ATLAS DE GESTIÓN DE RIESGOS

SANTA MARÍA ZACATEPEC

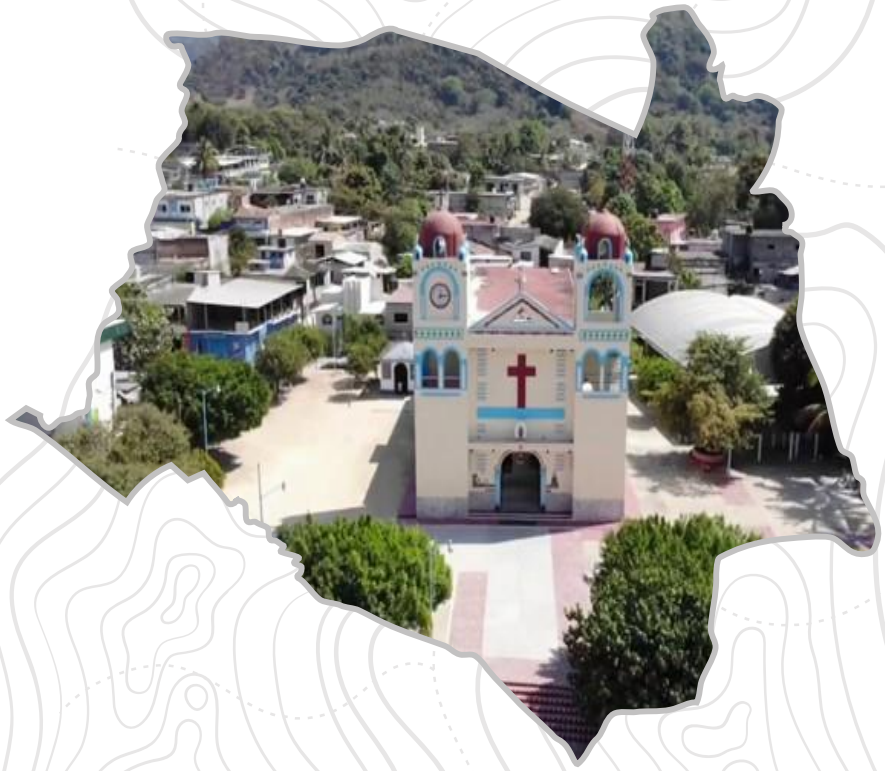
MARZO 2024

OAXACA
GOBIERNO DEL ESTADO

PLANEACIÓN
INSTITUTO DE PLANEACIÓN PARA EL BIENESTAR

PROTECCIÓN CIVIL
COORDINACIÓN ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS

INFRAESTRUCTURAS
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURAS Y COMUNICACIONES



Contenido

Capítulo I. Introducción, Antecedentes y Justificación 6
I.1 Introducción 6
I.2 Antecedentes 8
I.3 Justificación 14
I.3.1 Eventos perturbadores y declaratorias 14
I.4 Objetivos 21
I.4.1 Objetivo general 21
I.4.2 Objetivos particulares 21
I.5 Metodología General 21
I.6 Marco Legal 25
I.6.1 Ámbito Internacional 25
I.6.2 Leyes Federales 26
I.6.3 Leyes Estatales 27
I.6.4 Normas Municipales 28
Capítulo II. Determinación de la zona de estudio 29
II.1 Ubicación y Colindancias 29
II.2 Superficie, localidades y población 30
II.3 Mapa Base (Topográfico) 32
II. 4 Modelo Digital de Elevación 34
Capítulo III. Caracterización de los elementos del medio natural 35
III.1 Fisiografía 35
III.1.1 Provincia fisiográfica 35
III.2 Geomorfología 38
III.3 Geología 40
III.3.1 Relieve 42
III.3.2 Fallas y fracturas 43
III.4 Edafología 44
III.5 Hidrografía 46
III.5.1 Cuencas, subcuencas y microcuencas 48
III.6 Clima 51
III.6.1. Temperatura 52
III.6.2 Precipitación 54

III.6.3 Evapotranspiración 56
III.6.4 Vulnerabilidad al cambio climático 58
III.7. Uso de suelo y vegetación 59
III.7.1 Uso de suelo y vegetación 59
III.7.2 Uso de suelo 61
III.7.3 Vegetación 62
III.8 Áreas Naturales Protegidas 66
Capítulo IV. Caracterización de los elementos demográficos, sociales, económicos y de equipamiento 67
IV.1 Dinámica demográfica 67
IV.1.1 Población y distribución del municipio, por localidad 67
IV.2 Condiciones sociales y económicas 73
IV.2.1 Población con discapacidad 73
IV.2.2 Lenguas indígenas 76
IV.2.3 Servicios de salud 80
IV.3 Empleos e ingresos 82
IV.3.1 Población económicamente activa (PEA) 82
IV.3.2 Sectores productivos 87
IV.4 Pobreza y marginación 93
IV.5 Inventario de bienes expuestos. Equipamiento e infraestructura estratégica 98
IV.5.1 Viviendas y edificaciones 98
IV.5.2 Infraestructura para la salud 102
IV.5.3 Infraestructura educativa 104
IV.5.4 Infraestructura para el entretenimiento 106
IV.5.5 Bienes inmuebles 108
Capítulo V. Identificación de peligros, vulnerabilidad, exposición y riesgos ante fenómenos de origen natural y antropogénicos 115
V.1 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos geológicos 117
V.1.1 Inestabilidad de Laderas 117
V.1.2 Sismo 169
V.1.3 Tsunami 198
V.1.4 Vulcanismo * 201
V.1.5 Hundimientos (Subsidencia) y agrietamiento del terreno 214
V.2 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos hidrometereológicos 235
V.2.1 Inundaciones pluviales 245
V.2.2 Inundaciones fluviales * 256

V.2.3 Inundaciones costeras * 257
V.2.4 Inundaciones lacustres * 259
V.2.5 Tormentas de granizo 259
V.2.6 Nevadas 269
V.2.7 Tormentas eléctricas 271
V.2.8 Sequías 285
V.2.9 Ondas cálidas 290
V.2.10 Ondas gélidas 301
V.2.11 Heladas 311
V.2.12 Tornados 315
V.3 Peligros, susceptibilidad y amenazas por fenómenos químico-tecnológicos 316
V.3.1 Sustancias peligrosas 319
V.3.2 Incendios forestales 328
V.4 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos sanitario-ecológicos 333
V.4.1 Contaminación del suelo, aire y agua 333
V.4.2 Epidemias y plagas 344
V.5 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos socio-organizativos 365
V.5.1. Concentración masiva de población 367
V.5.2 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica 368
V.6. Vulnerabilidad social del Municipio 371
V.6.1. Vulnerabilidad Social del Municipio 375
V.7. Grado de exposición del Municipio 379
V.8 Riesgos por fenómenos geológicos 381
V.8.1 Inestabilidad de Laderas 382
V.8.2 Sismos 413
V.8.3 Tsunami* 419
V.8.4 Riesgo por Vulcanismo* 419
V.8.5 Hundimientos por fallas y fracturas, subsidencia y agrietamiento del terreno 419
V.9 Riesgos por fenómenos hidrometereológicos 424
V.9.2 Riesgo por inundaciones fluviales* 436
V.9.3 Inundaciones costeras* 438
V.9.4 Riesgo por inundaciones lacustres * 438
V.9.5 Ciclones tropicales 439
V.9.6 Tormentas eléctricas 440
V.9.7 Ondas gélidas 450

V.9.8 Riesgo por granizo 457
V.9.9 Riesgo por nevadas 466
V.9.10 Riesgo por heladas en el municipio 468
V.9.11 Ondas cálidas 469
V.9.12 Riesgo por sequías 479
V.9.13 Riesgo por tornados en el municipio 481
V.10 Riesgos por fenómenos químico-tecnológicos 482
V.10.1 Sustancias peligrosas 482
V.10.2 Riesgo por incendios forestales 485
V.11 Riesgos por fenómenos sanitario-ecológicos 487
V.11.1 Contaminación del suelo, aire y agua 487
V.11.2 Epidemias y plagas 488
V.12 Riesgos por fenómenos socio-organizativos 499
V.12.1 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica 499
Capítulo VI. Gestión de Riesgos de Desastres 502
VI.1 Enfoque para la Reducción de Riesgos de Desastres 504
VI.2 Análisis de los principales riesgos identificados cartográficamente. 506
VI.2.1 Nivel de Riesgos identificados cartográficamente 506
VI.2.2 Posibles estrategias a implementar para la reducción de riesgos identificados en el territorio 515
VI.3 Análisis de la percepción del nivel de riesgo de la población 518
VI.3.1 Actores relevantes del municipio que participaron en el análisis de percepción del riesgo 519
VI.3.2 Memoria histórica de eventos adversos que han impactado al territorio 522
VI.3.3 Identificación y priorización de amenazas y vulnerabilidades en el municipio 526
VI.3.4 Definición de posibles acciones a implementar para la Reducción de amenazas en el municipio 529
VI.3.5 Análisis de la percepción del grado de peligro 530
VI.3.6 Análisis de la percepción del grado de vulnerabilidad 534
VI.3.7 Análisis de la percepción del grado de Riesgo 537
VI.3.8 Acciones para Gestionar y Reducir el Riesgo de Desastres. 538
VI.4 Conclusiones y recomendaciones 541
VI.4.1 Conclusiones 541
VI.4.2 Recomendaciones de vulnerabilidades, problemáticas y riesgos que es importante retomar para el Ordenamiento Territorial y Urbano 542
VI.4.3 Recomendaciones de proyectos y estudios que se requieren para mejorar el conocimiento del territorio 543

Glosario 545
Índice de mapas 548
Bibliografía 555

Capítulo I. Introducción, Antecedentes y Justificación

I.1 Introducción

Un atlas municipal de riesgos es un documento que contiene información sobre los posibles fenómenos naturales o antropogénicos que pueden afectar a un municipio, así como sus niveles de peligro, exposición y vulnerabilidad. Su objetivo es facilitar la gestión integral de riesgos, la prevención de desastres, el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano sustentable.

La elaboración del **Atlas Municipal de Riesgos** (**AMR**), de Santa María Zacatepec, se fundamenta en los lineamientos establecidos en los "Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2018" (SEDATU), que, a su vez, se conformaron con base en los criterios de clasificación y términos de referencia establecidos por el CENAPRED y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en materia de riesgos.

Para la elaboración de este AMR fue necesaria la compilación de información geográfica de INEGI, CONAGUA, CONABIO, CENAPRED, SEMARNAT, Instituto de Geofísica y Geografía de la UNAM y Gobierno del Estado de Oaxaca; así como de expertos en áreas de geología, edafología, hidrología, geofísica, recursos naturales, cartografía y en materia de análisis de riesgos, para garantizar el cumplimiento de la aplicación de las metodologías mencionadas.

Se puede decir que los desastres en un territorio ponen en evidencia la falta de apropiación y decisiones adecuadas respecto del territorio; cuando estas decisiones no consideran los aspectos físicos y aquellos relacionados con los peligros geológicos e hidrometeorológicos, se ven incrementados los riesgos de los sistemas expuestos. En este sentido, y para evitar la expansión de los asentamientos humanos en zonas susceptibles a desastres, es necesario elaborar análisis de las características físicas del territorio, los peligros a los que está expuesto, así como su vulnerabilidad física y social, de manera que le permitan a las autoridades y población en general, contar con elementos suficientes para disminuir el impacto de los fenómenos naturales, con la finalidad de guiar el desarrollo de las comunidades hacia zonas aptas.

Este diagnóstico detalla las características físicas del territorio de Santa María Zacatepec, en términos de geología, geomorfología, edafología, hidrología y vegetación; así mismo, identifica la información geográfica de los peligros hidrometeorológicos y geológicos, delimita las zonas expuestas a peligro y define las características de la población y sus viviendas ubicadas en estas zonas, para calcular el riesgo.

El presente Atlas de Riesgos se conforma de seis capítulos. El primero que incluye la introducción, antecedentes, objetivos, alcances, metodología general y contenido, es

en general una breve descripción de la situación actual del municipio y los fenómenos que lo han impactado.

El capítulo dos hace referencia a la determinación de la zona de estudio. En este apartado se define en forma precisa la localización del municipio, sus límites políticos y localidades. Además, se muestra la conformación del mapa topográfico base.

En el tercer capítulo se define la caracterización de los elementos de medio natural, mismo que explica los siguientes temas: fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso de suelo y las áreas naturales protegidas de la zona de estudio.

El cuarto capítulo integra la caracterización general de la situación demográfica, social y económica de la zona de estudio, con indicadores básicos que revelan las condiciones generales en las que se encuentra el municipio. En el quinto capítulo se desarrolla, para los diferentes fenómenos geológicos, hidrometereológicos y antropogénicos, la identificación de peligros, susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgos según sea el caso.

Por último, el capítulo seis muestra las posibles acciones de prevención o mitigación propuestas para enfrentar los desastres. El capítulo siete se enfoca en un glosario de términos empleados y el capítulo 8 es referente a la bibliografía, bases de datos, cartografía y hemerografía empleada.

Los fenómenos estudiados son de los siguientes temas:

- **Fenómenos Geológicos**
  - Vulcanismo
  - Sismos o tsunamis
  - Deslizamientos
  - Derrumbes, flujos o agrietamientos y hundimientos

- **Fenómenos Hidrometeorológicos**
  - Tormentas eléctricas
  - Lluvias extremas
  - Sequías
  - Ondas cálidas
  - Vientos fuertes
  - Inundaciones
  - Tormentas de granizo
  - Ondas gélidas o nevadas

Este Atlas de Riesgos municipal se elaboró, además, apoyado con métodos participativos para identificar en el terreno las áreas expuestas, los sectores de la población comprometidos y para describir los grados de susceptibilidad ante los fenómenos hidrometeorológicos, geológicos y antropogénicos estudiados.

I.2 Antecedentes

Contexto e historia del municipio

La historia de la fundación de Zacatepec se relata en el Lienzo Pictográfico de Zacatepec I, documento con elementos cartográficos que marca los reinos, los años de ejercicio de poder, fechas, personajes, trayectos, relaciones con otros grupos circundantes y las migraciones de los mixtecos, desde la Mixteca alta hasta la costa Oaxaqueña. Los tacuates (señores serpientes), población originaria de Zacatepec, son descendientes directos de esos migrantes mixtecos, quienes fundamentan en ese lienzo, los argumentos de su autodeterminación como tacuates. Más que como mixtecos (Cisneros C. M., 2006), *8 venado* (Garra de Tigre), en los años del 1,063 al 1,115 de nuestra era (d.n.e.), unificó la región mixteca, desde Tilantongo hasta Tututepec, a través de alianzas matrimoniales. Este imperio llegó a abarcar prácticamente toda la costa de Oaxaca, desde la actual frontera de Oaxaca-Guerrero hasta el Istmo de Tehuantepec, así como las comunidades de Jicayán, Zacatepec, Ixtayutla, Amoltepec, Juchatengo, Coatlán, Suchixtepec y Otzolotepec.

Conforme a las pinturas del Lienzo de Zacatepec, en el año 1,120, *4 Viento* designó a su hijo *11 Tigre* (Yyachihuidzo), Tláloc Muro de Fuego, como rey de Zacatepec y lo envió de expedición por el territorio que habría de pertenecer a este, llegando al paraje de los Siete Pinos, con abundante zacate poblado de víboras, donde se estableció, reinó y falleció en el año 1188. El lugar elegido por *11 Tigre – Yyachihuidzo*- para fundar Zacatepec se encontraba 15 millas al sureste del pueblo actual, entre los ríos Atoyaquillo y Reforma, cerca del cerro de la Campana (16°40' al norte y 97° al oriente), ubicado al noroeste de Ixtayutla. Fue su hijo *7 Lagarto* (Tláloc Sol), quien, el día 9 Movimiento de 1,188, nombró al pueblo como Zacatepec en náhuatl, que se traduce al español como “Cerro del Zacate” y Yucusatuta en Mixteco, que se traduce al español como “Montaña de siete-agua”. (Cisneros C. M., 2006).

Los Lienzos de Zacatepec I y II forman la memoria histórica de Santa María Zacatepec, habiendo autores que los igualan con el códice Muro o de Ñunaha y los califican como documentos únicos, vinculados por su contenido y personajes, con los grandes códices Vindobonensis, Nuttall, Bodley, referentes de la Mixteca Alta y su conexión con la Mixteca de la Costa.

En el año 1288 tuvieron un combate contra los mixtecos del reino de Tilaltongo, en Santa Rosa, lugar cercano a Putla, registrándose gran cantidad de muertos, ante lo que terminaron formando una alianza que duró hasta el dominio de los aztecas en 1,463, cuando fueron obligados a pagar tributo. Es por ello que aun en algunos lugares de este municipio se habla el náhuatl.

En el siglo XX, durante la revolución mexicana, Zacatepec fue escenario de enfrentamientos de poca monta entre grupos revolucionarios. En uno de sus encuentros se incendió la iglesia que entonces tenía techo de zacate. Cuenta la leyenda, que desde entonces la imagen de la patrona se fue a Juquila, de modo que

se mandó a hacer otra imagen. Fueron años difíciles, de hambre, carencia y de miedo, hasta el punto de que algunos huían a los cerros.

El destacamento militar que estaba en Zacatepec fue concentrado a Pinotepa Nacional. El único bandido que azotó la zona fue Antonio Ramírez, quien contaba con varios hombres, robando a las caravanas que provenían de la costa y de la mixteca, siendo asesinado en Zacatepec.

En 1928, los habitantes de la comunidad del rincón invadieron terrenos de Zacatepec. De igual forma lo hicieron los habitantes de Guadalupe, Amuzgos, Ipalapa, Zocoteca de León, la Reforma, Estanzuelilla Grande, Cabeza del Río, Guadalupe Hidalgo y San José las Flores. Para evitar esos conflictos, el síndico municipal de Zacatepec solicitó un juicio de apeo y deslinde, afectando a Guadalupe. Los territorios de todos estos pueblos pertenecieron al gran latifundio del norteamericano Lewis (INAFED, 2018).

El municipio de Santa María Zacatepec se compone de la cabecera municipal y 27 localidades, de las cuales 4 son agencias municipales, 11 son agencias de policía y 12 son núcleos rurales los cuales aún no cuentan con la categoría municipal. De acuerdo con el censo de población 2020 (INEGI, Censo INEGI, 2020), la población total del municipio de Santa María Zacatepec era de 17,100 personas, compuesta en 47.6% por hombres y en 52.4% por mujeres. Las poblaciones con mayor número de habitantes eran la cabecera municipal con 5,961 personas, San Juan Cabeza del Río con 1,510 habitantes y San Vicente Piñas con 1,115 personas. La población se encontraba en situación de pobreza, con grados de marginación **Alto** y rezago social **Alto**, según CONEVAL 2020.

Antecendentes Agrarios

Dentro del municipio de Santa María Zacatepec, se encuentra la comunidad agraria de su mismo nombre, con antecedentes de reconocimiento de tierras por la vía de RTBC (Reconocimiento y Titulación de Bienes Comunales), para 1,823 comuneros (Imagen 1). Cuenta con una superficie de plano interno de 46,807.40 ha, habiéndose certificado con el Programa PROCEDE en el año 2005 (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie actual de la comunidad agraria de Santa María Zacatepec

Totales			
Superficie actual del núcleo	Superficie del plano general	Superficie actual parcelada	Superficie actual de uso común
46,807.4 ha	35,929.4ha	0 ha	46,807.4 ha

Fuente: (RAN, 2024)

Tabla 2. Reconocimiento de tierras de Santa María Zacatepec

Acciones										
Acción	Fecha de Publicación	Fecha de Asamblea	Fecha de Escritura	Fecha Res. Pres., Decreto o Sentencia	Superficie en Has.	Beneficiados	Fecha de Ejecución	Fecha de Inscripción	Superficie Ejecutada	Promovente
RTBC	28/12/1965	-	-	22/10/1965	36.000.000.000	1823	20/03/1966	-	36.000.000.000	NINGUNA
Expropiación	02/05/2000	-	-	17/04/2000	0.160000	0	21/07/2000	-	0.160000	CFE
PROCEDE	-	25/12/2005	-	-	-	-	-	31/12/2005	0.000000	NINGUNA
EXPROPIACIÓN	01/09/1994	-	-	26/08/1994	70.466.300	0	12/07/2002	16/04/2007	70.466.300	SCT

Fuente: (RAN, 2024)

Dentro de la organización agraria básica de la comunidad de Santa María Zacatepec, los representa el Comisariado de Bienes Comunales, quienes actualmente se encuentran vigentes, con término de periodo de funciones el 23/04/2026 y tal como lo señala la Ley Agraria, se elegirán nuevos integrantes a la fecha de su vencimiento, mismos que fungirán por un periodo de 3 años (PHINA-Registro Agrario Nacional (RAN, 2024)).

Cultura y Patrimonio

Del total de población del municipio, el 21% es de habla indígena y el 5.9% se considera afrodescendiente; así mismo, el 94.5% habla la lengua mixteca y el 4.5% la lengua amuzgo. Cabe hacer mención que la población que no habla español de los hablantes de lengua indígena es en un 6.21% (INEGI, Panorama sociodemográfico de Oaxaca, 2020).

Derivado de fenómenos como la emigración, la influencia de los medios de comunicación y la adopción de nuevas tecnologías, las manifestaciones culturales han

disminuido en las nuevas generaciones; sin embargo, en Zacatepec se conserva la vestimenta tradicional Tacuate que portan a diario, principalmente las mujeres, usándose por más personas en casos de festejos especiales. La vestimenta elegante de las mujeres consiste en un huipil bordado con pequeñas figuras de animales coloridos en pecho y espalda, habiendo un atuendo más sencillo, consistente en un huipil blanco con líneas de color a los lados. Son los amuzgos los que confeccionan los huipiles más elegantes, de algodón coyuche bordados de animalitos de colores.

En el caso de los hombres, son pocos los ancianos lo que aún portan el traje típico, un largo cotón de manta, bordado con figuras pequeñas de animales en pecho y espalda, acompañado de un ceñidor, cuyas mangas no están cosidas por los costados. El calzón es corto, de manta, con bordado de pequeños animales en los extremos. Cabe mencionar que hay escuelas del municipio que han instituido como uniforme escolar, la vestimenta tradicional (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2022).

Entre los tacuates, las relaciones familiares se amplían y consolidan con el matrimonio y el compadrazgo, que establece fuertes vínculos de ayuda mutua. Esta es la razón por la que los eventos en los que se formalizan estas relaciones están sujetas a una serie de rituales, compromisos y normas que han tratado de mantener hasta la actualidad y que han favorecido estrechar las interrelaciones entre tacuates, amuzgos y mestizos.

Para el caso del matrimonio, ha quedado como "historia bonita" de Santa María Zacatepec, la forma en que anteriormente se acostumbraba entablar el compromiso entre los novios y sus familias; el novio llevaba leña cerca de la casa de la novia, para que la familia de la pretendida valorara la capacidad de trabajo del hombre, por la cantidad de leña, su calidad y la forma en que estaba amarrada, lo que conjuntamente con la valoración del origen familiar del joven, determinaba si aceptaban o no el compromiso, aunque se daban casos en los que los padres decidían, sin consultar a la novia (Cisneros C. M., 2006).

Forma de organización y autoridades

En referencia a las autoridades y gobierno, la forma tradicional de tomar las decisiones de carácter político en el municipio, a través de Consejos de Ancianos, ha sido desplazado por los sistemas impulsados desde los gobiernos federal y estatal, de tal manera que la elección de autoridades del Ayuntamiento ya no es mediante el sistema de Usos y Costumbres, sino bajo el régimen de partidos políticos, con duración

de tres años de cada uno de sus integrantes, aunque aún hay ciudadanos que promueven que los principales cargos de representación queden en manos de indígenas (Cisneros C. M., 2006).

Los cargos de los principales concejales del Ayuntamiento siguen nombrándose en Tacuate. Así se tiene que al presidente Municipal le llaman *kale cha'un*, que en español significa "Señor grande, con experiencia, trayectoria", al alcalde Municipal, *ra to'o*, que se traduce a español como "Hombre mestizo, un principal, o un cacique". El alcalde, aunque sea tacuate, lo llaman *to'o*, porque un *ra to'o* es la persona capaz de ejercer justicia, gente capacitada como "uno de razón". Al síndico, generalmente mestizo, lo conocen como *genicu*.

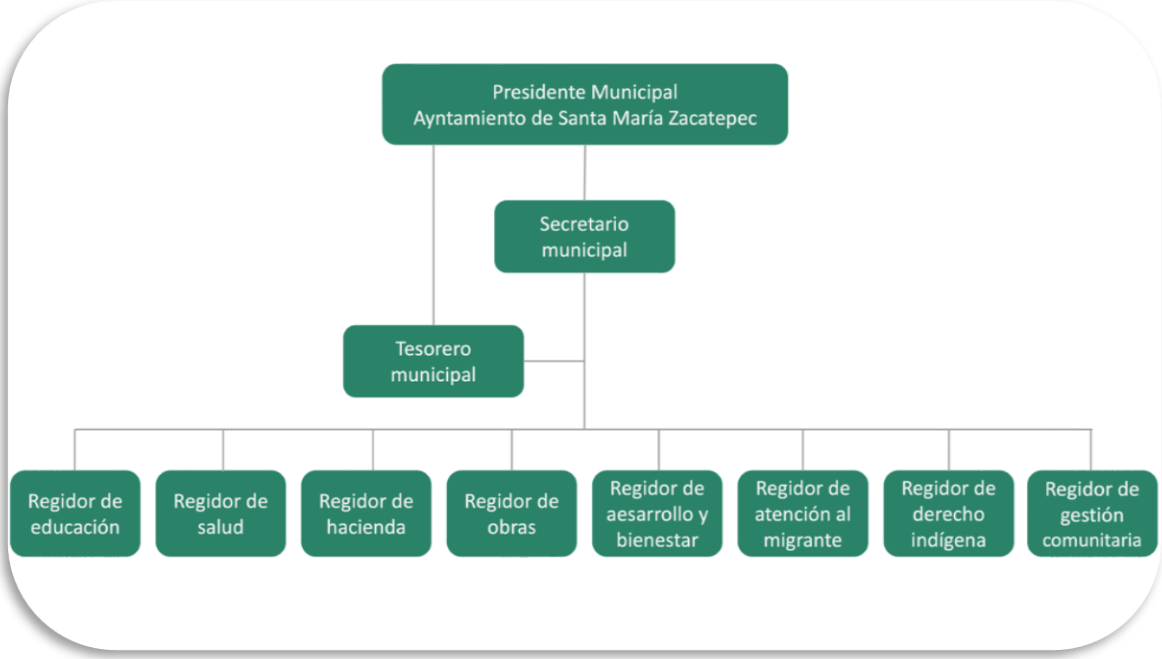
Los topiles o *ta tun*, "los que llevan mensaje", representan el primer escalón de los jóvenes que cumplían los 18 años y constituían un puesto indispensable para poder asumir otros cargos, tanto servicio social-cívico-religioso, como dentro del mismo ayuntamiento, aunque ese requisito ha sido soslayado en varias elecciones de autoridades. Antes, los *ta tun* eran nombrados en una ceremonia especial (Cisneros C. M., 2006).

Respondiendo a las nuevas normas impulsadas por la Sociedad Civil y respaldadas por las instancias electorales, en la elección de autoridades municipales se ha impuesto la cuota de género, de tal manera que al menos el 50% de los integrantes del cabildo deben ser mujeres. Una vez que entran en funciones las autoridades municipales, en

cada agencia municipal, agencia de policía y barrios de la cabecera municipal se eligen representantes mediante una asamblea general de ciudadanos, quienes duran desde uno hasta tres años en sus cargos.

La siguiente imagen muestra cómo el ayuntamiento se integra por un presidente municipal y ocho regidores: de Educación, Salud, Hacienda, Obras, Desarrollo y Bienestar, Atención al Migrante, Derecho Indígena y Gestión Comunitaria. También son parte del ayuntamiento, un secretario municipal y un tesorero municipal. El presidente municipal es auxiliado por personal en el DIF municipal y por instrucción del gobierno estatal e integra a una titular de la Instancia Municipal de la Mujer. (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2022).

Imagen 1. Organigrama del ayuntamiento de Santa María Zacatepec 2022-2024



Fuente: Modificado del Plan Municipal de Desarrollo 2022-2024

Actividades productivas

Conforme los datos de INEGI 2020, de la población económicamente activa que se encontraba ocupada en Santa María Zacatepec, el 43.2% se dedicaba a actividades del sector primario, 18.4% al sector secundario y el 37.8% a actividades del sector terciario (Cisneros C. M., 2006).

En el sector primario, específicamente en el subsector agrícola, se cultivan 3,999.7 ha, principalmente en sistemas de temporal, destacando la producción de maíz grano blanco, con 2,699.9 ha. Respecto a la ganadería, se dedican a la producción de carne y leche de bovinos, porcinos, caprinos y aves, así como miel y cera de abejas. Para la

actividad forestal cuentan con 34,353.6 ha arboladas, de las cuales solo 2,071.1 ha contaban con programas de manejo.

En el sector secundario se encuentran personas dedicadas a actividades relacionadas con la construcción, la transformación y el servicio de transporte. En el sector terciario se encuentran los pequeños comercios del territorio municipal, como tiendas de abarrotes y otros negocios minoristas, además de restaurantes, hoteles y tiendas de ropa y muebles.

Antecedentes de planeación

En la búsqueda bibliográfica, no se encontraron atlas de riesgo o planes de desarrollo urbano en lo específico, habiéndose obtenido únicamente el informe final del estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario, elaborado en el período 2014-2015, del que se genera una propuesta de uso de suelo que considera 736.8 ha para Protección y Uso Especial; 11,190 ha para Aprovechamiento Sostenible; 8,412.2 ha para Conservación y Uso Tradicional y Especial y 26,430 ha para Restauración y Aprovechamiento de Agroecosistemas.

Otro documento encontrado, que se relaciona con el manejo ordenado de los recursos naturales de Santa María Zacatepec, fue el Estudio de Cuenca de Abasto para el Desarrollo Industrial Forestal Maderable de la Región Mixteca Sur, Estado de Oaxaca, (Colegio de Profesionales Forestales de Oaxaca, 2015), que pretende servir como herramienta de planeación para la aplicación de políticas forestales para el fomento del desarrollo del sector, de manera mancomunada con los dueños y poseedores de los recursos forestales. En dicho documento se hace referencia bibliográfica del Programa de Manejo forestal de Santa María Zacatepec, municipio del mismo nombre, Distrito de Putla, Oaxaca. García Q. S. S. 2012, quedando pendiente su ubicación y posterior análisis.

Cabe destacar que el Proyecto Sistemas Productivos Sostenibles y Biodiversidad (SPSB), apoyado por CONABIO, GEF y Banco Mundial, consideran a Santa María Zacatepec como municipio elegible para integrar sistemas productivos sostenibles del denominado *Corredor Biológico de la Sierra Sur de Oaxaca*, los que, a reserva de corroborarlo, muy probablemente han sido aprovechados por la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca (CEPCO), organización que integra a la Sociedad Cooperativa “21 de Septiembre”, que cuenta entre sus filas a productores de café del municipio (CONABIO).

Considerados documentos base de la planeación municipal, útiles para la programación y presupuestación del ayuntamiento, se tienen los Planes de Desarrollo Municipal correspondientes a los períodos trianuales 2008-2010, 2014-2016 y 2022-2024, de los cuales se retoma información para el presente trabajo.

I.3 Justificación

Los peligros a los que está expuesto el Municipio de Santa María Zacatepec se encuentran condicionados por la topografía, clima, geología y por su ubicación geográfica, dónde los fenómenos que han afectado al territorio son las provocadas principalmente por sequías, tormentas tropicales, y fenómenos geológicos como los sismos que han causado daños en infraestructura.

De todo lo anterior, se desprende la necesidad que se tiene por entender, explicar, y estudiar los desastres en el municipio; que debe llegar más allá de una investigación, debe incorporar a la población afectada en el diagnóstico, en la identificación de los aspectos cualitativos, en su cuantificación, en la construcción de escenarios posibles y principalmente en el establecimiento de medidas de prevención, mitigación, reacción y recuperación todo lo que en su conjunto se entiende como Gestión del Riesgo, actuando de manera muy especial sobre las causas de la vulnerabilidad. Este aspecto que debe ser revisado cuidadosamente en los Atlas de Riesgo que por obligación moral y legal, deben elaborar las autoridades municipales (Maskrey, 1993).

Contar con un **Atlas Municipal de Riesgo** que cumpla con participación social representativa, incluyente, integral y dinámica, asegura disponer de un instrumento de prevención, mitigación y respuesta eficiente ante las contingencias por fenómenos naturales. Dicho instrumento deberá aportar información indispensable para avanzar hacia la planificación urbana y el ordenamiento del territorio. A partir del conocimiento de las causas, características y consecuencias posibles de las amenazas, peligros, vulnerabilidades y riesgos que pueden afectar a la población de Santa María Zacatepec, es posible diseñar y/o fortalecer políticas públicas efectivas que disminuyan la vulnerabilidad física, además de desarrollar estrategias, programas y acciones concertadas con la sociedad para prevenir, atender de manera organizada, mitigar daños y desarrollar resiliencia en la población.

I.3.1 Eventos perturbadores y declaratorias

Conforme estudios realizados por la Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos y la Dirección de Investigación del CENAPRED, publicados en el año 2021, bajo el título de “Información básica de peligros naturales en el Municipio de Santa María Zacatepec”, se determina que el municipio ha sufrido mayormente por afectación de fenómenos de lluvias y ciclones. Sin embargo, no se cuenta con información que señale o cuantifique daños materiales y/o pérdidas humanas. En la Tabla 2 se resumen los peligros a los que está expuesto el municipio, así como el grado de dicho peligro.

Tabla 3. Grado de peligro por fenómenos naturales en el municipio de Santa María Zacatepec

Fenómeno Perturbador	Grado de Peligro	Declaratorias	
		Desastre	Emergencia
Sequía	Bajo	Ninguna	Ninguna
Onda de Calor	Muy Bajo	Ninguna	Ninguna
Bajas Temperaturas	Muy Bajo	Ninguna	Ninguna
Tormenta Eléctrica	Medio	Ninguna	Ninguna
Ciclón Tropical	Bajo	2	3
Nevada	Muy Bajo	Ninguna	Ninguna
Granizada	Muy Bajo	Ninguna	Ninguna
Tornado	Sin Tornado	Ninguna	Ninguna

Elaboración propia a partir de datos publicados por CENAPRED en "Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec", 2021.

El municipio ha sufrido estragos por fenómenos hidrometereológicos, ya que por su geografía y ubicación es vulnerable (CENAPRED, Índice de Peligro por Inundación, 2016), (DOF, Diario Oficial de la Federación, Diferentes Fechas 2024), tal como se reporta en la Tabla 3.

Tabla 4. Grado de peligro por inundaciones en el municipio de Santa María Zacatepec

Inundaciones				
Fenómeno perturbador	Grado de peligro	Nivel de vulnerabilidad	Declaratorias	
			Desastre	Emergencia
Inundaciones	Bajo	Media	3	3

Elaboración propia a partir de datos publicados por CENAPRED en "Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec", 2021.

Otros datos de interés para el análisis de inundaciones son las cuencas y los ríos o arroyos presentes dentro de los límites del municipio. De acuerdo con la información del INEGI e INAFED, en Santa María Zacatepec se encuentran dos cuencas, seis arroyos y 8 ríos, los cuales se enlistan en la Tabla 4.

Tabla 5. Cuencas y cuerpos de agua en el municipio de Santa María Zacatepec

Cuencas	Ríos y Arroyos
R. Atoyac, R. Ometepec O Grande	Arroyo Cuesta del Muerto, Arroyo El Amate, Arroyo El Platanar, Arroyo El Salto, Arroyo El Tlacuache, Arroyo San Miguel, Río Atotonilco, Río Blanco, Río Grande,

Cuencas	Ríos y Arroyos
	Río Los Amates, Río Mesones, Río Nejapa, Río Santa Catarina, Río Verde

Elaboración propia a partir de datos publicados por CENAPRED en "Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec", 2021.

En el municipio es muy recurrente que se presenten las caídas o derrumbes, deslizamientos y flujos (CENAPRED, Índice de Peligro por Inundación, 2016). Su tasa de mayor incidencia se presenta en la temporada de lluvias, dado que el terreno que conforma a las laderas y taludes se satura, aumentando su peso y reduciendo su resistencia, como se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 6. Grado de susceptibilidad del municipio de Santa María Zacatepec por inestabilidad de laderas.

Inestabilidad de laderas	
Susceptibilidad	Porcentaje del total del área del municipio
Muy Baja	25.05 %
Baja	0.01 %
Media	24.52 %
Alta	50.37 %
Muy Alta	0.05 %

Elaboración propia a partir de datos publicados por CENAPRED en "Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec", 2021.

Sismos

De acuerdo con el mapa de peligro sísmico 2015, realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el territorio mexicano está dividido en cuatro grandes zonas, según su **grado de peligrosidad**: **A**, **B**, **C** y **D**, de menor a mayor, respectivamente.

Esta clasificación, conocida como **regionalización sísmica**, tiene como objetivo principal, junto con manuales de obras civiles, proporcionar a los diseñadores y constructores información para el cálculo de valores de resistencia para la planificación de obras, de tal manera que estas resulten suficientemente seguras y su costo no sea excesivo.

Se advierte que esta regionalización es aplicable a estructuras construidas en terreno firme; no se toma en cuenta el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos, cuestión que puede ser decisiva para el peligro sísmico de algunos lugares, con suelos de aluvión o relleno, en los que la amenaza sísmica es

extraordinariamente grande. Ante ello, es necesario identificar la composición de los suelos del territorio municipal, en las áreas susceptibles de ampliación de la zona urbana, caracterizándolas por ser zonas inundables (suelo blando), zonas de transición y zona de lomas (terreno firme). En esta última, la amplificación de las ondas es menos violenta, a diferencia de los terrenos de aluvión, donde sucede lo contrario.

Los efectos de sismos representan un porcentaje importante en la ocurrencia de deslizamientos de laderas (taludes naturales), principalmente en suelos sensitivos y podrían conducir a la falla si los movimientos sísmicos son de suficiente magnitud y duración (CENAPRED, Identificación de peligro sísmico a nivel municipal, 2020). El municipio está expuesto a este fenómeno por su ubicación en zona D, de acuerdo a la regionalización sísmica de CFE (CFE, 2015).

Tabla 7. Grado de peligro por sismo en el municipio de Santa María Zacatepec

Sismos	
Zona	**D**
Efecto de sitio	Sin comentarios
Deslizamiento por sismo	En este municipio hay peligro de deslizamiento por sismo.
Características	**La zona D, de sismicidad muy alta, se caracteriza porque los sismos de gran magnitud mayor a 7 se presentan con frecuencia y la amplificación del terreno puede ser superior al 70% de la aceleración de la gravedad.**
Observaciones	Sin comentarios

Elaboración propia a partir de datos publicados por CENAPRED en "Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec", 2021.

La vulnerabilidad estructural se refiere al daño o afectación que pueden sufrir las viviendas, carreteras y construcciones en general, ante una amenaza dada. La calidad de los materiales con que se construyen las viviendas es decisiva para determinar su resistencia; en la medida que se utilicen materiales rígidos, se logra mayor seguridad y tranquilidad para sus habitantes; el caso contrario se da con las viviendas hechas con materiales endebles, poco resistentes a los fenómenos meteorológicos, que mantienen a sus habitantes en condiciones de alta vulnerabilidad.

Aproximadamente el 52.8% (2,238 viviendas), están construidas con muros de mampostería con techos rígidos, por lo que se considera que tienen una vulnerabilidad muy baja, principalmente por el tema de daño por sismo y viento fuerte. Es necesario realizar el levantamiento de viviendas vulnerables en el municipio para identificar aquellas que requieren de mejoras estructurales.

En el estado, los desastres naturales han sido recurrentes, como lo muestran las declaratorias de emergencia y desastres naturales en distintos años. En el caso del municipio de Santa María Zacatepec, tiene como históricos las siguientes declaratorias:

Declaratoria por contingencia climatológica:

Dos fenómenos hidrometeorológicos tipo sequía atípica, impredecible y no recurrente (2005, 2010).

Declaratoria por desastre:

Diez declaratorias por desastre, siete de fenómenos hidrometeorológicos: tres tipos ciclón tropical (Huracán "Stan", 2005), (Tormenta tropical Manuel, Huracán Ingrid, 2013), causando lluvias severas (Tormenta Tropical "Trudy", 2014), causando inundación fluvial y pluvial, 4 por Lluvias (ciclón tropical "Mathew", 2010), Huracán Carlotta (2012), Tormenta Tropical "Narda" (2019), causando lluvia severa e inundación fluvial y pluvial. Finalmente, la onda tropical No. 31 (2020), con daños por lluvia severa e inundación pluvial y fluvial (DOF, Diario Oficial de la Federación, Diferentes Fechas 2024).

Tres declaratorias por fenómeno Geológico: dos por sismos (2012, 2018), y una declaratoria por deslave (2013), movimiento de ladera (DOF, Diario Oficial de la Federación, Diferentes Fechas 2024).

En la Tabla 7 se resumen y describen históricos de eventos perturbadores en el municipio del 2006 al 2023.

Tabla 8. Eventos perturbadores y declaratorias de desastres que se han presentado en Santa María Zacatepec, Putla, Oax., en el período 2006-2023

Fecha/año período	Evento	Características/fuente
1° de enero a 27 de marzo de 2006	Incendio Forestal	Los 78 eventos registrados en el estado destruyeron cerca de 4,495 ha, 1,764 de pasto, 1,693 de vegetación, 378 de arbolado adulto y 660 ha de renuevo. En esas fechas solo dos incendios se reportaban activos, en Santa María Zacatepec y en San Miguel Chimalapas (PROCESO, 2006).
20 de marzo de 2012	Declaratoria de desastre por sismo	Declaratoria de desastre natural en 48 municipios de Oaxaca afectados por el sismo de 7.4 grados Richter, así como de las réplicas ocurridas hasta el día 30 de marzo de 2012. La miseria fue expuesta por ese desastre natural. Las casas de vara y lodo o de adobe y teja, su único patrimonio, fueron dañadas o derruidas (PROCESO, 2012).
15 al 17 de junio de 2012	Declaratoria de desastre por lluvias severas	Declaratoria de fecha 29/06/2012 por lluvias severas ocasionadas por el huracán, categoría II CARLOTTA, en 103 municipios del estado, el cual causó inundaciones, daños por fuertes vientos, deslizamientos de tierra y derrumbes. (Federacion, 2012), (ECONOMISTA, 2012), (EMBARGO, 2012).
2013	Incendios forestales	Se registraron 12 incendios forestales, afectando 1,214 ha, 647 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico; 243 ha de arbolado adulto y renuevos y 325 ha de arbustos. Anuario Estadístico Geográfico y Estadístico del estado de Oaxaca (INEGI G. E., 2014, 2015 y 2017).

Fecha/año período	Evento	Características/fuente
2014	Incendios forestales	Se registraron 14 incendios forestales, afectando 137 ha, 98 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico; 9 ha de arbolado adulto y renuevos y 30 ha de arbustos (INEGI G. E., 2014, 2015 y 2017).
2015	Incendios forestales	Se registraron 10 incendios forestales, afectando 79 ha, 52 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico y 27 ha de arbustos (INEGI G. E., 2014, 2015 y 2017).
2016	Incendios forestales	Se registraron 4 incendios forestales, afectando 145 ha, 51 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico; 31 ha de arbolado adulto y renuevos y 63 ha de arbustos (AEGEEO 2017).
7 de septiembre de 2017	Declaratoria de desastre por sismo	Ocurrencia de sismo magnitud 8.2 en 283 municipios de Oaxaca (DOF, 2017).
16 de febrero de 2018	Solicitud de declaratoria de desastre por sismo	Gestión de declaratoria de emergencia para 38 de los 44 municipios en que se registraron daños por sismo de magnitud 7.2. (Etcetera.com.mx, 2018), (Servicio Sismologico Nacional, 2018), (Noticias, nvinoticias.com, 2018).
19 de febrero de 2018	Sismo	Réplica del sismo del 17 de febrero del 2018, con magnitud de 6.0. Se reportó la muerte de 13 personas debido a la caída de un helicóptero militar en Jamiltepec (CNN, 2018).
28 de septiembre al 1° de octubre de 2019	Declaratoria de desastre por tormenta tropical	Desastre en 82 municipios de la entidad derivado de los efectos de la tormenta tropical “Narda”. (Contrareplica, 2019), (oaxaca.gob.mx, 2019), (Universal, 2019), (CONAGUA, 2019).
2 de febrero de 2021	Incendios forestales	16 incendios forestales en Oaxaca en 2021, que afectaron 900 hectáreas. Las rachas de viento de 90 kilómetros por hora favorecieron su expansión. Los incendios más grandes afectaron las comunidades de San Carlos Yautepec y Santa María Zacatepec (Quadratin/CONAFOR, 2021).
8 de julio de 2021	Desbordamiento de río	Por las lluvias intermitentes y el aumento del nivel del agua, el Río Blanco llegó a su máxima capacidad y en algunos puntos se desbordó, registrándose afectaciones al puente de dicho Río (Quadratin, 2021), (Youtube, 2021).
30 de agosto de 2022	Lluvias intensas	Derrumbes y afectaciones en cultivos dejaron las lluvias intensas. Diversos tramos carreteros también sufrieron daños, como fue el caso del tramo el Coyulito-Aquiles Serdán (UNIVERSAL, 2022), (Noticias, 2022), (www.oaxaca.gob.mx, 2022).
11 de septiembre de 2022	Lluvias intensas	Lluvias de intensidad variable en la Sierra Sur, Costa, Istmo, Sierra Norte y Cuenca del Papaloapan con nubes bajas y áreas de niebla en zonas montañosas. Reportaron derrumbes en el tramo carretero de Santa María Zacatepec. En la línea de costa aumentará ligeramente el oleaje y el mar se tornará picado (https://www.facebook.com/zacatepec.oax/, s.f.).

Fecha/año período	Evento	Características/fuente
2022	Incendios forestales	Un aproximado de 10 incendios se presentaron en 2022, que fueron atendidos por la Dirección de Protección Civil. Comúnmente son provocados por las altas temperaturas y por la pérdida de control de las quemas que realizan los agricultores para sembrar (Plan de Desarrollo Municipal Sta. María Zacatepec, Oaxaca, 2022-2024).
22 y 23 de agosto de 2023	Lluvias intensas	Fuertes lluvias, con rachas de viento y actividad eléctrica en San Pedro Amuzgos, Santa Cruz Itundujia y Santa María Zacatepec (UNIVERSAL, 2023).

Con la elaboración del **AR** como instrumento de planeación, se potenciará el ordenamiento del territorio, generando centros de población sustentables y distribución espacial de zonas de riesgo bien delimitada, cumpliendo con el objetivo de mitigar estos eventos naturales cuando se presentan.

