habitantes considerados indígenas, mientras la cabecera municipal sólo cuenta con el 0.8%. En cuatro localidades dicha población supera el 90% del total de habitantes, dos de ellas, San Nicolás Guadalupe y San Miguel la Labor son consideradas urbanas (Gráfica 10). La localidad urbana de San Juan Jalpa Centro tiene 16.6% habitantes indígenas y el resto de las localidades tienen entre 51.5% (Purísima Concepción Mayorazgo (Mayorazgo) y 86.2% (San Antonio de las Huertas).

**GRÁFICA 10 Principales localidades con población indígena en el municipio de San Felipe del Progreso 2005**



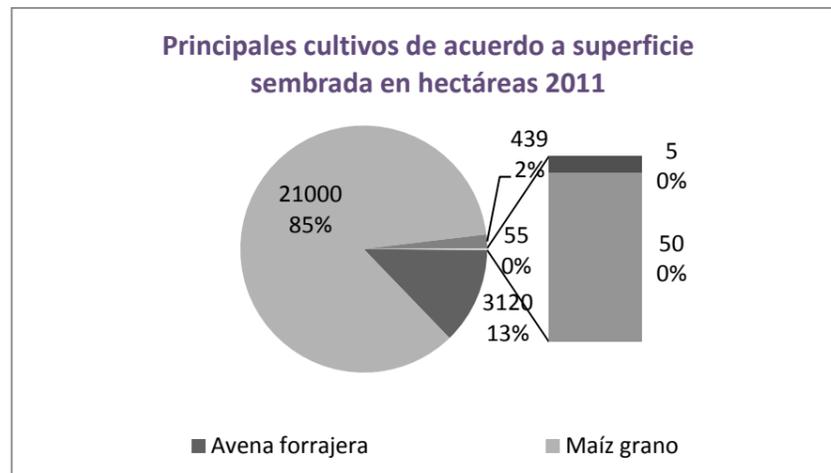
Fuente: Elaboración propia con datos de las proyecciones de hogares indígenas de México y las entidades federativas de CONAPO para 2005.

Todas las localidades presentadas en la gráfica tienen un grado de marginación alto. Lo anterior nos habla de una mayor vulnerabilidad social de estas localidades frente a cualquier tipo de eventualidad, especialmente en riesgos de desastres.

#### 4.3. Principales actividades económicas en la zona

**Sector primario.** La superficie de cultivo en el municipio de San Felipe del Progreso consta de 24,614 ha sembradas de acuerdo con últimos datos 2011 del INEGI. El maíz constituye cerca del 85% de la superficie total cultivada donde la avena forrajera, el tomate rojo, el tomate verde y el resto de cultivos nacionales se dividen el 15% sobrante.

**GRÁFICA 11 Producción agrícola en el municipio**

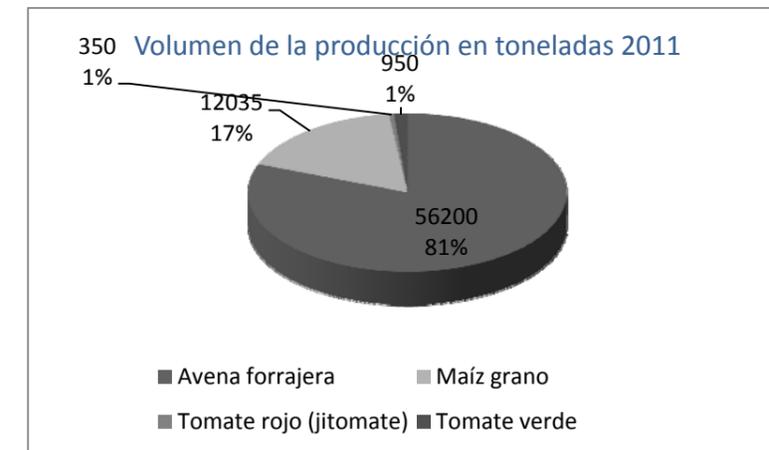


Fuente: Elaboración propia con información del INEGI 2011.

Respecto al nivel de tecnificación agrícola tenemos que en el municipio la superficie sembrada de temporal consta de 19,170 ha mientras que la superficie mecanizada es de 21,379 ha y los sembrados de riego contabilizan 5,444 ha.

San Felipe no es ajeno a la dinámica agrícola en la que el volumen de producción de la avena forrajera supera al rendimiento de los otros cultivos locales, esta concentra, con un total de 52,200 toneladas, más del 80% de la producción del campo de San Felipe. La producción de maíz, si bien concentra la mayor parte de los terrenos cultivados, está destinada mayoritariamente al autoconsumo.

**GRÁFICA 12 Volumen de la producción agrícola**



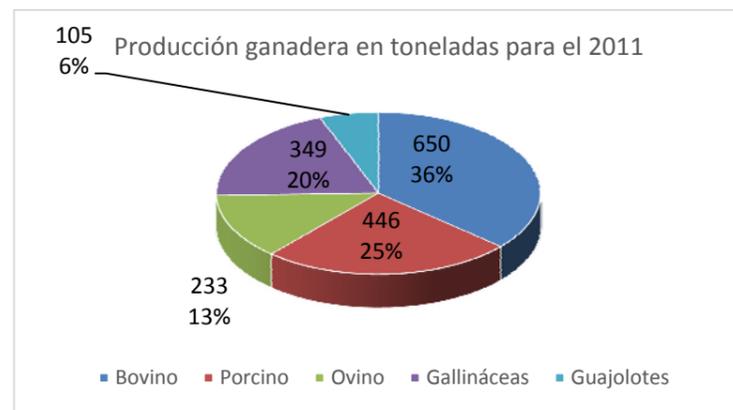
Fuente: Elaboración propia con información del INEGI 2011

Como cultivos perenes el durazno y la manzana ocupan apenas 41 ha de terreno cultivado representando sólo 240 toneladas obtenidas de acuerdo con datos de Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGCEM 2012).

En cuanto a la actividad minera San Felipe del Progreso es productor de tezontle que, de acuerdo con datos del IGCEM, para el 2012 el valor de la producción de este mineral representó 128 mil pesos.

Respecto a la actividad ganadera los principales productos son: carne en canal de bovino, porcino, gallináceo, ovino y la producción de guajolotes. De acuerdo con información del INEGI se produjeron 350,000 litros de leche de bovino y 151 toneladas de huevo durante el 2011.

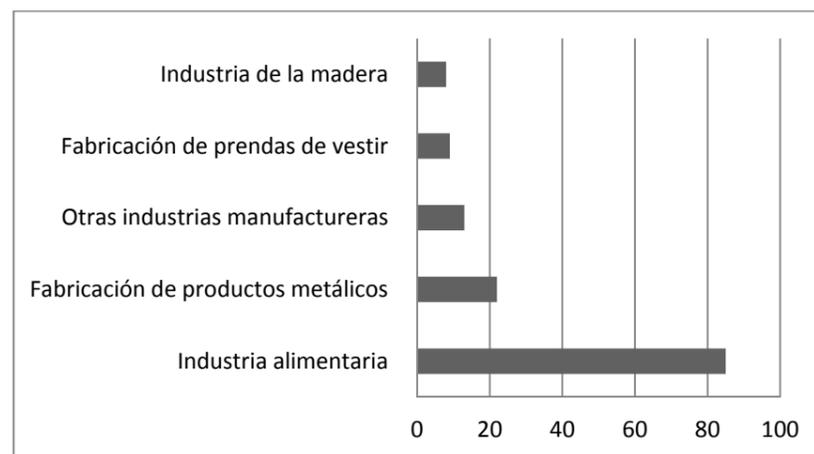
**GRÁFICA 13 Producción ganadera en 2011**



Fuente: Elaboración propia con información del INEGI 2011

**Sector secundario.** Con un total de 137 unidades económicas manufactureras concentradas principalmente en la producción de masa tortillera, fabricación de prendas de vestir, fabricación de productos metálicos y la industria de la madera, la actividad industrial en el municipio es escasa, de acuerdo con el último censo económico del INEGI 2009.

**GRÁFICA 14 Industria manufacturera por ramas**



Fuente: Elaboración propia con datos el INEGI. Censos Económicos 2009. Resultados definitivos

**TABLA 16 Unidades económicas del municipio de San Felipe del Progreso**

Actividad Económica	Unidades económicas
<b>Industrias manufactureras</b>	<b>137</b>
Industria alimentaria	85
Fabricación de prendas de vestir	9
Industria de la madera	8
Impresión e industrias conexas	*
Industria química	*
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	*
Fabricación de productos metálicos	22
Fabricación de maquinaria y equipo	*
Fabricación de muebles, colchones y persianas	*
Otras industrias manufactureras	*
Otras industrias manufactureras	*
Otras industrias manufactureras	*

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 geográfica, en vigor, en sus artículos 37, 38, 42 y 47 establece la confidencialidad de la información.

Fuente: INEGI. Censos Económicos 2009. Resultados definitivos



**Sector terciario.** Además de la agrícola, la actividad comercial es una de las más importantes en el municipio de San Felipe del Progreso, adicional a la existencia de dos mercados municipales y dos tianguis. De acuerdo con datos del IGECEM 2012, en la localidad operan alrededor de 1,500 unidades económicas dedicadas al comercio entre las que se cuentan 203 de comercio al por mayor y 1,249 al por menor.

Con arreglo a la misma fuente existen en el municipio 10 negocios inmobiliarios, 40 servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos además de 7 empresas del ramo de la construcción.

En cuanto a los servicios, de acuerdo con datos del INEGI, San Felipe del Progreso posee 12 oficinas postales; una sucursal de la banca de desarrollo y 3 de banca comercial.

Para el ramo de servicios turísticos, el municipio posee una oficina de información turística que da cuenta de la existencia de un hotel y dos campamentos. San Felipe del Progreso es un municipio de riqueza histórica y cultural, el atractivo más importante y reconocido es el Centro Ceremonial Mazahua, también alberga un parque infantil; un zoológico con venados cola blanca; áreas de estacionamiento, baños, seguridad y vigilancia.

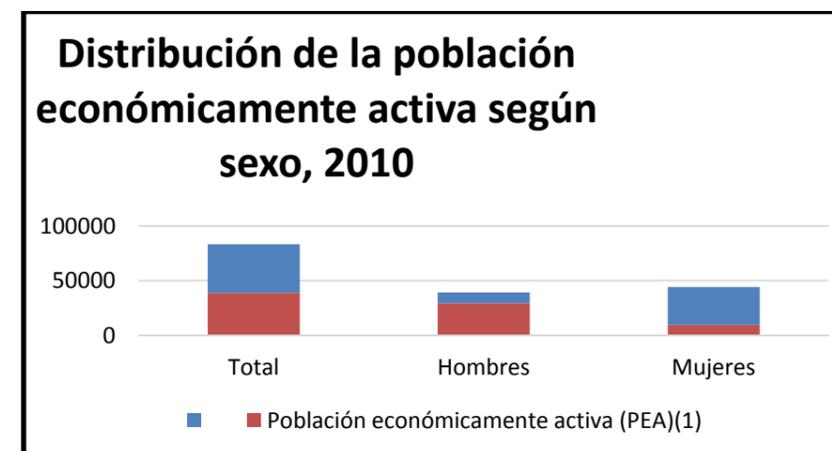
La relación del parque vehicular privado asciende a 10,390 unidades en circulación, excluyendo motocicletas, de los cuales 6,255 son automóviles y 4,135 corresponden a camiones y camionetas para carga.

Según datos del INEGI 2010 la Inversión pública ejercida ascendió a 202,028,000 pesos. De los cuales 3,085,000 se destinaron a incentivar el desarrollo económico y 43,386,000 al gasto en mantenimiento y obra pública.

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

Con un salario mínimo de \$63.77 correspondiente al área geográfica B respecto a la publicado por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos en el 2014 y de acuerdo con los datos arrojados en el último censo nacional, San Felipe del Progreso registró más de 36,018 personas como Población Económicamente Activa (PEA) con una tasa de desempleo del 7%.

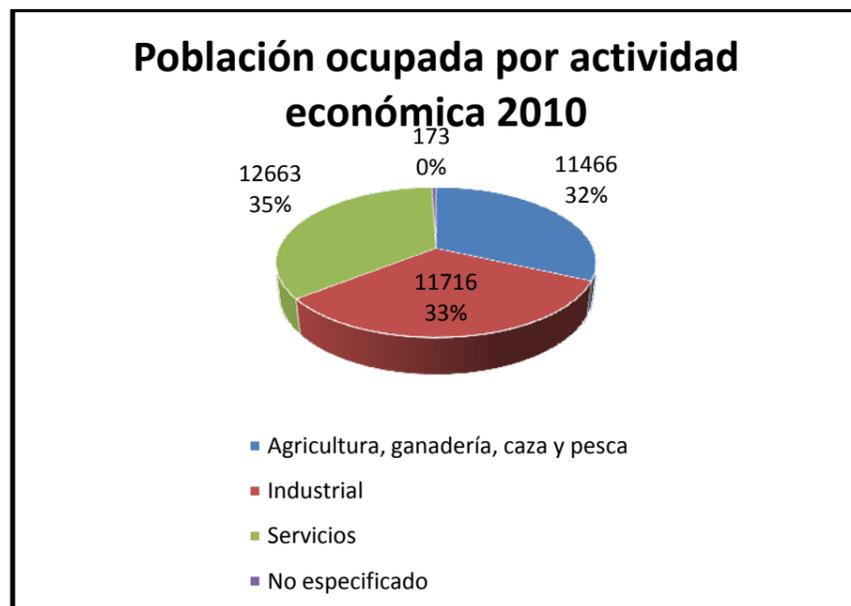
**GRÁFICA 15** Porcentaje de la participación por sexo de la población económicamente activa y no activa, San Felipe del Progreso



Fuente Elaboración propia con datos del INEGI.

En lo que respecta al rubro de participación por actividad económica es importante señalar que los datos arrojan que ésta se encuentra prácticamente dividida en tercios correspondientes a los trabajadores del campo, la actividad manufacturera y el personal de servicios.

**GRÁFICA 16** Participación de la población económicamente activa por actividad económica, San Felipe del Progreso



Fuente Elaboración propia con datos de IGECM Estadística Básica Municipal, 2013

**Infraestructura y equipamiento.** En el municipio existen 53 fuentes de abastecimiento de agua potable para atender a los 121,396 habitantes. En el año 2010, del total de viviendas, 92.94% disponen de energía eléctrica, 61.23%, disponen de agua entubada y 43.29% cuentan con drenaje.

Respecto al equipamiento municipal, se consideran los edificios y las instalaciones cuyo propósito principal es el uso público, en los que la población recibe servicios que incrementan el bienestar social y de apoyo a actividades económicas. Ejemplos de esto son los edificios para la educación, salud y asistencia pública, recreación y deporte, comercio y abasto, administración y seguridad. La importancia de considerar estas estructuras en un atlas de riesgos naturales radica en que dado el caso de un desastre o emergencia, dichos edificios pueden actuar como albergues o lugares para brindar algún tipo de atención, asimismo, son concentradores de población y pueden servir como referencia de ubicación. Dentro de los planes de desarrollo urbano deben ser considerados tanto su localización como su distribución, el estado en que se encuentran y los requerimientos para un buen funcionamiento.

**TABLA 17** Servicios de salud

SERVICIO DE SALUD	PERSONAL MEDICO	ENFERMERAS
ISSSTE	37	1
ISEM	135	198
DIF		2
ISSSEMYM	4	5
<b>Total</b>	<b>178</b>	<b>204</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015

**TABLA 18** Número de escuelas, maestros y alumnos

Educación	Total
<b>Escuelas</b>	<b>309</b>
(Escuela) Maestros	<b>1 914</b>
(Maestro) Alumnos	<b>40 354</b>
<b>Preescolar</b>	
Escuelas	<b>116</b>
(Escuela) Maestros	<b>187</b>
(Maestro) Alumnos	<b>4 223 (Alumno)</b>
<b>Primaria</b>	
Escuelas	<b>112</b>
(Escuela) Maestros	<b>811</b>
(Maestro) Alumnos	<b>21 315 (Alumno)</b>
<b>Secundaria</b>	
Escuelas	<b>47</b>
(Escuela) Maestros	<b>371</b>
(Maestro) Alumnos	<b>7 736 (Alumno)</b>
<b>Media superior</b>	
Escuelas	<b>10</b>
(Escuela) Maestros	<b>202</b>
(Maestro) Alumnos	<b>2 737 (Alumno)</b>
<b>Superior</b>	
Escuelas	<b>3</b>
(Escuela) Maestros	<b>102</b>
(Maestro) Alumnos	<b>1 342 (Alumno)</b>
<b>Otros</b>	
Escuelas	<b>21</b>
(Escuela) Maestros	<b>241</b>
(Maestro) Alumnos	<b>3 001</b>

Fuente: IGECM. Dirección de Estadística. Elaborado con base en información proporcionada por las unidades productoras de información de los ámbitos federal y estatal, en Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015

**TABLA 19 Servicios culturales**

TIPOLOGÍA	NÚMERO DE ESPACIOS	NOMBRES	DEMANDA DE ATENCIÓN
Bibliotecas públicas	5	"Manuel Gómez Morín" "El despertar del pueblo" "Dr. Jorge Jiménez Cantú" "Profesor. Carlos Hank"	45 230
Casa de cultura	1	"Profr. J. Jesús Gómez Nava"	38 726
Museos	2	"Centro Ceremonial Mazahua"	9 747
Cine y teatro	1		40 250
Auditorios	1		56 207

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015

ESPACIOS	NOMBRE	UBICACION
Centro deportivo	"Guadalupe Sánchez"	Cabecera Municipal
Juegos infantiles	"Jardín de la Amistad y Plaza del Bicentenario"	Cabecera Municipal
Jardín vecinal	"Jardín Concha Acústica y Plaza Posadas y Garduño"	Cabecera Municipal
Plaza Cívica	"Sor Juana Inés de la Cruz"	Cabecera Municipal
Áreas de Feria y Exposiciones	Plazoleta Municipal Posadas y Garduño	Cabecera Municipal
Sala de Cine	J. Luz Gómez Rodríguez Municipal	Cabecera Municipal

CONCEPTO	AÑO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
<b>SERVICIOS</b>	<b>2010</b>		
Unidades de comercio y abasto		<b>22</b>	
Mercados públicos		<b>2</b>	(Mercado)
Mercados privados		<b>2</b>	
Tianguis		<b>2</b>	(Tianguis)

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015.

**TABLA 20 Servicios para menores, jóvenes y de rehabilitación**

Tipología	Nombre	Equipamiento	Localización	Cobertura de atención
Casa hogar para menores	DIF municipal	-	-	-
Centro de asistencia de desarrollo infantil (guardería)	DIF municipal	7 cuneros, 5 colchonetas y un comedor	Av. Morelos, Cabecera Municipal	51 niños
Centro de rehabilitación	DIF municipal	Área de electroterapia, mecanoterapia e hidroterapia	Av. Morelos, Cabecera Municipal	577 niños

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015

El transporte de San Felipe del Progreso cuenta con una red intramunicipal conformada por 504 vehículos destinados al servicio público, de los cuales 492 son taxis y 12 microbuses para el transporte de pasajeros. Estos microbuses se dividen en 5 rutas que recorren buena parte del territorio y asimismo, los taxis se agrupan en 9 uniones de taxistas ubicadas en puntos estratégicos del municipio.

Por otro lado, se tienen registrados al interior del municipio, 186 kilómetros de caminos, de los cuales 34 km son carreteras alimentadoras estatales pavimentadas; también podemos mencionar que el libramiento San Felipe del Progreso–Atzacmulco permite ir y venir mucho más rápido facilitando la entrada y salida de vehículos en el municipio, así como la reciente reconstrucción de la Carretera Ixtlahuaca - San Felipe del Progreso.

Para prestar el servicio de recolección de residuos sólidos el municipio cuenta con 4 camiones recolectores, que se encuentran en regulares condiciones de funcionamiento; Diariamente se atienden de 6 a 7 comunidades del municipio, con lo cual se atiende un total de 108 comunidades, asimismo se cuenta con un camión de volteo y una camioneta para brigadas de limpia; la actual administración ha implementado semanalmente jornadas de limpieza que atienden en un inicio a la cabecera municipal y su periferia y que se programaran para llevarse a cabo en las comunidades.

#### **4.5. Reserva Territorial**

A través de un análisis topográfico se puede concluir que el 20 % del territorio municipal presenta pendientes superiores a 15%, consideradas no aptas para el desarrollo urbano. Se ubican principalmente en el perímetro norte, así como en el extremo suroriente. El 50% tienen pendientes entre 5 y 10%, las cuales presentan ciertas limitaciones al desarrollo urbano; estos terrenos se ubican en las zonas aledañas o partes bajas de las zonas con mayor pendiente. Finalmente el restante 25 % tiene pendientes que oscilan alrededor del 5%, consideradas aptas para el desarrollo urbano. Se concentran en el área de La Ciénega y el valle de San Felipe.

Muchas de las localidades del municipio (o sus zonas de crecimiento) se localizan en terrenos que presentan pendientes que superan el 10%, llegando hasta el 30% en casos extremos, lo que representa un riesgo latente por deslaves o escurrimientos, sin embargo la baja densidad y la dispersión característica de estas comunidades reduce el impacto de eventos de este tipo, sin dejar de ser considerado un aspecto importante en la definición de áreas aptas para el crecimiento urbano en el futuro.

El municipio tiene considerada como áreas urbanizables aquellas definidas por el *Plan Municipal de Desarrollo Urbano*, que son las que presentan pendientes menores al 15%, que no sean inundables, de preservación ecológica o de alta productividad agrícola. Con base en las proyecciones de población del Consejo Nacional de Población (Conapo), para el año 2030 el incremento será de 58,142 habitantes más que en el 2010. Considerando la densidad promedio de 328.28 habitantes por kilómetro cuadrado, se requerirá para ese año una superficie adicional de 177 km<sup>2</sup>.





## CAPÍTULO V

## **CAPÍTULO V. IDENTIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD, PELIGROS Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL**

### **Peligro, vulnerabilidad y riesgo ante fenómenos de origen geológico.**

El presente apartado contiene información bibliográfica y de campo que da forma y esencia a este documento, incluye el análisis de registros de cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural, identificando las zonas de peligro o amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

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, que 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 tiempo, de un lugar a otro y de una cultura a otra. Es fundamental tenerla en cuenta para la gestión del riesgo.

Para su análisis, fue dividido en erupciones volcánicas, sismos, tsunamis o maremotos, inestabilidad de laderas, flujos, caídos o derrumbes, hundimientos, subsidencia y agrietamientos. En el Municipio de San Felipe, Estado de México se identificaron los sismos, inestabilidad de laderas, flujos, caídos o derrumbes, hundimiento, subsidencia y agrietamientos como fenómenos perturbadores causantes de peligro.

Para la elaboración del presente Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México 2014, 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”* de SEDESOL.

El presente capítulo está conformado por tres elementos sustantivos:

- a) La 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 un recorrido, encuestas y levantamiento.
- b) Indicadores de vulnerabilidad (grupo de evidencias físicas o documentales que se relacionan con la ocurrencia de los procesos naturales que se relacionan 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), en la que se determinan las Zonas de Riesgo ante los diferentes tipos de fenómenos perturbadores.

En el desarrollo de cada fenómeno geológico perturbador se incluyó la metodología, la memoria de cálculo, resultado, mapa y ficha técnica.

## **VULNERABILIDAD**

Para los fines de este Atlas de Riesgos, entenderemos la vulnerabilidad como la posibilidad o susceptibilidad de afectación social 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).

En consecuencia, la ausencia o presencia de vulnerabilidad sintetiza el desarrollo alcanzado por un país, un municipio o una ciudad. Para el presente Atlas se tomaron en cuenta tres factores para determinar la vulnerabilidad total:

1. Vulnerabilidad social
2. Vulnerabilidad física
3. Percepción del riesgo

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 San Felipe del Progreso se centra en los aspectos físicos y sociales ante fenómenos geológicos e 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, el 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. Asimismo, 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.

Las variables consideradas a nivel manzana son, población total, población de 65 años o más, población con algún tipo de discapacidad, hacinamiento y percepción del peligro.

Se estimó el promedio ponderando 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:

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = 0.4 * \text{Densidad de Población} +$$

$$0.25 * \text{Densidad de Población de 65 y más} + 0.25 * \text{Densidad de población con discapacidad} + 0.09 * \text{Densidad de Población en Hacinamiento} + 0.01 * \text{Percepción del peligro}$$

Finalmente, se clasificó de acuerdo a las bases y se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

### 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

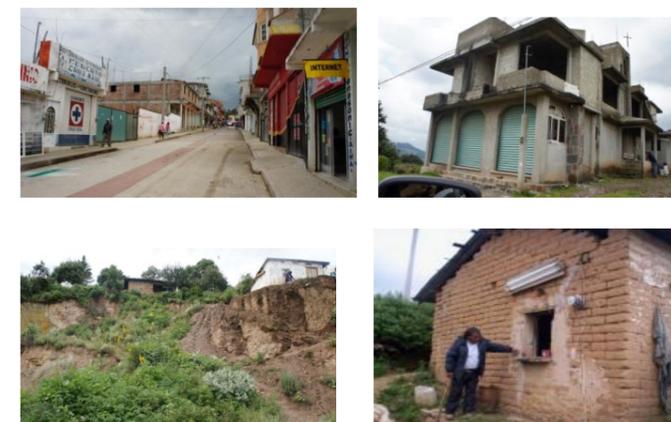


Foto 1. Tipos de viviendas en San Felipe del Progreso

También se considera 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:

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 hidrometeorológicos .
- $PM$  = nivel de peligro máximo por fenómenos geológicos o hidrometeorológicos.

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.

### 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 prevaleciente 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 San Felipe del Progreso 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;

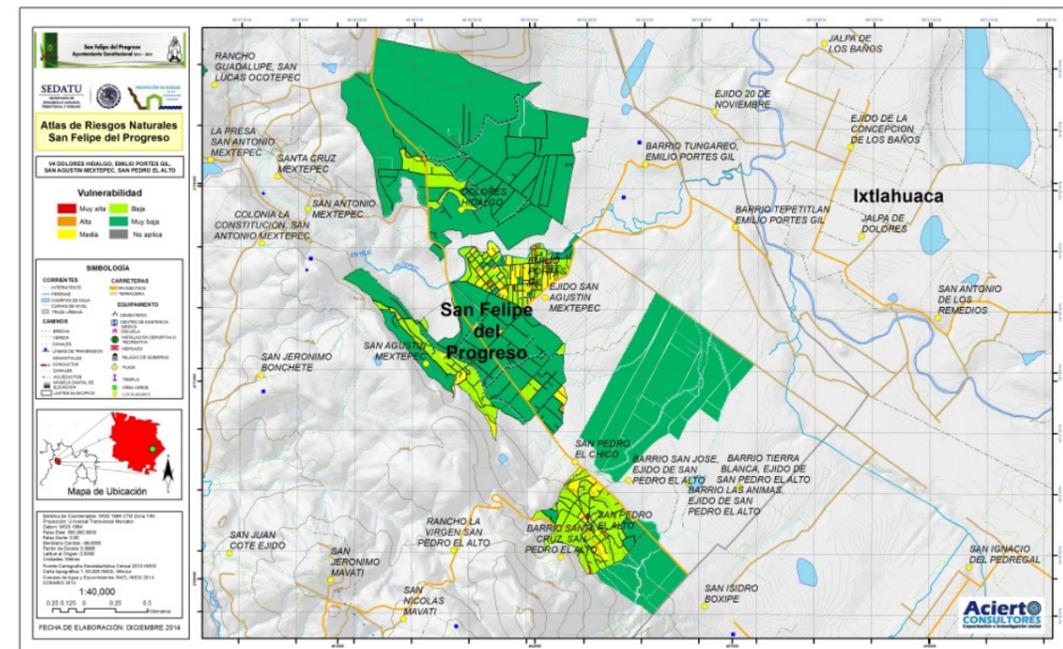
- Medio de 0.4 a 0.6;
- Alto de 0.6 a 0.8
- Muy Alto  $\geq 1$ .

### Vulnerabilidad Total

Finalizando el cálculo del índice por medio de componentes principales planteados para las localidades del municipio de San Felipe del Progreso, se clasificó la información en cinco estratos de la forma más homogénea posible.

La información tiene un carácter ordinal, es decir, sabemos 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 como se aprecia en el siguiente mapa.

MAPA 22 Vulnerabilidad



Encontramos que a través de los años, en la zona donde se ubica el municipio de San Felipe del Progreso, 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).

