



Atlas de Riesgos Naturales del *Municipio de Santa María Colotepec,* Oaxaca 2012



**GOBIERNO
FEDERAL**

SEDESOL



Fecha: 29 de junio de 2012

Número de avance: Entrega Final

Número de obra: 22401PP025596

Número de expediente: PP12/20401/AE/1/0048

Municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca



BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.

Dirección: Olmos 1 # Fraccionamiento Fuentes de Las Ánimas

Teléfono: (01 228) 2 00 15 85 / (01 800) 001 58 52

C.P. 91090

Xalapa, Veracruz.

Contenido

1. Antecedentes e Introducción	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Objetivo	4
1.4. Alcances	5
1.5. Metodología General	5
1.6. Contenido del Atlas de Riesgos	6
2. Determinación de la zona de estudio	7
2.1. Determinación de la zona de estudio	7
3. Caracterización de los elementos del medio natural	9
3.1. Fisiografía	9
3.2. Geología	12
3.3. Geomorfología	15
3.4. Edafología	18
3.5. Hidrología	20
3.6. Climatología	22
3.7. Uso de suelo y vegetación	24
3.8. Áreas naturales protegidas	26
3.9. Problemática ambiental	26
4. Características demográficas	28
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población	28
4.2. Características sociales	30
4.3. Actividades económicas	32
4.4. Características de la población económicamente activa	32
4.5. Estructura urbana	34
5. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural	36
5.1. Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico	36
5.1.1. Fallas y fracturas	36
5.1.2. Sismos	38
5.1.3. Tsunamis	40
5.1.4. Vulcanismo (no aplica)	41



5.1.5.	Deslizamientos.....	41
5.1.6.	Derrumbes.....	43
5.1.7.	Flujos	43
5.1.8.	Hundimientos (no aplica)	45
5.1.9.	Erosión	45
5.2.	Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológicos.....	47
5.2.1.	Ciclones (Huracanes y ondas tropicales).....	47
5.2.2.	Tormentas eléctricas.....	50
5.2.3.	Sequías	50
5.2.4.	Temperaturas máximas	51
5.2.5.	Vientos fuertes.....	51
5.2.6.	Inundaciones	52
5.2.7.	Masas de aire (heladas, granizo y nevadas)	55
5.3.	Vulnerabilidad social.....	57
6.	Medidas de mitigación (obras) para riesgos geológicos e hidrometeorológicos.....	60



1. Antecedentes e Introducción

1.1. Introducción

“El primer paso en la reducción de Desastres Naturales es conocer los riesgos y sus impactos en todos los ámbitos sociales y ambientales, teniendo en cuenta la vulnerabilidad y controlando los factores de riesgo. La evaluación exhaustiva de los riesgos y la integración de la misma en los planes de desarrollo es crucial (UNESCO, 2007).”

En el municipio de Santa María Colotepec la frecuente ocurrencia de los embates de fenómenos naturales ha ocasionado la lamentable pérdida de muchas vidas humanas, y millones de pesos en daños materiales en viviendas, terrenos utilizados para actividades productivas, caminos, puentes y zonas explotadas por la población para desarrollo de actividades económicas, así como la infraestructura de sus comunidades.

En la actualidad, el avance de la tecnología, aunado a modernas visiones y esquemas de coordinación, permite monitorear y detectar permanentemente muchos de los fenómenos perturbadores, y prevenir sus efectos, poniendo principal énfasis en evitar la pérdida de vidas humanas.

Esta transición de la reacción a la prevención se sustenta primordialmente en el conocimiento sobre el origen, manifestación e impacto de los fenómenos. Este conocimiento permite actuar para algunos fenómenos en forma temprana, con mayor eficacia operativa y buscando minimizar la pérdida de vidas y bienes materiales.

Por todo lo anterior el Municipio de Santa María Colotepec y la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), se unen para crear este **Atlas de Riesgos**, que representa una aplicación práctica de la estrategia de prevención y mitigación de los riesgos de forma práctica y precisa.

A través de este Atlas, las autoridades encargadas de la protección civil, la población en general y científicos y académicos podrán identificar los diferentes peligros que afectan el territorio municipal, así como la frecuencia y el impacto que pueden generar estos acontecimientos en la población y sus bienes.

El uso pertinente y adecuado de este Atlas permitirá establecer las acciones de protección necesarias para la prevención y mitigación de riesgos en todos los niveles de gobierno y la sociedad, ya que contiene de manera clara la identificación de cada uno de los peligros que históricamente han afectado el territorio municipal y las estrategias de prevención y/o mitigación en caso de presentarse dichos acontecimientos.

1.2. Antecedentes

En el Municipio de Santa María Colotepec, la existencia de peligros y riesgos naturales ha sido constante debido a su ubicación geográfica y a las condiciones de desarrollo de su población, lo cual ha desembocado en un estado de riesgo constante, generando lamentables pérdidas cotidianamente.

Los fenómenos que han afectado de manera recurrente a los habitantes de esta demarcación municipal en los últimos diez años, desafortunadamente han causado cuantiosas pérdidas de vidas humanas y materiales, mismas que han afectado la tranquilidad, economía y estabilidad de los habitantes de este municipio del Estado de Oaxaca.

De acuerdo con los datos presentados en el Atlas Estatal de Riesgos del Estado de Oaxaca del año 2003, las declaratorias del Gobierno Federal y diversas fuentes, entre las que se encuentran autoridades y habitantes del municipio, los peligros que más afectan el territorio municipal de Santa María Colotepec son: sismos, flujos, deslizamientos, derrumbes, fallas, fracturas y erosión, en el



rubro de los peligros geológicos; y sequías, temperaturas extremas, tormentas eléctricas, inundaciones, huracanes y vientos dentro de los peligros denominados hidrometeorológicos.

Datos recabados por la actual administración muestran algunas de las cifras más representativas generadas por la ocurrencia de fenómenos naturales que han resultado devastadores.

- La ubicación costera del municipio lo sitúa en una franja de alto riesgo ante la presencia de huracanes, ciclones y tormentas tropicales que llegan al territorio nacional a través de las aguas del Océano Pacífico, Golfo de México y Golfo de Tehuantepec. Según datos recabados por el Gobierno del Estado de Oaxaca a través de la Dirección de Protección Civil, en el año 2005, los daños provocados por el huracán Stan dejaron pérdidas en la infraestructura de agua potable y saneamiento de las viviendas; lo cual se cuantificó en un daño total de \$ 7' 700, 000 (siete millones setecientos mil pesos 00/100 M.N) a nivel municipal.

Como complemento de los antecedentes relacionados con la frecuencia de la ocurrencia de desastres causados por fenómenos de origen natural; y con la intención de reforzar la necesidad que se tiene de contar con un Atlas Municipal de Riesgos, la siguiente tabla muestra las Declaratorias de Desastre Natural para efectos de las reglas de operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) en las cuales se ha visto beneficiado el municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca en los últimos diez años, debido a los embates de los fenómenos naturales:

DECLARATORIAS DE DESASTRE NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA COLOTEPEC, OAXACA EN EL PERIODO 2001 – 2010.		
Fechas en las que aconteció el desastre	Causa de la declaratoria	Fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación
26 y 27 de junio 2003	Daños provocados por las lluvias atípicas e impredecibles causadas por la Tormenta Tropical “Carlos”	11 de julio de 2003
3, 4 y 5 de octubre de 2005	Lluvias extremas ocasionadas por el Huracán Stan, mismas que afectaron a la población de las comunidades de Loma Bonita y Los Vargas, específicamente en la infraestructura del agua potable y saneamiento	11 de noviembre de 2005
30 de mayo al 2 de junio de 2007	Daños provocados por la Tormenta Tropical Bárbara hacia la población de bajos ingresos	5 de julio de 2007
9 de junio de 2008	Intensas lluvias que afectaron a la población del municipio de Santa María Colotepec	24 de junio de 2008
25 – 27 de septiembre de 2010	Lluvias severas que afectaron al municipio, llevándolo a declararlo en estado de emergencia	15 de octubre de 2010
25 – 27 de septiembre de 2010	Inundaciones provocadas por el desbordamiento del Arroyo Corozal. Por lo menos, 4	14 de enero de 2011

DECLARATORIAS DE DESASTRE NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA COLOTEPEC, OAXACA EN EL PERIODO 2001 – 2010.		
Fechas en las que aconteció el desastre	Causa de la declaratoria	Fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación
	localidades quedaron incomunicadas, puentes caídos y derrumbes.	
1 enero – 31 de diciembre de 2011	212 sismos registrados a lo largo de todo el año 2011, afectados en los bienes inmuebles de la población en general.	Diversas fuentes periódicas

Tabla 1. Análisis histórico de las declaratorias emitidas por la Secretaría de Gobernación en el Municipio de Santa María Colotepec durante los últimos 10 años (BC Consultores Ambientales y de Riesgos S. C., 2012).

Como se aprecia en la tabla anterior, la frecuencia con la que los fenómenos naturales alcanzan proporciones de desastre en el municipio de Santa María Colotepec es casi anual. Por esta razón es necesario llevar a cabo acciones de ayuden a preparar a la población para actuar en caso de contingencia, especialmente la población que por diversas razones ha establecido sus lugares de residencia en sitios no aptos para el establecimiento de asentamientos humanos.

Proceso de ocupación de zonas de riesgo

La comunidad de Brisas de Zicatela constituye el centro de población de mayor desarrollo y crecimiento de los últimos quince años. Este crecimiento se ha ido dando de forma anárquica y en zonas no aptas para el establecimiento de asentamientos humanos por las condiciones físicas del terreno.

El patrón de ocupación del suelo existente en el centro de población de Brisas de Zicatela en forma dispersa, ha generado que existan problemas de compatibilidad entre el uso y ocupación de suelo, de dotación de servicios de infraestructura y equipamiento, así como la degradación de la imagen y el entorno urbano.

De acuerdo con estimaciones realizadas por la Dirección de Obras Públicas del municipio, el crecimiento de la traza urbana hacia zonas no aptas para realizar asentamientos ha sido constante y descontrolado. Hablando específicamente de Brisas de Zicatela, lugar codiciado por las oportunidades de desarrollo que brinda el sector turístico, la cantidad de asentamientos que han proliferado en zonas con peligro ha sido exponencial en un periodo relativamente corto. A raíz de la ausencia de un evento catastrófico de grandes proporciones como fue el Huracán Paulina en el año de 1997, el crecimiento y urbanización de diversas zonas de las colonias Marinero, Lázaro Cárdenas, Tamarindos, Libertad y Emiliano Zapata ha colocado a un gran número de habitantes en una situación de peligro ante la embestida de los fenómenos naturales.

La pavimentación de arroyos de escorrentía natural en dirección de las montañas hacia el mar, la construcción de viviendas en el cauce de arroyos secos y el asentamiento imprudente de la población ponen en riesgo a un gran número de habitantes.

En este mismo sentido, es importante mencionar la indiscriminada explotación de recursos como roca y arena, lo cual incrementa las probabilidades de observar efectos trágicos derivados del paso de fenómenos naturales de diversas magnitudes. Tal es el caso de la colonia Marinero, en la cual la explotación de la roca de los caminos y rutas de tránsito de los habitantes ha provocado la baja en la infiltración del terreno, provocando un aumento en los estancamientos y encharcamientos de agua, hasta lograr saturaciones que debido a sus características, provocan inundaciones de considerables proporciones.

La carencia de conciencia del peligro por parte de la población nacional y de extranjeros interesados en adquirir un predio cerca de lugares paradisíacos como playas y ríos, han ocasionado la expansión de la mancha urbana hacia zonas de alto peligro.

Las tendencias muestran un mayor índice de crecimiento hacia las partes urbanas y suburbanas, razón por la que es necesario normar el crecimiento en esta zona debido a que debe asegurarse la seguridad de la ciudadanía, así como la provisión de equipamiento en los rubros de salud, recreación y deportes, con la intención de ampliar y dotar de más instalaciones para atenuar la demanda de la población.

La imagen urbana se ha ido tornando heterogénea, ya que la mayoría de las edificaciones del centro de población poseen diferencias significativas debido a las condiciones socioeconómicas y la ubicación de las mismas.

Las condiciones físicas de las vialidades en las zonas céntricas son regulares, pero en las colonias periféricas y evidentemente en las localidades rurales aún se encuentran prácticamente el 100% de calles sin pavimentación, o con pavimentación en cauces de ríos, mismos que en caso de una creciente, pueden imposibilitar el tránsito de los habitantes y la misma evacuación en caso de que el desastre así lo exija.

Fundamentos jurídicos del Atlas de Riesgos

Tener conocimiento del marco jurídico que respalda la formulación del Atlas de Riesgos Municipal constituye el mejor instrumento con el que la administración pública municipal cuenta para promover un esquema de trabajo apegado al derecho, razón por lo cual se hará referencia a los preceptos más importantes.

El Atlas de Riesgos Municipal tiene como referentes las siguientes bases legales:

- Ley General de Protección Civil
- Ley General de Asentamientos Humanos
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley de Protección Civil para el Estado de Oaxaca
 - Artículo 4, Fracciones II, XX, XXI y XXII.

1.3. Objetivo

A continuación se presentan los objetivos planteados en la elaboración de este Atlas Municipal de Riesgos.

Objetivos Generales

- Elaborar un documento que permita identificar los riesgos potenciales a partir de los diversos peligros existentes en el municipio de Santa María Colotepec y que pueden afectar a la población, la infraestructura y a los recursos naturales del mismo.
- Proporcionar la base técnica para la creación de estrategias de prevención y mitigación de los riesgos a nivel integral del municipio.

Objetivos específicos

- Recopilar la documentación técnica referente al municipio de Santa María Colotepec y que sea aplicable en la prevención de desastres a nivel municipal: documentación jurídica e histórica.

- Analizar y describir los elementos que conforman el medio natural y sociodemográfico del municipio de Santa María Colotepec.
- Integrar un documento donde se identifiquen los diversos peligros naturales a los que se encuentra expuesta la población del municipio de Santa María Colotepec, las zonas de riesgo (ZR) existentes y las zonas de conflicto en las que la ocupación y el aprovechamiento del suelo resulten incompatibles con los peligros detectados.
- Generar las recomendaciones y propuestas de obras y acciones de mitigación y gestión del riesgo en el municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca.

1.4. Alcances

Con el Atlas de Riesgos del Municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca, las autoridades tendrán a su disposición un instrumento con el cual podrán tomar las decisiones más acertadas en materia de prevención y mitigación de los riesgos provocados por los fenómenos perturbadores de origen natural.

Asimismo, contarán con los mecanismos que les permitan normar los distintos usos actuales y futuros del suelo, señalando los límites de crecimiento, estipulando los programas prioritarios para que el centro de población tenga un proceso de crecimiento ordenado, seguro y estable, con la finalidad de alcanzar las mejores condiciones de vida para los habitantes de Santa María Colotepec.

1.5. Metodología General

La base fundamental para poder realizar un diagnóstico conveniente de los riesgos presentes en los asentamientos humanos y su entorno, es el conocimiento científico de los fenómenos que afectan una región, además de poder realizar una estimación del impacto y consecuencias que éstos pueden ocasionar. Dichas consecuencias dependen de la infraestructura existente en la zona, así como las características sociodemográficas de los asentamientos en el área de análisis.

Debido a la importancia que conlleva ejecutar acciones que coadyuven a preservar el bienestar de los habitantes de una región, se menciona a continuación de manera general el proceso metodológico utilizado en la elaboración de este Atlas Municipal de Riesgos:

1. Recopilación de información bibliográfica e histórica del municipio en estudio.
2. Análisis detallado de las características del medio natural que conforman el territorio municipal y su entorno.
3. Estudio minucioso de las condiciones sociodemográficas de los habitantes del municipio, destacando los procesos de expansión de las áreas urbanas y de ocupación de las zonas de riesgo.
4. Identificación del origen de los peligros del medio natural que afectan al municipio en estudio.
5. Análisis detallado de las zonas afectadas por los diferentes peligros identificados en el punto anterior. Dicho análisis se hará realizando mediciones de campo utilizando dispositivos de posicionamiento global, análisis de imágenes de satélite, fotografías aéreas y con evidencia cuya fuente sean los datos proporcionados por los habitantes de las zonas en estudio.
6. Elaboración de cartografía digital con las diferentes Zonas de Riesgo (ZR) identificadas ante los diversos peligros o fenómenos perturbadores que afecten el territorio municipal.
7. Estudio de vulnerabilidad hacia los diferentes fenómenos identificados.
8. Determinación de los niveles de riesgo y grado de exposición de la población hacia los diferentes riesgos identificados.
9. Cálculo de los niveles de riesgo ante los diferentes peligros encontrados, tomando como base los niveles de exposición, peligro y vulnerabilidad social identificados en los pasos anteriores.

10. Elaboración de cartografía digital con los niveles de riesgo ubicados en el territorio municipal.
11. Diseño de propuestas de obras y acciones de mitigación para los riesgos identificados en pasos anteriores.
12. Elaboración de cartografía digital con la ubicación de las obras y acciones que mitiguen los riesgos estudiados en pasos anteriores.

1.6. Contenido del Atlas de Riesgos

El Atlas Municipal de Riesgos de Santa María Colotepec, Oaxaca, se conforma de la siguiente manera:

- **Introducción y antecedentes**

Contiene una breve explicación de las problemáticas relacionadas con los peligros de origen natural que a nivel histórico y a la fecha se presentan en el municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca.

- **Determinación de la zona de estudio**

Delimitación de la zona en estudio a través de la descripción de la región a la que pertenece el municipio a nivel de cuencas hidrológicas, a nivel de definición poligonal de los límites y ubicación dentro del estado, y finalmente a través de la descripción de las localidades por medio de la traza urbana. Para cada uno de los niveles mencionados anteriormente se presentan mapas que permiten identificar cada uno de los elementos explicados.

- **Caracterización de los elementos del medio natural**

En este apartado se analizan los elementos que conforman el medio físico de la zona de estudio, a partir de las características naturales de la zona. Los temas descritos son: fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso de suelo y vegetación, áreas naturales protegidas y problemática ambiental. Para cada uno de los temas citados anteriormente se presenta un mapa con su descripción detallada.

- **Caracterización de los elementos, sociales, económicos y demográficos**

Esta sección del documento integra una breve caracterización general de la situación demográfica, social y económica de la zona de estudio con indicadores básicos que revelan las condiciones generales del estado que guarda el municipio. Para los diversos factores de la dinámica social descritos en este apartado se incluye un mapa que los describe.

- **Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural**

Contiene la información sobre el análisis de cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural, área de ocurrencia y grado o nivel de impacto, determinando la vulnerabilidad social de las poblaciones expuestas a esas amenazas; una vez ubicadas las zonas de riesgo se presentan las propuestas de obras y acciones que coadyuvarán a disminuir el riesgo, así como los estudios que detallen los niveles de riesgo o peligro.

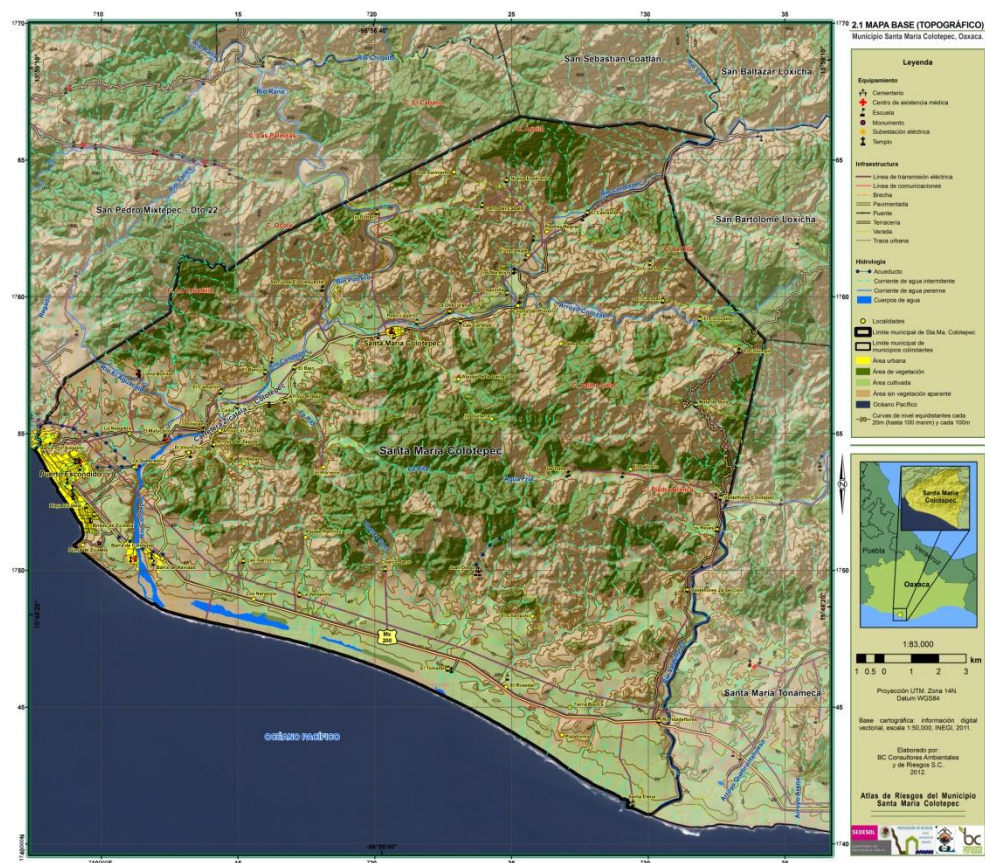
2. Determinación de la zona de estudio

2.1. Determinación de la zona de estudio

En este apartado se describe la escala de análisis y el nivel de profundidad metodológica utilizado en este Atlas de Riesgos. Se explica brevemente la localización del área de estudio y luego, se mencionan los riesgos identificados y el nivel de estudio que se utilizó para abordarlos.

El territorio del municipio de Santa María Colotepec se encuentra en la región costera, perteneciente al distrito de Pochutla del Estado de Oaxaca, entre los paralelos 15°44' y 15°59' de latitud norte; los meridianos 96°48' y 97°04' de longitud oeste; con una altitud entre 0 y 1,100 metros sobre el nivel del mar (msnm). Frente a este municipio se sitúa la confluencia de las placas tectónicas de Cocos, Rivera y Pacífico, así mismo la cabalgadura continental activa de la Trinchera Mesoamericana. Es parte de la Sierra Madre del Sur, la cual es notable por su alta biodiversidad y su gran número de especies endémicas. Limita al norte con los municipios de San Pedro Mixtepec –Distr.22-, San Sebastián Coatlán y San Baltazar Loxicha; al este con los municipios de San Bartolomé Loxicha y Santa María Tonameca; al sur con los municipios de Santa María Tonameca y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico y el Municipio de San Pedro Mixtepec –Distr. 22-. En el siguiente apartado se describirán con detalle los elementos del medio natural. El siguiente mapa (Ver mapa 2.1 del anexo cartográfico), muestra el mapa base sobre el cual se representan las características del medio natural del municipio, así como la descripción de peligros, riesgo y vulnerabilidad a nivel municipal.

Imagen 1. Mapa Base Topográfico



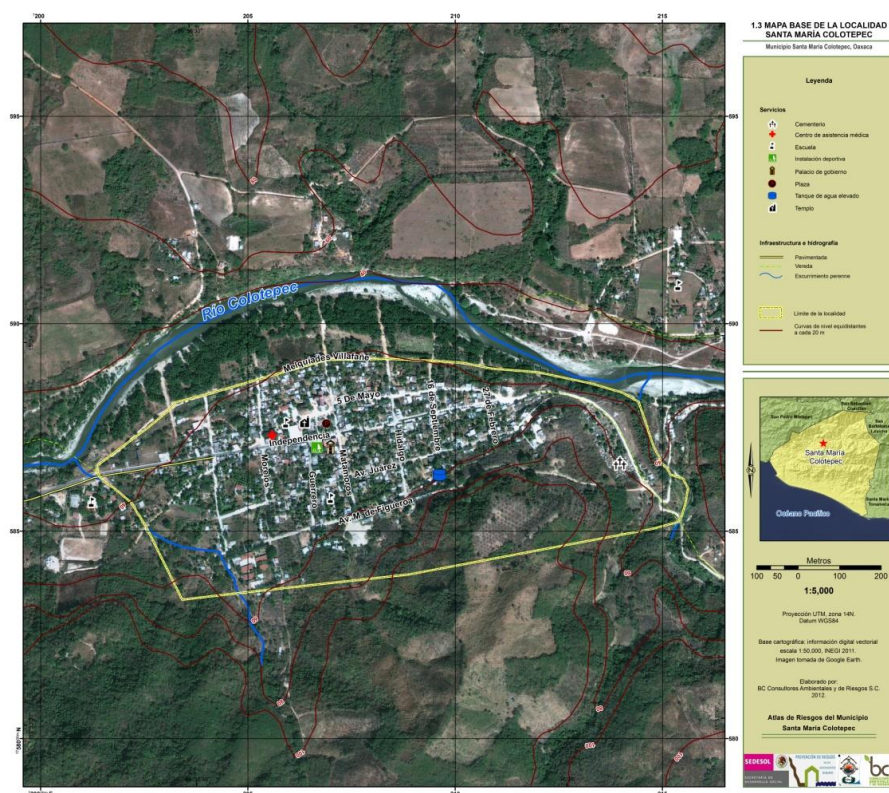
Mapa Base sobre el cual se representan los elementos del medio natural, peligros, riesgo, vulnerabilidad y obras de mitigación a nivel municipal. Mapa 2.1 del Anexo Cartográfico.

A continuación se menciona la escala de análisis y los niveles metodológicos utilizados para cada fenómeno perturbador:

Peligros geológicos

Para los fenómenos perturbadores de origen geológico, se abordaron a nivel de escala municipal los peligros de fallas y fracturas, sismos y tsunamis, deslizamientos y derrumbes, flujos y erosión. A nivel de localidad se abordaron los deslizamientos y derrumbes. La siguiente imagen muestra un ejemplo de mapa base de la localidad de Santa María Colotepec (cabecera municipal), en el Anexo Cartográfico se pueden encontrar mapas base de 18 localidades en las que este Atlas de Riesgos alcanzó el nivel de detalle de localidad.

Imagen 2. Mapa base de la localidad Santa María Colotepec



Mapa Base sobre el cual se representan los peligros, riesgo y vulnerabilidad a nivel de localidad. Mapa 1.3 del Anexo Cartográfico.

El nivel de análisis metodológico, de acuerdo con las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo (BEEARCDGRR) de SEDESOL (2012), fue de primer grado para el tema de flujos y erosión, de segundo nivel para los temas de deslizamientos, derrumbes, fallas y fracturas; y de tercer nivel para el tema de sismos y tsunamis.