I.4 Objetivos

I.4.1 Objetivo general

Que las autoridades y la población del municipio cuenten con un estudio documental y de campo que permita la **caracterización del nivel de riesgo, así como la vulnerabilidad física y social ante la exposición a uno o varios agentes perturbadores de tipo geológico, hidrometeorológico y/o antropogénico** que pueden afectar a la población, sus bienes y el entorno del municipio; de manera que sirva de base a tomadores de decisiones, tanto para la **definición de obras y acciones de prevención y mitigación,** como para la reducción de vulnerabilidades, la preparación y atención de emergencias y que se logre reducir la pérdida de vidas y las afectaciones a los de medios de vida ante el embate de fenómenos perturbadores.

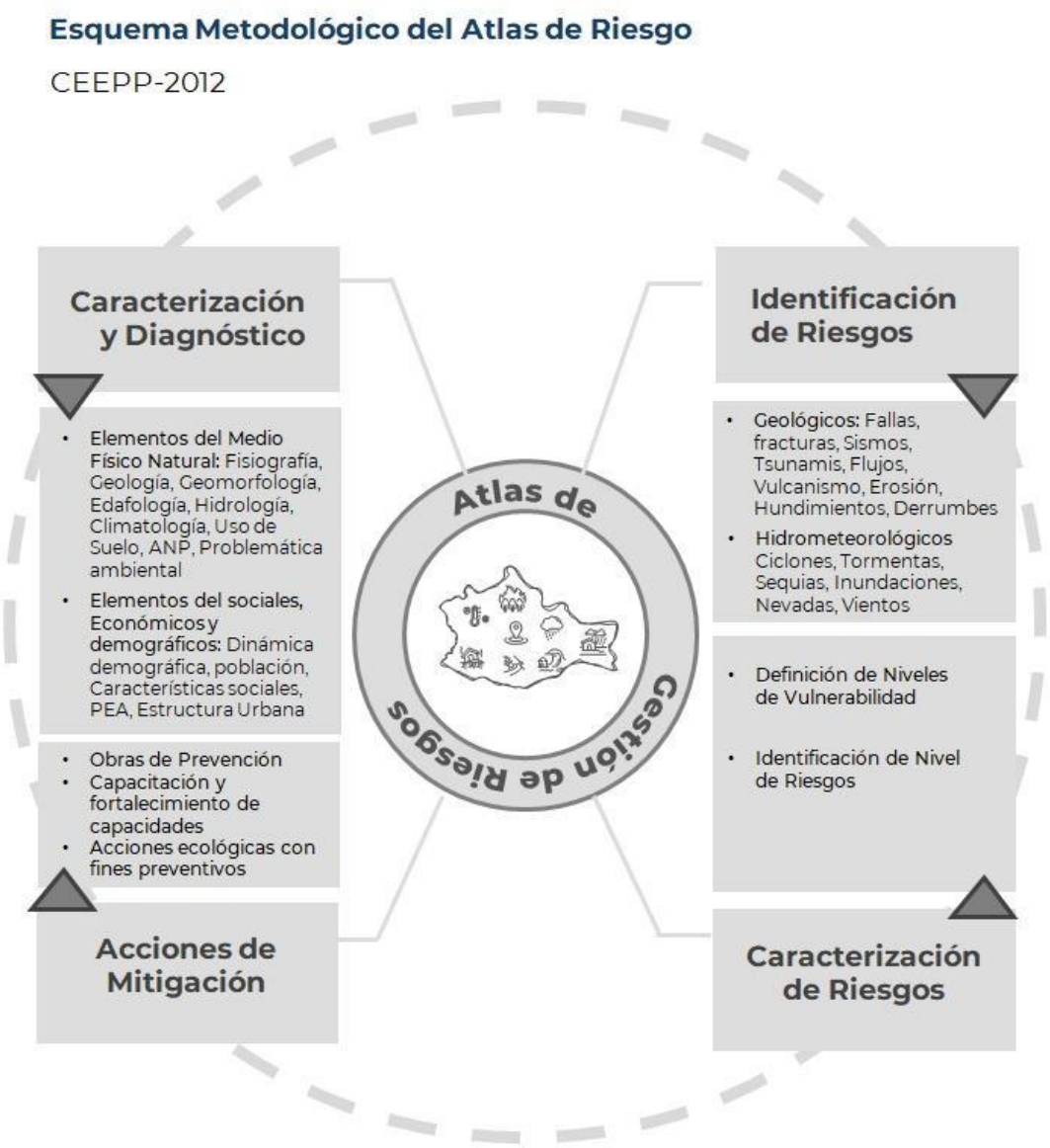
I.4.2 Objetivos particulares

- Contar con un **documento cartográfico** y escrito que representa y zonifica cada uno de los fenómenos naturales y antropogénicos perturbadores de manera clara y precisa, así como las bases de datos homologadas para cada uno de los fenómenos perturbadores presentes en el municipio.
- Contar con un **sistema de información geográfica** que permita la actualización, consulta y generación de información tabular y gráfica de los diferentes riesgos, niveles de vulnerabilidad y zonas de afectación.
- Generar los **procedimientos** para la integración, homologación y estandarización de la información de los peligros de tipo geológico, hidrometeorológico y antropogénicos que permitan la definición de zonas y situaciones de riesgo.
- Proporcionar un **sustento metodológico** para fundamentar líneas de acción y estrategias de adaptación y mitigación de riesgos, que contribuyan a reducir el uso de esquemas tradicionales basados en acciones reactivas ante una situación de desastre.

I.5 Metodología General

Las bases teóricas y procedimentales para la elaboración del Atlas de Riesgos del municipio se derivan de lo establecido en la “Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (SEGOB, CENAPRED, 2016)”, y la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica (SSPC, CENAPRED, 2021)”.

Imagen 2. Esquema Metodológico del Atlas de Riesgo



Su realización se divide en cinco etapas, donde participó un equipo de técnicos especialistas y analistas de diversas disciplinas, quienes han tenido a su cargo la realización del proyecto de acuerdo con lo siguiente:

- Un equipo especialista para la búsqueda, procesamiento y sistematización de la información estadística y cartográfica de fuentes oficiales.
- Un equipo de especialistas en metodología y elaboración de instrumentos para el levantamiento de información y trabajo de campo.
- Un equipo de especialistas y analistas de información que integró la información de fuentes oficiales y la generada en campo.

- Un equipo de técnicos que forma parte del personal del ayuntamiento y que participó en el levantamiento de la información de fuentes primarias dentro del área de estudio.

Primera etapa

Se procedió a realizar una recopilación e investigación documental de datos de las principales instituciones nacionales de información del territorio, tales como INEGI, CENAPRED, CONAPO, CONAGUA, SEGOB, SAGARPA, CONABIO, entre otros; así como organismos equivalentes estatales y municipales, particularmente de las áreas de Protección Civil. Se llevó a cabo, además, la consulta de cartografía y de diferentes autores e instituciones oficiales, con el fin de analizar los factores del medio físico de la zona de estudio, como son: fisiografía, geomorfología, geología (litología y estructuras), hidrología, clima, suelos, uso actual y vegetación.

Posteriormente, los datos se procesaron en función de la guía y con base a los niveles aplicables de cada caso. Se elaboraron las tablas gráficas y mapas, tanto de la caracterización de los elementos del medio, como de la caracterización sociodemográfica y económica. Después se identificaron los peligros predominantes, así como las áreas de incidencia de cada fenómeno, tanto geológicos, como hidrometereológicos y antropogénicos, se definieron las áreas de vulnerabilidad física y social, y el grado de riesgo predominante.

Segunda etapa

Se llevó a cabo una serie de acciones encaminadas al reconocimiento general del medio donde se ubica el área de estudio, con el fin de identificar las amenazas ocasionadas por fenómenos de tipo natural existentes en la región. Para esto se realizaron las siguientes actividades:

- Identificación y consulta documental de fuentes del municipio, como hemerotecas, diversos archivos histórico y archivos del Ayuntamiento.
- Consulta a pobladores y cronistas, a fin de conocer los eventos naturales que han tenido relevancia e impacto en la localidad, así como su frecuencia, impacto ocasionado y reacción de las autoridades y de la población en general.
- Entrevistas a las autoridades locales de diversos sectores con el fin de identificar la capacidad de respuesta institucional ante cada uno de los eventos naturales que pudieran representar una amenaza, además de determinar si cuentan con planes y/o protocolos de actuación para enfrentarlos cuando se presenten.
- Recorridos para el levantamiento de información del territorio municipal, tanto para verificar el estado de la infraestructura física, como para identificar información adicional respecto de las zonas de riesgo por fenómenos naturales y antropogénicos, y para detectar la presencia de agentes contaminantes que pudieran representar una amenaza para la población. Se revisó el tipo de construcción, características y condiciones estructurales de las viviendas en

riesgo. Se estimaron las tendencias de crecimiento y densificación de los asentamientos humanos y en particular aquellos ubicados en zonas de riesgo.

Taller con autoridades, el área de Protección Civil y actores clave de la comunidad, para reflexionar respecto grado de conocimiento y percepción de los riesgos. Se recuperó información relacionada con las amenazas, vulnerabilidad, capacidad de reacción y posibles acciones a emprender, tanto por las autoridades como por la población, para gestionar el riesgo ante los diferentes fenómenos perturbadores que se han presentado o podrían presentarse. Se estimaron las fortalezas y las debilidades con relación al grado de organización y preparación de la comunidad para hacer frente a contingencias. De igual forma se registró información relacionada con el grado de desarrollo institucional de la función que desempeña el área de protección civil en el municipio con relación al personal, equipamiento y recursos presupuestales.

Tercera etapa

Con base a la identificación de peligros y/o vulnerabilidad, se desarrolló su zonificación por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para generar cartografía digital y mapas, en la que se determinaron las Zonas de Riesgo (ZR), ante los diferentes tipos de fenómenos. El análisis para delimitar las ZR, toma como referencia los mapas de peligros, susceptibilidad y/o vulnerabilidad y muestra una interpretación gráfica de los resultados respecto de los riesgos para cada fenómeno, procurando además, hacer vinculaciones entre fenómenos perturbadores cuando estos se sobrepongan.

Cuarta etapa

Una vez obtenida dicha cartografía, se realizó un análisis completo de riesgos, señalando qué zonas son las más propensas a sufrir procesos destructivos, cuantificando población, áreas, infraestructura, equipamiento con probable afectación y se llevó a cabo un taller en el municipio, en el que se propuso qué obras o acciones se proponen para prevenir o mitigar el riesgo.

Los mapas finales representan el grado o nivel de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante cada uno de los fenómenos naturales. Los mapas se presentan en un anexo aparte, en el orden asignado por la Guía; en caso de no existir algún fenómeno, este no se desarrolló, asentando en el documento las razones por las cuales dicho mapa no se realizó.

Las propuestas de acciones y obras están enfocadas a la reducción y mitigación de riesgos; están basadas en la detección y localización de zonas de riesgo o peligro y están ubicadas en la cartografía entregada.

Quinta Etapa

Compilación y análisis del contenido de la documentación disponible en la identificación de riesgos en asentamientos, colonias, barrios y fraccionamientos, describiendo el contenido del marco legal y programático aplicable a desastres.

I.6 Marco Legal

I.6.1 Ámbito Internacional

La **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible** (ONU; CEPAL, 2016), establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental. El conocimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), asociados a esta Agenda, ayuda a analizar y formular los medios para alcanzar esta nueva visión del desarrollo sostenible.

Los que están directamente relacionados con el Atlas de Riegos son 3:

El objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades y su meta 3.d: Reforzar la capacidad de todos los países, en particular los países en desarrollo, en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial.

El objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; y su meta 11.b: Aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles;

El objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, con su meta 13.1: Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.

El **Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030** (ONU, 2015), reconoce que es en el Estado en quien recae la función principal de reducir el riesgo de desastres y determina la responsabilidad compartida con gobiernos locales, sector privado y otros grupos. Este marco establece cuatro prioridades:

1) Comprender el riesgo de desastres.
2) Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionarlo.
3) Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.
4) Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

I.6.2 Leyes Federales

La **Ley General de Protección Civil** (LGPC, 2023), estipula que la Coordinación Ejecutiva del Sistema Nacional recaerá en la Secretaría de Gobernación del Gobierno Federal y le otorga las atribuciones para "*supervisar, a través del CENAPRED, que se realice y se mantengan actualizados, tanto el Atlas Nacional, como los correspondientes a las entidades federativas, municipios y delegaciones*". En la misma fracción se determina que, *"el Atlas se integra con bases de datos, sistemas de información geográfica y herramientas para el análisis y la simulación de escenarios, así como la estimación de pérdidas por desastres"*[1]. Así mismo, se afirma que, por la naturaleza dinámica de los riesgos, se deberán mantener como un instrumento de actualización permanente. Los Atlas de Riesgo constituyen el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo.

La **Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano** (LGAHOTyDU, 2021), menciona que les corresponde a los municipios: "*Regular, controlar y vigilar las Reservas, Usos del Suelo y Destinos de áreas y predios, así como las zonas de alto riesgo en los Centros de Población que se encuentren dentro del municipio*"[2].

La **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente** (LGEEPA, 2024,) menciona que *"Las autoridades de la Federación, las entidades federativas, los* ***Municipios*** *y las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, en la esfera de su competencia,* ***deberán evitar los asentamientos humanos en zonas donde las poblaciones se expongan al riesgo de desastres*** *por impactos adversos del cambio climático"*[3].

La **Ley General de Cambio Climático** (LGCC, 2023), determina que las dependencias y entidades de la administración pública federal centralizada y paraestatal, las entidades federativas y **los municipios**, en el ámbito de sus competencias, implementarán acciones para la adaptación conforme a lo que dicta su fracción I, que menciona que deberán *"****Elaborar y publicar los atlas de riesgo*** *que consideren los escenarios de vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático,* ***tomando en consideración la información del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático****, atendiendo de manera preferencial a la población más vulnerable y a las zonas de mayor riesgo, así como a las islas, zonas costeras y deltas de ríos*"[4].

[1] LGPC, Artículo 29, fracción XXII.
[2] LGAHOTyDU, Capítulo Cuarto. Atribuciones del Municipio, Artículo 11, fracción II
[3] LGEEPA. Sección IV: Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos, Artículo 23, Fracción X
[4] LGCC. Artículo 30, fracción I.

I.6.3 Leyes Estatales

Ley Orgánica Municipal para el Estado de Oaxaca (LOMEO, 2021), menciona que, entre las atribuciones del Ayuntamiento, le corresponde constituir el **Concejo de Protección Civil Municipal** y llevar a cabo las medidas y acciones que promuevan los sistemas nacional y estatal de protección civil para garantizar la seguridad de la población en caso de emergencias o de siniestros; promoviendo la elaboración del Atlas de Riesgos Municipal a fin de ubicar las situaciones de riesgo en su jurisdicción[5]. En su capítulo VII, que habla de la Seguridad Pública y Protección Civil Municipales, determina que "en *cada Municipio se establecerá un Sistema de Protección Civil. El Sistema Municipal de Protección Civil es un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos, que establecerán las dependencias y entidades de cada municipio entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales y privados y con las autoridades federales y estatales. El Sistema Municipal de Protección Civil, tendrá como objetivos los que establece la Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos de Desastres para el Estado de Oaxaca"*[6]. Y define que "*en cada municipio se integrará un Consejo Municipal, que será un órgano de consulta y planeación basado en la coordinación de acciones de los sectores público, social y privado, con el objeto de sentar las bases para prevenir los problemas que puedan ser causados por agentes perturbadores; proteger y auxiliar a la población ante la ocurrencia de situaciones de emergencia o desastre, y dictar las medidas necesarias para el restablecimiento de la normalidad en su territorio. Asimismo, cada Municipio contará con una Unidad de Protección Civil*".

La Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos de Desastres para el Estado de Oaxaca (LPCGIRDEO, 2020), en su artículo 44, establece que la coordinación del Sistema Municipal recaerá en la persona titular de la presidencia municipal y en su fracción IV menciona que entre sus atribuciones le compete: "*investigar, estudiar y evaluar riesgos y daños provenientes de elementos, fenómenos perturbadores naturales o humanos que puedan dar lugar a desastres; integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos en coordinación con las dependencias responsables* ***para la elaboración del Atlas Municipal de Riesgos***[7]". En su artículo 47 define las atribuciones de los Consejos Municipales y en su fracción IV, menciona que le compete "*elaborar y aprobar el Atlas Municipal de Riesgos, en un plazo máximo de tres meses, de haber iniciado el periodo municipal constitucional, y actualizarlos anualmente en términos del Reglamento de la presente ley*[8]".

---

[5] Fracción reformada mediante Decreto Núm. 1664, aprobado por la LXIV Legislatura el 2 de septiembre del 2020 y publicado en el Periódico Oficial 40 Sexta Sección del 3 de octubre del 2020.

[6] Artículo 160 reformado mediante Decreto Núm. 1639, aprobado por la LXIV Legislatura el 26 de agosto del 2020 y publicado en el Periódico Oficial 39 Séptima Sección del 26 de septiembre del 2020.

[7] LPCGIRDEO. Artículo 44

[8] LPCGIRDEO. Artículo 47 Fracción IV

La **Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Oaxaca** (LOTDUEO, 25), menciona que en materia de Ordenamiento Territorial y de Desarrollo Urbano, los municipios del Estado tendrán como parte de sus facultades y obligaciones "*Proponer y solicitar al Poder Ejecutivo para su autorización, la Fundación* ***de centros de población*** *dentro de los límites de su jurisdicción, cuandosea necesario y,* ***en casos extraordinarios de desastres naturales y/o antropogénicos, la reubicación*** *previo dictámenes correspondientes*"[9].

El **Plan Estatal de Desarrollo 2022-2028** (PEDEO 2022-2028, 2022), del Estado de Oaxaca incluye un apartado sobre protección civil, que se encuentra en el eje 1, "Estado de Bienestar para todas y todos los oaxaqueños", en el que se reconoce que Oaxaca es un estado vulnerable a los desastres naturales, como los terremotos, los huracanes y las inundaciones. Entre sus objetivos menciona el de *salvaguardar a las personas, bienes y su entorno ante la presencia de fenómenos perturbadores de origen natural o humano;* establece entre sus estrategias, algunas encaminadas a **reducir el riesgo de desastres**, como lo son: *fortalecer el marco legal y operación institucional relacionada con la gestión integral de riesgos y protección civil para desarrollar un sistema de alerta temprana eficiente, impulsar políticas de información y cultura de prevención y protección civil e implementar acciones de prevención y mitigación de riesgos, fortalecer la capacidad de respuesta a emergencias*. Determina las siguientes líneas de acción: g*enerar protocolos de prevención, reacción, atención y recuperación, capacitar a los municipios en materia de protección civil y gestión integral de riesgos, asesorar a los municipios para la elaboración de los planes de contingencias.* Así mismo, menciona específicamente las siguientes acciones a realizar: *adoptar medidas para reducir la vulnerabilidad de las viviendas y las infraestructuras públicas, promover la participación ciudadana en la cultura de la prevención y elaborar un plan de contingencia para cada tipo de desastre*.

I.6.4 Normas Municipales

El municipio de Santa María Zacatepec se rige principalmente por el sistema de usos y costumbres, lo que ha limitado establecer reglamentos internos en distintas áreas del gobierno municipal, sobre todo en materia de ordenamiento territorial y desarrollo urbano.

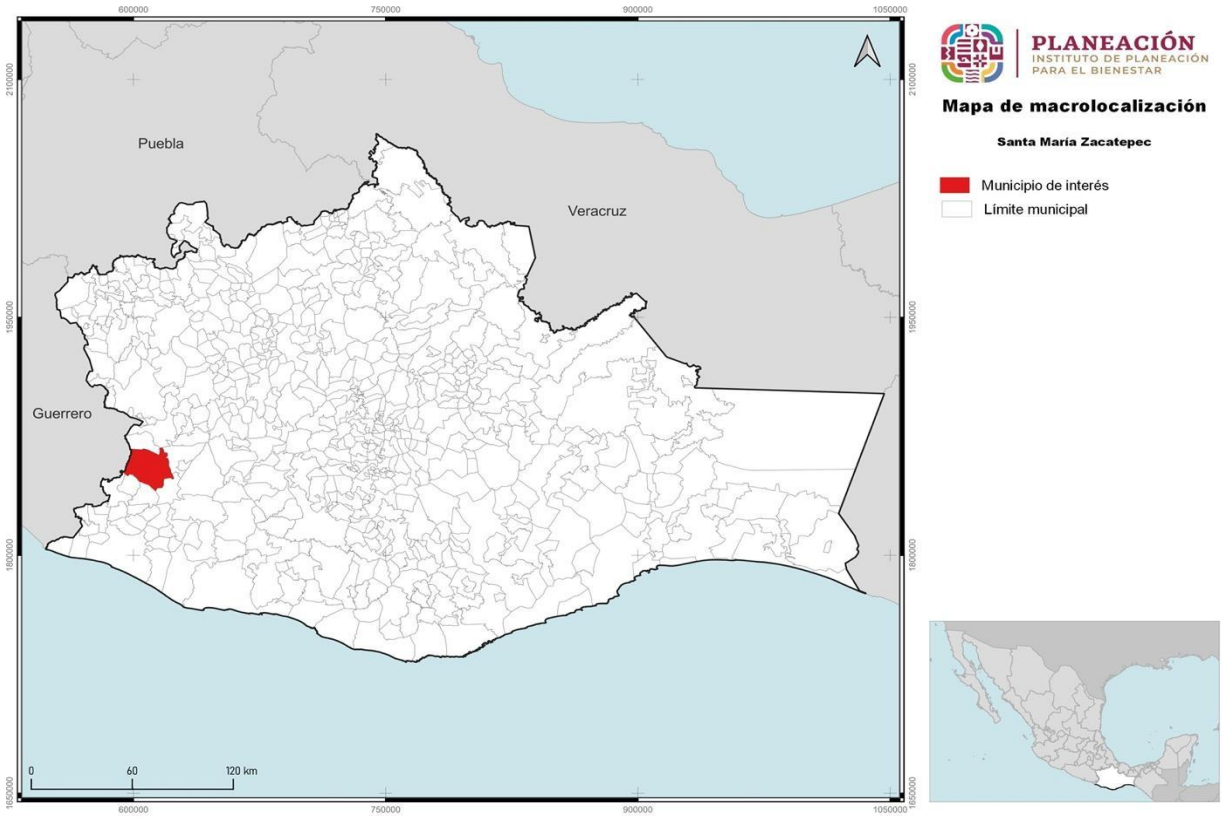
[9] LOTDUEO. Capítulo Segundo, De las Autoridades, Sección III. De los municipios, artículo 8, fracción X

Capítulo II. Determinación de la zona de estudio

II.1 Ubicación y Colindancias

Santa María Zacatepec se localiza en la parte suroeste del Estado de Oaxaca, en la región Sierra Sur, en el extremo este de la región Mixteca, en el distrito de Putla, entre los paralelos 16°38’ y 16°54’ de latitud norte; los meridianos 97°50’ y 98°09’ de longitud oeste; altitud entre 100 y 1 700 m.

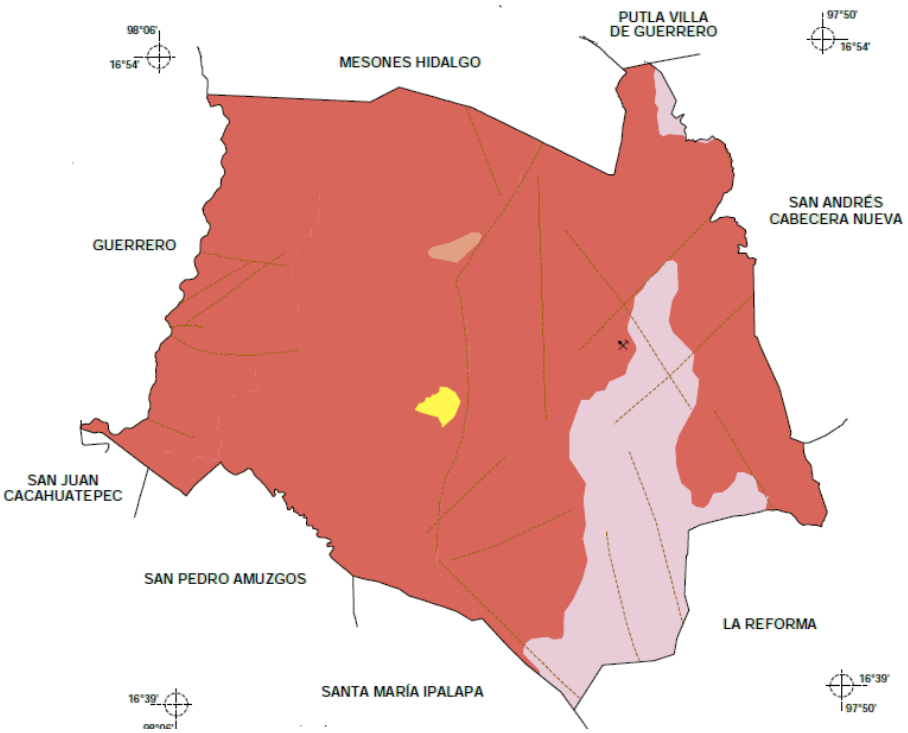
Mapa 1. Macrolocalización del municipio de Santa María Zacatepec en el estado de Oaxaca



Fuente. Centro Geo, 2024.

Como se muestra en el mapa siguiente, Santa María Zacatepec colinda al norte con los municipios de Mesones Hidalgo y Putla Villa de Guerrero; al este con los municipios de San Andrés Cabecera Nueva y La Reforma; al sur con los municipios de La Reforma, Santa María Ipalapa y San Pedro Amuzgos; al oeste con los municipios de San Pedro Amuzgos, San Juan Cacahuatepec y el estado de Guerrero.

Mapa 2. Colindancias del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: (INEGI, Compendio de informaciòn geografica municipal, 2020)

II.2 Superficie, localidades y población

El municipio cuenta con 32 localidades y dos barrios con una superficie total de 500.6 kilómetros cuadrados, que representa el 0.5% de la superficie estatal.

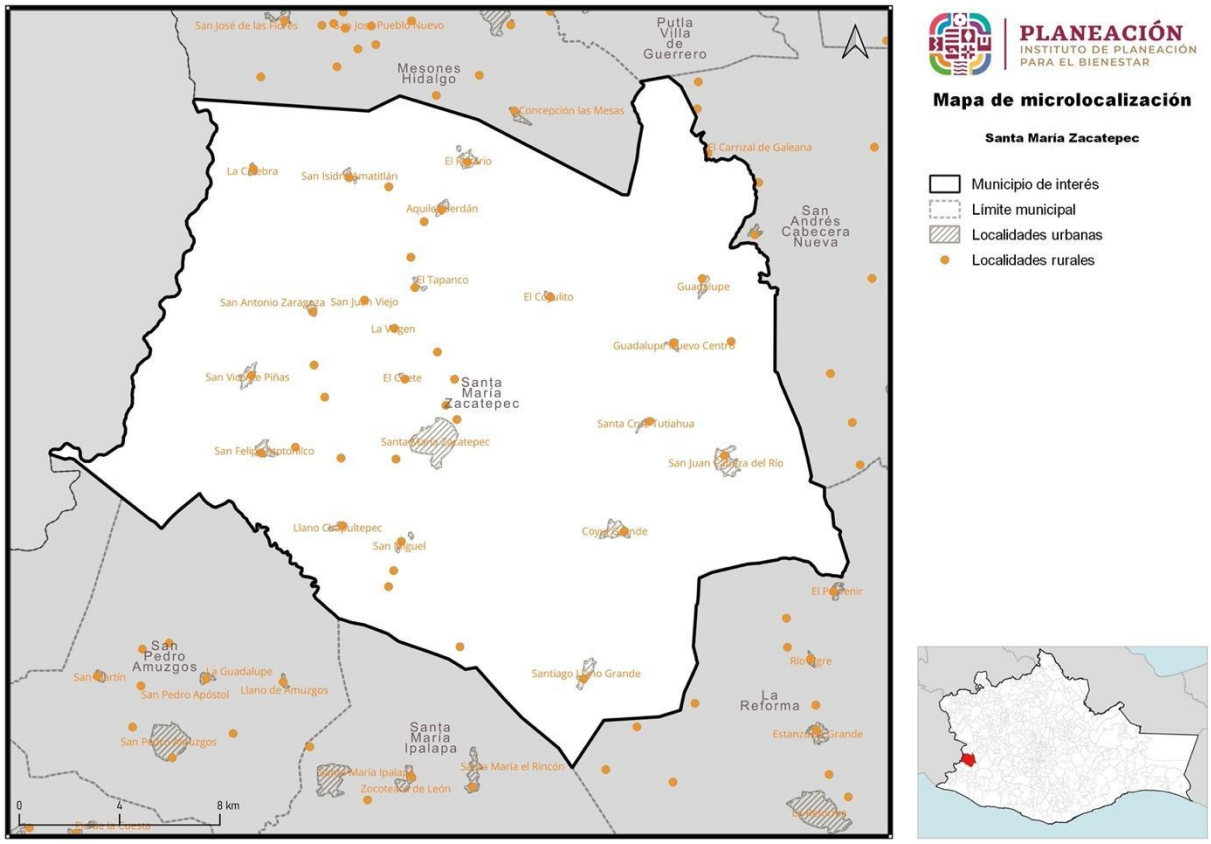
Tabla 9. Localidades del municipio de Santa María Zacatepec

Nombre Localidad
Santa María Zacatepec
Aquiles Serdán
San Felipe Atotonilco
San Juan Cabeza del Río
Coyul Grande
La Culebra
Guadalupe
Santiago Llano Grande
San Marcos Nejapa
Las Palmas
San Antonio Zaragoza
San Isidro Amatitlán

Nombre Localidad
San Juan Viejo
San Miguel
San Vicente Piñas
El Tapanco
Tres Arroyos
Llano Chapultepec
El Cuete
Rancho San Pedro
Loma del Carnero
Santa Cruz Tutiahua
El Coyulito
Guadalupe Nuevo Centro
El Rosario
Santa Cruz de Rufino Tamayo
El Cangrejo
Llano de la Viuda
La Virgen
Atotonilco
Tierra Colorada
El Naranjo
Limón Santa Ana [Barrio]
Santa Cecilia [Barrio]

Fuente: CentroGeo, 2024.

Mapa 3. Localización de zonas urbanas y rurales del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente. Centro Geo, 2024.

En el año 2020, el total de la población fue de 17,100 personas, que equivalen al 0.4% del estado. La densidad de población por kilómetro cuadrado es de 34.2 habitantes, frente a la del estado de Oaxaca que es de 44.1 habitantes por kilómetro cuadrado.

La clave del INEGI asignada para identificar al municipio de Santa María Zacatepec es 20447.

Los límites municipales fueron obtenidos del Marco Geoestadístico 2019 del INEGI, se utilizan para fines geoestadísticos y pueden no coincidir con los límites político-administrativos oficiales.

II.3 Mapa Base (Topográfico)

Los mapas base sirven como mapa de referencia en el que se superponen datos de capas y visualiza información geográfica. Un mapa base individual puede estar

compuesto de varias capas de entidades, ráster o web, por lo que los mapas base constituyen la base de sus mapas y proporcionan contexto para el análisis.

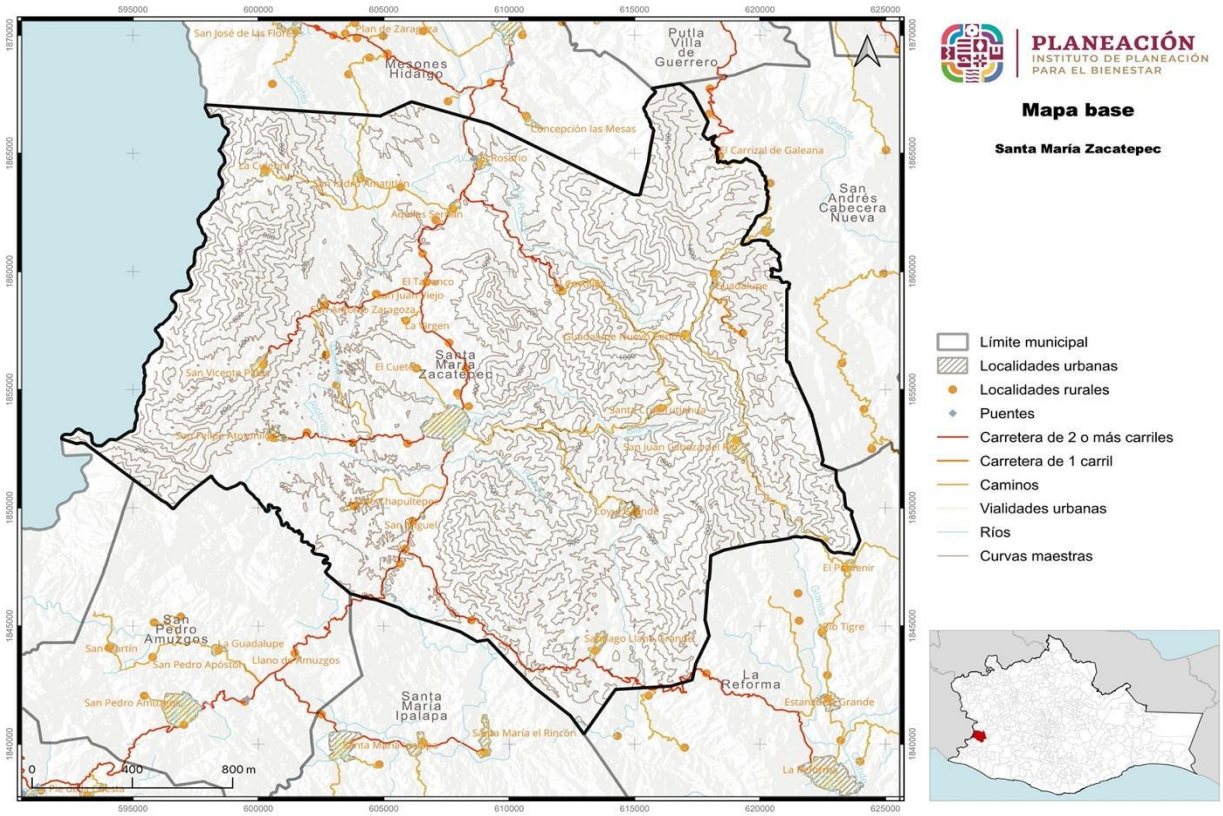
El **Mapa Base**, como todos los demás, tiene el datum del esferoide del planeta conocido como WGS84 (por sus siglas en inglés: World Geodetic System 84), y la proyección en UTM14 norte (sistema Universal Transversal de Mercator).

Los objetos geográficos del mapa base son:

- Límite político-administrativo estatal. La fuente es el marco geoestadístico del 2020, la escala original es de 1:250,000 y la representación es por medio de polígonos.
- Límite político-administrativo municipal. La fuente es el marco geoestadístico del 2020, la escala original es de 1:250,000 y la representación es por medio de polígonos.
- Localidades urbanas y rurales amanzanadas. La fuente es el marco geoestadístico del 2020, la escala original es de 1:250,000 y la representación es por medio de polígonos.
- Localidades rurales. La fuente también es el marco geoestadístico del 2020, escala 1:250,000 y la representación es puntual.
- La red de carreteras proviene del Instituto Mexicano del Transporte 2023. Están organizadas en Carreteras de 1 carril, de 2 o más carriles y caminos es de representación lineal.
- Los puentes provienen de la cartografía del Instituto Mexicano del Trasporte 2023 (representación puntual).
- Los ríos provienen de la fuente del Sistema Nacional de Información del Agua de CONAGUA (SINA v. 3.0), escala 1:250,000, la representación es lineal.
- Los cuerpos de agua. La fuente es el Sistema Nacional de Información del Agua de CONAGUA (SINA, v. 3.0), escala 1:250,000, la representación es lineal es por medio de polígonos.
- Las líneas de conducción fueron tomadas de GeoComunes a partir de la información de la CFE para el año 2010, representación lineal.

La presente descripción aplica a todos los municipios de Oaxaca. Puede suceder que en algunos municipios no aparezca algún objeto geográfico, debido a que el mismo no existe en dicho municipio.

Mapa 4. Mapa base del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente. Centro Geo, 2024.

II. 4 Modelo Digital de Elevación

Un **Modelo Digital de Elevación** (MDE), es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo ráster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados. En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, las cuales varían dependiendo del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR, se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos).

El Modelo Digital de Elevación utilizado como fuente es el continuo de imágenes ráster disponible en INEGI, con una resolución espacial de 15 metros. En el mapa se utiliza para generar un sombreado para representar la topografía.

Con base en lo anterior, las curvas de nivel se calcularon a partir del Modelo Digital de Elevación y se despliegan cada 100 metros, aunque la capa original la conforman cada 40 metros de separación y la representación es lineal.

Capítulo III. Caracterización de los elementos del medio natural

En este apartado encontrarás información del estudio y la descripción de las características físicas del municipio, incluyendo su relieve, formaciones geológicas, cuerpos de agua, suelos, y otros aspectos relacionados con la superficie terrestre. Se describe la estructura y la dinámica de la superficie terrestre, así como los procesos naturales que la moldean, como la erosión, la tectónica de placas, la sedimentación, entre otros.

III.1 Fisiografía

III.1.1 Provincia fisiográfica

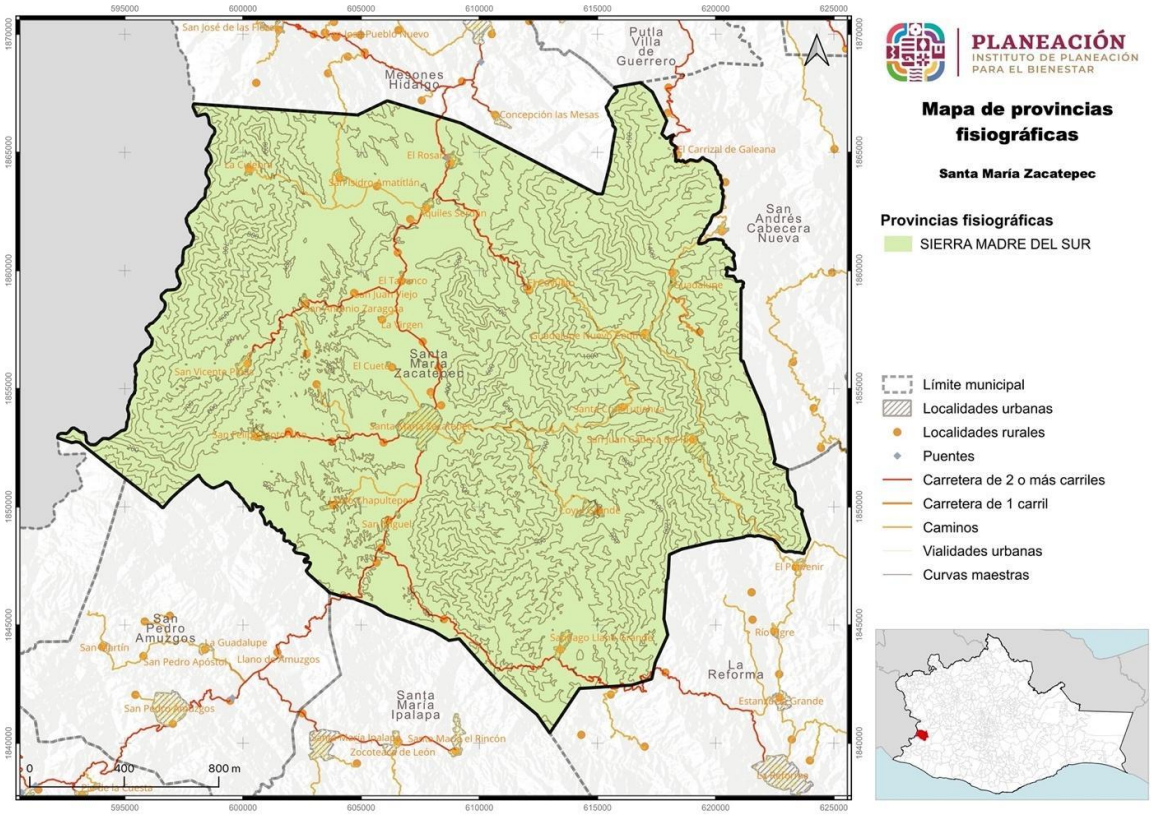
Tabla 10. Provincia fisiográfica donde se ubica el municipio de Santa María Zacatepec

Entidad	Nombre	Área (km²)	Área (ha)
Provincia	Sierra Madre del Sur	500.6	50057.11

Fuente: CentroGeo, 2024

El territorio de Santa María Zacatepec, compuesto por 500.6 Km^2, se localiza en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, formada por elevaciones medias y bajas, donde los procesos geomorfológicos de erosión y desgaste de la superficie terrestre por el agua y viento, han ocasionado la reducción de las elevaciones y del relieve de las formas terrestres y de los paisajes, modelando terrazas estructurales y niveles premontañosos ya diseccionados por la red fluvial.

Mapa 5. Provincia fisiográfica donde se ubica el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

III.1.1.1. Subprovincia fisiográfica

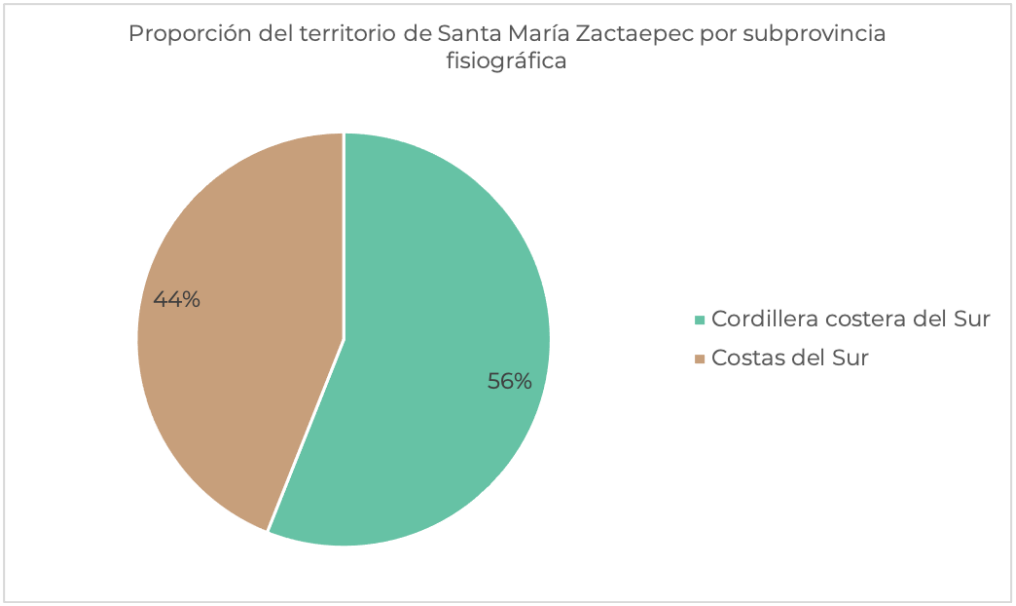
Tabla 11. Cobertura de cada subprovincia fisiográfica del municipio de Santa María Zacatepec

Entidad	Nombre	Área de cobertura en el municipio (ha)	Área total del municipio (ha)
Subprovincia	Cordillera costera del Sur	28,044.2	50,057.1
Subprovincia	Costas del Sur	22,012.9	50,057.1

Fuente: CentroGeo, 2024

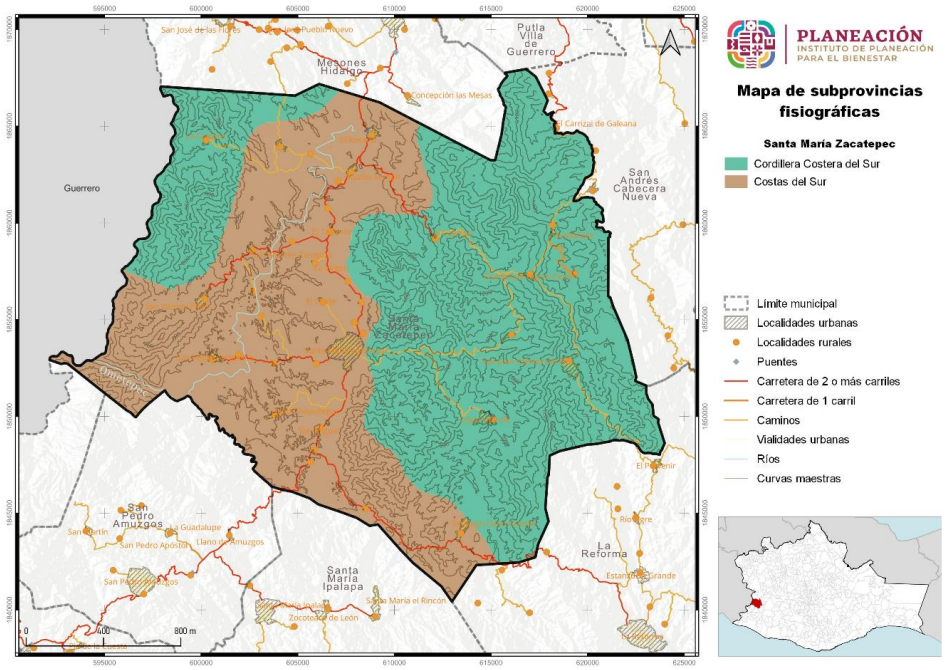
La geomorfología de Santa María Zacatepec se distingue por el escalamiento del relieve debido a la influencia neotectónica, ascendiendo por saltos hacia el interior del continente, que forman dentro del territorio municipal un primer grupo de montañas al Este y en una fracción en su parte más noroeste. Estas constituyen la subprovincia "Cordillera Costera del Sur", con una superficie de 280.4 km^2 que contribuye al 56% del territorio municipal, así como un segundo grupo en una franja que viene desde el norte hacia el sureste y suroste, que forman la subprovincia "Costas del Sur", abarcando 220.1 km^2 (44% del territorio del municipio).

Gráfica 1. Proporción del territorio de Santa María Zacatepec por subprovincia fisiográfica



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 6. Subprovincias fisiográficas donde se ubica el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente. Centro Geo, 2024.

III.2 Geomorfología

Los estudios regionales reportan que el territorio de Santa María Zacatepec está dominado por un relieve de tipo montañoso debido a los procesos tectónicos a los que se encuentra sujeta. Sin embargo, a nivel local, el relieve manifiesta heterogeneidad, ya que contempla cuatro unidades morfológicas, en donde la sierra alta compleja y los lomeríos con cañadas ocupan los primeros lugares en cuanto a superficie, seguidos por valles ramificados con lomeríos y una pequeña área con sierra baja compleja.