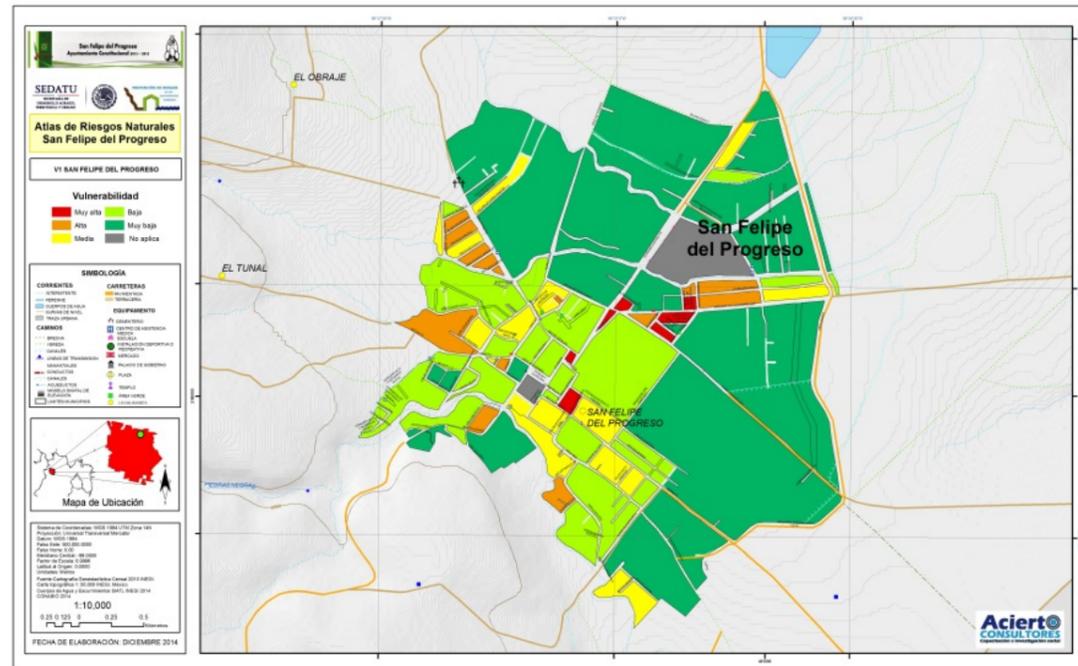
En el municipio se tiene una capacidad diferenciada de acceso a los recursos y servicios; en general, las condiciones en que viven las personas al no tener acceso inmediato a estos contribuyen a una situación de vulnerabilidad, lo que hace necesaria la implementación de ciertos mecanismos de ayuda, que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

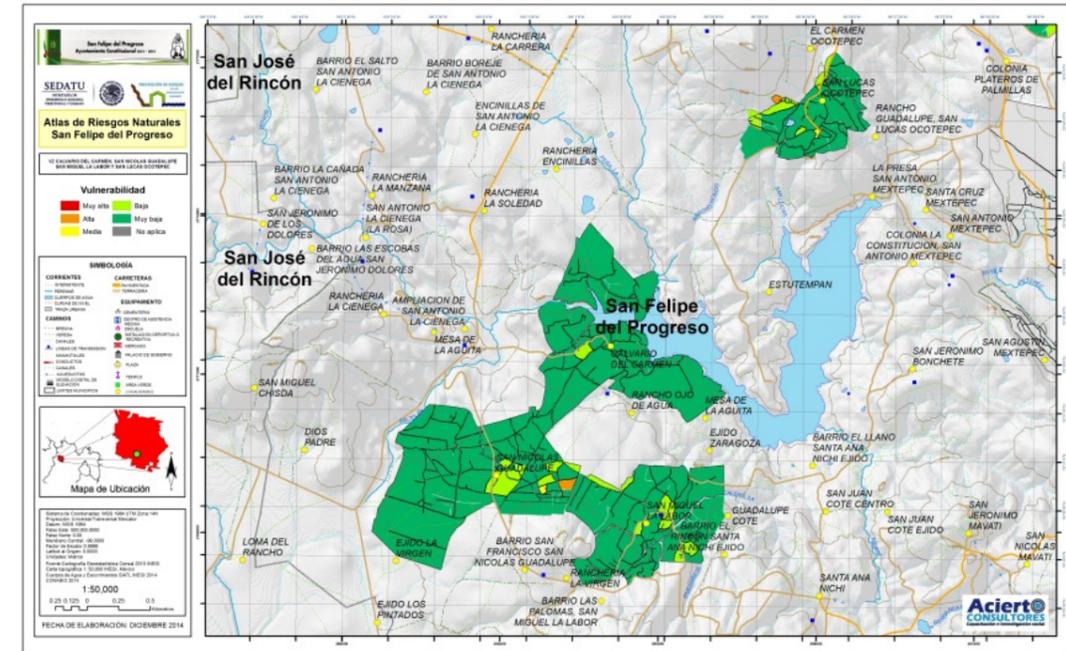
El planteamiento complementario de esa declaración constituye un objetivo para las políticas de gestión del riesgo y prevención de desastres: abatir el rezago y la marginación sociales.

A continuación se muestran los mapas de vulnerabilidad total del municipio de San Felipe del Progreso con detalle de sus localidades urbanas.

**MAPA 23 Vulnerabilidad total localidad San Felipe del Progreso**



**MAPA 24 Vulnerabilidad total de las localidades Calvario del Carmen, San Nicolás Guadalupe, San Miguel la Labor y San Lucas Ocoatepec**



## 5.1 FENÓMENOS GEOLÓGICOS

### 5.1.1. Vulcanismo o erupciones volcánicas

#### **Peligro**

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 de la corteza como las fracturas y grietas que permite 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 comprendido 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:

- I. Erupciones explosivas: se originan por la rápida disolución y expansión del gas desprendido por las rocas fundidas al aproximarse éstas a la superficie terrestre. Las explosiones imponen una amenaza al desparramar bloques y fragmentos de rocas y lava, a distancias variantes del origen.
- II. Erupciones efusivas: la mayor amenaza impuesta por éstas es el flujo 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 la ubicación de cuerpos volcánicos a menos de 100 km de la localidad de estudio, en específico fueron desarrollados los activos, considerando la información proporcionada de volcanes activos por el CENAPRED. Se analizó

el cuerpo volcánico más cercano por su posible área de influencia por cenizas y flujo de materiales.

#### **Resultado**

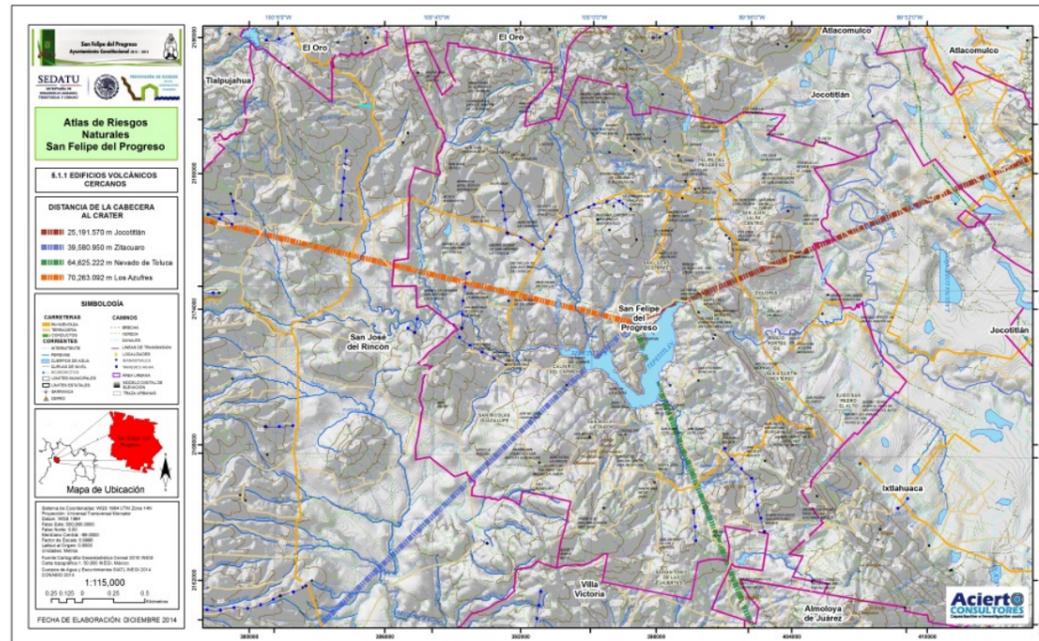
A partir del análisis de distancia del municipio a los edificios volcánicos con mayor potencial de afectación, se determinó que de acuerdo a su nivel de cercanía (menores a 100 km), los volcanes que tienen mayor incidencia sobre San Felipe son cuatro. El primero y más cercano es el de Jocotitlán a 25.19 km seguido por el Zitácuaro a 39.58 km, el Nevado de Toluca a 64.63 km y el más alejado es los Azufres a 70.26 km (Ver mapa siguiente). Sin embargo, para este Municipio no se tiene un registro de fenómenos de este tipo a lo largo de su historia. En la tabla siguiente se describen las principales características de los cuatro aparatos volcánicos.

**TABLA 21 Descripción de aparatos volcánicos cercanos al municipio.**

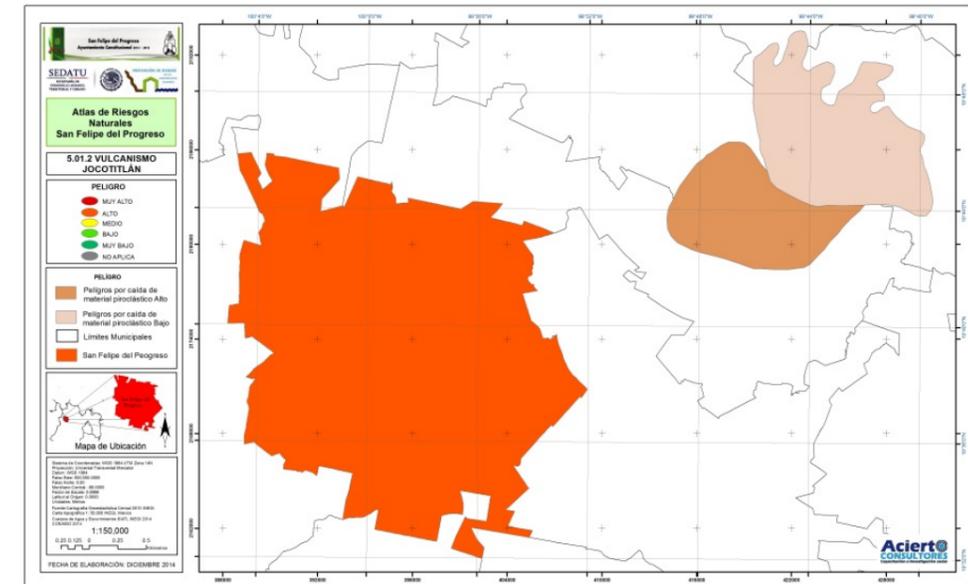
CATEGORIA	NOMBRE	ÍNDICE DE XPLOSIVIDAD	ELEVACION	TIPO	ACTIVIDAD
4	Los Azufres	Sin dato	3400	Caldera	Pleistoceno
4	Zitacuaro	Sin dato	3500	Caldera	Pleistoceno
2	Jocotitlan	3	3900	Estratovolcán	Pleistoceno-Holoceno
3	Nevado de Toluca	4	4680	Estratovolcán	Pleistoceno-Holoceno

NOMBRE	ESTADO LOCALIZACION	TIPO DE ERUPCIÓN	PRODUCTO	COMPOSICIÓN
Los Azufres	Michoacán		Flujos de lava	Dacítica-riolítica
Zitacuaro	Michoacán		Flujos de lava, flujos piroclásticos	Dacítica
Jocotitlan	Estado de México	Pliniana	Flujos de piroclastos, flujos de lava, lahares	Andesítica a dacítica
Nevado de Toluca	Estado de México	Explosiva	Flujos piroclásticos, lahares	Andesítica a dacítica

**MAPA 25 Ubicación de volcanes cercanos al municipio de San Felipe del Progreso.**

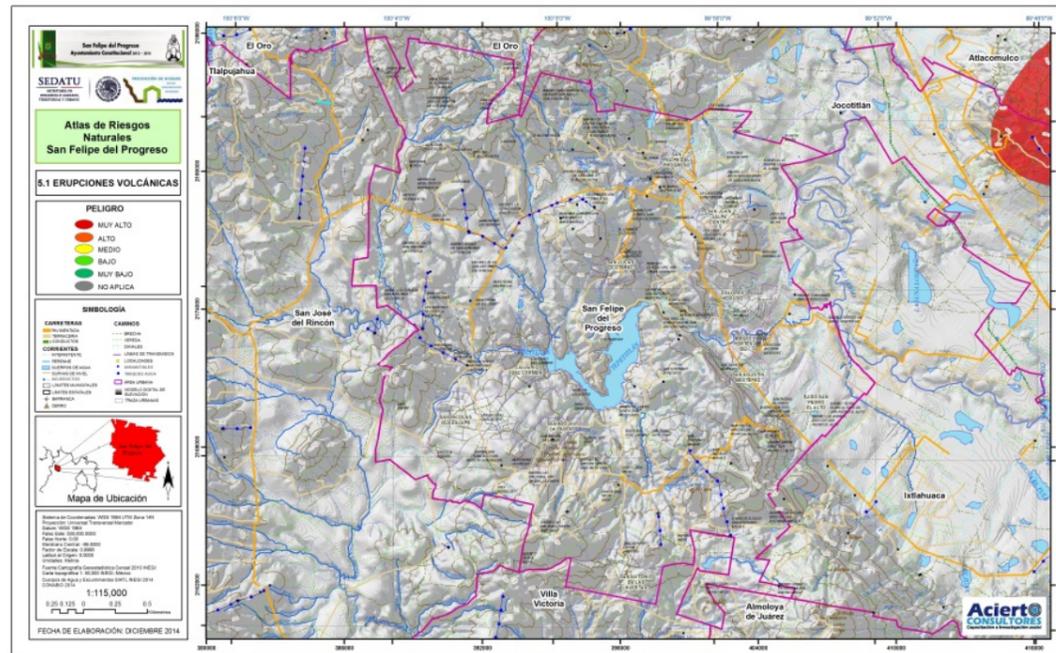


**MAPA 26 Peligro por flujo de materiales del volcán Jocotitlán al municipio de San Felipe.**

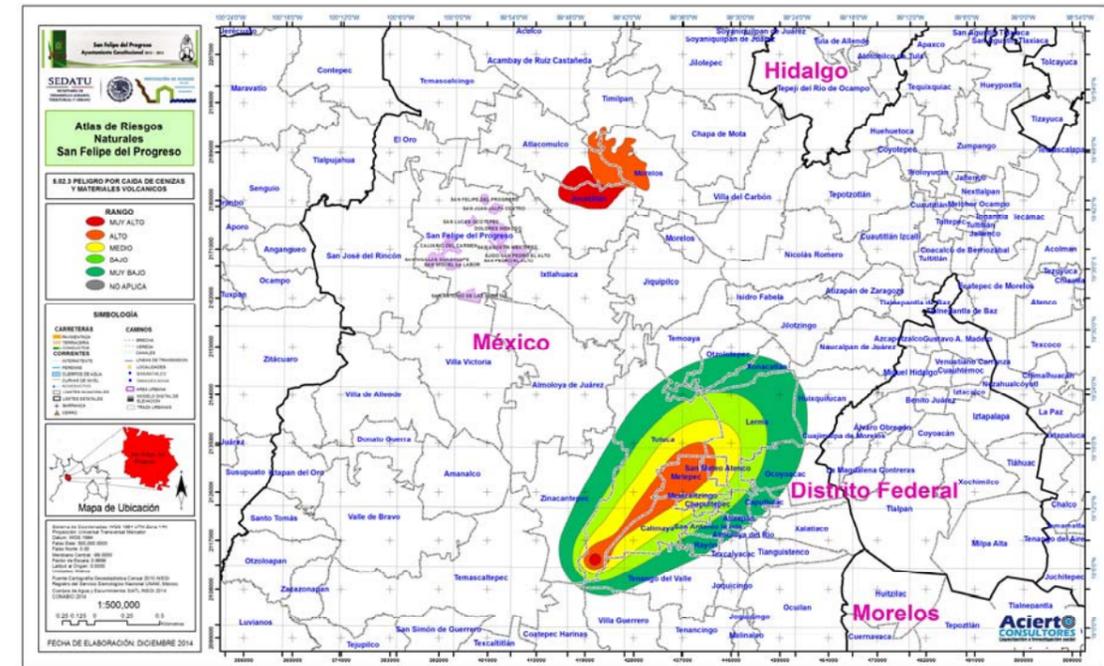


Como se mencionó anteriormente, por su cercanía (25.19 km) al municipio, el volcán Jocotitlán fue analizado de manera individual, considerando el área de influencia de los flujos de materiales (ver mapa de peligro por flujo de materiales del volcán Jocotitlán al municipio de San Felipe del Progreso) y caída de cenizas (la disponibilidad de información mediante reportes, artículos de investigación u otro medio que dé certeza a la posible caída de ceniza en el municipio). Dicho análisis arrojó que no existe peligro por los materiales y caída de cenizas que pudiera arrojar el volcán hacia el municipio de San Felipe del Progreso.

**MAPA 27 Peligro por caída de cenizas que presenta el volcán Jocotitlán al Municipio de San Felipe.**



**MAPA 28 Peligro por flujo de materiales del volcán Nevado de Toluca al municipio de San Felipe del Progreso**



El volcán Nevado de Toluca o Xinantécatl está localizado en las coordenadas 99° 45'W y 19° 09'N, representa la cuarta cima más alta del país con una elevación de 4,680 metros. Debido a la cercanía e importancia en la región se analizó la posible caída de ceniza sobre el municipio, el análisis consistió en recopilar información bibliográfica disponible de artículos de investigación los cuales nos permitieron generar la cartografía de la probable dispersión de la ceniza volcánica, de este modo podemos concluir que no existe peligro para la población.

### 5.1.2. 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.

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.

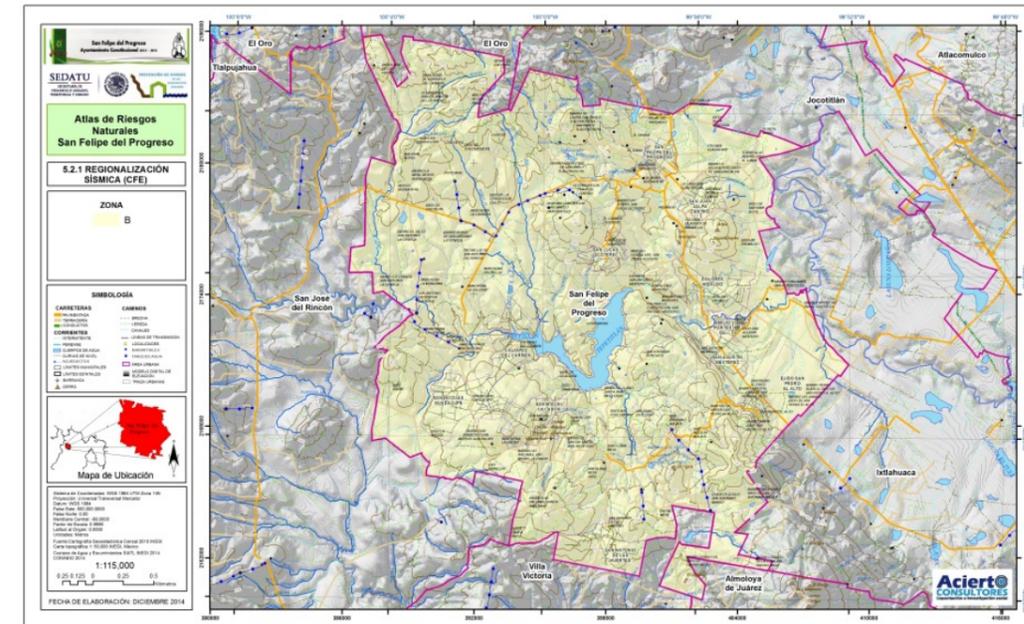
#### Metodología

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 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.

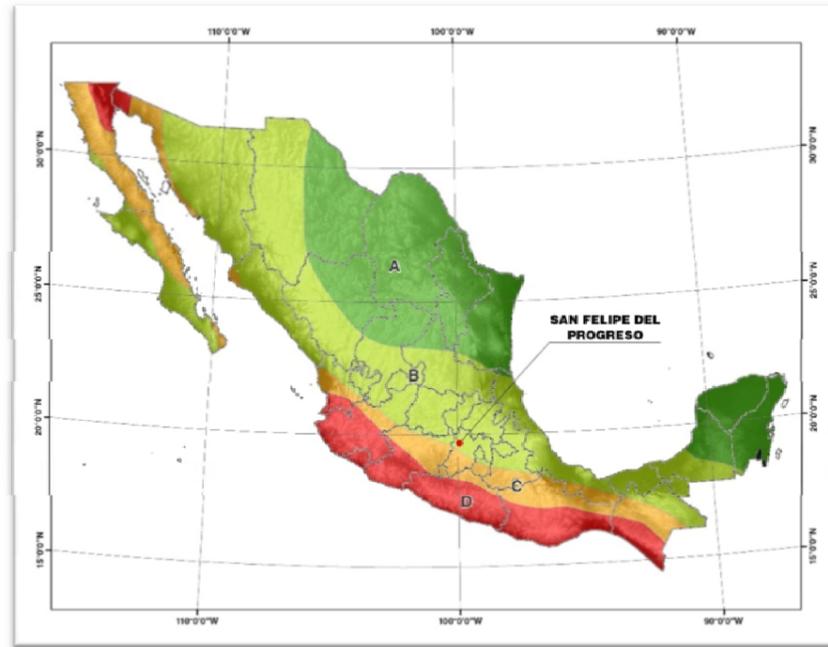
#### Resultado

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 A es la de menor intensidad sísmica y la D es aquella donde se registra la mayor intensidad sísmica (Ver la figura correspondiente a continuación del mapa de Regionalización). Con base en dicha información tenemos que el municipio de San Felipe del Progreso se ubica dentro de la zona B en la que la sismicidad es intermedia y las aceleraciones esperadas no son superiores a 0.7g. (CENAPRED).

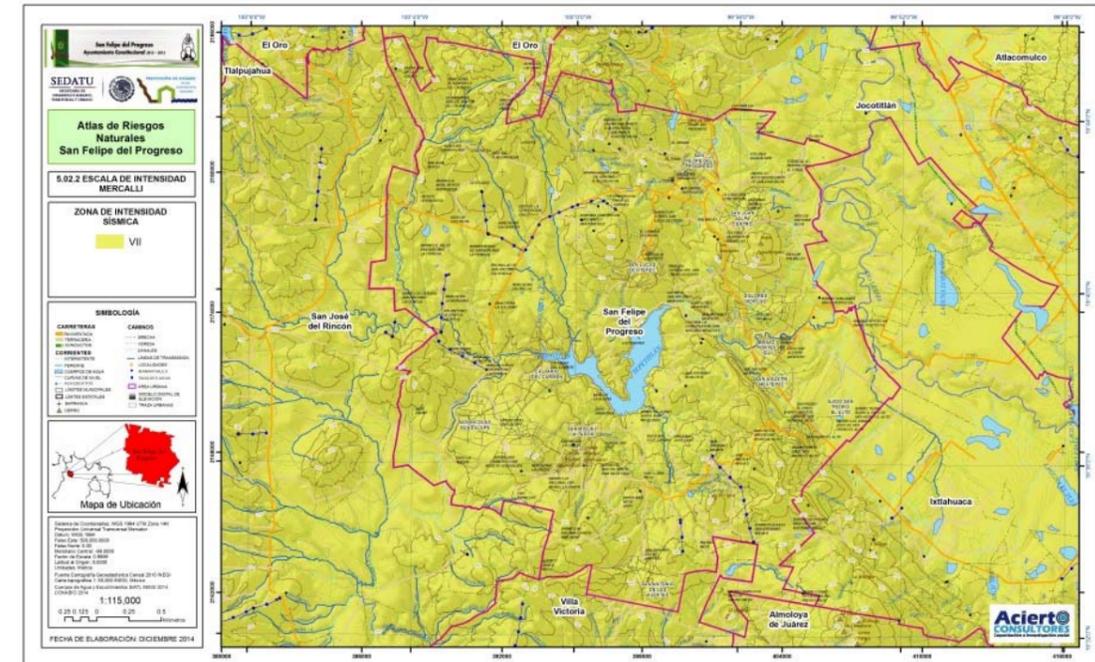
MAPA 29 Regionalización Sísmica CFE



**FIGURA 2** Ubicación del municipio en el contexto nacional para la Regionalización Sísmica de CFE



**MAPA 30** Intensidad en Mercalli

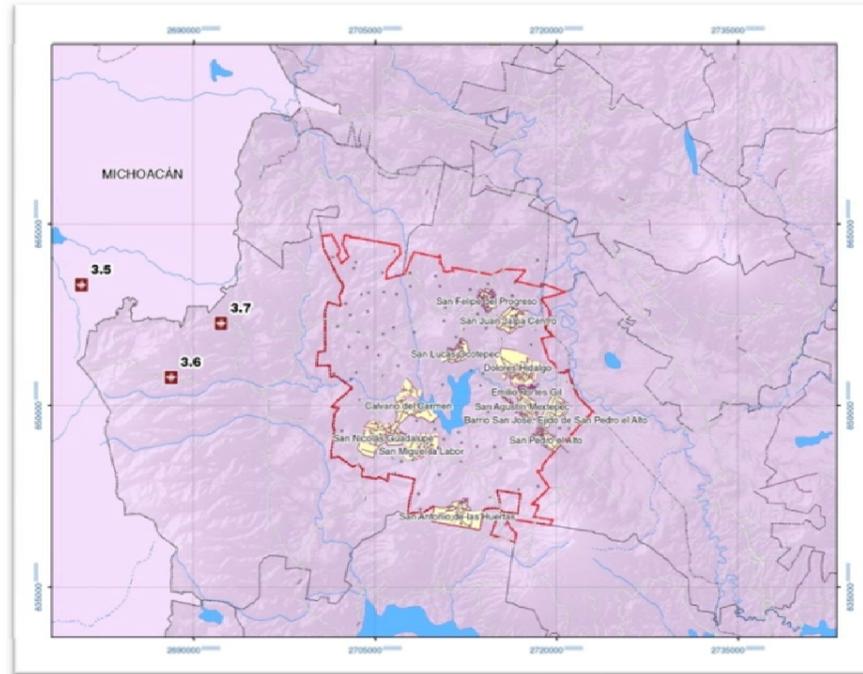


La escala de Intensidad Mercalli se refiere a la intensidad o fuerza con la que se siente un terremoto en un punto de la superficie de la Tierra; es una medida indirecta y subjetiva basada en los efectos que ocasiona en las construcciones y en las personas. Depende de la magnitud, la distancia al epicentro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

El municipio de San Felipe se localiza en la zona VIII de la escala Mercalli como se muestra en el mapa que aparece a continuación, donde pueden considerarse daños leves en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos, o daños considerables en edificaciones comunes bien construidos que pueden llegar hasta colapso parcial, o daños grandes en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Pueden suceder caídas de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Los muebles pesados pueden ser volcados. Hay expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles (Bolt, 1978).

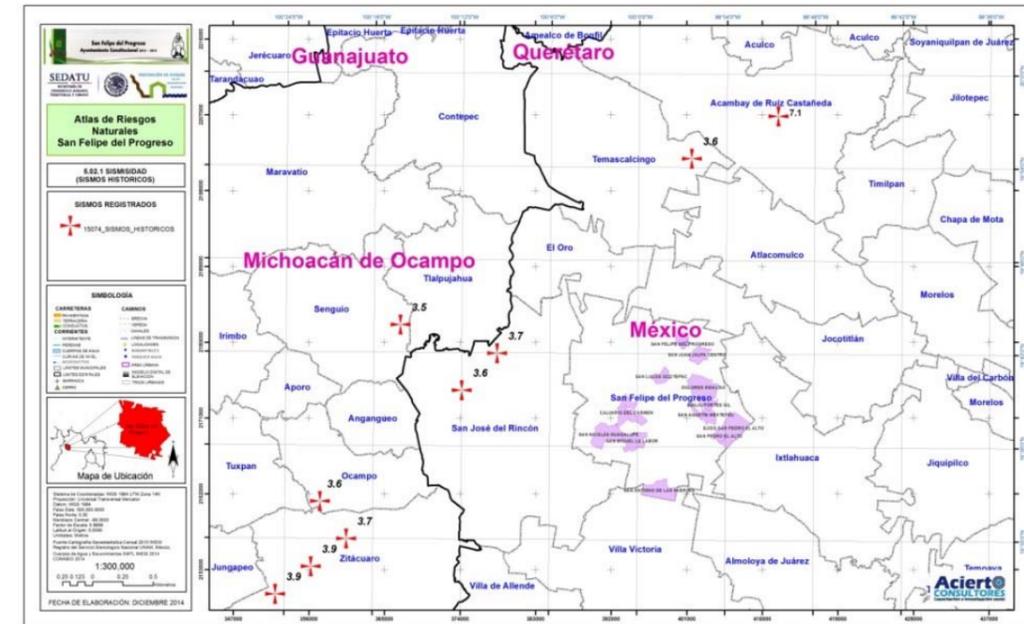
En la figura siguiente se muestran los sismos con epicentros registrados por el Servicio Sismológico Nacional en zonas aledañas al municipio de San Felipe del Progreso, es importante resaltar que se tienen 123 registros de epicentros de sismos registrados a una distancia máxima de 175 km al municipio, pero de los cuales ninguno está dentro de los límites del municipio, y no existe reporte de afectación, en la tabla siguiente se muestran los epicentros registrados por el Servicio Sismológico Nacional a menos de 80 km del municipio y el histórico de mayor magnitud ubicado en el municipio.

FIGURA 3 Mapa de sismos registrados con epicentros cercanos al municipio de San Felipe.



Fecha	Latitud	Longitud	Prof_km	Mag
19/11/1912	19.955	-99.8417	S/d	7.1
06/02/2008	19.7	-100.16	16	3.7
11/07/2010	19.91	-99.94	16	3.6
17/04/2012	19.39	-99.28	7	2.4
20/07/2007	19.47	-100.37	6	3.9
01/03/2008	19.44	-100.41	19	3.9
28/05/2008	19.5	-100.33	5	3.7
20/07/2008	19.54	-100.36	58	3.6
04/02/2009	19.66	-100.2	4	3.6
03/05/2009	19.31	-100.32	4	3.5
07/02/2013	20.07	-100.52	6	3.8
15/03/2013	20.08	-100.3	10	3.7
01/02/2014	19.4	-100.4	27	3.8
19/02/2014	19.73	-100.27	28	3.5

MAPA 31 Sismicidad en el municipio de San Felipe del Progreso



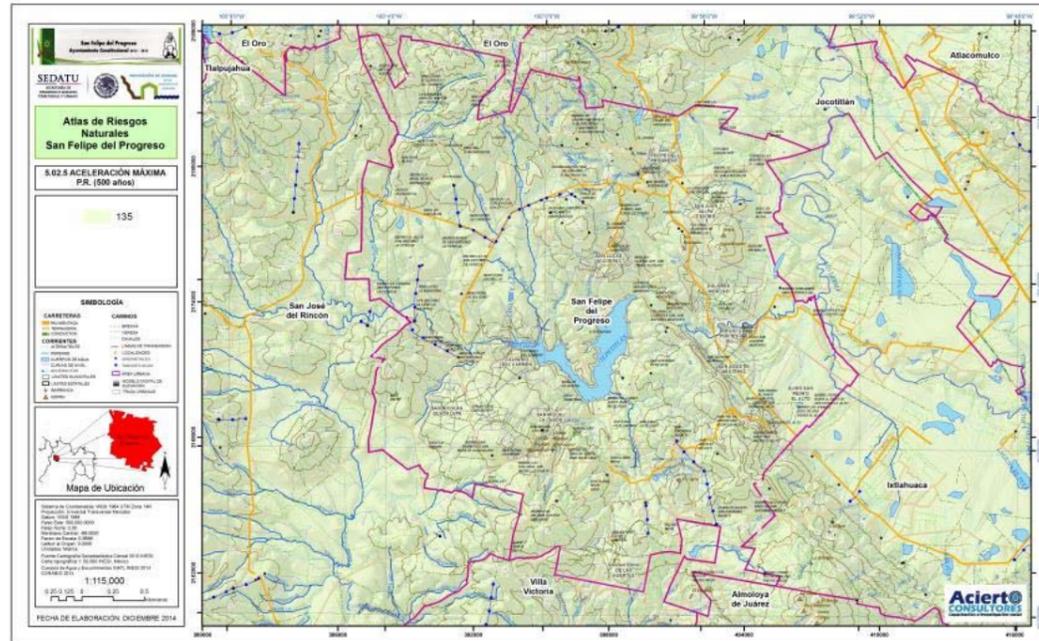
Los periodos de retorno son una manera cuantitativa de representar un peligro por grandes sismos, es el cálculo de aceleraciones máximas posibles del terreno. Para el caso de México, se ha observado que aquellas aceleraciones que rebasan el 15% del valor de la aceleración de la gravedad (g), producen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

Debido a que no existe un solo registro sísmico 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 San Felipe del Progreso, los rangos para la aceleración máxima en un periodo de retorno de 10 años es de  $11\text{cm/s}^2$ , para el periodo de 100 años es  $27\text{cm/s}^2$ , y para el periodo de retorno de 500 años el municipio queda dividido en dos, la parte noroeste tiene un valor de  $135\text{cm/s}^2$ . Los mapas resultantes se muestran a continuación.