Peligros hidrometeorológicos

En el caso de los fenómenos perturbadores de origen hidrometeorológico, se estudiaron a nivel municipal los vientos, las tormentas eléctricas, las sequías y las temperaturas máximas extremas. Para las inundaciones y los ciclones tropicales, el estudio alcanzó un nivel de detalle más preciso, al describir los diferentes escenarios de inundación a nivel localidad y en ocasiones a nivel de colonia.

De los peligros mencionados anteriormente, los huracanes, las inundaciones y las tormentas eléctricas se estudiaron con un nivel dos de profundidad metodológica, de acuerdo con las BEEARCDGRR 2012. En el resto de los fenómenos se alcanzó un nivel uno de profundidad en el análisis.

3. Caracterización de los elementos del medio natural

En este apartado se analizarán los elementos que conforman el medio físico del municipio de Santa María Colotepec. Para cada uno de los elementos descritos se puede encontrar en el Anexo Cartográfico, un mapa que muestra la distribución de los componentes mencionados.

3.1. Fisiografía

A partir de un enfoque integral se definieron ocho unidades fisiográfico-morfológicas en el municipio de Santa María Colotepec, definidas primordialmente por las características morfométricas de amplitud del relieve y ángulo de pendiente del terreno, así como procesos morfogenéticos y cobertura vegetal dominante.

De manera general se distinguen dos regiones fisiográficamente distintas. La primera de morfología montañosa, se eleva a pocos metros del litoral costero y es producto del plegamiento de la corteza terrestre originando sistemas de fallas y fracturas. La segunda se caracteriza por presentar pendientes poco inclinadas; se distribuye desde el margen costero hasta el contacto con la montaña y en el valle que recorre el municipio de noreste a suroeste. La suave inclinación obedece a la depositación de detritos arrastrados por erosión fluvial. Es en esta zona en donde se acentúa más la presión de la tierra para el uso agrícola, exceptuando la delgada franja más próxima al litoral cuya composición pedológica es prioritariamente arenosa.

A continuación se describen a profundidad cada una de las unidades fisiográfico-morfológicas:

Montaña plegada con bosque de coníferas

Esta unidad fisiográfico-morfológica ocupa el 1.07% de la superficie del municipio, lo que equivale al 4.4275 km², se define por poseer una disección altitudinal elevada, pendientes abruptas, de entre 15 y 45° e incluso mayores, y un rango altitudinal que va de los 600 a los 1200 msnm, características que han permitido el desarrollo de bosque de coníferas. Se localiza al norte de Santa María Colotepec, en el límite municipal con los municipios de San Sebastián Coatlán y San Pedro Mixtepec, es característica de las cimas del cerro El Águila y cerro El Caballo.

Montaña plegada con bosque de encino

Este relieve se ubica en el extremo noreste del municipio de San Pedro Mixtepec, posee una disección altitudinal fuerte, pendientes entre los 15 y 30° y altitudes entre 500 y 800 msnm; es una zona de afluentes del Río Chiquito. Posee vegetación dominante de encinos, desarrollados en clima cálido subhúmedo.

Montaña plegada con selva perennifolia

Al igual que la unidad anterior, esta unidad fisiográfico-morfológica no se encuentra en el municipio de Santa María Colotepec; se observan tres fragmentos al norte del mapa, en el municipio de San Pedro Mixtepec. El relieve se caracteriza por la selva perennifolia que lo cubre, la cual se desarrolla en pendientes de 15° y mayores a 45° y altitudes de hasta 600 msnm, en un clima cálido subhúmedo.

Montaña plegada con selva subcaducifolia

Esta unidad fisiográfico-morfológica ocupa 65.72% de la superficie del municipio (272.5357 km²), destaca por poseer altos niveles de disección altitudinal y pendientes que van desde 30° a mayores de 45° en los escarpes. Se extiende, desde el cambio en pendiente al contacto con el piedemonte y la llanura fluvial, hacia los cinco municipios colindantes. Abarca un rango altitudinal

que va de los 60 a los 1000 msnm, extendiéndose en un clima cálido subhúmedo y semiárido cálido, condiciones que han permitido el desarrollo de vegetación subcaducifolia.

Piedemonte erosivo-acumulativo con agricultura de temporal

El piedemonte constituye un conjunto de formas de transición entre la zona montañosa y las llanuras y planicies. Su génesis está dada por la acumulación de detritos sedimentados, provenientes de la montaña por lo que sus laderas son muy suaves, generalmente en el rango de 3° a 15° de inclinación. Aunque es una geoforma principalmente acumulativa, también actúan sobre él procesos denudativos producidos principalmente por el escurrimiento fluvial. En el municipio de Santa María Colotepec abarca 9.22% de la superficie territorial (38.2385 km²), entre los 40 y 80 msnm. Debido al constante aporte de nutrientes en el piedemonte se desarrolla la agricultura de temporal y el cultivo de pastos con fines pecuarios.

Llanura erosivo-acumulativa fluvial con agricultura de temporal

Corresponde a un relieve generalmente ondulado, con pendientes que oscilan entre 3° a 15° de inclinación y altitudes menores a 80 msnm. Ocupa el 2.40% de la superficie del municipio, lo que equivale a 9.9728 km², encontrándose principalmente al sur, intercalado con la planicie fluvial, debido a que es producto de la acumulación de sedimentos arrastrados de las laderas de montaña o del afloramiento de material metamórfico. Dadas sus características altitudinales y de pendiente se logra un mejor desarrollo en la estructura del suelo lo que permite el uso agrícola de temporal.

Planicie fluvial con agricultura de temporal

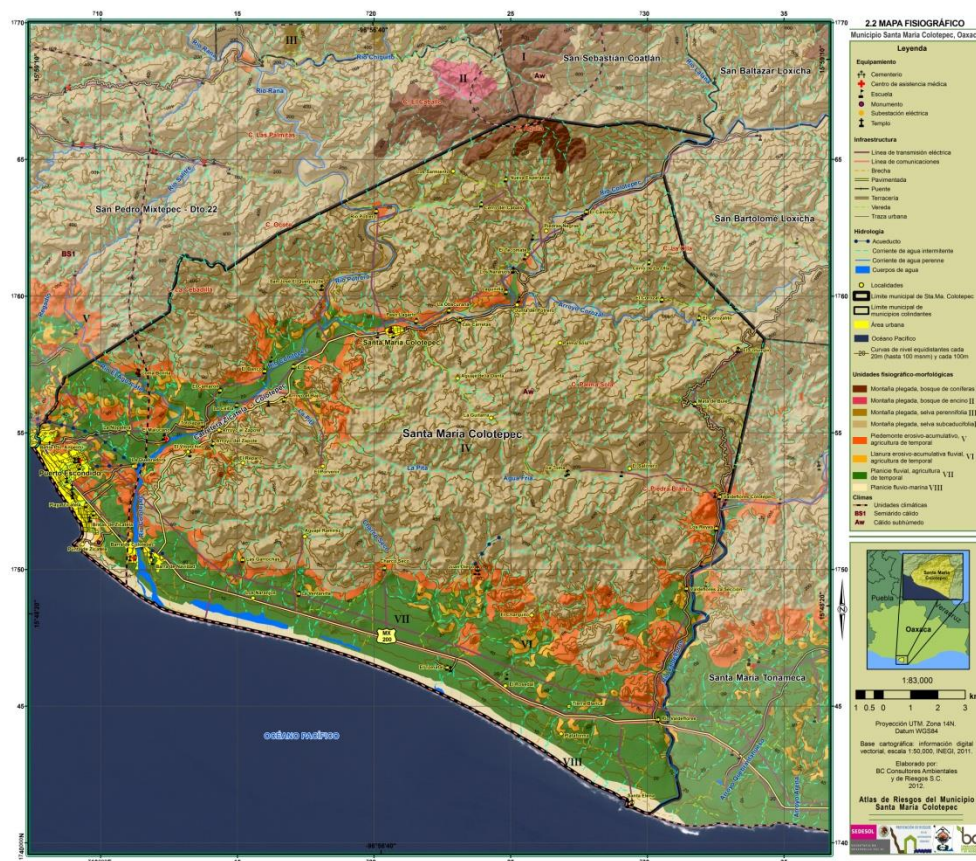
La planicie fluvial ocupa el 19.13% de la superficie del municipio (79.3494 km²). Se forma a partir de la acumulación de depósitos aluviales de sedimentos denudados de las laderas de montaña. Su inclinación es entre 0 y 3° generalmente, lo cual, favorece el uso agrícola de temporal. Se ubica a lo largo del contacto con la planicie fluvio-marina y en el fondo de valle fluvial que recorre el municipio en sentido noreste-suroeste.

Planicie fluvio-marina

Esta unidad fisiográfico-morfológica se encuentra ubicada a lo largo del margen costero, desde Puerto Escondido hasta Santa Elena. Su génesis se encuentra ligada a la acumulación de sedimentos tanto marinos como fluviales; la influencia de corrientes sobre el terreno permite la formación de lagunas costeras de sedimentación. La elevación es menor a los 10 msnm y la pendiente posee un rango de 0 a 3° de inclinación. La consistencia arenosa de los suelos no permite un uso agrícola con buenos rendimientos ni el desarrollo de vegetación madura, sin embargo funge como un espacio turístico importante. Localidades como Puerto Escondido, Brisas de Zicatela y Santa Elena se encuentran sobre ésta unidad fisiográfica.

El siguiente mapa (Mapa 2.2 del Anexo Cartográfico), permite identificar las unidades fisiográficas mencionadas.

Imagen 3. Mapa fisiográfico



Fisiografía del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.2 del Anexo Cartográfico.

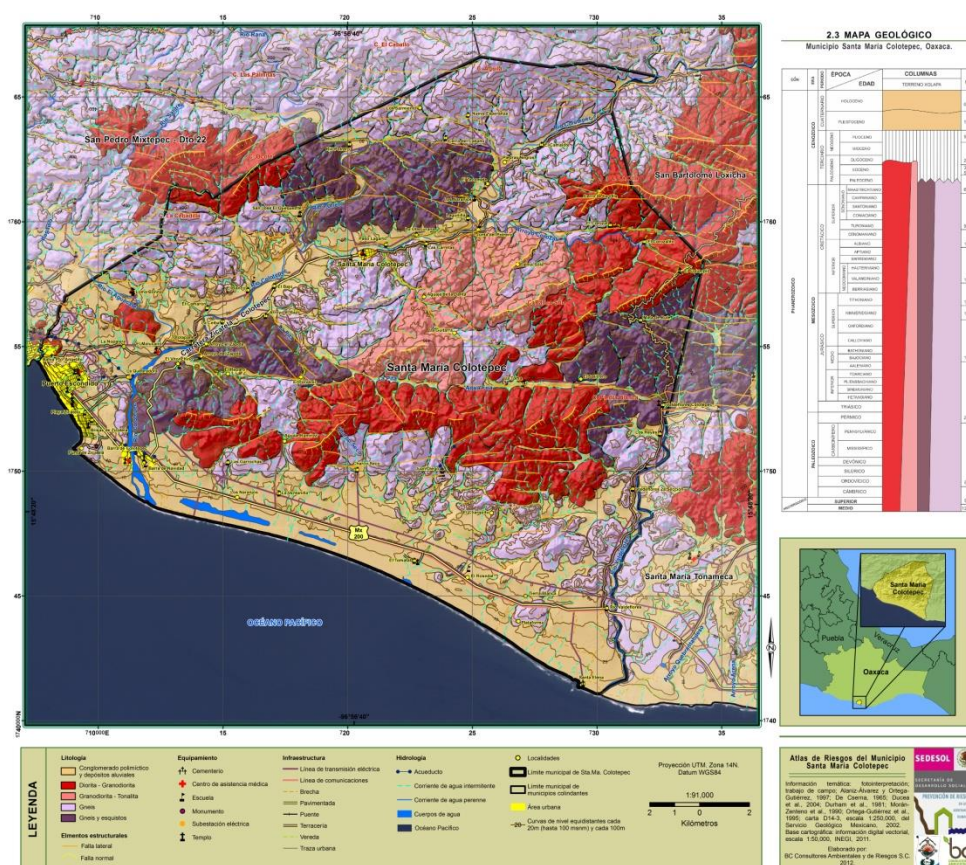
3.2. Geología

El municipio de Santa María Colotepec se encuentra asentado en el litoral del estado de Oaxaca, donde se extiende una delgada planicie costera que, apenas escasos kilómetros del límite con el mar, cambia abruptamente su inclinación y altitud para dar paso a la meseta de Oaxaca, como parte de la Sierra Madre del Sur.

Estas características fisiográficas, que brindan una topografía y morfología contrastante en apenas 414.7 km² que pertenecen al municipio de Santa María Colotepec, son el resultado de estructuras geológicas formadas por rocas de edad y características muy diversas, pertenecientes al terreno tectono-estratigráfico Xolapa (De Cserna, 1965; Alaniz-Álvarez y Ortega-Gutiérrez, 1997); el cual involucra secuencias de rocas metamórficas variadas, generalmente intrusionadas por rocas ígneas, y cubiertas, en algunos sitios, por rocas y depósitos sedimentarios más jóvenes.

El siguiente mapa (Mapa 2.3 del Anexo Cartográfico), muestra las características geológicas del municipio de Santa María Colotepec, su explicación se detalla en los párrafos siguientes.

Imagen 4. Mapa Geológico



Geología del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.3 del Anexo Cartográfico.

Las rocas más antiguas ubicadas en el área de estudio (Mapa 2.3), pertenecen al complejo metamórfico de Xolapa (De Cserna, 1965), el cual aflora en prácticamente toda la zona serrana del municipio, al pie de los cuerpos intrusivos, con énfasis en la zona centro-norte, y en menor medida al sur, colindando con la llanura costera; y sobre él se asientan la mayoría de las localidades, como por ejemplo, Punta de Zicatela, Barra de Colotepec, Arroyo el Zapote, Arroyo el Bajo, la porción sur de Santa María Colotepec, Río Potrero, Nueva Esperanza, Los Sarmiento, Cerro del Caballo, El Camalote, Mata de Bule y Valdeflores Colotepec, abarcando un área de 177.5 km² que representa

el 42.8% del territorio municipal. Se trata de lomeríos y cuerpos montañosos cuyas cimas más altas alcanzan aproximadamente 1,100 msnm, como por ejemplo, el cerro Águila al norte de Santa María Colotepec, justo en el límite con el municipio de San Pedro Mixtepec; y están formados por rocas metaígneas, principalmente ortogneises, con características migmatíticas en algunos casos, constituidos por cristales de cuarzo, feldespato y mica, que se distribuyen en bandas como resultado de la deformación. Además, en algunos lugares, fueron observados horizontes muy delgados de esquistos, aparentemente producidos por la deformación intensa de suelos arcillosos. Así también, en afloramientos cercanos al municipio, es posible encontrar vetas de mármol ligadas a este mismo complejo. La edad de estas rocas es muy diversa, ya que existen fechamientos del Proterozoico al Mesozoico (De Cserna, 1965; Alaniz-Álvarez y Ortega-Gutiérrez, 1997; Pérez-Gutiérrez et al., 2009).

Cabe destacar que en lugares cercanos al municipio, que no aparecen en el área del mapa geológico presentado en este trabajo (Mapa 2.3), el Terreno Xolapa se encuentra en contacto, a través de fallas laterales del sistema Chacalapa, con el Terreno Oaxaquia; el cual constituye el basamento más antiguo conocido del sur de México, con una edad de 990 a 1,200 Millones de Años -Ma- (Ortega-Gutiérrez et al., 1995) que lo ubican en el Proterozoico medio.

Por otro lado, varios cuerpos ígneos plutónicos intrusionan al Terreno Xolapa (Batolito de Río Verde, Tronco de Pochutla, Tronco de Huatulco, Tronco de Xadani), y forman parte de un cinturón distribuido a lo largo de la costa del Pacífico, desde Manzanillo, Sinaloa, hasta el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca (Moran-Zenteno et al., 1990; Ducea et al., 2004); no obstante, sólo el Batolito de Río Verde emerge en el área de Santa María Colotepec. Este cuerpo intrusivo aflora en la parte central, este y suroeste del municipio, constituyendo el sustrato sobre el cual se asienta parte de la mancha urbana entorno a la ciudad de Puerto Escondido, principalmente Bahía Puerto Angelito en el municipio de Santa María Colotepec, así como las localidades de Aguaje de la Danta, Palma Sola, El Columpio, El Corozal, El Corozalito y Cerro de la Olla, abarcando un área de 104.8 km² que constituye el 25.3% del total del territorio municipal. Morfológicamente, las cumbres más altas dentro de Santa María Colotepec obedecen a este batolito, como por ejemplo, cerro Ocote, al oeste del municipio, y los cerros Piedra Blanca, Palma Sola y La Olla, distribuidos de noreste a sureste del área; y están compuestas por diorita, granito, granodiorita y tonalita en diferentes proporciones, cuya asociación mineralógica general es de cuarzo, feldespato, micas y en menor medida, anfíbol. En muchos sitios, los cuerpos intrusivos son afectados por diques aplíticos y pegmatíticos de composición muy semejante. La edad de estas rocas corresponde al Oligoceno (Moran-Zenteno et al., 1990; Ducea et al., 2004), que concuerda con otro batolito conocido como el Tronco de Pochutla, cuyos afloramientos se localizan al sureste del municipio, fuera del área del mapa 2.3, y que está compuesto por rocas granodioríticas y graníticas, con diques máficos y pegmatíticos, muy semejantes a las de Santa María Colotepec.

El complejo Xolapa y los cuerpos intrusivos se encuentran cubiertos por rocas y depósitos sedimentarios que datan del Pleistoceno al Holoceno, distribuidos principalmente a lo largo de la planicie costera y rellenando valles aluviales entre la serranía. Los depósitos más viejos corresponden al conglomerado Puerto Escondido, que aflora a lo largo del valle del río Colotepec y en la llanura costera, muy cerca de la cabecera municipal de Santa María Colotepec y de las poblaciones de Paso Lagarto, El Camarón, El Malucano, La Nopalera, Brisas de Zicatela y La Ventanilla. Se trata de depósitos heterolitológicos y por ende, de carácter polimíctico, compuestos por fragmentos muy redondeados y acompañados de arenas; su edad es del Pleistoceno (Durham et al., 1981; SGM, 2002). Sobre los anteriores, sobreyacen depósitos palustres, de litoral y aluviales que, en este trabajo, han sido englobados bajo el término de aluvial, por ser el proceso dominante. Estos depósitos sedimentarios poseen una edad del Holoceno (Durham et al., 1981; SGM, 2002) y se distribuyen de forma similar al conglomerado Puerto Escondido, en toda la parte baja del municipio, sobresaliendo depocentros aluviales importantes entre la cabecera municipal, El Camarón, El Malucano, La Nopalera y el litoral en el área de Brisas de Zicatela, y aluviales junto con litorales entre las localidades de Los Naranjos, La Ventanilla y El Tomatal.

El conglomerado y los depósitos sedimentarios no fueron cartografiados a detalle en este trabajo, por lo cual, han sido integrados en una misma unidad del Cuaternario, ocupando un área de 129.8 km² que representan el 31.3% del total del área de Santa María Colotepec; sin embargo, el



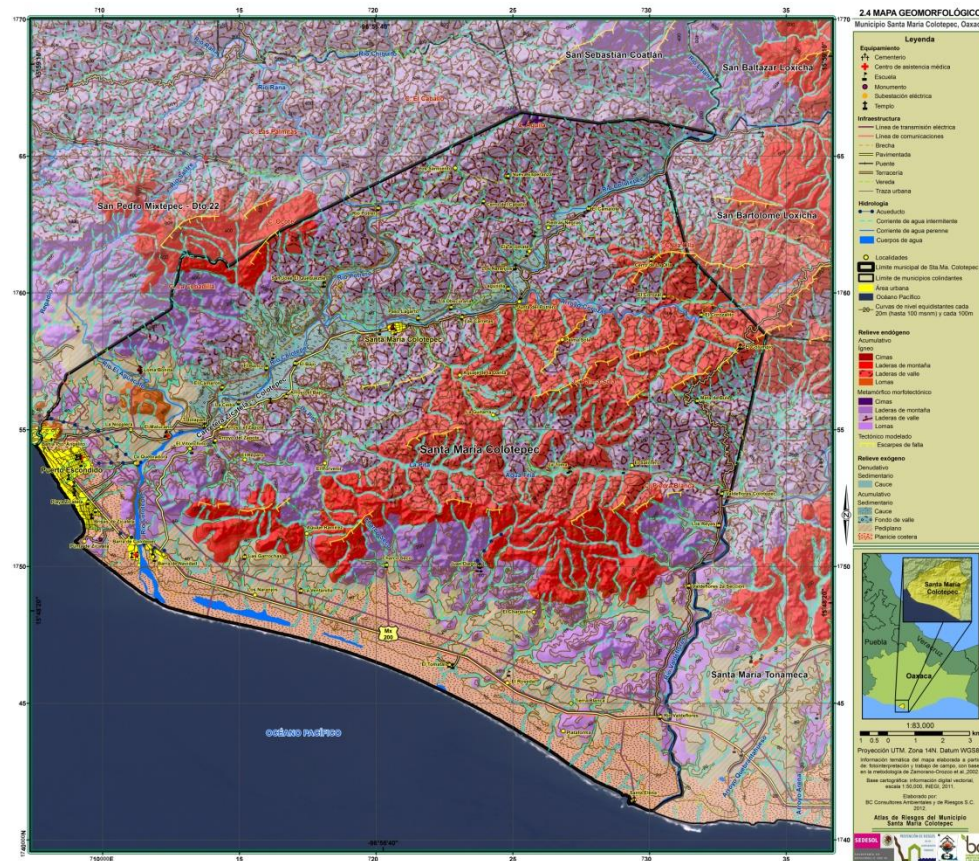
conglomerado constituye el depósito sedimentario que aflora con más frecuencia y que se encuentra mayormente distribuido en la parte de menor altitud del municipio.

La mayoría de las rocas, tanto del complejo Xolapa como de los cuerpos intrusivos, han sido afectadas por el sistema de fallas laterales de Chacalapa y Mixtepec (Alaniz-Álvarez y Ortega-Gutiérrez, 1997), con orientación dominante de noroeste a sureste y este a oeste; lo que conlleva algunas fallas normales de carácter local, con un echado orientado al este y al sureste, afectando a los cuerpos plutónicos y formando escarpes de falla, como por ejemplo en los cerros Piedra Blanca, Palma Sola, La Olla y Ocote, y que aparentemente coinciden con la orientación noreste-suroeste del graben de Morelos (Alaniz-Álvarez y Ortega-Gutiérrez, 1997), cuyo afloramiento más cercano se encuentra en el municipio de Santa María Tonameca, al sureste de Santa María Colotepec. Además, es notoria la presencia de fallas laterales con orientación noreste-suroeste deformando la zona, como la falla Puerto y la falla Valdeflores; esta última no es visible en el área del mapa 2.3. Estos sistemas dotan a las estructuras geológicas de la zona de estudio de una apariencia morfoestructural escalonada, cuya distribución es relativamente perpendicular a las fallas principales.

3.3. Geomorfología

La porción terrestre que pertenece al municipio de Santa María Colotepec está representada por varias unidades geomorfológicas (ver imagen siguiente), de las cuales destacan: laderas de montaña y laderas de valle en la parte norte y centro, relacionadas a la actividad tectónica del sur de México; lomas, pediplanos y una planicie costera en la parte sur, con características morfológicas propias de ambientes costeros; y un fondo de valle que atraviesa de noreste a suroeste a lo largo de todo el territorio municipal. Cada una de estas unidades es originada, y a su vez afectada, por procesos endógenos y exógenos que modelan el relieve y que, en el municipio de Santa María Colotepec, pueden ser clasificados de acuerdo al régimen orogénico, denudativo y acumulativo dominante de la siguiente manera: relieve endógeno, ya sea de carácter ígneo, metamórfico morfotectónico o tectónico modelado; y relieve exógeno, de índole sedimentario, creando, cada uno, geoformas distintivas.

Imagen 5. Mapa Geomorfológico



Geomorfología del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.4 del Anexo Cartográfico.

Relieve endógeno

Las principales formas del relieve que atañen a un origen endógeno-acumulativo-ígneo, son: cimbras, laderas de montaña, laderas de valle y lomas; aquellas derivadas de un origen endógeno-acumulativo-metamórfico morfotectónico, son: cimbras, laderas de montaña, laderas de valle y lomas; mientras que aquellas derivadas de un origen endógeno-acumulativo-tectónico modelado, son: escarpes de falla.

Una de las cimas más representativas dentro del municipio se localiza en el Cerro Águila, muy cerca de Nueva Esperanza; y corresponde a la parte más alta de la montaña con una elevación de 1,100 msnm, desde la cual se reconoce una disminución de la altitud del relieve hacia todos lados.

Descendiendo altitudinalmente se encuentran las laderas de montaña, las cuales son porciones inclinadas de la superficie terrestre que delimitan formas positivas y negativas, éstas se distribuyen sobre todo el territorio municipal con excepción de la parte sur, y corresponden tanto a cuerpos ígneos como metamórficos, ligera y medianamente diseccionados, con elevaciones que van desde 40 hasta 1,000 msnm. Los desplazamientos gravitacionales, junto con el lavado superficial forman un conjunto complejo de procesos que actúan sobre las laderas.

Las laderas de valle son formas negativas del relieve, equivalentes a depresiones estrechas y alargadas, ligeramente diseccionadas, en donde los procesos erosivos modelan continuamente dicho relieve, están constituidas por rocas tanto ígneas como metamórficas y cubren la mayor parte del territorio municipal. Los valles en el municipio de Santa María Colotepec son de tipo longitudinal, lo que quiere decir que en las montañas tienen la misma orientación que las estructuras tectónicas, aprovechando las cuencas intermontanas.

En la parte baja de Santa María Colotepec se ubican las lomas, localizándose primordialmente en la parte sureste y suroeste del territorio municipal. Las lomas son pequeñas elevaciones del terreno, en este caso de alturas de algunos metros a 200 metros con una configuración suave de sus laderas y base ancha, formadas por procesos acumulativos.

Evidencia de la actividad tectónica en Santa María Colotepec son las formas del relieve que dicha actividad produce en la superficie luego de ocurrido un fenómeno relacionado (ej. sismo tectónico), como son los escarpes de falla, que semejan cicatrices dejadas por el movimiento de fallas y fracturas. Los escarpes de falla, son paredes de roca más o menos lineales, de pendiente abrupta (50-100 m de altura y de 30 a >45° de inclinación), relativamente cercana a la vertical, que se producen cuando parte del material que los conforma se desprende o desestabiliza a causa del movimiento de una falla, y en el caso del municipio en cuestión, se encuentran alineados en dirección este-oeste (E-O) y noreste-suroeste (NE-SO).