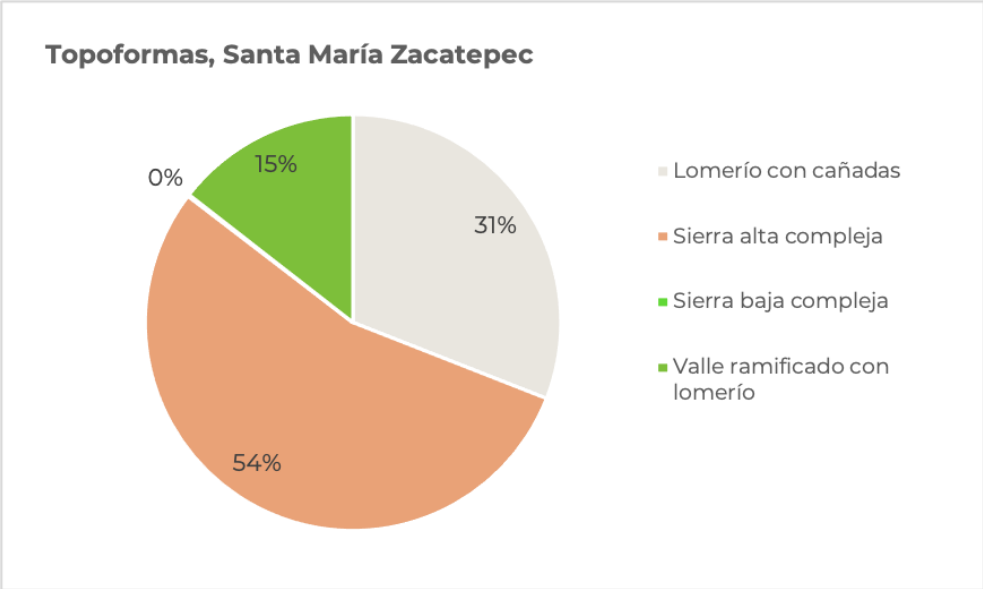
Tabla 12. Sistema de topoformas presente en el municipio de Santa María Zacatepec

Nombre	Descripción	Área (km²)	Área (ha)
Lomerío	Lomerío con cañadas	155	15,492
Sierra	Sierra alta compleja	272.5	27,252.7
Sierra	Sierra baja compleja	0.7	68.5
Valle	Valle ramificado con lomerío	72.4	7,243.9

El primer grupo de sierras se caracteriza por presentar rangos superiores a los 1,500 m.s.n.m., así como una disección vertical del relieve mediana (250 – 500 m/Km^2), acompañada de pendientes muy fuertes (mayor a 20°), que abarcan una superficie de 272.5 km^2.

Por lo que respecta a los lomeríos con cañadas, estos se ubican en las estribaciones de los dos grupos de sierras, formando dos bloques que integran una superficie de 154.9 km^2; uno se localiza en la parte centro-poniente del territorio municipal y otro parte desde el centro del territorio, llegando hasta el sur del municipio, en sus límites con Santa María Ipalapa y el suroeste de La Reforma. Este tipo de relieve tiene la peculiaridad de manifestar elevaciones menores a los 400 metros de altitud, con una fuerte disección vertical (80-100 m/km^2), sobre pendientes de moderada a fuertemente inclinadas (entre 15° y 20°). Ante estas condiciones morfométricas, se debe señalar que el territorio de Santa María Zacatepec presenta un alto potencial erosivo (Ordenamiento Territorial Comunitario Informe Final, Bienes Comunales de Sta. María Zacatepec, 2014-2015).

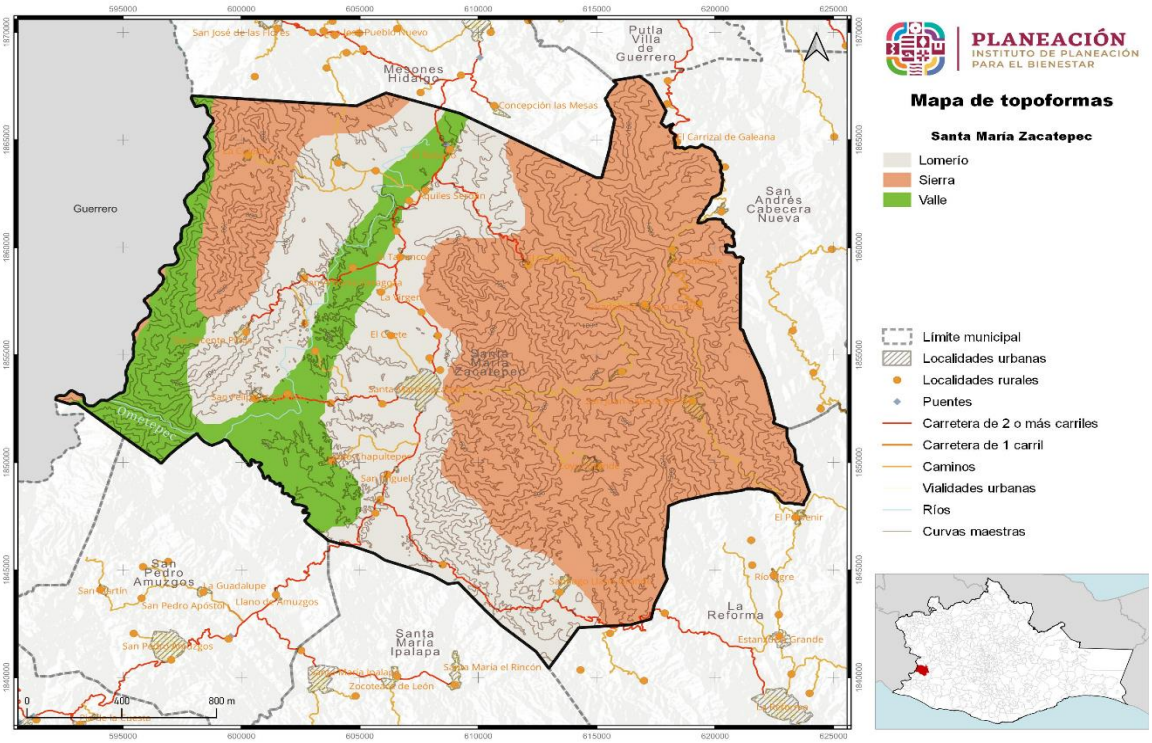
Gráfica 2. Distribución del territorio de Santa María Zacatepec según las topoformas



Fuente: CentroGeo, 2024

Los valles ramificados se ubican en la franja central y oeste del municipio, partiendo del centro de su límite norte hacia el sureste, por un lado, con 7.9 km^2 y hacia el suroeste por el otro, con 64.5 km^2.

Mapa 7. Sistema de topoformas presente en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

Constituyen una planicie de tipo colinosa; con valores morfométricos más bajos a los de los otros sistemas de topoformas, ya que la disección vertical tiene una categoría denominada como ligera a medianamente diseccionada (48-80 m/km^2), con pendientes catalogadas entre ligera a medianamente inclinadas (1 a 15°).

El segundo sistema de sierras, identificada como sierra baja compleja, se caracteriza por tener un menor gradiente altitudinal, menor a los 900 m, aunque mantiene los mismos valores en la disección vertical y pendiente que el primer grupo de montañas y ocupa 0.7 km^2.

III.3 Geología

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (2000), el territorio de Santa María Zacatepec está conformado por tres tipos de rocas:

1) Granito – Granodiorita de la era Cenozoica y período oligoceno.
2) Arenisca - Lutita de la era Mesozoico jurásico medio.
3) Complejo metamórfico del mesozoico-cenozoico, entre el jurásico inferior y el oligoceno.

Tabla 13. Geología del municipio de Santa María Zacatepec

Era	Periodo geológico (inicio)	Periodo geológico (final)	Litología	Tipo de roca	Clave (SGM)	Área (km^2)
Cenozoico	Oligoceno	Oligoceno	Granodiorita	Intrusiva	ToGd	335.9
Mesozoico	Jurásico medio	Jurásico medio	Arenisca-Lutita	Sedimentaria	JmAr-Lu	96.3
Mesozoico-Cenozoico	Jurásico inferior	Oligoceno	Complejo metamórfico	Metamórfica	pE(?)TpgCM	68.4

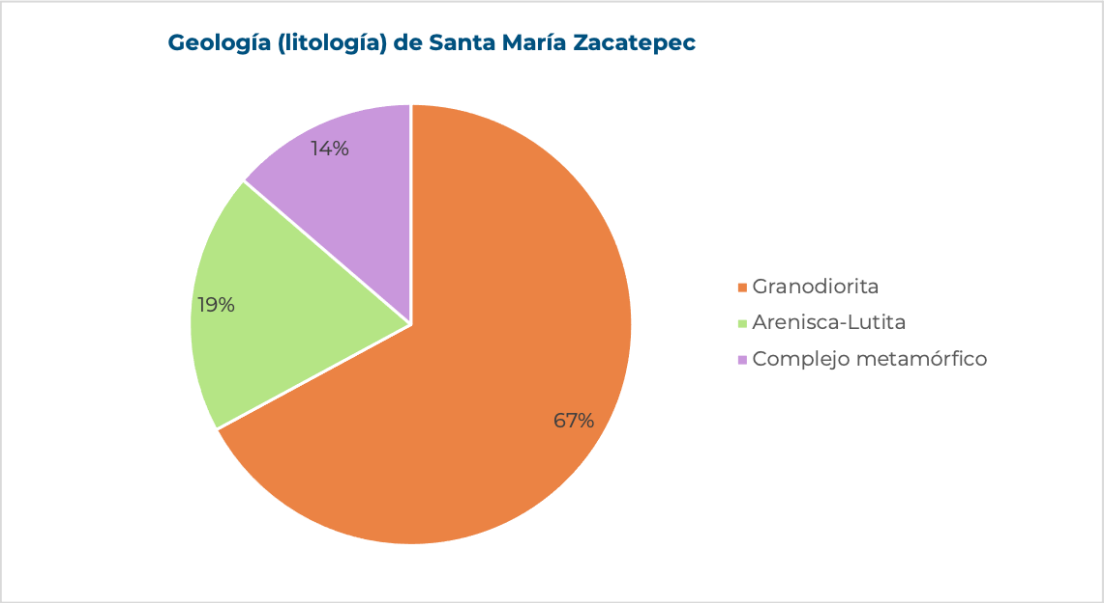
Fuente: CentroGeo, 2024.

En el Mapa 7 se puede ver que las rocas intrusivas ocupan la parte central, bajo una extensión territorial calculada en 335.9 km^2 del territorio municipal. Las rocas sedimentarias están presentes en los sistemas montañosos localizados en el extremo este del municipio, en un área de 96.3 km^2 y las rocas del complejo metamórfico se distribuyen sobre la cordillera de montañosa localizada en la parte oeste del territorio en una superficie estimada en 68.4 km^2.

Litología

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (*óp. cit* 2000), la geología de la región presenta dudas y controversias respecto al origen y evolución de las unidades presentes debido a la complejidad de las secuencias litológicas y al escaso número de investigaciones de sus conjuntos petrológicos, relaciones y distribución espacial, así como la interpretación de su edad. A pesar de lo anterior, las rocas que afloran forman parte del Complejo Xolapa, que está afectado por el batolito granítico de la Costa Chica.

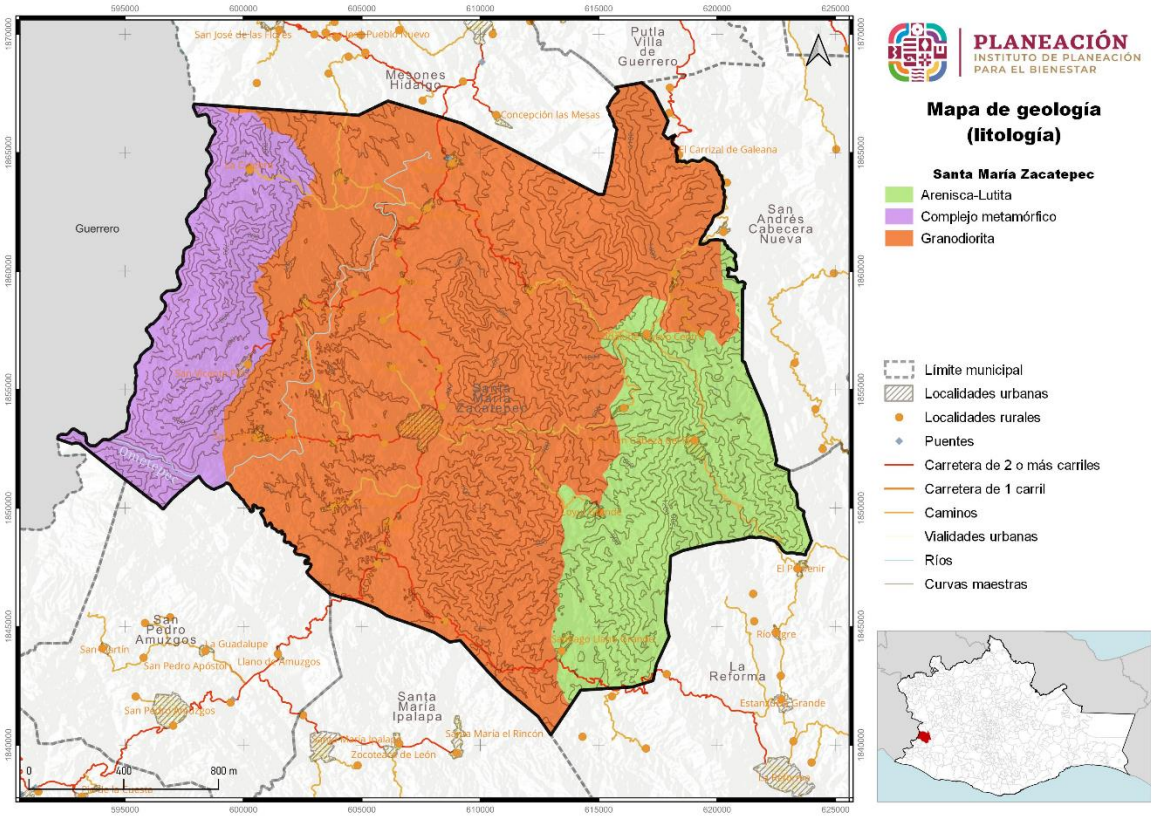
Gráfica 3. Porcentaje de cobertura de cada litografía en Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

Por tanto, el territorio de Santa María Zacatepec está sujeto a una alta actividad sísmica. Este fenómeno tectónico se hace presente en las estructuras geomorfológicas (Ordenamiento Territorial Comunitario Informe Final, Bienes Comunales de Sta Ma. Zacatepec, 2014-2015).

Mapa 8. Geología (litología) de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

III.3.1 Relieve

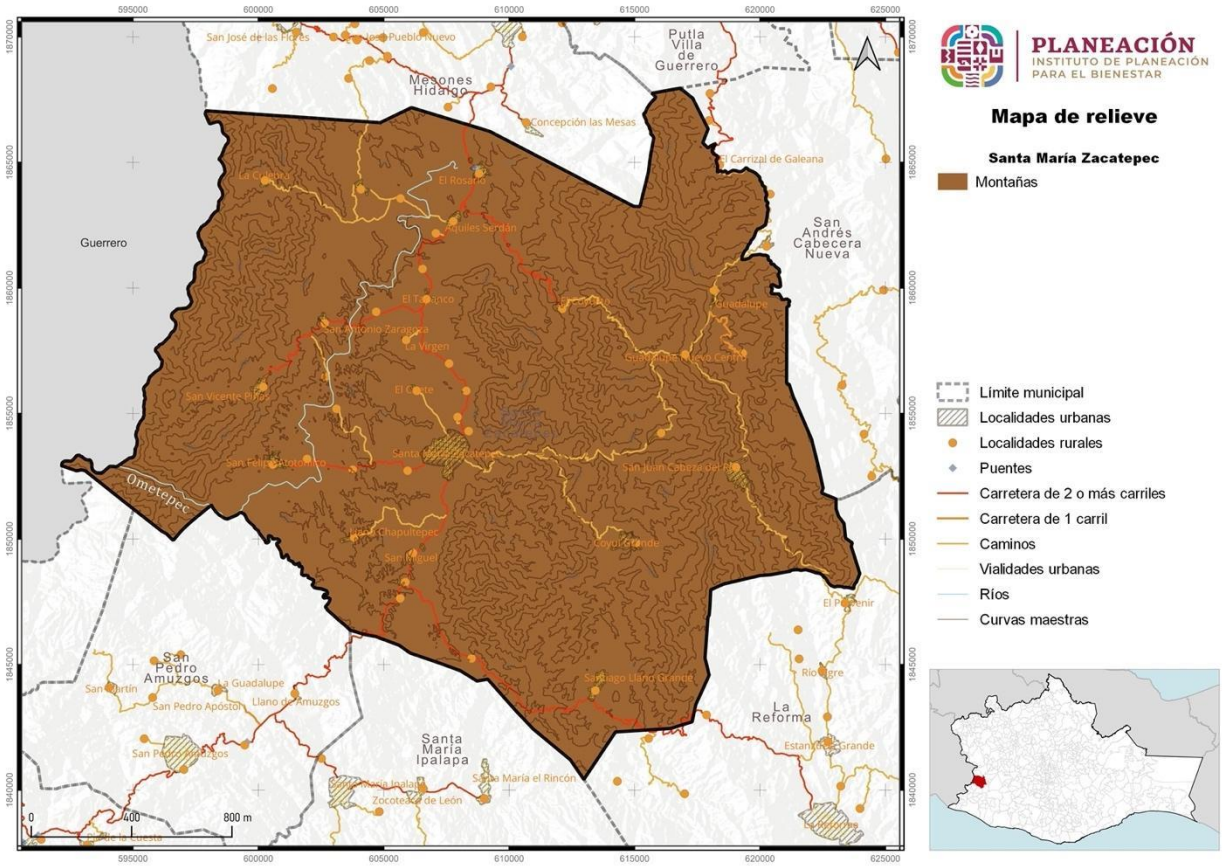
En temas de relieve, se tiene que el municipio de Santa María Zacatepec cuenta únicamente con la clasificación de montaña, la cual se caracteriza por tener laderas inclinadas y crestas afiladas o redondeadas y un punto alto denominado pico o cumbre.

Tabla 14. Relieve, clima y vegetación del municipio de Santa María Zacatepec

Morfología	Clima	Vegetación	Ha. del municipio por morfología
Montañas	Subhúmedo	Bosque de coníferas y de latifoliadas; bosque mesófilo de montaña	50,220

Fuente: CentroGeo, 2024.

Mapa 9. Relieve en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

III.3.2 Fallas y fracturas

Tabla 15. Fallas y fracturas en el municipio Santa María Zacatepec

Tipo de entidad	Dirección	Longitud (m)
Fractura	Noreste-Suroeste	19,606

Fuente: CentroGeo, 2024.

En el municipio se han ubicado un número importante de fallas tectónicas subterráneas, de las cuales cobran relevancia aquellas que se encuentran cercanas a las zonas urbanas de las localidades del municipio, como es el caso al norte, El Rosario y Aquiles Serdán, al sur Coyul Grande, Llano Grande y el Naranjo, al Oriente, Guadalupe, El Limón Santa Ana y Santa Cruz Tutiahua y al poniente San Antonio Zaragoza y San Juan Viejo y en la parte central del territorio, la cabecera municipal, Llano de Víbora y San Miguel.

III.4 Edafología

En el municipio predominan los suelos del tipo cambisol, leptosol, luvisol, phaeozem y regosol.

Tabla 16. Características y áreas de cobertura de los diferentes tipos de suelo en el municipio de Santa María Zacatepec

Suelo	Aptitud	Área (ha)
Cambisol	Jóvenes con poco desarrollo - agrícolas con métodos de riego	10,498.4
Luvisol	Arcillosos fértiles para la agricultura	15,340.1
Leptosol	Para pastar ganado en verano	3,846
Regosol	Jóvenes con poco desarrollo - agrícolas con métodos de riego	19,787.5
Phaeozem	Agrícolas dependientes del comportamiento de las lluvias	505.3
Otro	Otro	79.7

Fuente: CentroGeo, 2024.

Los cambisoles son suelos que se caracterizan por presentar un horizonte B cámbico; el horizonte cámbico es un horizonte alterado que se encuentra por lo menos a 25 cm de la superficie. Su color es semejante al del material parental que le da origen, pero con más estructura de suelo que de roca, pues tiene consistencia friable y sin acumulación significativa de arcilla. El horizonte superficial es un horizonte A ócrico o un horizonte A úmbrico de color oscuro, contenido de materia orgánica mayor de 1%, bajo contenido de nutrientes para las plantas y pH ácido.

Los suelos fluvisol, contienen abundantes sedimentos fluviales, marinos o lacustres en periodos recientes y que están tradicionalmente sobre planicies de inundación, abanicos de ríos o marismas costeras. Son ecológicamente valiosos para preservar la vegetación original y han sido tradicionalmente fértiles para la agricultura.

Los suelos phaeozem son de clima semiseco y subhúmedo, de color superficial pardo a negro, fértiles en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo, propicios para la agricultura dependiendo de las lluvias.

Los luvisol son comúnmente rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión, especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Son generalmente fértiles para la agricultura.

Los suelos leptosol están incluidos en el grupo de los Litosoles, con más del 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente. El uso principal de este suelo es para agostadero.

Los suelos regosol son pedregosos, de color claro en general y se parecen bastante a la roca que les ha dado origen cuando no son profundos. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México.

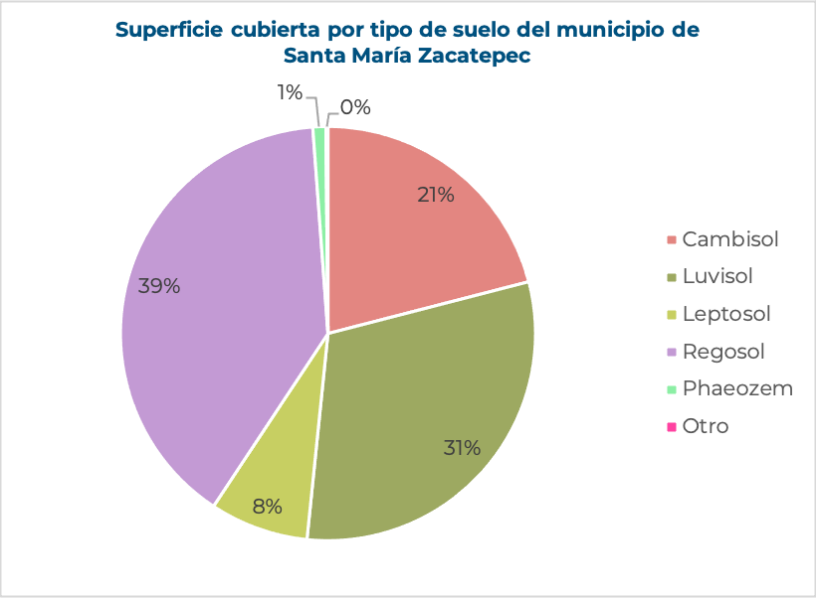
En el caso de los regosoles éutricos, son suelos caracterizados por presentar un horizonte A ócrico, o bien, un horizonte gléyico a más de 50 cm de profundidad. Cuando la textura es arenosa, estos suelos carecen de láminas de acumulación de arcilla, así como de indicios del horizonte cámbico u óxido. No están formados de materiales producto de la intensa remoción del horizonte superior, en solución o suspensión.

Son de origen residual formados a partir de rocas de muy diversa naturaleza: ígneas intrusivas ácidas, metamórficas, volcanoclásticas y sedimentarias, como también de origen aluvial a partir de sedimentos recientes. Todos estos materiales conforman topoformas de sierras, lomeríos, mesetas y valles. De estos suelos, la mayoría están limitados por fase lítica, gravosa o pedregosa, lo que limita también sus atributos químicos, fase salina y/o sódica. Además, presentan saturación de bases de moderada a muy alta, por lo que son suelos con fertilidad moderada a alta. Las texturas varían desde arena hasta migajón arcillo-arenoso.

Los colores son pardos, a veces con tonos amarillentos o grisáceos, o con color gris o amarillo. La variación en el pH va de moderada a ligeramente ácido. Los contenidos de materia orgánica en el horizonte superficial en general son muy pobres, aunque se llegan a encontrar contenidos extremadamente ricos.

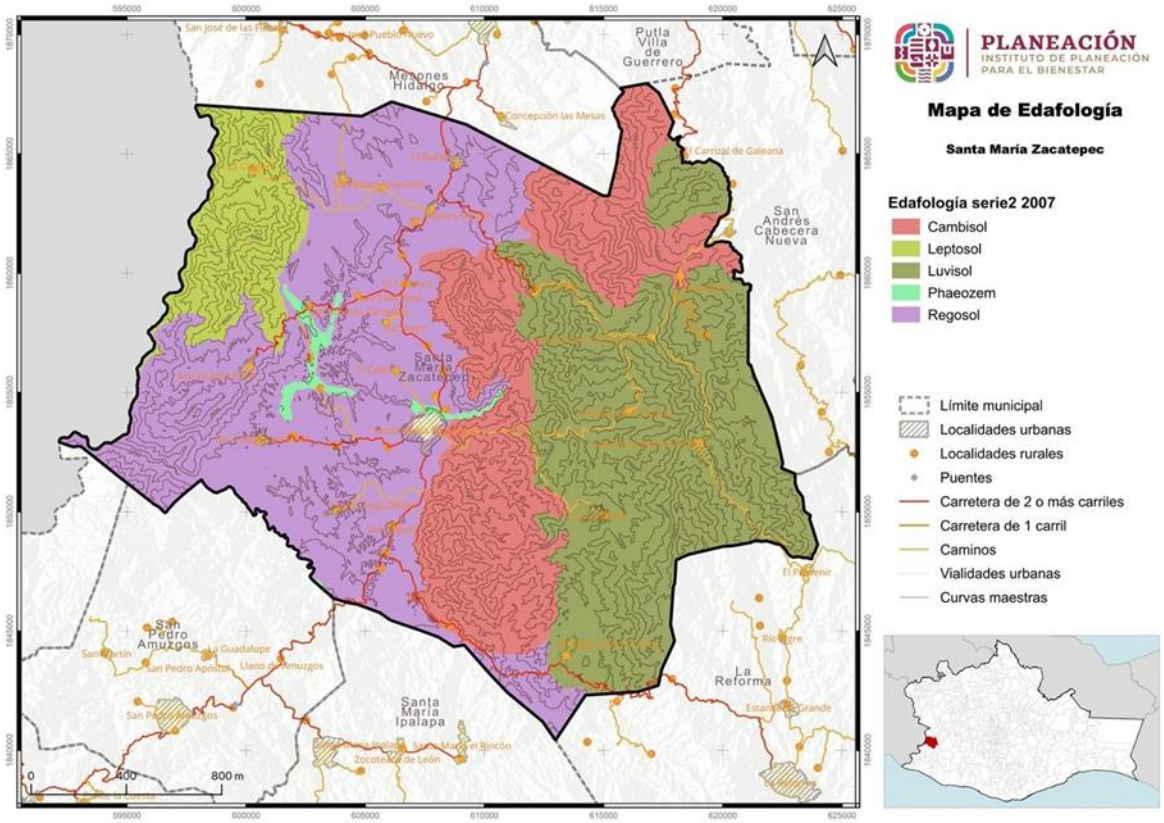
La capacidad de intercambio catiónico fluctúa de baja a moderada y la saturación de bases de moderada a muy alta. Las cantidades de sodio intercambiable varían de bajas a muy bajas, las de potasio bajas a muy bajas, las de calcio y de magnesio de muy bajas a moderadas.

Gráfica 4. Edafología del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 10. Edafología presente en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

III.5 Hidrografía

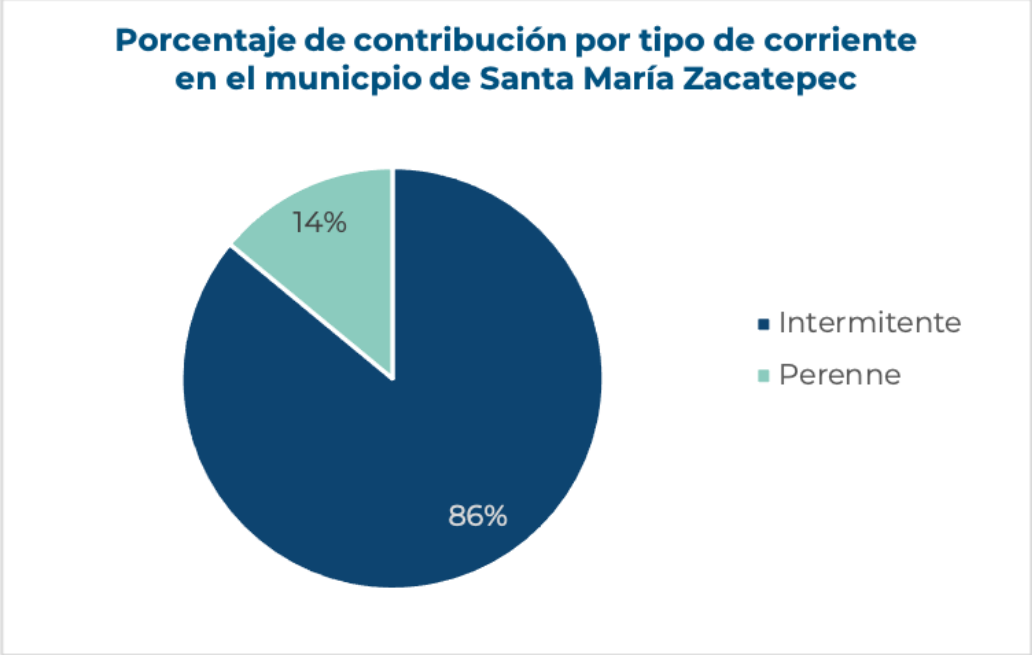
En el municipio se encuentran ríos intermitentes, tales como el Atotonilco, Blanco, Cuesta del Muerto, El Platanar, El Salto, Grande, Los Amates, Nejapa y Mesones, que en su conjunto suman un total de 881.9 kilómetros de longitud (86% de la longitud total de los afluentes en el municipio); así también se encuentran tres ríos permanentes o perennes, El Amate, Grande y San Miguel, con una longitud total de 143.7 km (14% de la longitud total de los afluentes en el municipio).

Tabla 17. Longitud de los afluentes con los que cuenta el municipio de Santa María Zacatepec

Tipo de corriente	Longitud (km)
Intermitente	881.9
Perenne	143.7

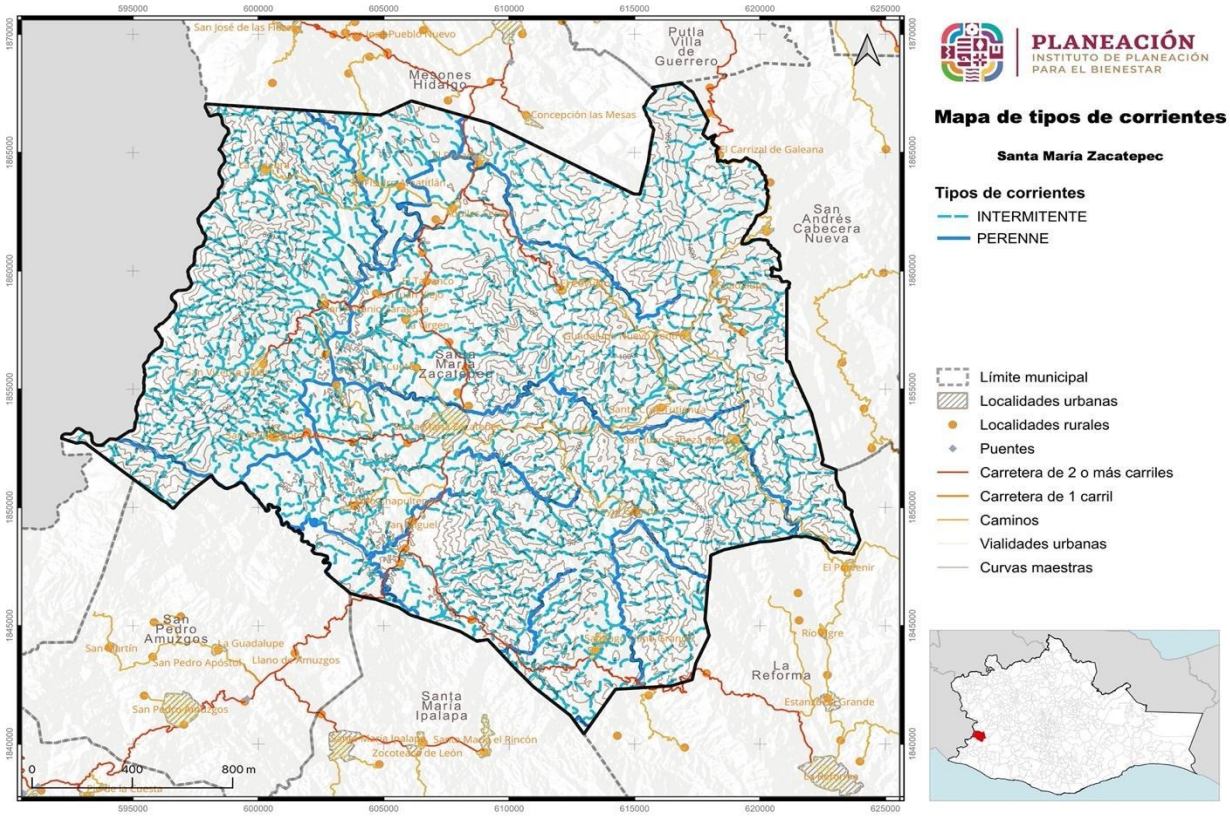
Fuente: CentroGeo, 2024.

Gráfica 5. Porcentaje de contribución por tipo de corriente en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 11. Tipos de corriente en el municipio de Santa María Zacatepec



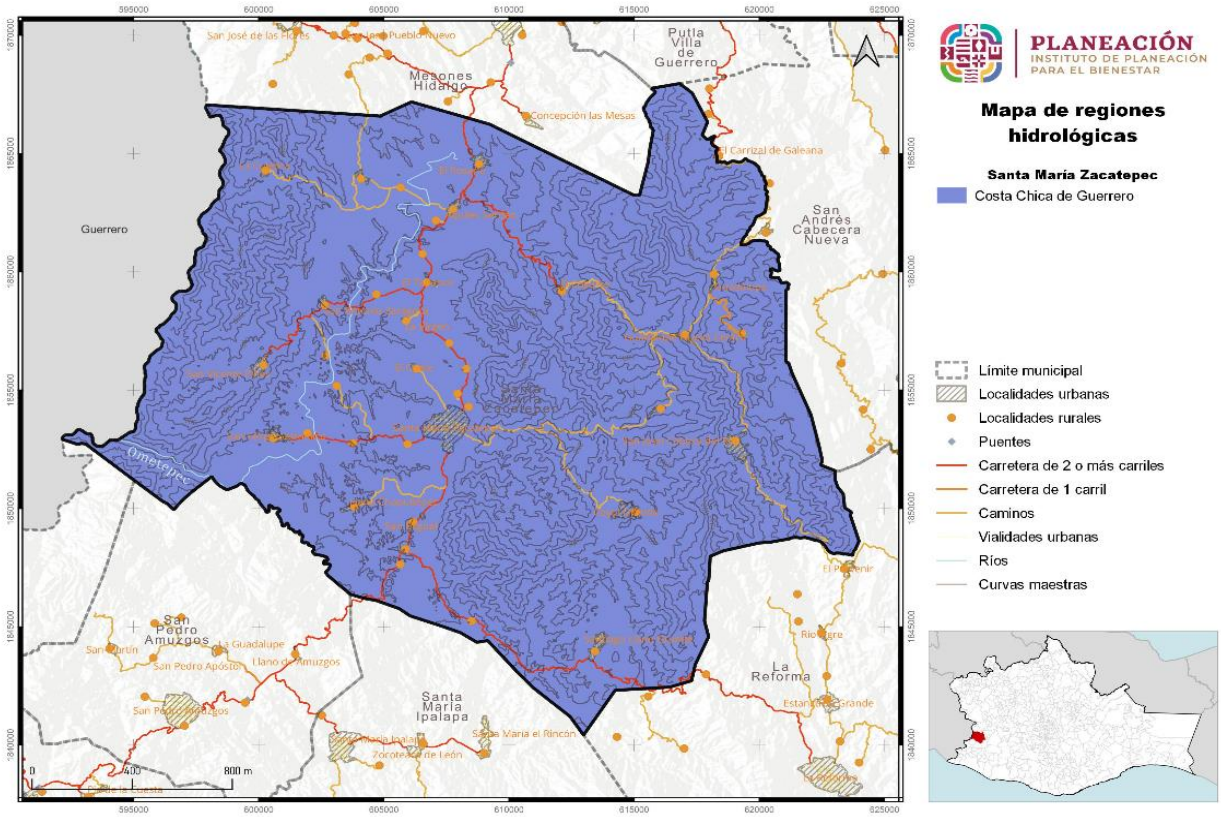
Fuente: CentroGeo, 2024.

En la zona hidrográfica dentro de la cual se ubica el municipio, se recibe un volumen aproximado de 4,820 millones de m^3. La combinación de los factores orográficos, climáticos, de uso de suelo y vegetación, otorgan a Santa María Zacatepec una tasa alta de escurrimientos, con rango de 20 a 30%, aunque al oeste predominan escurrimientos mayores al 30%.

III.5.1 Cuencas, subcuencas y microcuencas

Santa María Zacatepec se localiza dentro de la región hidrológica 20 Costa Chica – Río Verde, en particular en las cuencas de los ríos Cortijos, Ometepec o Grande, Santa Catarina y Sordo-Yolotepec.

Mapa 12. Región hidrológica en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

III.5.1.1. Cuencas

Tabla 18. Cuencas presentes en el municipio de Santa María Zacatepec

Cuenca	Descripción de la cuenca	Región hidrológica	Subregión	Región administrativa
Río Cortijos 1	Desde su nacimiento, hasta la estación hidrométrica El Tomatal II	Costa Chica de Guerrero	Sin información	Pacífico Sur
Río Ometepec 1	Desde la confluencia de los ríos Infiernillo y San Miguel, hasta la estación hidrométrica Las Juntas	Costa Chica de Guerrero	Sin información	Pacífico Sur
Río Santa Catarina	Desde el nacimiento del Río Atotonilco, hasta su confluencia con el Río San Miguel	Costa Chica de Guerrero	Sin información	Pacífico Sur
Río Sordo - Yolotepec	Desde el nacimiento de los ríos Sordo y Yolotecpec, hasta la estación hidrométrica Ixtayutla	Costa Chica de Guerrero	Sin información	Pacífico Sur

Fuente: CentroGeo, 2024.

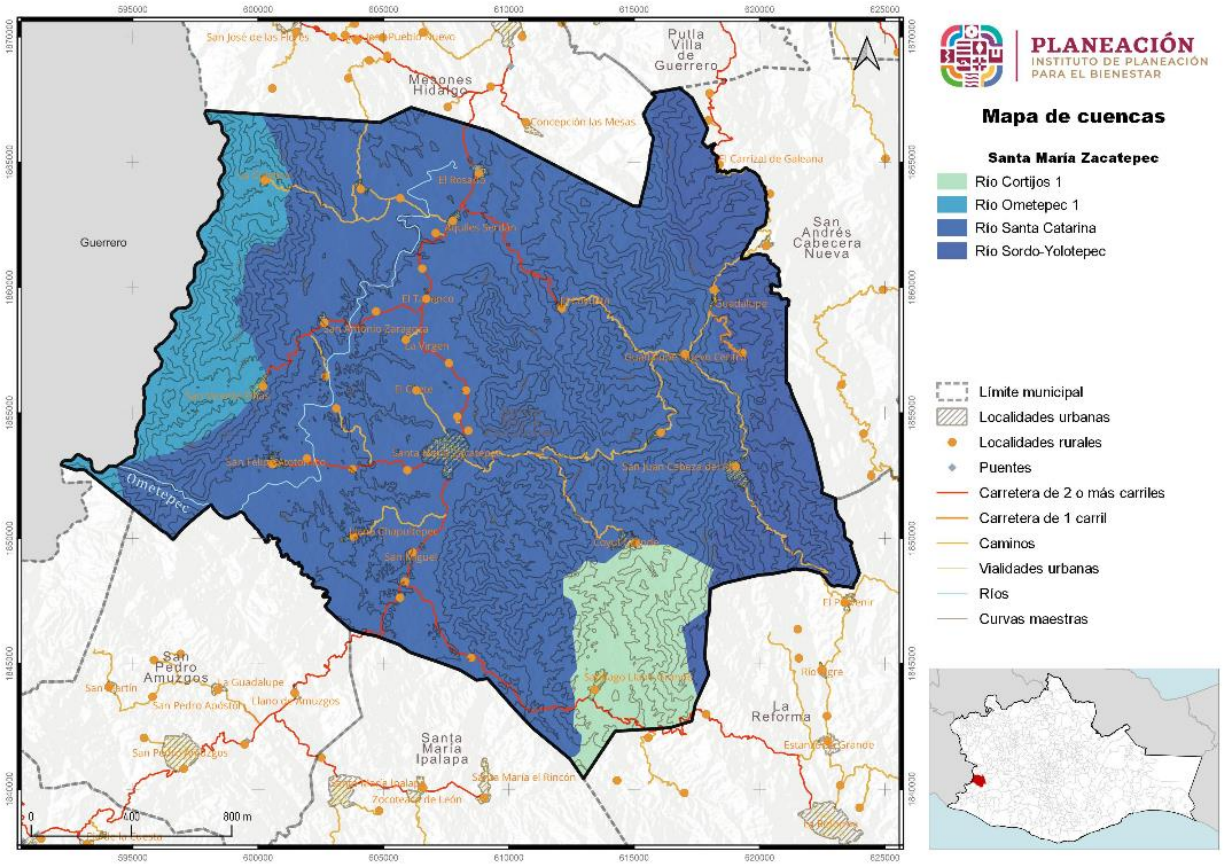
El Río Verde nace a una altitud de 2,000 m.s.n.m. al oeste de Coicoyán de las Flores, drena un área de 1,167 km^2 de territorio Oaxaqueño y además con dirección sur toca parte del territorio comunal de Santa María Zacatepec. Como rasgo físico establece el límite estatal de Oaxaca y Guerrero, y a través de una trayectoria sinuosa, desemboca en el mar en la Costa de Guerrero.

En dirección del curso del Río Verde, por el margen izquierdo es abastecido por varios ríos y arroyos que determinan muchos aspectos en la vida de Santa María Zacatepec.

Esta región hidrológica cubre una extensión de 2,414 km^2 en el occidente del Estado, en los distritos de Jamiltepec, Putla y Juxtlahuaca.

La cuenca del río Cortijos abarca desde el nacimiento de dicho río, hasta la estación hidrométrica El Tomatal II; la cuenca del río Ometepec se considera desde la confluencia de los ríos Infiernillo y San Miguel, hasta la estación hidrométrica Las Juntas; la cuenca del río Santa Catarina llega desde el nacimiento del río Atotonilco hasta su confluencia con el río San Miguel y la cuenca del río Sordo-Yolotepec abarca desde el nacimiento de los ríos sordo y Yolotepec, hasta la estación hidrométrica Ixtayutla.

Mapa 13. Cuencas presentes en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

III.5.1.2 Subcuencas

Existen varios afluentes a partir de los ríos que forman la cuenca y que a su vez forman subcuencas, como es el caso de los Ríos San Miguel, Yolaltepec y Cortijos o Riíto Nuevo. En la subcuenca del río San Miguel se ubica el 80.1% del municipio, en el río Yolotepec el 12.7% y en el río Nuevo o Cortijos el 7.2% del territorio municipal.

III.5.1.3 Microcuencas

A nivel local existen varias corrientes de agua que forman ríos permanentes y temporales, éstos últimos denominados también como barrancas, que forman microcuencas que abarcan diferentes longitudes y extensiones.

Como corrientes perennes se tienen a los ríos Atotonilco, Blanco, Cuesta del Muerto, El Platanar, El Salto, Grande, Los Amates, Nejapa y Mesones. Son corrientes intermitentes de los ríos Amate, Grande y San Miguel.

III.6 Clima

En Santa María Zacatepec se establecen dos tipos de climas:

a) Cálido subhúmedo
b) Semicálido subhúmedo

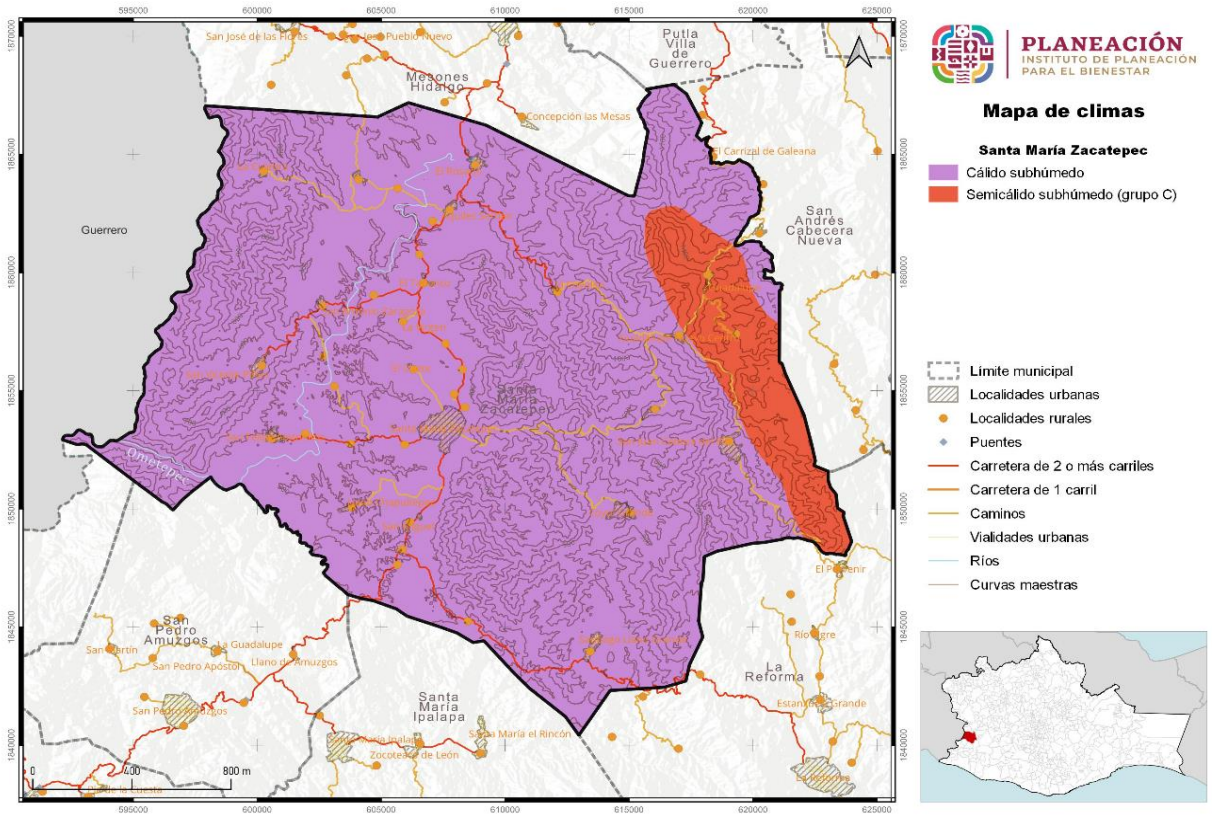
El primero abarca un área equivalente al 77 % del total del territorio. Este tipo de clima se distribuye sobre los sistemas montañosos ubicados en la parte oeste cerca del estado de Guerrero. También está presente en la parte central, sobre toda planicie colinosa, así como en las laderas bajas del sistema montañoso localizado en la parte este.