**MAPA 34 Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años**

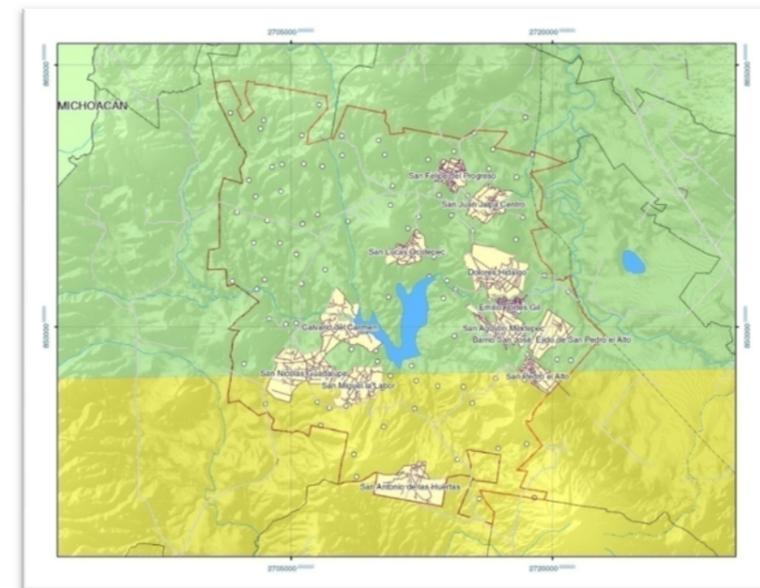


El mapa de aceleraciones de gravedad mayores al 15%, es una manera cuantitativa de representar los peligros, donde se considera que se produce el fenómeno en años, dicho análisis nos arrojó que el municipio está dividido en dos partes, un intervalo de 500 a 1,000 y de 1,000 a 1,500 años para San Felipe del Progreso (Ver mapa de peligro al fenómeno sísmico), en la tabla siguiente se enlistan las poblaciones que se ubican en los periodos de retorno del municipio.

**TABLA 22 Localidades rurales y urbanas de periodo de retorno sísmico del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México.**

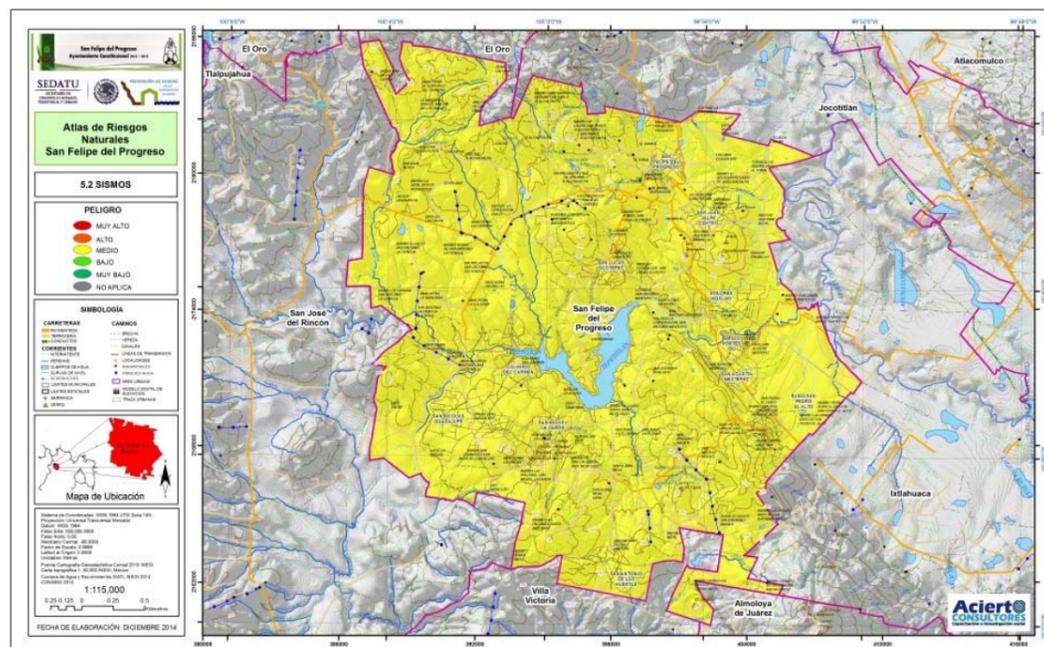
PERIODO RETORNO SÍSMICO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
500 A 1000		San Antonio de las Huertas San Miguel la Labor San Nicolás Guadalupe San Pedro el Alto
1,000 A 1,500 AÑOS	San Felipe del Progreso	Calvario del Carmen Dolores Hidalgo Emilio Portes Gil San Agustín Mextepec San Juan Jalpa Centro San Lucas Ocoatepec San Pedro el Alto (solo una parte se encuentra en esta categoría) Barrio San José, Ejido de San Pedro el Alto

**FIGURA 4 Periodos de retorno para aceleraciones mayores al 15% del valor de la aceleración de la gravedad**



De acuerdo con el resultado del análisis de peligro, la información bibliográfica existente y la visita a campo, se ubica al municipio de San Felipe del Progreso en el polígono de peligro medio para el fenómeno de sismos o terremotos. Ver mapa siguiente.

**MAPA 35 Peligro al fenómeno sísmico en el municipio de San Felipe del Progreso**



### 5.1.3. Tsunamis o maremotos

#### **Peligro**

Los tsunamis se definen como una ola de gran tamaño o subida repentina del mar en las costas. Se producen 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.

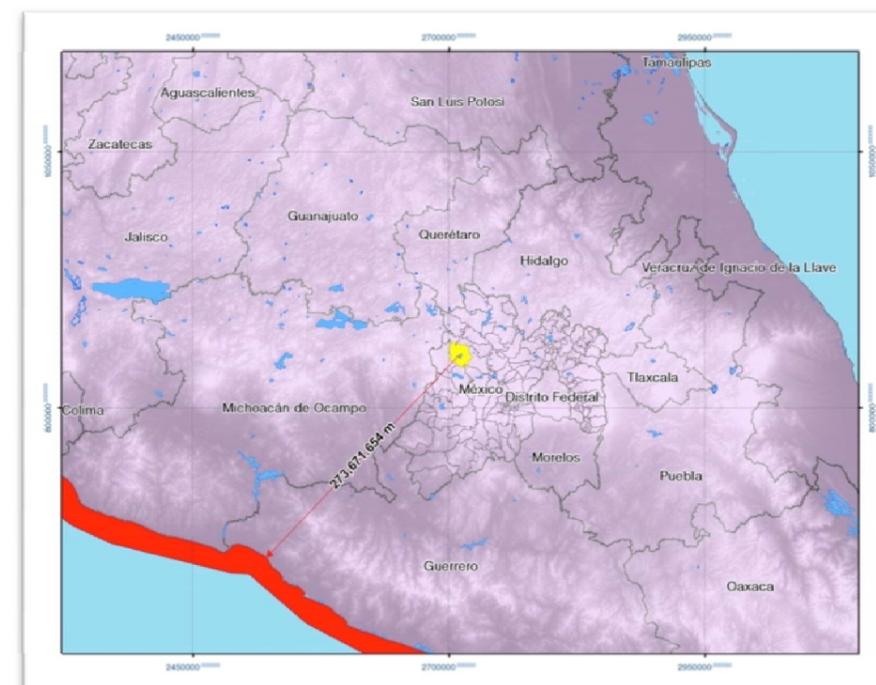
#### **Metodología**

El criterio utilizado para la elaboración del apartado fue 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.

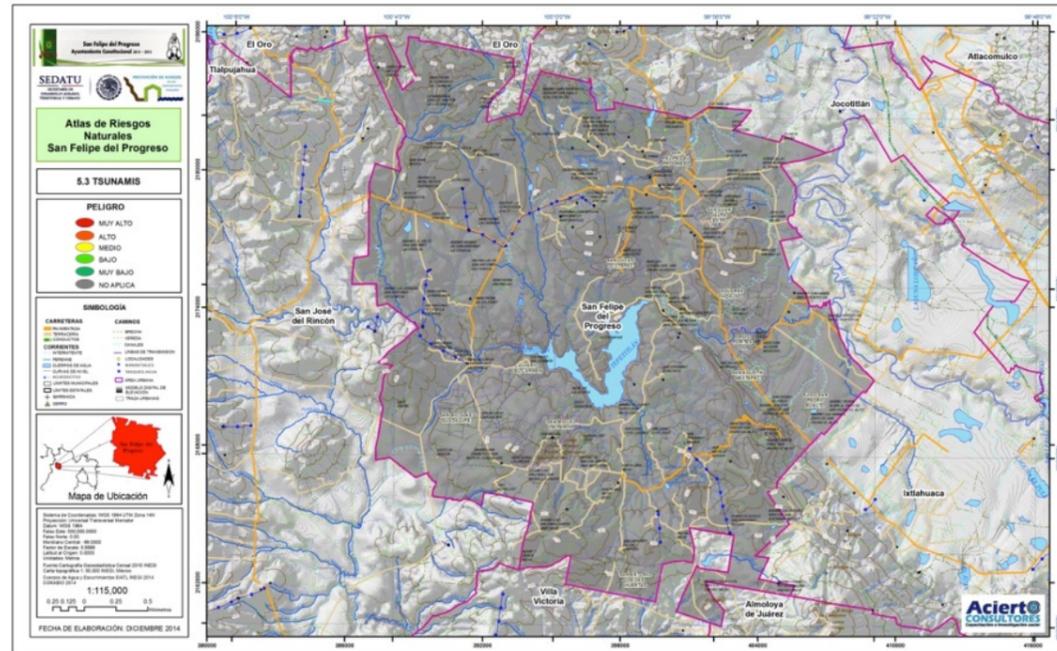
#### **Resultado**

San Felipe del Progreso se ubica a 273.67 km de la línea de costa más cercana, a una altitud promedio de 2,900 msnm, por lo que debido a esta ubicación no se encuentra sujeta a peligro por el fenómeno de tsunamis o maremotos. (Ver figura y mapa siguiente).

**FIGURA 5 Ubicación del municipio San Felipe del Progreso a la zona de tsunamis más cercana**



**MAPA 36 Peligro por el fenómeno de tsunamis o maremotos en el municipio de San Felipe del progreso**



**5.1.4. Inestabilidad de laderas**

Susceptibilidad a los movimientos de masa

Para el desarrollo del apartado se utilizaron datos edafología, litología, uso de suelo, escurrimientos, tipo de relieve, pendiente y precipitación, la memoria de cálculo se presenta a continuación:

**TABLA 23 Valoración y características del factor edafológico**

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Planosol</b>	Suelos por lo general desarrollados en partes planos o depresiones, mal drenados	<b>1</b>	Muy Bajo
<b>Vertisol</b>	Suelos denominados de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina, con propiedades expansivas. Formados comúnmente en zonas planas y de pendiente suave.	<b>1</b>	
<b>Feozem</b>	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociada a zona planas	<b>2</b>	Bajo
<b>Litosol</b>	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	<b>3</b>	Moderado
<b>Luvisol</b>	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión y en pendientes fuertes aunque la mayoría están en pendientes suaves	<b>4</b>	Alto
<b>Andosol</b>	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajón o más fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	<b>5</b>	Muy Alto

**TABLA 24** Valoración y características del factor geológico/litológico

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Esquisto</b>	Roca metamorfica, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia al corte alta,	<b>1</b>	Muy bajo
<b>Ignea extrusiva acida</b>	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	<b>2</b>	Bajo
<b>Ignea extrusiva intermedia</b>	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	<b>3</b>	Moderado
<b>Ignea extrusiva basica</b>	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	<b>4</b>	Alto
<b>Vulcanoclasticos</b>	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	<b>5</b>	Muy alto

**TABLA 25** Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación

Entidad	Tipo	Categoría
<b>Bosque</b>	Bosque de Encino	<b>2</b>
	Bosque de Pino-Encino	
<b>Pastizal</b>	Pastizal Inducido	<b>3</b>
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola - pastizal</b>	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	<b>4</b>
	Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola</b>	Agricultura de Riego	<b>4</b>
	Agricultura de Riego Eventual	
<b>Área urbana</b>	Área urbana	<b>5</b>

**TABLA 26** Valoración y características del factor escurrimientos

Oden del curso de agua	Distancia considerada	Peso relativo
<b>1 ro</b>	50 m	<b>1</b>
<b>2 do</b>	100 m	<b>2</b>
<b>3 ro</b>	200 m	<b>3</b>
<b>4 to</b>	400 m	<b>4</b>
<b>5 to</b>	800 m	<b>5</b>
<b>6 to</b>	1200 m	<b>6</b>

**TABLA 27** Valoración de la pendiente

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
<b>Muy bajo</b>	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
<b>Bajo</b>	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
<b>Medio</b>	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.
<b>Alto</b>	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
<b>Muy alto</b>	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 28** Valoración y características del relieve relativo

Rango	Categoría
0 - 2,100 m	1
2,100 - 2,450 m	2
2,450 - 2,800 m	3
2,800 - 3,150 m	4
3,150 - 3,500 m	5

**TABLA 29** Valoración de 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

**TABLA 30** Valoración de fallas y fracturas

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

La ponderación fue de la siguiente manera:

	Uso de suelo	Pendiente	Relieve relativo	Escurrimiento	Rocas	Fallas y Fracturas
<b>Valor de ponderación</b>	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.128

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de Ponderación	0.70	0.3

La susceptibilidad, generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que puedan ocurrir las amenazas. El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van desde “muy alto” hasta “muy bajo”. El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir las amenazas de riesgo. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

Las cartas de INEGI, SEMARNAT y CENAPRED permitieron incluir todas las variables intrínsecas de riesgos geológicos y una desencadenante (precipitación) del municipio de San Felipe del Progreso que presentan algún tipo de riesgo.

**Tabla 5.14.** Criterios utilizados en mapa de susceptibilidad

Susceptibilidad	Criterio
<b>Muy Baja</b>	Zonas llanas de < 5 %, laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento.
<b>Baja</b>	Pendientes suaves (5 - 15 %), laderas con algunas fisura materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidades favorables, superficies que por la combinación de factores es poco probable que influyan negativamente en la estabilidad de laderas. No existen indicios que permitan predecir deslizamientos o derrumbes.
<b>Moderada</b>	Pendientes moderadas (15 - 30 %), laderas con algunas zonas de fallas, erosiones intensas o materiales parcialmente saturados, superficies que por la combinación de factores es menos probable que afecten negativamente la estabilidad, pero no existe completa seguridad de que no ocurra
<b>Alta</b>	Pendientes fuertes (30 - 50 %), laderas con zonas de fallas, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables. Áreas que por la combinación de factores influyen negativamente a la estabilidad del terreno donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
<b>Muy Alta</b>	Pendientes muy fuertes (50- 70 %), laderas con zonas cercanas a fallas y escarpes, suelos altamente meteorizados y saturados y discontinuidades desfavorables, áreas de terreno en las que por las condiciones existentes han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.

En la siguiente tabla se muestran las zonas susceptibles que incluyen todas las variables intrínsecas de riesgos geológicos y una desencadenante (precipitación) del municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México que presenta algún tipo de riesgo. Se muestran con número los poblados que presentan alguna susceptibilidad, dichos puntos se desglosan en la siguiente tabla.

**Tabla 5.15.** Poblados susceptibles de riesgo geológico, municipio de San Felipe del Progreso

No.	Poblado
1	Santa Cruz Metepec
2	San Antonio Metepec
3	San Nicolás Mavatí
4	San Juan Cote, Ejido
5	Agua Zarca Nichí
6	Barrio Boreje de San Antonio la Ciénega

**TABLA 31 Valoración y características del factor geológico/litológico**

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Esquisto</b>	Roca metamórfica, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia al corte alta,	<b>1</b>	Muy bajo
<b>Ignea extrusiva ácida</b>	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	<b>2</b>	Bajo
<b>Ignea extrusiva intermedia</b>	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	<b>3</b>	Moderado
<b>Ignea extrusiva básica</b>	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	<b>4</b>	Alto
<b>Vulcanoclasticos</b>	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	<b>5</b>	Muy alto

**TABLA 32 Valoración y características del Relieve relativo**

Rango	Categoría
<b>0 - 2,100 m</b>	<b>1</b>
<b>2,100 - 2,450 m</b>	<b>2</b>
<b>2,450 - 2,800 m</b>	<b>3</b>
<b>2,800 - 3,150 m</b>	<b>4</b>
<b>3,150 - 3,500 m</b>	<b>5</b>

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

**TABLA 33 Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación**

Entidad	Tipo	Categoría
---------	------	-----------

Entidad	Tipo	Categoría
<b>Bosque</b>	Bosque de Encino	<b>2</b>
	Bosque de Pino-Encino	
<b>Pastizal</b>	Pastizal Inducido	<b>3</b>
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola - pastizal</b>	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	<b>4</b>
	Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola</b>	Agricultura de Riego	<b>5</b>
	Agricultura de Riego Eventual	
<b>Área urbana</b>	Área urbana	<b>5</b>

**TABLA 34 Valoración de la Pendiente**

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
<b>Muy bajo</b>	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
<b>Bajo</b>	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
<b>Medio</b>	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.
<b>Alto</b>	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
<b>Muy alto</b>	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 35** Valoración de 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, pendiente y uso de suelo y vegetación) 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 de ponderaciones siguientes:

La ponderación fue de la siguiente manera:

	Uso de suelo	Pendiente	Relieve relativo	Escorrentamiento	Rocas	Fallas y Fracturas
<b>Valor de ponderación</b>	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.128

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de Ponderación	0.70	0.3

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

**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 inestabilidad, como se puede apreciar en la tabla y en el mapa siguientes donde se describen y localizan dichas zonas.

**TABLA 36** Localidades con afectaciones por inestabilidad de laderas en el municipio de San Felipe del Progreso

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
<b>Muy alto</b>		Barrio Zaragoza, Ejido de Fresno Nichi Barrio Cerro de la Luna del Fresno Nichi Agua Zarca Nichi Fresno Nichi Barrio las Palomas, Santa Ana Nichi Charcos Azules San Jerónimo Mavati Barrio las Presas, Ejido de San Jerónimo Mavati Santa Ana Nichi Ejido Tres Estrellas Santa Ana Nichi Ranchería la Virgen Barrio las Palomas, San Miguel la Labor Ejido la Virgen San Nicolás Mavati Barrio San Francisco San Nicolás Guadalupe Barrio el Rincón Santa Ana Nichi Ejido San Jerónimo Mavati San Juan Cote Ejido Barrio Santa Cruz, San Pedro el Alto Rancho la Virgen San Pedro el Alto Guadalupe Coté Dios Padre Rancho Ojo de Agua Mesa de la Agüita Ranchería la Ciénega San Antonio la Ciénega (La Rosa) Ranchería la Soledad Barrio la Cañada San Antonio la Ciénega Ranchería la Manzana Ejido de Palmillas Colonia Plateros de Palmillas Ejido de San Juan Jalpa Barrio las Torres, San Lucas Ocotepec Barrio la Mesa, Rioyos Buenavista Dotegiare Barrio Santa Cruz de San Pablo Tlalchichilpa San Juan Rioyos El Tunal San Juan Evangelista Choteje Chichilpa

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
		Ejido de Tlalchichilpa El Obraje Tlalchichilpa San Pablo Tlalchichilpa Barrio de la Era San Pablo Tlalchichilpa Barrio San Francisco Ejido de San Pablo Tlalchichilpa Rincón de los Pirules  La Manzana, Ejido el Rincón de los Pirules Ranchería el Consuelo (El Carmen) Santa Rita de la Cuesta Rosa del Calvario

MAPA 37 Mapa de peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas:

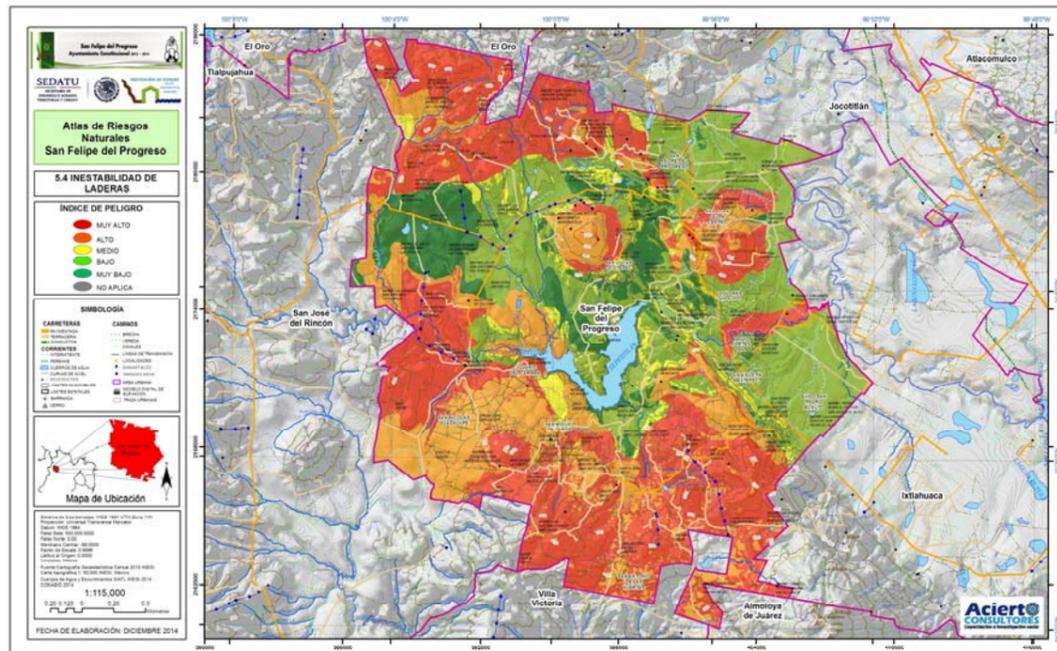
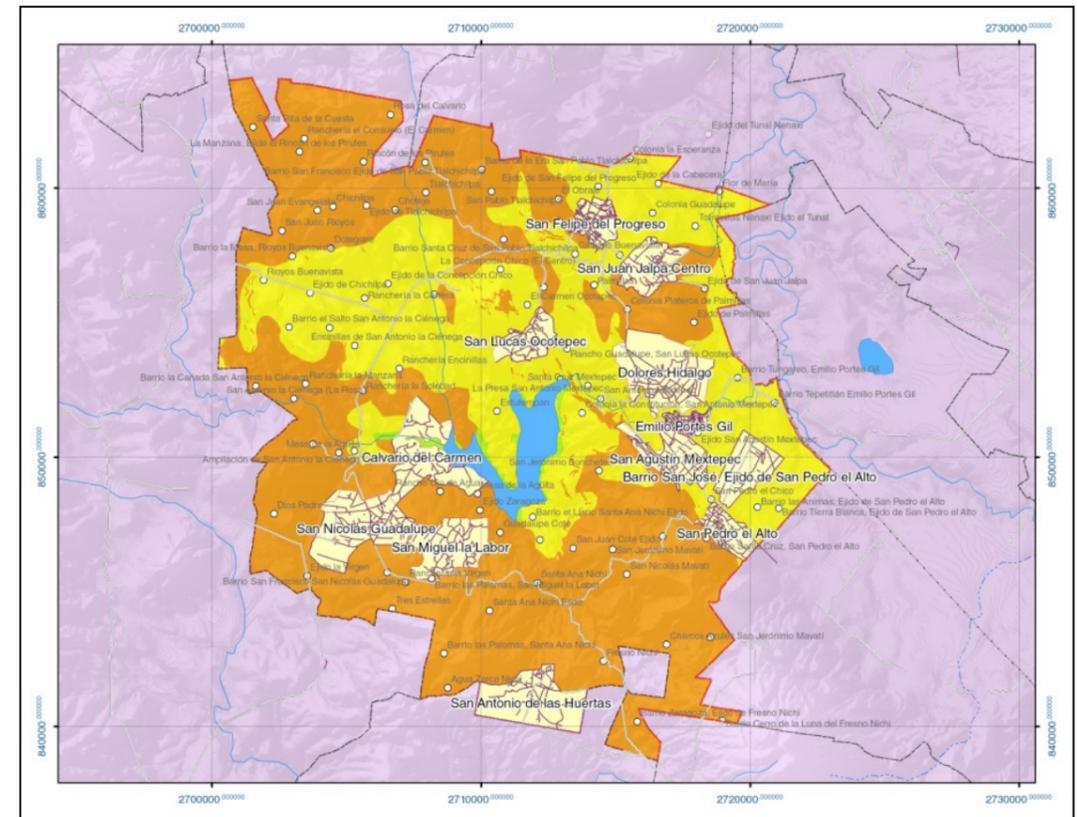
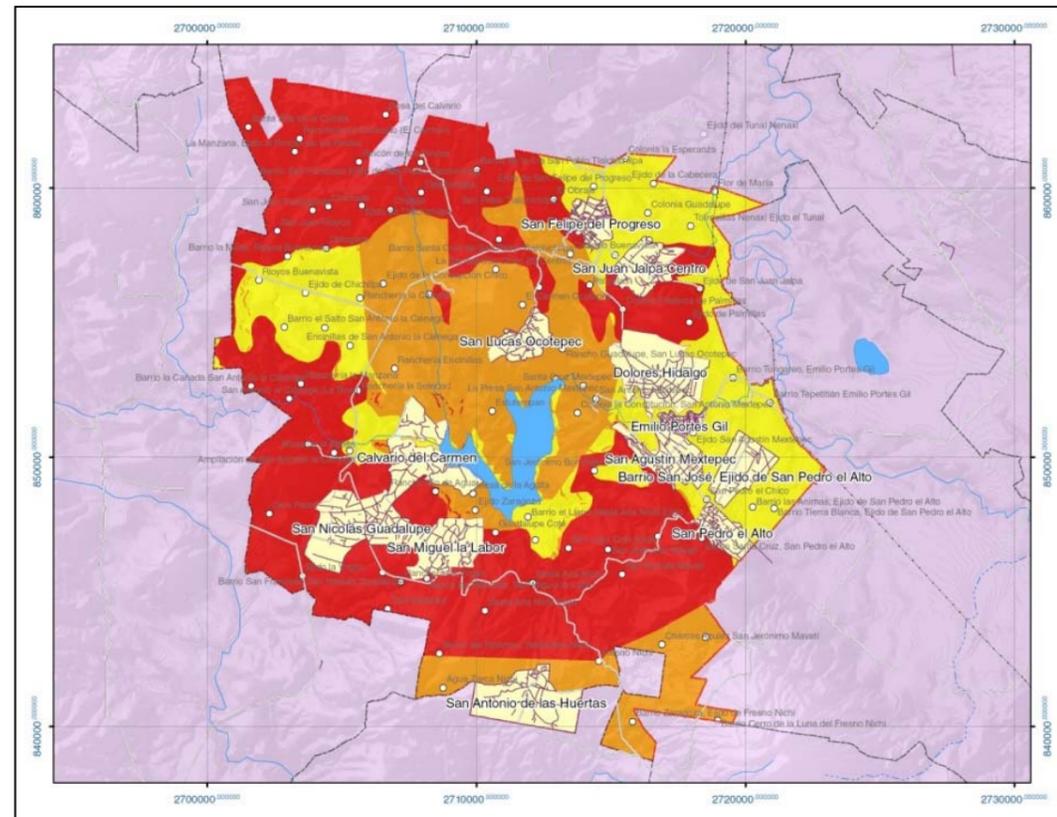


FIGURA 6 Peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas para un periodo de retorno de 10 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).



**FIGURA 7 Peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas para un periodo de retorno de 50 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).**



De acuerdo con la información existente y el recorrido en el municipio de San Felipe del Progreso, se localizaron, dos sitios o zonas de peligro sobre la carretera No. 16 a la altura del poblado San Pedro el Alto (Fotografías 5.1, 5.2).

**Fotografía 5.1. Zonas con deslizamientos, carretera No. 16 entrada al poblado San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso.**



**Fotografía 5.2. Zonas susceptibles a deslizamientos, carretera No. 16 entrada al poblado San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso**



### 5.1.5. Flujos

#### **Peligro**

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 periodos de lluvia, de este modo las áreas donde se registra mayor precipitación son las que presentan mayores problemas de inestabilidad.

El flujo de escombros consiste en un suelo o suelo-roca moviéndose como un flujo viscoso que se desplaza 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.

#### **Metodología**

Para el desarrollo del presente apartado se realizó un análisis multicriterio considerando los siguientes factores: edafología, geología, relieve relativo, uso actual de suelo, vegetación, pendiente, litología, cálculo de corrientes (a partir de MDE con resolución de 15 metros por celda) y precipitación media anual, a través de la información existente en la cartografía temática de INEGI y SEMARNAT.

Se realizó un análisis de escorrentías superficiales, ya que este fenómeno sigue la geomorfología del terreno pendiente abajo avanzando principalmente por las escorrentías. Empleando el método de Strahler se obtuvieron los órdenes de las corrientes, este método asigna un orden 1 a todas las corrientes sin afluentes y se les denomina de primer orden; La clasificación de las corrientes aumenta cuando los afluentes del mismo orden intersecan, por lo tanto, la intersección de dos corrientes de primer orden creará una corriente de segundo orden, la intersección de dos corrientes de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, la intersección de dos corrientes de distintos órdenes no aumentará el orden.