Relieve exógeno

Las geoformas generadas por los procesos endógenos, en la mayoría de los casos, se ven afectadas por mecanismos exógenos, produciendo formas del relieve que resultan del intemperismo y la erosión, principalmente hídrica, y de la acumulación del material denudado luego de su transporte, ya sea fluvial, gravitacional, eólico o mixto (eólico-fluvial). Las principales formas del relieve que atañen a un origen exógeno-denudativo-sedimentario, son: cauces; mientras que aquellas derivadas de un origen exógeno-acumulativo-sedimentario, son: cauces, fondos de valles, pediplanos y una amplia planicie costera.

Los cauces de tipo denudativo se distribuyen a lo largo de todo el territorio municipal, siendo el resultado de la erosión o socavamiento que los ríos ejercen sobre la mayoría de las geoformas endógenas; de modo que, todas las corrientes de agua, ya sea perennes o intermitentes, escurren a través de estas estructuras y modelan el drenaje de Santa María Colotepec.

A su vez los cauces acumulativos se distribuyen únicamente hacia el sur del territorio municipal socavando buena parte de los pediplanos y de la planicie costera. El material erosionado es transportado hacia zonas de depositación, de altitud menor y pendiente baja o nula, donde se distribuye y acumula de acuerdo al régimen hídrico y a las características orográficas. Generalmente, en Santa María Colotepec, los cauces de tipo acumulativo se forman alineados de noreste a suroeste y están distribuidos en toda la parte sur del municipio, al bajar de la zona de pediplanos a la planicie costera; y en ellos se asientan localidades como Brisas de Zicatela, Barra de Colotepec, El Tomatal y Tierra Blanca.

Los fondos de valle, dentro de los cuales se localiza el cauce o lecho, están constituidos por depósitos aluviales. Dentro del municipio se extiende un fondo de valle de gran amplitud e importancia como es por el que fluye el Río Colotepec, el cual se distribuye de noreste a suroeste cruzando todo el territorio municipal.



Los pediplanos son superficies niveladas, débilmente inclinadas (de 3 a 5°), esculpidas por la acción de los arroyos y ríos en relación con el nivel base de denudación (Lugo, 2011). Están concentrados a lo largo de toda la parte sur del municipio, ubicándose entre las laderas de montaña y la planicie costera.

Aunado a los pediplanos, el área más importante de depositación, en la mayoría de los casos, antes de que los sedimentos lleguen al océano, está constituida por la planicie costera. Es una franja que se extiende con gran anchura, a lo largo del litoral marino. Se encuentra ligeramente inclinada hacia el Océano Pacífico, es propensa al escurrimiento de caudales de agua voluminosos y a la formación de lagunas y a padecer inundaciones.

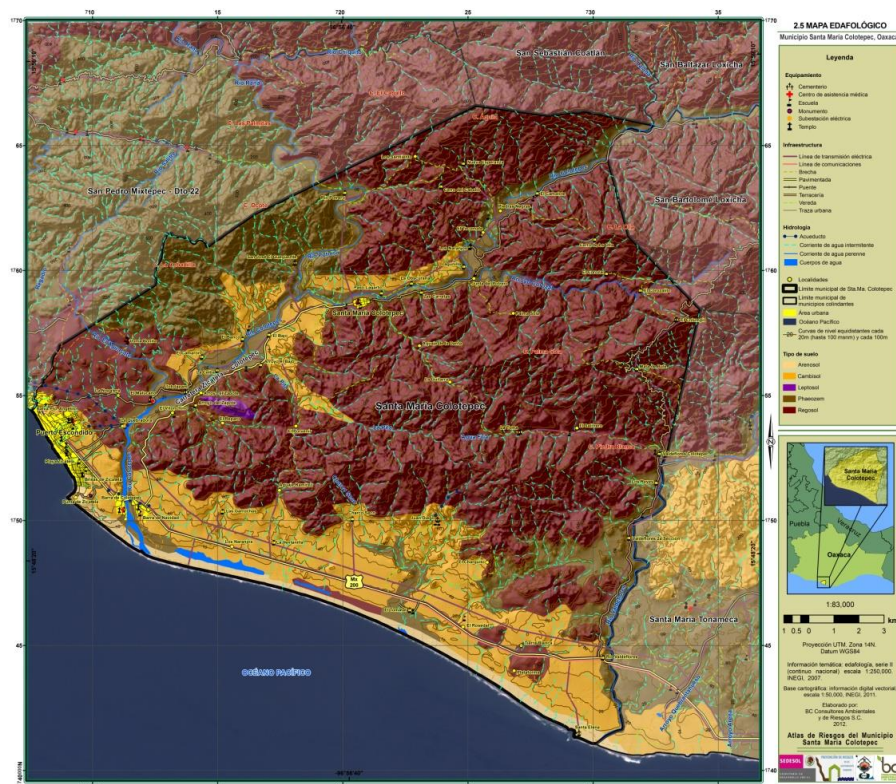
3.4. Edafología

El suelo es un recurso natural de vital importancia para el ser humano ya que determina, de acuerdo a sus características, las actividades que éste puede desarrollar a través de los usos potenciales y el establecimiento de prácticas de manejo que permiten un aprovechamiento óptimo en el territorio.

El desarrollo de los diferentes tipos de suelo depende de varios factores, entre ellos: el clima, el material parental, el relieve y la actividad biológica. La acción de la meteorización sobre la regolita origina suelos que difieren mucho en textura, saturación de bases, pH, tipo de arcilla predominante y fertilidad natural. Por ello, el conocimiento de la distribución de los suelos y sus propiedades es un componente crucial para definir un plan de manejo en cualquier territorio.

Con base en la clasificación de la FAO (2007), en el municipio de Santa María Colotepec existen cinco tipos de suelos: Regosoles (61.10%), Cambisoles (19.06%), Phaeozem (17.15%), Arenosoles (2.41%) y Leptosoles (0.28%). La siguiente imagen (Mapa 2.5 del Anexo cartográfico) muestra la distribución mencionada.

Imagen 6. Mapa Edafológico



Edafología del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.5 del Anexo Cartográfico.

El suelo de mayor predominio en Santa María Colotepec es el de tipo Regosol, abarcando alrededor de 25,284.27 hectáreas, es decir, el 61.10 % de la superficie municipal. Se distribuye hacia el norte, noreste, este, centro y oeste del municipio, sobre las estribaciones de la Sierra Madre del Sur. Los Regosoles son un tipo de suelo mineral, débilmente desarrollado en materiales no consolidados, se extienden en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos (FAO, 2007); es de color claro (por la escasez de materia orgánica), somero, con fertilidad variable y con una productividad condicionada por la profundidad y pedregosidad (INEGI, 2004 y 2011), lo que permite que sea utilizado en actividades forestales, ganaderas o proyectos agrícolas y de vida silvestre. Algunas de las localidades asentadas en este

tipo de suelo son: Santa María Colotepec, El Porvenir, La Guitarra, Aguaje de la Danta, Mata de Bule, El Columpio, El Corozal, El Corozalito, Palma Sola, El Salitrero, La Toma, Aguaje de Ramírez y El Reparó.

El suelo de tipo Cambisol es el que, por extensión, ocupa el segundo lugar en el municipio de Santa María Colotepec ya que abarca un 19.06% de la superficie total, lo que representa 7,886.83 hectáreas. Este tipo de suelo se localiza en la parte centro-oeste y sur del municipio, donde se ubican las localidades de El Camarón, La Obscurana, Las Garrochas, Barra de Navidad, Los Naranjos, La Ventanilla, Charco Seco, Juan Diego, El Rosedal, El Tomatal y El Charquito. Literalmente, el Cambisol es un tipo de suelo de transición, es decir, en él se observa el cambio de estructura, color, contenido de arcilla o de carbonato del material parental, lo cual permite describirlo como un suelo joven, moderadamente desarrollado, formado por materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas, con una fertilidad media a baja, con buena capacidad de retención de humedad, alta porosidad y buen drenaje interno. Generalmente, se distribuye en terrenos llanos a montañosos, se ubica en todos los climas y permite el desarrollo de un amplio rango de vegetación. Estas características lo hacen un suelo apto para la agricultura (FAO, 2007).

El Phaeozem, es el tercer tipo de suelo que se encuentra dentro del municipio de Santa María Colotepec, con respecto a su extensión; abarca un total de 7,094.65 hectáreas, ubicándose sobre los márgenes de los ríos Potrero, Valdeflores y Colotepec, mismos que se ubican en la parte nororiental, occidental y central respectivamente, cerca de las localidades de El Camalote, Piedras Negras, El Tecomate, Los Naranjos, Lagunilla, Junta del Potrero, Las Carretas, Paso Lagarto, El Bajo, La Ceiba, Totolapam, La Quebradora, Valdeflores segunda sección y Los Reyes, principalmente; lo que representa, el 17.15 % de la superficie municipal.

El suelo de tipo Phaeozem, tiene su origen en la intensa actividad biológica existente en los materiales no consolidados (INEGI, 2011); por ello, presenta un color oscuro, lo cual lo hace un suelo rico en materia orgánica y nutrimentos (INEGI, 2004). Entre otras características, los suelos de este tipo presentan una textura media, con estructura granular en la parte más superficial y bloques subangulares en la siguiente capa que, en conjunto con la porosidad, le confieren buenas condiciones aeróbicas y por lo tanto un buen drenaje interno, permitiendo la penetración de raíces y la infiltración del exceso de agua, pero que al mismo tiempo permiten la retención de humedad aprovechable para la agricultura de temporal y de riego (INEGI, 2011).

En la parte sur, sureste y suroeste de Santa María Colotepec se localiza el suelo de tipo Arenosol. Este tipo de suelo representa el 2.41% de toda la superficie del municipio, lo que equivale a 998.67 hectáreas, específicamente cerca de la línea de costa, donde están las localidades de Punta de Zicatela y Santa Elena. Los arenosoles, como su nombre lo indica, son suelos arenosos desarrollados sobre materiales no consolidados, de textura gruesa y arenosa, con alta permeabilidad y baja capacidad de almacenar agua y nutrimentos (FAO, 2007). Dentro del municipio de Santa María Colotepec este tipo de suelo se observa sobre dunas recientes bajo una vegetación herbácea muy clara, y no tienen algún uso agrícola debido a su gran sensibilidad a la erosión.

Los Leptosoles son los suelos con menor presencia dentro del municipio, se localizan específicamente en una pequeña porción de la parte centro-oeste del mismo, comprendiendo un área de 115.13 hectáreas, lo que representa sólo el 0.28% del total de la superficie. Dentro del municipio, se localizan a una altitud entre 100 y 200 msnm y no existen localidades asentadas sobre él. Este tipo de suelos se caracteriza por ser muy somero (profundidad menor a 25 cm), se desarrollan sobre calizas y son muy ricos en materia orgánica; en algunos casos son excelentes para la producción agrícola, pero en otros pueden resultar muy poco útiles ya que su escasa profundidad los vuelve muy áridos y el calcio que contienen puede llegar a inmovilizar los nutrimentos (SEMARNAT, 2005). Son extremadamente gravosos y pedregosos y comunes en regiones montañosas por tanto, son considerados como un recurso potencial para el pastoreo y la actividad forestal (FAO, 2007).

3.5. Hidrología

El conocimiento de la disponibilidad espacial del recurso hídrico, en el municipio de Santa María Colotepec, es esencial para su desarrollo, de ahí la importancia de la descripción de las diversas cuencas hidrográficas, además de su ubicación dentro del territorio.

La cuenca hidrográfica es reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos, entre otras cosas, porque en ella los sistemas físicos y bióticos y el sistema socioeconómico son interdependientes y se encuentran interrelacionados (Dourojeanni et al., 2002). De acuerdo con INEGI, INE y CONAGUA (2007), el país cuenta con 1, 471 cuencas, las cuales presentan una enorme variabilidad en tamaños: de miles a un kilómetro cuadrado.

Cuenca del Río Colotepec

En la Sierra Sur de Oaxaca con vista al Océano Pacífico, donde reside el pueblo conocido como Chatinos, inicia el partaguas la cuenca del Río Colotepec (CDI, 2009). El escurrimiento de esta cuenca se fundamenta en la orografía de esta zona montañosa que se extiende desde Noroeste del municipio de San Bartolomé Loxicha con dirección hacia el suroeste del mismo, pasa irrigando el municipio de Santa María Colotepec hasta llegar a desembocar al Océano Pacífico. La población total de la cuenca es de 68,908 habitantes en 248 localidades (INE, 2008).

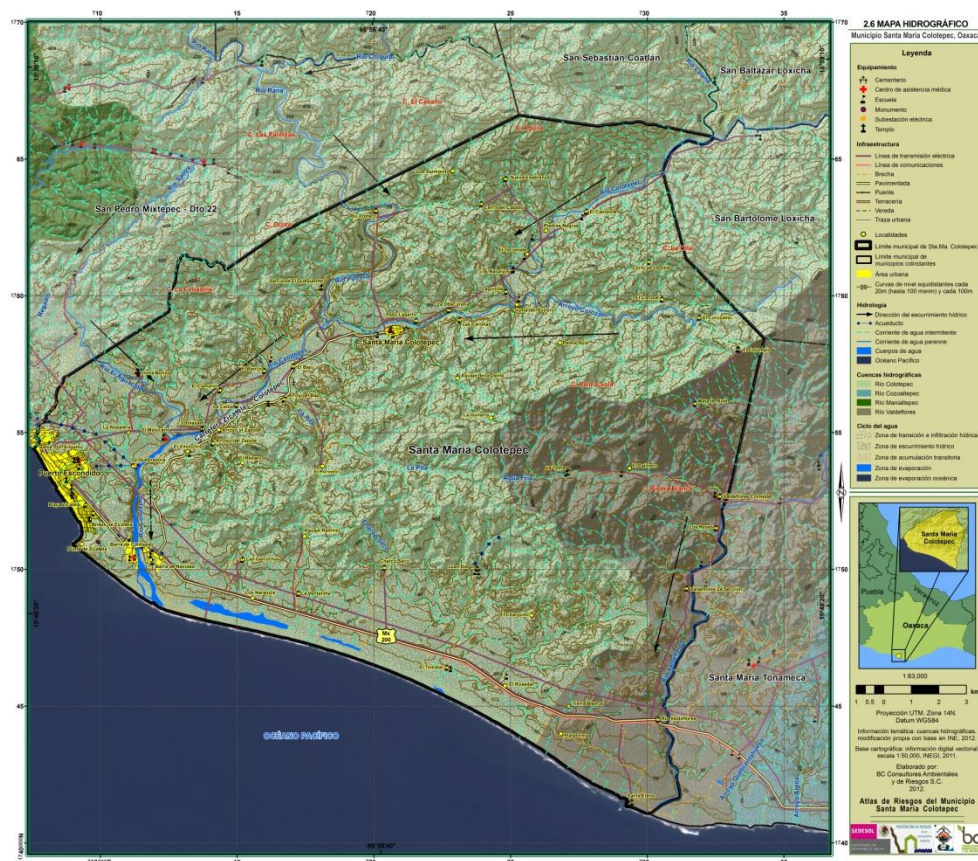
Dentro de la cuenca del Río Colotepec, se ven involucradas varias localidades al paso de su cauce, directa e indirectamente estos afluentes llegan a proveer de recurso hídrico a dichos lugares y en temporada de lluvias intensas el caudal del río se eleva y provoca inundaciones. Algunas como la cabecera municipal de Santa María Colotepec, la localidad de El Bajo, Los Naranjos, El Camarón, Barra de Navidad y Barra de Colotepec están circunscritas por la vertiente de este río, esta cercanía las hace más vulnerables. Otras zonas como Brisas de Zicatela y La Nopalera son irrigadas por corrientes intermitentes que en algunos casos se secan haciendo que la población disponga los lechos secos para construir vivienda o como camino.

Cuenca del Río Valdeflores

Al igual que la Cuenca del Río Colotepec, esta cuenca tiene sus orígenes en la Sierra Sur de Oaxaca, regando el territorio municipal de San Bartolomé Loxicha. Las vías que circunscriben esta cuenca se encuentran en zonas con diversas altitudes que dan como resultado una variedad de climas y zonas ecológicas con diferentes tipos de vegetación. La cuenca termina en la planicie costera del Pacífico introduciéndose al municipio de Santa María Colotepec. La población total de la cuenca es de 4,781 habitantes en 34 localidades (INE, 2008).

La siguiente imagen muestra las características hidrológicas del municipio de Santa María Colotepec.

Imagen 7. Mapa Hidrográfico



Hidrografía del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.6 del Anexo Cartográfico.

3.6. Climatología

El municipio de Santa María Colotepec, muestra una diferencia en altitud que va desde los 0 metros, en la porción sur donde se ubica la región costera delimitada por el océano, hasta los 1,100 metros sobre el nivel del mar en la porción norte, donde se sitúa el cerro del Águila y zona montañosa denominada cerro de La Hoya.

El territorio municipal presenta dos tipos predominantes de clima: el cálido subhúmedo y el semiárido cálido, esto, debido a las características del relieve del municipio, latitud, pendiente del terreno, cercanía con los principales cuerpos de agua, como son: Océano Pacífico, Río Colotepec y Valle de las Flores; así como de la cobertura de su suelo por bosques, cultivos, pastizales, arenas y áreas urbanas (INEGI, 2010).

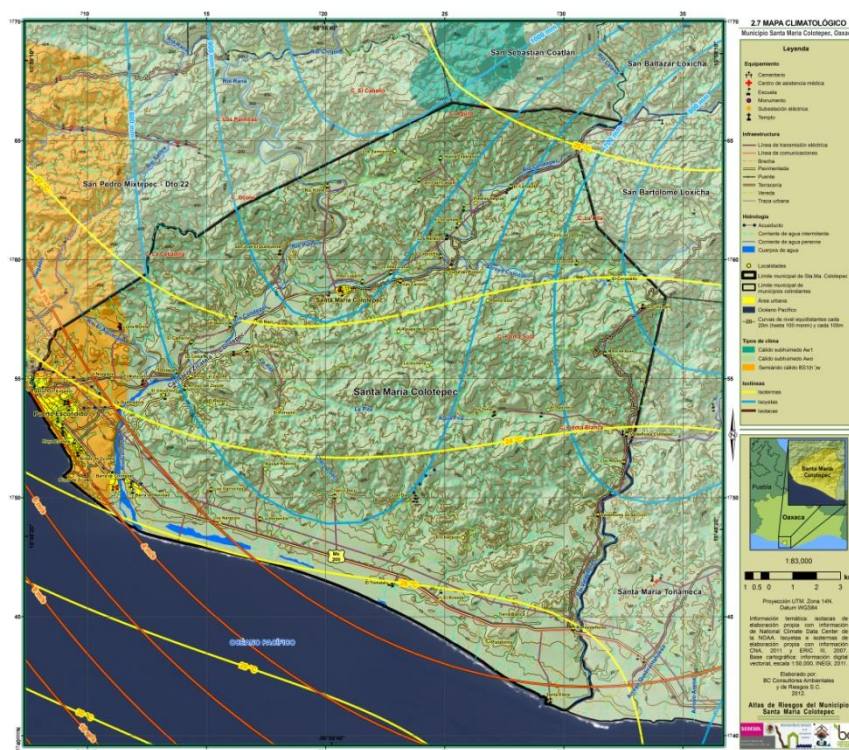
Clima

El clima cálido subhúmedo, correspondiente a un 23% del territorio nacional, es el clima predominante en el municipio de Santa María Colotepec (García, 1988), prevaleciendo en las porciones norte, sur, centro y oriente del municipio, y se presenta como resultado de la precipitación incidente en esta región con alrededor de 1,000 mm anuales, principalmente durante el verano, así como de la temperatura media anual que oscila entre 22° y 26°C, registrando una temperatura del mes más frío por arriba de los 18°C.

Por otra parte, sobre la porción oeste del territorio municipal, donde se ubican localidades de La Nopalera, La Quebradora, Brisas de Zicatela y Puerto escondido, se presenta un clima de tipo semiárido cálido, el cual se caracteriza por una precipitación inferior a 800 mm por año y una temperatura media anual alrededor de los 20°C, así como una temperatura del mes más frío mayor a 18°C, por lo que la vegetación predominante en esta región se compone principalmente por arbustos y pastajes que tienden a perder hojas y secarse durante periodos de estiaje.

El mapa de climas se presenta en la siguiente imagen:

Imagen 8. Mapa Climatológico



Distribución de los climas del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.7 del Anexo Cartográfico.

Temperatura

Características de la temperatura en la porción sur de Oaxaca son moduladas durante el año por la contracorriente oceánica ecuatorial, disminuyendo la variabilidad diaria de temperaturas, siendo apoyado además por un sistema de alta presión semipermanente sobre el Pacífico que propicia baja nubosidad y temperaturas cálidas durante gran parte del año. La distribución de temperatura media en el municipio de Santa María Colotepec muestra un gradiente positivo en dirección norte-sur, esto es, desde la región montañosa hacia la zona costera del municipio, con valores que se incrementan desde los 20°C, en zonas situadas sobre Cerro Águila, hasta los 26°C para localidades como El Tomatal, Tierra Blanca y Santa Elena (ERIC III, 2007) -Mapa 2.7-.

Esta distribución de temperaturas corresponde generalmente a regiones tropicales situadas aproximadamente en 15° de latitud, y donde la altura del terreno se incrementa gradualmente desde el nivel del mar hasta zonas montañosas elevadas considerando que el transporte de humedad presente proveniente del océano, la ocurrencia de precipitación asociada y el viento promedio son factores predominantes en la magnitud y configuración de la variable temperatura media.

Precipitación pluvial

En el sur de México y particularmente en el estado de Oaxaca, la lámina de precipitación pluvial anual se encuentra determinada por eventos meteorológicos como frentes fríos y nortes durante el invierno, mientras que durante el verano son los ciclones tropicales los que aportan precipitaciones significativas en la región, de manera que las características de la alberca de agua caliente establecen un factor importante para la formación de un mayor número de tormentas tropicales o intensidad de la canícula en la época de lluvias (Magaña, 2003).

El municipio de Santa María Colotepec, se ve influenciado por sistemas convectivos de mesoescala que se desarrollan sobre regiones oceánicas y por humedad que es arrastrada hacia áreas continentales y obligada a ascender por forzamiento orográfico, originando precipitaciones en la región, sin embargo, ante eventos de fuerte cizalladura de los vientos alisios, producto de la fase ENSO (El Niño y Oscilación del Sur) que transcurre y a amplios sistemas de alta presión semipermanentes sobre el Océano Pacífico y el Atlántico, la convección que posteriormente genera precipitación, es inhibida, o desplazada hacia el sur, lo que ocasiona precipitaciones sobre regiones marítimas y disminución de la lámina media sobre territorio mexicano (Magaña, 2003).

El análisis de lámina media anual sobre el municipio de Santa María Colotepec indica precipitaciones con valores de entre 800 y 1000 mm anuales que se presentan en regiones montañosas al norte y centro del territorio municipal, sobre localidades de Los Naranjos, El Bajo, Arroyo El Bajo, El Camarón y sobre la cabecera municipal, mientras que laminas de entre 700 y 800 mm se registran sobre los extremos oeste, sur y este del municipio correspondiente a la zona costera y de premontaña, donde se sitúan las localidades de Santa Elena, Barra de Navidad, Barra de Colotepec, Brisas de Zicatela, La Nopalera, etc.

La actividad en la precipitación se divide en dos periodos: noviembre-abril (menor precipitación) y mayo-octubre (mayor precipitación). El primer periodo se caracteriza por tener una precipitación de 25 a 50 mm de lluvia, durante el cual el número de días con lluvia apreciable se encuentra en un rango de 0-29 días, desde la parte suroeste del municipio (zona turística), a la cabecera municipal. El segundo periodo presenta una precipitación de 900 a 1000 mm de lluvia distribuidos en número de días con lluvia apreciable de 30 a 59 y comprende desde la parte baja del municipio de la comunidad de la Ceiba (Plan de desarrollo municipal 2008 – 2010).

3.7. Uso de suelo y vegetación

En el municipio de Santa María Colotepec se encuentran tres tipos de vegetación natural: la selva subcaducifolia, la vegetación inducida y el bosque de coníferas.

De estas predomina la selva subcaducifolia, la cual abarca 234 km², equivalentes al 56.44% del área del municipio. Se ubica a lo largo de la zona montañosa, principalmente por encima de los 100 msnm y sobre pendientes iguales o mayores a 15° de inclinación (Mapa Altimétrico 2.2 a y Mapa de pendientes 2.2b). El desarrollo de la vegetación parece encontrarse en un estado sucesional secundario, debido probablemente a la extracción de madera o prácticas de barbecho largo.

La vegetación inducida corresponde a la vegetación que ha sido favorecida por la perturbación de la vegetación natural a causa de actividades antrópicas o incendios forestales. Se puede observar en dos fragmentos en el centro este y norte del municipio de 12.68 km² y 1.3 km² respectivamente. El primero se encuentra en colindancia con una vasta área de cultivos, por lo que es probable que su origen se deba a la introducción de especies con fines de aprovechamiento.

Al norte se observa un fragmento de bosque de coníferas que se extiende hacia los municipios de San Gabriel Mixtepec y San Sebastián Coatlán. En Santa María Colotepec ocupa 1.06% (4.4 km²) del territorio municipal; se encuentra en la parte de mayor elevación de la zona montañosa, en un rango superior a los 400 msnm y en las pendientes más abruptas, superiores a 30° de inclinación (Mapas 2.2a y 2.2b), ya que las coníferas pueden desarrollarse sobre suelos delgados e incluso en estratos rocosos.