Tabla 19. Descripción del clima, temperatura y precipitaciones presentes en Santa María Zacatepec

Tipo de clima	Descripción de la temperatura	Descripción de la precipitación
(A)C(w2)	Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18 °C, temperatura del mes más frío menor de18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C	Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual
Aw2	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22 °C y temperatura del mes más frío mayor de 18 °C	Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual

Fuente: CentroGeo, 2024.

Mapa 14. Clima presente en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

Por su parte, el clima semicálido solamente se localiza en las partes altas de las montañas localizadas en la porción este de Santa María Zacatepec (como se muestra en el mapa anterior), en un área estimada del 23% de la extensión territorial del municipio.

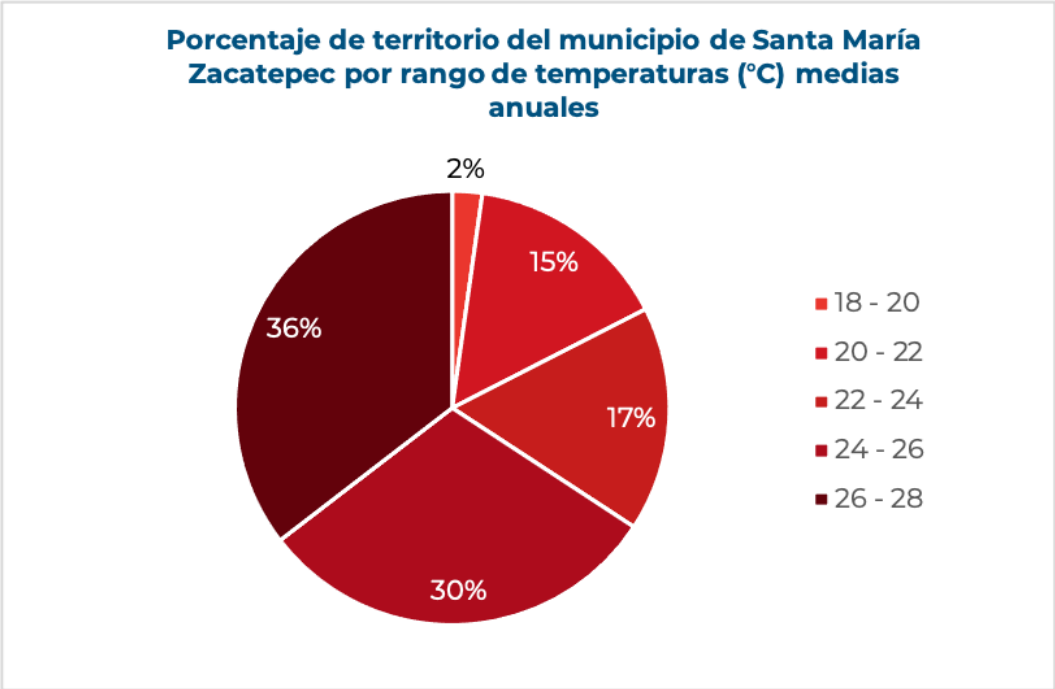
III.6.1. Temperatura

Tabla 20. Superficie de Santa María Zacatepec por rango de temperaturas (°C) medias anuales

Rango de temperatura (°C)	Hectáreas en el municipio
18 - 20	1,115.1
20 - 22	7,631.5
22 - 24	8,390.2
24 - 26	15,179.8
26 - 28	17,740.8

Fuente: CentroGeo, 2024

Gráfica 6. Porcentaje del territorio por rangos de temperatura media anual (°C), del municipio de Santa María Zacatepec

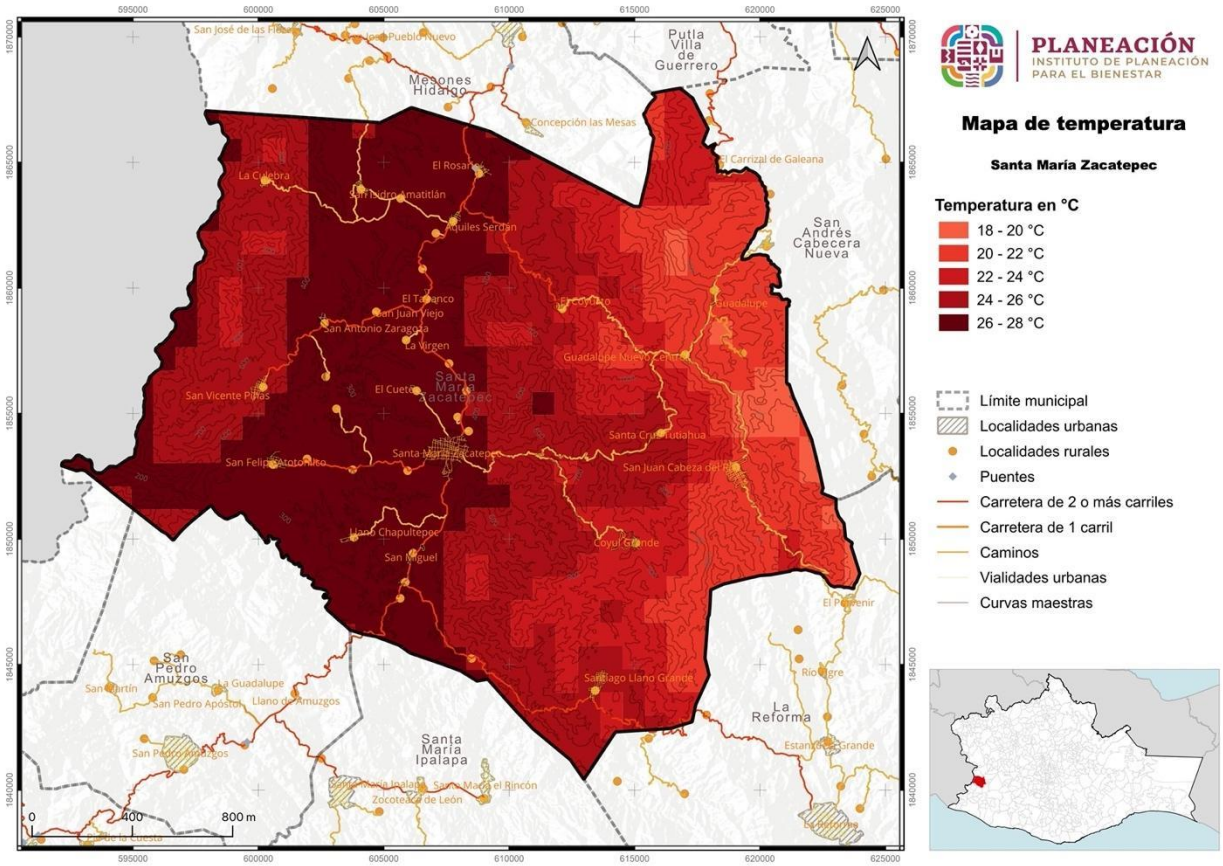


Fuente: CentroGeo, 2024.

Las condiciones térmicas del territorio se establecen con base en sus diferentes niveles altitudinales establecidos por el relieve; por lo tanto, la parte ubicada por debajo de los 1,000 metros es considerada como la zona cálida, ya que le corresponde una temperatura media anual superior a los 22 °C. Siguiendo esta correspondencia altitudinal, se debe señalar que las partes del municipio localizadas por arriba del valor altitudinal antes mencionado, presentan una temperatura media anual menor a los 22 °C (mapa siguiente), por lo que se les considera zonas semicálidas. Los dos meses más fríos son diciembre y enero, con temperaturas mayores a 18 °C en la zona cálida húmeda y menores a 18 °C en la zona semicálida húmeda, mientras que los meses más calientes son abril y mayo con temperaturas mayores a 22 °C. (Vidal, op cit).

Como se puede observar en la tabla y gráfica anteriores, dos terceras partes del municpio (66%), presentan temperaturas medias anuales entre los 24 °C y los 28 °C, mientras que sólo una tercera parte (32% del territorio total del municipio), presentan temperaturas medias anuales por debajo de los 24 °C.

Mapa 15. Distribución de temperaturas medias anuales (°C), en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

III.6.2 Precipitación

Desde el punto de vista climático regional, el territorio de Santa María Zacatepec se localiza dentro de la región Pacifico Sur; dicha unidad geográfica manifiesta durante el verano una gran inestabilidad del aire, lo que produce precipitaciones de tipo convectivas. Este fenómeno se debe al desplazamiento de la zona intertropical de convergencia hacia el norte.

Cabe señalar que, en la época caliente, el viento sopla del mar al continente por la presencia de centros de baja presión; este aire monzónico también genera una precipitación, que es sustancialmente mayor en las laderas de las montañas que se inclinan hacia al sur y aumenta con la altitud por efectos de la orografía (Vidal, R. 2005).

Por otra parte, y debido a la cercanía del Océano Pacífico, es importante considerar como factor determinante en las condiciones climáticas la influencia que ejercen las corrientes marinas, así como en la modificación de las temperaturas superficiales, lo

cual es un elemento a tener en cuenta en la variación estacional e interanual de los patrones de lluvia (Trejo, I. 2004).

Tabla 21. Distribución del territorio del municipio de Santa María Zacatepec según el rango de precipitaciones anuales

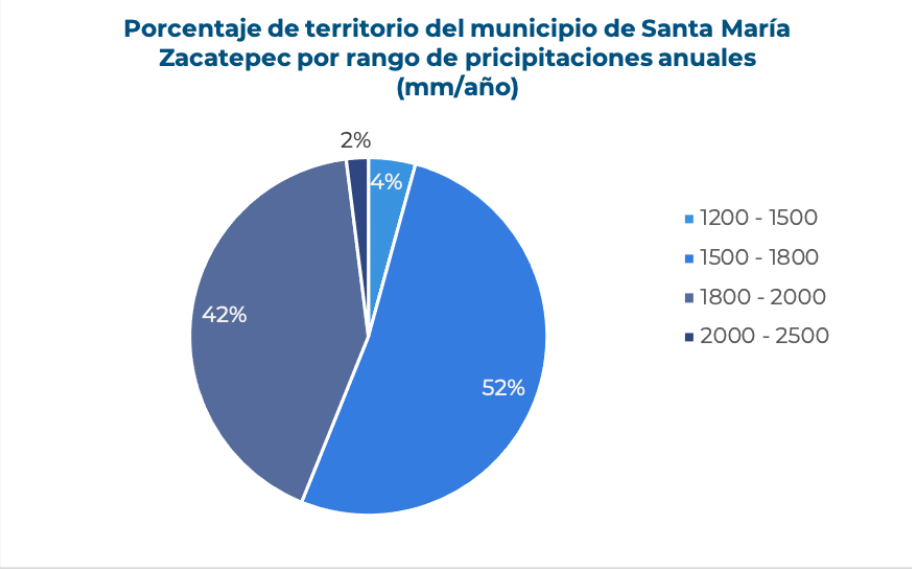
Precipitación anual (mm/año)	Hectáreas totales del municipio por categoría
1200 - 1500	2,133.2
1500 - 1800	25,952.8
1800 - 2000	20,974.4
2000 - 2500	996.9

Fuente: CentroGeo, 2024.

A fines del verano y principios de otoño son frecuentes los ciclones tropicales; algunos de ellos se originan en los golfos cálidos de Centroamérica y de Tehuantepec, viajan de este a oeste próximos al litoral, y aun cuando no todos tocan tierras, introducen una gran cantidad de humedad, la cual, al ser transportada por los vientos monzónicos, provoca un incremento considerable en la cantidad de lluvia.

Por lo anterior, la precipitación anual en el territorio varía entre los 1,200 y 2,500 mm/año. La temporada de lluvias inicia en el mes de mayo, siendo octubre el más lluvioso; la temporada seca abarca de noviembre a abril y los meses más secos son febrero y marzo.

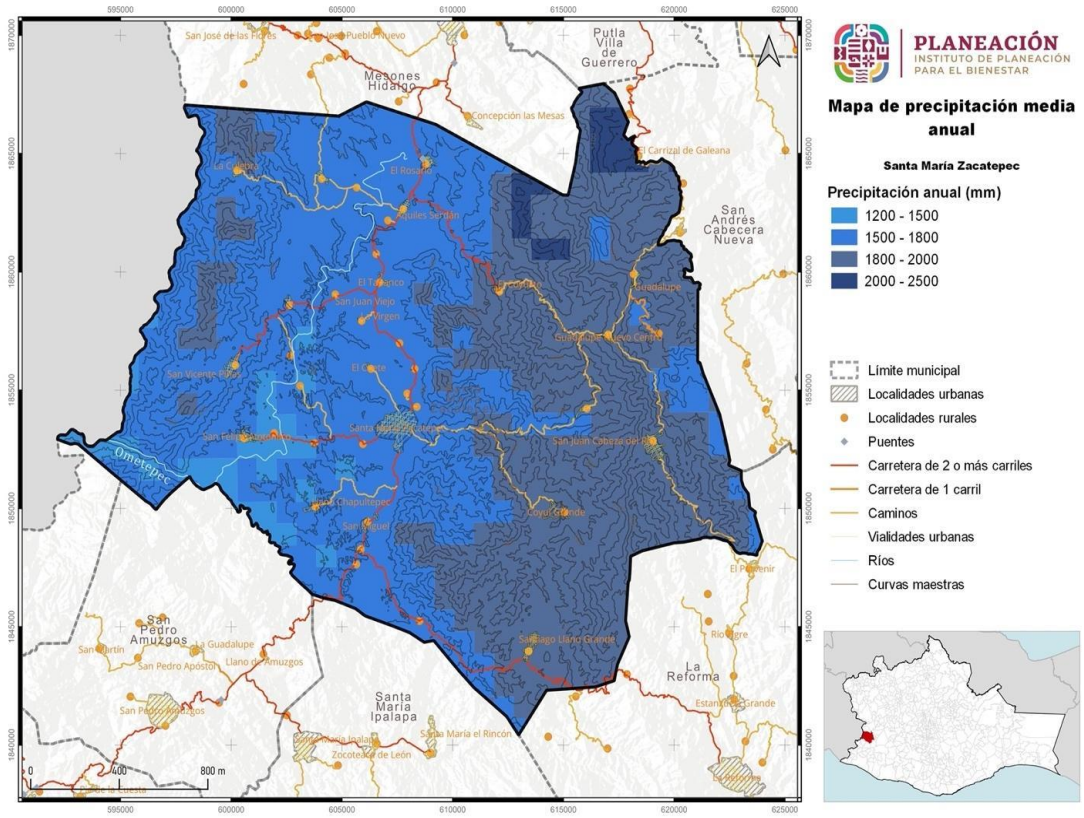
Gráfica 7. Porcentaje de territorio del municipio de Santa María Zacatepec por rango de precipitaciones anuales (mm/año



Fuente: CentroGeo, 2024

En la zona cálida húmeda, la precipitación del mes más seco oscila entre 0 y 60 mm, con lluvias de verano con índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. En la zona semicálida subhúmeda, la precipitación del mes más seco en menor a 40 mm, y lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Mapa 16. Precipitación anual (mm/año) en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

III.6.3 Evapotranspiración

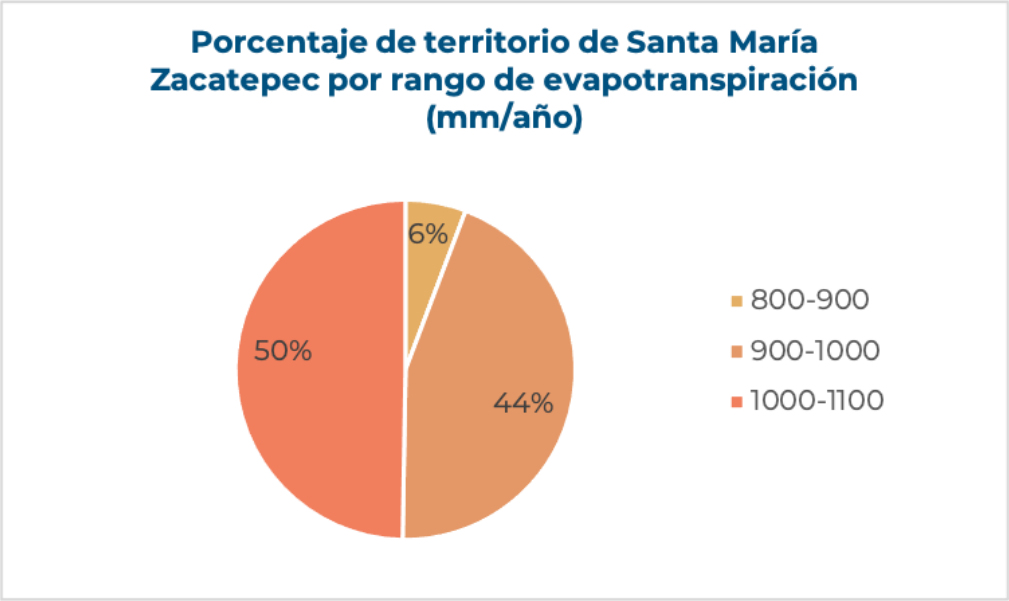
La evapotranspiración (ET), es un componente importante del ciclo del agua que describe el proceso físico de transferencia de agua a la atmósfera, tanto por evaporación del suelo como por transpiración de las plantas. La ET integra las demandas atmosféricas, las condiciones de la superficie y es un factor que determina la sequía en el territorio, de lo que depende en gran medida las actividades agropecuarias que se practican en Santa María Zacatepec.

Tabla 22. Evapotranspiración (mm/año) en el municipio de Santa María Zacatepec

Valor	Rango (mm/año)	Hectáreas totales del municipio por categoría
9	800-900	2,885
10	900-1000	22,278.8
11	1000-1100	24,893.3

Fuente: CentroGeo, 2024.

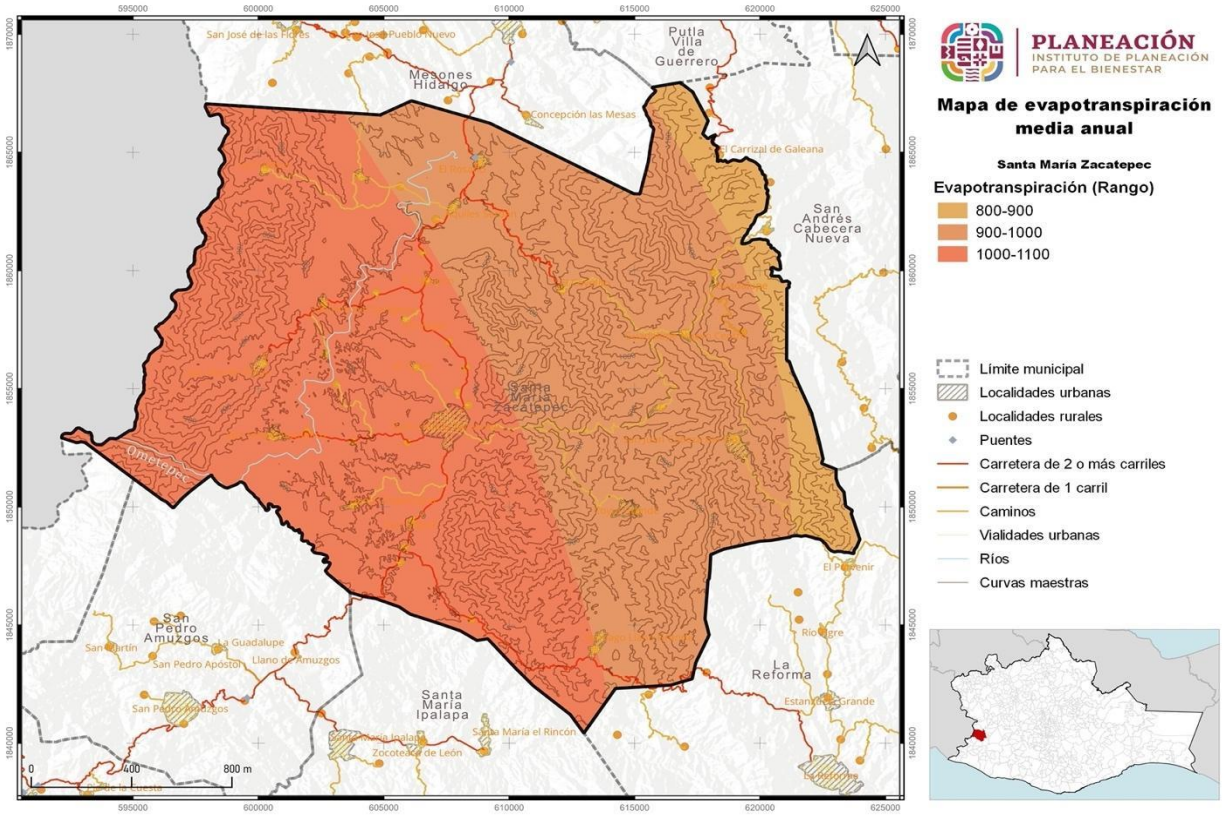
Gráfica 8. Porcentaje de territorio del municipio de Santa María Zacatepec por rango de evatransportación



Fuente: CentroGeo, 2024

En el municipio se identifican tres gradientes de evapotranspiración. Con valores mayores a los 1,000 milímetros anuales (50% del territorio municipal), en la zona central y poniente del municipio, con isotermas mayores a los 22 °C. Así mismo, la parte del municipio que se encuentra entre las isoyetas 20 °C y en la 22 °C, ubicada dentro del territorio en su parte oriente, registra evapotranspiraciones en el rango de los 900 y 1,000 mm/año (44% del municipio). La tercera zona, con menor evapotranspiración, menor a 900 milímetros anuales, se encuentra en la colindancia del territorio municipal con San Andrés Cabecera Nueva.

Mapa 17. Evapotranspiración media anual (mm/año) presente en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

III.6.4 Vulnerabilidad al cambio climático

En México se ha adoptado la definición de *vulnerabilidad* dada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), en 2007 y que dice que "La vulnerabilidad es el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y la variación a la que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación."

De acuerdo con esta definición, la vulnerabilidad no sólo depende de las condiciones climáticas adversas, sino también de la capacidad de la sociedad de anticiparse, enfrentar, resistir y recuperarse de un determinado impacto (PECC, 2014). La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad adaptativa (DOF, 2012).

Por lo anteriormente expuesto, el municipio se clasifica como de **alta vulnerabilidad**, el cual se estima en un índice de 0.98, con probabilidad potencial de deslaves del 0.515

y con el 20% de la población del municipio vulnerable a este fenómeno. Estos datos ubican a Santa María Zacatepec en el lugar 95, de los 570 municipios del estado, en orden de vulnerabilidad.

Tabla 23. Vulnerabilidad ante el cambio climático del municipio de Santa María Zacatepec

Orden de vulnerabilidad estatal	Índice de vulnerabilidad actual	Probabilidad potencial de deslaves actual	Población susceptible a deslaves
95	0.98	0.515	20.5%

Fuente: CentroGeo, 2024.

III.7. Uso de suelo y vegetación

III.7.1 Uso de suelo y vegetación

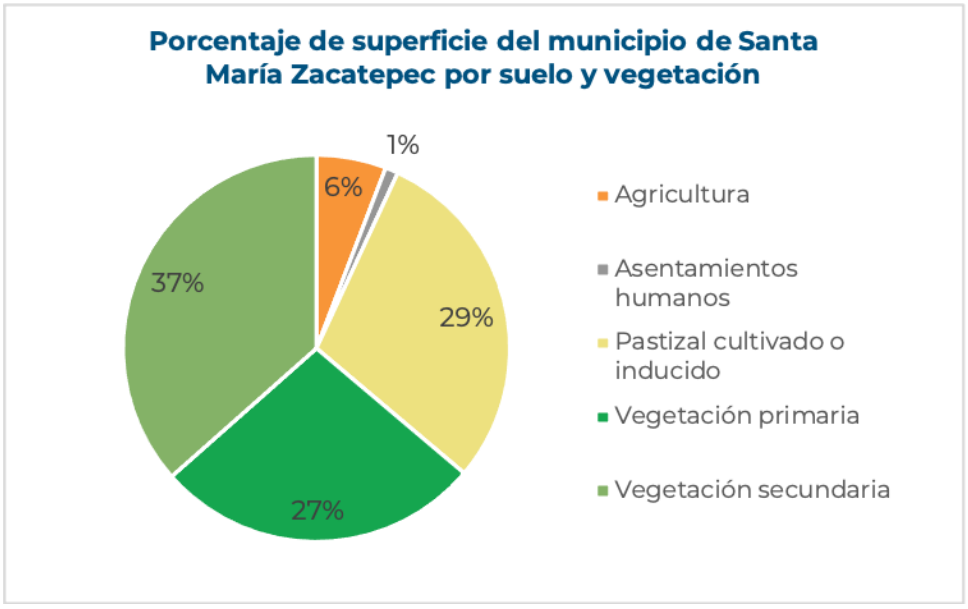
Los suelos de Santa María Zacatepec, en orden de importancia por la superficie que ocupan, se encuentran cubiertos por vegetación secundaria (37% de la superficie del municpio), pastizales cultivados o inducidos (29% del municipio), vegetación primaria (27%), actividades agrícolas (6%) y asentamientos humanos (1%).

Tabla 24. Usos de suelo y vegetación en el municipio de Santa María Zacatepec

Uso de suelo y vegetación	Área (km²)	Área (ha)
Agricultura	29.2	2,920.7
Asentamientos humanos	5.4	537.6
Pastizal cultivado o inducido	146.3	14,632.8
Vegetación primaria	136.6	13,658.9
Vegetación secundaria	182.7	18,271.3

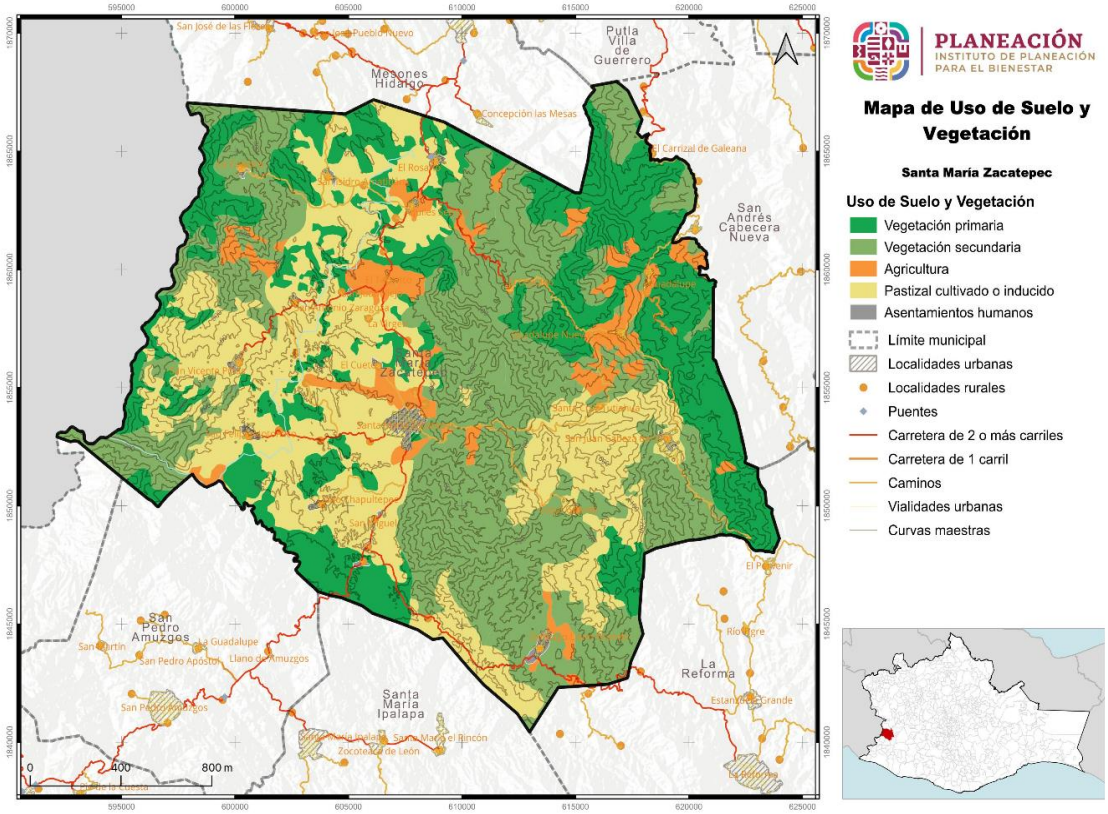
Fuente: CentroGeo, 2024.

Gráfica 9. Uso de suelo y vegetación en porcentaje de superficie del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 18. Uso de suelo y vegetación en el municipio de Santa María Zacatepec



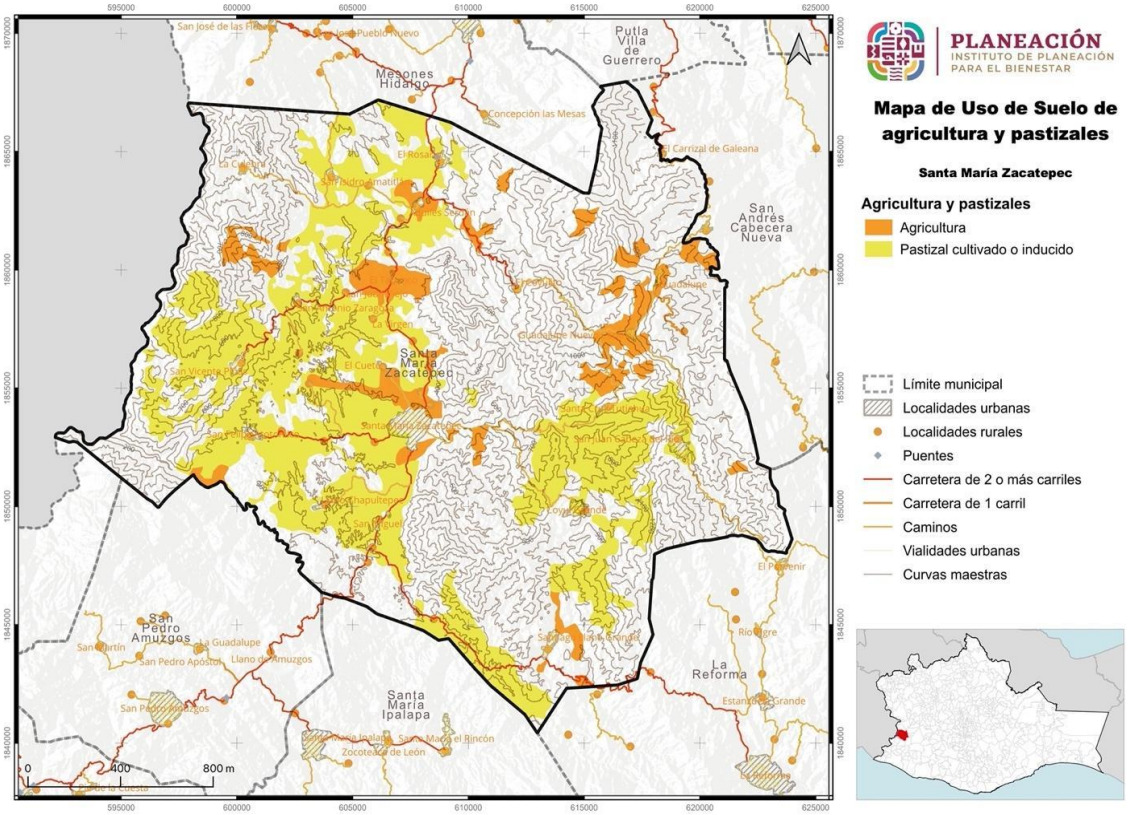
Fuente: CentroGeo, 2024

III.7.2 Uso de suelo

Respecto a la agricultura, ésta se practica en 2,922 ha, que representan cerca del 6% de la superficie total del municipio. Los terrenos destinados a la agricultura presentan condiciones desfavorables para la óptima producción de los cultivos, sin embargo, permiten el desarrollo de especies de granos básicos, hortalizas y frutales. La superficie agrícola de temporal es de 2,800 ha y de riego solo 119 ha.

Los principales cultivos son: maíz, café, frijol, chile costeño y sandía, teniéndose árboles de los que se recolectan frutas como plátano, piña, mango, naranja, nanche, ciruela y tamarindo, cultivándose en pequeñas superficies también melón, jitomate criollo y ajonjolí. También se dedica el territorio para la ganadería. En ambos casos, es un territorio muy importante en la economía local y desafortunadamente se encuentra en un proceso de deterioro preocupante por la deforestación y el uso de agroquímicos. Además, es en esta zona en donde se concentra la mayor parte de la población humana de la comunidad.

Mapa 19. Polígonos de uso de suelo y comunidades vegetales predominantes en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024.

Las 14,640 ha de pastizales tienen zonas que también son cultivadas. Los pastizales o sabana se establecen principalmente en las planicies colinosas de la parte central del municipio. Se forman por praderas de gramíneas, sin árboles o con árboles esparcidos,

principalmente tlachicón y jícaro. Una de las características de este tipo de vegetación es que en algunas ocasiones se desarrolla en suelos con drenaje deficiente que se vuelven fangosos en la época de lluvia, en tanto que se secan muy pronunciadamente durante el estiaje.

III.7.3 Vegetación

La vegetación primaria, propia de selva, suma un total de 13,666 ha y la vegetación secundaria, compuesta por bosque, representa una superficie de 18,280 ha.

Tabla 25. Vegetación del municpio de Santa María Zacatepec

Vegetación	Área (km²)	Área (ha)
Vegetación primaria	136.6	13,658.9
Vegetación secundaria	182.7	18,271.3

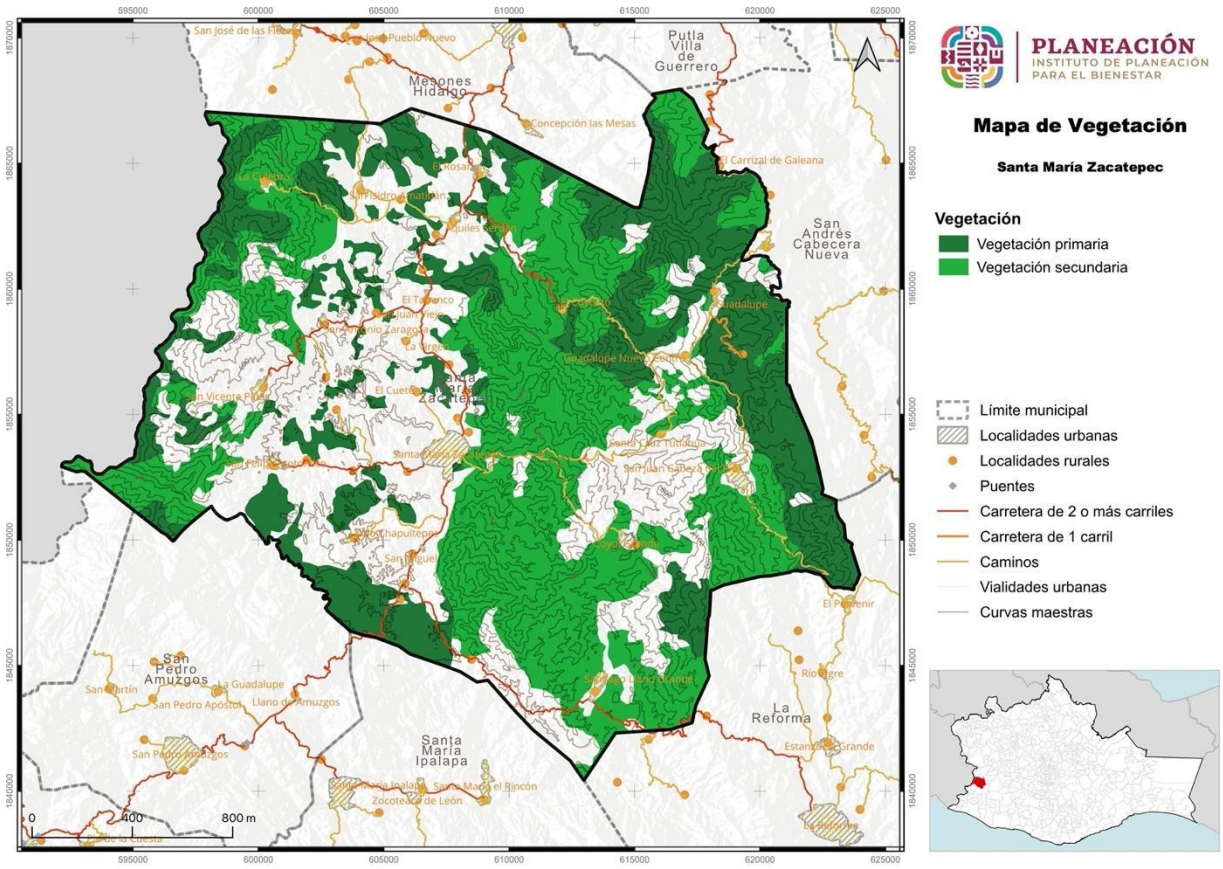
Fuente: CentroGeo, 2024.

Los bosques de Santa María Zacatepec se componen de comunidades vegetales de pino y pino encino. Los pinares y la vegetación secundaria derivada de estos se distribuyen sobre las partes media y alta del sistema montañoso localizado en la parte este, a una altitud superior a los 800 m.s.n.m. Las especies que conforman este tipo de vegetación son *Pinus maximinoi* (pino blanco), el cual puede alcanzar una altura de 20 a 35 metros, con un tronco generalmente recto. La otra especie es *Pinus oocarpa* (pino chino), que alcanza un tamaño de 15 a 25 metros de altura. Se trata de bosques intervenidos en diferentes magnitudes, por lo que los parches de vegetación primaria se localizan en las zonas más inaccesibles. Como consecuencia de esto, conforme más cercano se está de las zonas urbanas, se establece un dominio de vegetación secundaria de encino-pino. El bosque de pino-encino se localiza en la porción este del territorio, entre las altitudes de 650 y 1,600 m.s.n.m., concentrándose en las agencias de Guadalupe Zacatepec y Guadalupe Nuevo Centro, San Juan Cabeza del Río, Llano Grande y con menor abundancia y acompañado con encinos en el Rosario y Coyulito.

Aunque en el Programa de Ordenamiento Territorial Comunitario se menciona que existe un programa de manejo forestal que en ese momento se encontraba autorizado y vigente, en la comunidad no se reconoce tal programa, existiendo la percepción que no existe un manejo ordenado del bosque.

En referencia a los encinos, se tienen registrado siete especies, aunque los parajes que cuentan con manchones con dominancia de encinos se reducen paulatinamente y la mayoría se encuentran mezclados con los pinos en bosques de pino encino y encino pino. Muchas áreas de encino han sido modificadas. Algunos árboles grandes de encinos se localizan en los pocos manchones que aún existen o bien los que se intercalan en la selva mediana o incluso algunos que aún se encuentran en sitios que ya han sido transformados a cafetales o están en un proceso de “capado” para pronto morir y permitir el crecimiento del café.

Mapa 20. Vegetación del municipio Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

Quizá por la indefinición de un uso específico de los bosques de encino, en Santa María Zacatepec es este uno de los tipos de vegetación que más alteraciones han sufrido, de esta manera con la reducción de los bosques de encino y la desaparición paulatina de los grandes encinos, también desaparece una parte importante de la biodiversidad de estos bosques, ya que albergan una gran diversidad de plantas epífitas que a su vez favorecen la presencia de gran cantidad de especies de aves e insectos cuyo valor en el ecosistema es indiscutible.

Las selvas de Santa María Zacatepec se ubican en la parte baja del sistema montañoso de la porción este, así como en las montañas de la zona oeste del territorio, siempre por debajo de cota de los 800 m.s.n.m. Al igual que los bosques templados, la selva ha sufrido el impacto de las actividades económicas de la sociedad, razón por la existe una amplia gama de especies de vegetación secundaria.

Se componen de selvas medianas subcaducifolias, constituidas principalmente de dos estratos arbóreos, uno que va de 5 a 15 metros de alto y el otro de 20 a 30 m.

Alrededor del 50 al 75 % de los árboles altos de esta selva pierden sus hojas durante la época más seca del año. Se desarrolla ordinariamente en suelos profundos y con frecuencia coexiste con la selva baja caducifolia o subcaducifolia o con la sabana, pero ocupa las vegas de ríos o arroyos. (Faustino Miranda y Efraín Hernández X, 1963).

Se denomina subcaducifolia porque un cierto número de los grandes árboles que la conforman pierden su follaje durante la época de sequía, la que se extiende desde finales de octubre a principios de abril. Entre estos árboles pueden mencionarse a: palo mulato (*Bursera simaruba*), guanacastle o parota (*Enterolobium cyclocarpum*), granadillo (*Lafoensia punicifolia*), sanate o roble (*Tabebuia rosea*), hormiguillo o aguacatillo cimarrón (*Nectandra sinuata*), pochota (*Ceiba pentandra*), palo de mano (*Dendropanax arboreus*), cuapinole *(Hymenaea courbaril*), jabonera (*Sapindus saponaria*), *Beilschmiedia pendula* y algunas especies de *Ficus* spp. También son característicos de este tipo de selva el cahuananche (*Licania arborea*), la primavera (*Tabebuia* donnell-smithii) y la jabilla (*Hura poliandra*).

Entre los árboles de menor altura (5 a 15 m), que también pierden su follaje en lo más acentuado de la época seca, pueden citarse a: cacho de toro (*Godmania aesculifolia*), tirisia (*Cochlospermum vitifolium*), *Luehea candida*, tejoruco (*Genipa americana*), jobo (*Spondias mombin*), *Coccoloba barbadensi y Trichospermum mexicanum*. Sin embargo, un buen número de estas especies, tanto de los grandes árboles como los de menor altura, cuando tienen agua disponible o crecen a la vega de los ríos y arroyos, tienden a permanecer siempre verdes o a perder sus hojas por periodos muy cortos.

Los árboles más comunes con follaje persistente son: tigrillo (*Calophyllum brasiliense*), cuatololote (*Andira inermis*), aguacatillo (*Nectandra globosa*), palo borracho (*Lonchocarpus cruentus*), *Lonchocarpus guatemalensis* y quebracho (*Homalium senarium*), estos tres últimos sobre todo cuando crecen a orillas de ríos y arroyos. Guayabo agrio (*Psidium friedrichsthalianum*), frailecillo (*Couepia polyandra*), meson zapote (*Licania platypus*) y azulillo (*Vitex hemsleyi*).

Debido a que la mayor parte de este tipo de vegetación sirve de sombra a cultivo de café, el estrato más bien desarrollado es el arbóreo, dominando *Hymenaea courbaril* y *Ficus insipida*. Mezclándose entre éstos se encuentran la *Bursera simaruba*, *Andira inermis*, *Guazuma ulmifolia*, *Piper aduncum*, *Rapanea jurgensenii*, *Guarea glabra*, *Cedrela odorata*, *Vitex hemsleyi*. *Trichospermum mexicanum, Chrysophyllum mexicanum, Sommera arborescens, Ficus glabrata, Casearia aculeata, Xylosma flexuosum, Lacistema aggregatum, Hirtella racemosa, Cordia alliodora, Cecropia obtusifolia, Bixa orellana y Calophyllum brasiliense.*

Los estratos arbustivo y herbáceo están pobre y medianamente representados respectivamente y se circunscriben a especies ruderales o arvenses que se localizan a orillas de zonas de cultivo o bien a orillas de barrancas o áreas en donde no existe café cultivado. Las herbáceas más abundantes son los helechos, sobre todo a orillas de ríos y barrancas. Las epífitas son medianamente abundantes.

Las trepadoras leñosas y herbáceas también están pobremente representadas. Entre las primeras se pueden mencionar a: *Machaerium pittieri, Clytostoma binnatum*, bejuco de corralero (*Cydista aequinoctialis*), y rabo de iguana (*Smilax domingensis*). Dentro de las herbáceas son comunes diferentes especies de cucurbitáceas, convolvuláceas y leguminosas (Ordenamiento Territorial Comunitario Informe Final, Bienes Comunales de Sta Ma. Zacatepec, 2014-2015).

La selva baja subperennifolia (pasando a veces a subcaducifolia), presenta muchas variantes, pero con frecuencia se caracteriza por la presencia de árboles como los que se encuentran en la sabana: nanche (*Byrsonima crassifolia*), tlachicón (*Curatella americana*), cirían o cuautecomate (*Crescentia alata*), *Accacia pennatula, Ateleia* spp., *Vitex* spp., *Lonchocarpus* spp., *Cocoloba barbadensis*, coyul (*Acromania mexicana*), etc. Algunos de estos elementos arbóreos presentan agrupaciones casi puras que toman el aspecto de verdaderos bosques, como sucede con la *Crescentia y Byrsonima*, sobre todo en el Pacífico.

En el territorio de Santa María Zacatepec también se encuentra selva baja caducifolia, cuya vegetación se presenta sobre las laderas de los cerros con pendientes medias y pronunciadas, con árboles de 15 m de altura o menos, caracterizados por tirar sus hojas en la temporada de secas. No son espinosos por lo común y poseen ordinariamente abundantes bejucos. La especie más importante es *Spondias mombin* (Ciruela ácida), acompañado por *Trichillia trifolía* (cuerillo), *Cochlospermum vitifolíum* (roso), *Bursera simaruba* (mulato), *Pithecellobium lanceolatum* (huamúchil), *Apoplanesia paniculata* (palo de arco) y *Ceiba aesculífolía* (torontón).

En un estrato inferior se encuentra abundante regeneración de especies del género herbáceo, compuestos por *Monstera deliciosa* (*mano de tigre*), *Salpianthus arenarius* (*chuchuque*), *Sida acuta* (malvavisco), *Petiveria alliacia* (*zorrillo*) y otras. Las plantas trepadoras o bejucos son abundantes (A.C, 2014-2015).

Existe un estrato arbóreo bajo de no más de 3 m de altura, con *Curatella americana, Byrsonima crassifolia, Psidium guajava, Bursera bipinnata* e *Hymenaea courbaril*, con algunas eminencias de mayor altura de *Pinus maximinoi*. En ellas se distingue un estrato arbustivo y el estrato herbáceo está dominado principalmente por las familias Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae.

La sabana está dominada por plantas herbáceas, mientras que los árboles y arbustos que allí crecen forman conjuntos compactos a manera de islas en medio de las hierbas. Entre los árboles se distinguen claramente la *Curatella americana*, *Coccoloba liebmannii* y *Byrsonima crassifolia*, y asociados a éstos se pueden mencionar a *Schoepfia schreberi*, *Diospyros aequoris*, *Acacia collinsii* y *Bursera fagaroides*. Los arbustos más abundantes son *Krameria cuspidata*, *K. revo l u t a*, *Croton suberosus* e *Indigofera platycarpa*.

Entre las hierbas observamos al *Mitracarpus rhadinophyllus*, *Chamaecrista hispidula* y *Aniseia martinicensis* (Salas y colaboradores 2003 y 2007).

El principal aprovechamiento de la sabana es la ganadería. Lo poco apetecible de las gramíneas durante su madurez apenas alcanza a mantener a los animales, obligando a un manejo de quemas al finalizar la época de sequía con el propósito de inducir el retoño de los zacates cuando más escasea el forraje. Parte importante de la producción mexicana de piña se obtiene de suelos sabaneros (Miranda y Hernández X., 1963).