De este proceso se obtiene N números de corrientes, a los cuales se les asigno un área de influencia, misma que se incrementa de acuerdo al número de orden, considerando la cantidad de agua que se desplaza río abajo y que incrementa su caudal con cada intersección de los afluentes y por ende incrementa el peligro por la ocurrencia y velocidad con la que pueden depositarse los materiales.

La categorización y los resultados obtenidos de los análisis anteriores se describen a continuación.

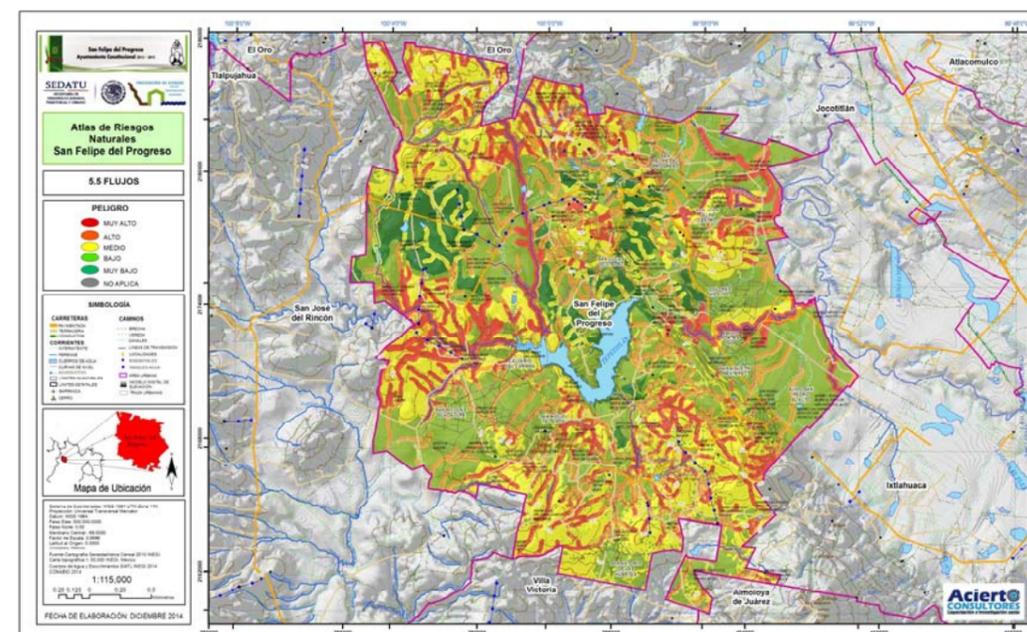
#### **Memoria de cálculo**

**TABLA 37 Valoración y características del factor edafológico**

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Planosol</b>	Suelos por lo general desarrollados en partes planas o depresiones, mal drenados	<b>1</b>	Muy Bajo
<b>Vertisol</b>	Suelos denominados de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina, con propiedades expansivas. Formados comúnmente en zonas planas y de pendiente suave.	<b>1</b>	

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Feozem</b>	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociada a zona planas	<b>2</b>	Bajo
<b>Litosol</b>	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	<b>3</b>	Moderado
<b>Luvisol</b>	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión y en pendientes fuertes aunque la mayoría están en pendientes suaves	<b>4</b>	Alto
<b>Andosol</b>	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajón o más fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	<b>5</b>	Muy Alto

Mapa 48 Índice de peligro por flujos



### **Peligro**

Generalmente las laderas son de materiales consolidados y cohesivos y están afectadas por planos de fisibilidad, que debilitan las rocas y favorecen su fragmentación así como deslizamiento del suelo; están compuestas por dos tipos de materiales: roca y suelos, cada uno con propiedades mecánicas diferentes por lo que evolucionan de distinta manera.

Los suelos son materiales no consolidados, de débil resistencia mecánica y de menor cohesión, tienen 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.

### **Metodología**

Para el desarrollo del presente apartado se utilizó un análisis multicriterio utilizando los siguientes factores: edafología, relieve relativo, uso de suelo y vegetación, pendiente y precipitación media anual, a través de 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 38 Valoración y características del factor edafológico**

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Planosol</b>	Suelos por lo general desarrollados en partes planos o depresiones, mal drenados	1	Muy Bajo
<b>Vertisol</b>	Suelos denominados de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina, con propiedades expansivas. Formados comúnmente en zonas planas y de pendiente suave.	1	
<b>Feozem</b>	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociada a zona planas	2	Bajo
<b>Litosol</b>	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	3	Moderado
<b>Luvisol</b>	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión y en pendientes fuertes aunque la mayoría están en pendientes suaves	4	Alto
<b>Andosol</b>	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajón o más fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	5	Muy Alto

**TABLA 39 Valoración y características del factor geológico/litológico**

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Esquisto</b>	Roca metamórfica, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia al corte alta,	1	Muy bajo
<b>Ignea extrusiva acida</b>	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	2	Bajo

<b>Ignea extrusiva intermedia</b>	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	3	Moderado
<b>Ignea extrusiva basica</b>	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	4	Alto
<b>Vulcanoclasticos</b>	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	5	Muy alto

**TABLA 40 Valoración y características del relieve relativo**

Rango	Categoría
0 - 2,100 m	1
2,100 - 2,450 m	2
2,450 - 2,800 m	3
2,800 - 3,150 m	4
3,150 - 3,500 m	5

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

**TABLA 41 Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación**

Entidad	Tipo	Categoría
<b>Bosque</b>	Bosque de Encino	2
	Bosque de Pino-Encino	
<b>Pastizal</b>	Pastizal Inducido	3
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola - pastizal</b>	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	4
	Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola</b>	Agricultura de Riego	5
	Agricultura de Riego Eventual	
<b>Área urbana</b>	Área urbana	5

**TABLA 42 Valoración de la Pendiente**

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
<b>Muy bajo</b>	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
<b>Bajo</b>	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
<b>Medio</b>	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.
<b>Alto</b>	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
<b>Muy alto</b>	Más del 100 % (más 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 43 Valoración de 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 por flujo resulta del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, pendiente y uso de suelo y vegetación) 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 de ponderaciones siguientes:

**Ponderación de factores condicionantes**

	Uso de suelo	Pendiente	Relieve relativo	Escorrentamiento	Rocas	Fallas y Fracturas
<b>Valor de ponderación</b>	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.128

**Ponderación por factores**

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de ponderación	0.70	0.3

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

Adicionalmente se calcularon dos escenarios con el cruce de información de las isoyetas disponibles en la página de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para los periodos de retorno de 10 y 50 años, ambos periodos de retorno calculado para un tiempo de 30 minutos de precipitación, así el resultado se muestra seccionado en tres mapas, el primero calculado para la precipitación media anual y los dos restantes para los periodos de retorno antes mencionados.

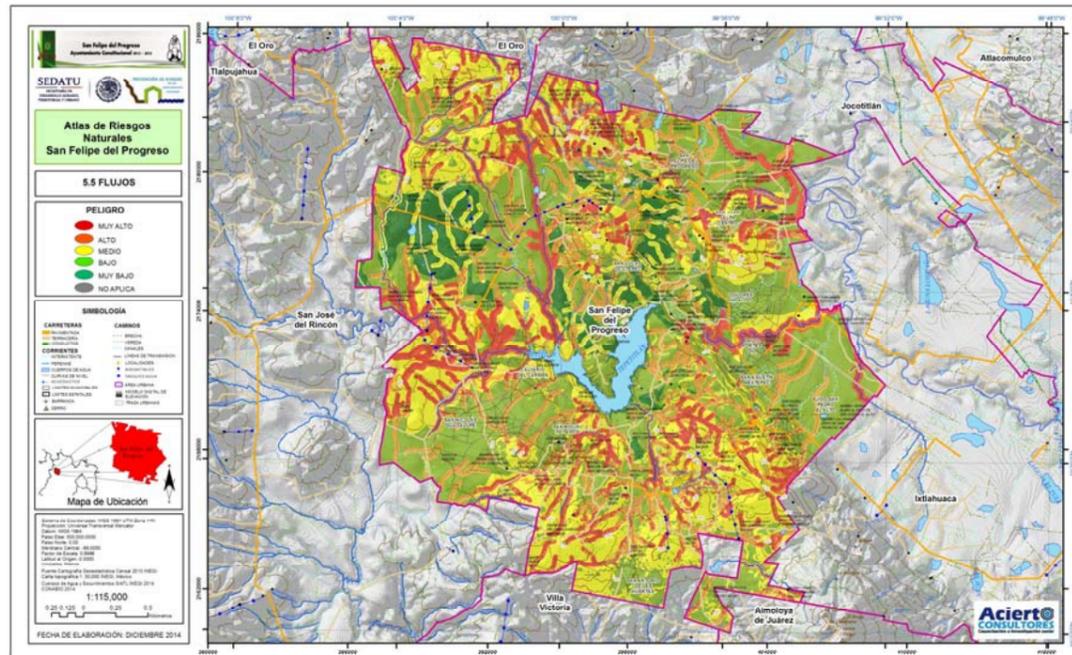
**Resultado**

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 y en la tabla correspondientes, donde se describen y localizan dichas zonas.

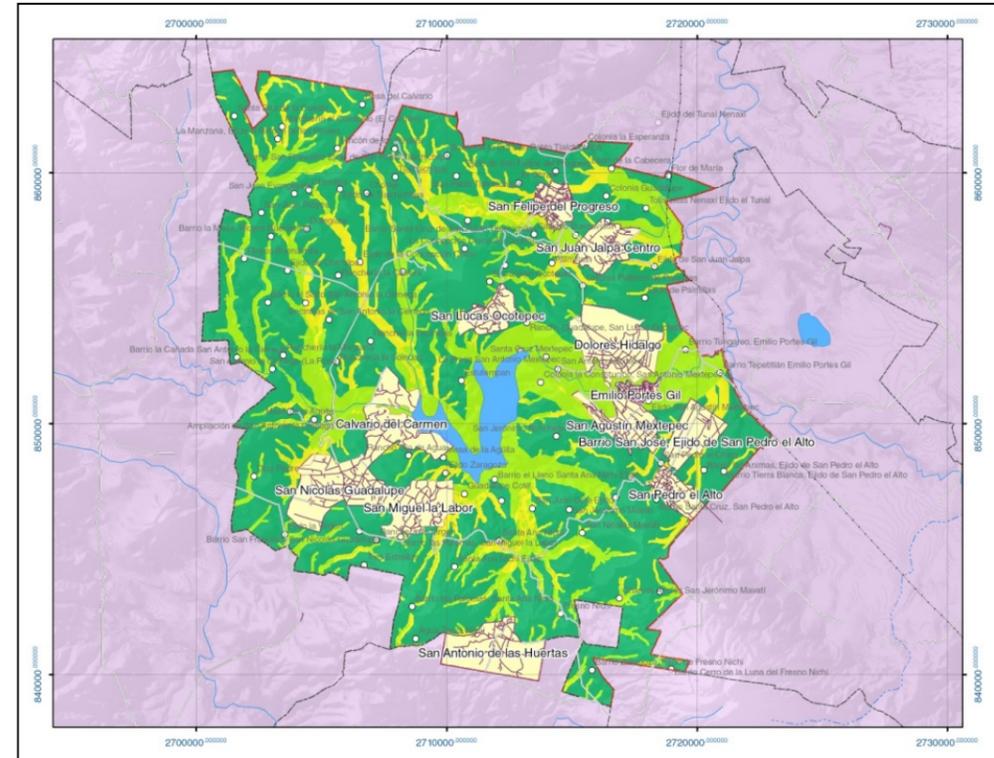
**TABLA 44** Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de flujos del Municipio de San Felipe del Progreso

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
<b>Riesgo medio alto</b>	San Felipe del Progreso	San Nicolás Mavatí
	Calvario del Carmen	Estutempan
	Dolores Hidalgo	Barrio Boreje de San Antonio la Ciénega
	San Antonio de las Huertas	Ejido de San Juan Jalpa
	San Agustín Mextepec	Palmillas
	San Juan Jalpa Centro	Ejido de la Concepción Chico
	San Lucas Ocoatepec	Chichilpa
	San Miguel la Labor	Ejido de la Cabecera
	San Nicolás Guadalupe	Rincón de los Pirules
	San Pedro el Alto	La Manzana, Ejido el Rincón de los Pirules
	Barrio San José, Ejido de San Pedro el Alto	

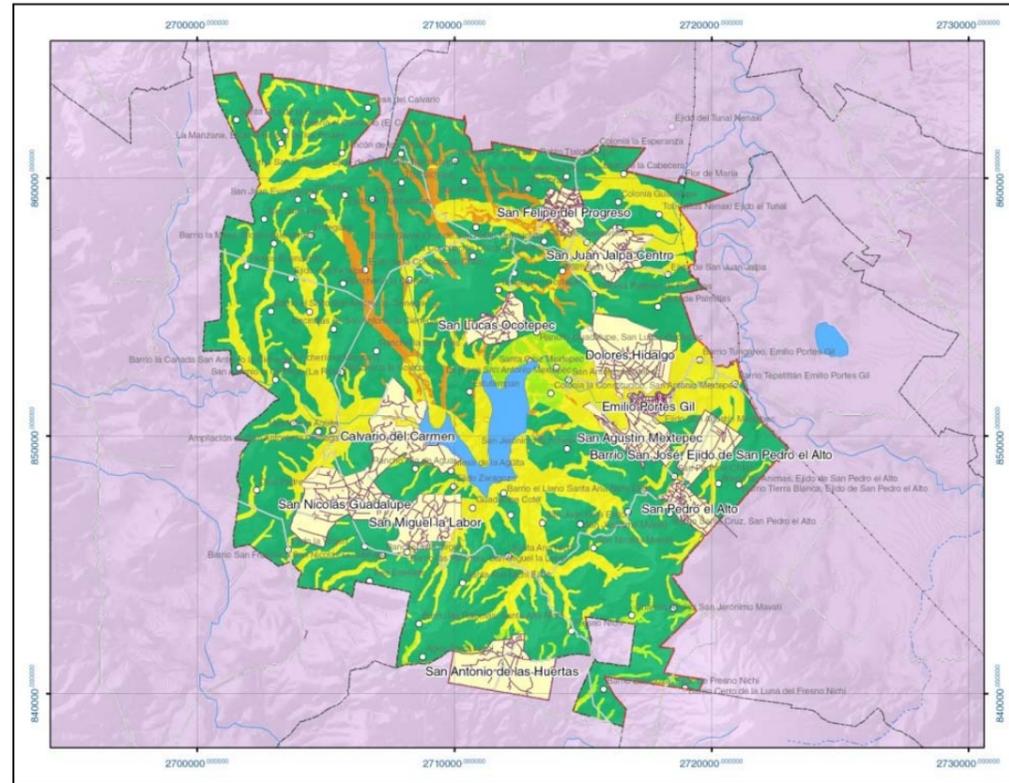
**MAPA 38** Mapa de peligro al fenómeno de flujos en el municipio de San Felipe del Progreso



**FIGURA 8** Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 10 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).



**FIGURA 9 Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 50 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).**



De acuerdo con la información existente y el recorrido al municipio de San Felipe del Progreso, se localizaron zonas afectadas por el fenómeno de flujos. El primer sitio se ubicó sobre la carretera No. 16 a unos 50 m de la entrada del poblado San Pedro el Alto (Fotografías 5.3 y 5.4).

**Fotografía 5.3. Zonas afectadas por el fenómeno de flujos, carretera No. 16 a 50 m de la entrada a San Pedro el Alto.**



**Fotografía 5.4. Zonas afectadas por el fenómeno de flujos, carretera No. 16 a 50 m de la entrada a San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso.**



### 5.1.6. Caídos o Derrumbes

#### Peligro

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.

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.

#### Metodología

Para el desarrollo del presente fenómeno, al igual que los anteriores, se realizó también un análisis multicriterio considerando para este caso específico y por 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 45** Valoración y características del factor edafológico

Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Planosol</b>	Suelos por lo general desarrollados en partes planos o depresiones, mal drenados	<b>1</b>	Muy Bajo
<b>Vertisol</b>	Suelos denominados de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina, con propiedades expansivas. Formados comúnmente en zonas planas y de pendiente suave.	<b>1</b>	
<b>Feozem</b>	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociada a zona planas	<b>2</b>	Bajo
<b>Litosol</b>	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formados en rocas montañosas	<b>3</b>	Moderado
<b>Luvisol</b>	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeables, textura media a fina, expuestos a erosión y en pendientes fuertes aunque la mayoría están en pendientes suaves	<b>4</b>	Alto
<b>Andosol</b>	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajón o más fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	<b>5</b>	Muy Alto

**TABLA 46 Valoración y características del factor geológico/litológico**

Litología	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Esquisto</b>	Roca metamorfa, generalmente con vetas de cuarzo, poco permeable, con una resistencia al corte alta,	<b>1</b>	Muy bajo
<b>Ignea extrusiva acida</b>	Rocas con alto contenido de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	<b>2</b>	Bajo
<b>Ignea extrusiva intermedia</b>	Rocas con contenido moderado de silicio (cuarzo), con resistencia al corte alta.	<b>3</b>	Moderado
<b>Ignea extrusiva basica</b>	Rocas con contenido bajo de silicio, menos resistentes al intemperismo	<b>4</b>	Alto
<b>Vulcanoclasticos</b>	Materiales piroclásticos semiconsolidados, permeables	<b>5</b>	Muy alto

**TABLA 47 Valoración y características del Relieve relativo**

Rango	Categoría
<b>0 - 2,100 m</b>	<b>1</b>
<b>2,100 - 2,450 m</b>	<b>2</b>
<b>2,450 - 2,800 m</b>	<b>3</b>
<b>2,800 - 3,150 m</b>	<b>4</b>
<b>3,150 - 3,500 m</b>	<b>5</b>

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

**TABLA 48 Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación**

Entidad	Tipo	Categoría
<b>Bosque</b>	Bosque de Encino	<b>2</b>
	Bosque de Pino-Encino	
<b>Pastizal</b>	Pastizal Inducido	<b>3</b>
	Pastizal Inducido, Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola - pastizal</b>	Agricultura de Temporal, Pastizal inducido	<b>4</b>
	Agricultura de Temporal	
<b>Área agrícola</b>	Agricultura de Riego	<b>4</b>
	Agricultura de Riego Eventual	
<b>Área urbana</b>	Área urbana	<b>5</b>

**TABLA 49 Valoración de la Pendiente**

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
<b>Muy bajo</b>	0 a 5% (0-8.5 grados)	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que pueda ocurrir deslizamiento
<b>Bajo</b>	15 a 30 % (8.5 - 16.7 grados)	Laderas que tienen alguna fisura, materiales parcialmente erosionados no saturados con discontinuidad.
<b>Medio</b>	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.
<b>Alto</b>	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

Clasificación	Pendiente (ángulo de inclinación)	Criterio
<b>Muy alto</b>	Más del 100 % (más 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 50** Tabla de valoración de 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 por derrumbes resulta del cálculo de mapas por factores condicionantes (edafología, relieve relativo, pendiente y uso de suelo y vegetación) 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 de ponderaciones siguientes:

**Ponderación de factores condicionantes**

	Uso de suelo	Pendiente	Relieve relativo	Escorrentamiento	Rocas	Fallas y Fracturas
<b>Valor de ponderación</b>	0.047	0.244	0.096	0.177	0.307	0.128

**Ponderación por factores**

	Factores Condicionante	Factor Detonante
Valor de ponderación	0.70	0.3

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

Adicionalmente se calcularon dos escenarios con el cruce de información de las isoyetas disponibles en la página de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para los periodos de retorno de 10 y 50 años, ambos periodos de retorno calculados para un tiempo de 30 minutos de precipitación, así el resultado se muestra seccionado en tres mapas, el primero calculado para la precipitación media anual y los dos restantes para los periodos de retorno antes mencionados.

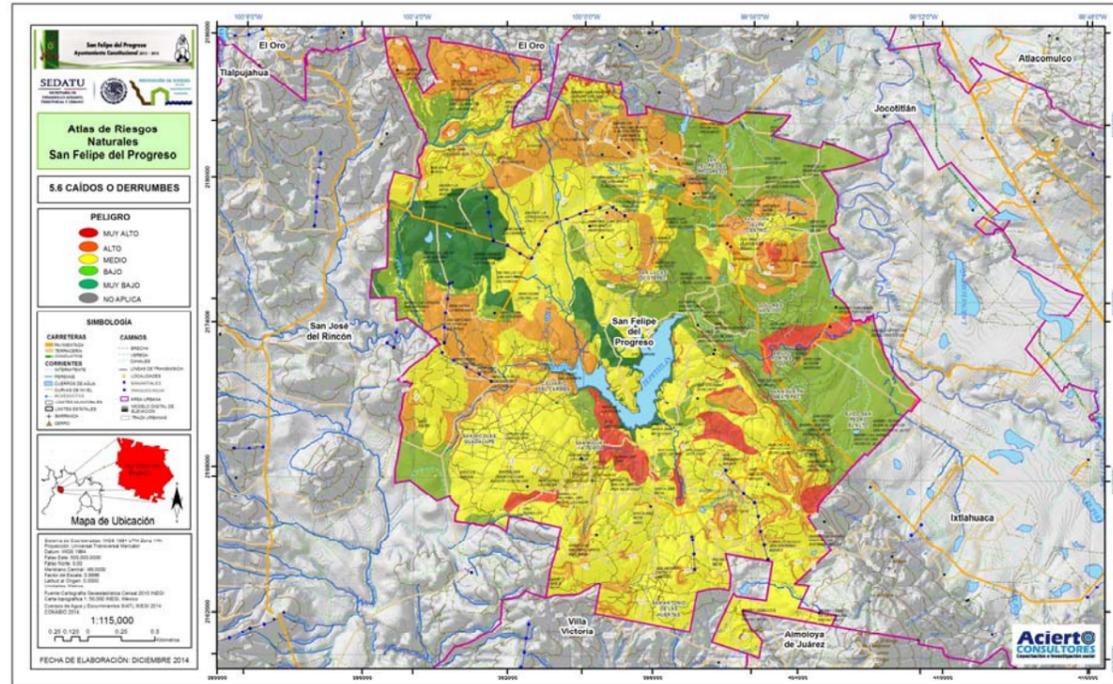
**Resultado**

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 en el mapa y en la tabla que se muestran a continuación, donde se describen y localizan dichas zonas para el municipio.

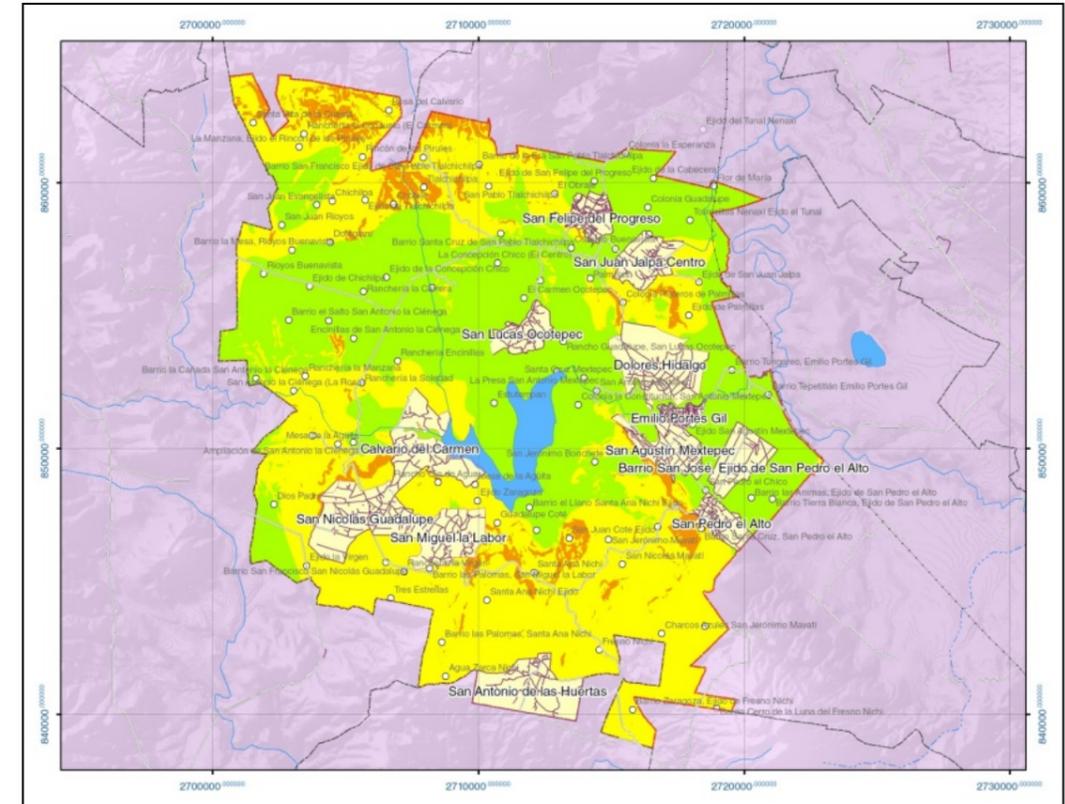
**TABLA 51** Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de caídos o derrumbes del municipio.

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
<b>Muy alto a alto</b>	San Felipe del Progreso Calvario del Carmen San Antonio de las Huertas San Agustín Mextepec San Juan Jalpa Centro San Miguel la Labor San Nicolás Guadalupe San Pedro el Alto	Choteje Tlalchichilpa Rosa del Calvario

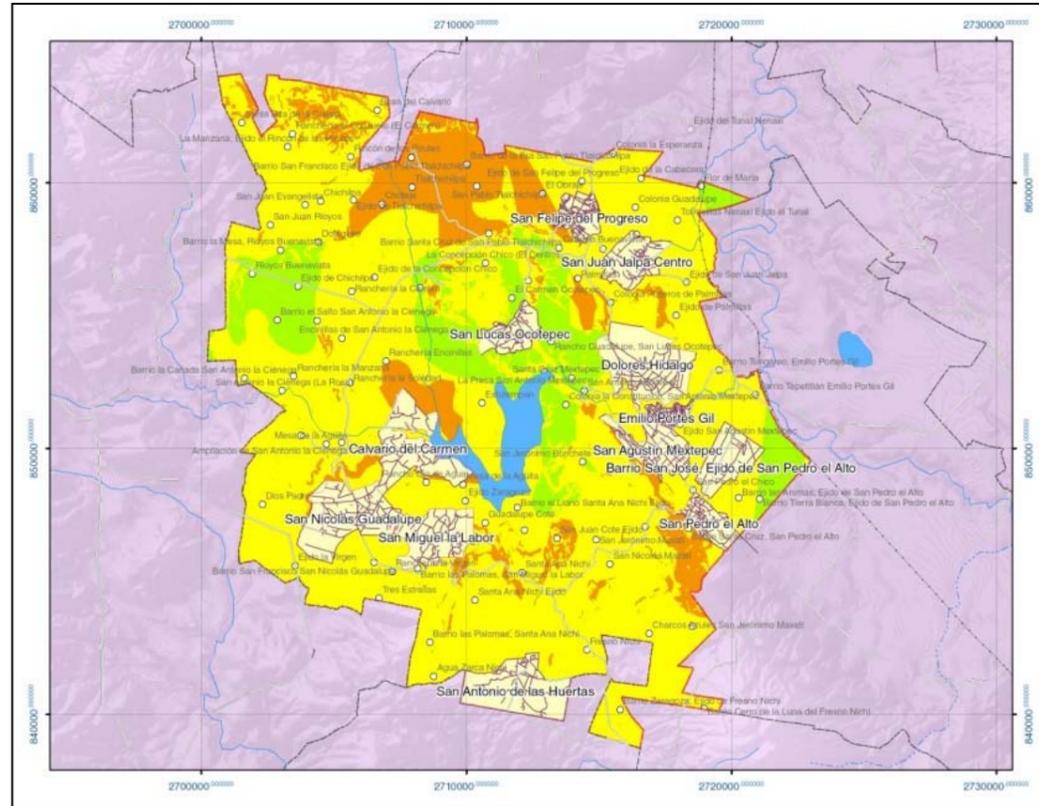
**MAPA 39** Mapa de peligro al fenómeno de caídos o derrumbes en el municipio de San Felipe del Progreso



**FIGURA 10** Peligro al fenómeno de caídos o derrumbes para un periodo de retorno de 10 años y 30 minutos de precipitación: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo)..



**FIGURA 11 Peligro al fenómeno de caídos o derrumbes para un periodo de retorno de 50 años y 30 minutos de precipitación: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).**



Muchas de las localidades del municipio (o sus zonas de crecimiento) se localizan en terrenos que presentan pendientes que superan el 10% (Fotografía 5.5) llegando hasta el 30% (Fotografía 5.6) en casos extremos, se podrían presentar peligros por caídos, sin embargo, la baja densidad y la dispersión característica de estas comunidades reduce el impacto de eventos de este tipo.

**Fotografía 5.5. Zonas con pendientes de 10%, San Felipe del Progreso**

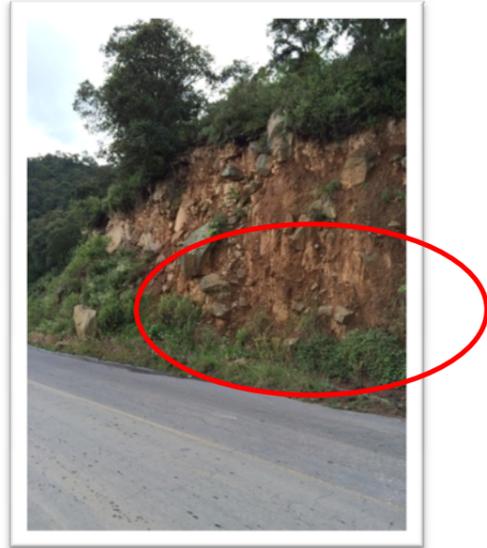


**Fotografía 5.6. Zonas con pendientes de 30%, San Felipe de Progreso**



Un punto con zonas de caídos se ubica sobre la carretera No. 16 a 1.3 km de la entrada de San Pedro el Alto donde la geología del lugar y el corte realizado al mismo crearon un ambiente de inestabilidad del material consolidado como se muestra en las fotografías 5.7 y 5.8, donde se registran derrumbes.