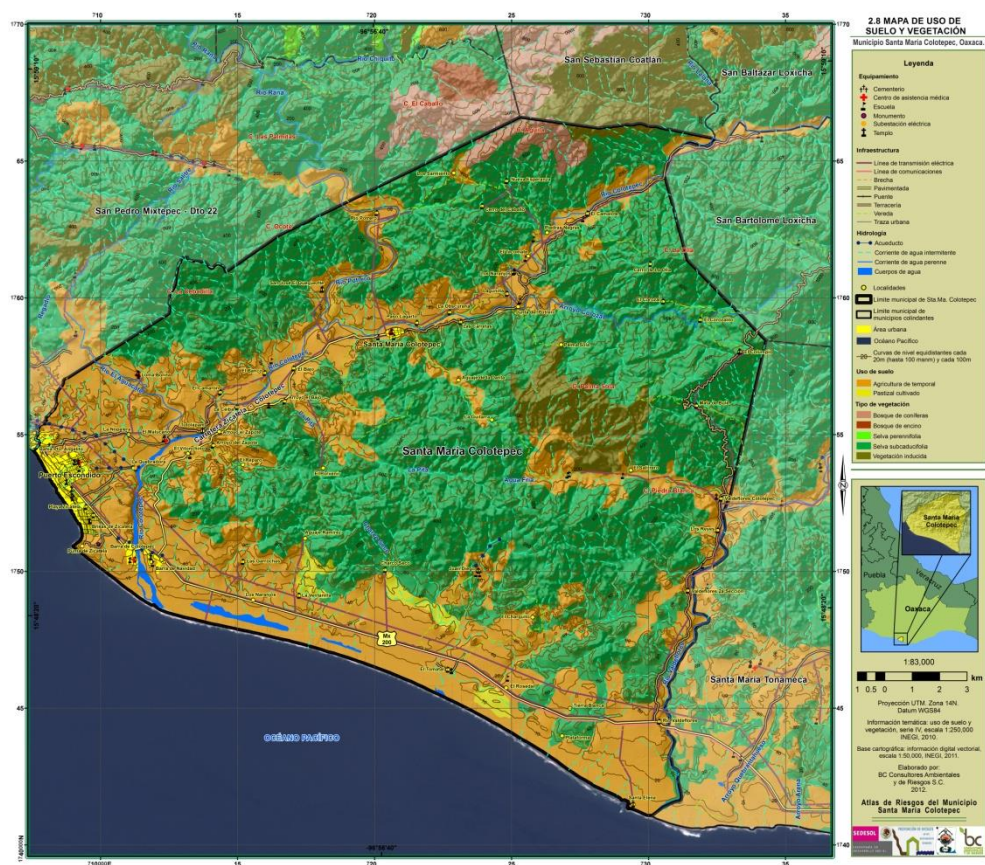
Sobre la planicie costera, el pediplano, y al fondo de algunos valles estructurales, aprovechando los sedimentos acumulados ricos en nutrientes provenientes de las laderas de montaña y de valle, se desarrollan usos de suelo agrícola y cultivo de pastizales.

Las áreas de cultivo ocupan 35.07% (145.41 km²) del área total del municipio; rodean los asentamientos urbanos principales, incluyendo a Puerto Escondido, Brisas de Zicatela y Santa María Colotepec. Los cultivos son de temporal anual principalmente, a excepción de una plantación agrícola ubicada sobre la línea de costa que emplea cultivos temporales de forma permanente. El principal cultivo es el maíz, con 2,275 ha sembradas en 2009 (INEGI, 2009).

El pastizal cultivado se extiende a 4.11 km² (0.99% del territorio municipal) en tres fragmentos ubicados en la planicie costera y el pediplano (Mapa Geomorfológico), cerca de las localidades La Ventanilla, Charco Seco y El Rosedal. Se encuentra sobre un suelo de tipo cambisol; estos suelos pueden ser muy productivos pero sin cobertura vegetal son muy fácilmente erosionables.

La siguiente imagen (Mapa de uso de suelo y vegetación), muestra la distribución explicada en los párrafos precedentes.

Imagen 9. Mapa de uso de suelo y vegetación



Clasificación de los diferentes tipos de uso de suelo y vegetación del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.8 del Anexo Cartográfico.

3.8. Áreas naturales protegidas

En el municipio de Santa María Colotepec no existen áreas naturales protegidas.

3.9. Problemática ambiental

El municipio de Santa María Colotepec presenta un área total de 414.7 km², de los cuales 2.6 km² corresponde a cuerpos de agua, 234.09 km² es el área sin vegetación aparente, 105.25 km² pertenecen al área de vegetación densa, mientras que 68.47 km² pertenecen al área cultivada.

El 56% (232.2431 km²) del territorio municipal exhibe áreas sin vegetación aparente y sólo el 25% (103.6799 km²), del municipio corresponde a vegetación densa, lo que señala una baja planeación de actividades agrícolas en el municipio. Con la aplicación de adecuados programas de reforestación, es posible retener una mayor cantidad de humedad y canalizarla al ambiente contrarrestando su fragmentación, y de esta manera beneficiando al sistema.

Un problema adicional es la extracción clandestina de animales, lo que resulta en una forma agresiva de quebrantar el hábitat. Se tiene conocimiento que los reptiles principalmente iguanas y cocodrilos son sustraídos de su ambiente lo que impacta al desarrollo de sus nichos ecológicos, de igual manera a todo el ecosistema al que pertenecen.

Elemento suelo

La población total en el municipio alcanzó la cifra de 22,562 habitantes en el año 2010 (INEGI 2010), lo que aunado a una dinámica natural ha propiciado una rápida expansión del territorio urbanizado, provocando así el aumento de la tasa urbana de 0.3 km² en 1960, a 4.1 km² en 2010, lo que significa un incremento del 1108.10%. Consecuentemente, esto favorece a la pérdida de suelo y biodiversidad asociada (Mapa 2.10).

El predominio del suelo de tipo regosol se asocia con un ecosistema selvático. En cuanto a las emisiones, la generación de residuos y la explotación de recursos, se ha observado que el municipio cuenta con un relleno sanitario que cubre las necesidades de acumulación y tratado de los residuos sólidos de la actividad humana; esto crea una condicionante a las características edafológicas pues la presencia de lixiviados productos de dichos residuos, provocan un cambio en los componentes químicos del suelo ocasionando presión sobre este recurso y daño al ambiente.

Elemento aire

Debido a características de la dinámica atmosférica, resulta complejo caracterizar el deterioro del entorno a nivel municipal, sin embargo, se pueden realizar estudios sobre contaminantes específicos que permitan crear una perspectiva general de su situación en tiempo y espacio determinados.

Emisiones a la atmósfera

El cálculo de la generación per cápita de gases de efecto invernadero, específicamente de anhídrido carbónico, muestra que se ha incrementado a 80 toneladas por año de 1960 a 2010. Esto aunado a la pérdida de cobertura vegetal de la zona tiene un efecto sinérgico en la disminución de la calidad de vida de la población.

Otras fuentes importantes de emisiones de contaminantes son los residuos del tiradero a cielo abierto y de la contaminación local de basura en cuerpos de agua, calle, jardines y terrenos baldíos. Estos residuos al entrar en descomposición producen gases naturales que terminan elevándose hacia la atmósfera contribuyendo así al efecto invernadero.

Elemento agua

El agua considerada como recurso renovable actualmente sufre las consecuencias de la actividad antropogénica en todo nuestro país. En el presente estudio se observa como el uso del recurso hídrico ha venido incrementándose de forma alarmante con el fin de cubrir las necesidades básicas e industriales del hombre, lo cual puede corroborarse mediante las gráficas del mapa 2.10 donde se muestra la presión que experimenta el recurso, identificando que a partir del año 1960 inicia un

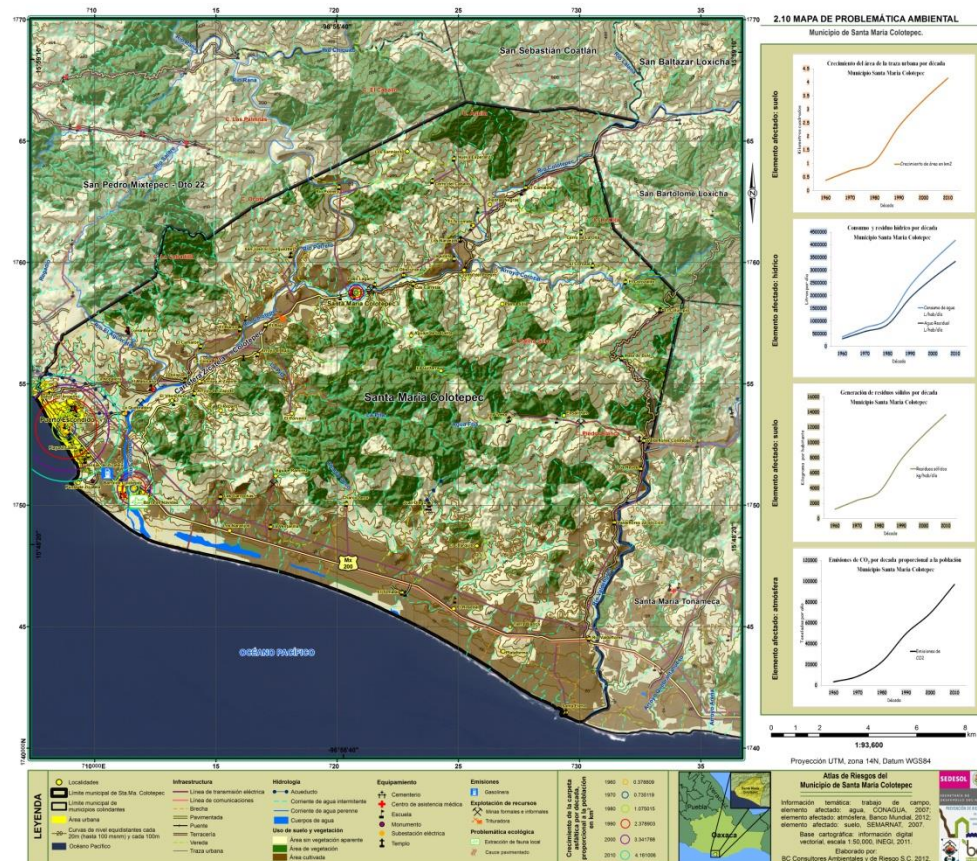
aumento en volumen destinado para el consumo humano, de 500,000 litros en 1960 a 1,000,000 litros por día en 1970, mientras que de 1980 a 2010 se eleva potencialmente de 1,100,000 a 4,200,000 litros por día. Exponiendo un incremento de consumo del 11% en 50 años.

Generación de aguas residuales.

En la generación teórica de aguas residuales los datos se comportan muy similar al uso consuntivo del agua, y entre los datos reportados se encuentra el año 2010, en el cual se generaron 3300 m³ de agua residual por día. De acuerdo con el Ayuntamiento de Santa María Colotepec, hay ausencia de plantas de tratamiento de aguas negras y residuales que se encuentren en funcionamiento a nivel municipal. La situación es tal, que en la mayoría de las comunidades ubicadas en la periferia del casco municipal continúan utilizando letrinas, así como en colonias cerca de la zona turística, como es el caso de la colonia “El Marinero”, cuyas calles lucen un aspecto deplorable, pues en ellas se vierten de manera directa desechos de aguas residuales provenientes de las viviendas que no cuentan con red de drenaje. Esto conlleva una problemática seria pues contribuye al incremento de enfermedades infecciosas y disminuye la calidad de vida de los habitantes.

La siguiente imagen muestra el mapa de la problemática ambiental descrita en párrafos anteriores.

Imagen 10. Mapa de Problemática ambiental



Problemática ambiental del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.9 del Anexo Cartográfico.

4. Características demográficas

En este capítulo se muestran las características generales de la situación demográfica, social y económica del municipio de Santa María Colotepec, Oaxaca.

La información contenida en éste apartado, muestra a través de indicadores, la dinámica demográfica, las características sociales como escolaridad y marginación; las principales actividades económicas que se llevan a cabo en este municipio, y además se ofrece una descripción de las condiciones de la población económicamente activa y de la infraestructura urbana del territorio municipal.

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

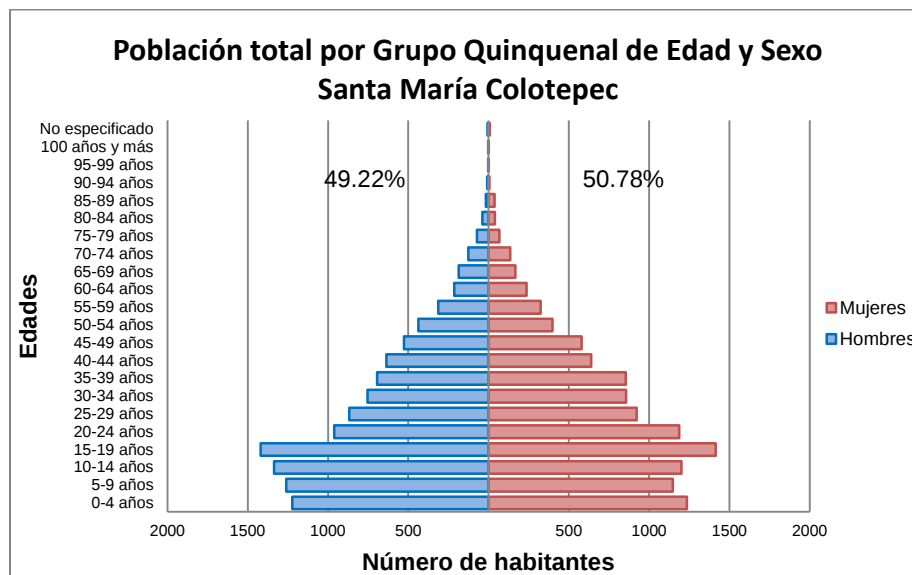
Población total

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, la población total del municipio de Santa María Colotepec es de 22,562 habitantes; de los cuales 11,104 son hombres y 11,458 son mujeres.

En lo que respecta a la evolución demográfica, las tablas 1 y 2 (Anexo 7.1), muestran las relaciones de crecimiento quinquenal y el grado de variación de la población del municipio de Santa María Colotepec. En estas tablas se observa que en los últimos años el crecimiento poblacional del municipio ha tenido un avance importante y progresivo.

Dinámica demográfica

De acuerdo con los datos de INEGI (2010), la población total del municipio de Santa María Colotepec se distribuye de la siguiente manera: el 50.78% son mujeres y el 49.22% son hombres. La gráfica 1 muestra cómo se distribuye la población por grupos quinquenales de edad y sexo; y en ella se observa que la mayoría de la población se concentra entre los rangos de edad entre 15 a 19 y entre 10 a 14 años y que dentro de estos rangos, los que presentan tales edades son en su mayoría hombres.



Gráfica 1. Pirámide poblacional por grupos quinquenales y sexo de Santa María Colotepec, Oaxaca. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010).

Mortalidad

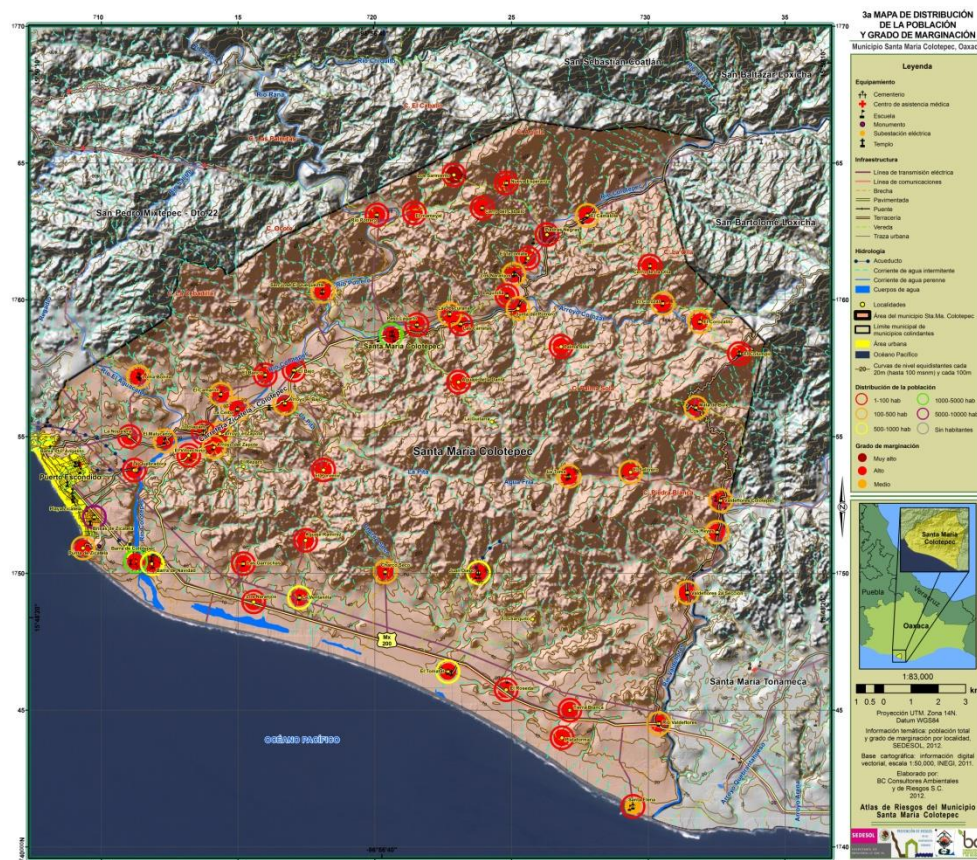
La tasa de mortalidad en el municipio es de 64 defunciones por cada 708 niños nacidos vivos, lo cual representa un índice de mortalidad del 9.03%. La tabla 3 del anexo 7.1 muestra la información mencionada.

Localidades y densidad de población

El municipio de Santa María Colotepec se encuentra conformado por 73 localidades, de las cuales 2 son urbanas: Santa María Colotepec, que es la cabecera municipal; y Brisas de Zicatela. En los mapas 1.3 y 1.4 se pueden observar las principales características de estas dos localidades. De la misma forma los mapas 1.5 al 1.8 del anexo cartográfico presentan las principales localidades rurales del municipio. Esta cartografía muestra información básica de las localidades como son: vialidades, traza urbana, infraestructura, equipamiento, principales vialidades, etc.

La distribución de la población por número de habitantes se muestra en el siguiente mapa (mapa 3a del Anexo cartográfico). En él se observa que aproximadamente el 80% de las localidades cuenta con una población menor a 100 habitantes; el 15% con un número de habitantes mayor a 100 y sólo el 5% cuenta con una población total entre 500 a 3000 habitantes, este último porcentaje se encuentra representado por la cabecera municipal y Brisas de Zicatela.

Imagen 11. Mapa de distribución de la población y grado de marginación

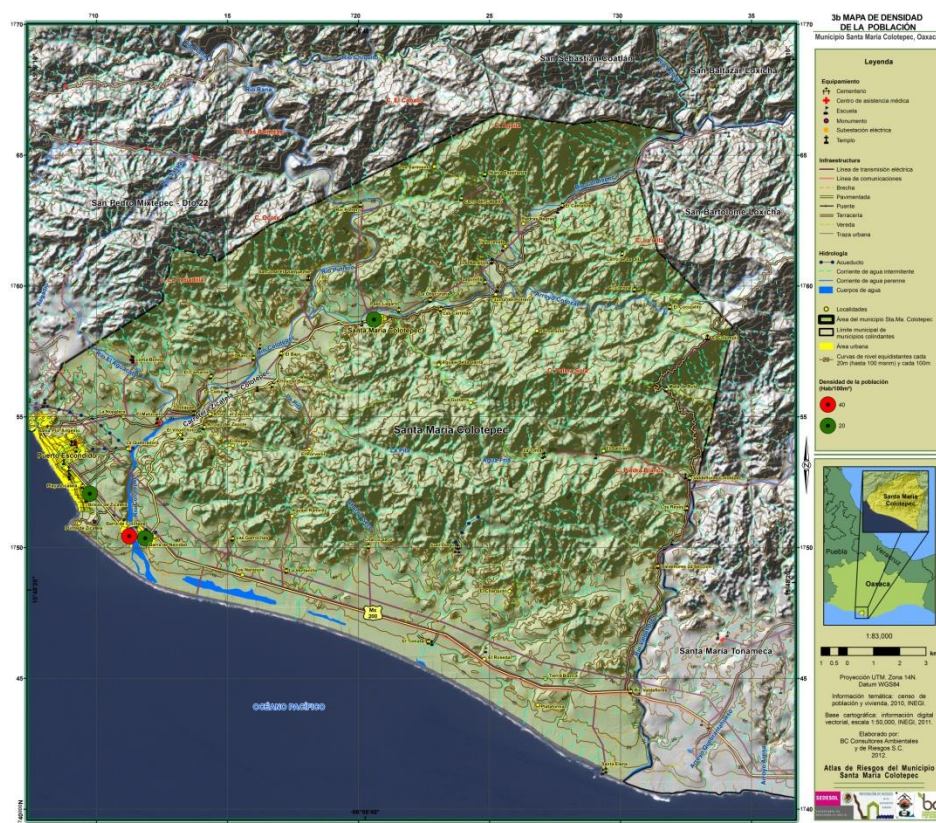


Distribución de la población y grado de marginación de Santa María Colotepec. Mapa 3a del Anexo Cartográfico.

En lo que respecta a la densidad de población, el promedio a nivel municipal es de 30 habitantes por cada kilómetro cuadrado (Km^2). Esto se debe principalmente a la gran cantidad de localidades de baja concentración poblacional, sobre todo en localidades rurales. El mapa de Densidad de

población (ver siguiente imagen), muestra las localidades más densamente pobladas, las cuales, además de ser la misma cabecera municipal, son las que se ubican en la zona costera suroeste del municipio (Brisas de Zicatela, Barra de Colotepec y Barra de Navidad).

Imagen 12. Mapa de Densidad de la Población



Densidad de población del municipio de Santa María Colotepec. Mapa 2.9 del Anexo Cartográfico.

Población indígena

En relación a la población indígena, datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) revelan que en todo el territorio municipal, existen 1,595 habitantes mayores de tres años de habla indígena. Lo que representa el 7.06% del total de la población, misma que se distribuye en las localidades rurales.

Los mapas 3.5 y 3.14 muestran la distribución de la población de habla indígena en las localidades urbanas. En ambos, se observa que la totalidad de la población habla una lengua diferente de alguno de los dialectos indígenas del país. Por lo tanto se puede decir que la población es predominantemente no indígena.

4.2. Características sociales

Escolaridad

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del INEGI (2010), se dice que el grado promedio de escolaridad a nivel municipal es de 6.93 años, lo cual refleja una escolaridad ligeramente inferior al promedio estatal (6.94). En los mapas 3.1 y 3.10 (de anexo cartográfico) se muestra la distribución de la población de las localidades urbanas de acuerdo a su grado promedio de escolaridad.

En el primer mapa (3.1) se puede observar que dentro de la cabecera municipal existen dos grados de escolaridad; por un lado y de manera predominante se encuentra la población mayor a 15 años que tiene un grado de escolaridad entre 5.5 y 7.6 años, misma que se localiza en la parte centro, norte, este, sur y oeste de la localidad. Mientras que en la parte noroeste de la misma se encuentra una población cuyo grado de escolaridad está entre 7.7 y 9.8 años.

En el mapa de Brisas de Zicatela (3.10) se muestra que la población ubicada en la parte norte, centro y sur (es decir, sobre el litoral de la localidad), tiene un grado de escolaridad mayor a 7.7 años; mientras que una pequeña proporción de la población ubicada hacia el noreste y sureste de la localidad, tiene un grado de escolaridad entre 5.5 y 7.6 años.

Por otro lado se sabe que el porcentaje de la población analfabeta alcanza el 8.52%. Este porcentaje se refiere específicamente a las localidades rurales ya que dentro de las urbanas, de acuerdo con los mapas 3.3 y 3.12, no existe analfabetismo.

Cabe señalar que de la población que se encuentra en un rango de edades entre los 6 y los 14 de las localidades de Santa María Colotepec y Brisas de Zicatela años, de acuerdo con los mapas 3.2 y 3.11, el 100% asiste a la escuela.

Nivel de Marginación

De acuerdo con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2012), El municipio de Santa María Colotepec presenta, un índice de marginación de -0.16741, clasificándolo así como un municipio que posee un grado de marginación medio. Debido a esto, el municipio se posiciona en el lugar número 477 a nivel estatal y en el 1340 a nivel nacional.

En la tabla 4 del anexo 7.1 se pueden observar cuáles son las localidades que presentan mayor y menor marginación y así mismo, en el mapa 3a (del anexo cartográfico) se distingue la distribución espacial de los niveles de marginación dentro de la municipalidad; teniendo así que sólo la localidad de Brisas de Zicatela (ubicada al suroeste del territorio) presenta un nivel bajo de marginación, mientras que las localidades distribuidas al centro, oriente y sur del municipio, incluyendo la cabecera municipal, presenta un nivel alto y las localidades ubicadas al extremo noreste y noroeste del mismo, presentan un nivel muy alto.

Entre la población marginada se encuentra la población con discapacidad. La tabla 5 (de anexo 7.1) muestra el número de personas con discapacidad para cada localidad urbana y así mismo permite observar que, a comparación de la cabecera municipal, la localidad de Brisas de Zicatela es la localidad urbana que presenta un mayor número de habitantes con discapacidad, específicamente en lo concerniente a la realización de actividades y limitación para caminar o moverse.

Pobreza y rezago social

Bajo éste tema, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social (CONEVAL, 2010) expresó que, al año 2010, el municipio de Santa María Colotepec presentó un índice de rezago social de -0.03438, posicionándolo como un municipio cuyo grado de rezago es alto, ya que se ubica en el lugar número 1144 a nivel nacional (esto, de acuerdo con el orden descendente de pobreza y rezago social existente en cada municipio del país).

Otros datos importantes dentro del tema de pobreza y rezago social son el de educación, derechohabiencia y la situación de pobreza de patrimonio. En estos aspectos, el CONEVAL muestra que el 55.13% del total de la población municipal de Santa María Colotepec presenta una educación básica incompleta; el 32.86% no tiene derechohabiencia a servicios de salud y que el 25.45% se encuentra en una situación de pobreza de patrimonio.

4.3. Actividades económicas

Actividades agrícolas

Si bien, las actividades primarias no son las que predominan dentro del territorio de Santa María Colotepec, sólo un poco más del 21% de la población económicamente activa y ocupada realiza actividades pertenecientes a este rubro. Teniendo así que, de los 421.17 km² con los que cuenta el municipio, 113.86 km² (27.03% de la superficie total) son utilizados para fines agrícolas, destacando los cultivos de pastizal, el cacahuate, maíz de grano, mango, coco, sandía y melón (esto, de acuerdo al orden descendente de superficie cultivada).

Actividades ganaderas

En lo que respecta a la ganadería, dentro del municipio de Santa María Colotepec hay una superficie de 21.13Km² destinada a la realización de este tipo de actividades; es decir, el 5.01% de la superficie total municipal. En este sentido, el INEGI, a través del Anuario Estadístico 2011, expresa que dentro del municipio existen 21,960 cabezas de aves de corral, 6,191 cabezas de ganado bovino, 2,391 de ganado ovino, 2,367 de ganado caprino y 372 de ganado porcino, principalmente.