En Santa María Zacatepec este tipo de vegetación se localiza en la parte baja, en donde el territorio muestra una depresión con abundantes lomeríos. Debido a las condiciones topográficas y de humedad por la presencia de numerosas corrientes de agua, se encuentran frecuentemente porciones de selvas bajas y medianas entremezcladas con la sabana.

Las especies que se observan con mayor frecuencia son el tlachicón (*Curatella americana*), el nanche (*Byrsonima crassifolia*), hoja duro (*Coccoloba barbadensis*), el tejoruco (*Genipa americana*), el guapinol (*Hymenea courbaril*) y algunos copales, entre otras especies (Ordenamiento Territorial Comunitario Informe Final, Bienes Comunales de Sta Ma. Zacatepec, 2014-2015).

III.8 Áreas Naturales Protegidas

Actualmente no existen áreas naturales protegidas en el municipio, sin embargo, una de las encomiendas asumidas por el Ayuntamiento, a través de la Dirección de Ecología Municipal, conjuntamente con el Comisariado de Bienes Comunales, ha sido la coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (dependiente de la SEMARNAT), para gestionar el registro del territorio comunal como Área Destinada Voluntariamente a la Conservación (ADVC).

Se pretende que las 36,000 ha reconocidas, confirmadas y tituladas de los bienes comunales (RTBC), sean manejadas bajo un programa que tienda a la sostenibilidad de los recursos, disponiendo de estrategias que aseguren el manejo y aprovechamiento adecuado de los suelos y del ecosistema en su conjunto, conforme sus atributos, con base en la disposición de la comunidad para iniciar dichas gestiones.

En un primer momento, las autoridades municipal y agraria han determinado prohibir la roza-tumba-quema y promover la roza-pica como práctica de preparación de los terrenos para las siembras del presente ciclo agrícola primavera-verano 2024, encontrándose en la etapa de promoción a nivel de localidades.

Capítulo IV. Caracterización de los elementos demográficos, sociales, económicos y de equipamiento

IV.1 Dinámica demográfica

En este apartado encontrarás información cuantitativa, relacionada con la población del municipio y cómo se distribuye en sus diversas localidades. Así mismo, se analiza su distribución por sexo y la densidad de población en el territorio.

IV.1.1 Población y distribución del municipio, por localidad

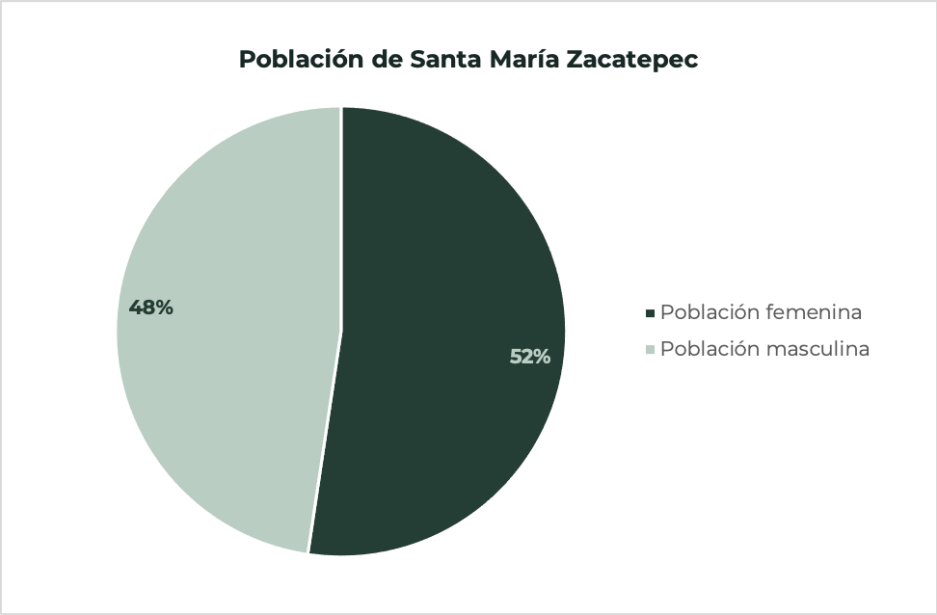
El Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, registró datos de 32 localidades en el municipio, incluyendo aquellas clasificadas con dos viviendas. En el censo 2020, el registro corresponde a 37 localidades, incluyendo localidades con una vivienda. En el Censo 2020 no aparece la localidad La Tijerilla, ni se registran las localidades de dos viviendas, pero se adicionan las localidades Loma del Carnero y Terra Colorada, así como las Localidades de una vivienda (INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010; INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020).

Tabla 26. Población total del municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Población total	Población femenina	Población masculina
Santa María Zacatepec	17,100	8,954	8,146

Fuente: CentroGeo, 2024.

Gráfica 10. Porcentaje de población femenina y masculina en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

La población registrada en el año 2020 fue de 17,100 personas, de las cuales 8,954 (52%), eran mujeres y 8,146 (48%), eran hombres. En la siguiente tabla se puede visualizar lo anterior, resultando una relación mujeres/hombres de 91, esto es, que por cada 100 mujeres que habitaban el municipio, había 91 hombres en dicho año.

Tabla 27. Comparación de la población total del municipio de Sata María Zacatepec en 2010 y 2020

Población Total		Mujeres		Hombres	
2010	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
15,076	17,100	8,055	8,954	7,021	8,146

Fuente: Elaboración propia con datos de (Censo de Población y Vivienda, 2010), (Censo de Población y Vivienda, 2020)

Las localidades con mayor número de habitantes son la cabecera municipal con 5,961, que representa el 35% del total municipal, San Juan Cabeza del Río con 1,510 personas (9% del total), y San Vicente Piñas con 1,115 habitantes (6%), los que suman el 50% de la población de todo el municipio.

En las 16 localidades que cuentan con datos completos de su población femenina y masculina, la relación mujeres/hombres es menor a 100, lo que implica que hay más mujeres que hombres. En dos localidades, esta relación es de 100, es decir, la diferencia entre el número de mujeres y hombres no es mayor a uno. En las localidades El Cangrejo, La Virgen y San Miguel hay más hombres que mujeres, con indicadores de mujeres-hombres de 200, 129 y 110, respectivamente.

Tabla 28. Comparativa de la población del municipio de Santa María Zacatepec por localidad entre los censos de 2010 y 2020

Localidad	Población Total		Mujeres		Hombres	
	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Total del Municipio	**15,076**	**17,100**	**8,055**	**8,954**	**7,021**	**8,146**
Santa María Zacatepec	4,854	5,961	2,593	3,136	2,261	2,825
Aquiles Serdán	512	586	279	298	233	288
San Felipe Atotonilco	460	541	248	293	212	248
San Juan Cabeza del Río	1,586	1,510	848	793	738	717
Coyul Grande	229	293	116	158	113	135
La Culebra	365	433	192	225	173	208
Guadalupe	386	421	200	196	186	225
Santiago Llano Grande	846	813	476	442	370	371
San Marcos Nejapa	211	228	110	120	101	108
Las Palmas	79	104	45	53	34	51
San Antonio Zaragoza	290	308	155	151	135	157
San Isidro Amatitlán	355	421	186	211	169	210
San Juan Viejo	194	216	100	118	94	98
San Miguel	120	143	68	68	52	75
San Vicente Piñas	1,003	1,115	504	593	499	522
El Tapanco	528	625	309	341	219	284
Tres Arroyos	16	14	8	7	8	7
Llano Chapultepec	168	171	96	88	72	83
El Cuete	227	261	119	141	108	120
Rancho San Pedro	128	186	60	100	68	86
Loma del Carnero	S/D	3	S/D	*	S/D	*
Santa Cruz Tutiahua	644	610	351	328	293	282
El Coyulito	248	388	138	196	110	192
Guadalupe Nuevo Centro	532	493	291	265	*	228
El Rosario	791	789	410	396	381	393
Santa Cruz de Rufino Tamayo	124	125	68	66	56	59
El Cangrejo	28	30	13	10	15	20
Llano de la Viuda	9	33	*	18	*	15
La Virgen	107	112	50	49	57	63
Atotonilco	20	21	12	12	8	9
La Tijerilla	8	S/D	*	S/D	*	S/D
Tierra Colorada	S/D	1	S/D	*	S/D	*
El Naranjo	8	13	*	7	*	6
Limón Santa Ana [Barrio]	S/D	87	S/D	49	S/D	38
Santa Cecilia [Barrio]	S/D	45	S/D	25	S/D	20
Localidades de una vivienda	S/D	4	S/D	*	S/D	*
Localidades de dos viviendas	25	S/D	10	S/D	15	S/D

Fuente: Elaboración propia. (Censo de Población y Vivienda), (INEGI, Censo de Población y Vivienda)

Comparando datos de los censos 2010 y 2020 del INEGI, se observa la siguiente dinámica poblacional en dicho período:

La población total creció en un 13.4%. Las mujeres pasaron de ser 8,055 a 8,954, lo que representa un incremento del 11.2%. Los hombres eran 7,021 en el año 2010 y para 2020 aumentaron a 8,146, esto es un 16% más. La población masculina creció más que la de las mujeres, de tal manera que en 2010 los hombres representaban el 46.6% del total de la población y para 2020, este porcentaje subió a 47.6%. Es la relación mujeres-hombres en la que se hace más notoria esa diferencia de números entre géneros, en virtud que, en 2010, por cada 100 mujeres, había 87 hombres y para 2020, esa relación subió a 91.

Las localidades en las que el número de habitantes se incrementó más, fueron Santa Ma. Zacatepec, con un incremento de 1,107 personas en 10 años, el Coyulito (140 personas), San Vicente Piñas (112 personas), El Tapanco (97 personas), Barrio Limón Santa Ana (87 personas), San Felipe Atotonilco (81 personas), Aquiles Serdán (74 personas), La Culebra (68 personas), San Isidro Amatitlán (66 personas), Coyul Grande (64 personas) y Rancho San Pedro (58 personas). En otras 7 localidades, también hubo incremento de su población, en un rango de 22 a 45 habitantes y 13 localidades registraron incrementos en su población en menor proporción.

Destaca el hecho que hubo localidades en las que el número de habitantes disminuyó de 2010 a 2020, como es el caso de San Juan Cabeza del Río (76 personas menos), Guadalupe Nuevo Centro (39 personas menos), Santa Cruz Tutiahua (34 personas menos), Santiago Llano Grande (33 personas menos), Tres Arroyos (2 personas menos) y El Rosario (2 personas menos).

El aumento poblacional en el municipio representa mayor presión demográfica sobre los recursos, mayor demanda de servicios y de empleos e inclusive, mayor riesgo de conflicto social, con lo que esto influye en la gobernanza. Por otra parte, el regreso de habitantes a su localidad puede estar motivado por la existencia de mejores condiciones socioeconómicas y de bienestar, que ya no obliga a la migración. Una tercera posibilidad de dichos registros puede deberse a errores en el censado.

Conocer el número de habitantes del municipio por rango de edad, sirve en gran medida para la definición de políticas diferenciadas, con base en las aspiraciones, deseos, necesidades y problemas que cada grupo poblacional presenta; esto, a su vez, permite focalizar las acciones de gobierno con mayor precisión, para satisfacer las necesidades de servicios básicos, educación, salud, abasto, empleo y recreación, además de procurar las condiciones adecuadas para el desarrollo libre y pleno de cada uno de los individuos y sus familias.

Tabla 29. Distribución de la población por rango de edad en el municipio de Santa María Zacatepec

Nivel de la pirámide poblacional	Rango de Edad (años)	Población masculina	Población femenina	Total	Porcentaje
1	0 a 4	878	855	1733	10%
2	5 a 9	923	865	1788	10%
3	10 a 14	866	865	1731	10%
4	15 a 19	759	731	1490	9%
5	20 a 24	610	774	1384	8%
6	25 a 29	600	817	1417	8%
7	30 a 34	510	676	1186	7%
8	35 a 39	456	565	1021	6%
9	40 a 44	415	459	874	5%
10	45 a 49	405	440	845	5%
11	50 a 54	353	403	756	4%
12	55 a 59	311	367	678	4%
13	60 a 64	297	318	615	4%
14	65 a 69	250	286	536	3%
15	70 a 74	159	178	337	2%
16	75 a 79	146	148	294	2%
17	80 a 84	106	101	207	1%
18	85 o más	102	106	208	1%
	Total	**8,146**	**8,954**	**17,100**	**100%**

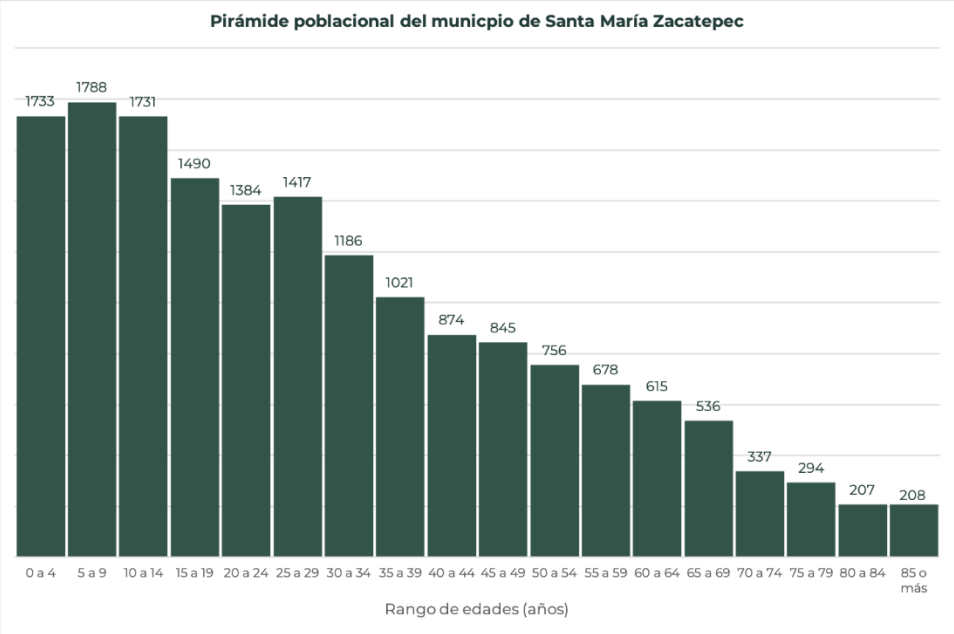
Fuente: Modificado de (Economía, 2023)

En la Tabla anterior se puede ver la distribución de la población por rango de edad, dividida entre hombres y mujeres, notándose que las niñas y niños, desde los recién nacidos hasta los aquellos con nueve años, son mayoría, ya que integran el 20.6% de toda la población del municipio.

Así mismo, las y los adolescentes tempranos, entre 10 y 14 años, suman el 10.12 %, por lo que estos tres primeros grupos de población son mayoría, al rebasar la tercera parte de los habitantes de Santa María Zacatepec (30.7%).

Un cuarto grupo, formado por personas con 15 a 19 años, que se encuentran en la etapa conocida como adolescencia media y están en edad de asistir a escuelas de nivel medio superior, representan el 8.71% de la población.

Gráfica 11. Distribución de la población por rango de edad, en Santa María Zacatepec



Fuente: Elaboración propia con datos de Economía, 2023.

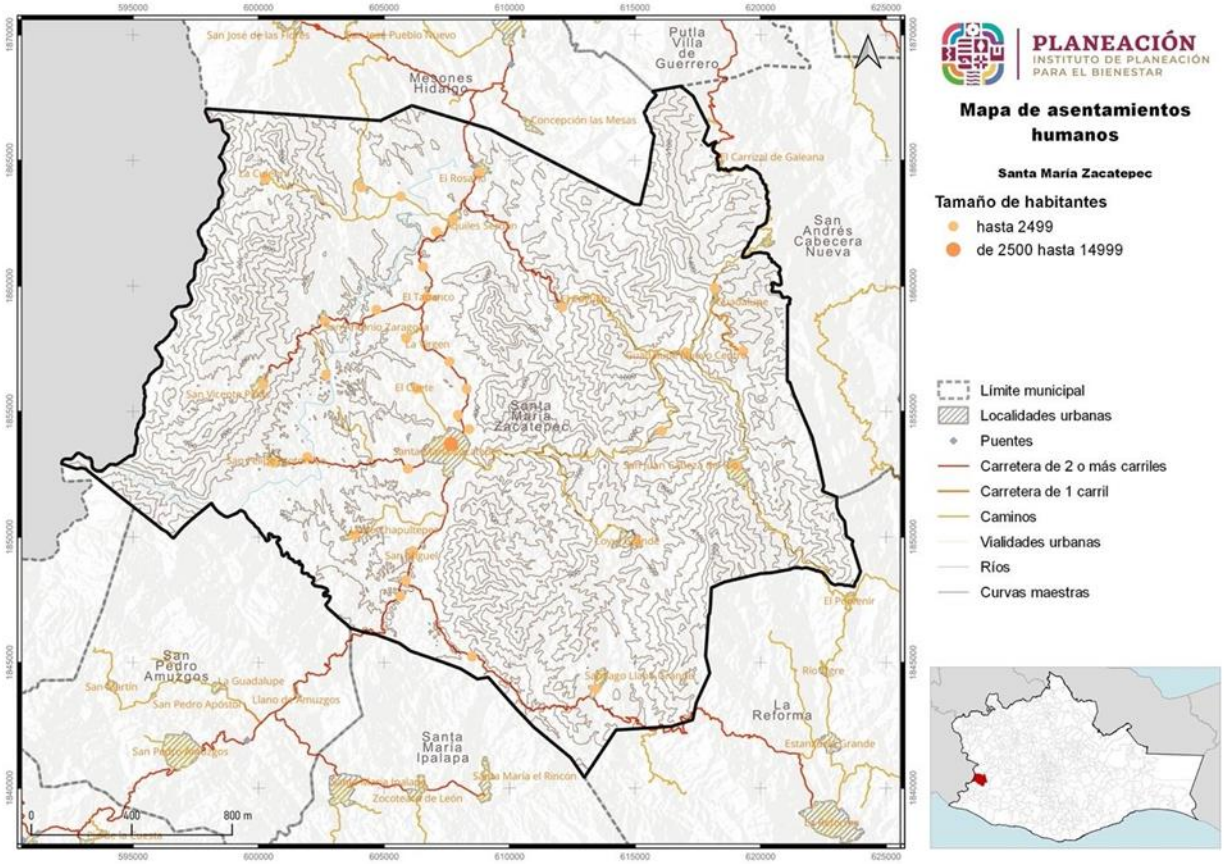
Las y los jóvenes, entre los 20 y 24 años, suman 8.1%, que, aunque deberían estar cursando alguna carrera profesional, en muchos casos son los que se casan y por ende, deben dedicarse a trabajar, pudiendo darse el caso de convertirse en migrantes.

Por otra parte, los habitantes de Santa María Zacatepec con edades entre 25 a 44 años, componen el 26.3% de la población municipal. Este grupo constituye los adultos jóvenes, que regularmente ya son responsables de la manutención y consolidación de su familia.

Las y los adultos maduros, que abarca desde los 45 a los 59 años, componen el 13.3% de la población del municipio. Se preocupan por formar un patrimonio familiar para facilitarle la vida a las hijas e hijos. Junto con las personas de 25 a 44 años, son la principal fuerza de trabajo del municipio.

La población de 60 años y más, conocida como adultos mayores, aunque aún desarrollan actividades económicas generadoras de ingresos económicos para sus familias, éstas se ven reducidas conforme avanza su edad, hasta llegar a ser totalmente dependientes, primero en lo económico y después en todos los ámbitos de su vida.

Mapa 21. Asentamientos humanos por cantidad de población en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024.

IV.2 Condiciones sociales y económicas

En este subcapítulo se analiza la situación de los habitantes del municipio con mayor vulnerabilidad, se describe la población con discapacidades y limitantes únicas o combinadas, con carencias por acceso a los servicios de salud, por empleo o ingresos y por su grado de pobreza y marginación.

IV.2.1 Población con discapacidad

Oaxaca es el estado de la República Mexicana con más personas discapacitadas. El 7.2% de su población no puede realizar alguna de las actividades consideradas cotidianas, como son: caminar, subir o bajar; ver aún usando lentes; oír, aún usando aparato auditivo; bañarse, vestirse o comer; recordar o concentrarse y hablar o comunicarse, incluyendo personas que tienen algún problema o condición mental desfavorable (INEGI, ITER Principales resultados por Localidad, 2020).

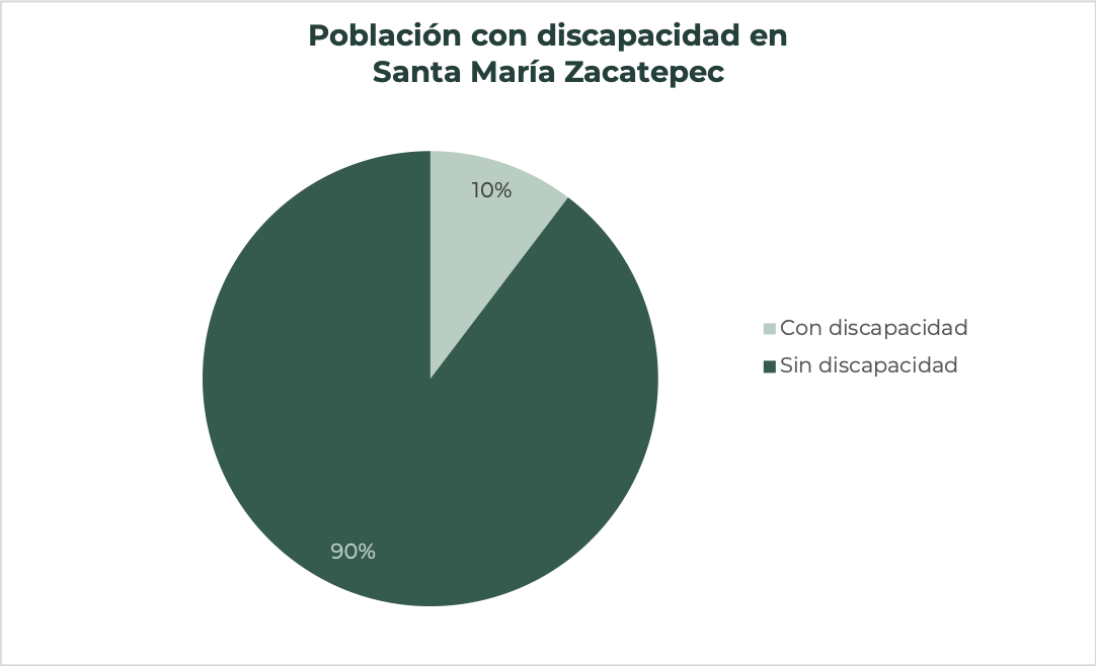
Tabla 30. Población con discapacidad en el municipio de Santa María Zacatepec

Localidad	Población total	Población con discapacidad
Total	17,100	1,768
Santa María Zacatepec	5,961	691
Aquiles Serdán	586	95
San Felipe Atotonilco	541	48
San Juan Cabeza del Río	1,510	167
Coyul Grande	293	29
La Culebra	433	44
Guadalupe	421	22
Santiago Llano Grande	813	76
San Marcos Nejapa	228	19
Las Palmas	104	8
San Antonio Zaragoza	308	27
San Isidro Amatitlán	421	37
San Juan Viejo	216	24
San Miguel	143	14
San Vicente Piñas	1,115	133
El Tapanco	625	10
Tres Arroyos	14	3
Llano Chapultepec	171	44
El Cuete	261	26
Rancho San Pedro	186	12
Loma del Carnero	3	-
Santa Cruz Tutiahua	610	54
El Coyulito	388	12
Guadalupe Nuevo Centro	493	51
El Rosario	789	92
Santa Cruz de Rufino Tamayo	125	11
El Cangrejo	30	2
Llano de la Viuda	33	1
La Virgen	112	1
Atotonilco	21	6
Tierra Colorada	1	-
El Naranjo	13	-
Limón Santa Ana [Barrio]	87	-
Santa Cecilia [Barrio]	45	9

Fuente: CentroGeo, 2024.

Esa situación se agrava en el municipio de Santa María Zacatepec, ya que el 10.36% de sus habitantes presentan alguna discapacidad, esto es 1,768 personas.

Gráfica 12. Porcentaje de población con discapacidad en el municipio de Santa María Zacatepec



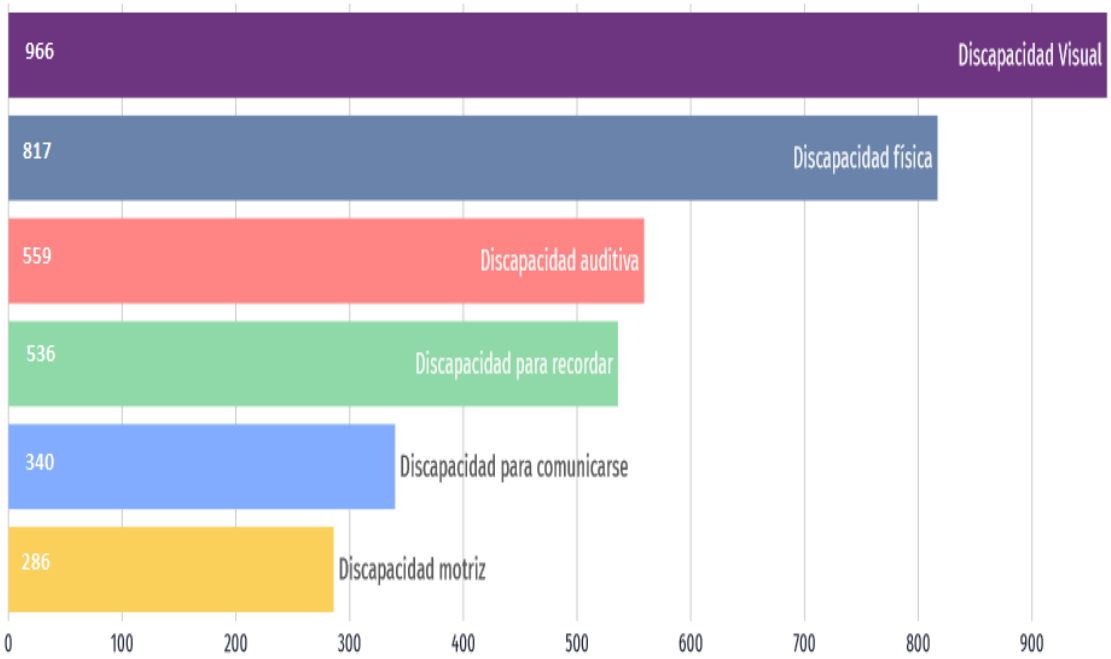
Fuente: CentroGeo, 2024.

Prácticamente en todas las localidades hay personas con alguna discapacidad. Sin embargo, la mayor cantidad de personas, en números absolutos, se encuentran en la cabecera municipal, con 691 habitantes (11.6% de su población), San Juan Cabeza del Río con 167 (11.1% de sus habitantes), San Vicente Piñas con 133 personas (11.9% de sus habitantes), Aquiles Serdán con 95 discapacitados (16.2% de su población), El Rosario con 92 habitantes (11.7%), Santiago Llano Grande con 76 pobladores (9.35%), las que en su conjunto suman el 71% de la población discapacitada del municipio.

Dentro de las discapacidades, la más presente en la población es la visual, con 966 personas. Le siguen las discapacidades físicas, con 817 habitantes, las auditivas, con 559 personas, las mentales, que registra a 536 habitantes, las del habla, con 340 personas y la motriz, que padecen 286 habitantes.

.

Gráfica 13. Discapacidades de la población en el Municipio de santa María Zacatepec



Fuente: Modificado de Economia, 2023.

IV.2.2 Lenguas indígenas

En Santa María Zacatepec, como en muchos pueblos indígenas, se utilizaban de manera habitual los términos “natural” para la población indígena y “gente de razón” para los mestizos, que se empleaban para marcar “alguna” separación, que identificaba a las personas más allá de su fisonomía o su condición económica, política, social o religiosa.

En el municipio conviven mixtecos-tacuates, mestizos, jarés (indígenas amuzgos de Guerrero), y afromexicanos, conservándose hasta la fecha rasgos y costumbres propias de los grupos indígenas, mismas que en los últimos años se han reposicionado como parte del espíritu nacionalista impulsado por la sociedad civil, que ha permeado las políticas de gobierno.

El grupo etnolingüístico mixteco integra a los Tacuates, aunque este pueblo ya ha sido reconocido por el Congreso del Estado de Oaxaca como el décimo sexto pueblo grupo étnico de Oaxaca, con lo que los Tacuates han alcanzado el mismo nivel jurídico que los otros pueblos indígenas, haciéndose beneficiarios de los derechos plenos de la normatividad en la materia.

El caso de los tacuates de Zacatepec es un ejemplo de configuración étnica en la que el lenguaje es un elemento importante, pero no la base de la identidad compartida, ya que lo Tacuate no se transmite por el lenguaje cognitivo ni se aprende a través de

él. Ser Tacuate no sugiere una relación o identificación íntima con lo mixteco, aún cuando esta es la lengua local, ni tampoco ser Tacuate deja de lado el hecho de compartir rasgos y elementos con los mixtecos.

Muchos indígenas no aprendieron el idioma, pues en la escuela no lo enseñaban; otros se fueron al norte y al regresar lo olvidaron. Otros se han casado con "gente de razón", lo que ha provocado que el castellano sea la lengua dominante en las unidades domésticas (Cisneros M. D., 2006).

En referencia a la población hablante de lengua Indígena, en el municipio se tienen registrados un total de 3,589 personas de 3 años y más con esa característica (Tabla 27), lo cual representa el 21% de la población total del municipio. El mayor número de hablantes de lengua indígena habitan en la Cabecera Municipal (1,866 personas), y en El Tapanco (480 personas). Además, resaltan El Cuete (219 personas), Llano Chapultepec (127 personas), Aquiles Serdán (111 personas) y San Felipe Atotonilco (105 personas), los que en su conjunto integran el 81% del total de la población hablante de lengua indígena del municipio.

Tabla 31. Población hablante de alguna lengua indígena por sexo del municipio de Santa María Zacatepec

Localidad	Población total	Hablantes de lengua indígena	Mujeres hablantes de lengua indígena	Hombres hablantes de lengua indígena
Total	17,100	3,589	1,933	1,656
Santa María Zacatepec	5,961	1,866	1,011	855
Aquiles Serdán	586	111	61	50
San Felipe Atotonilco	541	105	61	44
San Juan Cabeza del Río	1,510	4	3	1
Coyul Grande	293	1	1	-
La Culebra	433	12	7	5
Guadalupe	421	4	2	2
Santiago Llano Grande	813	10	5	5
San Marcos Nejapa	228	68	37	31
Las Palmas	104	55	28	27
San Antonio Zaragoza	308	8	5	3
San Isidro Amatitlán	421	18	6	12
San Juan Viejo	216	86	53	33
San Miguel	143	9	7	2
San Vicente Piñas	1,115	75	40	35
El Tapanco	625	480	257	223
Tres Arroyos	14	1	1	-
Llano Chapultepec	171	127	65	62
El Cuete	261	219	120	99

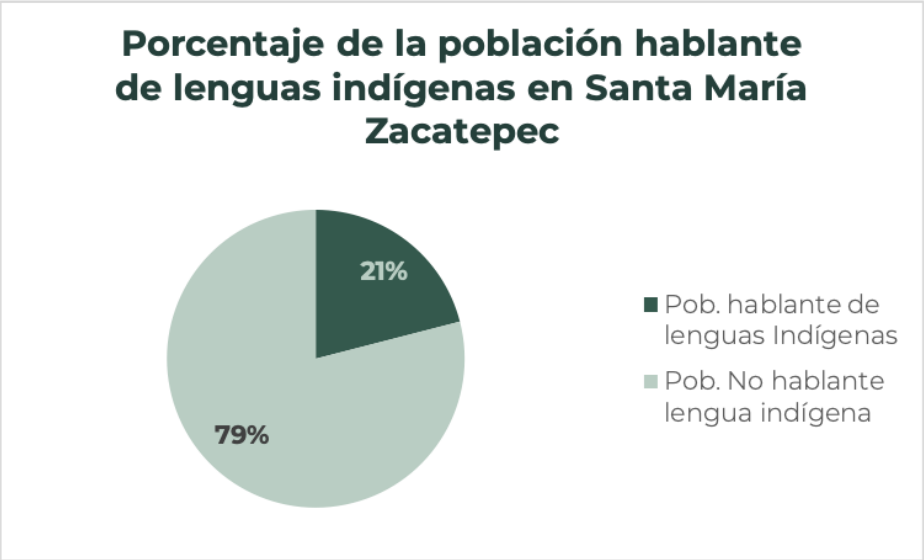
Localidad	Población total	Hablantes de lengua indígena	Mujeres hablantes de lengua indígena	Hombres hablantes de lengua indígena
Rancho San Pedro	186	69	35	34
Loma del Carnero	3	-	-	-
Santa Cruz Tutiahua	610	5	3	2
El Coyulito	388	11	5	6
Guadalupe Nuevo Centro	493	3	2	1
El Rosario	789	55	27	28
Santa Cruz de Rufino Tamayo	125	33	20	13
El Cangrejo	30	-	-	-
Llano de la Viuda	33	11	6	5
La Virgen	112	89	37	52
Atotonilco	21	2	2	-
Tierra Colorada	1	-	-	-
El Naranjo	13	1	-	1
Limón Santa Ana [Barrio]	87	19	11	8
Santa Cecilia [Barrio]	45	32	15	17

Fuente: (Geo, 2024).

De la población de 3 años y más hablante de lengua indígena en el municipio, la mayoría son mujeres (54%), superando en un 8% a los hombres (46%); así mismo, destaca el hecho que de los 223 habitantes que hablan lengua indígena y no hablan español, 185 son mujeres y esto es el 83% del total.

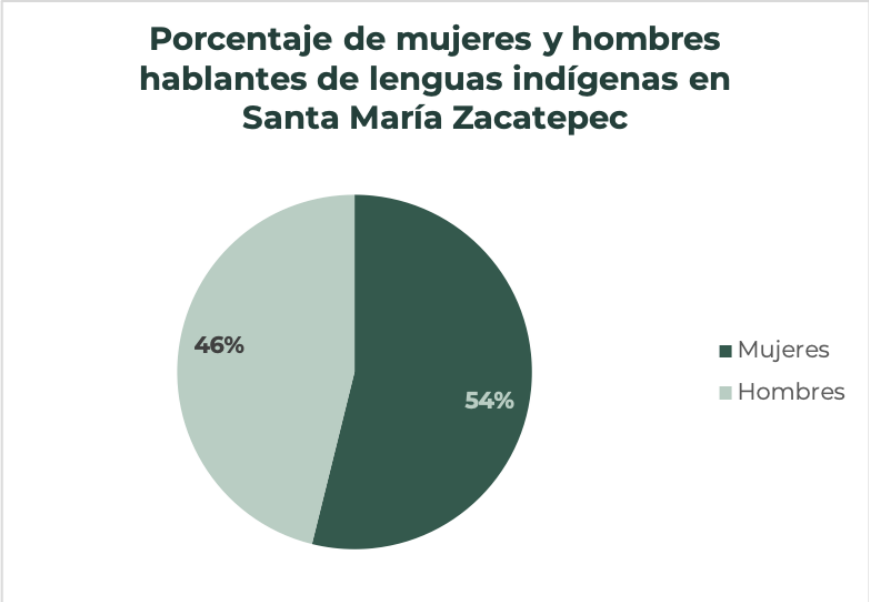
Lo anterior puede deberse al rol que desempeñan las mujeres, siempre ocupadas en los quehaceres del hogar y del campo, con poca relación con el exterior de la comunidad, lo que no las obliga a privilegiar hablar español y las mantiene más apegadas a su identidad indígena.

Gráfica 14. Población que habla alguna lengua indígena en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: (Geo, 2024)

Gráfica 15. Población femenina y masculina que habla alguna lengua indígena en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

Las localidades con mayor porcentaje de hablantes de lengua indígena, respecto a su población de 3 años y más son: El Cuete, donde el 86.6% hablan lengua indígena, La Virgen con el 81.6% hablante de lengua indígena, así como también El Tapanco con 81.4%, Barrio Santa Cecilia con 80%, Llano Chapultepec con 78.9%, y Las Palmas con el

56.7%. En la cabecera municipal, el 33.4% de sus habitantes de 3 años y más son hablantes de alguna lengua Indígena.

De las 3,589 personas hablantes de alguna lengua indígena del municipio, la mayoría son mujeres, representando el 53.9%, situación que es parecida en los demás municipios, salvo en San Isidro Amatitlán, donde es el 66.6% de hombres de 3 años y más son los que hablan lengua indígena.

En los hogares en los que el jefe de familia u otro miembro habla alguna lengua Indígena, habitan un total de 5,777 personas, que, por ese hecho, están inmersos en costumbres, creencias y la cosmovisión propia de sus ancestros indígenas.

En el municipio también hay presencia de población afro mexicana, con un total de 1,003 personas, 5.9% de la población municipal, de la cual el 52.7% son mujeres y el 47.3% hombres. La mayor concentración de población afro mexicana se encuentra en la cabecera municipal, con el 52.3% del total municipal.

Las lenguas indígenas que se hablan en Santa María Zacatepec son el Mixteco, el Amuzgo y cada vez menos el Náhuatl, aunque en el Censo 2020 se identificaron personas avecindadas, hablantes de Triqui, Mazateco, Tseltal, Maya, Zapoteco y Otomí.

IV.2.3 Servicios de salud

Datos de INEGI ITER 2020 mencionan que 12,549 personas de Santa María Zacatepec se encontraban afiladas a algún servicio de salud, lo que significaba el 73.4% de la población total del municipio.

Tabla 32. Habitantes derechohabientes a servicios de salud en el municipio de Santa María Zacatepec

Localidad	Población total	Población derechohabiente	IMSS	ISSSTE	ISSSTE estatal	Pemex, Defensa, Marina	Instituto de Salud Bienestar (INSABI)	IMSS Bienestar	Servicio privado	Otra	Porcentaje de población
Total	**17,100**	**12,549**	**157**	**317**	**40**	**13**	**11,909**	**100**	**6**	**7**	**73.4%**
Santa María Zacatepec	5,961	4,142	65	200	29	12	3,813	17	1	5	69%
Aquiles Serdán	586	450	16	9	2	0	422	1	0	0	77%
San Felipe Atotonilco	541	376	20	2	0	0	354	0	0	0	70%
San Juan Cabeza del Río	1,510	1,328	25	18	2	1	1,273	9	0	0	88%
Coyul Grande	293	276	0	0	0	0	276	0	0	0	94%
La Culebra	433	400	0	0	1	0	399	0	0	0	92%
Guadalupe	421	378	3	0	0	0	370	4	0	1	90%
Santiago Llano Grande	813	596	0	2	0	0	587	6	1	0	73%

Localidad	Población total	Población derechohabiente	IMSS	ISSSTE	ISSSTE estatal	Pemex, Defensa, Marina	Instituto de Salud Bienestar (INSABI)	IMSS Bienestar	Servicio privado	Otra	Porcentaje de población
San Marcos Nejapa	228	189	0	0	0	0	189	0	0	0	83%
Las Palmas	104	96	4	0	0	0	92	0	0	0	92%
San Antonio Zaragoza	308	60	0	0	1	0	50	9	0	0	19%
San Isidro Amatitlán	421	302	9	11	0	0	282	0	0	0	72%
San Juan Viejo	216	178	0	0	2	0	176	0	0	0	82%
San Miguel	143	87	0	0	0	0	87	0	0	0	61%
San Vicente Piñas	1,115	832	2	4	0	0	818	8	0	0	75%
El Tapanco	625	235	0	6	1	0	200	24	4	0	38%
Tres Arroyos	14	9	0	0	0	0	9	0	0	0	64%
Llano Chapultepec	171	136	0	0	0	0	136	0	0	0	80%
El Cuete	261	213	0	0	0	0	213	0	0	0	82%
Rancho San Pedro	186	141	4	1	0	0	136	0	0	0	76%
Loma del Carnero	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Santa Cruz Tutiahua	610	572	0	21	0	0	551	0	0	0	94%
El Coyulito	388	186	0	1	2	0	170	13	0	0	48%
Guadalupe Nuevo Centro	493	449	2	9	0	0	437	1	0	0	91%
El Rosario	789	605	7	29	0	0	568	0	0	1	77%
Santa Cruz de Rufino Tamayo	125	79	0	0	0	0	79	0	0	0	63%
El Cangrejo	30	25	0	0	0	0	20	5	0	0	83%
Llano de la Viuda	33	31	0	0	0	0	31	0	0	0	94%
La Virgen	112	51	0	0	0	0	48	3	0	0	46%
Atotonilco	21	16	0	0	0	0	16	0	0	0	76%
Tierra Colorada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
El Naranjo	13	13	0	2	0	0	11	0	0	0	100%
Limón Santa Ana [Barrio]	87	66	0	0	0	0	66	0	0	0	76%
Santa Cecilia [Barrio]	45	32	0	2	0	0	30	0	0	0	71%

Fuente: CentroGeo, 2024.

La gran mayoría de personas afiliadas (11,909 personas), reportaron recibir servicios del Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI), 317 personas del ISSSTE, 157 del IMSS y 100 personas del sistema IMSS-Bienestar; así también, 13 habitantes mencionaron contar con servicios de salud dependientes de la Secretaría de la Defensa Nacional

(PEMEX, Defensa, Marina), y las restantes 13 personas se atendían en instituciones y/o doctores privados.

Las localidades cuyo porcentaje de población afiliada a algún servicio de salud en 2020 superaban la media municipal del 70% son: El Naranjo (100%), Coyul Grande (94%), Llano de la Viuda (94%), Santa Cruz Tutiahua (97%), La Culebra (92%), Las Palmas (92%), Guadalupe Nuevo Centro (91%), Guadalupe (90%), San Juan Cabeza del Río (88%), El Cangrejo (83%), San Marcos Nejapa (83%), San Juan Viejo (82%), El Cuete (83%), Llano Chapultepec (80%), Aquiles Serdán (77%), El Rosario (77%), Atotonilco (76%), Barrio Limón Santa Ana (76%), Rancho San Pedro (76%), San Vicente Piñas (75%) y Santiago Llano Grande (73%).

San Isidro Amatlán, Barrio Santa Cecilia y San Felipe Atotonilco, aunque estaban debajo de la media municipal de personas con alguna afiliación a servicios de salud, se encontraban en o arriba del 70% de personas con acceso algún servicio de salud. En este mismo sentido, Santa María Zacatepec (69%), Tres Arroyos (64%), Santa Cruz de Rufino Tamayo (63%) y San Miguel (61%), se encontraban entre el 60 y 69% de su población afiliada a servicios de salud.

Es importante resaltar que en las localidades San Antonio Zaragoza, El Tapanco, La Virgen y El Coyulito, menos del 50% de su población tenían servicios de salud. A nivel municipal, 4,551 personas, el 26.6% del total de su población, carecían de acceso a estos servicios en 2020.

IV.3 Empleos e ingresos

IV.3.1 Población económicamente activa (PEA)

El Indicador de Población Económicamente Activa (PEA), se refiere a las personas de más de 15 años con trabajo o en busca de trabajo remunerado, que son los integrantes del hogar que generan ingresos y/o bienes de consumo para sus familias, que, en el caso de Santa María Zacatepec, en 2020, fue de 7,646 personas (el 45% de toda su población). Del total de la PEA, 2,932 eran mujeres, correspondiente al 38% y 4,714 eran hombres, el 62%.

Tabla 33. Población económicamente activa en el municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	Hombres de la PEA	Mujeres de la PEA	Población No Económicamente Activa
Total Santa María Zacatepec	17,100	7,646	2,932	4,714	9,454

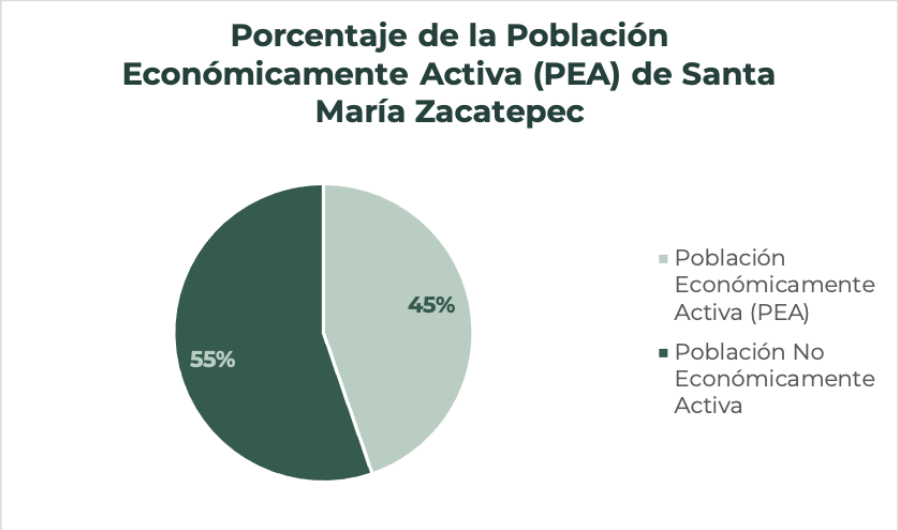
Localidad	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	Hombres de la PEA	Mujeres de la PEA	Población No Económicamente Activa
Santa María Zacatepec	5,961	2,862	1,230	1,632	3,099

Localidad	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	Hombres de la PEA	Mujeres de la PEA	Población No Económicamente Activa
Aquiles Serdán	586	152	34	118	434
San Felipe Atotonilco	541	126	27	99	415
San Juan Cabeza del Río	1,510	460	142	318	1,050
Coyul Grande	293	138	50	88	155
La Culebra	433	103	17	86	330
Guadalupe	421	126	15	111	295
Santiago Llano Grande	813	325	79	246	488
San Marcos Nejapa	228	103	35	68	125
Las Palmas	104	36	8	28	68
San Antonio Zaragoza	308	209	89	120	99
San Isidro Amatitlán	421	218	70	148	203
San Juan Viejo	216	67	10	57	149
San Miguel	143	71	21	50	72
San Vicente Piñas	1,115	491	183	308	624
El Tapanco	625	441	245	196	184
Tres Arroyos	14	9	5	4	5
Llano Chapultepec	171	105	48	57	66
El Cuete	261	96	31	65	165
Rancho San Pedro	186	91	39	52	95
Loma del Carnero	3	0	0	0	3
Santa Cruz Tutiahua	610	256	63	193	354
El Coyulito	388	289	145	144	99
Guadalupe Nuevo Centro	493	210	75	135	283
El Rosario	789	406	160	246	383
Santa Cruz de Rufino Tamayo	125	42	11	31	83
El Cangrejo	30	21	10	11	9
Llano de la Viuda	33	19	10	9	14
La Virgen	112	78	32	46	34
Atotonilco	21	13	5	8	8
Tierra Colorada	1	0	0	0	1
El Naranjo	13	2	0	2	11
Limón Santa Ana [Barrio]	87	57	29	28	30
Santa Cecilia [Barrio]	45	24	14	10	21

Fuente: CentroGeo, 2024

En referencia a la PEA a nivel de localidad, en la cabecera municipal se encuentra el 37.4% del total municipal. Las localidades en las que la PEA representa más del 60% de su población son; El Coyulito (74.5%), El Tapanco (70.6%), El Cangrejo (70%), La Virgen (69.6%), San Antonio Zaragoza (67.9%), Barrio Limón Santa Ana (65.5%), Tres Arroyos (64.3%), Atotonilco (61.9%) y Llano Chapultepec (61.4%).