Fotografía 5.7. Zonas de derrumbes, carretera No. 16 a 1.3 km de la entrada al poblado San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso



Fotografía 5.9. Zonas de derrumbes, carretera No. 16 entrada al poblado San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso



Fotografía 5.8. Zonas de derrumbes, carretera No. 16 a 1.3 km de la entrada al poblado San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso



Fotografía 5.10. Zonas derrumbes en el poblado San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso



Con base en la información existente y el recorrido al municipio de San Felipe del Progreso, se localizaron zonas con ocurrencia de este fenómeno. El primer punto se localizó sobre la carretera No. 16 a la altura del poblado San Pedro el Alto y en la entrada del poblado (Fotografías 5.9, 5.10 y 5.11).

Fotografía 5.11. Zonas de derrumbes, carretera No. 16 a 500 m de la entrada a San Pedro el Alto.



### 5.1.7. Hundimientos

#### Peligro

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 a veces afectan 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 el paulatino o súbito descenso de la superficie del terreno en una determinada área o región; se tienen identificados procesos por diferentes factores como extracción de agua (Subsistencia).

#### Metodología

De la revisión bibliográfica y visitas a campo no se registraron hundimientos, por lo que el criterio utilizado para la elaboración de este apartado fue la información existente en la

cartografía temática generada sobre hundimientos regionales y agrietamientos por sobre-explotación de acuíferos del CENAPRED (2001). El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación.

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.

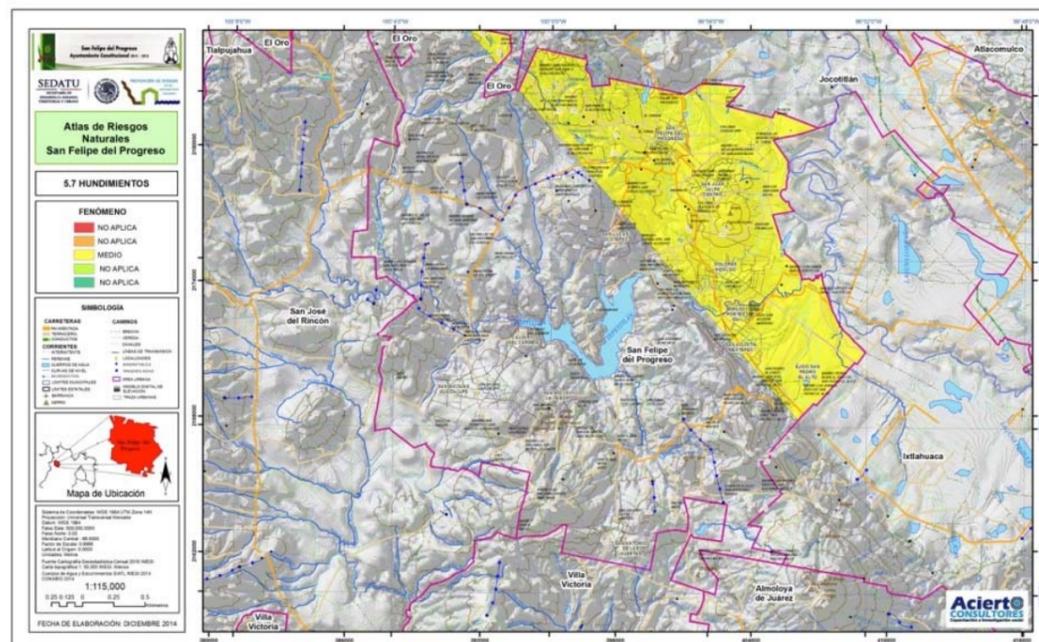
#### Resultado

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

TABLA 52 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de hundimiento del municipio de San Felipe del Progreso

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Medio	San Felipe del Progreso	Barrio Tierra Blanca, Ejido de San Pedro el Alto
	Dolores Hidalgo	Barrio las Ánimas, Ejido de San Pedro el Alto
	Emilio Portes Gil	San Pedro el Chico
	San Agustín Mextepec	Ejido San Agustín Mextepec
	San Juan Jalpa Centro	Barrio Tepetitlán Emilio Portes Gil
	San Lucas Ocoatepec	Barrio Tungareo, Emilio Portes Gil
	San Pedro el Alto	Ejido de Palmillas
	Barrio San de San Pedro el Alto	Colonia Plateros de Palmillas
	José,	Ejido de San Juan Jalpa
	Ejido	Barrio las Torres, San Lucas Ocoatepec
		Palmillas
		La Cabecera Concepción
		Calvario Buenavista
		Barrio el Agostadero Ejido de San Juan Jalpa
		Barrio Santa Cruz de San Pablo Tlalchichilpa
	Torreallas Nenaxi Ejido el Tunal	
	El Tunal	
	Colonia Guadalupe	
	El Obraje	
	Flor de María	
	San Pablo Tlalchichilpa	
	Ejido de San Felipe del Progreso	
	Ejido de la Cabecera	
	Barrio de la Era San Pablo Tlalchichilpa	
	Barrio San Francisco Ejido de San Pablo Tlalchichilpa	
	Colonia la Esperanza	
	Rosa del Calvario	

**MAPA 40 Mapa de peligro a hundimientos en el municipio de San Felipe del Progreso**



De acuerdo con la información existente para el municipio de San Felipe del Progreso, se cuenta con registro de ocurrencia por este tipo de fenómenos. Como ejemplo tenemos daños en la carretera No. 16, a 500 m de la entrada al poblado de San Pedro el Alto, donde empiezan a notarse hundimientos (Fotografías 5.12 y 5.13).

**Fotografía 5.12. Vista panorámica zona de hundimientos, carretera No. 16 a 500 m de la entrada a San Pedro el Alto, San Felipe de Progreso**



**Fotografía 5.13. Zonas de hundimientos, carretera No. 16 a 500 m de la entrada a San Pedro el Alto, municipio de San Felipe de Progreso**



En resumen los fenómenos que abarcan los tipos de deslizamientos, principalmente están dañando la infraestructura carretera dentro del municipio de San Felipe del Progreso, en específico la carretera No. 16, como se muestra en la siguiente figura en la que se detallan diferentes fenómenos.

**FIGURA 55** Zonas de deslizamientos, derrumbes y hundimientos Carretera No. 16, municipio de San Felipe del Progreso



### 5.1.8. Subsistencia

#### **Peligro**

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 sub-superficiales de deformación.

Prokopovich (1979) define dos tipos de subsistencia: endógena y exógena.

- \* *La subsistencia endógena* hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc.

- \* *La subsistencia exógena* se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

La subsistencia puede también clasificarse en función de los mecanismos que la desencadenan, por ejemplo la subsistencia por disolución de rocas carbonáticas, yeso o sal, minera, por erosión, por flujo lateral en materiales salinos y arcillas plásticas, por carga, por vibraciones, por extracción de agua, por hidrocompactación y tectónica. Por ejemplo se tienen las actividades extractivas de mineral en galerías subterráneas, la construcción de túneles, la extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, los procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos, son algunas de las causas de los procesos de subsistencia.

#### **Metodología**

Para el cálculo de la subsistencia 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 en los puntos donde se intersecten las variables se podría suscitar un fenómeno de subsistencia.

**Memoria de cálculo**

**TABLA 53 Valoración y características del factor edafológico**

EDAFOLOGÍA			
Tipo	Descripción	Categoría	Nomenclatura
<b>Planosol</b>	Suelos por lo general desarrollados en partes planos o depresiones mal drenados	1	Muy Bajo
<b>Vertisol</b>	Suelo denominado de volteo hacia abajo, de color oscuro de textura fina o muy fina, con propiedades expansivas. Formados comúnmente en zonas planas y de pendiente suave.	1	
<b>Feozem</b>	Suelos de color negro, de gran porosidad, de estructura granular, textura de migajón, limo arcilloso. Asociada a zona planas	2	Bajo
<b>Litosol</b>	Suelos con roca dura a muy poca profundidad formadas en rocas montañosas	3	Moderado
<b>Luvisol</b>	Suelos resultado de la acumulación aluvial de arcillas, poco permeable, textura media a fina, expuesto a erosión y en pendientes fuertes aunque la mayoría está en pendientes suaves	4	Alto
<b>Andosol</b>	Suelos formados por materiales ricos en vidrio volcánico (ceniza volcánica), textura de migajón o más fina, se encuentran en zonas planas a pendientes fuertes.	5	Muy Alto

**Resultado**

A partir de lo anterior, se obtuvieron 8 puntos donde puede suceder este fenómeno, se anexan coordenadas en CCL. Ver la tabla siguiente donde se describen las causas por la que se genera la subsidencia.

**TABLA 54 Distribución de sitios de peligro por subsidencia en el municipio**

No.	X	Y	ENTIDAD	INTENSIDAD
1	2,709,530.000	842,291.875	Aparato Volcánico	Muy Alto
2	2,713,536.750	841,994.125	Aparato Volcánico	Muy Alto
3	2,718,348.750	842,185.125	Aparato Volcánico	Muy Alto
4	2,714,986.850	846,482.438	Aparato Volcánico	Muy Alto
5	2,716,931.000	854,944.188	Aparato Volcánico	Alto
6	2,710,774.250	855,578.938	Aparato Volcánico	Bajo
7	2,714,103.000	859,048.200	Pozo	Bajo
8	2,716,819.000	849,694.300	Pozo	Bajo

A través de la Comisión del Agua del estado de México se localizaron pozos profundos de donde se extrae agua para el consumo humano, sin embargo, ni uno de ellos se encuentra dentro del municipio, los más cercanos son Ixtlahuaca y Atlacomulco I y II, estos suministran agua potable de manera local por lo que no influyen en procesos de subsidencia en el municipio.

En el municipio se localizaron por medio de la cartografía de aguas subterráneas de INEGI 2 puntos de interés, de los cuales no se tienen reportes de los gastos de extracción, en la siguiente tabla se muestra la información existente para estos puntos de interés.

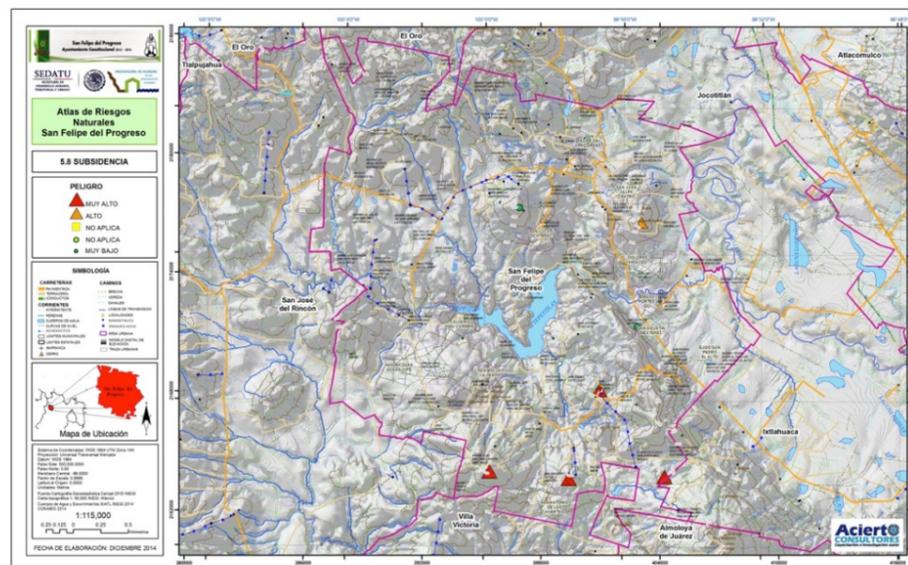
X CCL	Y CCL	OBRA	FECHA	CALIDAD	USO
2714100	859048.2	POZO	10/06/1982 00:00	C2-S1	DOMESTICO
2716820	849694.3	POZO	10/06/1982 00:00	C2-S1	DOMESTICO

De acuerdo con el análisis de peligro, la información bibliográfica y la visita a campo se pudo determinar que el municipio presenta zonas con peligro al fenómeno de subsidencia, como se puede apreciar en el mapa de *Peligro por el fenómeno de subsidencia* donde se muestran las zonas de afectación, así como en la tabla siguiente en que se enlistan las poblaciones que se ubican en el polígono de riesgo muy alto del municipio. De estos puntos las localidades rurales que están dentro de un riesgo muy alto son Barrio las Palomas, Santa Ana Nichi y San Jerónimo Mavatí. Mientras San Felipe del Progreso y San Agustín Mextepec están considerados con riesgo muy bajo causado por la extracción de agua de pozos.

**TABLA 55** Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de subsidencia del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México.

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
Muy Alto		Barrio las Palomas, Santa Ana Nichi San Jerónimo Mavatí

**MAPA 41** Peligro por el fenómeno de subsidencia en el municipio de San Felipe del Progreso



### 5.1.9. Agrietamientos

#### **Peligro**

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 denominan agrietamiento. 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.

En algunos municipios del Estado de México se ha reportado, desde hace aproximadamente dos décadas, la aparición continua de fracturas (“grietas”) tanto en terrenos de uso agrícola como en terrenos de zonas urbanas.

La hipótesis sobre el origen de estas fracturas es muy similar a la establecida para otras urbes del centro del país, tal es el caso de las ciudades de Querétaro, Celaya, Aguascalientes, Morelia, San Luis Potosí y Distrito Federal, en las cuales el crecimiento de la población ha ido en aumento en las últimas dos décadas.

Este crecimiento acelerado de la población ha propiciado la extracción desmedida del agua del subsuelo a fin de satisfacer las necesidades, generando problemas serios geológico-ambientales tales como degradación y deshidratación del suelo y por consecuencia su hundimiento diferencial y fracturamiento del terreno.

Este último fenómeno geológico ha ocasionado 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.

#### **Metodología**

El criterio utilizado para la elaboración de este apartado fue con base en los lineamientos y la información existente de INEGI sobre fallas y fracturas registradas en la República Mexicana y el Plan Estatal de desarrollo, donde el municipio cuenta con fallas cercanas. El resultado obtenido del análisis anterior se describe a continuación:

**Memoria de Cálculo**

**TABLA 56 Valoración de Fallas y Fracturas**

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

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**

El municipio de San Felipe del Progreso forma parte del Eje Neovolcánico Transmexicano por lo que es afectado por toda la zona montañosa. Algunas fallas ubicadas en las coordenadas que se muestran en siguiente cuadro.

**TABLA 57 Fallas localizadas en el municipio de San Felipe del Progreso**

FRACTURA	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
1	1391.82	a 900 m de Santa Anita de la Cuesta
2	1213.55	A 600 m de La Manzana, Ejido del Rincón de los Pirules, Ranchería del Consuelo
3	3572.17	A 600 m de San Juan Evangelista y Chilapa
4	2502.1	A 270 m de Rosa del Calvario
5	2723.12	A un costado de El Tunal y cruza San Felipe del Progreso
6	7279.87	Cruza Dolores Hidalgo y San Agustín Mextepec a un costado de Colonia Plateros de Palmillas
7	302.192	Cerca de Agua Zarca Nichi
8	3357.45	Cruza San Antonio de las Huertas
9	4165.73	Cruza Charcos Azules San Jerónimo Mavatí y a un costado de Barrio las Presas, Ejido de San Jerónimo Mavatí.
10	93.25	A 11.7 km de San Pedro el Alto.
11	3879.15	Cruza Barrio Boreje de San Antonio la Ciénega y cerca de Barrio la Cañada y Barrio EL Salto.
12	11634.15	Cruza San Pedro el Alto, San Agustín Mextepec y termina en San Lucas Ocoteppec.

FRACTURA	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
13	300.99	Cerca de Agua Zarca Nichi

**Resultado**

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

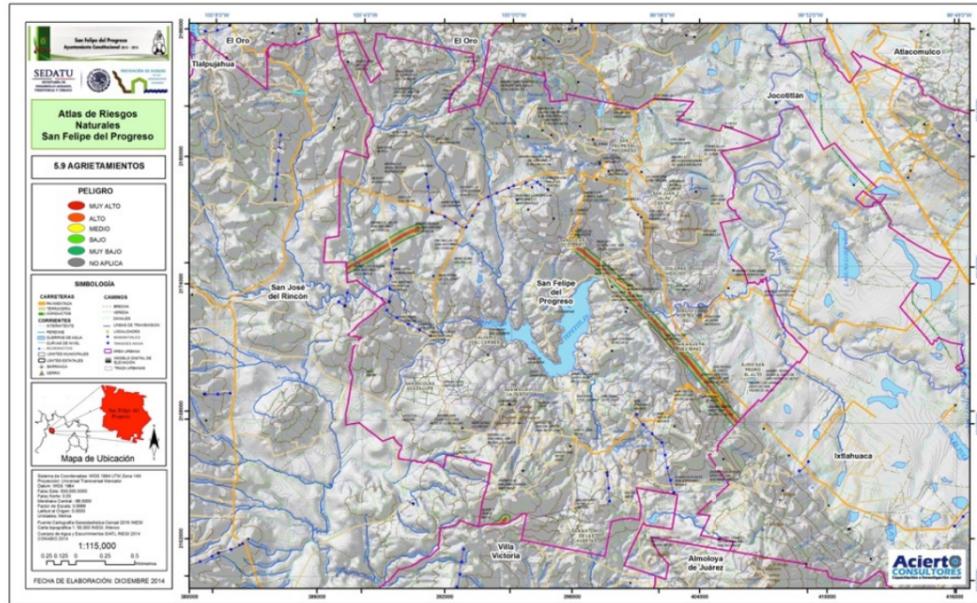
**TABLA 58 Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de fallas del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México**

PELIGRO	LOCALIDAD URBANA	LOCALIDAD RURAL
<b>Establecidas sobre fallas</b>	San Felipe del Progreso Dolores Hidalgo San Antonio de las Huertas San Agustín Mextepec San Lucas Ocoteppec San Pedro el Alto	Agua Zarca Nichi San Antonio Mextepec Santa Cruz Mextepec Barrio Boreje de San Antonio la Ciénega

En el municipio se detectaron fallas geológicas, por lo que el riesgo más importante dentro de esta categoría son los derrumbes. Dadas las características de dispersión de las localidades en el municipio es muy difícil ubicar con precisión zonas de riesgo en este ámbito.

Estas fallas, con movimientos verticales y fracturas simples, se localizan generalmente en pendientes por arriba de los 15°, por lo que en la mayoría de los casos no afectan a los pobladores. Tanto en la visita realizada al municipio como en los registros que se tienen para el mismo, no se encontraron daños por este tipo de fenómenos.

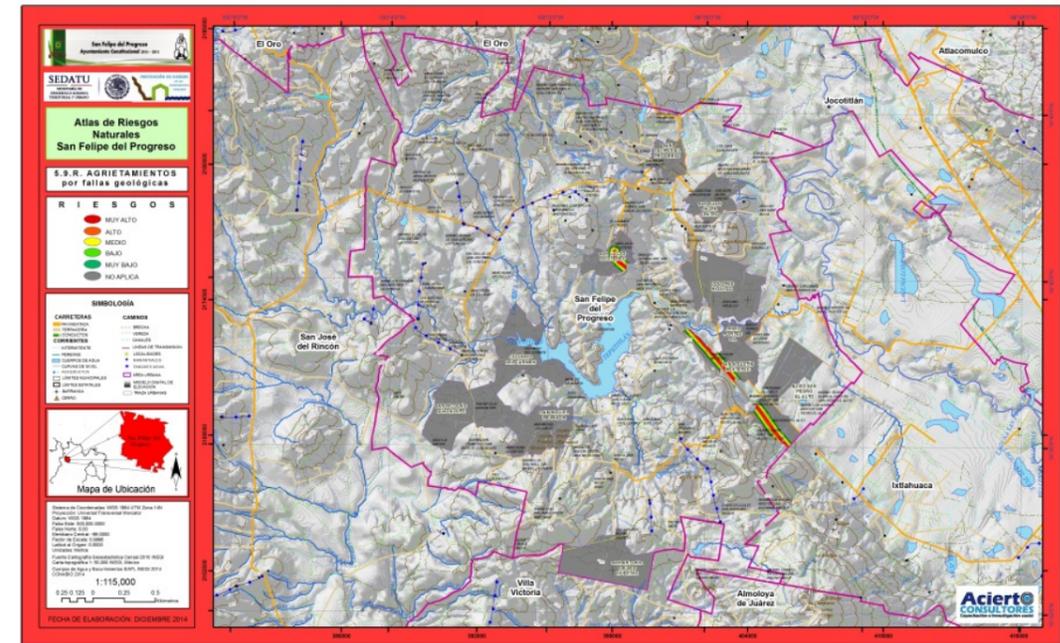
MAPA 42 Mapa de peligro por el fenómeno de fallas en el municipio



Matriz de decisión RIESGOS GEOLÓGICOS  
Vulnerabilidad / Peligro para Agrietamientos

		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
	ALTA 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

MAPA 43 Riesgo por agrietamientos en el municipio San Felipe del Progreso



### 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 agrietamientos para determinar el grado de riesgo que puede tener en el municipio.

Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos cuánta población se encuentra en riesgo de

agrietamientos 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 por nivel de riesgo de Agrietamientos			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	35	4715	1025
ALTO	52	6070	1320
MEDIO	84	10327	2245
BAJO	53	6334	1389
MUY BAJO	48	6135	1369

## 5.2. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Niveles de análisis que se utilizarán en cada uno de los temas a desarrollar en el “Atlas de Riesgo del Municipio San Felipe del Progreso, 2014”

TABLA 59 Nivel de análisis para los riesgos hidrometeorológicos

Peligro Hidrometeorológico	Nivel	Escala
Ondas cálidas y gélidas (Temperaturas máximas y mínimas extremas)	2	1:250,000
Sequías	1	1:250,000
Heladas	3	1:250,000
Tormentas de granizo	2	1:250,000
Tormentas de Nieve	1	1:250,000
Ciclones tropicales. Huracanes	1	1:1,000,000
Ciclones tropicales. Ondas tropicales.	1	1:1,000,000
Tornados	1	1:1,000,000
Tormentas eléctricas	2	1:250,000
Lluvias extremas	2	1:250,000
Inundaciones	2	1:250,000
Vientos	1	1:250,000

### 5.2.1. Metodología para peligros hidrometeorológicos

#### 5.2.2. Ondas cálidas y gélidas

##### 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, EUA. (Who, 2001). Las personas mayores con problemas cardíacos 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.

### **Metodología**

*Ondas cálidas y gélidas.* Se basan en las temperaturas máximas y mínimas extremas, estas se obtienen de los registros de datos climatológicos de varias décadas, de cada una de las estaciones climatológicas que influyan en el municipio. Se establecen los rangos para las isotermas de acuerdo a la distribución del sistema. Se determinan los periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

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 se muestran las estaciones climatológicas.

**TABLA 60 Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para temperaturas máximas)**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15066	Palizada	11959-2008	15199	Mina vieja	1975-2010
15076	Presa Tepetitlán	1961-2008	15245	La Jordana	1978-2008
15158	San Pedro de los Baños	1966-2008	15267	Chilipe	1981-2011

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

En la siguiente figura se muestra la localización geográfica de las estaciones climatológicas.

**FIGURA 56** Localización de las estaciones climatológicas para el municipio de San Felipe del Progreso.



Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

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 asociadas 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 de 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajustes 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.

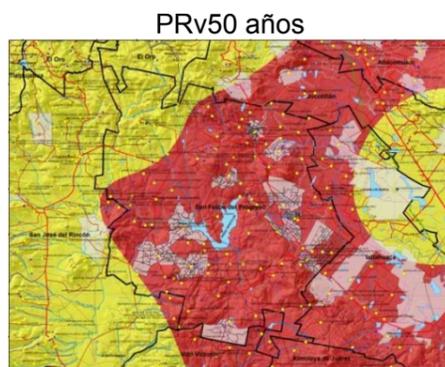
En la siguiente tabla se muestran las temperaturas máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 61** Temperaturas máximas asociadas a diferentes periodos de retorno

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15245	30.75	31.69	32.00	33.76
15158	30.73	31.87	32.96	34.00
15076	31.03	32.86	34.00	36.90
15267	30.39	31.55	32.67	34.11
15199	29.63	31.41	33.12	35.34
15066	29.12	30.00	30.85	31.94

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

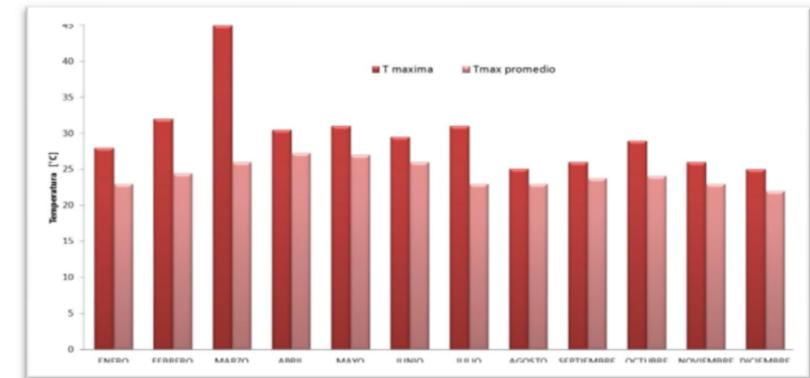
Nivel de peligro por temperaturas máximas de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).



**Situación local ondas cálidas.** Si bien San Felipe del Progreso pudiera clasificarse como un municipio con temperaturas promedio anuales bajas, -el promedio es de 13.02°C-, la ocurrencia de temperaturas altas no puede descartarse completamente. La temperatura máxima registrada

en la estación 15076 es de 45 °C, esta se presentó en marzo de 2005; en ese mes es donde se alcanzan las mayores temperaturas anuales, se utilizó esta estación ya que por su localización geográfica es la de mayor influencia en el municipio.

**GRÁFICA 17** Temperaturas máximas mensuales históricas y máximas promedio

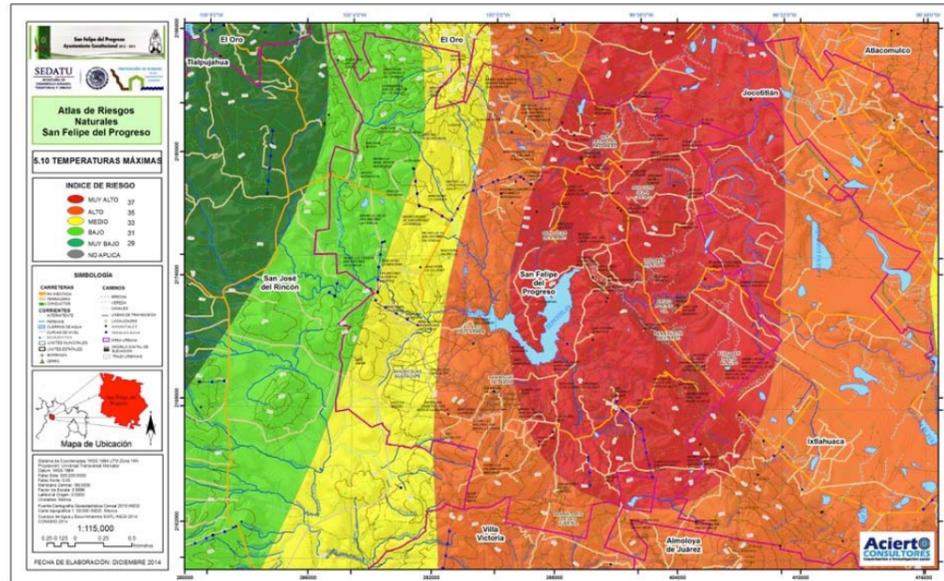


Fuente: registros en la estación climatológica 15076.

**Resultados**

En el siguiente mapa se presenta la distribución del Índice de riesgos para ondas cálidas para un periodo de retorno de 50 años, para representar la situación más desfavorable para este municipio.

**MAPA 44 Índice de riesgos por ondas cálidas (temperaturas máximas).**



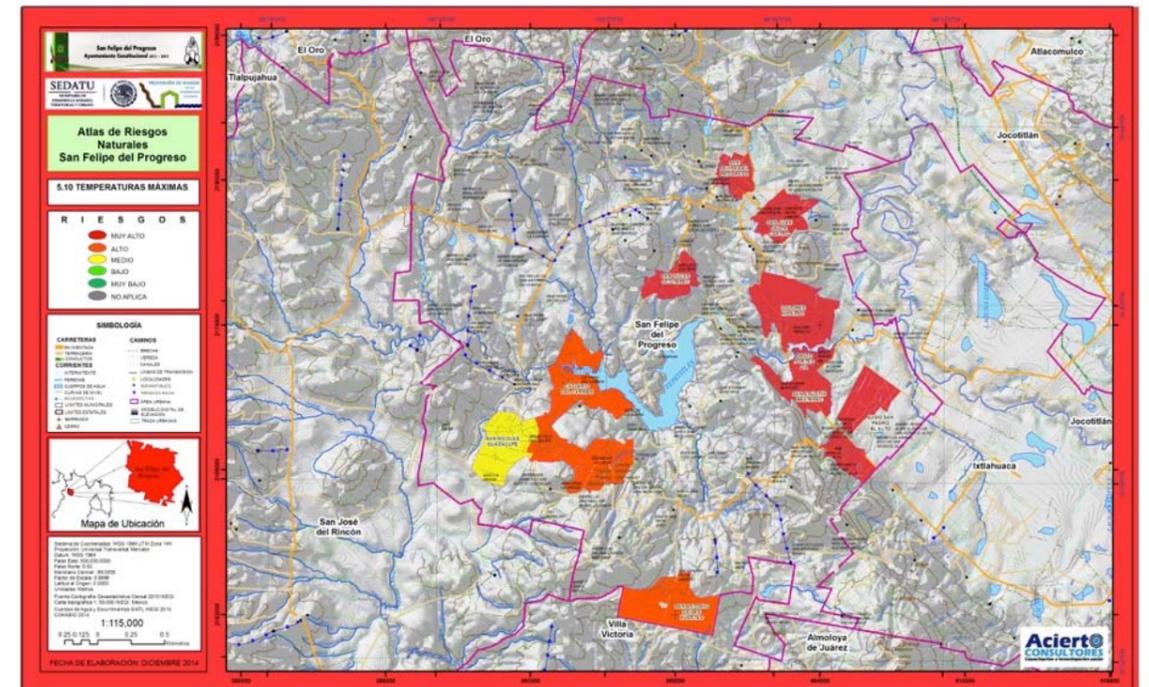
Las mayores temperaturas se registran en la parte urbana de la cabecera municipal de San Felipe del Progreso, así como en San Juan Jalapa, San Lucas Ocoatepec, Dolores Hidalgo, San Agustín Mextepec, San Pedro el Alto y San Jerónimo Doncheté.

**Matriz de decisión RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS**  
Vulnerabilidad / Peligro para ondas cálidas.