Actividades pesqueras

Pese a que Santa María Colotepec es un municipio ubicado en la zona costera de Oaxaca, la actividad pesquera no es una de las más importantes, pues sólo el 15% de la población económicamente activa y ocupada se dedica a este rubro. De acuerdo con datos del Plan de Desarrollo Municipal (2010), las especies de mayor captura dentro del municipio son: Guachinango, Blanquito, Cocinero, Tiburón, Mantarraya y Pargo.

Tomando como referencia al Atlas Pesquero de la Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA), se menciona que en el territorio municipal existen cuatro localidades pertenecientes al Sistema Automatizado para el Manejo de Avisos de Arribo (SIMAVI), catalogadas también como localidades de desembarco y captura, estas son: Costa y Laguna el Zapotal, Laguna en el Zapotal, el Aguaje del Zapote y Estero el Zapotal. Así mismo, las localidades de Playa Marinero y Santa María Colotepec son consideradas sólo como localidad SIMAVI.

Por otro lado, es importante destacar que las localidades de Barra de Navidad y Ventanilla son de gran importancia para la actividad pesquera, ya que en ellas existen los humedales de Palma Sola y Los Naranjos (compuestos por el río y el estuario de Santa María Colotepec).

Las especies más comunes y preciadas para la pesca son: el camarón, la liza, la mojarra, el pargo y el robalo, siendo la liza y el camarón las especies más abundantes, seguidas del popoyote y el bagre; estos últimos considerados como especies basura.

Por último, resulta importante mencionar que además de considerar a la pesca como una actividad económica, también se le considera como actividad deportiva, específicamente en la localidad de Brisas de Zicatela.

Actividades comerciales y de servicios

En cuanto a actividades comerciales, de abasto y de servicios, el INEGI (2010) señala que en el municipio se encuentran 3 oficinas postales y un mercado público; así mismo se realizan actividades de transporte y de servicios. Cabe mencionar que el 54.14% de la población económicamente activa ocupada se dedica a este sector, siendo así una de las actividades más predominantes en el municipio.

4.4. Características de la población económicamente activa

Según los datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI, dentro del municipio de Santa María Colotepec existe un total de 16,734 habitantes con edad mayor de 12 años, entre los cuales 8,250 son considerados como población económicamente activa; 7,855 se encuentran ocupados y 395 desocupados. Así mismo, se tiene que 8,391 habitantes conforman a la población

económicamente inactiva del municipio (ver gráfico 2) y 93 más no especifican su condición de actividad económica.

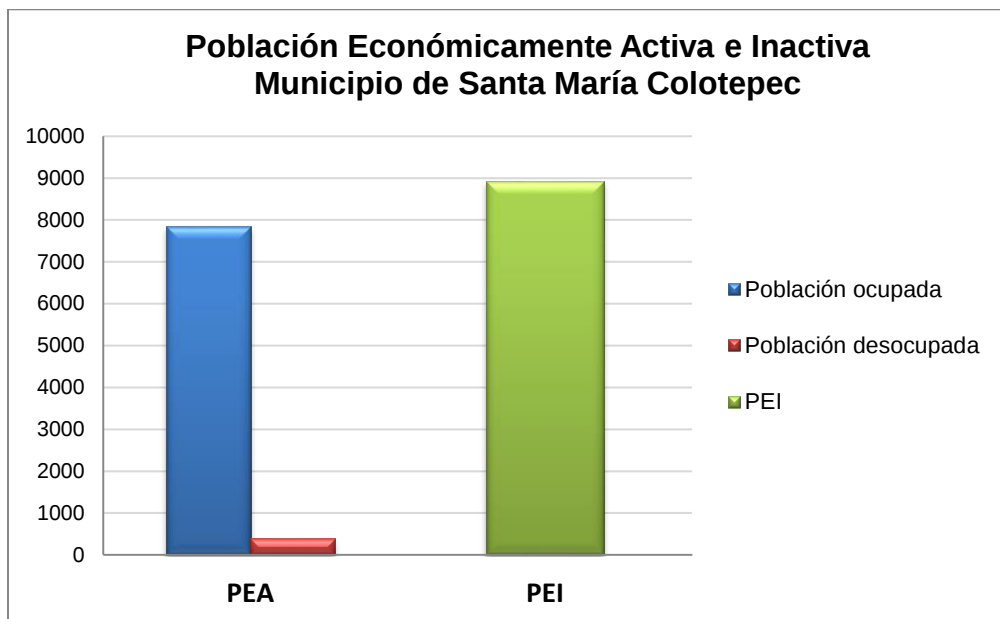


Gráfico 2. Población Económicamente Activa e Inactiva. Municipio de Santa María Colotepec. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010).

Dentro de la población ocupada (INEGI, 2010) se encuentra que el 40% (3,142 habitantes) se dedica a la prestación de servicios; el 24% (1,851 habitantes) se dedica a actividades del sector secundario; el 21% (1,652 habitantes) al sector primario; el 14% (1,084 habitantes) al comercio y el 1% (99 habitantes) no está especificado (ver gráfico 3).

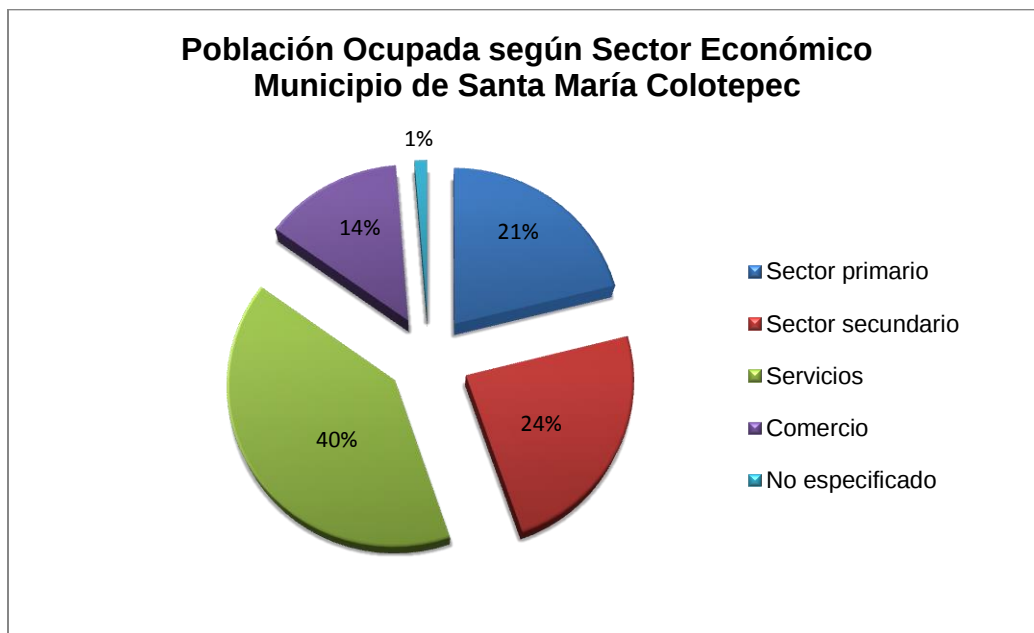


Gráfico 3. Población ocupada según sector económico de actividad. Municipio de Santa María Colotepec. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010).

Dentro de la población municipal considerada como económicamente inactiva, el INEGI (2010) la desglosa de la siguiente manera: 4,590 habitantes realizan los quehaceres en el hogar; 3,195 habitantes son estudiantes; 352 habitantes realizan otras actividades no económicas; 161 habitantes padecen alguna limitación física y 93 habitantes son jubilados y pensionados.

4.5. Estructura urbana

Vivienda

La mayoría de las viviendas son propias y de tipo fija, los materiales utilizados principalmente para su construcción son el cemento, el tabique, el ladrillo, la madera, la lámina de zinc, asbesto o de cartón. Con base a los datos estadísticos del Censo de Población (INEGI, 2010), el municipio de Santa María Colotepec cuenta con 5,480 viviendas.

En cuanto a los bienes y características con que cuentan los hogares, el INEGI (2010) ofrece datos importantes sobre las viviendas, sus bienes y servicios, mismos que se encuentran descritos en las tablas 6 a la 11 del anexo 7.1.

Con respecto a los servicios e infraestructura de las localidades urbanas del municipio, en los mapas 3.9 y 3.18 se puede observar que tanto en Santa María Colotepec como en Brisas de Zicatela el 100% de las viviendas cuenta con un piso de material, lo cual permite identificar un adecuado nivel de vida y evita problemas de salud ocasionados por la falta de este material en el piso.

En lo que concierne al abastecimiento de agua en los hogares; el mapa 3.6 del anexo cartográfico muestra que el 100% de la población de la cabecera municipal no disponen de agua entubada (dato extraído a partir de INEGI 2010 e ITER 2010). En contraparte, el mapa 3.15 muestra que la población de Brisas de Zicatela, ubicada en la parte norte, noreste y oeste (sobre el litoral) sí disponen de agua entubada, mientras que la población del centro y este de la misma, específicamente la población ubicada sobre los caminos que llevan a El Malucano y Plan de Ayala, no disponen de este vital líquido. Este aspecto permite inferir que la población de ambas localidades es mayormente vulnerable ante diversos fenómenos perturbadores como sequías y temperaturas extremas.

Por otra parte, los mapas de distribución de viviendas por servicio de drenaje (mapas 3.7 y 3.16) y de electricidad (mapas 3.8 y 3.17) permiten observar que el 100% de las viviendas de Santa María Colotepec y Brisas de Zicatela cuentan con estos servicios.

Hacinamiento

Un aspecto que habla de la calidad de vida de los ciudadanos de cualquier territorio es el grado de ocupación de las viviendas por parte de los habitantes de las mismas. En el caso de México se considera que existe hacinamiento cuando existen más de 3 ocupantes por cada dormitorio de la vivienda.

En este sentido, de acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) dentro del municipio de Santa María Colotepec existe un promedio de 4.1 ocupantes por vivienda particular habitada, lo cual indica que dentro del territorio existe hacinamiento.

Espacios culturales y deportivos

En lo que concierne a los espacios culturales y deportivos, el mapa 1.3 del anexo cartográfico muestra que en la cabecera municipal existe sólo una cancha de usos múltiples ubicada al lado del palacio de gobierno, sobre la calle Independencia de la localidad; mientras que en la localidad de Brisas de Zicatela existen tres (mapa 1.4): la primera se ubica en la parte norte, la segunda al noreste y la tercera al oeste (sobre el litoral de la localidad). En lo que concierne a las demás localidades rurales, es importante mencionar que la mayoría de estas cuenta con al menos una cancha donde realizan actividades de diversa índole: deporte, festejos y eventos políticos.

Reserva territorial

El municipio de Santa María Colotepec no tiene un área de Reserva Territorial legalmente declarada.

Educación

En relación al desarrollo dentro del sector educativo, ha habido una variación mínima en el número de unidades académicas en los últimos años. La tabla 12 (Ver anexo 7.1) muestra el número de centros educativos en el municipio por nivel académico y el total de estudiantes egresados en cada nivel en el periodo 2009-2011.

Como se puede ver en la tabla, el mayor número de estudiantes se concentra en la educación primaria, representando en promedio el 32% del total de estudiantes en cada periodo.

El nivel educativo que la sucede es el de Preescolar, representando un promedio del 27% del total de los estudiantes en cada periodo. En tercer lugar, se encuentra la población estudiantil de Secundaria, pues representa un porcentaje promedio del 21% aproximadamente.

En cuanto al número de planteles, en los diversos niveles, se observa que en el municipio de Santa María Colotepec, existen 42 escuelas de preescolar, 52 primarias, 7 primarias indígenas, 12 secundarias y 1 bachillerato (INEGI, 2010).

Salud

Dentro del municipio de Santa María Colotepec, la atención de los servicios médicos es proporcionada por seis instituciones, las cuales se presentan en la tabla 13 del anexo 7.1.

Población derechohabiente y no derechohabiente

La población de Santa María Colotepec que tiene derechos médicos asciende a 15,138 habitantes, lo que representa el 67% de la población total. En la tabla 13 (del anexo 7.1) se muestra cuáles son las instituciones que tienen mayor y menor número de derechohabientes y así también muestra el número de habitantes que no cuentan con este servicio, que es alrededor del 33% del total municipal.

En lo que respecta a las dos localidades urbanas del territorio, los mapas 3.4 y 3.13 (nexo cartográfico) muestran que ambas tienen una cobertura del 100% de derechohabiencia a alguna institución médica y así mismo que cuentan, por lo menos, con un centro de asistencia médica.

5. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural

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

5.1.1. Fallas y fracturas

Tectónicamente, Santa María Colotepec se encuentra dentro de una zona de confluencia de las placas tectónicas de Cocos, del Caribe y Norteamericana. Esta confluencia es en parte responsable de la configuración del relieve de la República Mexicana y los sistemas de fallas son una de las evidencias más fehacientes de su dinámica y relaciones.

De acuerdo con Jackson (1997), una falla es una discontinuidad o superficie de fractura o zona de superficies de fractura que separa dos masas de roca, a través de la cual una masa se ha deslizado respecto de otra, cuando las fuerzas tectónicas superan su resistencia. Una fractura, por otro lado es el rompimiento de un bloque de roca (Red Sísmica del Noroeste de México, 2012).

La morfología del relieve de Santa María Colotepec está en buena medida determinada por las fallas que recorren la zona. La estructura regional de mayor importancia es la falla Chacalapa, al este del municipio, con un rumbo general E-O, variando su curvatura de forma más o menos paralela a la costa, en sentido ONO-ENE. Esta estructura regional se extiende más de 50 km en rumbo, desde Valdeflores, en donde intersecta perpendicularmente a la falla homónima, hasta la línea de costa del Océano Pacífico.

La falla Chacalapa yuxtapone las rocas del Complejo Oaxaqueño con las del Complejo Xolapa, sobre el que se encuentra Santa María Colotepec, el cual posee una estructura basal metamórfica intrusionada por estructuras plutónicas sin metamorfismo ni deformación regional (Ortega-Gutiérrez, 1981).

Al oeste del municipio se ubican las fallas Mixtepec y Limones, las cuales se consideran parte del sistema de la falla Chacalapa, debido a la semejanza en sus características.

En el área de estudio se encuentran una serie de fallas laterales sinestrales de desplazamiento oblicuo así como algunas fallas normales con un rumbo general de N53°E. De acuerdo con Tolson (2005), la deformación en esta área continúa actualmente a través de estas fallas, por lo que el movimiento del terreno es un peligro latente.

Los sismos originados por el movimiento de fallas pueden resultar en graves afectaciones a la infraestructura (vial, eléctrica, acuícola, etc.) así como a la vivienda, lo que se traduce en pérdidas económicas y conflictos sociales. Para determinar la intensidad del peligro asociado a fallas y fracturas se calculó la densidad de las mismas. El cálculo se realizó tomando como unidad de representación una celda de 250 m de lado con un radio de búsqueda de 500 m. Es decir que se consideró que en una celda de 0.0625 km² puede haber movimientos no sólo por las fallas que se localicen dentro de esa área, sino por fallas que se encuentren en un área circundante de 0.785 km².

Se calculó también la aceleración natural del terreno (PGA) y la velocidad natural del terreno (PGV) con el fin de determinar la susceptibilidad del relieve al movimiento por tipo de roca y de suelo, siendo la roca ígnea la que menor susceptibilidad al movimiento presenta y la sedimentaria la de mayor susceptibilidad. Por parte de la edafología, el arenosol es el suelo con mayor susceptibilidad al movimiento, seguido del fluvisol, faeozem, cambisol, leptosol y regosol.

Con los dos cálculos anteriores se elaboró una clasificación mediante la aplicación de una escala Likert, que permitió categorizar el peligro en cinco categorías de intensidad (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo), la cual representa la probabilidad de ocurrencia de desplazamiento por fallas y la susceptibilidad del terreno al movimiento por la energía liberada por este desplazamiento.

De esta forma, la zona de peligro muy alto se encuentra mayormente al suroeste del municipio, cerca de las localidades Loma Bonita, El Camarón, El Banco y San José El Quequeztle. Se observan algunas áreas de esta misma categoría al centro-norte, cerca de las localidades Lagunilla, La Oscurana, Las Carretas, Los Naranjos y Piedras Negras, y al centro-sur cerca de Charco Seco y Juan Diego (Mapa 5.1.1). En estas zonas se presenta una alta densidad de fallas por lo que existe una mayor probabilidad de desplazamiento además de que el tipo de suelo y la litología permiten el movimiento del terreno. En campo es fácilmente identificable debido al desplazamiento evidente de elementos físicos y antrópicos.

El peligro alto es muy evidente al norte y sur de Santa María Colotepec. En esta categoría se encuentran las localidades Cerro de la Olla, Lagunilla, El Porvenir, El Reparo y Santa María Colotepec, principalmente (Mapa 5.1.1). La percepción del movimiento de los bloques litológicos en esta zona es igual de evidente que en las zonas de mayor peligro, sin embargo en estas áreas existe menor densidad de fallas que en la categoría anterior.

El peligro medio corresponde a zonas con poca densidad de fallas o, incluso, sin fallas evidentes; sin embargo, sí son susceptibles a movimientos derivados de fallas. La susceptibilidad del terreno al movimiento en estas áreas se considera en una categoría media (Mapa 5.1.2). Algunas localidades que se encuentran en áreas con esta categoría son Charco Seco, Palma sola y Cerro del Caballo (Mapa 5.1.1).

Frecuentemente, las áreas con peligro bajo no presentan evidencias de fallas o poseen muy poca densidad, sin embargo aún en estas zonas pueden existir movimientos derivados del desplazamiento de fallas y de la inestabilidad del terreno.

Cabe mencionar que el análisis de peligro por fallas y fracturas no toma en consideración los fenómenos que frecuentemente derivan del desplazamiento de fallas o de la aparición de fracturas, como derrumbes, avalanchas, flujos o deslizamientos. El análisis de estos fenómenos puede observarse en el apartado correspondiente.

5.1.2. Sismos

Frente a las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, en el Océano Pacífico, la placa de Cocos, compuesta por corteza oceánica, se introduce bajo la placa de Norteamérica, formada principalmente por corteza continental, a lo largo de la Trinchera Mesoamericana y debido a la diferencia de densidades que existe entre ambas, en función del proceso tectónico conocido como subducción. Como resultado de esta interacción mecánica y térmica entre las placas, grandes cantidades de energía se concentran y acumulan durante prolongados y diversos periodos de tiempo, que al liberarse de manera súbita, a través de una ruptura evidenciada por fallas y/o fracturas en la corteza, generan sismos.

Al ubicarse en el litoral del estado de Oaxaca, el territorio sobre el cual se asienta el municipio de Santa María Colotepec se encuentra altamente influenciado por dicha actividad tectónica, siendo así clasificado como parte de la región de mayor sismicidad en México, según la clasificación realizada por la Comisión Federal de Electricidad (región sísmica D; Mapa 5.1.2). Esta región se caracteriza porque las aceleraciones sísmicas pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2) y porque el número de epicentros registrados por la red del Servicio Sismológico Nacional (SSN) es mucho mayor con respecto a las zonas A, B y C.

De acuerdo con los registros sísmicos del SSN (www.ssn.unam.mx), al menos cinco sismos de magnitud mayor a 6 en la escala de Richter, con epicentros localizados en Guerrero, Oaxaca y Chiapas, han afectado al municipio de Santa María Colotepec durante el periodo comprendido entre los años 1998 y 2012; uno de los cuales, ocurrido el 30 de septiembre de 1999, con una magnitud de 7.4 grados en la escala de Richter, tuvo su origen muy cerca del límite entre el municipio en cuestión y el municipio de San Pedro Mixtepec, a tan sólo 14 km de la cabecera municipal y 6 km de la localidad costera Brisas de Zicatela (Mapa 5.1.2), generando daños importantes en la población. Así mismo, los epicentros de por lo menos 46 sismos de magnitudes entre 3.3 y 5.8 grados Richter han ocurrido al interior del límite del municipio y en el fondo marino inmediato (Mapa 5.1.2), en igual periodo de tiempo; detonando movimientos importantes de roca y suelo, así como daños materiales subsecuentes en la población, en función de las cortas, e incluso despreciables distancias que existen entre los focos sísmicos y las diferentes localidades del municipio, a pesar de la baja magnitud que conllevan.

De este modo, ya que el mayor o menor grado de magnitud de un sismo por sí sólo no determina un mayor o menor peligro y mucho menos riesgo, ya que la distancia entre los distintos epicentros y las localidades, en este caso de Colotepec, atenúa o intensifica la dispersión física de las ondas, haciendo de este fenómeno la integración de al menos dos variables (magnitud y distancia), se realizó entonces la evaluación del peligro a partir del cálculo de aceleraciones sísmicas (PGA, por sus siglas en inglés: Peak Ground Acceleration) que afectan y podrían ocurrir en un lugar y en un intervalo de tiempo específico, generadas por un sismo de magnitud determinada y cuyo epicentro se encuentra a una distancia dada respecto al área de estudio. Para efectuar dicho análisis, se utilizó la metodología propuesta por Campbell (1981), la base de datos de epicentros sísmicos de México registrados en el catálogo del SSN de 1998 a 2012, y la escala de intensidad instrumental de Mercalli, modificada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS; www.usgs.gov), con estándares de referencia de PGA y de vibración natural del terreno.

Por lo tanto, las mediciones de PGA fueron realizadas integrando la magnitud de cada epicentro localizado en un radio máximo de 300 km respecto al municipio de Colotepec, y la distancia entre éstos y un total de 52 puntos de campo considerados (Mapa 5.1.2), los cuales fueron seleccionados en función de cambios litológicos y topográficos, proximidad a distintas localidades, y cambios en la vibración natural del terreno (PGV). Esta última sirve para estimar la susceptibilidad del terreno a moverse ante fenómenos capaces de proporcionar la energía suficiente para generar vibraciones en la corteza, y fue estimada en centímetros por segundo a partir de diferentes amplitudes de Fourier, de acuerdo con variaciones litológicas, edafológicas y topográficas, que concuerdan con los estándares de PGV calculados por el USGS (Mapa 5.1.2).

De los eventos sísmicos registrados entre 1998 y 2012 por el SSN, en relación a los 52 puntos de campo de Colotepec, se obtuvieron aceleraciones sísmicas (PGA) de menos de 1% de la gravedad ($<0.01 \text{ g}$; $100\% = 1 \text{ g} = 9.8 \text{ m/s}^2$) a 68.7% máximo (0.687 g). Las mayores aceleraciones coinciden

con sismos de magnitud diversa, desde 3.9 y hasta 7.4 grados en la escala de Richter, y fueron originadas desde epicentros que se localizan al interior del municipio o en sus límites. Por su parte, las velocidades que competen a la vibración natural del terreno (PGV) fluctúan entre 1 y 200 cm/s; las más bajas corresponden a zonas de mayor estabilidad dada por una menor pendiente (0-6 grados), roca ígnea sólida y suelos firmes; mientras que las velocidades más altas, que delimitan áreas fuertemente susceptibles al movimiento desencadenado por ondas sísmicas, coinciden con pendientes muy diversas (de 0-6 y hasta 30-45 o más grados de inclinación), depósitos de conglomerado y aluviales, rocas metaígneas inestables, fáciles de remover, y suelos blandos.

Con la muestra de aceleraciones sísmicas se efectuó un análisis estadístico no paramétrico, empleando el método de distribución de valores extremos generalizada para modelar periodos de retorno a 10, 100 y 500 años, e interpolaciones mediante el método "Spline" para calcular áreas e isolíneas por periodo.

En un periodo de retorno de 10 años, el análisis estadístico y la interpolación de aceleraciones por punto de muestreo arrojó isolíneas de aceleración de 0.05 a 0.015 g, distribuidas de suroeste a noreste del municipio (Mapa 5.1.2); significando que en un periodo de 10 años, a partir de 2012, en condiciones físicas ideales, se espera la ocurrencia de un sismo cuya energía produzca aceleraciones semejantes. De acuerdo con dicho escenario, el peligro sísmico en este periodo tiende de un nivel medio, entre la costa y la cabecera municipal, a uno alto, partiendo de la misma localidad de Santa María Colotepec, hacia el noreste del territorio, e intensificándose con periodos de retorno de 0.15 g en torno a las localidades de Palma Sola, El Corozal y Cerro de la Olla. Así mismo, en localidades como Río Potrero, Santa María Colotepec, Paso Lagarto, La Obscurana, Lagunilla, Junta del Potrero, entre otras, el peligro puede alcanzar niveles muy altos en función de los elevados valores de velocidad (~60 cm/s) a los cuales el terreno puede moverse (Mapa 5.1.2).

A 100 años, las isolíneas interpoladas coinciden con aceleraciones de 0.25 a 1.75 g, siguiendo una orientación semejante a la del periodo anterior (Mapa 5.1.2). En este caso, las aceleraciones son muy altas para todo el municipio de Colotepec, con valores particularmente extremos en la mitad norte del territorio, a partir de la latitud a la cual se encuentra la cabecera municipal, donde las aceleraciones esperadas alcanzan valores de 70 a 80% de la gravedad (cerca de la isolínea de 0.85 g), y hasta 175% o más (>1.75 g), entre las localidades de Junta del Potrero, Palma Sola, El Corozal, El Camalote y Cerro de la Olla (Mapa 5.1.2). Sin embargo, es factible que las aceleraciones concernientes a este periodo ocasionen también movimientos elevados en la porción sur del municipio, debido a las altas velocidades a las cuales puede vibrar el terreno en la zona costera (~60 cm/s), producto, principalmente, de su litología sedimentaria y de la presencia de suelos blandos; como por ejemplo, en las localidades de Brisas de Zicatela, Punta de Zicatela, Barra de Colotepec, Barra de Navidad, Los Naranjos, La Ventanilla, El Tomatal, Santa Elena y otras (Mapa 5.1.2).

Por último, en un periodo de retorno de 500 años, se esperan aceleraciones extremadamente altas, de 100% y hasta 10 veces la aceleración de la gravedad (1.0 - 11.0 g), de acuerdo con las isolíneas distribuidas de suroeste a noreste del municipio de Colotepec (Mapa 5.1.2). Por tal motivo, resulta poco significativo distinguir entre un mayor y/o un menor peligro en función de las aceleraciones sísmicas esperadas en este periodo, ya que todo el territorio municipal, aparentemente, se encuentra afectado por niveles muy altos concernientes a esta variable; y, en todo caso, la diferencia en la peligrosidad estaría supeditada a la heterogeneidad litológica, edafológica y topográfica del terreno, traducida en distintos niveles de susceptibilidad al movimiento, expresado por valores de vibración natural (PGV). De este modo, las áreas de Colotepec que relativamente se encuentran expuestas a un mayor peligro, donde la PGV puede alcanzar velocidades de entre 60 y 200 cm/s, coinciden con toda la zona costera del municipio, desde Bahía Puerto Angelito hasta Santa Elena, con un máximo de 5 km tierra adentro, pasando por las localidades de El Tomatal, El Charquito y Juan Diego, y con la porción centro-oeste del mismo, incluyendo localidades como El Camarón, El Banco, El Bajo, San José El Quequeztle, Río Potrero, Santa María Colotepec (cabecera municipal), La Obscurana, Lagunilla, Los Naranjos y otras más, en torno a las áreas mencionadas (Mapa 5.1.2).