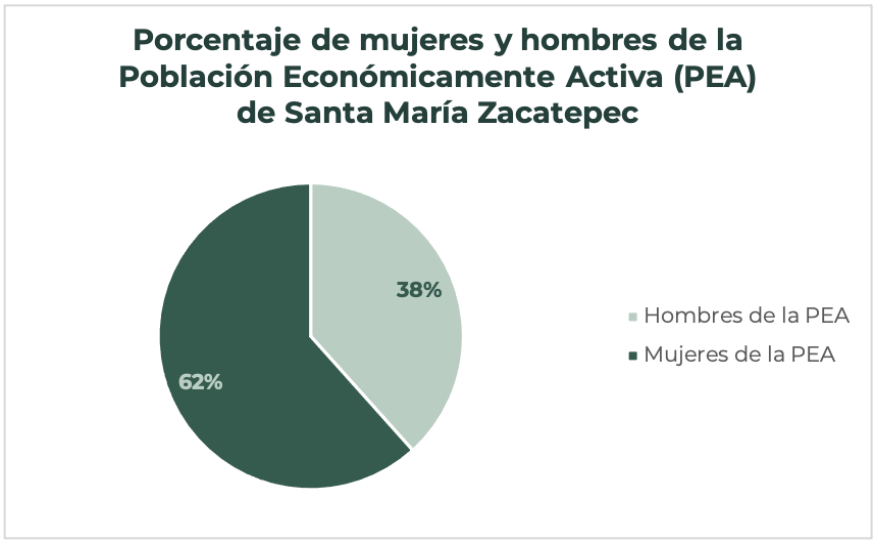
Gráfica 16. Porcentaje de la Población Económicamente Activa (PEA) de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

En sentido inverso, las localidades que registraron menos del 26% de su población total como PEA fueron; Aquiles Serdán (25.9%), La Culebra (23.8%), San Felipe Atotonilco (23.3%) y El Naranjo (15.4%); esta situación ubica a estas localidades en un rango alto de vulnerabilidad, dado que el porcentaje de población generadora de ingresos y bienes para las familias es bajo.

Gráfica 17. Distribución por género de la Población Económicamente Activa (PEA) en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

De la PEA municipal (7,646 personas), se registraron como ocupadas el 99.1%; esto es, 7,581 personas (2,927 mujeres y 4,654 hombres).

Tabla 34. Población Económicamente Activa (PEA), ocupada y desocupada, por localidad del municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA ocupada	PEA desocupada
Santa María Zacatepec	17,100	7,646	7,580	66

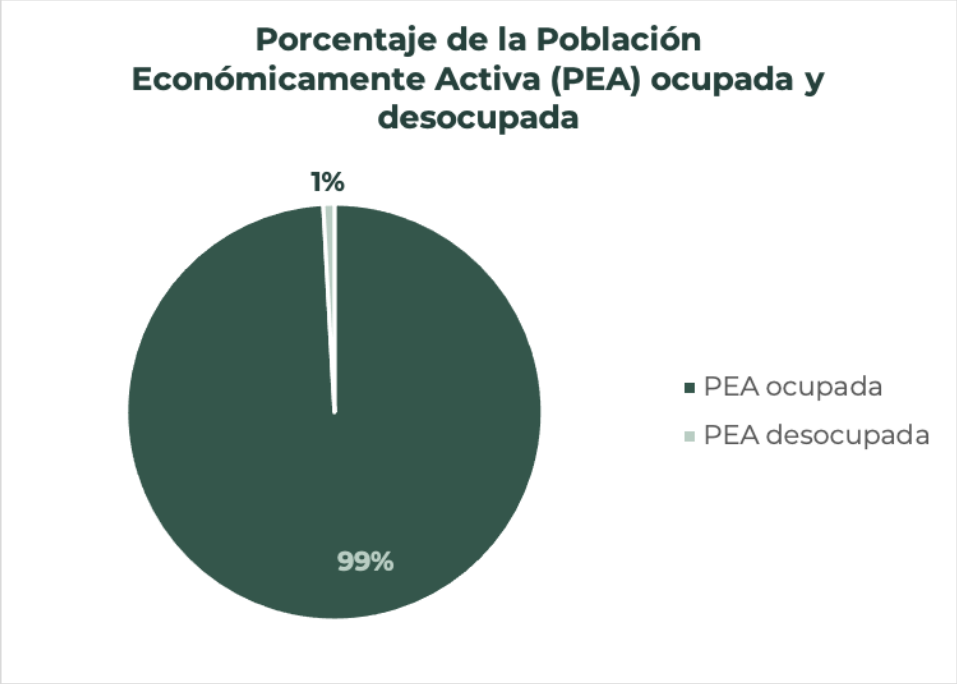
Localidad	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA ocupada	PEA desocupada
Santa María Zacatepec	5,961	2,862	2,839	23
Aquiles Serdán	586	152	148	4
San Felipe Atotonilco	541	126	125	1
San Juan Cabeza del Río	1,510	460	446	14
Coyul Grande	293	138	137	1
La Culebra	433	103	92	11
Guadalupe	421	126	125	1
Santiago Llano Grande	813	325	323	2
San Marcos Nejapa	228	103	103	0
Las Palmas	104	36	36	0
San Antonio Zaragoza	308	209	209	0
San Isidro Amatitlán	421	218	218	0
San Juan Viejo	216	67	67	0
San Miguel	143	71	71	0
San Vicente Piñas	1,115	491	488	3
El Tapanco	625	441	441	0
Tres Arroyos	14	9	9	0
Llano Chapultepec	171	105	105	0
El Cuete	261	96	96	0
Rancho San Pedro	186	91	91	0
Loma del Carnero	3	0	0	0
Santa Cruz Tutiahua	610	256	256	0
El Coyulito	388	289	289	0
Guadalupe Nuevo Centro	493	210	204	6
El Rosario	789	406	406	0
Santa Cruz de Rufino Tamayo	125	42	42	0
El Cangrejo	30	21	21	0
Llano de la Viuda	33	19	19	0
La Virgen	112	78	78	0
Atotonilco	21	13	13	0

Localidad	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA ocupada	PEA desocupada
Tierra Colorada	1	0	0	0
El Naranjo	13	2	2	0
Limón Santa Ana [Barrio]	87	57	57	0
Santa Cecilia [Barrio]	45	24	24	0

Fuente: CentroGeo, 2024.

INEGI 2020 registró que, de las 32 localidades con datos, en 22 se encontraba ocupada el 100% de su PEA; así mismo, en 10 localidades la ocupación de la PEA era superior al 90% y solo en La Culebra la PEA ocupada era del 89.3%.

Gráfica 18. Porcentaje de la Población Económicamente Activa (PEA), ocupada y desocupada, del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

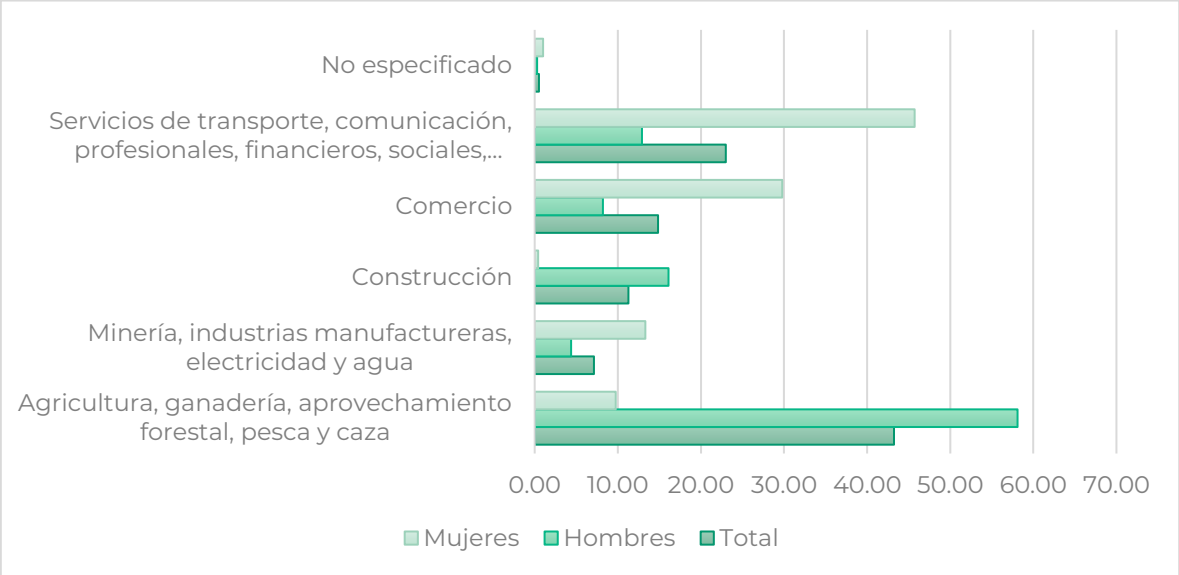
Cabe mencionar que las personas dedicadas a los quehaceres del hogar, que en su gran mayoría son mujeres, así como las pensionadas o jubiladas, estudiantes, aquellas que se encuentran incapacitadas permanentemente para trabajar o que declaran no trabajar, se consideran Población Económicamente Inactiva (PEI), lo que merece poner en la mesa del debate nacional la falta de reconocimiento al trabajo en el hogar, no valorado, por no ser remunerado. En Santa María Zacatepec se tienen registradas a 5,215 personas como PEI (3,951 mujeres y 1,264 hombres).

IV.3.2 Sectores productivos

IV.3.2.1 Sector primario

Con respecto a los sectores económicos en los que se emplea la PEA ocupada de Santa María Zacatepec, los tabulados del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020, registran a la mayoría (el 43.2%), en el Sector Primario (siguiente gráfica), que son las actividades agropecuarias, forestales de pesca y caza; le sigue un 23% de personas que trabajan en servicios de transporte y comunicación, así como profesionales y prestadores de servicios financieros, sociales y de gobierno; el 14.8% se dedican al comercio, el 11.3% laboran en la industria de la construcción y 7.1% declararon ocuparse en actividades relacionadas con la minería, industrias manufactureras, electricidad y agua (INEGI, Tabulados del Cuestionario Ampliado, 2020).

Gráfica 19. Porcentaje de personas ocupadas por sector económico de la PEA del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Tabulados del Cuestionario Ampliado, 2020.\

Las principales actividades del sector primario que se desarrollan en el municipio son de carácter agrícola, pecuario y forestal.

Respecto a las actividades agrícola y ganadera, según el censo agropecuario levantado por el INEGI en el año 2022, en el municipio se trabajaba en 2,227 unidades de producción, en su gran mayoría a cielo abierto de temporal (96%), en las que se sembraron cerca de 4 mil hectáreas. (INEGI, Censo Agropecuario, 2022).

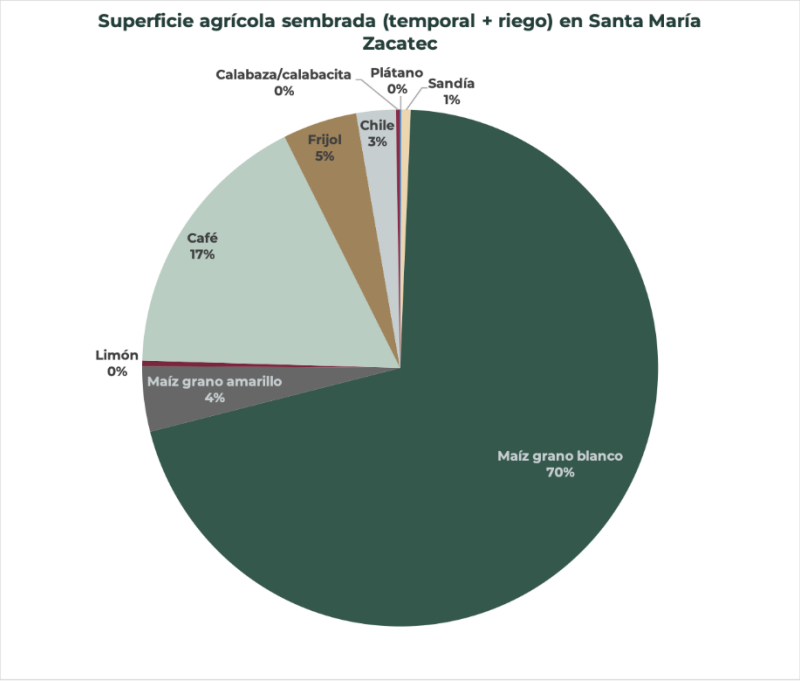
Tabla 35. Unidades de producción agropecuarias en el municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Unidades de producción agropecuaria (temporal + riego)	Superficie agrícola sembrada (temporal + riego) (ha)	Superficie agrícola cosechada (temporal + riego) (ha)	Unidades con agricultura de temporal a cielo abierto	Superficie de temporal sembrada (ha)	Superficie de temporal cosechada (ha)	Unidades con agricultura de riego a cielo abierto	Superficie de riego sembrada (ha)	Superficie de riego sembrada (ha)	Toneladas cosechadas de riego
Santa María Zacatepec	2,227	3,836.7	3,778.9	2,144	3,719.9	3,663.9	83	116.8	115.0	324.2
Cultivo	**Unidades de producción agropecuaria (temporal + riego)**	**Superficie agrícola sembrada (temporal + riego) (ha)**	**Superficie agrícola cosechada (temporal + riego) (ha)**	**Unidades con agricultura de temporal a cielo abierto**	**Superficie de temporal sembrada (ha)**	**Superficie de temporal cosechada (ha)**	**Unidades con agricultura de riego a cielo abierto**	**Superficie de riego sembrada (ha)**	**Superficie de riego sembrada (ha)**	**Toneladas cosechadas de riego**
Plátano	3	3.1	3.1	3	3.1	3.1	0	0.0	0.0	0.0
Sandía	14	22.3	22.3	10	15.8	15.8	4	6.5	6.5	118.0
Maíz grano blanco	1,621	2,699.9	2,665.1	1,567	2,621.6	2,587.1	54	78.3	78.0	148.3
Maíz grano amarillo	61	156.5	154.0	57	150.5	148.0	4	6.0	6.0	39.1
Limón	10	13.3	11.3	9	11.3	9.3	1	2.0	2.0	0.5
Café	297	658.1	649.1	297	658.1	649.1	0	0.0	0.0	0.0
Frijol	131	178.8	176.6	115	159.8	158.6	16	19.0	18.0	15.1
Chile	84	94.8	87.5	80	89.8	83.0	4	5.0	4.5	3.2
Calabaza/ calabacita	6	10.0	10.0	6	10.0	10.0	0	0.0	0.0	0.0

Fuente: CentroGeo, 2024.

De las unidades de producción utilizadas, solo 117 ha cuentan con riego, el 3% del total, lo que vuelve dependiente a la agricultura del temporal, mismo que en los últimos años ha sido desastroso, por períodos de sequías cada vez más extensos.

Gráfica 20. Porcentaje de superficie sembrada por producto en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

En la tabla y gráfica anteriores se mencionan las cifras de la producción agrícola en el municipio, según el Censo Agropecuario 2022, que consistió en la siembra de 3,836.7 ha, en 2,227 unidades de producción agropecuaria, cultivándose principalmente maíz grano blanco, en 1,621 unidades de producción, con una superficie de 2,700 ha (el 70.4% del total de la superficie sembrada). Le siguieron por superficie sembrada, el café con 658 ha, frijol con 179 ha, maíz grano amarillo con 156.5 ha y el chile con 95 ha. Por su parte, los cultivos de sandía, limón, calabaza y plátano, en conjunto, cubrieron el 1.6% del total de la superficie sembrada, que sumaron 49 ha.

Con respecto a la actividad ganadera, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2022 registra en Santa María Zacatepec la cría de vacas, puercos, cabras y aves, de las cuales, la especie que mayores ingresos genera al municipio son los bovinos, ya que el valor de los bovinos en pie representó, en el año 2022, un monto de 20 millones de pesos; la venta de su carne en canal, un monto de 23 millones y de su leche de 7 millones que, al sumarlos resulta un monto de 50 millones de pesos. Esto es el 90% de total del valor de la producción pecuaria en 2022 (SADER, 2023).

Tabla 36. Producción pecuaria 2022 en el municipio de Santa María Zacatepec

Especie/producto	Producción (toneladas o miles de litros)	Precio (pesos/kg)	Valor de la Producción (miles de pesos)
Bovinos en pie	654.28	30.86	20,191.1
Porcinos en pie	12.21	29.99	366.2
Caprinos en pie	12.58	35.97	452.5
Aves en pie	11.89	25.65	305
Guajolote en pie	1.66	46.29	76.8
Carne de bovinos en canal	358.46	63.86	22,891.2
Carne de porcinos en canal	9.35	46.79	437.5
Carne de caprinos en canal	6.41	73.29	469.8
Carne de aves en canal	8.87	37.90	336.2
Carne de guajolotes en canal	1.23	71.64	88.1
Leche de bovinos	806.48	8.72	7,032.5
Huevo para plato	22.21	27.84	618.3
Miel de abejas	58.03	45.24	2,625.3
Cera de abejas	0.84	74.03	62.2
Total	1,964.5		55,952.7

Fuente: Elaboración propia con datos del SADER, 2023.

Otros productos pecuarios que se obtienen en el municipio son la miel y cera de abejas, que, aunque aportan solo el 4.8% del valor total de la producción pecuaria, representan una oportunidad de negocio sustentable en el municipio.

Sobre la actividad forestal se cuenta con los datos obtenidos en el Estudio de Cuenca de abasto para el desarrollo industrial forestal maderable de la región Mixteca Sur, elaborado en el año 2015, en el que se menciona que de las 36,000 ha con que cuenta el Ejido de Santa María Zacatepec, 34,353.6 se encontraban arboladas y solo 2,070.1 contaban con programa de manejo (CONAFOR, 2015).

La superficie con manejo forestal registrado en ese año tenía existencias estimadas por el orden de los 60,365.4 m^3 de Volumen Total Árbol (VTA) de pino, encino y hojosas. En 2022, el ejido estaba en su quinto año de aprovechamiento y en sus tres primeros años había aprovechado un volumen de 2,596.87 m^3 VTA.

Los principales compradores de la madera obtenida en Santa María Zacatepec, según el estudio mencionado, eran las empresas Tableros y Chapas de Puerto escondido S.A. de C.V., Productos Forestales Mixteca Baja S.A. de C.V. y Maderería San Miguel.

Otro dato disponible sobre la actividad forestal en el municipio es el registrado en el Anuario Estadístico y Geográfico del estado de Oaxaca 2017, en el que se reportó un

volumen autorizado de aprovechamiento forestal maderable para el ejido, en el año 2016, por el orden de los 5,653 m^3 VTA.

IV.3.2.2 Sectores secundario y terciario

En el municipio de Santa María Zacatepec se cuenta también con actividades productivas tanto del sector secundario como del primario. Las actividades productoras del sector terciario se encuentran en una relación 3 a 1 a aquellas del sector secundario.

En lo que respecta a la actividad comercial del municipio, se enfoca principalmente al abasto de productos básicos en el municipio, a través de tiendas de abarrotes, un supermercado de marca nacional, verdulerías, carnicerías y pollerías. En el año 2021, se tenían registradas en el municipio 265 tiendas de abarrotes, 40 verdulerías, 45 carnicerías, 15 pollerías, además de 28 tiendas de ropa y ocho mueblerías (Centro Geo, 2024).

Tabla 37. Actividades económicas por sector en el municipio de Santa María Zacatepec

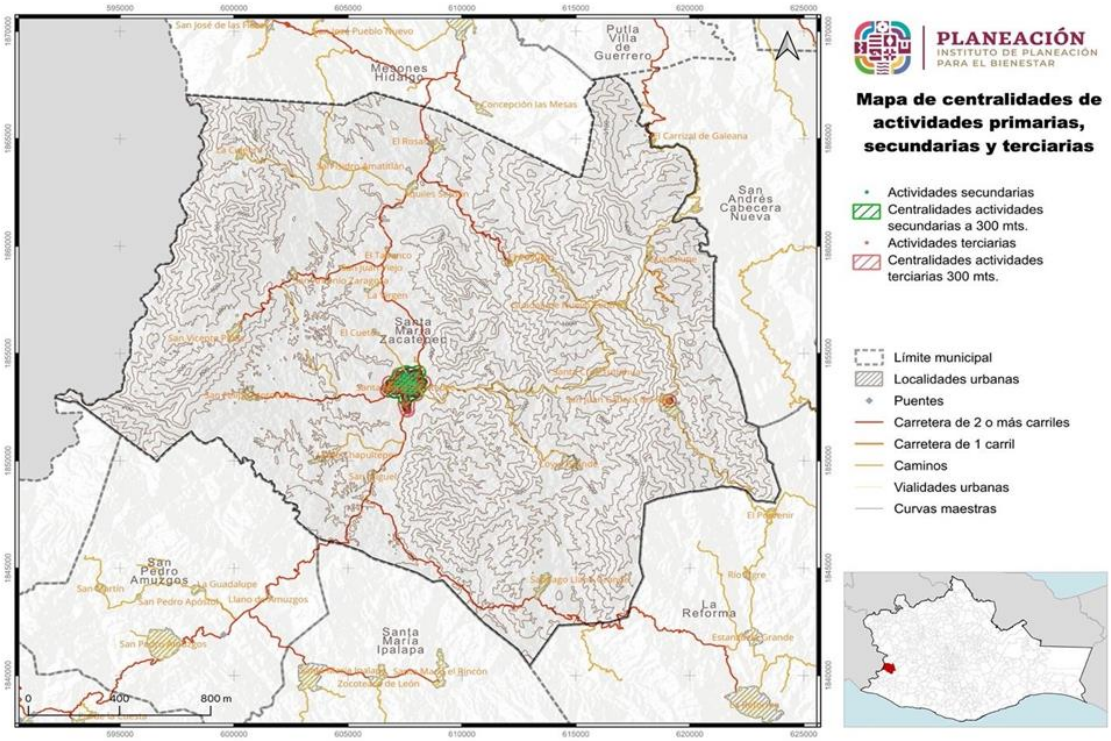
Sector productivo	Número de actividades
Secundario	189
Terciario	578

Fuente: CentroGeo, 2024.

IV.3.2.3 Centralidades económicas

En el caso de las actividades económicas de los sectores secundario y terciario del municipio, ambas se encuentran centralizadas o concentradas en la cabecera municipal.

Mapa 22. Centralidades de actividades económicas de los sectores secundario y terciario del municipio

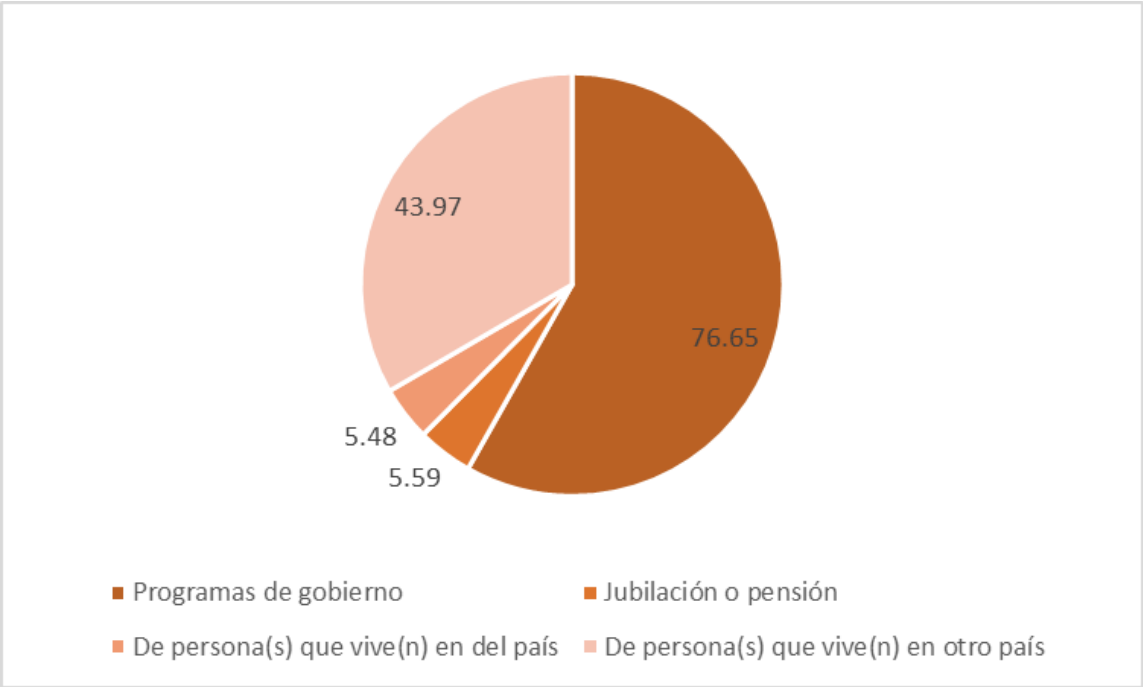


Fuente: CentroGeo, 2024.

IV.3.2.4 Otros ingresos

En 2,754 hogares del municipio, se reciben ingresos de fuentes distintas al trabajo local que realizan sus integrantes. Según los Tabulados del Cuestionario Ampliado, derivado del Censo de Población y Vivienda 2020, el 76.6% de esos hogares, son apoyados por programas de gobierno, en 44% se reciben remesas de familiares que trabajan en el extranjero, en 5.6% viven jubilados o pensionados y en 5.5% se tienen ingresos por apoyos de familiares que trabajan en otro lugar de México.

Gráfica 21. Porcentaje de hogares del municipio de Santa María Zacatepec que reciben ingresos de fuentes distintas al trabajo local de sus miembros



Fuente: Elaboración propia con datos de (Tabulados del Cuestionario Ampliado, 2020)

IV.4 Pobreza y marginación

La vulnerabilidad y la resiliencia son conceptos de naturaleza multifactorial. Ambos conceptos integran parámetros económicos e institucionales, como también variables sociales, políticas y culturales. La principal diferencia entre dichos conceptos estriba en su enfoque temporal en el cual se analiza el fenómeno que impacta al sistema y/o comunidad.

La vulnerabilidad hace hincapié en las características socioeconómicas preexistentes que exponen a una comunidad ante un fenómeno extremo. Por esta razón, la vulnerabilidad estudia el proceso de pre-impacto de un fenómeno sobre un sistema cualquiera (Rose, 2008).

Al interior del marco legal mexicano, la Ley General de Protección Civil (LGPC), entiende la vulnerabilidad como: [la] Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales (Ley General de Protección Civil, 2014).

Dentro del mismo marco legal, la LGPC define la resiliencia como: “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir,

asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos" (Ley General de Protección Civil, 2014). Al mismo tiempo la ley resalta, como una de las prioridades de la reducción de riesgos y la Gestión Integral de Riesgos, fortalecer la capacidad de resiliencia de las comunidades.

Una definición simple de riesgo nos puede ayudar a diferenciar de manera clara el concepto de vulnerabilidad y resiliencia. Entenderemos el riesgo como la combinación de dos factores principales: el peligro y la vulnerabilidad. La forma simple en las cuales se relacionan estas variables es la siguiente: $R = P * V$, donde R indica el riesgo, P el peligro y V la vulnerabilidad. El riesgo al que se encuentra expuesta una comunidad es una combinación de todas las condiciones preexistentes que han sido construidas socialmente (vulnerabilidad), y de la probabilidad de que un evento natural extremo ocurra en un periodo de tiempo determinado en una zona geográfica determinada, siendo un peligro (Atlas Nacional de Riesgo, 2015).

Con base en lo anterior, Santa María Zacatepec se encuentra clasificado con un grado de vulnerabilidad social Medio y un grado de resiliencia Bajo, dadas las condiciones socioeconómicas de su población.

Tabla 38. Grado de vulnerabilidad social y resiliencia del municipio de santa María Zacatepec

Municipio	Grado de vulnerabilidad social (2010)	Grado de resiliencia (2015)
Santa María Zacatepec	Medio	Bajo

Fuente: CentroGeo, 2024.

Por otra parte, para monitorear el nivel de acceso que tiene la población a los derechos sociales que por ley le corresponden, se tiene el Índice de Rezago Social de las personas y de sus bienes en el hogar, que contempla indicadores relacionados con el rezago educativo, acceso a servicios de salud, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda, así como bienes existentes en los hogares, debiendo aclararse que no se trata propiamente de una medición de pobreza, ya que no incluye los indicadores de ingreso, seguridad social y alimentación.

En este sentido, el municipio se encuentra registrado con un índice de rezago social de 0.42, que lo coloca con un grado medio de rezago social (CONEVAL, Medición de la Pobreza).

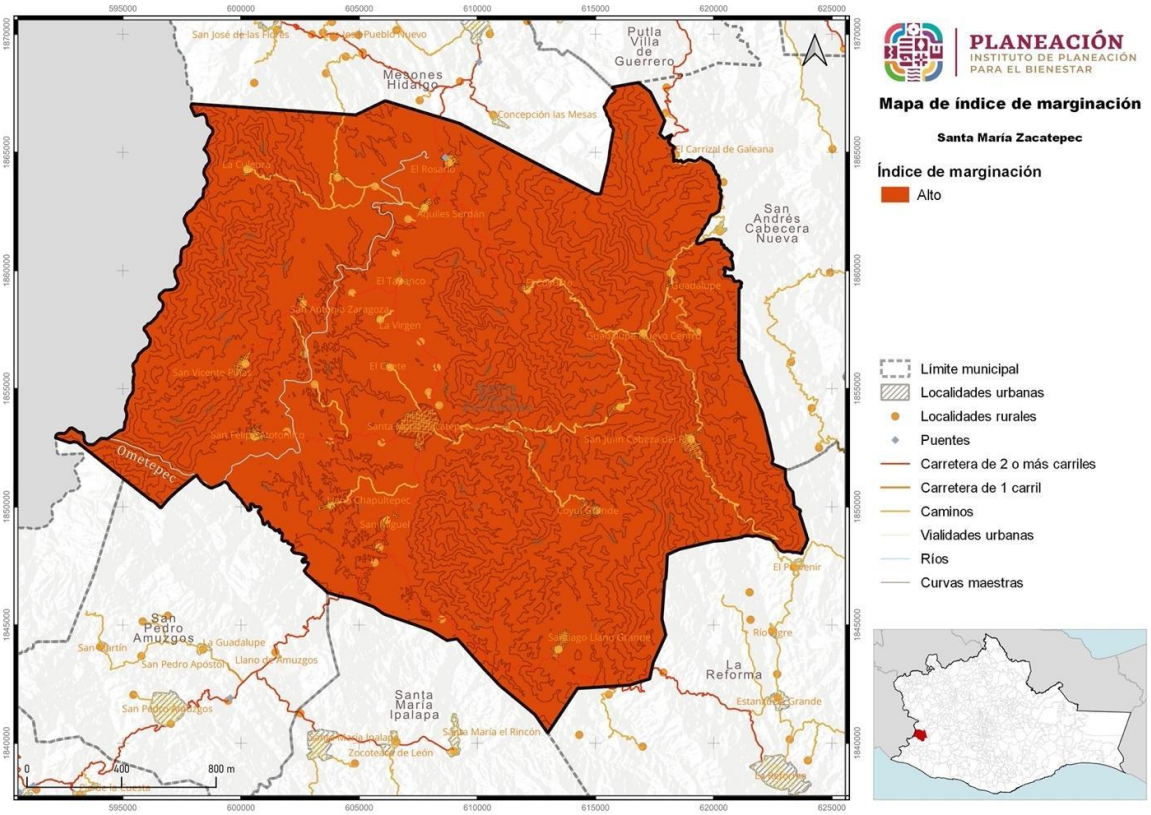
Tabla 39. Índice y grado de rezago social del municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Población total	Índice de rezago social	Grado de rezago social
Santa María Zacatepec	17,100	0.42	medio

Fuente: CentroGeo, 2024.

La pobreza es un fenómeno multidimensional que comprende aspectos relacionados con las condiciones de vida que vulneran la dignidad de las personas, limitan sus derechos y libertades fundamentales, impiden la satisfacción de sus necesidades básicas e imposibilitan su plena integración social. Los pobres de Santa María Zacatepec registran tres carencias en promedio (CONEVAL, Medición de la Pobreza, Indicadores de Pobreza por Municipio, 2020).

Mapa 23. Índice de marginación en el municipio Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

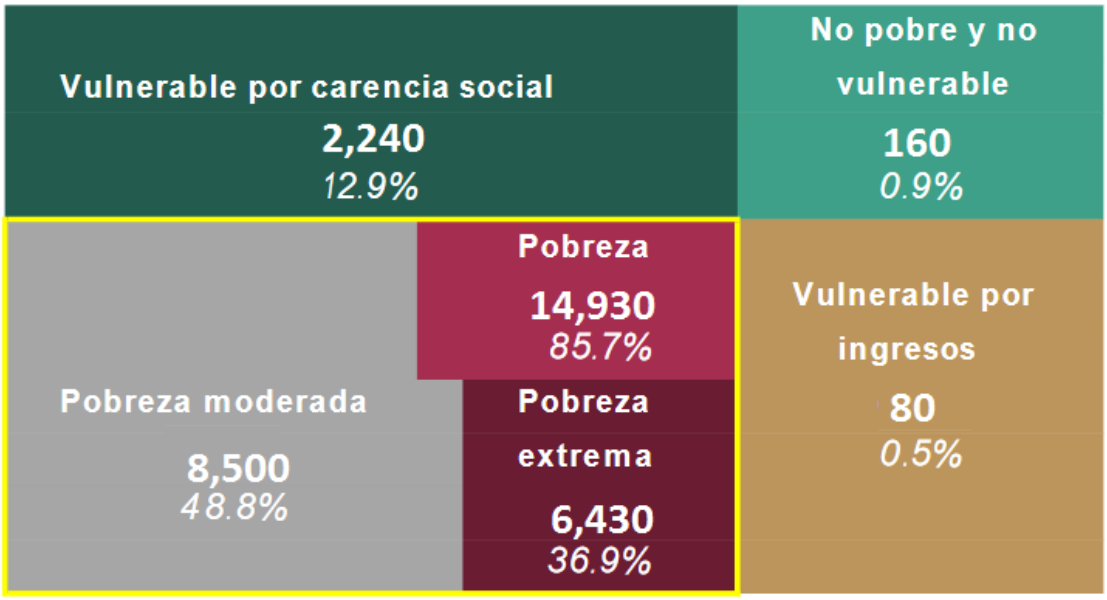
La marginación se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. Santa María Zacatepec está catalogado como municipio de alta marginación y con un grado de rezago social medio, aunque cuatro de sus localidades se consideran como de alto y muy alto rezago social (CONAPO, 2011).

Conforme cifras de INEGI 2020 y el análisis realizado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en el municipio de Santa María Zacatepec, por cada 100 habitantes, cerca de 86 son pobres, de los cuales 49 sufren pobreza moderada, con 2.5 carencias en promedio y 37 se encuentran en peores condiciones, con 3.7 carencias en promedio, lo que los ubica en pobreza extrema.

En números totales, 14,930 personas del municipio son pobres, de los cuales, 8,500 sufren pobreza moderada y 6,430 pobreza extrema. Así mismo, 2,240 habitantes se encuentran vulnerables, en virtud de tener alguna carencia social, ya que, aún cuando cuentan con ingresos para su alimentación y otros bienes de consumo, tienen alguna carencia social. 80 personas son vulnerables por ingresos, esto es que, aunque no tienen carencias sociales, su ingreso no es suficiente.

En el municipio, solo 160 personas se clasifican como no pobres ni vulnerables, ya que no padecen carencias, además de contar con ingresos suficientes para satisfacer sus necesidades básicas.

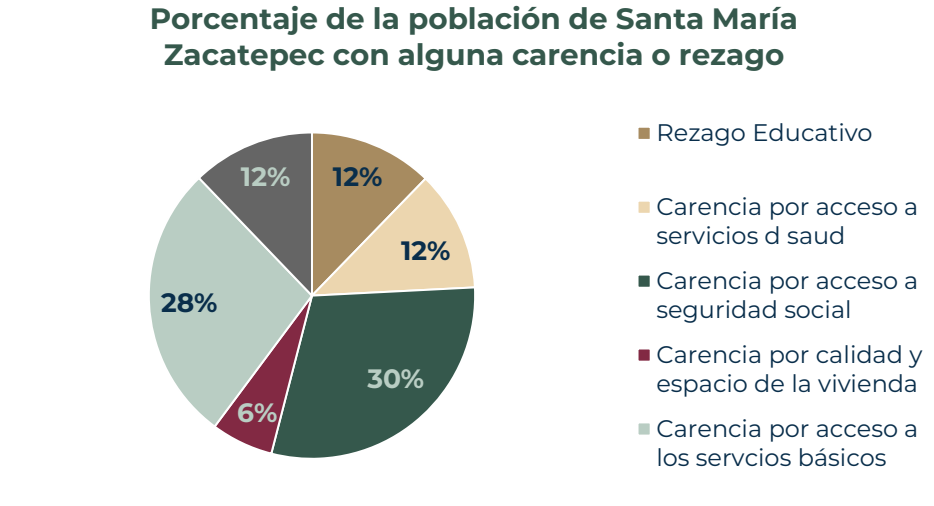
Gráfica 22. Pobreza y vulnerabilidad 2023 en el municipio de Santa María Zacatepec



*La población total del municpio de este gráfico es de 17,410 personas, a diferencia de las 17,100 manejadas en el presente documento con datos del Censo de Población, INEGI 2020.

Fuente: Modificado del Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2023 (Bienestar, 2023)

Gráfica 23. Porcentaje de la población con diversas carencias sociales en Santa María Zacatepec



Fuente: Elaboración propia con datos de (CONEVAL, Medición de la Pobreza, indicadores de pobreza por municipio, 2020)

Con respecto a la población de Santa María Zacatepec que sufren carencias sociales, se tiene que;

- 6,280 presentan rezago educativo, personas con 15 años o más que no concluyeron su educación básica.
- 6,110 presentan carencia por acceso a servicios de salud, al no estar afiliados a algún servicio de esta naturaleza.
- 15,267 carencias por acceso a seguridad social, por no estar protegidos ante las eventualidades, como accidentes o enfermedades, o ante circunstancias socialmente reconocidas, como la vejez y el embarazo.
- 3,157 carencia por calidad y espacio en sus viviendas, por habitar en una vivienda con pisos de tierra y/o techo o paredes de materiales endebles e inseguros.
- 14,154 carencia por acceso a servicios básicos, ya que en sus viviendas no cuentan con servicio de agua entubada y/o energía eléctrica y/o drenaje o similar.
- 6,238 carencia por acceso a la alimentación, referido a las personas que en sus hogares padecen inseguridad alimentaria moderada o severa, o presenten limitación en el consumo de alimentos.

Es importante mencionar que un mismo habitante del municipio puede padecer una o más carencias.

IV.5 Inventario de bienes expuestos. Equipamiento e infraestructura estratégica

En este subcapítulo encontrarás información relacionada con los bienes, muebles e inmuebles que están expuestos a riesgos en el territorio. Son de carácter particular o colectivo, cumplen funciones para proveer servicios básicos o disminuir el rezago social o generan ingresos económicos que fortalecen la economía municipal.

IV.5.1 Viviendas y edificaciones

Santa María Zacatepec cuenta con 4,450 viviendas particulares habitadas en las 34 localidades registradas en el Censo de Población y Vivienda levantado por el INEGI en el 2020.

Tabla 40. Distribución de viviendas habitadas por localidad en el Municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Población	Viviendas totales	Viviendas habitadas
Santa María Zacatepec	17,100	6,363	4,450

Nombre localidad	Población	Viviendas totales	Viviendas habitadas
Santa María Zacatepec	5,961	2,050	1,458
Aquiles Serdán	586	239	155
San Felipe Atotonilco	541	168	117
San Juan Cabeza del Río	1,510	629	441
Coyul Grande	293	89	75
La Culebra	433	150	119
Guadalupe	421	191	132
Santiago Llano Grande	813	348	231
San Marcos Nejapa	228	87	59
Las Palmas	104	31	25
San Antonio Zaragoza	308	124	86
San Isidro Amatitlán	421	143	105
San Juan Viejo	216	75	56
San Miguel	143	54	41
San Vicente Piñas	1,115	471	306
El Tapanco	625	181	142
Tres Arroyos	14	17	5
Llano Chapultepec	171	54	40
El Cuete	261	76	55
Rancho San Pedro	186	57	44
Loma del Carnero	3	2	1
Santa Cruz Tutiahua	610	247	166

Nombre localidad	Población	Viviendas totales	Viviendas habitadas
El Coyulito	388	131	104
Guadalupe Nuevo Centro	493	251	151
El Rosario	789	333	224
Santa Cruz de Rufino Tamayo	125	39	29
El Cangrejo	30	13	9
Llano de la Viuda	33	13	5
La Virgen	112	37	26
Atotonilco	21	9	5
Tierra Colorada	1	3	1
El Naranjo	13	4	3
Limón Santa Ana [Barrio]	87	31	24
Santa Cecilia [Barrio]	45	16	10

Fuente: CentroGeo, 2024.

El mayor número de viviendas habitadas (1,458), se encuentran en la cabecera municipal, le siguen en número San Juan Cabeza de Río con 441, San Vicente Piñas con 306, Santiago Llano Grande con 231, El Rosario con 224, Santa Cruz Tutiahua con 166, Aquiles Serdán con 155 y Guadalupe Nuevo Centro con 151. Seis localidades tienen menos de 150 pero más de 100 viviendas habitadas; en otras cinco localidades se registran entre 50 y 99 viviendas habitadas; en 13 localidades las viviendas habitadas están entre cinco y 49 y en tres localidades más se tienen menos de 5 viviendas habitadas. No se cuenta con el registro de viviendas.

Un indicador importante para conocer el rezago social en materia de vivienda es el material con el que está construido el piso de ésta, teniéndose datos que mencionan que hay 607 viviendas habitadas con piso de tierra en el municipio, principalmente en la cabecera municipal y San Juan Cabeza de Río, que tienen 144 y 115 casas respectivamente, en esa condición.

Tabla 41. Servicios dentro de la vivienda particular habitada en el municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Población total	Viviendas particulares totales	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares con piso de tierra	Viviendas particulares con piso de material diferente de tierra	Viviendas particulares con un dormitorio	Viviendas particulares con dos dormitorios y más	Viviendas particulares sin energía eléctrica	Viviendas particulares sin agua entubada	Viviendas particulares sin drenaje
Santa María Zacatepec	17,100	6,363	4,450	607	3,807	2,063	2,351	120	92	275

Localidad	Población total	Viviendas particulares totales	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares con piso de tierra	Viviendas particulares con piso de material diferente de tierra	Viviendas particulares con un dormitorio	Viviendas particulares con dos dormitorios y más	Viviendas particulares sin energía eléctrica	Viviendas particulares sin agua entubada	Viviendas particulares sin drenaje
Santa María Zacatepec	5,961	2,050	1,458	144	1,303	682	765	31	10	30
Aquiles Serdán	586	239	155	25	130	77	78	10	11	27
San Felipe Atotonilco	541	168	117	13	104	52	65	1	6	15
San Juan Cabeza del Río	1,510	629	441	115	323	242	196	15	4	26
Coyul Grande	293	89	75	15	60	38	37	1	0	7
La Culebra	433	150	119	8	107	59	56	3	4	13
Guadalupe	421	191	132	8	124	62	70	0	2	4
Santiago Llano Grande	813	348	231	15	214	101	128	2	2	8
San Marcos Nejapa	228	87	59	4	54	19	39	1	0	1
Las Palmas	104	31	25	12	13	15	10	4	19	13
San Antonio Zaragoza	308	124	86	20	64	36	48	7	4	9
San Isidro Amatitlán	421	143	105	18	87	34	71	1	0	0
San Juan Viejo	216	75	56	12	44	31	25	1	4	7
San Miguel	143	54	41	2	39	16	25	0	0	0
San Vicente Piñas	1,115	471	306	48	258	131	175	14	4	10
El Tapanco	625	181	142	24	112	67	69	6	12	21
Tres Arroyos	14	17	5	1	4	5	0	0	0	0
Llano Chapultepec	171	54	40	8	32	22	18	1	1	0
El Cuete	261	76	55	15	40	15	40	3	4	6
Rancho San Pedro	186	57	44	16	28	16	28	2	0	1
Loma del Carnero	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Santa Cruz Tutiahua	610	247	166	17	149	78	88	5	0	38
El Coyulito	388	131	104	2	99	49	52	2	1	10
Guadalupe Nuevo Centro	493	251	151	14	137	61	90	2	0	14
El Rosario	789	333	224	27	197	102	122	3	1	4
Santa Cruz de Rufino Tamayo	125	39	29	3	25	10	18	1	0	1
El Cangrejo	30	13	9	0	9	5	4	0	0	2
Llano de la Viuda	33	13	5	2	3	3	2	0	2	1
La Virgen	112	37	26	11	15	14	12	0	1	1
Atotonilco	21	9	5	4	1	2	3	0	0	0

Localidad	Población total	Viviendas particulares totales	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares con piso de tierra	Viviendas particulares con piso de material diferente de tierra	Viviendas particulares con un dormitorio	Viviendas particulares con dos dormitorios y más	Viviendas particulares sin energía eléctrica	Viviendas particulares sin agua entubada	Viviendas particulares sin drenaje
Tierra Colorada	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0
El Naranjo	13	4	3	0	3	1	2	1	0	0
Limón Santa Ana [Barrio]	87	31	24	3	20	14	9	3	0	5
Santa Cecilia [Barrio]	45	16	10	1	9	4	6	0	0	1

Fuente: CentroGeo, 2024.

Otras carencias están dadas en las 120 viviendas que no cuentan con energía eléctrica, 92 que no tienen agua entubada, 275 que no tienen drenaje o similar y 19 que no cuentan con ninguno de los servicios mencionados anteriormente, según la siguiente gráfica.

Las viviendas sin servicio de agua entubada se encuentran principalmente en Las palmas (19 viviendas), El Tapanco (12), Aquiles Serdán (11) y en la cabecera municipal (10). En este último caso, el Plan de Municipal de Desarrollo Sustentable (PMDS), 2022-2024, menciona es necesaria la rehabilitación general de su sistema, ya que la tubería tiene más de 30 años, con alto riesgo de rupturas y colapso.

La falta del servicio de drenaje en las viviendas se recrudece en la localidad de San Juan Tutiahua, donde 38 de las 166 viviendas habitadas carecen de este servicio; en la cabecera municipal (30 viviendas), Aquiles Serdán (27) y San Juan Cabeza de Río (26). En esta última localidad, en las colonias de Guadalupe Nuevo Centro, el barrio la Muralla y el barrio Santa Ana, el drenaje presenta fugas de aguas negras. Por otro lado, en el barrio La Capilla de la cabecera municipal, su sistema de drenaje es muy limitado, lo que impide que las viviendas nuevas se conecten.