		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
	ALTA 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

Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos cuánta población se encuentra en riesgo de **ondas cálidas** 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.

**MAPA 45 Riesgo por ondas cálidas (temperaturas máximas).**



### 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.

### Metodología para la determinación del peligro por ondas gélidas.

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 siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas.

**TABLA 62 Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para temperaturas mínimas)**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15066	Palizada	11959-2008	15199	Mina vieja	1975-2010
15076	Presa Tepetitlán	1961-2008	15245	La Jordana	1978-2008
15158	San Pedro de los Baños	1966-2008	15267	Chilipe	1981-2011

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

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 la isoterma para el municipio.

**Memoria de cálculo para determinación del peligro por ondas gélidas.**

Para poder determinar las temperaturas mínimas asociadas a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajustes de funciones de probabilidad ala serie obtenida, estas funciones fueron, Normal, Log Normal, 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.

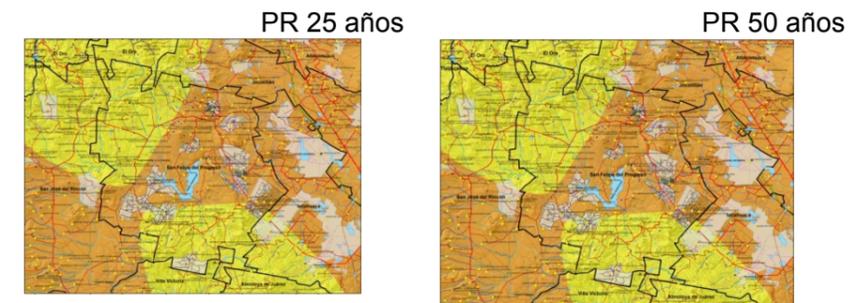
En la siguiente tabla se muestran las temperaturas mínimas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 63 Temperaturas mínimas [°C] asociadas a diferentes periodos de retorno**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15245	-3.88	-5.17	-6.40	-8.00
15158	-5.83	-7.86	-9.00	-12.31
15076	-6.34	-7.81	-9.00	-11.04
15267	-2.16	-3.24	-4.28	-5.62
15199	-1.03	-1.58	-2.11	-2.80
15066	-7.49	-9.00	-10.85	-12.98

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

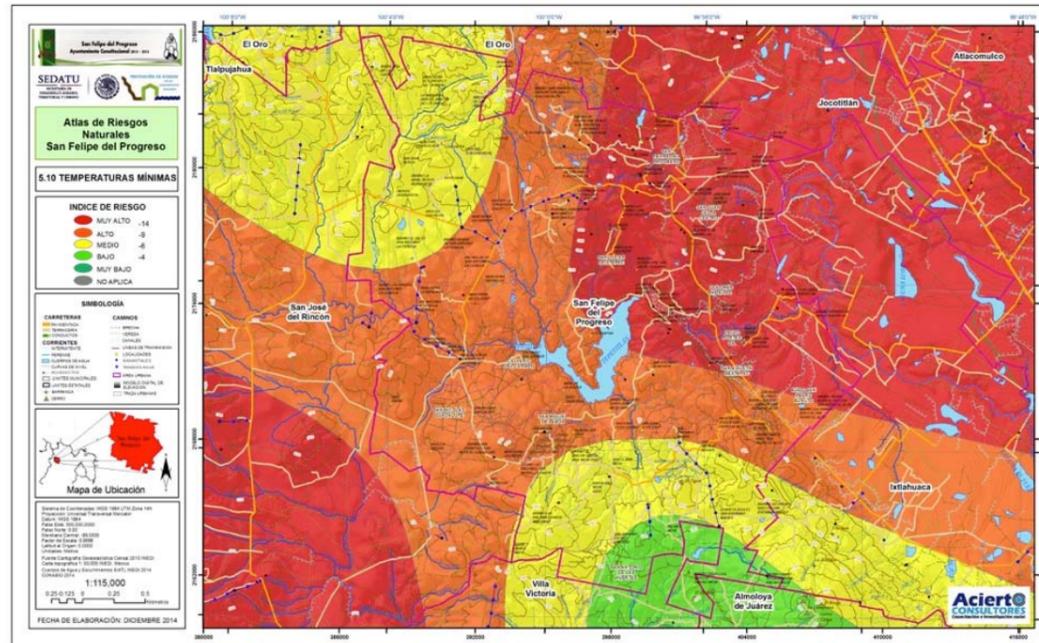
Nivel de peligro por temperaturas mínimas de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).



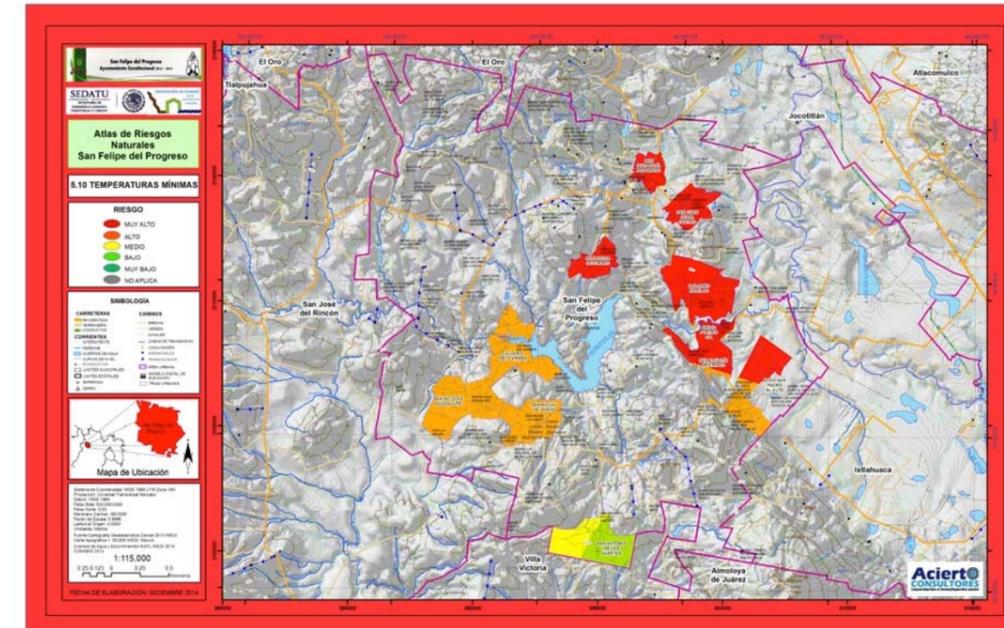
**Resultados en ondas gélidas.**

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

MAPA 46 Peligro por ondas gélidas (temperaturas mínimas).



MAPA 47 Riesgos por ondas gélidas.



De acuerdo al mapa anterior la mayor parte del municipio incluida la cabecera municipal de San Felipe del Progreso se localizan en una zona de peligro alto por ondas gélidas.

Así también localidades como Dolores Hidalgo, San Agustín Mextepec y parte de San Juan Jalapa se localizan en esa zona y la otra parte, casi el 50%, está ubicada en una zona de peligro muy alto.

Matriz de decisión RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS  
Vulnerabilidad / Peligro para ondas gélidas.

		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

Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos cuánta población se encuentra en riesgo de **ondas gélidas** 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.

### 5.2.3. 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.

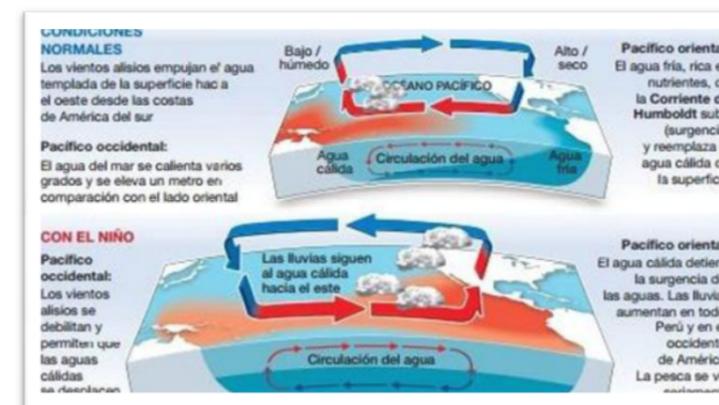
Para la caracterización de la sequía es muy importante determinar su duración, su intensidad o valor promedio del déficit de humedad y la severidad en términos del valor acumulado del déficit, de tal manera que estos parámetros ayudan en la difícil tarea de su catalogación. La distribución temporal y 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 preparadas 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 (ver figura siguiente).

**FIGURA 57** Condiciones normales del Pacífico tropical y Condiciones del Pacífico tropical durante “El Niño”



Fuente: Anastasia Gubin - La Gran Época

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.

“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 las estaciones climatológicas 15066, 15076, 15158, 15199, 15245 y 15267 se calculó el índice de severidad de la sequía para cada año de lluvia, respecto de la media histórica en cada estación de medición climatológica.

El índice 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)

El índice de severidad histórico de todos los meses para el municipio de San Felipe del Progreso en promedio ponderado de las estaciones climatológicas fue de 0.27. Derivado del cálculo, se le establece como un municipio con peligro leve por ocurrencia de sequías.

#### 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	INDICE SEVERIDAD
15245	0.25
15158	0.21
15076	0.18
15267	0.29
15199	0.21
15066	0.26

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

#### Resultados en Sequías.

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

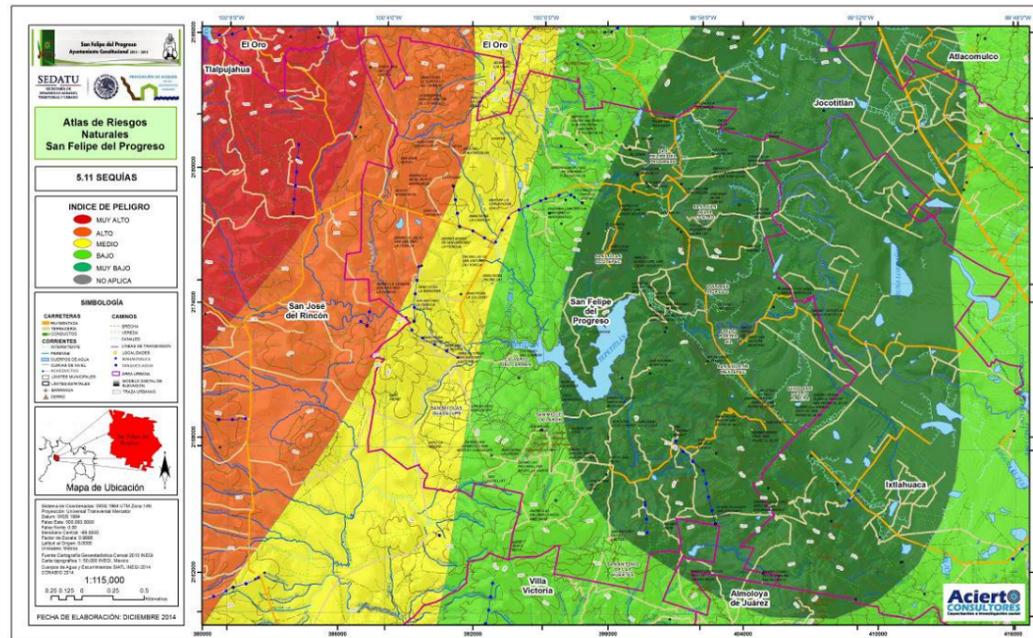
ID ESTACIÓN	INDICE SEVERIDAD
15245	LEVE
15158	LEVE
15076	AUSENTE
15267	LEVE
15199	LEVE
15066	LEVE

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

El índice de severidad histórico de todos los meses para el municipio de San Felipe del Progreso en promedio ponderado de las estaciones climatológicas fue de 0.27. derivado del cálculo.

En el siguiente mapa se presenta la distribución del peligro por sequía en el municipio de San Felipe del Progreso.

MAPA 48 Peligro por sequías en el municipio de San Felipe del Progreso



#### 5.2.4. 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 cero grados centígrados 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* de CENAPRED, específicamente en la capa de “Índice de días con helada por municipio”, tipifica a San Felipe del Progreso 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.

**FIGURA 58** Elementos que favorecen la inversión térmica



**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 (ver figura siguiente) y con ello se favorece la ocurrencia de las heladas.

**FIGURA 59** Aumento de la radiación de calor del suelo



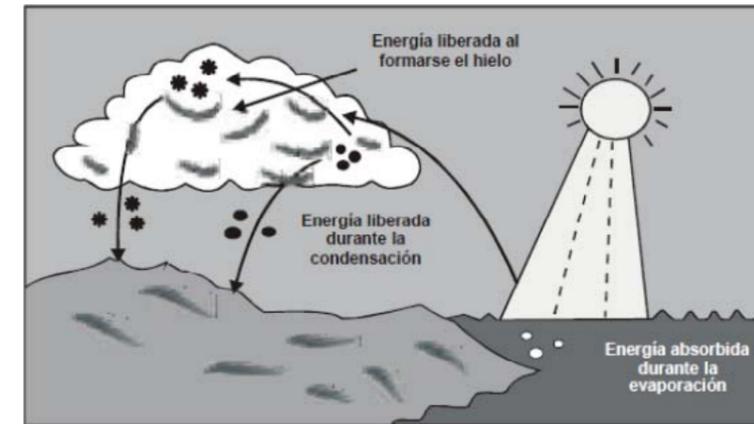
*Humedad atmosférica.* Cuando disminuye la temperatura a los 0° C o menos, y el viento es escaso, el vapor de agua contenido en el aire, se condensa; si la humedad es abundante, ésta produce niebla y cuando tiene poco contenido de humedad, se forma la helada. Por ello una gran humedad atmosférica reduce 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.

**FIGURA 60** Formación de hielo



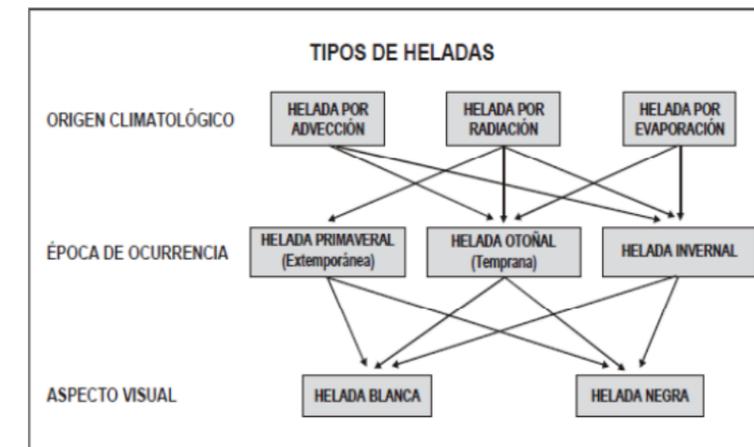
*Radiación solar.* Una cantidad de radiación solar es absorbida por la superficie de la Tierra y otra es devuelta desde su superficie a la atmósfera (radiación reflejada). Durante el día, el suelo retiene el calor y durante la noche lo pierde; estos procesos dependen de la nubosidad y del viento que 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 61** Elementos que integran la radiación solar



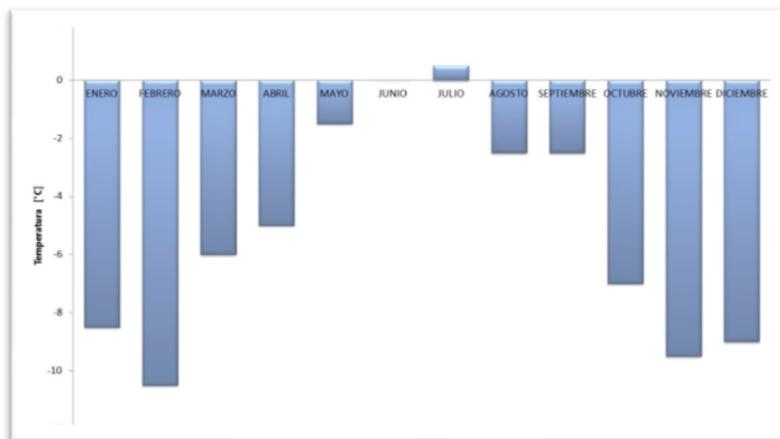
*Clasificación de las heladas.* Las heladas se pueden agrupar desde los puntos de vista de origen climatológico, época de ocurrencia o aspecto visual. Algunas de las categorías se relacionan entre sí.

**FIGURA 62** 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 15076, se utilizó esta estación ya que por su localización geográfica es la de mayor influencia en el Municipio.

**GRÁFICA 18** Temperaturas mínimas históricas mensuales en la estación 15076



Fuente: Registros en la estación climatológica 15076.

**Metodología para la determinación del peligro por Heladas.**

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 San Felipe del Progreso, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2010.

**TABLA 64** Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para temperaturas mínimas extremas)

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15066	Palizada	11959-2008	15199	Mina vieja	1975-2010
15076	Presa Tepetitlán	1961-2008	15245	La Jordana	1978-2008
15158	San Pedro de los Baños	1966-2008	15267	Chilipe	1981-2011

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

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.

Las zonas más frías en el municipio de San Felipe del Progreso se presentan en su parte Centro y Suroeste, y en la zona urbana es donde las temperaturas no son tan bajas.

**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.

**TABLA 65** Temperaturas mínimas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C]

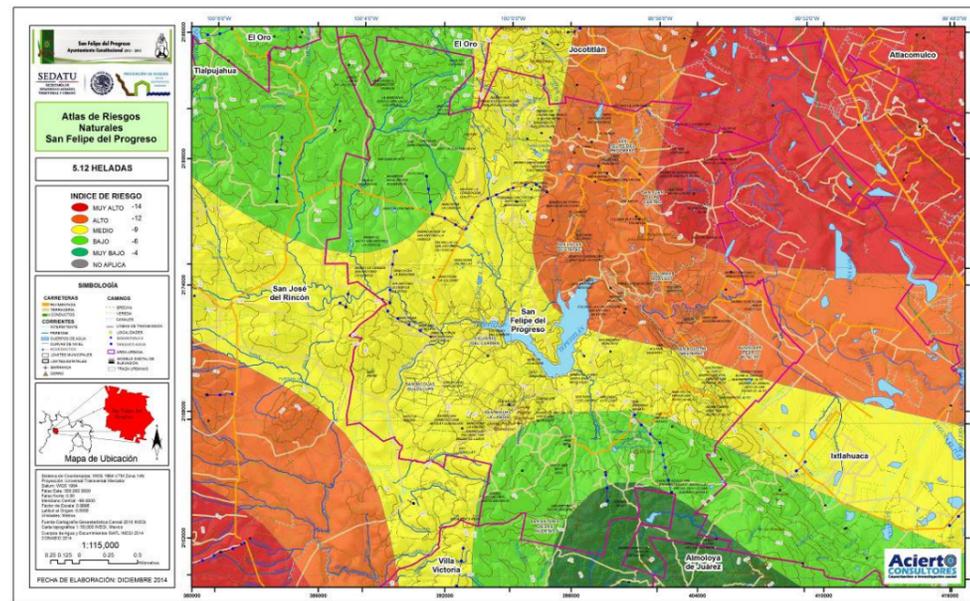
ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15245	-3.88	-5.17	-6.40	-8.00
15158	-5.83	-7.86	-9.00	-12.31
15076	-6.34	-7.81	-9.00	-11.04
15267	-2.16	-3.24	-4.28	-5.62
15199	-1.03	-1.58	-2.11	-2.80
15066	-7.49	-9.00	-10.85	-12.98

Fuente: elaboración propia en base a registros de CLICOM

**Resultados por Heladas.**

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

**MAPA 49 Índice de riesgos por Heladas en el municipio de San Felipe del Progreso**



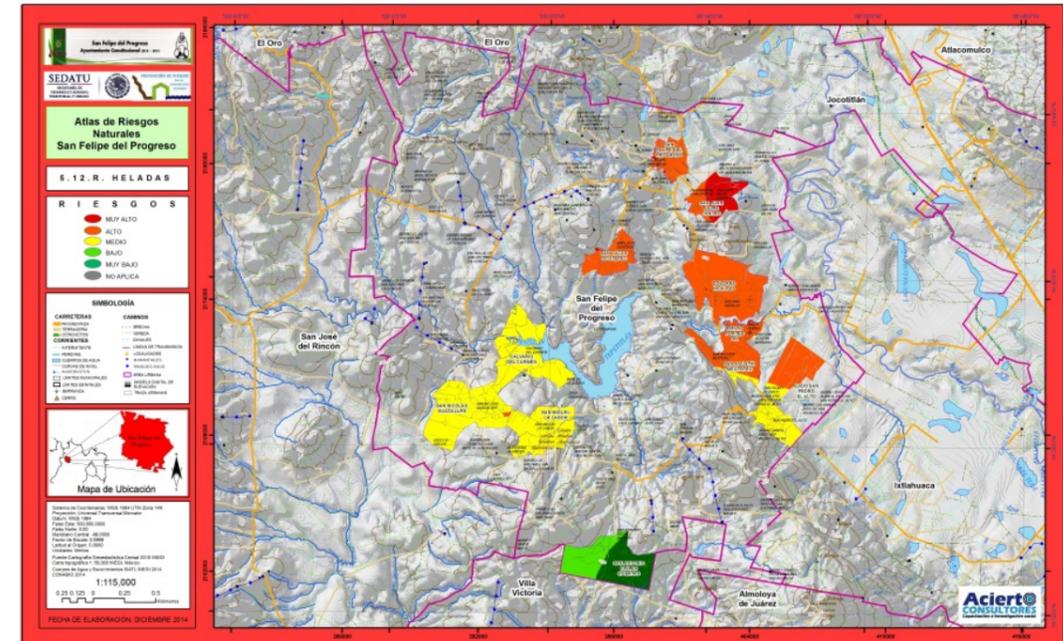
De acuerdo al mapa anterior la mayor parte de la zona urbana y esta incluye la cabecera municipal de San Felipe del Progreso se localizan en una zona de índice de riesgos por **heladas**.

Así también localidades como Dolores Hidalgo, San Agustín Mextepec y parte de San Juan Jalapa también se localizan en esa zona, el restante 50% aproximadamente está ubicado en una zona de peligro muy alto.

**Riesgo**

Según las Bases de la Sedatu, el riesgo es la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (Ley General de Protección Civil); 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.

**MAPA 50 Riesgo por heladas en el municipio San Felipe del Progreso**



**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

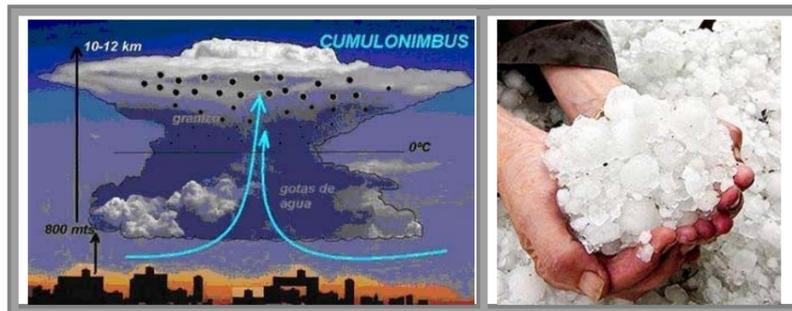
Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos cuánta población se encuentra en riesgo de **heladas** a través de la siguiente fórmula:  $riesgo = vulnerabilidad \times peligro$ . A continuación se presenta la tabla 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 por nivel de riesgo de heladas			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	64	4,539	1080
ALTO	294	20,754	4941
MEDIO	179	22,059	5259
BAJO	15	2,327	622
MUY BAJO	21	2,877	669

### 5.2.5. 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 *cumulunimbus* (Figura siguiente) son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

FIGURA 63 Formación de tormentas de granizo



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 como base las normales climatológicas históricas en las estaciones base climatológicas claves 15004, 15049, 15266 y 15315. Se toman el número de granizadas promedios 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 San Felipe del Progreso, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2010.

**TABLA 66 Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para días con granizo)**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15066	Palizada	11959-2008	15199	Mina vieja	1975-2010
15076	Presa Tepetitlán	1961-2008	15245	La Jordana	1978-2008
15158	San Pedro de los Baños	1966-2008	15267	Chilipe	1981-2011

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

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 isóneas 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 de 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad ala 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 los días con granizo por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

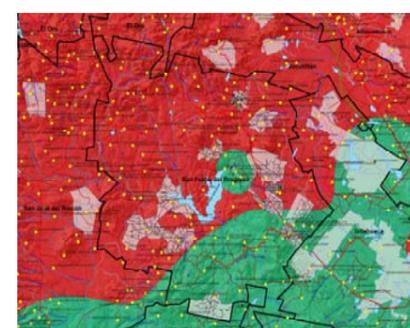
**TABLA 67 Días con granizo asociados a diferentes periodos de retorno**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15245	3.94	5.33	6.66	8.39
15158	3.66	5.23	6.74	8.00
15076	3.66	5.23	6.74	8.00
15267	23.05	33.99	44.49	58.07
15199	3.85	5.28	6.83	8.46
15066	2.58	3.79	4.95	6.45

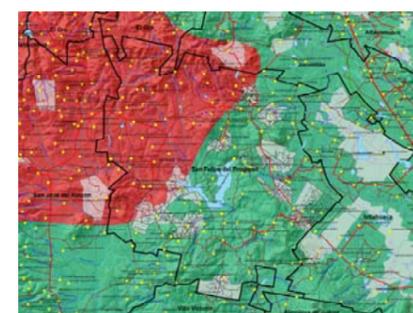
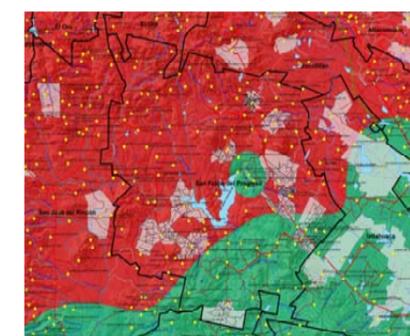
Fuente: elaboración propia en base a registros de CLICOM.

Nivel de peligro por granizadas de acuerdo a su periodo de retorno: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).

PR 5 años



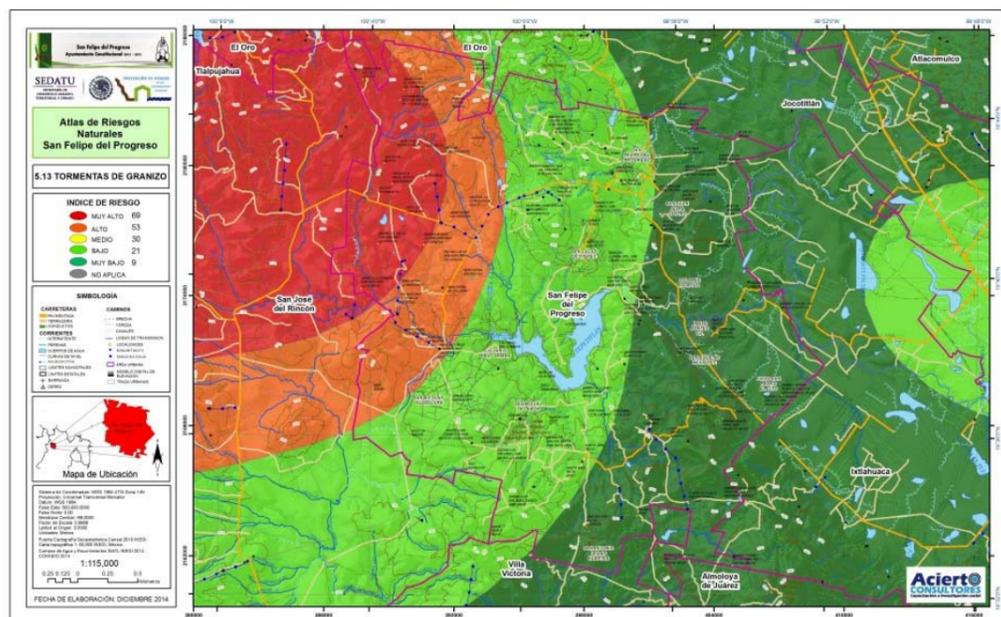
PR 10 años



Resultados de días con granizo.

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

**MAPA 51 Índice de riesgo por tormentas de granizo en el municipio de San Felipe del Progreso**



En general para este fenómeno la mayoría de las zonas urbanas incluyendo la cabecera municipal de San Felipe del Progreso se localiza en una zona de Índice de riesgo bajo.

### 5.2.6. 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.

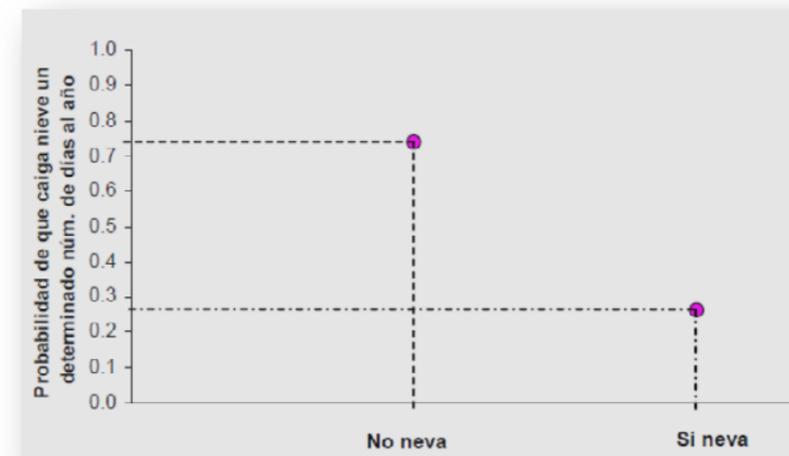
Las nevadas principalmente ocurren en el norte del país y en las regiones altas, y rara vez se presentan en el sur. De la "Guía Básica para la Elaboración de Atlas de Riesgos Estatales y Municipales", página 386, en la región del Nevado de Toluca se tienen las siguientes funciones de peligro para el Nevado de Toluca:

**FIGURA 64**

**FIGURA 65** Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm



**FIGURA 66** 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 2,950 msnm se establece que el peligro por tormentas de nieve como no aplica, para el municipio de San Felipe del Progreso.

El mapa resultado se muestra a continuación.