Una de las características más importantes identificadas en el municipio, es el hecho de que los periodos de retorno, cuyas isolíneas reproducen un modelo hipotético de la trayectoria de las ondas sísmicas, coinciden con la distribución y con la orientación este-oeste y sureste-noroeste del sistema de fallas y fracturas identificado, así como con la localización de los numerosos epicentros sísmicos (Mapas 5.1.2); proveyendo de mayor validez al modelo de interpolación utilizado.

Por otra parte, a lo largo de todo el litoral de Colotepec fue trazada un área de aprox. 10.6 km², identificada como zona de licuación o licuefacción de arenas ante movimientos sísmicos (Mapa 5.1.2), con un elevado potencial para generar “arenas movedizas”, dado que se trata de acumulaciones de material arenoso sobre depósitos sedimentarios, con un drenaje pobre y por tanto, altamente susceptibles al movimiento ante sismos con aceleraciones como las que fueron modeladas para los periodos de retorno de 100 y 500 años principalmente, y que afecta a las localidades ubicadas entre la costa y alrededor de 10-20 metros sobre el nivel del mar (msnm), destacando la franja que se extiende de Bahía Puerto Angelito a Punta de Zicatela, y la localidad de Santa Elena al otro extremo de Colotepec.

5.1.3. Tsunamis

Los tsunamis forman parte de los peligros sísmicos, ya que constituyen grandes olas originadas por perturbaciones tectónicas, que transmiten su energía al agua en el lecho oceánico. El agua actúa como un freno en la parte baja de la columna de la ola, pero la superior continua empujando y creciendo, hasta que se derrumba sobre la costa con una fuerza devastadora. Si bien cualquier océano puede experimentar un tsunami, en México es más frecuente que ocurran en el Océano Pacífico, cuyos márgenes son más comúnmente asiento de terremotos de magnitudes considerables.

La altura que alcanzan los tsunamis en la costa depende de las características de sus olas en mar abierto, de la batimetría, la pendiente del fondo, y la configuración del contorno de la costa, de la difracción, la refracción, la reflexión, el esparcimiento (scattering) y el atrapamiento de sus ondas en las diversas formaciones fisiográficas costeras (bahías, golfos, penínsulas, islas, deltas, cabos, plataformas, etc.), de los modos normales de resonancia de dichos elementos fisiográficos y de la formación de bores en playas, estuarios y lagunas costeras. La multiplicidad de los factores anteriores hace que la evaluación de la respuesta local al arribo de un tsunami sea un problema complejo, y que las alturas máximas de trepado (runups) de las olas varíen considerablemente a lo largo de la costa (Farreras, 1997).

Con base en los registros que se tienen en México sobre los tsunamis acaecidos en la costa de Oaxaca (Sánchez y Farreras, 1993), 16 de estos eventos han ocurrido en la historia. De esos 16, nueve son de origen lejano, posteriores al año de 1950, y han sido registrados en Salina Cruz, con alturas máximas que van de 0.2 a 1.6 m; y siete son de origen local, posteriores al año de 1787, registrados en Pochutla, Puerto Escondido, Puerto Ángel y Salina Cruz, con alturas máximas de 0.2 a 4 m. Todos estos tsunamis han sido producto de sismos con magnitudes mayores a 7 grados Richter.

Por lo tanto, de acuerdo con los datos disponibles, el municipio de Colotepec es susceptible al peligro por invasión de tsunamis, cuyo origen puede encontrarse en sismos como el de 7.4 grados Richter ocurrido en 1999, muy cerca del límite entre Colotepec y San Pedro Mixtepec, en la ciudad de Puerto Escondido; y aunque el oleaje máximo registrado en la zona costera de Oaxaca debido a un tsunami es de 4 m de altura, el peor escenario conocido en México corresponde al tsunami ocurrido en las costas de Colima el 22 de junio de 1932, originado por un sismo de 6.9 grados de magnitud, con un oleaje de aprox. 11 m de altura y cuya penetración continental alcanzó 1 km de longitud (CENAPRED, 2006).

Así entonces, en el municipio de Santa María Colotepec han sido trazadas dos áreas susceptibles a la invasión del oleaje derivado de los tsunamis, de acuerdo con la metodología propuesta por CENAPRED (2006). La primera, parte del nivel del mar, en la línea costera, hasta la curva de nivel de 20 msnm; e incluye como localidades afectadas, toda la mancha urbana distribuida desde Bahía Puerto Angelito hasta Punta de Zicatela, así como los poblados de Ventanilla, Los Naranjos, El Tomatal y Santa Elena. Y la segunda, está comprendida por una franja susceptible a menor

intensidad de oleaje, aunque por sus características orográficas y dependiendo de la intensidad del sismo que se desarrolle dentro del mar, puede provocar un desplazamiento de agua hacia el interior de la franja continental del municipio, afectando las localidades de El rosedal, Plataforma y Los Naranjos.

5.1.4. Vulcanismo (no aplica)

En el municipio de Santa María Colotepec, e incluso en la región dentro de la cual se encuentra en el estado de Oaxaca, no existe vulcanismo reciente (estratovolcanes, domos, conos, etc.) y mucho menos activo, ni tampoco hay registros históricos que indiquen afectación por erupciones de los volcanes más cercanos, como por ejemplo, del volcán Chichonal en Chiapas (erupción de 1982; Macías et al., 2008), a 427.5 km en línea recta de la cabecera municipal de Colotepec; o del volcán San Martín en los Tuxtlas, Veracruz (erupción de 1973; Espíndola et al., 2009), a 345 km de la misma localidad. Únicamente existen depósitos de roca ígnea intrusiva muy antigua, cuya morfología semeja la de estructuras dómicas (batolitos), que no tienen relación ni con vulcanismo, ni tampoco con la ocurrencia de eventos recientes similares.

Implícitamente, si ocurrieran erupciones explosivas de muy alta intensidad, tipo plinianas y ultra-plinianas, dichos volcanes se localizan a distancias bastante lejanas que impedirían afectaciones en Colotepec, además de que la dirección de los vientos predominantes por encima de la superficie, a una presión de aproximadamente 300-400 mb (7-10 km sobre el nivel del mar), es contraria a la ubicación del municipio en cuestión, preferentemente orientada hacia el este (Macías et al., 2008), en el caso del volcán en Chiapas, y hacia el sureste (Espíndola et al., 2009), en el caso del volcán en los Tuxtlas. Asimismo, los productos derivados de una erupción de este último requerirían sortear la barrera orográfica que representa la Sierra Madre del Sur, por lo tanto, es muy poco probable que depósitos de ceniza de intensidad importante puedan llegar a Santa María Colotepec, o representar una amenaza para la población.

5.1.5. Deslizamientos

El municipio de Santa María Colotepec se encuentra dividido en dos regiones fisiográficas mayores: una zona de planicie y una región montañosa (Mapa 2.2). La zona montañosa posee un arreglo estructural complejo, demarcado por macizos rocosos de grandes amplitudes y valles longitudinales que se encuentran alineados conforme a las estructuras tectónicas (Mapa 2.4). Aunado a esto, las condiciones climatológicas (600-1000 mm de precipitación promedio anual, Mapa 2.7) y la elevada disección vertical del relieve, denotada por un elevado volumen de escurrimientos; coadyuvan en el desarrollo de un nivel alto de energía orográfica, caracterizado por pendientes en el orden de los 15-30° de inclinación (Mapa 2.2-B), y procesos de erosión activos. Dichas condiciones (tectónicas, litológicas y geomorfológicas) deterioran la estabilidad del suelo en las laderas, generando el desplazamiento del mismo hacia zonas de recepción y acumulación de sedimentos.

Todos estos procesos conllevan a que los deslizamientos representen un peligro geológico común en el municipio de Colotepec, el cual amenaza la propiedad y la infraestructura, principalmente en la región montañosa. En este sentido, Santa María Colotepec representa uno de los municipios más afectados por deslizamientos en el estado de Oaxaca. Deslizamientos que son a menudo asociados a otros importantes peligros naturales, como inundaciones y sismos.

Dentro del municipio fueron observadas diferentes evidencias de desplazamiento e inestabilidad del suelo durante el trabajo de campo, ocasionadas por procesos erosivos relacionados a la intensa deforestación, en adición a la configuración geológica-geomorfológica estructural mencionada. Dichas evidencias sirvieron como referencia para delimitar áreas susceptibles a deslizamientos, utilizando la metodología de Mendoza y Domínguez (2006), de la cual, fueron modificados ciertos atributos con el fin de adaptar el proceso analítico a la información disponible en Colotepec, recopilada principalmente del trabajo de campo.

En suma, de manera general, las variables analizadas mediante fotointerpretación y trabajo de campo se refieren a características topográficas (cambios altimétricos, pendientes), litológicas

(permeabilidad, estructura, fallas y fracturas), edafológicas (textura, granulometría, estabilidad, erodabilidad), referentes a la vegetación y uso de suelo, deforestación, y precipitación, incluida la variable referente a la sismicidad.

A cada variable se le asignó un valor para determinar grados de intensidad del peligro por deslizamientos; siendo el peligro muy alto cuando un mayor número de variables generadoras de deslizamientos interactúan en la función, y muy bajo cuando el grado de interacción es menor.

Los resultados indican que las zonas más susceptibles a deslizamientos comprenden el 61 % del territorio municipal (abarcando 254 Km²) y se localizan donde la pendiente es mayor, los cambios altimétricos son abruptos, la vegetación es escasa y los procesos de erosión se encuentran muy activos, generando inestabilidad en el suelo, en las laderas, e incluso en las rocas que componen el sustrato, ya que la mayoría del municipio de Colotepec se encuentra cubierto por productos ígneos y metamórficos antiguos bastante intemperizados y de fácil denudación; dichas zonas corresponden a la región montañosa del municipio y se encuentran a manera de núcleos donde se concentra la mayor susceptibilidad a deslizamientos (Mapa 5.1.5).

Mientras tanto, las zonas menos susceptibles, donde la intensidad de este peligro es muy baja e incluso nula, concuerdan principalmente con la región de planicie, donde los cambios altimétricos y de pendiente son prácticamente inexistentes y por tanto, difícilmente pueden generarse diferencias de energía orográfica para instaurar áreas de emisión, transporte y recepción de material (Mapa 5.1.5).

Finalmente, el análisis de focos de peligro indica varios niveles de intensidad en las localidades estudiadas: yendo del muy bajo al muy alto (Mapas 5.1.5a al 5.1.5j). Cabe destacar que todas las localidades tienen cierto grado de peligro a sufrir algún deslizamiento, incluso Brisas de Zicatela que se encuentra en la parte baja del territorio municipal. Consecuentemente, se hizo un análisis más a detalle, localidad por localidad, sobre las áreas más susceptibles a deslizamientos. En la localidad de Río Potrero (Mapa 5.1.5a) se encontraron 4 niveles de intensidad del peligro yendo del muy bajo al alto, encontrándose una zona con alta susceptibilidad a deslizarse en la parte sudoccidental de la localidad. En la localidad del Corozalito (Mapa 5.1.5b) igualmente se encontraron 4 niveles de intensidad del peligro yendo del muy bajo al alto, situándose una zona con alta susceptibilidad a deslizarse en la parte oriental de la localidad. Por otra parte, en la localidad de El Corozal (Mapa 5.1.5c) se encontraron 5 niveles de intensidad del peligro yendo del muy bajo al muy alto, ubicándose las zonas con una muy alta y alta intensidad de peligro en la zona centro y en la periferia de esta localidad respectivamente. A diferencia de ésta, la localidad de Santa María Colotepec (Mapa 5.1.5d) presenta rangos de intensidad de peligro de muy bajo a medio. A su vez la localidad de La Nueva Esperanza (Mapa 5.1.5e) tiene niveles de intensidad de peligro que van del muy bajo a alto, encontrándose una susceptibilidad alta a deslizarse en noroeste, noreste y sudeste de mencionada localidad. Incluso la localidad de Brisas de Zicatela (Mapa 5.1.5f) tiene zonas que presentan una intensidad de peligro a deslizarse alta, estas zonas están ubicadas en la parte centro y norte de la localidad. Así también la localidad de Los Sarmiento (Mapa 5.1.5g) posee zonas donde la susceptibilidad a que ocurra algún deslizamiento es alta y dichas zonas se localizan en toda la periferia de la localidad. Por otra parte, la localidad de El Columpio (Mapa 5.1.5h) tiene intensidades de peligro muy altas, ubicándose éstas en la parte sur de dicha localidad. La localidad de Cerro de la Olla (Mapa 5.1.5i) tiene zonas con altos niveles de intensidad a deslizarse, sin embargo estas zonas se encuentran en las afueras de la localidad, aunque una zona con peligro alto se localiza justo al oeste de la localidad. Y por último en la localidad de Cerro del Caballo (Mapa 5.1.5j) se presentan niveles de intensidad de peligro que van del medio al muy alto, situándose las zonas con alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos al oeste y este de la localidad respectivamente.

Sin lugar a dudas, ninguna localidad del municipio se libra del peligro que conllevan los deslizamientos, dado que se encuentran asentadas sobre zonas serranas y montañosas, con pendientes que permiten la ocurrencia de movimientos de masa, vegetación escasa que evite dicho transporte y altos niveles de precipitación, además del alto índice de erosión, que potencian este fenómeno.

5.1.6. Derrumbes

Los derrumbes son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas o acantilados, por lo que el movimiento es de caída libre, rodando y rebotando y suelen presentarse mayormente en las carreteras (CICEPAC, 2010). El material que cae puede ser potencialmente mortal, puede causar daños a la propiedad por debajo de la línea de caída de grandes rocas; los cantos rodados pueden rebotar o rodar a grandes distancias y dañar estructuras o matar personas; los daños a las carreteras son particularmente elevados, los desprendimientos de rocas pueden causar muertes en los vehículos afectados por las rocas y pueden bloquear las carreteras.

Se hizo una investigación sobre antecedentes en la zona de estudio, un análisis de la topografía, geología y uso del suelo, principalmente, identificación de textura y estructura de los materiales geológicos, se identificaron los afloramientos rocosos y se localizaron los afloramientos con sobreescarpado.

La gran influencia que ejerce la actividad tectónica del sur de México se ve reflejada en los escarpes de falla distribuidos en la región montañosa de Colotepec; escarpes de falla productos de fallas normales con dirección noreste-suroeste, y que por ende forman esas grandes paredes rocosas orientadas hacia el sureste, la mayoría ausentes de vegetación y con pendientes muy abruptas. Es sobre estas paredes escarpadas que se producen la mayoría de los derrumbes en regiones como ésta. En Colotepec las zonas susceptibles a derrumbes comprenden el 11 % del territorio municipal (abarcando 44.5 Km²) y se distribuyen a lo largo de la parte norte y centro, sobre la región montañosa, quedando exenta la parte sur correspondiente a la zona de pediplanos y a la planicie costera (Mapa 5.1.5).

Localidades como El Corozalito, El Corozal y Los Sarmiento están asentadas en zonas susceptibles a derrumbes. Por lo tanto, se hizo un análisis más a detalle sobre las áreas con disposición a derrumbarse dentro de estas tres localidades. En la localidad de El Corozalito (Mapa 5.1.5b) se muestran dos zonas con pendientes muy abruptas con una intensidad de peligro alta, ubicándose justo donde se asientan las casas de dicha población. En la localidad de El Corozal (Mapa 5.1.5c) se delimitaron cuatro zonas con susceptibilidad a derrumbarse, tres de ellas se ubican en la parte norte de la localidad y una de ellas se ubica hacia el este de la localidad; todas estas áreas presentan un peligro muy alto. Y por último en la localidad de Los Sarmiento (Mapa 5.1.5g) se localizan tres áreas susceptibles a derrumbes, una de ellas al noroeste, una al noreste y otra al este, presentando una intensidad de peligro alta.

5.1.7. Flujos

El relieve de Santa María Colotepec está dominado en buena medida por pendientes de 15°-30° de inclinación e incluso mayores a 30° (Mapa 2.2.2) y una amplitud del relieve de 300-500 m. Este relieve registra una precipitación media anual de 800 a 1000 mm, e incluso de 900 a 1000 mm distribuidos en 30 a 59 días de lluvia apreciable. Bajo estas condiciones el municipio se encuentra propenso a la génesis de flujos, propiciados por la saturación del suelo y el desprendimiento y arrastre de sedimentos y roca de la zona montañosa, transportándose por gravedad mediante los valles hasta la planicie, en donde los coloides finalmente se depositan.

Los flujos se caracterizan en base a la proporción de agua y sedimentos que los componen. En orden de mayor a menor concentración de material sólido, los flujos se clasifican en: flujos de lodo, flujos hiperconcentrados y flujos de escombros.

En Santa María Colotepec se encontraron depósitos de un flujo de escombros proveniente de la zona montañosa, fuera de los límites del municipio, de acuerdo a trabajo de interpretación. Este flujo recorre el lecho mayor del Río Colotepec en una longitud de 29.6 km, desde el punto más alejado en que se pudo identificar hasta las localidades el Camarón y la Ceiba y ocupa un área de 15.2 km² (Mapa 5.1.6).

Sobre el anterior se encontraron depósitos de un flujo de lodo del que se interpretó una longitud de 36.9 km y un área de 23.5 km². Este encuentra su zona de depositación de material desde Arroyo



el Zapote hasta el margen costero en donde se emplaza la ciudad de Puerto Escondido, la zona urbana de mayor extensión del municipio (Mapa 5.1.6).

Por encima de los flujos de escombros y de lodo se muestrearon zonas que evidenciaban depósitos de flujo hiperconcentrado el cual de acuerdo a fotointerpretación tiene una longitud de 39.9 km y un área de 26.9 km². Puerto Escondido, Brisas de Zicatela y la Barra de Colotepec se ubican sobre los depósitos de este flujo. Evidencias de otro flujo hiperconcentrado se encontraron en el lecho del río Arroyo Corozal. Se interpretó que el flujo tiene su origen en la zona en la que este río nace, presentando una trayectoria E-O en 9.8 km (Mapa 5.1.6).

Aunque los flujos de mayores dimensiones no se originaron dentro del municipio, se identificaron zonas potenciales de emisión de material dentro y alrededor del área municipal, las cuales corresponden a las pendientes de mayor inclinación y por lo tanto más susceptibles de romper el equilibrio y colapsar.

Los valles fluviales se constituyen como zonas de transporte en las que el flujo corre por pendientes mayores a 6° de inclinación mientras se enriquece del material que arrastra a su paso, llegando a la zona de transporte-recepción en la que se lleva a cabo tanto el transporte como la depositación de coloides, principalmente de aquellos transportados por arrastre o saltación. Finalmente las pendientes menores a 6° conllevan a la depositación del material arrastrado por el flujo.

5.1.8. Hundimientos (no aplica)

En general, dos condiciones físicas del medio se requieren para considerar la probable ocurrencia de hundimientos en un área específica: la presencia de formaciones calcáreas (karst) en la zona, de espesor importante (mayor a 20 metros) y altamente susceptibles a la erosión hídrica, como ocurre en la península de Yucatán; o la urbanización de áreas cubiertas por sedimentos aluviales y lacustres, principalmente en altitudes importantes por encima del nivel del mar, que potencien el socavamiento y en consecuencia, el hundimiento de la superficie frágil, como sucede en la ciudad de México.

El municipio de Colotepec se encuentra asentado sobre el litoral del estado de Oaxaca, dividido en una porción menor de planicie costera al nivel o apenas por encima del nivel del mar, conformada por rocas sedimentarias y depósitos aluviales que yacen sobre un basamento ígneo cristalino; y una porción serrana compuesta por rocas ígneas intrusivas y rocas metamórficas bastante firmes y muy poco propensas a la erosión hídrica. Por lo tanto, no existe población susceptible a hundimientos, considerando los dos escenarios físicos planteados.

5.1.9. Erosión

La erosión es el arrastre de partículas constituyentes del suelo o de las rocas, por la acción del agua, o por la acción del viento.

Los principales peligros por erosión que afectan al municipio son provocados por la acción del agua en movimiento. Hay evidencias a lo largo de todo el municipio; indicadores como la disminución y la pérdida de cobertura vegetal, el afloramiento de rocas y de raíces de árboles, la formación de surcos, entre otros, demuestran que la erosión es un proceso continuo y muy extendido en todo el municipio (Mapa 5.1.9 – A).

En Colotepec la erosión es un proceso natural por el cual las corrientes de agua arrastran parte del suelo y hasta algunas rocas de unas zonas a otras. La geomorfología del municipio ha permitido que la erosión sea muy particular en algunas regiones, como por ejemplo, en las partes más altas, la erosión actúa de tal forma que el agua desprende los materiales rocosos, estos chocan contra otras rocas y gradualmente se van reduciendo, hasta ser transportados a regiones más bajas que llegan hasta el fondo de los valles y a la planicie costera, provocando una fuerte socavación o erosión vertical. En las zonas más planas del municipio el proceso se invierte, disminuye la disección vertical y aumenta la depositación de los sedimentos.

Existen una serie de procesos erosivos que se asocian por producto con la erosión hídrica; este tipo de erosión es la más extendida dentro del territorio municipal, abarcando un 64.5 % del territorio (267.5 Km²). El daño causado por este tipo de erosión es una gran pérdida de suelo ante la escases de la cubierta vegetal, producto del empleo de grandes áreas para el monocultivo. La erosión en cárcavas (19.5 % del territorio municipal, abarcando un área de 81 Km²) se refleja singularmente a lo largo de los socavones producidos por los cauces de los ríos en zonas con pendientes altas y medias de la región.

En menor proporción el municipio de Colotepec se encuentra afectado por la erosión eólica, ésta produce a menudo excavaciones o depresiones poco profundas llamadas hoyas, cuencas o depresiones de deflación. Se originan en áreas más o menos llanas y desprovistas de vegetación en donde el suelo está expuesto a la acción del viento.

En cuanto a la erosión marina, ésta comprende el 7 % del territorio municipal, abarcando un área de 29 Km², y se ve reflejada sobre toda la línea de costa y se aprecia aún más sobre los acantilados rocosos encontrados a lo largo de todo el litoral, produciendo un efecto de presión neumática provocada por el agua y el aire que queda atrapado en las irregularidades de la roca. Se trata de un mecanismo de compresión y descompresión continuo que provoca un poderoso efecto de succión, que es capaz de producir derrumbes, sobre todo de las rocas deleznales. De esta manera el agua se carga de materiales sólidos que ejercen una acción de ametrallamiento sobre la roca afectada por la acción de las aguas marinas. Esto provoca la abrasión de la zona.

Es imprescindible señalar que en Colotepec se manifiesta de manera extensiva el proceso denominado como reptación, que es un tipo de corrimiento del suelo, provocado por la inestabilidad de una ladera y la gravedad; a lo largo de todo el municipio se manifiesta en forma de pequeñas ondulaciones, una especie de pequeñas terracillas, y suele ser signo de una posible futura inestabilidad generalizada. La reptación es un fenómeno típico de meteorización, sin embargo, también puede desencadenar procesos erosivos en pendiente, y que, en algunos casos, puede llegar a ser muy violento y hasta catastrófico, ayudando a la formación de deslizamientos.

Se realizó un análisis detallado de los diversos indicadores de erosión para cada localidad perteneciente al municipio de Santa María Colotepec (Mapas 5.1.9a al 5.1.9j), y se observó tanto en campo como en los datos proporcionados por el INEGI, que extensas zonas están sometidas a una intensa deforestación y una ausencia de vegetación, y que, en cada asentamiento humano dichas zonas se ven afectadas por la actividad antrópica. Además de que la mayoría de las localidades se asientan sobre valles, pero que en sus alrededores se ubican laderas muy inclinadas y algunas escarpadas que aumentan el riesgo a erosionarse. En la localidad de Río Potrero (Mapa 5.1.9a) existen amplias zonas susceptibles a erosión con una intensidad de peligro muy alto, todas estas localizadas en la periferia de la localidad, encontrándose evidencias de erosión tanto hídrica como fluvial. En la localidad de El Corozalito (Mapa 5.1.9b) se tienen zonas con una intensidad de peligro alto situadas en la periferia de la localidad y se encuentran evidencias de erosión hídrica. La localidad de El Corozal (Mapa 5.1.9c) tiene amplias zonas con una susceptibilidad muy alta a erosionarse y se encuentran evidencias de erosión hídrica, fluvial y eólica. En la localidad de Santa María Colotepec (Mapa 5.1.9d) hay zonas con una susceptibilidad a erosionarse media y se encuentran evidencias de erosión, hídrica, eólica y fluvial. En la localidad de La Nueva Esperanza (Mapa 5.1.9e) se encuentran zonas susceptibles a erosión con una intensidad de peligro alto, y hay evidencias de erosión hídrica. En la localidad de Brisas de Zicatela (Mapa 5.1.9f) hay zonas con intensidad de peligro alto y evidencias de erosión hídrica, eólica y marina. En la localidad de Los Sarmiento (Mapa 5.1.9g) se tienen amplias zonas con un peligro muy alto a erosión y hay evidencias tanto hídricas como hidráulicas. En la localidad de El Cumpio (Mapa 5.1.9h) hay varias zonas susceptibles a erosión con peligro alto, y hay evidencias de erosión eólica. En la localidad Cerro de la Olla (Mapa 5.1.9i) existen áreas con muy alta susceptibilidad a la erosión, encontrándose evidencias de erosión eólica. En la localidad del Cerro del Caballo (Mapa 5.1.9j) se ubican zonas susceptibles a erosión con una intensidad de peligro medio, encontrándose evidencias de erosión eólica.

En el mapa 5.1.9 – B se exhiben las diferentes unidades geomorfológicas que componen el fondo marino de Santa María Colotepec, entre ellas se encuentra: una plataforma continental que va desde el nivel del mar hasta los 200 metros debajo del nivel del mar, la plataforma de Blake comprendida entre los 200 a 1500 metros debajo del nivel del mar, un talud continental desde 1500 hasta 3500 metros debajo del nivel del mar, y por último la región pelágica de 3500 a 6500 metros debajo del nivel del mar (Rendón, 1994). En tan sólo 45 kilómetros de longitud hacia mar abierto se localizan en el fondo marino estas cuatro regiones.