La carencia de energía eléctrica se presenta en diferentes barrios de la cabecera municipal y agencias como Barrio la Capilla, Barrio la Muralla, Barrio San José, centro 2da sección, centro 1^{era} sección, Barrio Limón, Barrio Santa Ana, Barrio Caja de Agua, Atotonilco, Llano Chapultepec, San Juan Viejo, La culebra, Guadalupe, Coyulito, Aquiles Serdán y San Vicente Piñas. En el caso del Barrio Centro primera sección y la comunidad de San Felipe Atotonilco, se presentan fallas constantes en el servicio, llegando a sufrir apagones.

El promedio de ocupantes por vivienda en el municipio es de 3.84, presentándose datos extremos en Llano de Viuda, donde el promedio se incrementa a 6.6 y en Tres Arroyos, con un promedio de 2.8 ocupantes. Estos datos permiten ubicar las localidades con mayor demanda de servicios básicos.

En el municipio, el hacinamiento no representa un problema, ya que el promedio de ocupantes por cuarto es de 1.23 y solo en la localidad Llano de la Viuda se llega a un promedio de 3.67.

IV.5.2 Infraestructura para la salud

La infraestructura de salud municipal se compone de doce clínicas, nueve que se encuentran funcionando y tres que no operan, todos ellos de atención de primer nivel.

Tabla 42. Infraestructura de salud en las localidades de Santa María Zacatepec

Localidad	Clave institución	Nombre institución	Tipo establecimiento	Tipología	Nivel atención	Estatus
Aquiles Serdán	IMO	Instituto Mexicano del Seguro Social Régimen Bienestar	De Consulta Externa	Unidad Médica Rural	Primer Nivel	En Operación
Guadalupe	IMO	Instituto Mexicano del Seguro Social Régimen Bienestar	De Consulta Externa	Unidad Médica Rural	Primer Nivel	En Operación
Guadalupe Nuevo Centro	SSA	Secretaría de Salud	De Consulta Externa	Rural de 01 Núcleo Básico	Primer Nivel	En Operación
San Juan Cabeza del Rio	IMO	Instituto Mexicano del Seguro Social Régimen Bienestar	De Consulta Externa	Unidad Médica Rural	Primer Nivel	En Operación
San Vicente Piñas	IMO	Instituto Mexicano del Seguro Social Régimen Bienestar	De Consulta Externa	Unidad Médica Rural	Primer Nivel	En Operación
Santa María Zacatepec	SMP	Servicios Médicos Privados	De Consulta Externa	Consultorio adyacente a Farmacia	Primer Nivel	En Operación
Santa María Zacatepec	SSA	Secretaría de Salud	De Consulta Externa	Urbano de 02 Núcleos Básicos	Primer Nivel	En Operación
Santa María Zacatepec	SSA	Secretaría de Salud	De Consulta Externa	Unidad Móvil	Primer Nivel	En Operación
Santa María Zacatepec	SSA	Secretaría de Salud	De Apoyo	Otros Establecimientos de apoyo	No Aplica	Fuera de Operación
Santa María Zacatepec	SSA	Secretaría de Salud	De Apoyo	Otros Establecimientos de apoyo	No Aplica	Fuera de Operación
Santa María Zacatepec	SSA	Secretaría de Salud	De Apoyo	Otros Establecimientos de apoyo	No Aplica	Fuera de Operación
Santiago Llano Grande	IMO	Instituto Mexicano del Seguro Social	De Consulta Externa	Unidad Médica Rural	Primer Nivel	En Operación

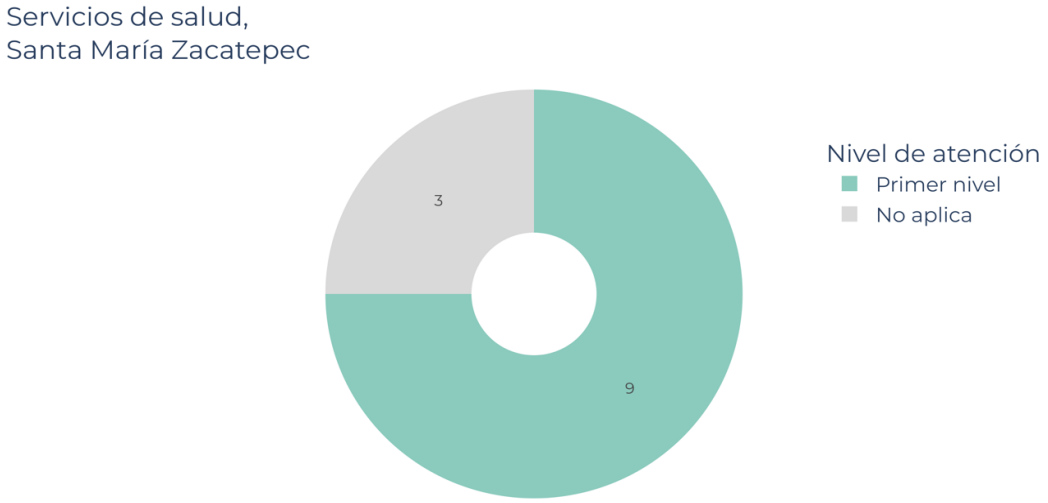
Localidad	Clave institución	Nombre institución	Tipo establecimiento	Tipología	Nivel atención	Estatus
		Régimen Bienestar				

Fuente: CentroGeo, 2024.

En la cabecera municipal se cuenta con el servicio de un centro de salud urbano de dos núcleos básicos, mientras que en la localidad de Guadalupe Nuevo Centro se encuentra un centro de salud rural de un núcleo. Las cinco unidades médicas rurales con las que cuenta el municpio se encuentran en las localidades de Santiago Llano Grande, San Vicente Piñas, San Juan Cabeza, Aquiles Serdán y Guadalupe. La cabecera municpal cuenta con una unidad móvil de atención de la Secretaría de Salud, así como con un consultorio de atención privada aledaño a una farmacia.

Además de estos servicios, según Zacatepec 2022-2024, existen *casas de salud* en las localidades de: Guadalupe Nuevo Centro, San Felipe Atotonilco, Coyul Grande, San Marcos Nejapa, Rufino Tamayo, San Miguel, Llano Chapultepec, El Cuete, Rancho La Virgen, El Tapanco, San Juan Viejo, El Rosario, Santa Cruz Tutiahua, San Pedro, La Culebra y el Coyulito.

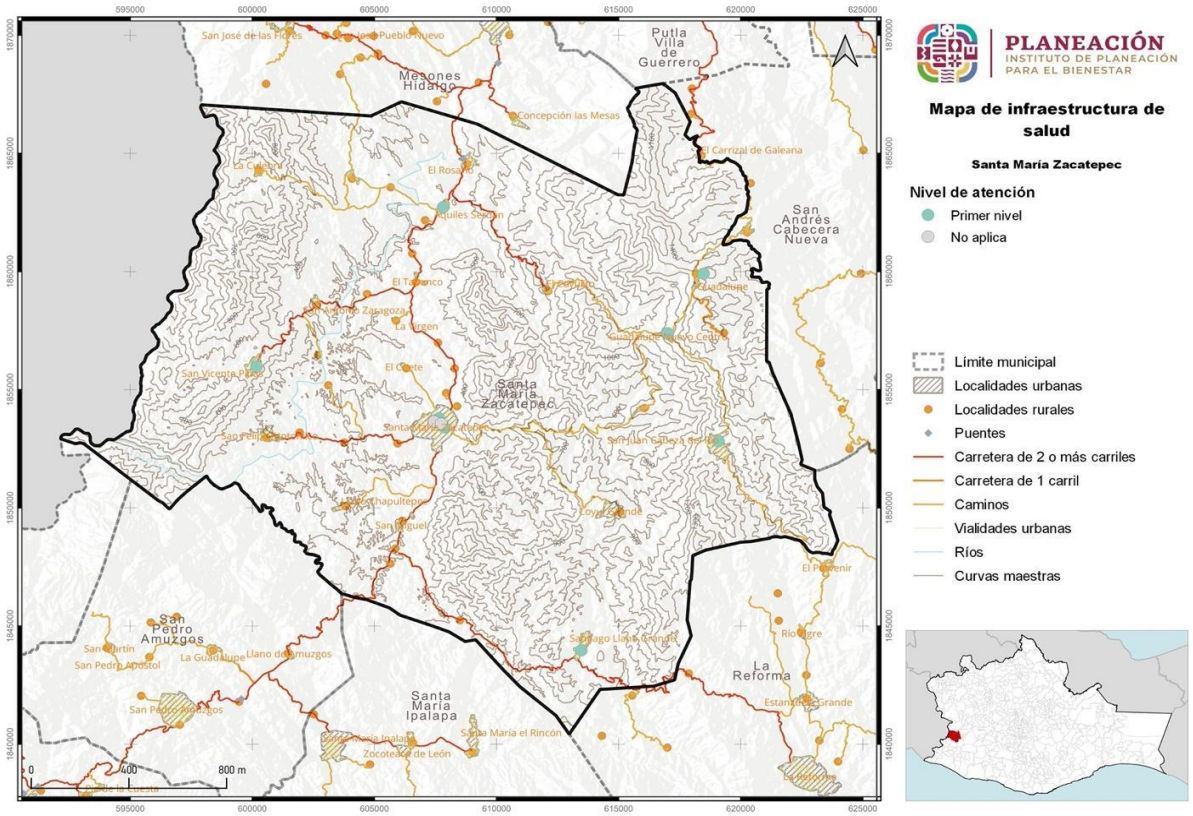
Gráfica 24. Nivel de atención de la infraestructura de salud en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

En todos los casos existe demanda de personal, medicamentos y equipo. El PMDS 2022-2024 menciona, de manera especial, que la infraestructura de la clínica de calud de Guadalupe se encuentra sumamente deteriorada, así como también que la casa de salud de San Pedro ya es insuficiente para atender a su población.

Mapa 24. Infraestructura para la salud del municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

IV.5.3 Infraestructura educativa

En la información oficial del INEGI se identificaron registrados en Santa María Zacatepec 6 planteles educativos, distribuidos en todo su territorio; cuatro planteles de educación primaria, uno de escuela secundaria y uno más de educación media superior.

Tabla 43. Infraestructura educativa en del municipio de Santa María Zacatepec

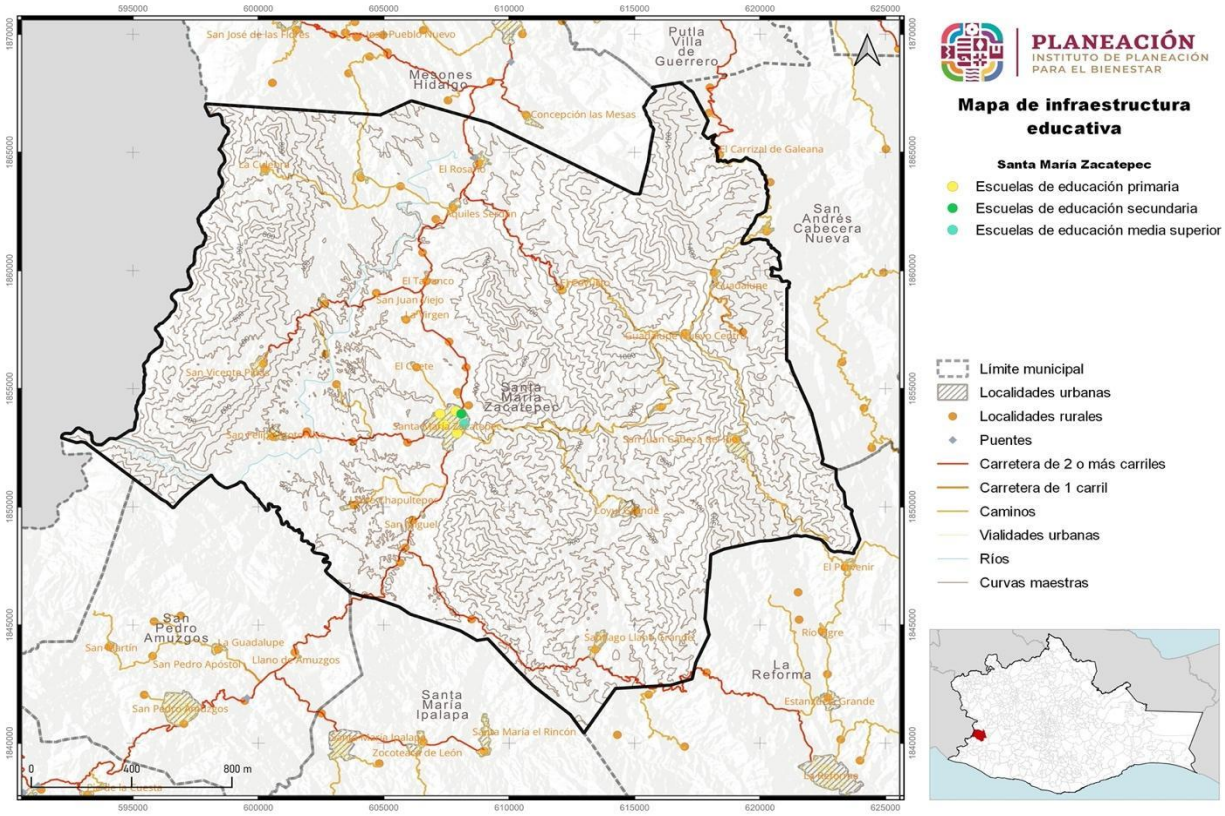
Clave CLEE	Nombre de unidad económica	Razón social	Código de actividad	Nombre de clase de actividad	Personal ocupado (personas)	Nombre de vialidad
20447611152000013 000000000U2	Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Oaxaca, Plantel Numero 10, Santa María Zacatepec	Gobierno del Estado	611162	Escuelas de educación media superior del sector público	11 a 30	San Juan
20447611122000033 000000000U3	Escuela Primaria Río Blanco	IEEPO	611122	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30	Insurgentes

Clave CLEE	Nombre de unidad económica	Razón social	Código de actividad	Nombre de clase de actividad	Personal ocupado (personas)	Nombre de vialidad
20447611122000022000000000U6	Escuela Primaria Bilingüe Ricardo Flores Magón	IEEPO	611122	Escuelas de educación Primaria del sector público	6 a 10	Tata Lencho
20447611122000043000000000U2	Escuela Primaria Bilingüe Licenciado Benito Juárez	Escuela Primaria Bilingüe Licenciado Benito Juárez Clave Escolar: 20depb0694I	611122	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30	Las Palmas
20447611122000012001000000U7	Escuela Primaria Rural México	IEEPO	611122	Escuelas de educación primaria del sector público	11 a 30	Ninguno
20447611132000013001000000U4	Escuela Secundaria General Narciso Bassols		611132	Escuelas de educación secundaria general del sector público	6 a 10	

Fuente: CentroGeo, 2024.

- En la Cabecera Municipal se cuenta con seis escuelas de nivel preescolar y un curso comunitario de educación preescolar mestizo; cuatro escuelas de nivel primaria y un curso comunitario de educación primaria mestiza, una escuela de nivel medio básico, la Secundaria General Narciso Bassols y una escuela de nivel medio superior, el Colegio De Estudios Científicos Y Tecnológicos del Estado de Oaxaca (CECYTEO).
- Preescolar, primaria, secundaria y un CECYTE en San Juan Cabeza del Río. Escuela preescolar, primaria, secundaria y un bachillerato intercultural en la Agencia de Aquiles Serdán.

Mapa 25. Infraestructura educativa en Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

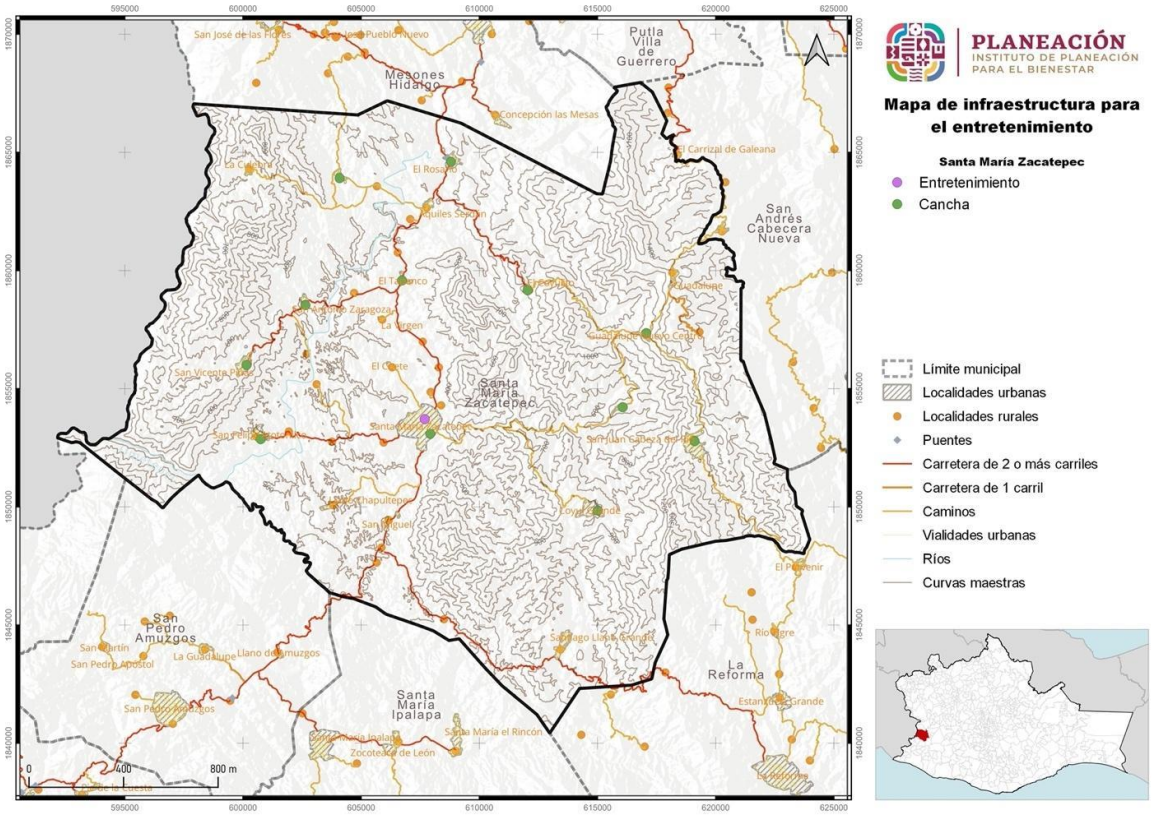
- Preescolar, primaria y telesecundaria en La Culebra, La Guadalupe, Santiago Llano Grande, San Antonio Zaragoza, San Isidro Amatitlán, San Vicente Piñas, El Tapanco, Santa Cruz Tutiahua, El Coyulito y El Rosario,
- Preescolar, primaria y secundaria en las localidades de San Felipe Atotonilco, Coyul Grande. Preescolar y telesecundaria en Guadalupe Nuevo Centro,
- Preescolar y primaria en San Marcos Nejapa, San Juan Viejo, Llano Chapultepec, El Cuete, Rancho San Pedro y un curso comunitario de educación preescolar indígena en Las Palmas.
- Primaria y curso comunitario de educación secundaria en La Virgen. Primaria en San Miguel, Santa Cruz de Rufino Tamayo y sólo preescolar en Coyulito nuevo.

IV.5.4 Infraestructura para el entretenimiento

Respecto a la infraestructura deportiva, en la cabecera municipal de Santa María Zacatepec se tiene una unidad deportiva, que, aunque no se encuentra concluida, es utilizada para la ejercitación física, principalmente de jóvenes. Así también, en todas

las localidades con escuela, se tienen canchas de basquetbol y futbol y en algunos casos, cuentan con otra cancha municipal. En total se cuentan con 12 canchas formales en el municipio.

Mapa 26. Infraestructura para el entretenimiento en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

En lo cultural, Santa María Zacatepec se enorgullece de tener su Centro Cultural Tacuate, en el que se resguardan los Lienzos de Zacatepec, memoria histórica de la fundación del municipio. El centro cultural se integra por una sala de exhibición de los elementos de la lengua materna, una biblioteca pública y un salón de música.

Tabla 44. Infraestructura de entretenimiento de Santa María Zacatepec

Nombre establecimiento	Razón social	Descripción	Personas ocupadas	Nombre vial
La Casa de Lienzo de Zacatepec	La Casa de Lienzo de Zacatepec	Museos del sector público	0 a 5 personas	Zaragoza

Fuente: CentroGeo, 2024.

IV.5.5 Bienes inmuebles

IV.5.5.1 Infraestructura de comunicaciones, telecomunicaciones y transporte

La que puede considerarse como principal infraestructura para el comercio y servicios en Santa María Zacatepec, está constituida por su red de carreteras y caminos, que facilitan tanto el abasto, como la comercialización de productos locales.

Tabla 45. Infraestructura de comunicaciones y transporte en el municipio de Santa María Zacatepec

Tipo de vialidad	Distancia (km)
Camino	85.6
Carretera	70.4
Privada	0.1
Calle	7.3
Vereda	0.04
Total	163.5

Fuente: CentroGeo, 2024.

En este sentido, la red de caminos y carreteras municipales suma 163.52 km y se compone principalmente por 70.4 km de carreteras, tanto la federal 125, como la carretera alimentadora estatal y poco más de 85 km de caminos que comunican a sus diferentes localidades.

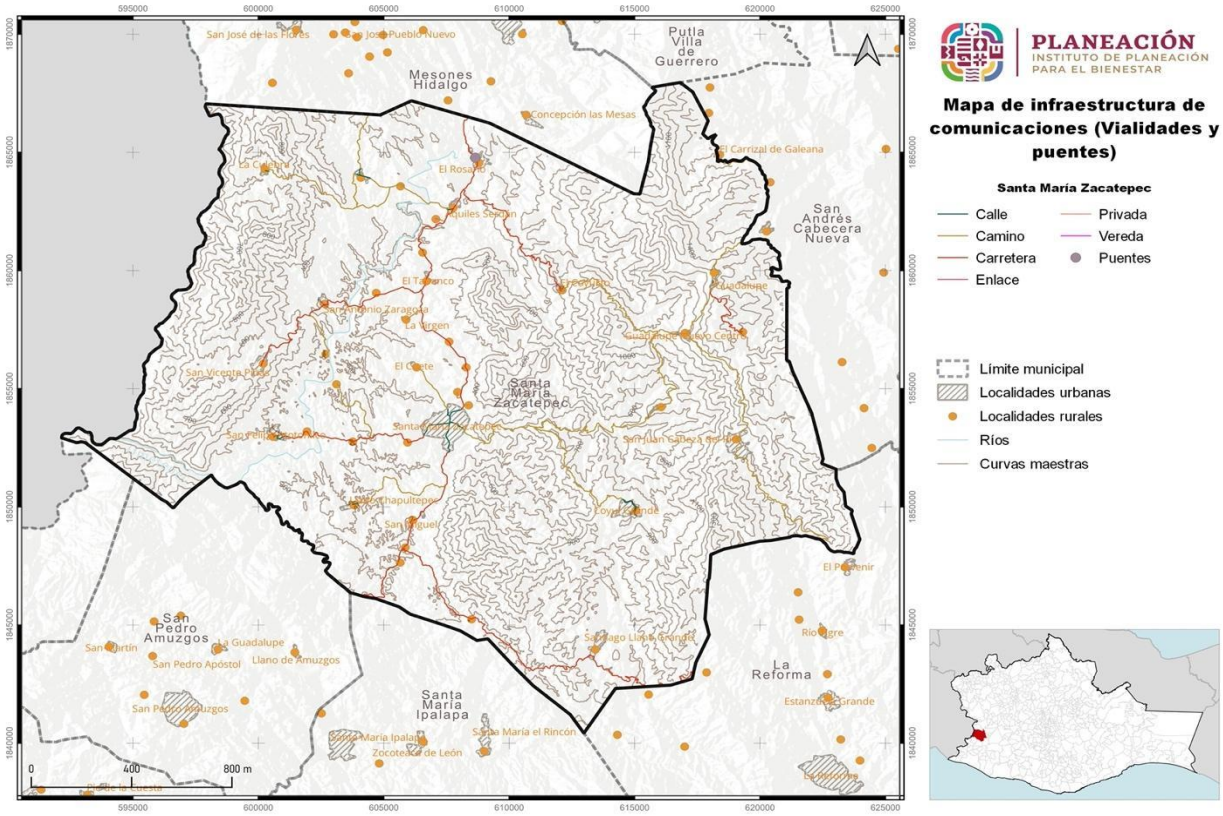
En el territorio municipal se encuentran el Puente Río Blanco, que ha sido afectado por el desbordamiento del río en tiempo de lluvias; así también, aproximadamente a 11 km de la cabecera municipal, se ubica el puente El Rosarito.

Tabla 46. Puentes ubicados en el municipio de Santa María Zacatepec

ID	Nombre	Tipo	Material	Fecha actualización
4180	El Rosarito	Chico (6-30 metros)	Concreto	10/09/2007 00:00

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 27. Infraestructura de comunicaciones y transporte en el municipio de Santa María Zacatepec



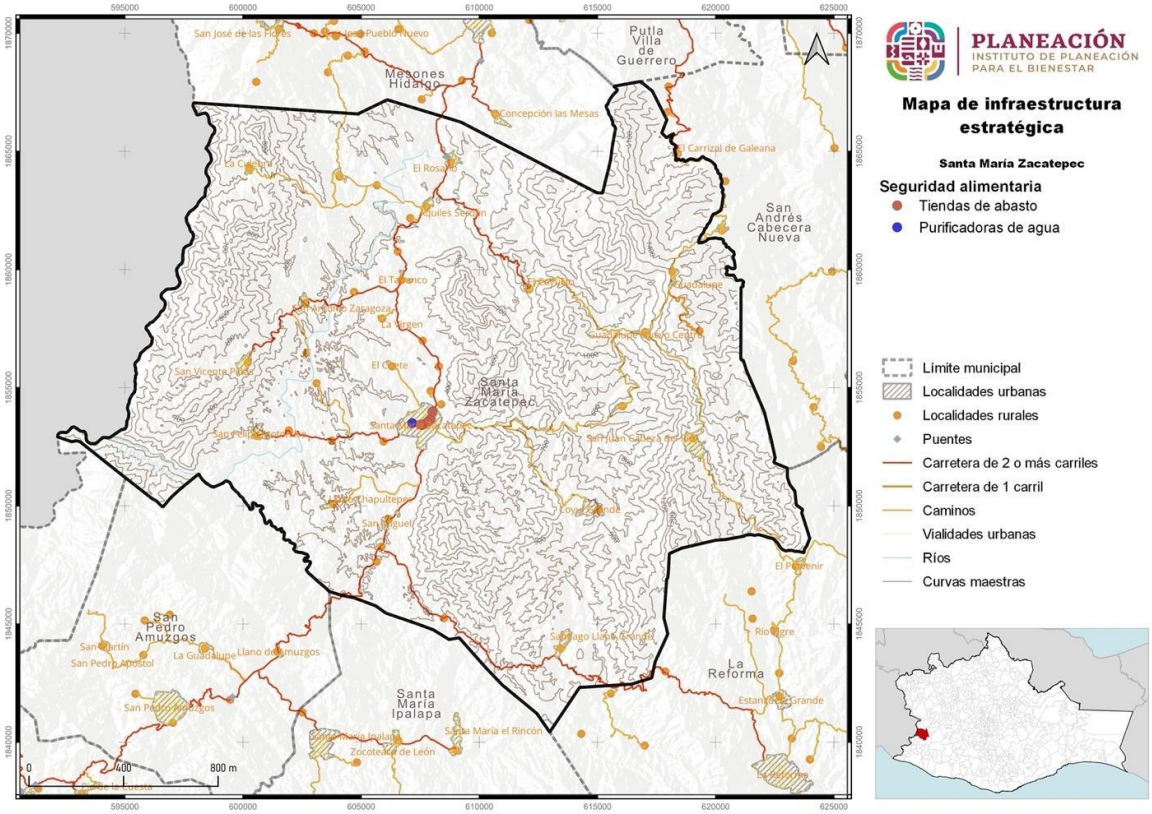
Fuente: CentroGeo, 2024.

En la cabecera municipal se tiene servicio telegráfico y en el territorio municipal se habilitaron 14 puntos de servicio postal.

IV.5.5.2 Infraestructura para la seguridad alimentaria

La mayor actividad comercial del municipio se localiza en la cabecera municipal, en la que, según datos del DENUE 2020, existen 767 comercios (unidades de producción) registrados, incluyendo escuelas, servicios públicos de salud y oficinas gubernamentales (INEGI, Directorio Estadistico Nacional de Unidades Economicas, 2020).

Mapa 28. Infraestructura estratégica para la seguridad alimentaria en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024.

De esos 767 comercios, 310 (40%), se dedican al comercio minorista, como carnicerías, misceláneas y abarrotes, ferretería, depósitos de agua y refrescos, venta de ropa y zapatos, cremerías, vidrierías y aluminio, papelería, venta de frutas y verduras, refacciones y partes automotrices, motocicletas y mueblerías, entre otros.

Tabla 47. Establecimientos de comercio de abarrotes en el municipio de Santa María Zacatepec

Clave	Nombre establecimiento	Nombre Act	Personas ocupadas
20447462112000011000000000U0	Super Gonagui	Comercio al por menor en minisúpers	0 a 5 personas
20447461110001061010000000U9	Mini Super Casa Julian	Comercio al por menor en minisúpers	0 a 5 personas
20447461110001371000000000U2	Mini Super El Leon 2	Comercio al por menor en minisúpers	0 a 5 personas
20447461110000841010000000U5	Minisuper Monserrat	Comercio al por menor en minisúpers	0 a 5 personas
20447461110001001000000000U5	Super 12	Comercio al por menor en minisúpers	0 a 5 personas

Fuente: CentroGeo, 2024.

Al comercio al por mayor están dedicadas 34 unidades de producción como tiendas de abarrotes, materiales para la construcción, ferreterías, veterinarias, distribuidoras de forrajes y agroquímicos, zapaterías, verdulerías, carnicerías, equipos y herramientas para el campo, madererías, entre las más grandes. Los negocios de abarrotes más grandes del municipio son las tiendas DICONSA y Neto, además de contar con un tianguis semanal.

Así también, existen 96 empresas prestadoras de servicios de alojamiento y preparación de alimentos y bebidas; 60 identificados como otros servicios, excepto actividades gubernamentales; 10 de servicios de apoyo a negocios; 5 de información en medios masivos, entre otros.

Tabla 48. Infraestructura de purificación de agua en el municipio de Santa María Zacatepec

Clave	Nombre establecimiento	Nombre Act.	Código Act.	Personas ocupadas
20447531119000011011000000U2	Bodega de Planta Purificadora El Naranjo	Purificación y embotellado de agua	312112	6 a 10 personas
2044731211200002100000000U1	Purificadora La Asunción	Purificación y embotellado de agua	312112	0 a 5 personas

Fuente: CentroGeo, 2024.

El Estudio de Cuenca de abasto para el desarrollo industrial forestal maderable de la región Mixteca Sur, elaborado en el año 2015, menciona que los productores forestales de Santa María Zacatepec cuentan con cuatro patios de secado con una capacidad instalada de 7,300 m^3 de madera, mismos que son suficientes para albergar la totalidad de la producción maderable de la comunidad. Los patios de almacenamiento se encuentran en calidad de renta a empresas privadas de la región.

IV.5.5.3 Infraestructura para el agua y saneamiento

Conforme el Anuario Estadístico 2017, el agua que consume domésticamente la población de todo el territorio municipal proviene de 127 fuentes de abastecimiento; 45 son manantiales, 41 emanan de río y 41 de otras fuentes. El volumen anual concesionado de extracción para el municipio es de 3,355,000 m^3, de los cuales 806,000 m^3 provienen de manantiales, 1,274,000 m^3 de ríos y 1,275,000 m^3 de otras fuentes (INEGI, Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca, 2017). La amplia cobertura del servicio de agua entubada permite beneficiar al más de 97% de la población municipal (Centro Geo, 2024).

Las tomas instaladas del servicio de energía eléctrica en 29 centros de población registradas por el anuario citado en el párrafo anterior, ascendió en el año 2016 a 5,343 medidores, de los cuales 5,317 correspondía a viviendas y 26 a edificios públicos y comercios.

Tabla 49. Cobertura de agua potable en el municipio de Santa María Zacatepec

Municipio	Clave de región administrativa	Región hídrica administrativa	Población con cobertura de agua entubada	Población sin cobertura de agua entubada	Población total
Santa María Zacatepec	V	Pacífico Sur	16,664	308	16,972

* Por la fecha de adquisición de datos, en este caso la población total del municipio es menor a aquella del resto del documento.

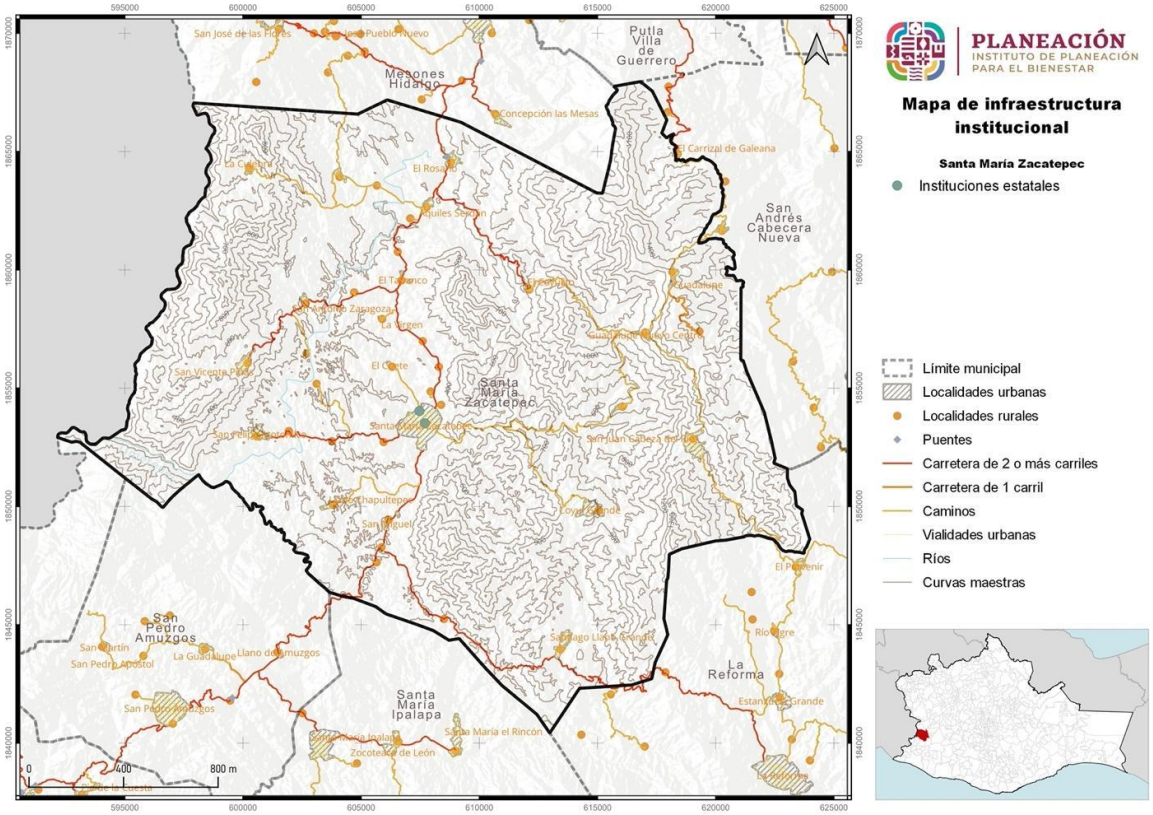
Fuente: CentroGeo, 2024.

IV.5.5.4 Infraestructura estratégica

Infraestructura institucional

En el siguiente mapa se puede observar que la infraestructura estratégica institucional con la que cuenta el municipio se encuentra concentrada en la cabecera municipal.

Mapa 29. Infraestructura estratégica institucional en Santa María Zacatepec

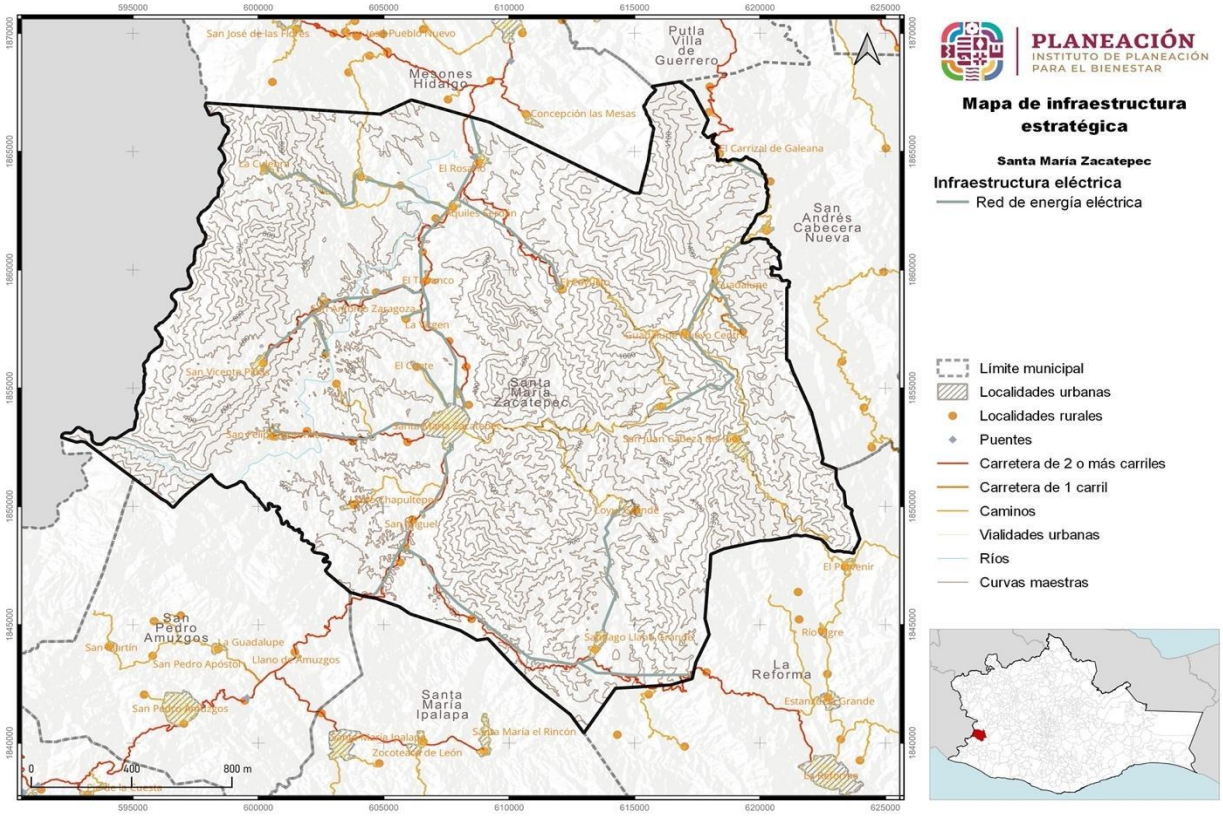


Fuente: CentroGeo, 2024.

Infraestructura eléctrica

En el municipio se tiene una subestación eléctrica de distribución con potencia de tres megavoltamperio (MVA). En el siguiente mapa se muestran las líneas de alta tensión que surten de energía al municipio y que pasan, no sólo por la cabecera municipal, sino por las diferentes localidades del municipio.

Mapa 30. Infraestructura estratégica de energía eléctrica del municipio



Fuente: CentroGeo, 2024.

Infraestructura para el abasto de combustible

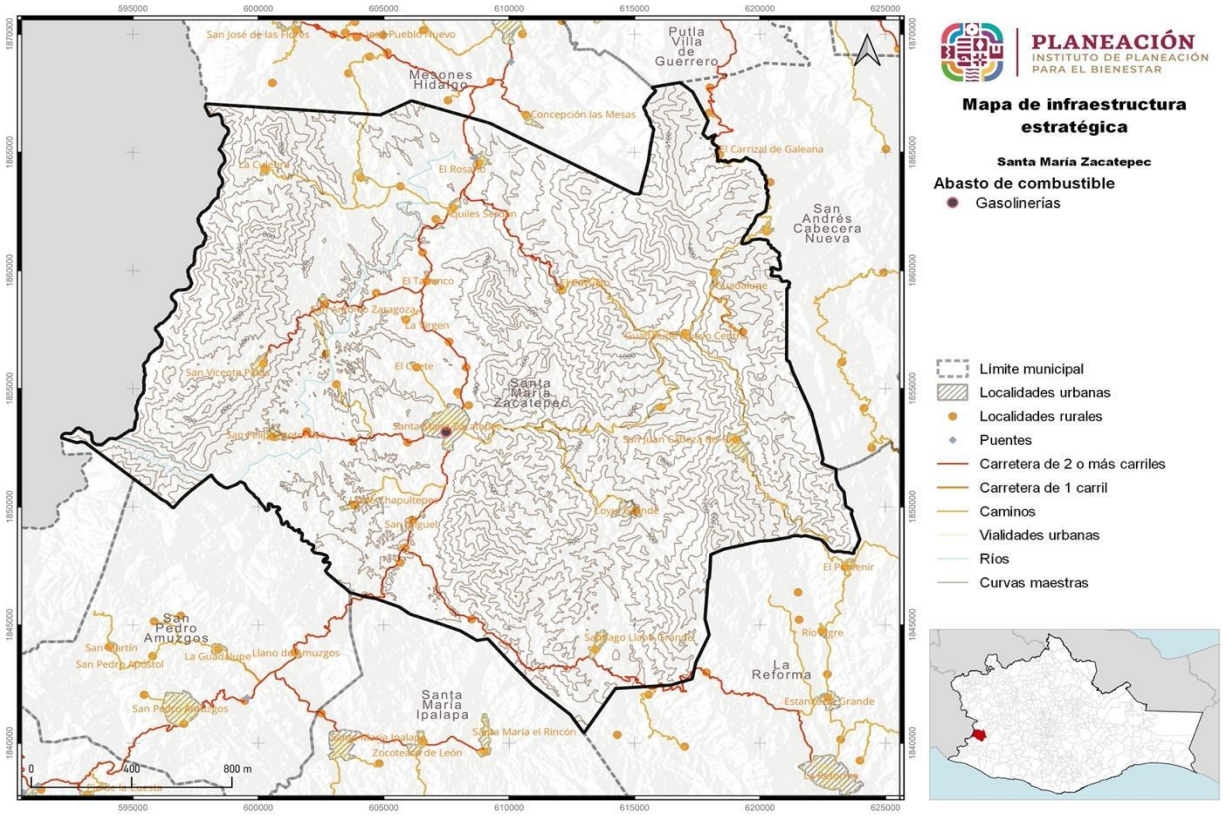
La única gasolinería del municipio se ubica en la cabecera municipal, en el barrio La Asunción, a un lado de la carretera federal 125, en la salida rumbo a Los Amuzgos. Así también se cuenta con un negocio de venta al por menor de gasolina y diésel.

Tabla 50. Abasto de combustible en el municipio de Santa María Zacatepec

Nombre de unidad económica	Razón social	Nombre de clase de la actividad	Personal ocupado	Nombre de vialidad	Tipo de asentamiento	Nombre asentamiento
Gasolinera Consejo Tacuates 5811	Consejo Tacuates, S.A. de C.V.	Comercio al por menor de gasolina y diesel	6 a 10 personas	Venustiano Carranza	Barrio	La Asunción

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 31. Infraestructura para el abasto de combustibles en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024.

Infraestructura de protección civil y bomberos

En el municipio no se encuentra con registro de la presencia de un cuerpo de bomberos o protección civil.

Aunado a lo ya descrito, el municipio cuenta con un hotel, la presencia de cinco bancos, cuatro con sucursal y uno sólo con cajero automático.

Capítulo V. Identificación de peligros, vulnerabilidad, exposición y riesgos ante fenómenos de origen natural y antropogénicos

Por largo tiempo se consideró a los desastres como el resultado de la magnitud, la frecuencia y la intensidad de los fenómenos naturales, que siendo externos a nosotros y por lo tanto no controlables, contribuyeron en el fortalecimiento de la idea de indefensión ante los eventos adversos externos que ocurren en el entorno, ante los que únicamente se puede responder, posterior a su impacto en los medios de vida y en los procesos de desarrollo local.

Este enfoque ha sido contrarrestado en los últimos años, por uno que atribuye los desastres no tanto a la frecuencia y/o la intensidad de las amenazas, sino al nivel de vulnerabilidad en que se encuentra la población, sus bienes y su entorno, en relación con el impacto de eventos adversos específicos, transfiriendo de esta manera la responsabilidad de los desastres a la forma en la que se construyen como sociedad, los procesos de desarrollo.

Ante dicha construcción de vulnerabilidades, la Reducción de Riesgos de Desastre (RRD) tiene la función de promover formas de desarrollo más sostenibles, resilientes y seguras, a través de la reducción y manejo de las condiciones de vulnerabilidad, para evitar o limitar el impacto adverso de fenómenos potencialmente peligrosos (EIRD-OIT, 2009a) en las personas, sus medios de vida y el territorio, así como para enfrentar las amenazas mediante acciones de prevención, preparación, respuesta y la recuperación.

Las causas últimas de la vulnerabilidad de las personas y poblaciones tienen orígenes antrópicos y estructurales ante los que se propone identificar, por un lado, el conjunto de acciones relacionadas con la preparación, la respuesta y la recuperación, para preparar a la población y sus autoridades para la atención de emergencias ante fenómenos perturbadores, con el fin de proteger a la población, los bienes, servicios y el ambiente, ante el impacto de éstas, y por otro lado la toma de decisiones estructurales a través del ordenamiento del uso y ocupación del territorio.

Para este capítulo se analizaron los procesos y fenómenos con características propias que les confieren una influencia o impacto en el ser humano, debido a que pueden llegar a representar un peligro para la población expuesta a su influencia, con base en su temporalidad, intensidad, extensión, frecuencia, etc., o bien debido a su origen, génesis, intensidad, magnitud, frecuencia, duración, entre otros.

Con la finalidad de contar con un Atlas que contenga criterios homogéneos con el Atlas de Riesgos Nacional, se integraron los componentes mínimos que establece el Reglamento de la Ley General de Protección Civil (LGPC, 2023)[10], los cuales consisten en un sistema de información geográfica, mapas de peligro, mapas de susceptibilidad para el caso de inestabilidad de laderas, u otro fenómeno cuando así aplique, inventario de bienes expuestos, inventario de vulnerabilidades, mapas de riesgo y escenarios de riesgos .

Los fenómenos que contiene el presente Atlas son aquellos que se establecen en el artículo 2 de la LGPC que se pudieron evaluar por existir antecedentes documentados del peligro. Respecto de los fenómenos geológicos se analizaron: a) Inestabilidad de laderas (deslizamientos, derrumbes, caída de detritos y flujos), b) sismos; c) tsunamis, d) erupciones volcánicas y e) hundimientos (subsidencia) y agrietamiento del terreno.