MAPA 52 Peligro por tormentas de nieve en el municipio de San Felipe del Progreso

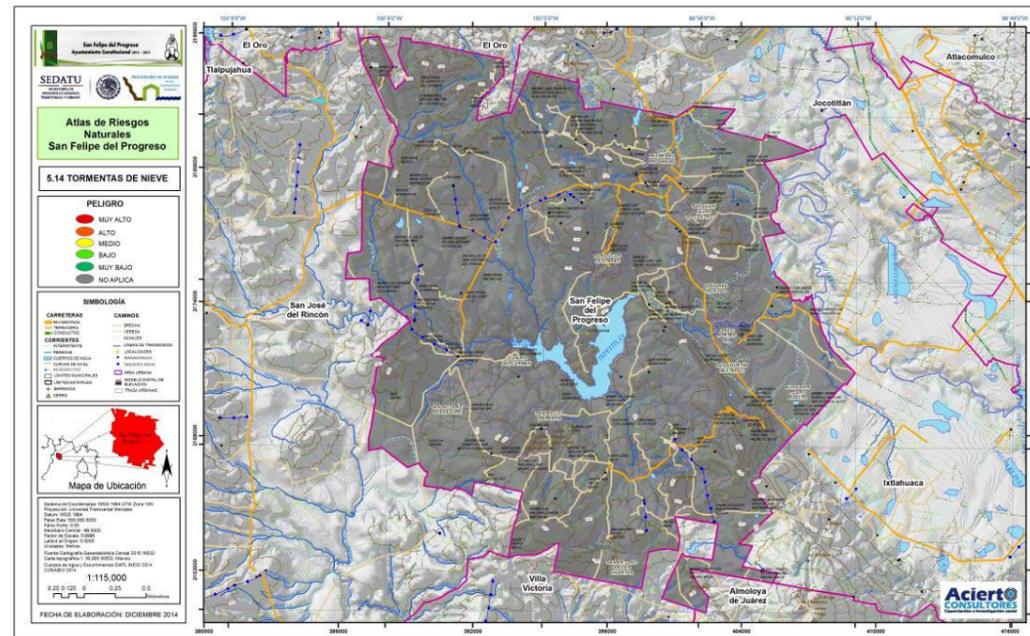
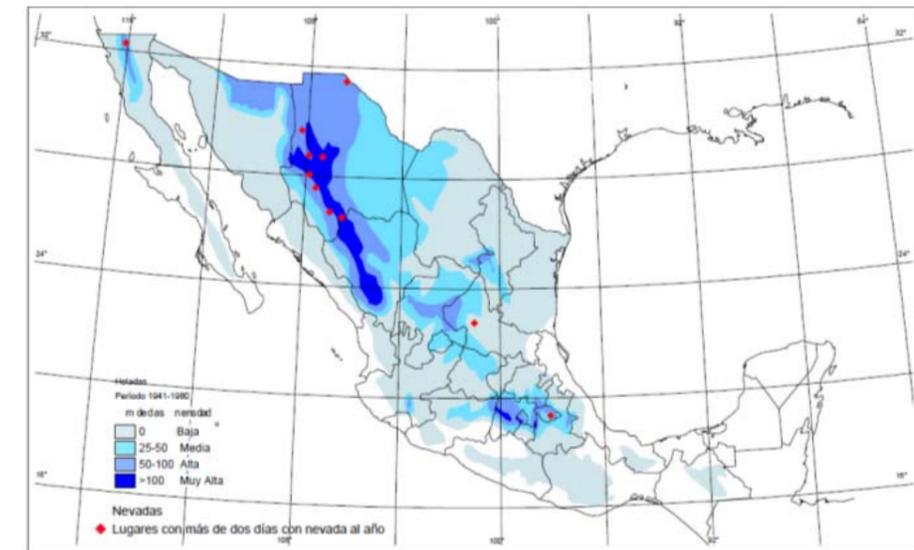


FIGURA 67 Heladas y nevadas en México



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

### 5.2.7. 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 aplica en el municipio.

Del Atlas climatológico de ciclones tropicales en México se revisaron las trayectorias ciclónicas de los huracanes registrados en México y se observó que solamente un huracán ha tenido su incidencia ciclónica en el Estado de México. Este huracán entró por el Pacífico, fue el Cosme, registrado del 18 al 23 de junio de 1989, su categoría en la escala Saffir – Simpson fue H1, con vientos de hasta 120 km/h. Entró a tierra por Cruz Grande, Guerrero, siendo los estados afectados Guerrero, Morelos, Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas.

En la tabla Grados de vulnerabilidad, escala Saffir-Simpson, tomada de las *Bases para la Estandarización de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2014*, 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 México es prácticamente nula la incidencia de este tipo de eventos en la zona de San Felipe del Progreso; la única evidencia corresponde al

evento antes mencionado. Debido a que este fenómeno no ha presentado otras manifestaciones en nuestro territorio de referencia, no se calcularon los periodos de retorno.

**TABLA 68 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
Perturbación Tropical	1008.1 a 1010	---	---	Ligará Circulación de vientos
Depresión Tropical	1004.1 a 1008	< 62	---	Localmente destructivo
Tormenta Tropical	985.1 a 1004	621 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos
Huracán Categoría 1	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.
Huracán Categoría 2	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.
Huracán Categoría 3	915.1 a 965	178.1 a 210	25 a 4.0	Potencial extensivo. Follaje arrancado de los árboles altos.

Categoría	Presión Central (mb)	Vientos (Km/h)	Marea de Tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
				Destrucción de prácticamente de 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 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.
Huracán Categoría 4	920.1 a 945	910.1 a 250	4.0 a 4.5	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. 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.
Huracán Categoría 5	< 920	>250	>5.5	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.

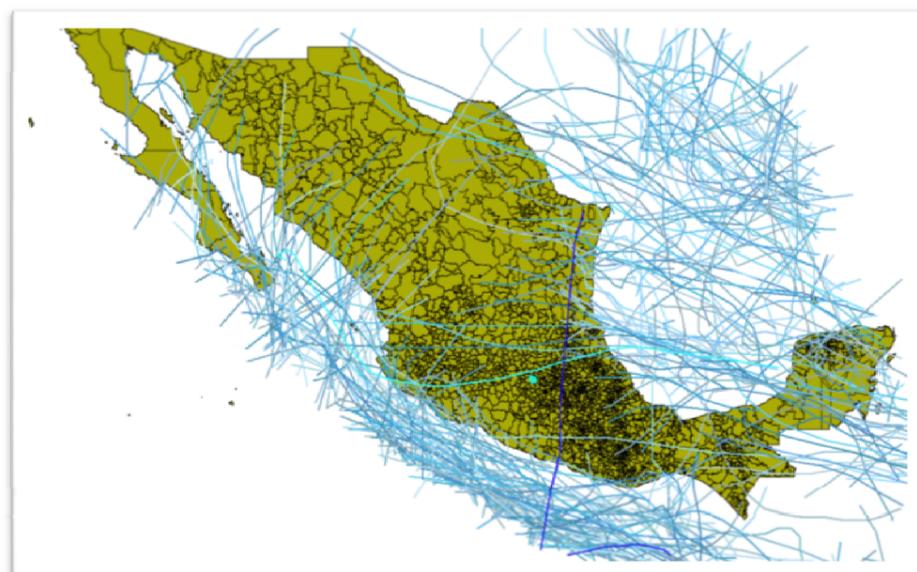
Categoría	Presión Central (mb)	Vientos (Km/h)	Marea de Tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
				Algunas edificaciones con falla total. Pequeñas edificaciones derribadas o volcadas. Destrucción completa de casas móviles. Daños graves en plantas bajas de todas las estructuras situadas a menos de 4.5 m sobre el nivel del mar y a una distancia de hasta 400 metros de la costa

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



Fuente: NationalHurricane Center (Centro Nacional de Huracanes).

**FIGURA 68** Trayectorias de Ciclonés Tropicales por el Pacífico, Caribe y Golfo de México



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

De la figura anterior se pudo observar que existe un huracán que cruzó de noreste a noroeste el Municipio de San Felipe del Progreso, a este Huracán se le llamo Debby y ocurrió en 1988.

**FIGURA 69** Trayectoria del Huracán Debby que perteneciente a la temporada de huracanes en el Atlántico de 1988

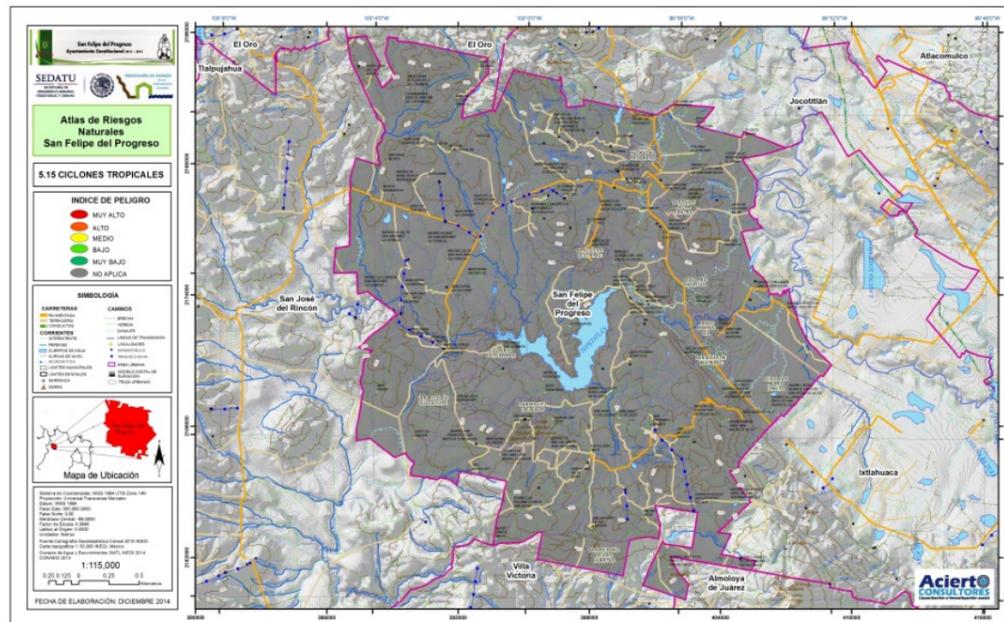
El huracán Debby fue la octava depresión tropical, cuarta tormenta, y primer huracán de la temporada de huracanes en el Atlántico de 1988. Es notable que Debby fue uno de los huracanes que más al sur ha llegado, (Tuxpan, México), convirtiéndose en el primero en tocar tierra ahí desde el huracán Anna en 1956. Antes, tres tormentas en la temporada de 1955 también tocaron tierra ahí, Gladys, Hilda y Janet. Después de cruzar al este del Pacífico en México, Debby se convirtió en la Depresión tropical 17-E, tomando dirección norte, pero amainó y se disipó poco después.

Una fuerte onda tropical se formó cerca de la costa noroeste de África el 15 de agosto. Al moverse en dirección norte un área dividida de la onda se convirtió en la depresión tropical número siete cerca de las Antillas Menores. Ese sistema se movió al oeste convirtiéndose en la tormenta tropical Chris días después. Los remanentes de la onda continuaron en dirección oeste y entraron al mar Caribe como un centro desorganizado de chubascos. Durante la noche del 29 de agosto, alguna convección se unió y un centro de nivel inferior apareció sobre la península de Yucatán. El centro se desplazó hacia la bahía de Campeche y fue declarado como 1.5 en la escala de Dvorak estimando que se convertiría en la depresión tropical número ocho para aquel momento, 18:00 UTC 30 de agosto.

Las bandas se unieron y patrones de flujo se organizaron el 1 de septiembre. La depresión tropical número ocho se movió en dirección oeste con un incremento en su desarrollo, transformándose en la tormenta tropical Debby al día siguiente. Debby se desplazó hacia Tuxpan a 11 km/h mientras una nave de reconocimiento de la Fuerza Aérea encontró vientos de 140 km/h a 460 m y de 130 km/h en la superficie de la tormenta, convirtiendo a Debby en el primer huracán de la temporada el 2 de septiembre. Para este momento, el pequeño centro de Debby se encontraba a 56 km de México. No se enviaron más naves de reconocimiento después de que tocara tierra y los pronosticadores dependían exclusivamente de las imágenes satelitales, quienes predijeron pocos cambios en la intensidad. Debby tocó tierra en Tuxpan el 3 de septiembre a las 00:00 UTC. Se debilitó sobre los terrenos montañosos de México, pero fue

capaz de seguir su enlace para convertirse en la depresión tropical 17E al este de la cuenca del océano Pacífico.

**MAPA 53 Índice de Peligro por ciclones tropicales en el municipio de San Felipe del Progreso**



**Impactos.** No existieron reportes de Tuxpan, una ciudad de 120 000 personas, todo lo que se sabe es que ocurrió una fuerte inundación.<sup>1</sup> Tres de las diez muertes reportadas por Debby fueron a causa de una avalancha de tierra en Papantla que destruyó dos casas. Otras tres muertes relacionadas con la tormenta fueron reportadas con otras avalanchas que destrozaron otras casas en Poza Rica. Cuatro personas murieron y dieciséis se lesionaron en un pueblo al norte de la Ciudad de México cuando una avalancha de lodo aplastó varias residencias. Diez personas fallecieron en Veracruz habiendo entre 25,000 y 50,000 sin albergue. Varios equipos de emergencia trabajaron apresuradamente en preparar albergues para ellos. Debby causó varios apagones en Tuxpan, Poza Rica y en otros lugares. En Poza Rica, los escombros causaron que las salidas de agua se bloquerasen. Lodo y piedras bloquearon caminos, y docenas fueron rescatados por las inundaciones de casas y autos. Hubo daños mayores, principalmente en ocho comunidades.

De las trayectorias que se tienen registros suman un total de 3,434 del año 1970 al 2011. De ese universo solo el Huracán Debby ha sido el único que ha cruzado por territorio del Municipio. Por lo anterior se puede clasificar como un peligro que no aplica.

### 5.2.8. 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.

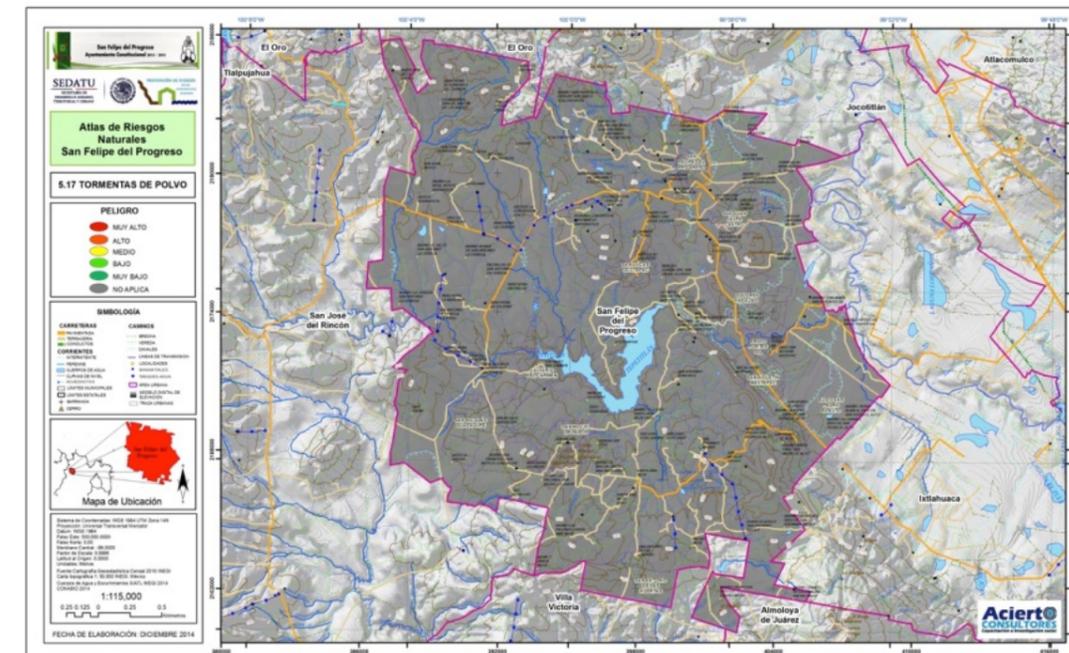
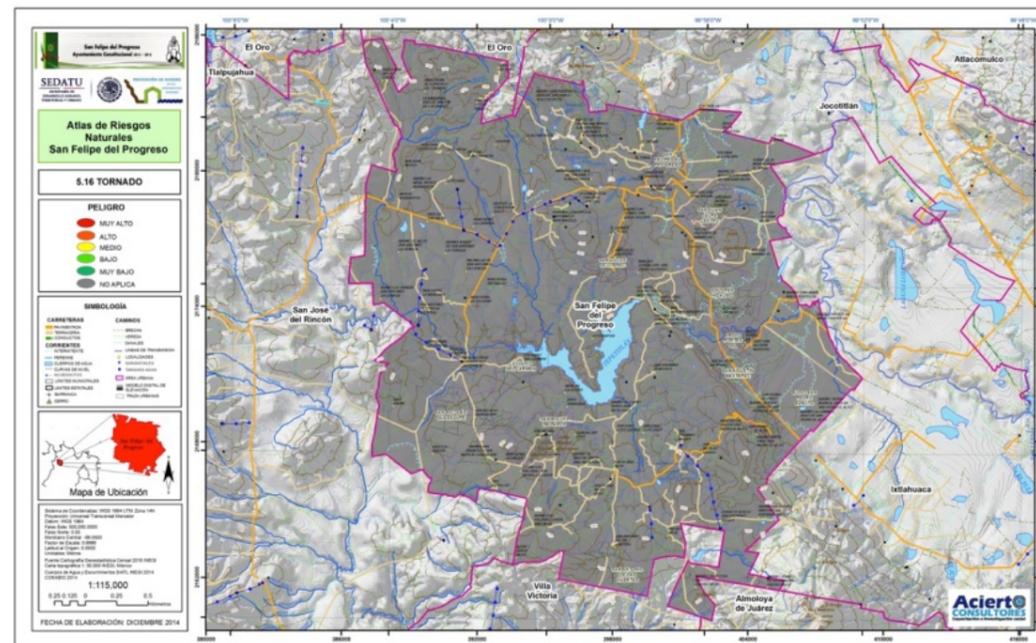
Algunos tornados están constituidos por un solo vórtice, mientras que otros forman un sistema de varios de ellos que se mueven en órbita alrededor del centro de la circulación más grande del tornado. Estos vórtices se pueden formar y desaparecer en segundos. Los tornados pueden ser locales, pero la rapidez 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 súper-celdas 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 54 Peligro por tornados en el municipio San Felipe del Progreso**

**MAPA 55 Peligro por tormentas de polvo en el municipio San Felipe del Progreso**



De acuerdo a las visitas de campo y entrevistas con el personal de Protección Civil del Municipio, se recopiló lo siguiente.

En cuanto a los remolinos, dicen que se presentan cada año entre febrero y abril. Se les conoce como "la tolvanera", es de sur a norte y afecta:

Santa Ana Nichi (Barrio Agua Zarca Nichi, Barrio Las Palomas); San Miguel la Labor (Barrio Buenavista, Barrio Las Palomas, Barrio Monte Alto); San Antonio Las Huertas; Fresno Nichi; San Nicolás Guadalupe (Barrios Zaragoza, San Francisco y Santa Cruz). También Tungareo, Tepetitlán, Flor de María, Nenenací.

El peligro por tornado en el municipio San Felipe del Progreso no aplica, debido principalmente a su orografía, lo que impide el desarrollo de este tipo de fenómenos.

### 5.2.9. 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 lloviznas, 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.

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 San Felipe del Progreso, es no aplica.

### 5.2.10. 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 peligros 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 San Felipe del Progreso, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2008.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas.

**TABLA 69 Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso para días con tormentas eléctricas**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15066	Palizada	1959-2008	15199	Mina vieja	1975-2010
15076	Presa Tepetitlán	1961-2008	15245	La Jordana	1978-2008
15158	San Pedro de los Baños	1966-2008	15267	Chilipe	1981-2011

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

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 isolíneas 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 ajustes de funciones de probabilidad ala 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 los días con tormentas eléctricas por estación para cada uno delos periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 70 Días con tormentas (frecuencia) eléctricas a diferentes periodos de retorno**



*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. El mapa se muestra a continuación.

**FIGURA 70** 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 San Felipe del Progreso, se obtuvo el valor medio mensual para el periodo de registro de 1951-2008.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas.

**TABLA 71** Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para lluvias extremas)

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15066	Palizada	1959-2008	15199	Mina vieja	1975-2010
15076	Presa Tepetitlán	1961-2008	15245	La Jordana	1978-2008
15158	San Pedro de los Baños	1966-2008	15267	Chilipe	1981-2011

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

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 lluvias extremas.**

Para poder determinar los días con granizo asociados a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, se recurrió a un ajuste de funciones de probabilidad ala 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 lluvias máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 72 Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno**  
**TABLA 73**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15245	57.99	66.03	73.58	83.03
15158	50.48	57.14	63.53	71.81
15076	51.16	57.79	63.92	71.52
15267	30.39	31.55	32.67	34.11
15199	63.04	72.83	81.61	92.25
15066	49.79	56.48	62.89	71.20

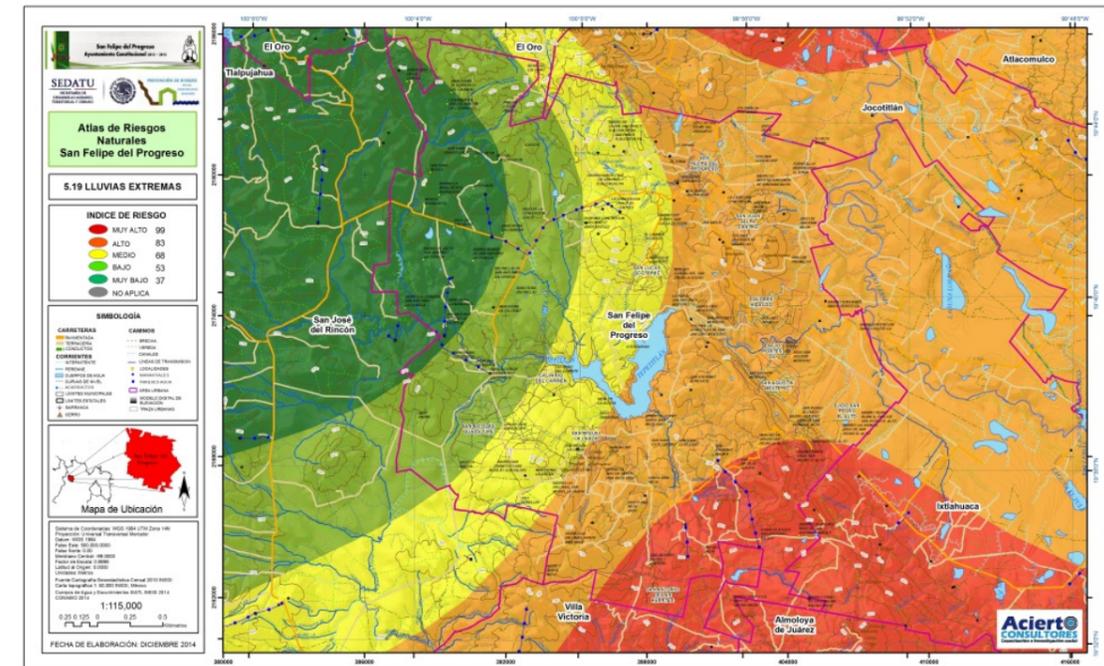
Fuente: elaboración propia en base a registros de CLICOM.

**Resultados de lluvias extremas.**

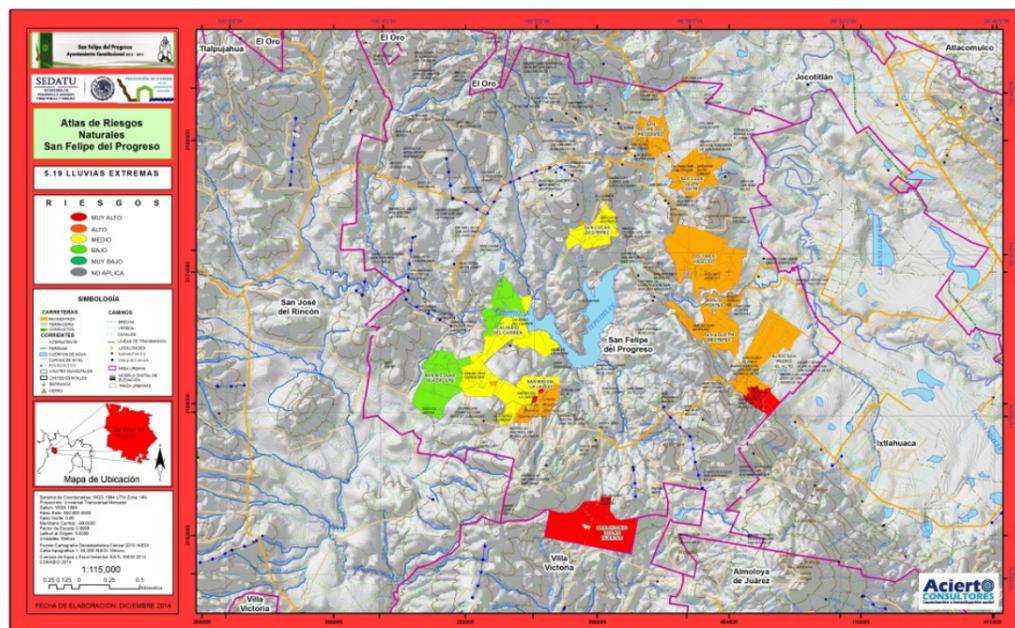
En el siguiente mapa se presenta la distribución del Índice de riesgo por lluvias extremas para un periodo de retorno de 50 años, esto para representar la situación más desfavorable para este municipio. La cabecera municipal de San Felipe del Progreso se localiza en una zona de Índice de riesgo alto por lluvias extremas. Lo mismo que localidades como San Juan Jalpa,

Dolores Hidalgo, San Jerónimo Boncheté. En la localidad de San Pedro el Alto el Índice de riesgo aumenta a muy alto.

**MAPA 57 Lluvias extremas en el municipio de San Felipe del Progreso**



**MAPA 58 Riesgo por lluvias extremas en el municipio de San Felipe del Progreso**



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

		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

Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos cuánta población se encuentra en riesgo de lluvias 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.

**5.2.12. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres**

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.

**Metodología para la determinación del peligro por Inundaciones.** Se delimitan las cuencas de aportación de los arroyos y ríos que 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.

Del análisis estadístico de la variable climatológica, lluvia máxima en 24 horas reportada en la base de datos de CONAGUA y de las estaciones que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso, se obtuvieron las precipitaciones máximas asociadas a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas utilizadas.

**TABLA 74 Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso para llluvias máximas en 24 hrs.**

CLAVE	NOMBRE	PERIODO	CLAVE	NOMBRE	PERIODO
15066	Palizada	1959-2008	15199	Mina vieja	1975-2010
15076	Presa Tepetitlán	1961-2008	15245	La Jordana	1978-2008
15158	San Pedro de los Baños	1966-2008	15267	Chilipe	1981-2011

Fuente: Elaboración propia en base a registros de CLICOM y CONAGUA

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 isotermas por tormenta de granizo para el municipio.

**Memoria de cálculo para la determinación del peligro por inundaciones.**

Para poder determinar las lluvias máximas asociadas a los periodos de retorno de 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 lluvias máximas por estación para cada uno de los periodos de retorno antes mencionados.

**TABLA 75 Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno**

ID ESTACIÓN	Tr			
	5	10	25	50
15245	57.99	66.03	73.58	83.03
15158	50.48	57.14	63.53	71.81
15076	51.16	57.79	63.92	71.52
15267	30.39	31.55	32.67	34.11
15199	63.04	72.83	81.61	92.25
15066	49.79	56.48	62.89	71.20

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.

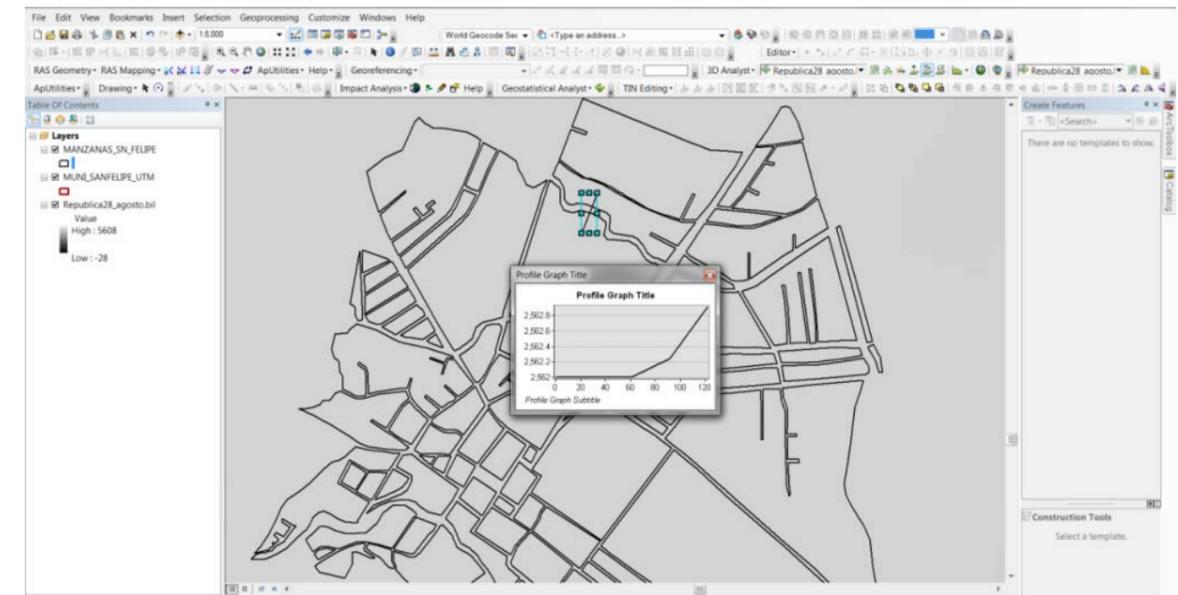
**TABLA 76 Caudales máximas para diferentes periodos de retorno**

Tr	Q [m3/s]
5	21.91
10	23.63
25	27.5
50	30.94

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 71 CEM 3.0 En zona de cauces en San Felipe del Progreso y perfil del cauce Purla.**



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 éstos tienen un ancho de aproximadamente 3 a 5 metros y al tomar esta información como base no representaba lo ocurrido el día de la inundación acontecida el 9 de octubre de 2014, siendo esta la base para los modelos de ríos se decidió delimitar las áreas de inundación de acuerdo a la información recopilada en campo. Además personal de Protección Civil tiene abundante información sobre este evento:

**“INFORME DE LA CONTINGENCIA HIDROCLIMATOLOGICA OCURRIDA EL 09 DE OCTUBRE DE 2014 EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN FELIPE DEL PROGRESO**

El pasado día 09 de octubre de 2014, a las 19:00 hrs. se suscitó un fenómeno hidrológico atípico, caracterizado por una intensa y prolongada precipitación pluvial acompañada de granizo con una duración de aproximadamente 2 horas sobre la cabecera municipal, la cual afectó de manera importante las zonas urbanas asentadas en las partes bajas.