En el mapa 5.1.9 – C se aprecian las formaciones provocadas por la erosión marina y fluvial, las áreas con evidencias de acantilados rocosos y las áreas de transporte y recepción de material por el viento. Este transporta partículas finas comúnmente del tamaño del limo y la arena desde la región montañosa y son depositadas en zonas de menor altitud como son en los pediplanos y en la planicie costera. Más hacia el sur (desde los 0 a 20 msnm) se forma la costa de sumersión, la cual es una costa de hundimiento, formada tras la inundación por el mar de valles fluviales es sus cursos bajos, y que tiene su origen en procesos erosivos y/o tectónicos. También se aprecian en este mapa dos zonas de formación de barras, formadas por la acumulación y depositación de sedimentos de grano grueso transportados con gran energía por los ríos Colotepec y Valdeflores. Otra formación que se aprecia en este mapa es el acantilado en Punta Zicatela, en esta formación, el agua choca y penetra en las rocas previamente fisuradas o agrietadas, comprimiendo el aire que se encuentra en su interior; cuando el agua se retira da lugar a una expansión del aire comprimido, que terminará produciendo roturas de las masas rocosas; como efecto añadido, la erosión o desgaste que las gravas, arenas y fragmentos de otras rocas que las aguas llevan en suspensión, golpean sobre el acantilado y producen socavaduras.

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

5.2.1. Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)

Los ciclones tropicales son sistemas meteorológicos de baja presión asociados a perturbaciones en latitudes tropicales que pueden presentar una circulación cerrada definida y convección de masas de aire en superficie, provocando fuertes vientos en sentido ciclónico y otros efectos que continuamente ocasionan afectaciones a la sociedad en general, aunque también se sabe que las lluvias asociadas benefician la recarga de mantos acuíferos, la agricultura, actividades ganaderas y el control de incendios forestales. Los ciclones tropicales generalmente inician como perturbación ó depresión tropical, para posteriormente presentar la capacidad de fortalecerse como tormenta o ciclón tropical en función de las características del entorno, contemplando 5 posibles categorías de intensidad dentro de la escala Saffir-Simpson, lo cual es determinado por la intensidad de sus vientos máximos sostenidos.

Durante la generación de CT en el Golfo de Tehuantepec, las zonas de inestabilidad convectiva o zonas de perturbación tropical, condicionan el desarrollo de fuerte convección con lluvias torrenciales en Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Michoacán, que resultan de la localización en el semicírculo norte de la circulación ciclónica y el efecto de intensificación de la convección por efectos orográficos (Hernández A. y González I., 2005). Además, vientos generados por este fenómeno, superiores a los 60 km/hr, pueden presentarse en radios cercanos a 100 km o más, a partir de su centro, por lo que sus efectos se pueden presentar en regiones costeras aunque el CT no impacte de manera directa.

Aunque el litoral oaxaqueño es relativamente bajo en frecuencia de impactos de CT, el municipio de Santa María Colotepec presenta un alto riesgo de ser afectado directa o indirectamente por ciclones tropicales y sus efectos como mareas, precipitaciones y vientos fuertes asociados, debido a su proximidad con el Golfo de Tehuantepec, y a que durante el verano se forma en sus aguas una especie de “alberca caliente” dando lugar a la principal región ciclogénica de CT en el Pacífico Nororiental, la cual se activa en la última semana de mayo, marcando el inicio de la temporada de lluvias (Luna B., 1994), mientras que la temporada de CT para el Pacífico concluye oficialmente el 30 de noviembre.

Registros históricos muestran trayectorias de ciclones tropicales que se han desplazado sobre o cerca a regiones que delimitan el municipio de Santa María Colotepec, sin embargo es importante considerar que las afectaciones de los ciclones tropicales no solo se limita a los peligros por vientos y rachas, sino que también a los impactos que pueden producir las fuertes precipitaciones asociadas, las cuales suelen presentarse en breves periodos de tiempo lo que ocasiona con frecuencia inundaciones repentinas y deslizamientos de suelo, además de contribuir con el crecimiento de cuerpos de agua que al superar su tirante crítico logran desbordarse de su cauce inundando zonas relativamente bajas que pueden ser zonas urbanizadas o destinadas a la producción de alimentos.

Otra de las afectaciones que pueden desprenderse del paso de estos sistemas, aunque no impacten de manera directa la región, es la ocasionada por el incremento del nivel del mar por efectos conocidos como marea de tormenta, el cual es el resultado de la elevación de la marea normal por efectos de arrastre del viento sobre la superficie marina por efectos de contacto y fricción, y se encuentra en función del radio de vientos máximos, la trayectoria del sistema y el ángulo con el que el sistema ingresa a zona continental. La marea de tormenta puede ocasionar entonces una invasión de cuerpo de agua oceánico en zonas relativamente bajas, donde el tirante de inundación supere la altura del terreno, afectando caminos, infraestructura y a la población en general.

En el municipio de Santa María Colotepec, este fenómeno puede presentarse cuando un ciclón tropical se desplaza lo suficientemente cerca o impacta de manera directa la zona costera, por lo que pueden presentarse, de acuerdo a datos históricos, marea de tormenta de entre dos y tres metros desde localidades como Brisas de Zicatela, en el suroeste del municipio, hasta la localidad

de Santa Elena ubicada al sureste del territorio municipal, donde la invasión por marea de tormenta puede extenderse a mas de 150 mts a partir de la zona costera debido a la suave pendiente del terreno, afectando los sectores turístico, agrícola, comunicaciones, infraestructura y población en general (Mapa 5.2.1a).

Para el territorio municipal, la intensidad del viento disminuye de sur a norte inhibido por la orografía, de manera que para las localidades de El Charquito, El Tomatal, El Rosedal, Tierra Blanca, Plataforma y Río Valdeflores las rachas de viento, en temporada de ciclones tropicales, son por arriba de los 180 km/hr, para las localidades de Bahía Puerto Ángelito, Puerto Escondido, Playa Zicatela, Brisas de Zicatela, Punta de Zicatela, Barra de Colotepec, Barra de Navidad, La Quebradora, El Reparo, Las Garrochas, Los Naranjos, El Porvenir, Aguaje Ramírez, La Ventanilla, Charco Seco, Juan Diego, Los Reyes y Valdeflores Segunda Sección, las rachas de viento se encuentran entre los 150 y 180 km/hr, para las localidades de Loma Bonita, La Nopalera, El Malucano, Totolapam, El Camarón, El Banco, El Vitonchino, Arroyo el Zapote, Arroyo del Zapote, La Ceiba, Arroyo El Bajo, El Bajo, Aguaje de la Danta, La Guitarra, Palma Sola, El Salitrero, Mata de Bule y El Columpio, con rachas que van desde los 110 a los 150 km/hr. Para todas las localidades anteriores, las rachas incidentes son las características de un ciclón tropical en fase de huracán que se cataloga, según la escala de Saffir-Simpson, como altamente destructivo (Mapa 5.2.1).

Para la región del norte del municipio, en donde el gradiente altimétrico presenta máximos, las rachas del viento, para la temporada de huracanes, van desde los 70 hasta los 110 km/hr en donde el ciclón tropical presenta características de tormenta tropical la cual, según la escala Saffir-Simpson, se caracteriza por ser destructiva (Mapa 5.2.1)

Daños ocasionados por el Huracán Carlotta (junio 2012)

El Ciclón Tropical Carlotta, comenzó como depresión tropical según el registro del primer aviso de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), a los 9.4° N de latitud y 92.4° O de longitud con rachas máximas de 55.56 Km/hr, y una presión en el centro de 1,004 milibares (mb), para después intensificarse hasta llegar a ser Tormenta Tropical con rachas de viento máximo de 64.82 Km/hr y una presión de 1,000 mb moviéndose hacia el noroeste. Hacia los 14° N de latitud con 96° O de longitud se intensificó hasta llegar a ser Huracán categoría 1 con rachas máximas de viento de 129.64 Km/hr y una presión en su centro de 985 mb. Para cuando llegó a las costas de Oaxaca ya era Huracán categoría 2 con rachas de viento de 166.68 km/hr y una presión en su centro de 976 mb.

El Huracán Carlotta, ya de categoría 2, entró al continente en el municipio de Villa de Tututepec de Melchor Ocampo, Oaxaca, pasando a 1.5 km de la costa del municipio de Santa María Colotepec en el que dejó lluvias torrenciales y rachas de viento por arriba de los 160 km/hr, produciendo cuantiosas pérdidas.

Daños causados a los cultivos

El paso del huracán Carlotta afectó gravemente el sector primario, reportándose un promedio de 976.15 hectáreas de cultivos considerados como pérdida total. El maíz fue uno de los cultivos con mayores afectaciones, ya que dentro de las 40 localidades reportadas en zona de desastre, se cuantificaron daños en más de 375 hectáreas. De igual forma, se registraron como pérdida 153.5 hectáreas de pastura con propósito ganadero, seguido del cultivo de calabaza con 102.3 hectáreas dañadas.

La siguiente tabla muestra las pérdidas en el sector agrícola:

Cultivo	Maíz	Pastura	Calabaza	Mango	Cacahuete	Otros
Hectáreas	375.15	153.5	102.5	75.75	57.85	211.4

Tabla a. Hectáreas de los principales cultivos dañados por el huracán Carlotta.

Pérdidas en Animales de consumo y trabajo

Otro sector afectado por el paso del huracán Carlotta fue el pecuario, donde se registraron 4,685 aves como pérdidas, siguiendo el ganado ovino con 207 cabezas, el ganado bovino con 33 reses y el equino con 7 animales de trabajo.

En la siguiente tabla se muestran las principales pérdidas del sector pecuario ocasionadas por los efectos devastadores del huracán Carlotta:

Aves	Ovino	Bovino	Equino
4,685	207	33	7

Tabla b. Principales animales de consumo y trabajo reportados como pérdidas tras el paso del huracán Carlota.

Daños en la Infraestructura del campo

Daños importantes hacia el sector productivo se dieron en su infraestructura. Los daños más representativos fueron la pérdida de cercos y bombas de agua. Estos daños fueron reportados de la siguiente forma:

Rubro	Rollos de alambre	Rollos de madera	Bombas de agua
Unidades	1917.5	617.5	46

Tabla c. Reporte de pérdidas en la infraestructura del campo.

Daños y pérdidas en la infraestructura del municipio

De entre los principales daños causados a la infraestructura del municipio se reportaron pérdidas significativas en las viviendas, sumando un total de 2,336 hogares clasificados como pérdidas totales y 643 como pérdidas parciales.

Las escuelas fueron inmuebles que también sufrieron daños significativos, ya que un total de 22 escuelas fueron registradas como pérdida total, esto significa la inoperatividad de las mismas y un atraso en las actividades académicas de los usuarios.

A continuación se presentan los principales daños en la infraestructura municipal:

Resumen	Viviendas	Escuelas	Templos	Casa de salud	Cocina comunitaria	Delegación
Pérdida total	2336	22	12	5	9	2
Pérdida parcial	643	5	1	1	1	0

Tabla d. Registro de daños en la infraestructura municipal.

5.2.2. Tormentas eléctricas

En el municipio de Santa María Colotepec la ocurrencia de tormentas eléctricas durante el año es favorecida por el constante transporte de humedad del Pacífico hacia territorio continental, en conjunto con la inestabilidad que deriva del contraste de temperatura y densidad de las masas de aire, que convergen en regiones montañosas y favorecen precipitaciones así como un aumento en el potencial eléctrico atmosférico, de manera que los rayos son el producto de descargas de energía debido a la separación de cargas positivas y negativas generadas dentro de una nube de tormenta (<http://www.wrh.noaa.gov>). La ocurrencia de estos eventos es relativamente baja hacia zonas altas en el norte, zonas de premontaña en la porción centro y regiones costeras al sur del municipio, mientras que una ocurrencia mayor se presenta hacia el occidente y oriente del territorio municipal asociándose comúnmente con frentes de tormenta desarrolladas a partir de la convergencia abrupta de masas de aire por celdas convectivas que generan sistemas nubosos de alto desarrollo vertical conocidas como Cúmulus y Cúmulo nimbus, y que son fuertemente influenciadas por la circulación predominante a escala local y regional. La peligrosidad de este fenómeno para la población, transporte e infraestructura en general radica principalmente cuando se presentan descargas eléctricas de tipo nube-tierra, mientras que las descargas en nubes afectan las operaciones de transporte aéreo y comunicaciones.

5.2.3. Sequías

Las sequías se presentan durante épocas del año donde la precipitación disminuye significativamente al igual que la temperatura, y con esto, los niveles de humedad en la atmosfera decrecen. La sequía es “un conjunto de condiciones ambientales atmosféricas de baja humedad que se extienden durante un periodo suficientemente prolongado como para que la falta de lluvias cause un grave desequilibrio hidrológico y ecológico” (SEMARNAT, 2009). La presencia de éste fenómeno se debe principalmente a las manchas solares que alteran la cantidad de energía que llega a la superficie de la tierra; las alteraciones de la circulación de los vientos generadas por modificación en el albedo superficial o por cambios en la temperatura superficial en los océanos (Magaña *et al.*, 1997, Estrada, 2001 y Contreras, 2003).

Para México la sequía se ha intensificado de manera acelerada ya que ha sufrido desde el año 1996 hasta el 2003, decrementos pluviométricos, lo anterior se debe a que desde 1993 hasta la fecha se ha presentado uno de los periodos más drásticos y prolongados en déficit de precipitación (Poliopro, 2007).

En Oaxaca hay pequeñas porciones del territorio que presenta lluvias con una distribución de entre 400 a 600 mm acumulados por año (Ruiz y Febles, 2004), además de que existe una canícula grande, que en promedio empieza en la semana 28 (julio 9 a julio 15), y una canícula chica que dura de 2 a 4 semanas, y se presenta en la semana 32 (6 a 12 de agosto) (Ruiz, 1998).

Para el municipio de Santa María Colotepec la distribución espacial del fenómeno de sequía se presenta desde el noreste del municipio hasta el centro. El gradiente del índice de severidad, representado como un valor promedio de la anomalía de la precipitación con respecto al año 2007,

presenta valores de -1 a -0.5, para el primer intervalo que se encuentra dentro del municipio, abarcando desde el norte al centro este circunscribiendo las localidades de El Camalote, Cerro de la Olla, El Corozal, El Corozalito, El Columpio, Nueva Esperanza, Piedras Negras y Mata de Bule, hasta el noreste (Mapa 5.2.3). Estos valores reflejan los eventos de sequía más intensos que afectan al municipio.

Para el segundo intervalo, dentro del territorio municipal, el índice de severidad disminuye de -0.5 a 0 y abarca todo el centro del municipio incluyendo a las localidades de Río Potrero, Cerro del Caballo, Los Naranjos, San José El Quequeztle, Paso Largo, La Obscurana, Lagunilla, Las Carretas, Junta del Potrero, La cabecera municipal, Palma Sola, Aguaje de la Danta, La Guitarra, La Toma, El Salitrero, Los Reyes, Valdeflores Colotepec y Valdeflores Segunda Sección. Para esta misma región se localizo vegetación característica de la sequía en el centro este del territorio municipal. Estos datos representan condiciones de sequía para el municipio, con una intensidad menor a la del análisis anterior.

La zona sur del municipio no presenta valores del índice de aridez que indiquen sequía meteorológica, por lo que no se presenta incidencia del fenómeno en las localidades de Puerto Escondido, Loma Bonita, El Banco, El Camarón, Totolapam, El Malucano, La Nopalera, El Bajo, Arroyo El Bajo, La Ceiba, Arroyo El Zapote, Arrollo del Zapote, El Vitonchino, La Quebradora, Brisas de Zicatela, Punta Zicatela, El Reparo, Barra de Colotepec, Barra de Navidad, El Porvenir, Aguajo de Ramires, La Garrochas, Los Naranjos, La ventanilla, Charco Seco, Juan Diego, El Charquito, El Tomatal, El Rosedal, Tierra Blanca, Plataforma, Río Valdeflores y Santa Elena.

Cabe mencionar que el gradiente térmico de la temperatura mínima extrema, que incide en el territorio municipal, aumenta de norte a sur y va desde los 20° C hasta los 26° C (Mapa 5.2.3), lo cual se asocia intrínsecamente con descensos de humedad relativa sobre las regiones que presentan la sequía meteorológica más intensa.

5.2.4. Temperaturas máximas

El estado de Oaxaca presenta un clima predominante árido a templado, por lo que debido a su ubicación geográfica y a su cercanía con el Océano Pacífico, es susceptible a ser afectado por ondas de calor a través del año. El municipio de Santa María Colotepec registra durante el año temperaturas máximas del orden de 30 a 38°C o incluso superiores, durante los meses de verano principalmente,

La zona costera ubicada en el extremo sur del municipio, donde se ubican localidades como Brisas de Zicatela, Los naranjos y Santa Elena, registra los valores mínimos de temperatura máxima, al verse delimitado por Océano Pacífico, el cual, por su capacidad calorífica y por la termodinámica que implica las variaciones de presión entre ambas superficies favorece el proceso de brisas y la inherente limitación de temperaturas extremas, lo que representa un peligro medio por temperaturas máximas.

En el caso de zonas de premontaña y regiones altas que corresponden al centro y norte del municipio se presentan temperaturas en rangos que oscilan de 32 a 36°C, donde se ubican localidades como El Camalote, El Bajo, Arroyo El Bajo y la cabecera municipal Santa María Colotepec. Estas características se atribuyen a las diferencias del calentamiento radiativo diurno, y que resultan en valores extremos superiores con respecto al resto del territorio municipal.

5.2.5. Vientos fuertes

El municipio de Santa María Colotepec se sitúa en una región geográfica que, durante el verano, es influenciada por vientos del noreste de escala global denominados Alisios, así como por huracanes y tormentas tropicales los cuales generan pulsos de vientos que se propagan a lo largo de la costa. Por otra parte, durante el invierno, procesos locales y de mesoescala como brisas,

frentes fríos y nortes generan intensos vientos perpendiculares a la costa que soplan a través de pasos de montaña del sur de México y América Central como resultado del movimiento de masas de aire y diferencias de presión entre regiones marítimas y continentales, afectando la intensidad oleaje presente (Trasviña y Barton, 1997).

El mapa de dirección y magnitud del viento promedio para el municipio de Santa María Colotepec señala que en la mayor parte del territorio municipal predominan vientos del norte y noroeste, con magnitudes cercanas a los 4 m/s sobre las porciones norte, centro y sur de la región, donde se ubican las localidades de Los Naranjos, El Camalote, El Tomatal y la cabecera municipal, mientras que en el oriente y occidente del municipio, las magnitudes del viento se encuentran entre 6 y 8 m/s aproximadamente.

5.2.6. Inundaciones

La inundación para el municipio de Santa María Colotepec se delimitó a la curva de nivel de 100 msnm, al no existir registros superiores de inundaciones.

Dado a lo abrupto del territorio municipal los escurrimientos hídricos de tipo intermitente se localizan en gran parte del mismo, por lo que, para alturas superiores a los 100 metros sobre el nivel del mar solo se tomaron en cuenta los escurrimientos de tipo pluvial, además de las corrientes. La distribución espacial de la zona de escurrimiento de tipo pluvial con valores de 0 a 40 cm de tirante, con una intensidad de peligro media, se localizan al este, centro y oeste del municipio incidiendo en las localidades de Cerro del la Olla, El Corozal, El Corozalito, el Columpio, Palma Sola, Mata de Bule, Aguaje de la Danta, La Guitarra, La Toma, El Salitrero y El Porvenir, que se encuentran al este del Río Colotepec, así como para el oeste del mismo, que presentan el mismo tirante e intensidad de peligro, donde se encuentran las localidades de Nueva Esperanza y Cerro del Caballo.

La intensificación del peligro por inundación se localiza en la rivera del Río Colotepec y en el sur del territorio municipal (Mapa 5.2.6), en donde para la mayor parte de esta región el tirante es de 40 a 80 cm con una intensidad de peligro de media, considerando la actividad de los escurrimientos pluviales, incidiendo en las localidades de El Camalote, Piedras Negras, El Tecomate, Los Naranjos, Lagunilla, Junta del Potrero, La Obscurana, Las Carretas, San José el Quequeztle, Río Potrero, El Bajo, Arroyo el Bajo, La Ceiba, Loma Bonita, Totolopam, Arroyo el Zapote, Arroyo del Zapote, El Reparo, El Vitonchino, Puerto Escondido, Playa Zicatela, Brisas de Zicatela, Punta Zicatela, Barra de Colotepec, Las Garrochas, La Ventanilla, Charco Seco, Juan Diego, El Charquito, El Tomatal, El Rosedal, Tierra Blanca, Plataforma y Río Valdeflores.

Para la cabecera municipal se establece una intensidad de peligro alta con tirantes que van desde los 120 o por arriba de los 200 cm, los cuales se intensifican hacia la rivera del Río Colotepec. Otras de las regiones que presentan un peligro evidente por tirante de inundación son las zonas de acumulación transitoria de la cuenca del Río Colotepec que se localizan al sur del municipio, cerca a la zona costera (Mapas 2.6 y 5.2.6) en donde los tirantes de inundación van desde los 80 hasta más de 300 cm, con una intensidad de peligro alta a muy alta que incide en la zona sur de las localidades de Barra de Colotepec y Barra de Navidad.

Inundación Cabecera Municipal

Para la cabecera municipal la distribución espacial del peligro por inundación es de este a oeste, así como desde la calle 5 de Mayo hacia el norte, intensificándose para esta región que es donde se encuentra la rivera del Río Colotepec (Mapa 5.2.6a).

De la calle 5 de Mayo a la Melquíades Villafañe la intensidad del peligro es baja debido a que el tirante de inundación va de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm en donde, además del recubrimiento de agua de forma temporal, se toma en cuenta el escurrimiento de tipo pluvial.

Hacia la rivera del Río Colotepec es evidente la intensificación del peligro debido a lo abrupto de la orografía, en donde el gradiente del tirante de inundación es muy intenso y se encuentran valores que van desde los 60 hasta los 150 cm con una intensidad de peligro media, desde los 150 hasta los 240 cm con una intensidad de peligro alta y desde los 240 a más de 300 cm con una intensidad de peligro muy alta. Para esta última zona, hacia la rivera del Río Colotepec, hubo valores que sobrepasaron los 4.5 metros de tirante de inundación y además se localizaron viviendas reubicadas por las afectaciones de este fenómeno.

Peligro por inundación en la localidad de El Bajo y Arroyo el bajo

Las localidades de El Bajo y Arroyo el bajo se ubican sobre zonas que presentan potencial de inundación por cuerpo de agua que deriva por la crecida del Río Colotepec por eventos de precipitación y escurrimiento aguas arriba y que repercute en estas localidades con tirantes de inundación que pueden superar los 100 cm, y que pueden extenderse a más de 500 metros a partir de su rivera, afectando caminos, zonas dedicadas a la siembra y producción de alimentos así como infraestructura en la zona.

La invasión por cuerpo de agua incluso puede extenderse hasta áreas pobladas de las localidades, siendo frenada por obstáculos orográficos y por la pendiente del terreno que comienza a presentar una inclinación pronunciada hacia la región de premontaña.

Peligro por inundación en las localidades de Barra de Navidad y Barra de Colotepec

El fenómeno de inundación presente en las localidades de Barra de Navidad y Barra de Colotepec se presenta por efectos de invasión de cuerpo de agua correspondiente al Río Colotepec, como respuesta ante intensas avenidas que ocasionan el aumento del tirante normal registrado. Los tirantes de inundación van desde 20 cm hasta más de 2 metros, los cuales pueden extenderse a más de doscientos metros a partir de la rivera, afectando múltiples manzanas y cultivos sobre el área.

En áreas cercana al Río Colotepec y en zonas bajas, donde se identifican los tirantes máximos de inundación, esto es, superior a 120 cm, la intensidad del peligro oscila de alto a muy alto, mientras que tirantes de inundación con alturas de 20 a 120 cm los cuales invaden regiones altas o a más de 150 metros de longitud a partir de la rivera, se establece una intensidad de peligro que va de medio a alto afectando cultivos y más de 3 manzanas.

Peligro por inundación en la localidad de Brisas de Zicatela

La localidad de Brisas de Zicatela se ubica aproximadamente a 5.38 km de distancia del Río Colotepec, por el cual es irrigada, así como la localidad de Puerto Escondido, con corrientes perenes e intermitentes. Estas localidades se han conurbado por efectos de desarrollo turístico y comercial de la zona, sin embargo, para fines de este estudio solo se señalarán las afectaciones de inundación dentro del municipio de Santa María Colotepec, específicamente para la Colonia de Bahía Principal. Para los fines del actual estudio se consideran ambas localidades como conurbadas, donde las afectaciones de inundación no establecen fronteras, sin embargo, especificaremos solo lo pertinente a este municipio.

Peligro de Inundación por colonias en la localidad de Brisas de Zicatela

Colonia Bahía Principal

La colonia Bahía Principal está ubicada en el límite municipal oeste, colindando con el ayuntamiento de San Pedro Mixtepec específicamente con la localidad de Puerto Escondido. Es irrigada por corrientes intermitentes del Río El Aguacate que forma parte de la cuenca del Río Colotepec, y que desemboca finalmente en el Océano Pacífico. Como consecuencia de un aumento extraordinario en el tirante del río ocurre generalmente el desbordamiento del cuerpo de agua, clasificando la altura en los tirantes de la inundación histórica en esta colonia en 11 diferentes rangos. Como primera referencia se encuentra una zona que colinda con ambas localidades, donde se sitúa la calle Pérez Gasga, que en dirección Este a escasos 50 m de distancia, se ubica el tirante con la intensidad de peligro más alto, presentando más de 200 cm de profundidad y afectando 5 manzanas con un número de 302 habitantes. A poca distancia se desarrollan los siguientes rangos del tirante de inundación, disminuyendo gradualmente hasta llegar a una intensidad de peligro medio mostrando casi al inicio de la calle Puerto Juárez con 20 cm de profundidad, causando afectaciones a 12 manzanas con 655 habitantes.

Colonia Marinero

La colonia Marinero se encuentra en la porción suroeste, a medio kilómetro del límite municipal entre Santa María Colotepec y San Pedro Mixtepec, justo a 500 m de la colonia Bahía Principal. El origen que causa la acumulación de agua en esta zona está relacionado con su ubicación 20 m cuesta abajo de las corrientes de flujos.

La distribución espacial de la inundación histórica dentro de esta colonia está asociado con la infraestructura urbana que se ha establecido en este lugar, desarrollada sin previo análisis de riesgo, lo cual se ve reflejado en que el acceso principal, el Camino a Malucano, el cual se encuentra sobre un cauce seco del río Colotepec y en temporada de lluvias intensas tiende a acumular grandes volúmenes de agua afectando a sus habitantes.