A consecuencia de esto, se obstruyó el canal de aguas pluviales que vierte al río Purla con desechos sólidos urbanos y escombros, así como el congestionamiento de bocas de descarga de los drenajes, lo que provocó el desbordamiento de los cauces pluviales naturales, inundando y afectando a 5 edificios públicos, 86 viviendas, 8 locales comerciales y 7 locales comerciales con casa habitación en la col. José María Morelos y Pavón (bulevar Morelos, cerrada 2000 y Prol. Mariposa Monarca), las Peñitas, ejido de Jalpa, col. Ejidal, ejido de cabecera y col. Niños Héroes.”

**FIGURA 72 Focalización de la siniestralidad del fenómeno hidrometeorológico**



Fuente: Personal de Protección Civil del Municipio de San Felipe del Progreso

En resumen en la siguiente tabla se muestran los daños ocasionados por el fenómeno hidrológico del 9 de octubre de 2014

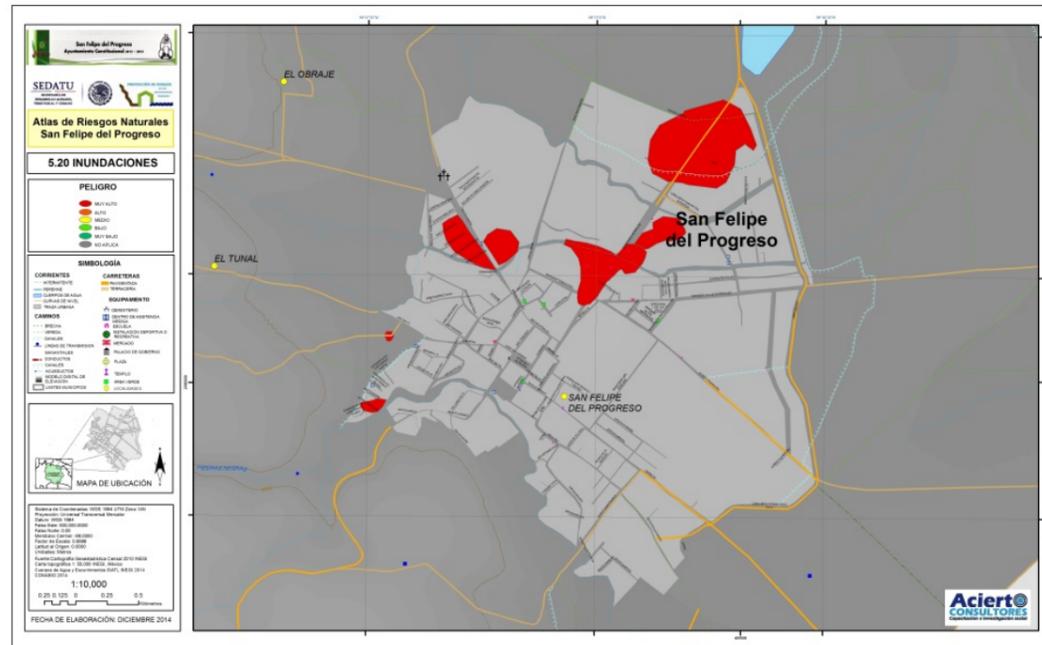
**TABLA 77 Cuadro resumen de afectaciones**

LUGAR	CANTIDAD
HOSPITAL GENERAL DE SAN FELIPE DEL PROGRESO (CABECERA MUNICIPAL)	37 PACIENTES TRASLADADOS
ESCUELA DE ARTES Y OFICIOS DE SAN FELIPE DEL PROGRESO	DAÑOS MATERIALES EN TALLERES Y AREA ADMINISTRATIVA
ESTANCIA INFANTIL JESUS IMOFF CABRERA	SIN DAÑOS MATERIALES
ESCUELA PRIMARIA ANEXA A LA NORMAL	SIN DAÑOS MATERIALES
ESCUELA NORMAL DE SAN FELIPE DEL PROGRESO	SIN DAÑOS MATERIALES
BULEVAR MORELOS (COL. JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN)	20 VIVIENDAS 08 LOCALES COMERCIALES 7 VIVIENDAS CON LOCAL COMERCIAL
CERRADA 2000 (COL. JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN)	17 VIVIENDAS
PROL. MARIPOSA MONARCA (COL. JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN)	08 VIVIENDAS
LAS PEÑITAS	13 VIVIENDAS
EJIDO DE JALPA	10 VIVIENDAS
COLONIA EJIDAL	14 VIVIENDAS
EJIDO DE CABECERA	01 VIVIENDAS
COL. NIÑOS HEROES	03 VIVIENDAS

Fuente: Personal de Protección Civil del Municipio de San Felipe del Progreso

De lo anterior el personal de Protección Civil ha detectado algunas acciones inmediatas que eviten eventos como el descrito.

**MAPA 59 Inundaciones en San Felipe del Progreso**

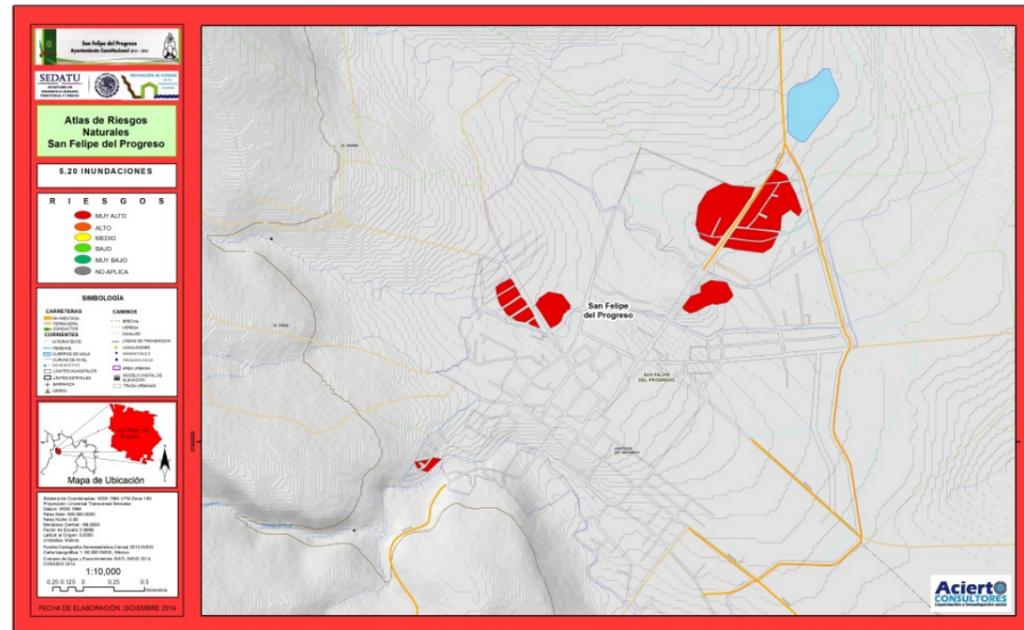


**FIGURA 73 Acciones de desazolve de cauces pluviales para la prevención de futuras inundaciones**



Fuente: Personal de INEGI de Protección Civil del Municipio de San Felipe del Progreso

**MAPA 60** Riesgo de inundaciones en el municipio de San Felipe del Progreso



**Matriz de decisión RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

		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

Con la definición antes mencionada y los valores definidos para vulnerabilidad y peligro, se obtuvo por medio de cruces geográficos cuánta población se encuentra en riesgo de **inundaciones** a través de la siguiente fórmula: *riesgo = vulnerabilidad x 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 por nivel de riesgo de INUNDACIONES			
Riesgo	Manzanas	Población	Viviendas
MUY ALTO	15	655	143
ALTO	---	---	---
MEDIO	---	---	---
BAJO	---	---	---
MUY BAJO	---	---	---

**REQUERIMIENTO DE APOYOS INSTITUCIONALES**

Si bien es cierto que la contingencia ocurrida el día 9 de octubre de 2014 fue atendida con eficiencia y prontitud, y esto permitió que las actividades se normalizaran muy rápido, también es cierto que los apoyos que se proporcionaron fueron insuficientes para atender los daños ocurridos.

Es por ello que se requiere apoyo con:

- **MATERIALES INDUSTRIALIZADOS** para la reconstrucción de bardas perimetrales de la Edayo (150 ml), panteón municipal (20 ml), centro de salud de san Antonio Mextepec (50 ml), primaria Emiliano Zapata de Mayorazgo (30 ml), y primaria Miguel Hidalgo y Costilla de las Palomas (60ml)

**Total: 310 ml de barda perimetral**

- **ACCIONES PARA VIVIENDA**  
68 camas con colchón  
18 estufas  
27 refrigeradores  
50 paquetes de electrodomésticos (licuadora, horno de microondas y plancha)

**Total: 153 acciones para vivienda**

- **APOYO CON CRÉDITOS BLANDOS** para los comerciantes afectados
- Apoyo para la elaboración del **PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA COLECTOR DE AGUAS PLUVIALES** para la cabecera municipal





## CAPÍTULO VI



## OBRAS DE MITIGACIÓN

### 6.1. Recomendaciones para riesgos geológicos

Las áreas forestales del municipio han sido seriamente dañadas, básicamente por la tala inmoderada de árboles para la comercialización clandestina de madera o para ampliar las zonas de cultivo y expandir los espacios de pastoreo.

Otras actividades que afectan las áreas forestales son las actividades de tumba-roza-quema y la explotación intensiva de leña para combustible. Se utilizan técnicas inadecuadas y el uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha reducido la capa fértil del suelo cultivable. En otras zonas los sistemas de cultivo tradicionales y el pastoreo han favorecido el proceso de erosión, de tal manera que el 1.4% del suelo cultivable del municipio se encuentra erosionado.

Fenómenos que también se presentan en el municipio son: ondas gélidas e inundaciones.

Como conclusión de este apartado se recomienda llevar a cabo en el municipio lo que las acciones y pasos a los que se refieren los siguientes puntos:

1. Es importante que se realicen todos los estudios necesarios para verificar y ajustar la información bibliográfica que se recabó en la realización del presente atlas, por ejemplo: se recomienda elaborar un plano a escala local geológico-geotécnico en el cual se indiquen los suelos o materiales más susceptibles de sufrir procesos de deslizamiento, derrumbes o flujos.
2. Se recomienda la reubicación de pobladores de San Pedro el Alto que se encuentran en zonas de muy alta y alta susceptibilidad. Para ello, será necesario llevar a cabo un censo y un estudio de factibilidad para lugares alternativos.
3. Se recomienda que se establezcan los taludes a lo largo de las vías de comunicación, a fin de disminuir riesgos.
4. Con base en los resultados de los estudios que se realicen a nivel municipal se recomienda la reforestación de las zonas más susceptibles registradas dentro del municipio.
5. Se realice el monitoreo de las vías de comunicación susceptibles a hundimientos, deslizamientos, derrumbes o flujos.
6. Es importante realizar estudios en zonas susceptibles a caída de rocas, con el fin de evitar accidentes por este tipo de desprendimientos de materiales.
7. Monitoreo de zonas de reptación para no cambiar uso de suelo por la susceptibilidad que presenta la zona.

8. Monitoreo de las zonas del municipio susceptibles a erosión.
9. Monitoreo de las zonas de fallas y fracturas que presenta el municipio, por el riesgo que pudiera llegarse a generar.
10. Organizar talleres de concientización de los diferentes fenómenos perturbadores que afectan el municipio e impartirlos de acuerdo con la zona en la que es más factible se presenten.

A continuación se incluyen las propuestas de obras y acciones para el municipio de San Felipe del Progreso.

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
<b>Geológicos</b>				
Derrumbes (caídos)	Carretera federal 16	Inestabilidad de laderas	Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes  Cubrir ya sea con suelo fértil, concreto lanzado, geotextiles, entre otros;  Construir terrazas o bermas para evitar que el agua adquiera velocidad;  Impermeabilizar la parte alta de los taludes,	La mejor solución está en función de la litología y/o geología por lo que estos factores deben ser considerados en un estudio puntual de acuerdo a la necesidad de cada sitio.
Flujos	Parte alta de San Pedro	Saturación del suelo	Realizar estudios de geotecnia	Conocer la capacidad de resistencia del suelo.



**PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES**

FENÓMENOS/RIESGOS	UBICACIÓN	CAUSA	OBRA O ACCIÓN PROPUESTA	OBSERVACIONES
Inundaciones	Río San Felipe 1	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río San Felipe del Progreso 1 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y 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, cuál es su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	
	Río San Felipe 1	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del	

			Río San Felipe para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	
	Río San Felipe 1	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río San Felipe del Progreso 1	
	Río San Felipe 1	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores Dimensionar obras de protección.	
	Río San Felipe 2	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río San Felipe del Progreso 2 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, su avenida de diseño (a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	
	Río San Felipe 2	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río San Felipe del Progreso 2	

			para los periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	
	Río San Felipe 2	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río San Felipe del Progreso 2	
	Río San Felipe 2	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores Dimensionar obras de protección.	
	Río San Felipe 3	Desbordamiento	Levantamiento topográfico a detalle del Río San Felipe del Progreso 3 y sus afluentes, curvas a cada 20 cm y realizar el levantamiento detallado de todas las obras hidráulicas que se localicen sobre algún cauce, con la finalidad de conocer cuál es la capacidad hidráulica de éstas, y cuál es su avenida de diseño ( a qué periodo de retorno corresponden) y qué influencia presentan para el libre flujo del agua.	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río San Felipe 3	Desbordamiento	Estudio Hidrológico del Río San Felipe del Progreso 3 para los	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal

			periodos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.	
	Río San Felipe 3	Desbordamiento	Estudio Hidráulico del Río San Felipe del Progreso 3	Para fines de delimitación de Zona Federal y que ayude a delimitar zonas de crecimientos en el Plan de Desarrollo Municipal
	Río San Felipe 3	Desbordamiento	En base a los estudios anteriores se realiza la conservación y limpieza del cauce.	
	Municipio	Medición Hidrometeorológica	Instalación de estación Hidrometeorológica	



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Ubicación del municipio de San Felipe del Progreso.....	15
FIGURA 2	Ubicación del municipio en el contexto nacional para la Regionalización Sísmica de CFE 58	
FIGURA 3	Mapa de sismos registrados con epicentros cercanos al municipio de San Felipe.....	59
FIGURA 4	Periodos de retorno para aceleraciones mayores al 15% del valor de la aceleración de la gravedad.....	61
FIGURA 5	Ubicación del municipio San Felipe del Progreso a la zona de tsunamis más cercana	62
FIGURA 6	Peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas para un periodo de retorno de 10 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).....	68
FIGURA 7	Peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas para un periodo de retorno de 50 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).....	69
FIGURA 8	Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 10 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo). ....	74
FIGURA 9	Peligro al fenómeno de flujos para un periodo de retorno de 50 años y 30 minutos de precipitación, se le asignó su código de color: Muy baja (verde), Baja (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo). ....	75
FIGURA 10	Peligro al fenómeno de caídos o derrumbes para un periodo de retorno de 10 años y 30 minutos de precipitación: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).....	79
FIGURA 11	Peligro al fenómeno de caídos o derrumbes para un periodo de retorno de 50 años y 30 minutos de precipitación: Muy bajo (verde), Bajo (verde claro), Medio (amarillo), Alto (anaranjado), Muy Alto (rojo).....	80
FIGURA 55	Zonas de deslizamientos, derrumbes y hundimientos Carretera No. 16, municipio de San Felipe del Progreso .....	84
FIGURA 56	Localización de las estaciones climatológicas para el municipio de San Felipe del Progreso.....	91
FIGURA 57	Condiciones normales del Pacífico tropical y Condiciones del Pacífico tropical durante “El Niño” .....	96
FIGURA 58	Elementos que favorecen la inversión térmica .....	98
FIGURA 59	Aumento de la radiación de calor del suelo.....	99
FIGURA 60	Formación de hielo .....	99
FIGURA 61	Elementos que integran la radiación solar.....	99
FIGURA 62	Tipos de Heladas .....	99
FIGURA 63	Formación de tormentas de granizo .....	102
FIGURA 64	.....	104
FIGURA 65	Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm.....	104
FIGURA 66	Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm.....	104
FIGURA 67	Heladas y nevadas en México.....	105
FIGURA 68	Trayectorias de Ciclones Tropicales por el Pacífico, Caribe y Golfo de México 107	
FIGURA 69	Trayectoria del Huracán Debby que perteneciente a la temporada de huracanes en el Atlántico de 1988.....	107
FIGURA 70	Isoyetas de precipitación con periodo de retorno de 5 años .....	112
FIGURA 71	CEM 3.0 En zona de cauces en San Felipe del Progreso y perfil del cauce Purla. ....	115
FIGURA 72	Focalización de la siniestralidad del fenómeno hidrometeorológico .....	116
FIGURA 73	Acciones de desazolve de cauces pluviales para la prevención de futuras inundaciones.....	117

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1	Evolución de la población en el municipio ..... 31	
	San Felipe del Progreso 1990-2030 .....	31
GRÁFICA 2	Distribución de la población municipal.....	31
GRÁFICA 3	Porcentaje de población por localidad de origen	33
GRÁFICA 4	Distribución de la población por sexo, San Felipe del Progreso	33
GRÁFICA 5	Distribución de población por grupos de edad, San Felipe del Progreso	34
GRÁFICA 6	Pirámide de población por sexo, San Felipe del Progreso	34
GRÁFICA 7	Población de 15 años y más. Comparativo analfabetas y con secundaria terminada por sexo .....	36
GRÁFICA 8	Población de 18 años y más total y la que tiene algún grado pos-básico de estudios (niveles medio o superior).....	37
GRÁFICA 9	Incidencia de tipo de discapacidad en San Felipe del Progreso, 2010	38
GRÁFICA 10	Principales localidades con población indígena en el municipio de San Felipe del Progreso 2005.....	41
GRÁFICA 11	Producción agrícola en el municipio.....	42
GRÁFICA 12	Volumen de la producción agrícola .....	42
GRÁFICA 13	Producción ganadera en 2011 .....	43
GRÁFICA 14	Industria manufacturera por ramas.....	43
GRÁFICA 15	Porcentaje de la participación por sexo de la población económicamente activa y no activa, San Felipe del Progreso.....	44
GRÁFICA 16	Participación de la población económicamente activa por actividad económica, San Felipe del Progreso .....	45
GRÁFICA 17	Temperaturas máximas mensuales históricas y máximas promedio	92
GRÁFICA 18	Temperaturas mínimas históricas mensuales en la estación 15076	100

## INDICE DE MAPAS

MAPA 1	Mapa Base del municipio de San Felipe del Progreso .....	16
MAPA 2	Cabecera municipal de San Felipe del Progreso.....	16
MAPA 3	Fisiografía del municipio de San Felipe del Progreso.....	19
MAPA 4	Geomorfología del municipio de San Felipe del Progreso .....	20
MAPA 5	Geología del municipio de San Felipe del Progreso .....	22
MAPA 6	Edafología del municipio de San Felipe .....	23
MAPA 7	Hidrología del municipio de San Felipe del Progreso .....	23
MAPA 8	Regional de cuencas .....	24
MAPA 9	Cuencas en el municipio de San Felipe del Progreso .....	25

MAPA 10	Subcuencas en el municipio de San Felipe del Progreso.....	25
MAPA 11	Microcuencas en el municipio de San Felipe del Progreso .....	26
MAPA 12	Climas del municipio de San Felipe del Progreso .....	26
MAPA 13	Uso del suelo y vegetación en el municipio de San Felipe del Progreso .....	28
MAPA 14	Áreas Naturales Protegidas del municipio de San Felipe del Progreso .....	28
MAPA 15	Distribución de la población del municipio de San Felipe del Progreso .....	32
MAPA 16	Distribución de la población en el municipio por manzana urbana, San Felipe del Progreso, 2010.....	32
MAPA 17	Densidad de la población en el municipio de San Felipe del Progreso.....	36
MAPA 18	Porcentaje de viviendas con más de 2.5 habitantes por dormitorio, San Felipe del Progreso 2010.....	37
MAPA 19	Habitantes del municipio con algún tipo de discapacidad.....	39
MAPA 20	Población con discapacidad por manzana urbana, 2010.....	40
MAPA 21	Marginación por localidad en el municipio de San Felipe del Progreso .....	40
MAPA 22	Vulnerabilidad.....	52
MAPA 23	Vulnerabilidad total localidad San Felipe del Progreso .....	53
MAPA 24	Vulnerabilidad total de las localidades Calvario del Carmen, San Nicolás Guadalupe, San Miguel la Labor y San Lucas Ocoatepec.....	53
MAPA 25	Ubicación de volcanes cercanos al municipio de San Felipe del Progreso. ....	55
MAPA 26	Peligro por flujo de materiales del volcán Jocotitlán al municipio de San Felipe. ....	55
MAPA 27	Peligro por caída de cenizas que presenta el volcán Jocotitlán al Municipio de San Felipe.....	56
	El volcán Nevado de Toluca o Xinantécatl está localizado en las coordenadas 99° 45'W y 19° 09'N, representa la cuarta cima más alta del país con una elevación de 4,680 metros. Debido a la cercanía e importancia en la región se analizó la posible caída de ceniza sobre el municipio, el análisis consistió en recopilar información bibliográfica disponible de artículos de investigación los cuales nos permitieron generar la cartografía de la probable dispersión de la ceniza volcánica, de este modo podemos concluir que no existe peligro para la población.....	56
MAPA 28	Peligro por flujo de materiales del volcán Nevado de Toluca al municipio de San Felipe del Progreso.....	56
MAPA 29	Regionalización Sísmica CFE.....	57
MAPA 30	Intensidad en Mercalli .....	58
MAPA 31	Sismicidad en el municipio de San Felipe del Progreso.....	59
MAPA 32	Periodo de retorno de 10 años del municipio de San Felipe. ....	60
MAPA 33	Aceleración máxima para un periodo de retorno de 100 años.....	60
MAPA 34	Aceleración máxima para un periodo de retorno de 500 años.....	61
MAPA 35	Peligro al fenómeno sísmico en el municipio de San Felipe del Progreso.....	62
MAPA 36	Peligro por el fenómeno de tsunamis o maremotos en el municipio de San Felipe del progreso .....	63
MAPA 37	Mapa de peligro al fenómeno de inestabilidad de laderas:.....	68
MAPA 38	Riesgo por inestabilidad de laderas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

MAPA 39	Mapa de peligro al fenómeno de flujos en el municipio de San Felipe del Progreso	74
MAPA 40	Riesgo por flujos en el municipio de San Felipe del Progreso <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
MAPA 41	Mapa de peligro al fenómeno de caídos o derrumbes en el municipio de San Felipe del Progreso	79
MAPA 42	Riesgo de derrumbes en el municipio de San Felipe del Progreso <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
MAPA 43	Mapa de peligro a hundimientos en el municipio de San Felipe del Progreso	83
MAPA 44	Peligro por el fenómeno de subsidencia en el municipio de San Felipe del Progreso	86
MAPA 45	Mapa de peligro por el fenómeno de fallas en el municipio	88
MAPA 46	Riesgo por agrietamientos en el municipio San Felipe del Progreso	88
MAPA 47	Índice de riesgos por ondas cálidas (temperaturas máximas)	93
MAPA 48	Riesgo por ondas cálidas (temperaturas máximas)	93
MAPA 49	Peligro por ondas gélidas (temperaturas mínimas)	95
MAPA 50	Riesgos por ondas gélidas	95
MAPA 51	Peligro por sequías en el municipio de San Felipe del Progreso	97
MAPA 52	Índice de riesgos por Heladas en el municipio de San Felipe del Progreso	101
MAPA 53	Riesgo por heladas en el municipio San Felipe del Progreso	101
MAPA 54	Índice de riesgo por tormentas de granizo en el municipio de San Felipe del Progreso	104
MAPA 55	Peligro por tormentas de nieve en el municipio de San Felipe del Progreso	105
MAPA 56	Índice de Peligro por ciclones tropicales en el municipio de San Felipe del Progreso	108
MAPA 57	Peligro por tornados en el municipio San Felipe del Progreso	108
MAPA 58	Peligro por tormentas de polvo en el municipio San Felipe del Progreso	109
MAPA 59	Índice de riesgo por tormentas eléctricas en el municipio de San Felipe del Progreso	111
MAPA 60	Lluvias extremas en el municipio de San Felipe del Progreso	113
MAPA 61	Riesgo por lluvias extremas en el municipio de San Felipe del Progreso	114
MAPA 62	Inundaciones en San Felipe del Progreso	117
MAPA 63	Riesgo de inundaciones en el municipio de San Felipe del Progreso	118

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Niveles de tratamiento de la información geológica e hidrometeorológica	15
TABLA 2	Fisiografía del municipio de San Felipe del Progreso	19
TABLA 3	Geoformas del municipio de San Felipe del Progreso	20
TABLA 4	Unidades litológicas del municipio de San Felipe del Progreso	21
TABLA 5	Unidades Edafológicas en el municipio de San Felipe	23

TABLA 6	Balance hídrico de aguas subterráneas del municipio de San Felipe	24
TABLA 7	Tipos de clima del municipio de San Felipe del Progreso	26
TABLA 8	Uso de suelo y vegetación del municipio de San Felipe del Progreso	27
TABLA 9	Áreas Naturales Protegidas del municipio de San Felipe del Progreso	28
TABLA 10	Principales causas de muerte según sexo, San Felipe del Progreso, 2012	35
TABLA 11	Densidad poblacional de diferentes unidades territoriales	35
TABLA 12	Detalle del tipo de discapacidad	38
TABLA 13	Localidades urbanas y porcentaje de población con discapacidad en San Felipe del Progreso, 2010	39
TABLA 14	Indicadores de marginación para el municipio San Felipe del Progreso	40
TABLA 15	Comparativo de niveles de pobreza en San Felipe del Progreso y otras entidades	40
TABLA 16	Unidades económicas del municipio de San Felipe del Progreso	43
TABLA 17	Servicios de salud	45
TABLA 18	Número de escuelas, maestros y alumnos	45
TABLA 19	Servicios culturales	46
TABLA 20	Servicios para menores, jóvenes y de rehabilitación	46
TABLA 21	Descripción de aparatos volcánicos cercanos al municipio	54
TABLA 22	Localidades rurales y urbanas de periodo de retorno sísmico del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México	61
TABLA 23	Valoración y características del factor edafológico	63
TABLA 24	Valoración y características del factor geológico/litológico	64
TABLA 25	Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación	64
TABLA 26	Valoración y características del factor escurrimientos	64
TABLA 27	Valoración de la pendiente	64
TABLA 28	Valoración y características del relieve relativo	64
TABLA 29	Valoración de precipitación media anual	65
TABLA 30	Valoración de fallas y fracturas	65
TABLA 31	Valoración y características del factor geológico/litológico	66
TABLA 32	Valoración y características del Relieve relativo	66
TABLA 33	Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación	66
TABLA 34	Valoración de la Pendiente	66
TABLA 35	Valoración de precipitación media anual	67
TABLA 36	Localidades con afectaciones por inestabilidad de laderas en el municipio de San Felipe del Progreso	67
TABLA 37	Valoración y características del factor edafológico	70
TABLA 38	Valoración y características del factor edafológico	72
TABLA 39	Valoración y características del factor geológico/litológico	72
TABLA 40	Valoración y características del relieve relativo	72
TABLA 41	Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación	72
TABLA 42	Valoración de la Pendiente	73
TABLA 43	Valoración de Precipitación media anual	73

TABLA 44	Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de flujos del Municipio de San Felipe del Progreso .....	74	TABLA 74	Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso para lluvias máximas en 24 hrs. ....	114
TABLA 45	Valoración y características del factor edafológico .....	76	TABLA 75	Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno.....	115
TABLA 46	Valoración y características del factor geológico/litológico.....	77	TABLA 76	Caudales máximas para diferentes periodos de retorno .....	115
TABLA 47	Valoración y características del Relieve relativo .....	77	TABLA 77	Cuadro resumen de afectaciones .....	116
TABLA 48	Valoración y características del factor Uso de suelo y vegetación.....	77			
TABLA 49	Valoración de la Pendiente .....	77			
TABLA 50	Tabla de valoración de Precipitación media anual.....	78			
TABLA 51	Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de caídos o derrumbes del municipio. ....	78			
TABLA 52	Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de hundimiento del municipio de San Felipe del Progreso.....	82			
TABLA 53	Valoración y características del factor edafológico .....	85			
TABLA 54	Distribución de sitios de peligro por subsidencia en el municipio.....	85			
TABLA 55	Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de subsidencia del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. ....	86			
TABLA 56	Valoración de Fallas y Fracturas.....	87			
TABLA 57	Fallas localizadas en el municipio de San Felipe del Progreso .....	87			
TABLA 58	Localidades rurales y urbanas con afectaciones por el fenómeno de fallas del Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México .....	87			
TABLA 59	Nivel de análisis para los riesgos hidrometeorológicos.....	89			
TABLA 60	Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para temperaturas máximas) .....	90			
TABLA 61	Temperaturas máximas asociadas a diferentes periodos de retorno .....	91			
TABLA 62	Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para temperaturas mínimas) .....	94			
TABLA 63	Temperaturas mínimas [°C] asociadas a diferentes periodos de retorno .....	94			
TABLA 64	Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para temperaturas mínimas extremas).....	100			
TABLA 65	Temperaturas mínimas asociadas a diferentes periodos de retorno [°C] .....	100			
TABLA 66	Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para días con granizo).....	103			
TABLA 67	Días con granizo asociados a diferentes periodos de retorno .....	103			
TABLA 68	Daños asociados a diferentes fenómenos hidrometeorológicos.....	106			
TABLA 69	Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso para días con tormentas eléctricas.....	110			
TABLA 70	Días con tormentas (frecuencia) eléctricas a diferentes periodos de retorno .....	110			
TABLA 71	Estaciones climatológicas que tienen influencia en el municipio de San Felipe del Progreso (para lluvias extremas) .....	112			
TABLA 72	Lluvias máximas para diferentes periodos de retorno .....	113			
TABLA 73	.....	113			