Sobre este mismo camino, procedente de la costera y con dirección a Malucano sobre la primera cuadra, se ubica la calle Delfines donde se presenta el tirante de inundación con una mayor intensidad de peligro asociado, resultado del acumulamiento de la escorrentía del flujo hídrico alcanzando los 250 cm de profundidad, mientras que el rango de los tirantes disminuye de forma gradual hacia el norte y sur de manera proporcional a lo largo de este camino principal. Por último, sobre la parte este de la calle Mirador, se ubica el tirante de inundación con menor intensidad de peligro manifestando 30 cm de profundidad, el cual afecta un total de 7 manzanas con 595 habitantes.

Colonia Los Tamarindos

La colonia Los Tamarindos se encuentra ubicada en la parte sureste de la localidad de Brisas de Zicatela, es irrigada por una corriente intermitente que posteriormente desemboca sobre el Océano Pacífico, su topografía se suaviza de forma gradual conforme a su proximidad con la región costera, logrando que la corriente de agua decline y favorezca el acumulamiento del recurso hídrico. De esta manera, sobre esta colonia, particularmente sobre la calle Nogales casi esquina con Pino, el tirante de inundación alcanza los 40 cm de altura; a partir de este punto el tirante se incrementa, hasta alcanzar los 60cm sobre la calle Cedro hacia el Este, la calle Álamo hacia el Oeste y sobre la calle Tamarindos hacia el Norte. El tirante de 80cm de profundidad se ubica en dos partes, la más pequeña, en la esquina de encino y Tamarindos, la más amplia se ubica de Cedro y Nogales hacia Ébano afectando en 3 manzanas a 34 habitantes.

Peligro por inundación en la localidad de Los Naranjos

La región hidrológica de Costa de Oaxaca es una de las ocho que conforman el total dentro del territorio oaxaqueño. Esta es formada por las cuencas del Río Astata, Río Copalita y Río Colotepec y otros, con los cuerpos de agua L. Pastoría y Laguna de Chacahua.

La localidad de Los Naranjos, ubicada dentro de la región hidrológica de Oaxaca, es susceptible a presentar invasión de cuerpo de agua producto del desbordamiento del Río Colotepec cuando los niveles del tirante crítico en esa región es rebasado, inundando la zona norte y noreste de esta localidad, con tirantes que van desde los 30 cm en incluso pueden presentarse superiores a los 200 cm, lo que representa un peligro elevado para infraestructura y zonas dedicadas a la producción de alimentos. La invasión de cuerpo de agua que causan los tirantes de inundación pueden extenderse a mas de 150 metros a partir de la rivera, lo que eventualmente puede causar afectaciones a la población en general. Las curvas de nivel en la región inundable indica una pendiente suave de terreno así como zonas bajas y planas que favorecen estos fenómenos de inundación.

Peligro por inundación en las localidades Nopalera y El Camarón

La inundación que se presenta en la localidad de El Camarón se presenta como resultado de avenidas críticas y posterior desbordamiento del Río Colotepec, el cual tiende a invadir áreas destinadas a cultivos e incluso zonas habitadas y caminos. La configuración de la inundación muestra núcleos donde los tirantes de inundación presentan valores máximos, superiores a 140 cm, debido a barreras orográficas en la zona que impiden el libre tránsito la invasión del cuerpo de agua, para incorporarse posteriormente al cauce del río.

Los tirantes de inundación de 20 a 120 cm, los cuales representan intensidad de peligro bajo a alto, se extienden desde la rivera hasta zonas habitables de la localidad de El Camarón, delimitando los núcleos de valores máximos de tirantes de inundación, superiores a los 140 cm, situados en el extremo noreste, centro y oriente de la localidad principalmente.

En lo que respecta a la localidad de La Nopalera, los tirantes de inundación oscilan entre 20 y 160 cm de altura, y se presentan como respuesta al escurrimiento que proviene de regiones elevadas al norte de la localidad, y que favorece el acumulamiento de los escurrimientos en zonas donde barreras orográficas o infraestructura interrumpe el libre escurrimiento hacia regiones más bajas, afectando cultivos y áreas habitables.

En el mapa de peligro por inundación para la localidad de la Nopalera, los tirantes de inundación de 20 a 60 representan una intensidad de peligro bajo a medio, los valores de 60 a 120 cm son clasificadas con intensidad de peligro medio a alto, mientras que los tirantes de inundación de 121 o más se designan con una intensidad de peligro alto a muy alto.

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

Las heladas ocurren cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0° C o menos, generalmente se presentan en la madrugada o cuando está saliendo el sol (CENAPRED, 2001).

En la república mexicana las heladas ocurren principalmente en invierno debido a la constante llegada de masas de aire frío desde el polo norte, su distribución se manifiesta principalmente en dos grandes regiones, la primera y la más extensa está sobre las sierras Tarahumara, de Durango y Tepehuanes y la segunda se localiza en la parte del centro del país (UNAM, 2010).

"Las zonas costeras poseen ausencia de este fenómeno; como la vertiente del golfo de México, el sur del río Pánuco y hasta la península de Yucatán, e incluso el istmo de Tehuantepec, además de la llanura del océano Pacífico" (UNAM, 2010).



Para el municipio de Santa María Colotepec el fenómeno de heladas no aplica debido a que presenta un promedio de 22° C en la temperatura media anual, además de una temperatura mínima climatológica de 20° C y una temperatura máxima de 30° C, esto aunado a las corrientes de aire que inciden en el municipio, lo cual permite la mezcla de la masa de aire frío que se encuentra cercana al suelo, con las masa de aire cálido que está en niveles superiores lo que hace más difícil el desarrollo de una helada.

5.3. Vulnerabilidad social

Para poder obtener el grado de vulnerabilidad social se tomaron en cuenta tres factores:

- Indicadores Socioeconómicos
- Capacidad de Respuesta
- Percepción Local

El primer apartado se centra en identificar la cantidad de personas con necesidades básicas insatisfechas en los rubros de: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso y otras características de la Población; respecto al segundo apartado, se busca conocer la capacidad de respuesta de los órganos de protección civil en el caso de los municipios; y finalmente, en obtener la percepción de la población sobre los peligros a que ha estado o podría estar expuesta en su comunidad.

A continuación, se presenta los indicadores socioeconómicos del municipio de Santa María Colotepec. Posteriormente, se encuentra la evaluación de la capacidad de respuesta de las autoridades de dicho municipio, la cual fue tomada al Director de Protección Civil. Finalmente, se encuentra el procesamiento de los datos obtenidos en la encuesta que fue aplicada a una muestra de la población que habita en las localidades seleccionadas con algún tipo de peligro en el municipio; con la finalidad de obtener la percepción que tienen los habitantes sobre los peligros a los que están expuestos y que pueden originar un desastre.

Indicadores socioeconómicos

A continuación se presentan los resultados de los indicadores socioeconómicos:

Salud

El resultado obtenido para este indicador es de **0.75**

Educación

El resultado obtenido para este indicador es de **0.50**

Vivienda

El resultado obtenido para este indicador es de **0.50**

Empleo e Ingresos

El resultado obtenido para este indicador es de **0.75**

Población

El resultado obtenido para este indicador es de **1.00**

Una vez que se han obtenido las calificaciones de cada rubro: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso y Población; se procede a obtener el promedio de cada uno.

Para la obtención de la calificación final de las características socioeconómicas, se procede a sumar los promedios de cada rubro, para el municipio de Santa María Colotepec el resultado final es **1.083** y el resultado de esta suma total dividirla entre 5, que es el número total de rubros que se han analizado.

Calificación final de las características socioeconómicos del Municipio Santa María Colotepec 0.216

Capacidad de respuesta

Con el objetivo de reducir el riesgo y así evitar desastres ante el acontecimiento de fenómenos naturales, se aplicó un cuestionario como propuesta para evaluar la capacidad de las autoridades para implementar actividades de prevención y mitigación, así como ejecutar tareas para atender las emergencias.

Esta parte consta de un cuestionario cuya importancia radica en el conocimiento de los recursos, programas y planes con los que dispone la Unidad de Protección Civil Municipal en caso de una emergencia, por lo que va dirigido al responsable de ésta¹.

En lo que respecta al municipio de Santa María Colotepec, y de acuerdo al resultado obtenido de la suma total que es **8**, podemos ver que de acuerdo a los valores establecidos corresponde un grado de vulnerabilidad de **0.5**, con una capacidad de prevención y respuesta **Media** por parte de las autoridades.

Las actividades que realiza normalmente el personal de protección civil es: acciones preventivas o de emergencias para dar atención a las necesidades prioritarias de la población, coordinar acciones contra los peligros que pudiera presentar la población en la eventualidad de un desastre.

Percepción local

A continuación, se procede a la asignación de un valor final a la percepción local del riesgo, se visitaron las localidades de: Santa María Colotepec, Barra de Navidad, El Camalote, El Camarón, Cerro del Caballo, El Corozal, Los Naranjos, Río Potrero, Cerro de la Olla, Barra de Colotepec, La Nueva Esperanza, La Nopalera, Arroyo del Bajo, El Cumpio y Los Sarmiento, teniendo un valor promedio de 10.1 a 15.0, la percepción local del riesgo nos da como resultado local **0.5**, que en la tabla de rangos se ubica en un nivel **medio**. Las localidades El Bajo y el Corozalito tienen una percepción local **baja** y tiene un valor asignado de **0.75**, se ubica entre los rangos de 15.1 a 20.0, es decir, de manera general se puede considerar que la población tiene una percepción media de los peligros a que se encuentran expuestos, debido a que anteriormente han pasado por eventos desastrosos.

Grado de vulnerabilidad social

Una vez obtenida la calificación final de los tres aspectos a evaluar (Características socioeconómica, capacidad de respuesta y percepción local de riesgo), se procedió a ponderar cada uno los rasgos considerados; en donde las características socioeconómicas determinaron un 50%, la capacidad de respuesta un 25% y la percepción local de riesgo un 25%.

Resultado final de grado de vulnerabilidad social en el Municipio Santa María Colotepec

Localidad	Valor Final	Grado de Vulnerabilidad Social
Santa María Colotepec	0.35	Bajo
El Bajo	0.41	Medio
Barra de Navidad	0.35	Bajo

¹CENAPRED (2006). Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, *Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social*, México, pág. 88



El Camalote	0.35	Bajo
El Camarón	0.35	Bajo
Cerro del Caballo	0.35	Bajo
El Corozal	0.35	Bajo
Los Naranjos	0.35	Bajo
Río Potrero	0.35	Bajo
Cerro de la Olla	0.35	Bajo
Barra de Colotepec	0.35	Bajo
La Nueva Esperanza	0.35	Bajo
El Corozalito	0.41	Medio
La Nopalera	0.35	Bajo
Arroyo del Bajo	0.35	Bajo
El Columpio	0.35	Bajo
Los Sarmiento	0.35	Bajo

Fuente: BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.

El mapa 5.3.1 muestra el grado de vulnerabilidad social para Santa María Colotepec teniendo un valor bajo, 5.3.2 muestra las localidades El Camarón, La Nopalera, Barra de Colotepec (Primera Sección) y Barra de Navidad (Segunda Sección), teniendo un grado de vulnerabilidad social bajo, 5.3.3 muestra las localidades El Camalote, Palma Sola, Arroyo Bajo, teniendo un grado de vulnerabilidad bajo, El Bajo presenta una vulnerabilidad media, 5.3.4 muestra las localidades Cerro de la Olla, El Corozal, El Columpio, las cuales el grado de vulnerabilidad social es bajo y la localidad El Corozalito presenta un grado de vulnerabilidad social medio y por último el mapa 5.3.5 presenta las localidades Los Sarmiento, Río Potrero, Cerro del Caballo y La Nueva Esperanza el grado de vulnerabilidad social bajo. Con lo que finalmente podemos concluir que el municipio de Santa María Colotepec se encuentra preparado para enfrentar una situación de desastre.

6. Medidas de mitigación (obras) para riesgos geológicos e hidrometeorológicos

Acciones de mitigación social

Las presentes acciones que se proponen, se realizan con base a los resultados que se determinaron en el desarrollo del Atlas de Riesgo municipal.

Protección civil

- Llevar a cabo un programa de capacitación periódica para la Unidad Municipal de Protección Civil que incluya talleres, diseño de estrategias de difusión, educación y sensibilización para la prevención de desastres naturales.
- Llevar a cabo una campaña de difusión del Atlas Municipal de Riesgos en las dependencias públicas y centros educativos del municipio. La campaña deberá contener una explicación clara sobre el manejo y utilidad del Atlas de Riesgos.
- Realizar cursos, talleres y estrategias de difusión y sensibilización para la prevención de desastres entre la población en general.
- Establecer un esquema de alertamiento y comunicación que permita enlazar a la cabecera municipal con las localidades.
- Elaborar planes de emergencia ante los distintos peligros que pueden embestir el territorio municipal.
- Ubicar mediante cartografía y un documento formal las rutas de evacuación, helipuertos, refugios temporales y albergues que puedan ser utilizados en caso de desastre.
- Establecer brigadas de protección civil en cada colonia y/o localidad del municipio, con el objetivo de apoyar a la difusión de información sobre prevención de riesgos a la comunidad.
- Desarrollar un esquema de alerta temprana ante la aparición de peligros de origen natural.
- Llevar a cabo simulacros entre la población, estableciendo parámetros de medición que permitan evaluar el grado de aprendizaje de la población y desarrollar estrategias de mejora ante dicho aprendizaje.
- Elaborar un documento que formalice la participación ciudadana en conjunto con la autoridad municipal para las labores de protección civil.
- Establecer esquemas de cooperación y coordinación con dependencias como la Comisión Nacional del Agua, la Secretaría de Salud del Estado, el Servicio Meteorológico Nacional, el Servicio Geológico Mexicano y otras que permitan tener conocimiento oportuno de los fenómenos naturales que puedan embestir el territorio municipal y llevar a cabo las labores de prevención correspondientes.
- Firmar convenios de colaboración con los municipios vecinos con la intención de emprender estrategias regionales de protección civil.
- Elaboración de estudios especiales para la identificación, evaluación, análisis de peligros y evaluación de vulnerabilidad ante los peligros identificados de forma específica y por localidad en particular.
- Elaboración de reglamentos de construcción que establezcan la tipología y técnica constructiva que deba utilizarse de acuerdo a los peligros y características del suelo del territorio municipal.
- Realizar estudios para la reubicación de asentamientos humanos hacia zonas aptas.

Equipamiento de la unidad municipal de Protección Civil:

- Equipar a la Unidad de Protección Civil con el equipo necesario para realizar sus labores. Entre los utensilios necesarios se encuentran:
- Cuerdas especiales para rescate con capacidad de hasta 4 toneladas.
- Chalecos salvavidas y boyas de flotación.
- Equipo de radiocomunicación base y portátiles.
- Botiquín de primeros auxilios equipado para dar atención en situaciones de emergencia y rescate ante los diferentes peligros identificados.
- Adquirir una lancha con motor que permita realizar labores de prevención, monitoreo y rescate en los ríos que se encuentran en el territorio municipal.

Acciones infraestructura para cada fenómeno perturbador

Sismos y Tsunamis (incluye Fallas y Fracturas y Licuefacción)

La principal amenaza de carácter geológico que afecta a la población del municipio de Santa María Colotepec está dada por los sismos frecuentes y de magnitud diversa, asociados a las características tectónicas-estructurales (fallas y fracturas) de la corteza en la región, cuyos epicentros se distribuyen a lo largo y ancho del territorio, así como en municipios colindantes.

Los efectos que este fenómeno tiene en la sociedad se relacionan de manera directa con la inhabilitación y hasta la destrucción de infraestructura pública (vías de comunicación, líneas de transmisión, ductos, drenaje, edificios públicos, etc.) y vivienda.

Los principales focos de atención, dada la naturaleza particular de este fenómeno geológico, las características litológicas, edafológicas y orográficas del municipio, se ubican en la zona costera, de Bahía Puerto Angelito a Punta de Zicatela; donde además, la vulnerabilidad física se ve acentuada por construcciones con cimientos deficientes, edificados sobre arenosoles blandos y susceptibles a licuefacción. Otras áreas de afectación principal se localizan en torno a la cabecera municipal de Santa María Colotepec y las localidades de Cerro del Caballo, Nueva Esperanza y Los Sarmiento, así como en la zona serrana al noreste del municipio, entre las poblaciones de Cerro de la Olla, Palma Sola, El Corozal, El Corozalito, El Columpio, Mata de Bule y Valdeflores Colotepec, donde muchas de las viviendas están construidas a base de adobe u otros materiales frágiles.

Así mismo, aunque algunos de los fenómenos generados por los sismos producen daños en la infraestructura y vivienda que difícilmente pueden ser mitigados, como por ejemplo, en todo el largo de la zona costera de Colotepec, especialmente en la zona urbana de Brisas de Zicatela, donde los tsunamis y la licuefacción afectan directamente; la población requiere de una preparación adecuada para lidiar con estas circunstancias, de la mano con la habilitación de rutas de evacuación, albergues y un sistema adecuado de alerta.

Por tanto, como medidas de mitigación para estas localidades se proponen las siguientes:

- Reforzamiento especializado (ingeniería sísmica) de cimientos y pilotes en escuelas, centros de asistencia médica, templos y edificios públicos en general.
- Reforzamiento estructural (obras de ingeniería civil) en postes de líneas eléctricas y de transmisión, así como en casas habitación, principalmente en aquellas con cimientos mal contruidos, además de bardas y techos.
- Habilitación de rutas de evacuación, aprovechando tramos carreteros en perfectas condiciones y caminos con pavimentación hidráulica y señalética.

- Habilitación de centros de acopio y albergues que cuenten con el reforzamiento especializado y/o estructural adecuado.

Fallas y Fracturas

A pesar de que el peligro principal asociado al movimiento de sistemas de fallas y fracturas es la amenaza sísmica que desencadena, abordada en el apartado anterior, es posible delimitar algunas medidas pertinentes a lugares donde fueron observadas evidencias de falla *in situ*, ya sea al interior de localidades o en el área circundante, como en Río Potrero, San José Quequeztle, Cerro del Caballo, Los Sarmiento, La Nueva Esperanza, Cerro de la Olla, El Corozal, El Corozalito, El Cumpio, Palma Sola, Mata de Bule, Aguaje Ramírez, entre otras. Dichas medidas de mitigación son:

- Restauración morfológica-ambiental:
 - Estabilización de laderas y taludes en pendientes mayores a 25° de inclinación.
 - Aterrazamiento en laderas y terrenos con pendientes de 6 a 20° de inclinación, principalmente dedicados a la agricultura y la ganadería.
 - Reforestación y conservación de bosques y selvas, limitando el suelo a un uso forestal, principalmente en zonas de pendiente mayor a 20° de inclinación.
- Barreras físicas. Construcción de muros de contención, gaviones y recubrimientos de malla en laderas inestables, cercanas a localidades vulnerables y vías de comunicación.
- Reubicación de poblaciones asentadas sobre evidencias de falla y/o fractura.

Deslizamientos, Derrumbes y Erosión

Las zonas más susceptibles a deslizamientos, así como también a derrumbes, coinciden con las áreas más propensas a erosión, deforestadas, asentadas sobre laderas de pendiente pronunciada, generalmente mayor a 25° de inclinación, con visibles geoformas que evidencian previos desprendimientos de masa (coronas de desprendimiento), y afectadas por sistemas de fallas principalmente normales. Destacan las localidades de Río Potrero, Los Sarmiento, Nueva Esperanza, Cerro del Caballo, Santa María Colotepec, Cerro de la Olla, El Corozal, El Corozalito, El Cumpio y Brisas de Zicatela, como las más vulnerables, físicamente, ante movimientos de masas.

Las medidas de mitigación para estos fenómenos coinciden con las propuestas para la amenaza por sistemas de fallas y fracturas, ya que los movimientos de masas pueden ser detonados por el movimiento inicial de dichos sistemas. Así mismo, la erosión constituye un factor, aunque no determinante, sí magnificador en la frecuencia de deslizamientos y derrumbes, de la mano con la acción natural de la gravedad.

De tal modo, las medidas de mitigación propuestas, y que atañen especialmente a las zonas donde se ubican las localidades mencionadas, son:

- Restauración morfológica-ambiental:
 - Estabilización de laderas y taludes en pendientes mayores a 25° de inclinación, principalmente donde existan evidencias de coronas de desprendimiento y manchones importantes sin vegetación.
 - Aterrazamiento en laderas y terrenos con pendientes de 6 a 20° de inclinación, sobre todo dedicados a la agricultura y la ganadería.

- Reforestación y conservación de bosques y selvas, limitando el suelo a un uso forestal, principalmente en zonas de pendiente mayor a 20° de inclinación, y donde existan claras evidencias de coronas de desprendimiento y/o deslizamientos.
- Barreras físicas. Construcción de muros de contención, gaviones y recubrimientos de malla en laderas inestables, deforestadas y cercanas a localidades vulnerables y vías de comunicación.
- Reubicación de poblaciones asentadas sobre evidencias de deslizamientos y derrumbes, coronas de desprendimiento, zonas de recepción de deslizamientos y/o derrumbes, y evidencias de falla y/o fractura.

Flujos

Los flujos, junto con deslizamientos y derrumbes, forman parte de los movimientos de masas, en este caso, generados por acumulación de agua y escurrimiento desde zonas elevadas, con una alta energía de desplazamiento (mecánica) que, conforme avanza en su trayecto, va remolcando material del suelo, cauce, laderas, etc., hasta encontrar una barrera y/o salida que disipa la energía acumulada.

En el municipio de Colotepec, la zona de desplazamiento de flujos más importante corresponde al valle dentro del cual corre el río Colotepec, con fuentes de emisión desde la serranía, ya sea al noroeste, por el río Potrero, al noreste, desde las zonas montañosas de los municipios de San Sebastián Coatlán y San Baltazar Loxicha, y al este, desde el municipio de San Bartolomé Loxicha y desde los cerros de Colotepec sobre los cuales se asientan las localidades de Cerro de la Olla, El Culpio y Palma Sola.

El área principal por donde los flujos encuentran salida hacia el mar coincide con la zona urbana más importante del municipio, desde Bahía Puerto Angelito hasta Punta Zicatela; de manera que ésta representa la mancha poblacional más vulnerable a flujos en todo el territorio, ya que se trata de la principal zona de depósito. Así mismo, otras localidades afectadas por flujos y emplazadas en el mismo epicentro son las que se extienden a lo largo del río Colotepec, desde La Nopalera y El Malucano hasta El Camalote, y las que se localizan sobre el valle del arroyo Corozal: El Corozal y El Corozalito.

Algunas medidas de mitigación pertinentes para este fenómeno se enlistan a continuación, sin embargo, ya que los flujos pueden ir asociados a fenómenos meteorológicos como las inundaciones, deben tomarse medidas similares para ambas amenazas:

- Barreras físicas y disipadores de energía:
 - Reforestación para la disminución del impacto sobre riveras, a lo largo de las zonas de transporte, y en áreas de recepción de flujos.
 - Construcción de muros de contención y gaviones para la disipación de la energía del flujo, "más no para detenerlo", ya que la energía propia del flujo es muy superior a cualquier muro. Esta es una medida de reducción de la amenaza, "no sirve para evitarla o impedirla".
 - Construcción de canales y cauces de alivio para la dispersión del flujo. Los canales y cauces deben estar descubiertos, no entubados, y poseer anchos importantes, arriba de 50 metros: "Es imposible detener un flujo mediante ductos y alcantarillado", y por el contrario, estos pueden agravar la amenaza al impedir el libre paso del material que acarrea el flujo (rocas, árboles, lodo, etc.), incrementando la energía por efecto de la presión acumulada.

Ciclones tropicales, Inundación y Vientos

Los ciclones tropicales son sistemas de baja presión que producen, de acuerdo a su magnitud, fuerte viento y abundante lluvia dejando cuantiosas pérdidas humanas y de infraestructura.

Para el municipio de Santa María Colotepec este tipo de fenómenos generan precipitaciones pluviométricas de tipo torrencial, dado que, el gradiente máximo medio pluviométrico para el territorio municipal presenta valores acumulados por arriba de los 1000 mm en la región de recarga hídrica, los cuales, además de activar los escurrimientos hídricos perennes e intermitentes, generan inundaciones de tipo pluvial, por invasión de cuerpo de agua y por escurrimiento hídrico.

Dado que las localidades de Arroyo El Bajo, El Bajo, Barra de Colotepec, Barra de Navidad, Nopalera, El Camarón y la Cabecera Municipal se encuentran cerca de la rivera del Río Colotepec, en tiempo de lluvia, presentan este tipo de inundaciones. Algunas de las medidas de mitigación son:

- Bordos y muros de defensa
 - Reforestación para la disminución del impacto sobre riveras, a lo largo de las zonas de transporte, en áreas de recepción de escurrimientos hídricos y en zonas de montaña para la parcial inhibición del viento.
 - Construcción de muros de contención y gaviones para la redirección del escurrimiento. Esta es una medida de reducción de la amenaza, "no sirve para evitarla o impedirla".
 - Construcción de canales y cauces de alivio. Los canales y cauces deben estar descubiertos, no entubados, y poseer anchos importantes, arriba de 50 metros: "Es imposible detener un flujo mediante ductos y alcantarillado", y por el contrario, estos pueden agravar la amenaza al impedir el libre paso del material que acarrea el flujo (rocas, árboles, lodo, etc.), incrementando la energía por efecto de la presión acumulada.
- Drenaje pluvial periférico
 - La instalación de un drenaje que permita el escurrimiento hídrico sin obstáculo no es suficiente, además debe permitir la libre infiltración hacia los mantos acuíferos para disminuir la escorrentía y por ende la energía.
- Vasos de almacenamiento
 - Reducción de los escurrimientos máximos para evitar el peligro por inundación a través de vasos de almacenamiento con una compuerta integrada que además sirvan como receptores de aprovechamiento del recurso hídrico.

Sequía y Temperatura Máxima Extrema

El aumento de la temperatura aunado a la falta de precipitación pluvial, puede generar situaciones de insolación así como sequía meteorológica.

El cambio de uso de suelo de vegetación a agricultura o carpeta asfáltica, inhibe la retención de humedad, por lo que no solo se debe detener la tala inmoderada, sino también se debe dar atención a la reforestación del territorio municipal.



- Reforestación y drenaje pluvial periférico
 - Reforestación para la captación de humedad en la atmosfera y regenerar la cubierta de vegetación densa dentro del territorio municipal.
- Drenaje pluvial periférico
 - Drenaje pluvial periférico que no obstruya la infiltración a los mantos acuíferos, para mantener el albedo del suelo.