Con relación a los fenómenos hidrometeorológicos se analizaron: a) Inundaciones pluviales, fluviales y lacustres, b) ciclones tropicales (marea de tormenta, oleaje, vientos y lluvias), c) Inundaciones costeras, d) ondas gélidas, e) nevadas, f) heladas, g) tormentas de granizo, f) tormentas eléctricas, g) ondas cálidas, h) sequías, i) tornados.

Respecto a los fenómenos químico-tecnológicos se analizaron los fenómenos de almacenamiento, autotransporte y transportes ferroviario de sustancias peligrosas; el transporte por ductos y los incendios forestales. De los fenómenos sanitario-ecológicos se analizó la contaminación de aíre y agua; y las epidemias y plagas. Finalmente, de los fenómenos socio-organizativos se analizó la concentración masiva de población y accidentes terrestres.

El análisis se llevó a cabo mediante la integración y presentación de mapas de peligro, los cuales son la representación espacial y temporal de los resultados del análisis o modelaciones de los fenómenos perturbadores que expresan la frecuencia o tasa de excedencia de las variables que los caracterizan, por ejemplo, aceleración del suelo o la intensidad de la lluvia. En algunos casos se elaboraron mapas de susceptibilidad, como lo es el caso de inestabilidad de laderas u otro fenómeno cuando así aplique, estos mapas contendrán la propensión espacial de que ocurran, considerando la intensidad y variación de sus factores condicionantes. Dicha propensión se calculó utilizando métodos cuantitativos y se reclasificó para su visualización. La metodología para generar mapas de susceptibilidad que se utilizó está aprobada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, en adelante se explican las memorias con base en las que se hicieron los cálculos para cada uno de los tipos de fenómenos analizados.

[10] LGPC, Artículo 112.

V.1 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos geológicos

Los fenómenos geológicos son aquellos en los que intervienen la dinámica interna y externa de las capas concéntricas de la tierra, el núcleo, manto y corteza y se manifiestan en distintas formas de liberación de energía. Se pueden clasificar como de tipo endógeno y exógeno.

Los de tipo endógeno, se generan en el interior de la tierra y son los causantes de sismos y vulcanismo, los exógenos se presentan en la superficie del planeta y son causados directa o indirectamente por el aire, sol, lluvia y otros elementos que contribuyen en su efecto, como el tipo de rocas, tipo de suelo, vegetación, relieve y la pendiente del terreno, principalmente.

La sismicidad y el vulcanismo son consecuencia de la movilidad de las altas temperaturas de los materiales en las capas intermedias de la Tierra, así como de la interacción de las placas tectónicas; se manifiestan en áreas o sectores bien definidos del planeta.

Los fenómenos generados en la superficie terrestre, se deben en mayor medida, a la acción del intemperismo y la fuerza de gravedad, factores que definen el tamaño de la movilización de masas, que puede ser lenta o repentina, de rocas o sus sedimentos, que presentan poca cohesión en terrenos con mucha pendiente; sucede que los deslizamientos también pueden ser causados por sismos muy intensos. (CENAPRED, Atlas de Riesgo Irapuato, 2012).

La geología de la mixteca baja presenta dudas y controversias respecto al origen y evolución de las unidades que la conforman, debido a la complejidad de las secuencias litológicas y al escaso número de investigaciones de sus conjuntos petrológicos, relaciones y distribución espacial, así como la interpretación de su edad. A pesar de lo anterior, las rocas que afloran forman parte del Complejo Xolapa, que está afectado por el batolito granítico de la Costa Chica.

Por tanto, el territorio de Santa María Zacatepec está sujeto a una alta actividad sísmica, este fenómeno tectónico se hace presente en las estructuras geomorfológicas. (Ordenamiento Territorial Comunitario Informe Final, Bienes Comunales de Sta Ma. Zacatepec , 2014-2015)

V.1.1 Inestabilidad de Laderas

La inestabilidad de laderas ocurre principalmente en suelos residuales y están altamente relacionados con lluvia intensa. Los suelos residuales son producto de la descomposición de las rocas, debido a intemperismo. Son geo materiales no

transportados, disgregables o de consistencia blanda que se mantienen en el mismo sitio del que provienen, pudiendo tener la misma apariencia que la roca original.

Los materiales residuales generalmente son heterogéneos, difíciles de muestrear y ensayar, en condiciones no saturadas, ya que sus poros contienen agua y aire e invariablemente tienen alta permeabilidad, lo que los vuelve sensibles a influencias hidráulicas externas.

En este apartado se presentan las metodologías para los fenómenos geológicos que, según la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos de Fenómenos Geológicos (CENAPRED, CNCP, SSyPC, 2021), son los de mayor impacto en México: inestabilidad de laderas, sismos, volcanes.

Inestabilidad de laderas

Entre los procesos naturales que recientemente han adquirido mayor importancia se identifican los denominados Procesos de Remoción en Masa (PRM), que están relacionados con la **inestabilidad de laderas**; los cuales, definidos desde la perspectiva de la geomorfología, son fenómenos que involucran el movimiento de material formador de laderas por influencia de la gravedad, sin la asistencia de algún agente de transporte fluido (Alcántara Ayala, Echavarría Luna, Guriérrez Martínez, Domínguez Morales, & Noriega Rioja, 2021).

Al igual que otros fenómenos, los PRM pueden clasificarse como un peligro de origen natural, de acuerdo con sus particularidades, tales como extensión, volumen de material desplazado, velocidad, profundidad, etc. Es importante señalar que los PRM tienen una frecuencia considerablemente alta, además de una distribución espacial amplia, no sólo en México, sino en el mundo (Borja-Baeza & Alcántara-Ayala, 2012).

Para el caso de México, los PRM más frecuentes están los derrumbes, los caídos, los flujos y los deslizamientos. En el análisis de los PRM es necesario diferenciar entre los factores causales y los factores detonantes. Los causales son aquellos que condicionan o definen el grado potencial de inestabilidad, mientras que los factores detonantes son aquellos cuya presencia puede dar origen al movimiento de remoción ladera abajo (Borja-Baeza & Alcántara-Ayala, 2012).

En Oaxaca, como a lo largo de las cordilleras mexicanas, una gran cantidad de laderas se encuentran en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos de remoción de masas se pueden iniciar con facilidad. Se debe analizar, por un lado, si los materiales térreos formadores son poco resistentes o están caracterizados por la presencia de sistemas de debilidad como diaclasas, fracturas, fallas, etc., lo cual puede implicar una inestabilidad latente. O bien, si las laderas están expuestas a factores externos, tales como la erosión, que juega un papel muy importante en su desequilibrio.

Además de esos factores, en la mayoría del territorio oaxaqueño se debe considerar también, la presencia de lluvias excesivas, y los temblores intensos que forman parte de los principales mecanismos detonadores de inestabilidad en el contexto de los desastres naturales (Alcántara Ayala, Echavarría Luna, Guriérrez Martínez, Domínguez Morales, & Noriega Rioja, 2021). Es pertinente resaltar que las precipitaciones de corta duración, pero intensas representan un factor de mayor influencia en la inestabilidad del terreno que las lluvias de mayor duración temporal pero menor intensidad relativa. Dado lo anterior, es importante considerar los periodos de retorno de precipitación. Para el cálculo de los mecanismos relacionados con la inestabilidad de laderas se empleó el método multicriterio empleando el *Proceso de Análisis Jerárquico establecido por Saaty.*

Derrumbes

Los **derrumbes** son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando, los cuales ocurren frecuentemente en carreteras y pueden ser desencadenados por otros factores tales como lluvias intensas, sismicidad, vulcanismo, vibraciones artificiales, o bien únicamente ocurrir por el peso del material desprendido o inestable (Alcántara Ayala, Echavarría Luna, Guriérrez Martínez, Domínguez Morales, & Noriega Rioja, 2021).

Para la estimación de las zonas susceptibles a derrumbes se aplicó un análisis multicriterio de los principales factores causales definidos para cada municipio. Esta técnica consiste en la estandarización en una escala común de clasificación para los parámetros incluidos en dicho análisis. A partir de este proceso, fue posible realizar la comparación de la importancia relativa entre estos parámetros, lo cual se llevó a cabo mediante una matriz de pares (tabla siguiente), cuyo análisis determina los pesos específicos de cada parámetro. Este tipo de análisis permite disminuir de manera importante la subjetividad de la determinación de la influencia relativa de los parámetros analizados, en este caso los factores causales de inestabilidad. Algunos autores que han aplicado esta metodología son (Galindo-Serrano & Alcántara-Ayala, 2015) y (Borja-Baeza & Alcántara-Ayala, 2012).

Tabla 51. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles a derrumbes

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Caminos	Carreteras	Geología	Edafología	Ríos	Fallas
Pendiente	1	4	3	3	2	5	3	2
Uso de suelo	1/4	1	1/2	1/2	1/4	1	1/2	1/3
Caminos	1/3	2	1	2	1/4	1/2	2	1/2
Carreteras	1/3	2	1/2	1	1/3	2	2	1/2

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Caminos	Carreteras	Geología	Edafología	Ríos	Fallas
Geología	1/2	4	4	3	1	4	3	2
Edafología	1/5	1	2	1/2	1/4	1	1/3	1/4
Ríos	1/3	2	1/2	1/2	1/3	3	1	1/2
Fallas	1/2	3	2	2	1/2	4	2	1
Suma	3.45	19.00	13.50	12.50	4.916	20.50	13.83333	7.08333

Para estimar el grado de consistencia en el cálculo de los valores de la comparación entre pares se emplea el procedimiento para estimar la proporción de consistencia, comúnmente llamado índice de consistencia de Saaty. Esta proporción indica la probabilidad de que los valores de la matriz sean casualmente generados. Para el caso de la aplicación del análisis multicriterio para la inestabilidad, es decir un grado de consistencia aceptable (Carbajal Monroy, 2020).

Tabla 52. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a derrumbes.

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Caminos	Carreteras	Geología	Edafología	Ríos	Fallas	Promedio (peso específico)
Pendiente	0.28986	0.21053	0.22222	0.24000	0.40678	0.24390	0.21687	0.28235	0.26406
Uso de suelo	0.07246	0.05263	0.03704	0.04000	0.05085	0.04878	0.03614	0.04706	0.04812
Caminos	0.09662	0.10526	0.07407	0.16000	0.05085	0.02439	0.14458	0.07059	0.09079
Carreteras	0.09662	0.10526	0.03704	0.08000	0.06780	0.09756	0.14458	0.07059	0.08743
Geología	0.14493	0.21053	0.29630	0.24000	0.20339	0.19512	0.21687	0.28235	0.22369
Edafología	0.05797	0.05263	0.14815	0.04000	0.05085	0.04878	0.02410	0.03529	0.05722
Ríos	0.09662	0.10526	0.03704	0.04000	0.06780	0.14634	0.07229	0.07059	0.07949
Fallas	0.14493	0.15789	0.14815	0.16000	0.10169	0.19512	0.14458	0.14118	0.14919
									1.000

Cálculo de la Razón de Consistencia (RC). Un punto de potencial que puede representar una debilidad del análisis multicriterio es la dificultad que presenta cuando se trabaja con problemas complejos, es decir, que presentan un número elevado de elementos en los diferentes niveles considerados. En estas situaciones, el número de comparaciones pareadas que deben realizarse para incorporar las preferencias de quienes toman las decisiones, mediante la emisión de juicios medidos

en la escala conocida como escala fundamental de Saaty es elevado y puede presentar inconsistencias (Moreno-Jiménez, Altuzarra-Casas, & Escobar-Urmeneta, 2003).

Para calcular la consistencia del proceso de análisis de pares, se empleó el índice de consistencia (Consistency Index, CI).

Donde:

λmax es el máximo autovalor, y

n es la dimensión de la matriz de decisión.

Un índice de consistencia igual a cero significa que la consistencia es completa.

Una vez obtenido CI y en complemento con el Índice Aleatorio o de aleatoriedad, se obtiene la proporción de consistencia (Consistency Ratio o Razón de Consistencia, CR) (tabla de matrices para el cálculo de CI y tabla de resultados de la multiplicación de las matrices Comparación de la importancia relativa). Si en una matriz se supera el CR máximo, hay que revisar las ponderaciones (Yepes Piqueras, 2021). Para lo anterior, se emplea las siguientes formulas:

$CI = (\lambda \max - n) / (n-1)$

$CR = CI / RI$

Tabla 53. Matrices para el cálculo de CI.

Parámetro	Pendiente	Geología	Fallas	Caminos	Carreteras	Edafología	Uso de suelo	Ríos	Promedio (peso específico)
Pendiente	1	2	2	4	3	5	6	2	0.2696
Geología	1/2	1	3	4	4	3	4	2	0.2235
Fallas	1/2	1/3	1	1	3	3	4	3	0.1446
Caminos	1/4	1/4	1	1	2	2	3	1	0.0970
Carreteras	1/3	1/4	1/3	1/2	1	1	3	4	0.0908
Edafología	1/5	1/3	1/3	1/2	1	1	1	2	0.0622
Uso de suelo	1/6	1/4	1/4	1/3	1/3	1	1	2	0.0503
Ríos	1/2	1/2	1/3	1	1/4	1/2	1/2	1	0.0621
Suma	3.45000	4.9166	8.25000	12.3333	14.5833	16.5000	22.5000	17.0000	1.0000

Tabla 54. Resultados de la multiplicación de las matrices comparación de la importancia relativa entre pares entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas

susceptibles a derrumbes y Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a derrumbes.

Parámetro	Pendiente	Topoformas	Geología	Fallas	Edafología	Uso de suelo	Ríos	Carreteras
Pendiente	**0.270**	0.135	0.135	0.068	0.090	0.054	0.045	0.135
Topoformas	0.449	**0.224**	0.075	0.056	0.056	0.075	0.056	0.112
Geología	0.288	0.431	**0.144**	0.144	0.048	0.048	0.036	0.048
Fallas	0.416	0.416	0.104	**0.104**	0.052	0.052	0.035	0.052
Edafología	0.268	0.357	0.268	0.179	**0.089**	0.089	0.030	0.022
Uso de suelo	0.308	0.185	0.185	0.123	0.062	**0.062**	0.062	0.031
Ríos	0.297	0.198	0.198	0.149	0.149	0.050	**0.050**	0.025
Carreteras	0.114	0.114	0.170	7.442	0.227	0.114	0.114	**0.057**
Suma	**2.410**	**2.061**	**1.280**	**8.265**	**0.773**	**0.543**	**0.426**	**0.482**

Posteriormente, se divide la suma de valores de cada parámetro entre su peso específico.

Tabla 55. Datos resultantes entre la división del peso específico de cada parámetro y la suma de valores de la multiplicación entre las matrices de la Tabla 51 y Tabla 52 .

Parámetro	Peso Específico (A)	Suma de valores de multiplicación entre matrices (B)	Resultado de (B/A)
Pendiente	0.2705	2.4101	8.9098
Topoformas	0.2244	2.0612	9.1854
Geología	0.1438	1.2796	8.8985
Fallas	0.1040	8.2647	79.4683
Edafología	0.0894	0.7732	8.6488
Uso de suelo	0.0616	0.5430	8.8149
Ríos	0.0496	0.4264	8.5968
Carreteras	0.0568	0.4821	8.4877
Promedio			**17.6263**

A partir de las operaciones realizadas, se calculó el CI

CI = (λ max – n) / (n - 1)) (IC = (17.6263 – 8) / (8 – 1))

Cuyo resultado fue **1.3751799**

Posteriormente, a partir de la siguiente tabla se obtuvo el valor de RI

Tabla 56. Índice aleatorio (RI) estandarizado

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

Una vez obtenidos los valores de *CI* (Índice de consistencia) y de *RI* (Índice aleatorio), es posible calcular la Razón de Consistencia (*CR*):

CR= CI/RI CR = 1. 3751799/ 1.41 **CR= 0.9753049**

Para asegurar que el valor de la Razón de Consistencia es aceptable, se considera la siguiente tabla:

Tabla 57. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia

Tamaño de la matriz	Radio de Consistencia
3	≤ 5% (0.5)
4	≤ 9% (0.9)
5 o mayor	≤ 10% (.10)

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

De tal forma, que el resultado de la Razón de Consistencia de la tabla de comparaciones entre pares es menor a 0.10, por lo que se puede afirmar que existe la consistencia suficiente en el ejercicio del análisis multicriterio para poder emplear los pesos específicos calculados en la definición de las zonas susceptibles a derrumbes.

Flujos

Los flujos son movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas ladera abajo, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla (Alcántara Ayala, Echavarría Luna, Guriérrez Martínez, Domínguez Morales, & Noriega Rioja, 2021).

Para la estimación de las zonas susceptibles a flujos también se aplicó un análisis multicriterio de los principales factores causales definidos para cada municipio. Al igual que para el cálculo de derrumbes, esta técnica consiste en la estandarización en una escala común de clasificación para los parámetros incluidos en dicho análisis. Las siguientes tablas muestra la comparación de las variables que se utilizaron para el cálculo y el peso que se le asignó a cada variable.

Tabla 58. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles por Flujos

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Edafología	Corrientes	Geología
Pendiente	1	5	4	2	3
Uso de suelo	1/5	1	1/2	1/4	1/3
Edafología	1/4	2	1	1/3	1/2
Corrientes	1/2	4	3	1	3
Geología	1/3	3	2	1/2	1
Suma	2.28333	15.00000	10.50000	4.08333	7.83333

Tabla 59. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a flujos

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Edafología	Corrientes	Geología	Promedio (peso específico)
Pendiente	0.43796	0.33333	0.38095	0.48980	0.38298	0.40500
Uso de suelo	0.08759	0.06667	0.04762	0.06122	0.04255	0.06113
Edafología	0.10949	0.13333	0.09524	0.08163	0.06383	0.09670
Corrientes	0.21898	0.26667	0.28571	0.24490	0.38298	0.27985
Geología	0.14599	0.20000	0.19048	0.12245	0.12766	0.15731
Suma						1

En el apartado de derrumbes se describió con detalle la importancia y procedimiento para calcular la Razón de Consistencia, por lo que en este apartado solo se mostraran las matrices y resultados para realizar dicho cálculo.

Tabla 60. Resultados de la multiplicación de las matrices de importancia relativa y el peso específico de zonas susceptibles a flujos.

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Edafología	Corrientes	Geología
Pendiente	0.4050	0.0810	0.1013	0.2025	0.1350
Uso de suelo	0.3057	0.0611	0.1223	0.2445	0.1834
Edafología	0.3868	0.0484	0.0967	0.2901	0.1934
Corrientes	0.5597	0.0700	0.0933	0.2798	0.1399
Geología	0.4719	0.0524	0.0787	0.4719	0.1573
Suma	2.129113	0.312884	0.492157	1.488928	0.809041

Tabla 61. Resultados correspondientes a B/A.

Parámetro	Peso específico (A)	Suma de valores de multiplicación entre matrices (B)	Resultado de B/A
Pendiente	0.405003312	2.129112667	5.257025322
Uso de suelo	0.061130927	0.312883678	5.118255066
Edafología	0.096704584	0.492156664	5.08927957
Corrientes	0.279847147	1.488928352	5.320505733
Geología	0.157314029	0.809040657	5.142838569
Promedio			5.185580852

A partir de las operaciones realizadas, se calculó el CI

CI = (λ max – n) / (n - 1)) (IC = (5.1855 – 5) / (5 – 1))

Cuyo resultado fue **0.0464**

Posteriormente, a partir de la siguiente tabla se obtuvo el valor de RI

Tabla 62. Índice aleatorio (RI) estandarizado

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

Una vez obtenidos los valores de *CI* (Índice de consistencia) y de *RI* (Índice aleatorio), es posible calcular la Razón de Consistencia (*CR*):

CR= CI/RI CR = 0.0464 / 1.12 **CR= 0.041424299**

Para asegurar que el valor de la Razón de Consistencia es aceptable, se considera la siguiente tabla:

Tabla 63. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia

Tamaño de la matriz	Radio de Consistencia
3	≤ 5% (0.5)
4	≤ 9% (0.9)
5 o mayor	≤ 10% (.10)

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

De tal forma, que el resultado de la Razón de Consistencia de la tabla de comparaciones entre pares es menor a .10 (0.04142), por lo que se puede afirmar que existe la consistencia suficiente en el ejercicio del análisis multicriterio para poder

emplear los pesos específicos calculados en la definición de las zonas susceptibles a flujos.

Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre las que se desliza el material inestable. (Alcántara Ayala, Echavarría Luna, Guriérrez Martínez, Domínguez Morales, & Noriega Rioja, 2021).

Para la estimación de las zonas susceptibles a deslizamientos se aplicó, al igual que para derrumbes y para flujos, un análisis multicriterio de los principales factores causales definidos para cada municipio. De la misma forma que en los otros cálculos, esta técnica consiste en la estandarización en una escala común de clasificación para los parámetros incluidos en dicho análisis.

Tabla 64. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles por deslizamientos

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Fallas	Corrientes	Geología
Pendiente	1	5	3	4	2
Uso de suelo	1/5	1	1/2	1/2	1/3
Fallas	1/3	2	1	3	1/2
Corrientes	1/4	3	1/3	1	1/3
Geología	1/2	3	2	3	1
Suma	2.28333	14.00000	6.83333	11.50000	4.16667

Tabla 65. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a deslizamientos

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Fallas	Corrientes	Geología	Promedio (peso específico)
Pendiente	0.43796	0.35714	0.43902	0.34783	0.48000	0.41239
Uso de suelo	0.08759	0.07143	0.07317	0.04348	0.08000	0.07113
Fallas	0.14599	0.14286	0.14634	0.26087	0.12000	0.16321
Corrientes	0.10949	0.21429	0.04878	0.08696	0.08000	0.10790
Geología	0.21898	0.21429	0.29268	0.26087	0.24000	0.24536
Suma						1.000

Tabla 66. Resultados de la multiplicación de las matrices de importancia relativa y el peso específico de zonas susceptibles a deslizamientos

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Fallas	Corrientes	Geología

Pendiente	**0.4124**	0.0825	0.1375	0.1031	0.2062
Uso de suelo	0.3557	**0.0711**	0.1423	0.2134	0.2134
Fallas	0.4896	0.0816	**0.1632**	0.0544	0.3264
Corrientes	0.4316	0.0540	0.3237	**0.1079**	0.3237
Geología	0.4907	0.0818	0.1227	0.0818	**0.2454**
Suma	**2.180027**	**0.370956**	**0.88933**	**0.560592**	**1.315088**

Una vez que se obtienen los cálculos de la tabla anterior, se procede a la división de los resultados correspondientes a la suma de cada parámetro entre el peso específico. Los resultados de esta operación se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 67. Datos requeridos para calcular el CI (índice de consistencia)

Parámetro	Peso específico (A)	Suma de valores de multiplicación entre matrices (B)	Resultado de B/A
Pendiente	0.412389908	2.1800268	5.286324323
Uso de suelo	0.071133761	0.370956031	5.214908169
Fallas	0.163210715	0.889330235	5.448969678
Corrientes	0.107902355	0.56059244	5.195367982
Geología	0.245363262	1.315087993	5.359759173
Promedio			**5.301065865**

A partir de las operaciones realizadas, se calculó el CI

CI = (λ max – n) / (n - 1)) (IC = (5.3010 – 5) / (5 – 1))

Cuyo resultado fue **0.07527**

Posteriormente, a partir de la siguiente tabla se obtuvo el valor de RI

Tabla 68. Índice aleatorio (RI) estandarizado

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.90	**1.12**	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

Una vez obtenidos los valores de *CI* (Índice de consistencia) y de *RI* (Índice aleatorio, valor: 1.12), es posible calcular la Razón de Consistencia (*CR*):

CR= CI/RI CR = 0.07527/ 1.12 **CR= 0.0672022**

Para asegurar que el valor de la Razón de Consistencia es aceptable, se considera la siguiente tabla:

Tabla 69. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia

Tamaño de la matriz	Radio de Consistencia

3	≤ 5% (0.5)
4	≤ 9% (0.9)
5 o mayor	≤ 10% (.10)

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

De tal forma, que el resultado de la Razón de Consistencia de la tabla de comparaciones entre pares es menor a 0.10 (0.0672), por lo que se puede afirmar que existe la consistencia suficiente en el ejercicio del análisis multicriterio para poder emplear los pesos específicos calculados en la definición de las zonas susceptibles a deslizamientos.

Caída de Detritos

Se conoce como caída o avalancha de detritos al movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan partículas sueltas, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua entrampados, formando una masa que puede ser viscosa o francamente fluida, y que se mueve pendiente abajo. Estos movimientos también son conocidos como flujos de escombro (Alcántara Ayala, Echavarría Luna, Guriérrez Martínez, Domínguez Morales, & Noriega Rioja, 2021).

Al igual que para los cálculos relacionados con los otros mecanismos de inestabilidad de laderas, para la estimación de las zonas susceptibles a caída de detritos se aplicó un análisis multicriterio de los principales factores causales definidos para cada municipio. Como se puede observar, esta técnica consiste en la estandarización en una escala común de clasificación para los parámetros incluidos en dicho análisis. A partir de este proceso, fue posible realizar la comparación de la importancia relativa entre estos parámetros, lo cual se llevó a cabo mediante una matriz de pares (tabla siguiente), cuyo análisis determina los pesos específicos de cada parámetro.

Este tipo de análisis permite disminuir de manera importante la subjetividad de la determinación de la influencia relativa de los parámetros analizados, en este caso los factores causales de inestabilidad. Algunos autores que han aplicado esta metodología son (Galindo-Serrano & Alcántara-Ayala, 2015) y (Borja-Baeza & Alcántara-Ayala, 2012).

Tabla 70. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles para cálculo de caída de detritos

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Caminos	Carreteras	Geología	Edafología	Ríos	Fallas
Pendiente	1	4	3	3	2	5	3	2
Uso de suelo	1/4	1	1/2	1/2	1/4	1	1/2	1/3
Caminos	1/3	2	1	2	1/4	1/2	2	1/2
Carreteras	1/3	2	1/2	1	1/3	2	2	1/2

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Caminos	Carreteras	Geología	Edafología	Ríos	Fallas
Geología	1/2	4	4	3	1	4	3	2
Edafología	1/5	1	2	1/2	1/4	1	1/3	1/4
Ríos	1/3	2	1/2	1/2	1/3	3	1	1/2
Fallas	1/2	3	2	2	1/2	4	2	1
Suma	3.4500	19.00	13.500	12.50	4.916	20.500	13.83333	7.08333

Tabla 71. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a caída de detritos

Parámetro	Pendiente	Uso de suelo	Caminos	Carreteras	Geología	Edafología	Ríos	Fallas	Promedio (peso específico)
Pendiente	0.28986	0.21053	0.22222	0.24000	0.40678	0.24390	0.21687	0.28235	0.26406
Uso de suelo	0.07246	0.05263	0.03704	0.04000	0.05085	0.04878	0.03614	0.04706	0.04812
Caminos	0.09662	0.10526	0.07407	0.16000	0.05085	0.02439	0.14458	0.07059	0.09079
Carreteras	0.09662	0.10526	0.03704	0.08000	0.06780	0.09756	0.14458	0.07059	0.08743
Geología	0.14493	0.21053	0.29630	0.24000	0.20339	0.19512	0.21687	0.28235	0.22369
Edafología	0.05797	0.05263	0.14815	0.04000	0.05085	0.04878	0.02410	0.03529	0.05722
Ríos	0.09662	0.10526	0.03704	0.04000	0.06780	0.14634	0.07229	0.07059	0.07949
Fallas	0.14493	0.15789	0.14815	0.16000	0.10169	0.19512	0.14458	0.14118	0.14919
									1.000

Tabla 72. Matrices para el cálculo de CI.

Parámetro	Pendiente	Geología	Fallas	Caminos	Carreteras	Edafología	Uso de suelo	Ríos	Promedio (Peso específico)
Pendiente	1	2	2	4	3	5	6	2	0.2696
Uso de suelo	1/2	1	3	4	4	3	4	2	0.2235
Caminos	1/2	1/3	1	1	3	3	4	3	0.1446
Carreteras	1/4	1/4	1	1	2	2	3	1	0.0970
Geología	1/3	1/4	1/3	1/2	1	1	3	4	0.0908
Edafología	1/5	1/3	1/3	1/2	1	1	1	2	0.0622

Parámetro	Pendiente	Geología	Fallas	Caminos	Carreteras	Edafología	Uso de suelo	Ríos	Promedio (Peso específico)
Ríos	1/6	1/4	1/4	1/3	1/3	1	1	2	0.0503
Fallas	1/2	1/2	1/3	1	1/4	1/2	1/2	1	0.0621
Suma	3.45000	4.9166	8.25000	12.3333	14.5833	16.5000	22.5000	17.0000	

Tabla 73. Resultados de la multiplicación de las matrices. comparación de la importancia relativa entre pares entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles a caída de detritos y peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a caída de detritos.

Parámetro	Pendiente	Topoformas	Geología	Fallas	Edafología	Uso de suelo	Ríos	Carreteras
Pendiente	0.270	0.135	0.135	0.068	0.090	0.054	0.045	0.135
Topoformas	0.449	0.224	0.075	0.056	0.056	0.075	0.056	0.112
Geología	0.288	0.431	0.144	0.144	0.048	0.048	0.036	0.048
Fallas	0.416	0.416	0.104	0.104	0.052	0.052	0.035	0.052
Edafología	0.268	0.357	0.268	0.179	0.089	0.089	0.030	0.022
Uso de suelo	0.308	0.185	0.185	0.123	0.062	0.062	0.062	0.031
Ríos	0.297	0.198	0.198	0.149	0.149	0.050	0.050	0.025
Carreteras	0.114	0.114	0.170	7.442	0.227	0.114	0.114	0.057
Suma	2.410	2.061	1.280	8.265	0.773	0.543	0.426	0.482

Posteriormente, se divide la suma de valores de cada parámetro entre su peso específico.

Tabla 74. Datos resultantes entre la división del peso específico de cada parámetro y la suma de valores de la multiplicación entre las matrices

Parámetro	Peso Específico (A)	Suma de valores de multiplicación entre matrices (B)	Resultado de (B/A)
Pendiente	0.2705	2.4101	8.9098
Topoformas	0.2244	2.0612	9.1854
Geología	0.1438	1.2796	8.8985
Fallas	0.1040	8.2647	79.4683
Edafología	0.0894	0.7732	8.6488

Parámetro	Peso Específico (A)	Suma de valores de multiplicación entre matrices (B)	Resultado de (B/A)
Uso de suelo	0.0616	0.5430	8.8149
Ríos	0.0496	0.4264	8.5968
Carreteras	0.0568	0.4821	8.4877
Promedio			17.6263

A partir de las operaciones realizadas, se calculó el CI

CI = (λ max – n) / (n - 1)) (IC = (17.6263 – 8) / (8 – 1))

Cuyo resultado fue **1.3751799**

Posteriormente, a partir de la siguiente tabla se obtuvo el valor de RI

Tabla 75. Índice aleatorio (RI) estandarizado

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

Una vez obtenidos los valores de *CI* (Índice de consistencia) y de *RI* (Índice aleatorio), es posible calcular la Razón de Consistencia (*CR*):

CR= CI/RI CR = 1. 3751799/ 1.41 **CR= 0.9753049**

Para asegurar que el valor de la Razón de Consistencia es aceptable, se considera la siguiente tabla:

Tabla 76. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia

Tamaño de la matriz	Radio de Consistencia
3	≤ 5% (0.5)
4	≤ 9% (0.9)
5 o mayor	≤ 10% (.10)

Fuente: Yepes Piqueras, 2021

De tal forma, que el resultado de la Razón de Consistencia de la tabla de comparaciones entre pares es menor a 0.10, por lo que se puede afirmar que existe la consistencia suficiente en el ejercicio del análisis multicriterio para poder emplear los pesos específicos calculados en la definición de las zonas susceptibles a caída de detritos.

V.1.1.1 Susceptibilidad por deslizamientos

La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste para que pueda ocurrir inestabilidad y se refiere solamente a factores intrínsecos a los materiales naturales de la ladera, a diferencia del peligro en donde se hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar, considerando factores desencadenantes, como sería el caso de la precipitación o la sismicidad (Almaguer, 2005; González de Vallejo, 2002; IUGS, 1997; Leroi, 1997; Suárez, 1998),(CNPC, 2020).

El deslizamiento de una ladera es un término general que se emplea para designar movimientos de materiales intemperizados, que resultan de un desplazamiento hacia abajo y hacia afuera de suelos, rocas y vegetación, bajo la influencia de la gravedad. Las inestabilidades se pueden presentar en forma de derrumbe o caída, deslizamiento, flujo y desplazamiento lateral.

Existen los siguientes tipos y subtipos de deslizamiento:

a. **Deslizamiento rotacional**: la falla se presenta por corte a través de una superficie de falla curva. Se puede presentar ya sea en rocas con fracturamiento denso y aleatorio, o bien con aquellas rocas que pueden presentar fisionomía muy alterada.

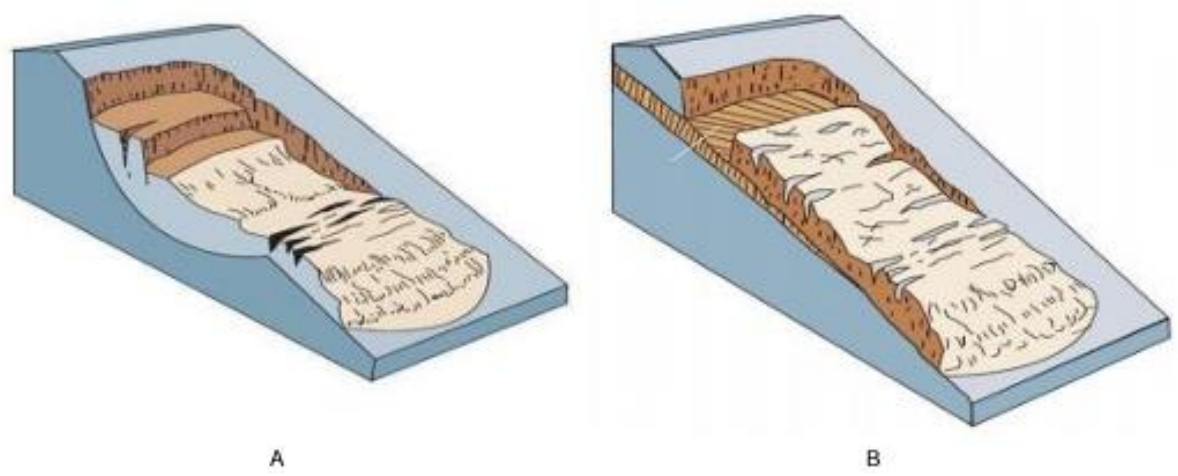
b. **Deslizamiento traslacional**: la falla se presenta por corte a través de una superficie relativamente plana. Por los rasgos estructurales que afectan a las rocas, conviene hacer una subclasificación de este tipo de deslizamiento:

    i. *Deslizamiento plano de roca*: son movimientos traslacionales de masas monolíticas de roca que se presentan en superficies planas formadas por discontinuidades que pueden estar bien rellenas de material arcilloso.

    ii. *Deslizamiento en cuña*: se refiere a la falla que se presenta en masas rocosas en las cuales el deslizamiento se desarrolla sobre la línea de intersección de 2 continuidades planas.

-

Imagen 3. Mecanismo potencial de Falla de Deslizamiento Rotacional (A) y Mecanismo Potencial de Falla de Deslizamiento Traslacional (B).



Algunos deslizamientos son rápidos porque ocurren en segundos, mientras que otros pueden tomar desde horas hasta meses, o lapsos mayores, para que se desarrollen.

Generalmente los deslizamientos pueden ser visibles desde antes que ocurran, ante lo que es posible prever el peligro a que está sometida la población de un municipio, agencia, colonia o barrio, así como su vulnerabilidad, a fin de calcular el riesgo por la ocurrencia de estos fenómenos en específico.

Es importante señalar que los deslizamientos no solo ocurren en suelos residuales, sino también en formaciones rocosas; sin embrago, en general, las laderas inestables presentan características que permite identificarlas antes de su colapso, tales como; a) salientes, hendiduras y agrietamientos de la parte alta de la ladera, b) Taludes con superficie empinada y/o irregular, c) ladera, agrietamiento en muros, pisos o banquetas de zonas urbanas ubicadas en laderas.

Los tipos de deslizamiento se manifiestan mediante caída de rocas, descenso masivo de rocas, solifluxión, reptación y en canales de flujo de sedimentos.

La caída de rocas y piedras es altamente probable en el municipio, como resultado de la disgregación de fragmentos o bloques rocosos que pueden descender por las pendientes de los terrenos y tener una trayectoria variable, dependiendo de la pendiente del terreno y el volumen de las rocas.

El descenso masivo de rocas y suelos, generalmente se ha dado en sitios que han sido desprovistos de cubierta vegetal y han sido sometidos a obras de infraestructura caminera, dejando masas importantes de rocas y suelo que caen de manera rápida a lo largo de la vertiente, aunque a la fecha, se han presentado en zonas despobladas.

La solifluxión consiste en el desplazamiento de masas de sedimentos finos, que se despegan de su basamento estable, debido a la retención de agua por arcillas que las vuelven fangosas. En el municipio, este tipo de fenómenos se han dado en muy pocas ocasiones, de manera muy focalizada y en pequeños espacios.

La reptación, que corresponde al desplazamiento y redistribución de partículas de suelo de un área de fácil disgregación por efecto de la gravedad, que desciende lentamente.

Los deslizamientos por canales de flujo de sedimentos son recurrentes en cada temporada de lluvias y se presentan en las barrancas naturales que transportan volúmenes importantes de sedimentos y restos vegetales movidos por el escurrimiento de agua que forman arroyos temporales, (Oaxaca., 2003).

La lluvia es el principal factor que desencadena deslizamientos de tierra en México. Esto debido a que el agua aumenta el peso del material en una ladera al quedar contenida en los poros, disminuyendo así la resistencia del suelo por el aumento de presión, haciéndolo más blando. Cuando llueve, parte del agua que cae se infiltra al suelo y otra parte escurre. Entre mayor sea la duración e intensidad de la lluvia, mayor será la saturación del suelo, influyendo en su inestabilidad, (gob.mx/cenapred, 2020).

De los umbrales de lluvia que generan deslizamientos definidos por (Domínguez et. al, 2017), se estableció que, para el estado de Oaxaca, se tienen valores límite de 182 mm de lámina de lluvia en 24 horas, a partir de los cuales pueden presentarse caídos de roca y/o deslizamientos de tierra con volúmenes pequeños y moderados, principalmente en cortes carreteros, (Alberto Enrique González Huesca, 2021).

En el municipio es muy recurrente que se presenten las caídas o derrumbes, deslizamientos y flujos (CENAPRED, Índice de Peligro por Inundación, 2016). Su tasa de mayor incidencia se presenta en la temporada de lluvias, dado que el terreno que conforma a las laderas y taludes se satura, aumentando su peso y reduciendo su resistencia.

Los elementos anteriores, forman parte del análisis en el que se basa el CENAPRED, para considerar que poco más de la mitad del territorio de Santa María Zacatepec, en 50.74% presenta una **Alta** susceptibilidad a deslizamientos, que representa 25,411.26 Ha; así mismo, el 23.49% (11,766.54 Ha) en un grado Medio; el 19.41% (9721.82 Ha) como Bajo; y 3,182.67 Ha, una susceptibilidad Muy Alta a la ocurrencia de este fenómeno.

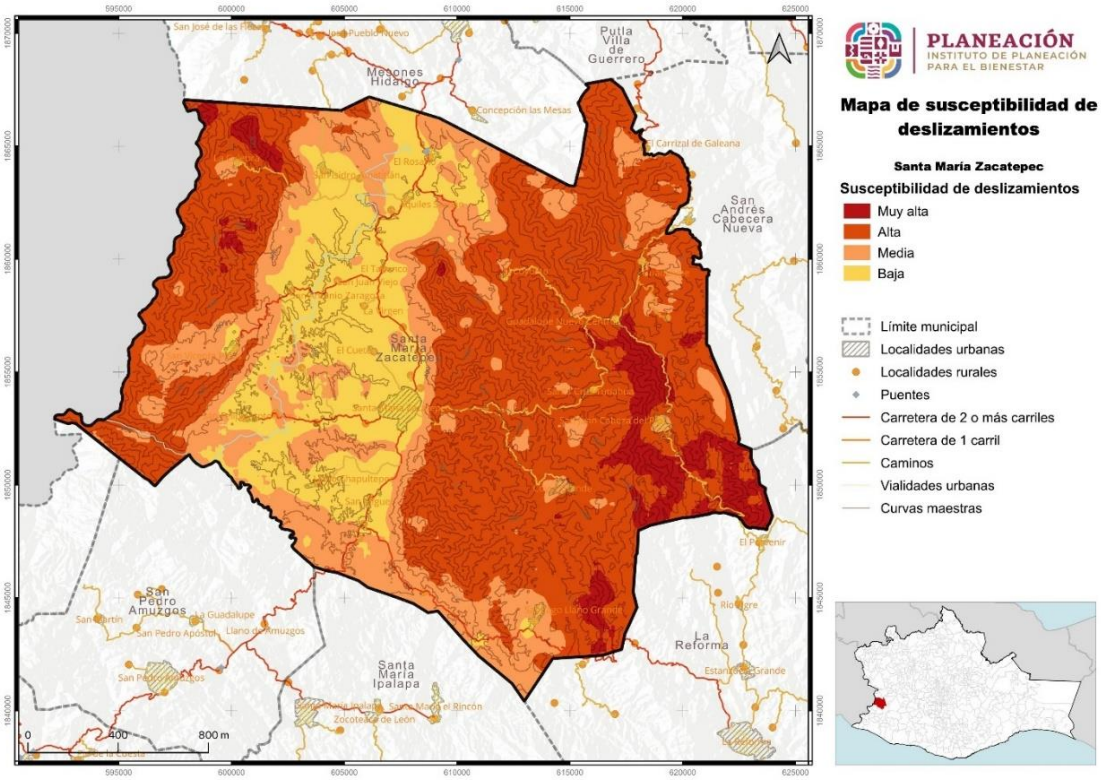
Tabla 77. Susceptibilidad por deslizamiento en el territorio del municipio de Santa María Zacatepec.

Deslizamientos	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta	3182.67	6.35
Alta	25411.26	50.74
Media	11766.54	23.49
Baja	9721.82	19.41

Fuente: CentroGeo, 2024

Conforme la información de CENAPRED, las zonas con **Muy Alta** susceptibilidad a deslizamientos se distribuyen de manera irregular en el territorio, donde la pendiente es mayor, al Norponiente (cerro Cola de La Culebra, Cerro Cabeza de la Culebra); Noreste (Cerro La Ocotera y Cerro las Mesas); así como al Sureste del municipio (orillas de Guadalupe Nuevo Centro), en una franja que corre hacia el sur y abarca sierras y montes con 1,200 a 1,500 msnm, donde nacen corrientes de agua importantes como el Río Blanco y Río Grande, pasa al este de Santa Cruz Tutiahua, desviándose sobre la cordillera que sigue al oeste de San Juan Cabeza del Río, llegando hasta la colindancia con San Andrés Cabecera Nueva y el punto trino formado con los municipios de San Andrés, Cabecera Nueva y La Reforma.

Mapa 32. Susceptibilidad a deslizamientos del territorio del municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con **Alta** susceptibilidad a deslizamientos, que son las que abarcan la mayor superficie del territorio, se encuentran principalmente en la zona centro oriente del territorio, recorriéndose desde el norte, en sus límites con Mesones Hidalgo y Putla Villa de Guerrero, hasta su parte sur, en su colindancia con Reforma, abarcando todo el límite oriental con San Andrés Cabecera Nueva; así como, en la franja occidental del territorio, que va del norte (límites Mesones Hidalgo), hasta el sur (límites con San Pedro Amuzgos), y colindancia con el estado de Guerrero.

Las zonas con susceptibilidad **Media**, se ubican a las orillas de todas las zonas con alta susceptibilidad y en pequeños manchones al interior de esta, especialmente donde se encuentran zonas urbanizadas como; La Culebra, Guadalupe, El Coyulito, Guadalupe Nuevo Centro, San Vicente Piñas, Santa Cruz Tutihua, San Juan Cabeza del Río, Coyul Grande, Santiago Llano Grande, Santa Cruz de Rufino Tamayo y El Naranjo.

La susceptibilidad **Baja** de deslizamientos se encuentra en las áreas con menor pendiente, ubicadas en la franja central del municipio, con trayectoria de Norte a Sur, límites con Concepción Las Mesas, abarcando zonas urbanizadas y alrededores de localidades: El Rosario, El Cangrejo, San Isidro Amatitlán, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, La Virgen, Tres Arroyos, Las Palmas, El Cuete, San Vicente Piñas, Rancho San Pedro, Santa María Zacatepec, Atotonilco, San Felipe Atotonilco, Llano de Viuda, Estanzuelilla, Llano Chapultepec, San Miguel y San Marcos Nejapa.

V.1.1.2 Peligro por Deslizamiento periodo de retorno de 5 años

En teoría, el periodo de retorno también llamado período de recurrencia, el período de retorno es un concepto estadístico que intenta proporcionar una idea de hasta qué punto un suceso puede considerarse raro. Suele calcularse mediante el ajuste de distribuciones de probabilidad de variables, con base en series de valores extremos registrados dentro de períodos iguales y consecutivos. Para hacer evidente la relación se parte de la base de que la ocurrencia de los diferentes eventos no está correlacionada, esto es, la probabilidad de ocurrencia de un evento es independiente de los demás eventos.

Alternativamente, puede entenderse el período de retorno como el lapso de tiempo promedio que separa dos eventos de determinada magnitud; sin embargo, no debe interpretarse que un evento con periodo de retorno de 5 años ocurra una vez cada 5 años en similar o mayor magnitud, es más bien, considerar que la probabilidad de excedencia es de 1/5, o sea 0.20 o 20% para un año cualquiera.

Si la probabilidad de superación es del 0.2 o 20%, la probabilidad de no-superación será del 0.80 u 80% en dicho período, por lo que la probabilidad de no-superación de dos años seguidos será de 0.80x0.80, que es igual a 0.64 o 64%; bajo esta lógica, para tres años la probabilidad es de 51%, para cuatro años de 41% y para cinco años de 33%.

Sin duda alguna, las modificaciones en los niveles de susceptibilidad de peligro por deslizamientos, se relaciona de manera directa con los cambios en los regímenes de lluvia, que se presenten en la región, (Montalar, s.f.).

Con base en lo anterior, Centro Geo actualizó los cálculos relacionados con la ocurrencia de fenómenos naturales que representan peligro para Santa María Zacatepec, estimando que en caso de ocurrencia de lluvias de magnitudes iguales o superiores a las ya ocurridas anteriormente, en un período de retorno de cinco años (**PR 5 años**), la susceptibilidad del territorio a deslizamientos sería la siguiente; categoría Muy Alta 3,624.54 Ha, que representan el 7.24% del municipio; con 51.51% (25,783.38 Ha) categoría **Alta** susceptibilidad; el 23.27% (11,646.82 Ha), susceptibilidad Media y 17.98% (9,002.35 Ha), presentarían una Baja susceptibilidad.

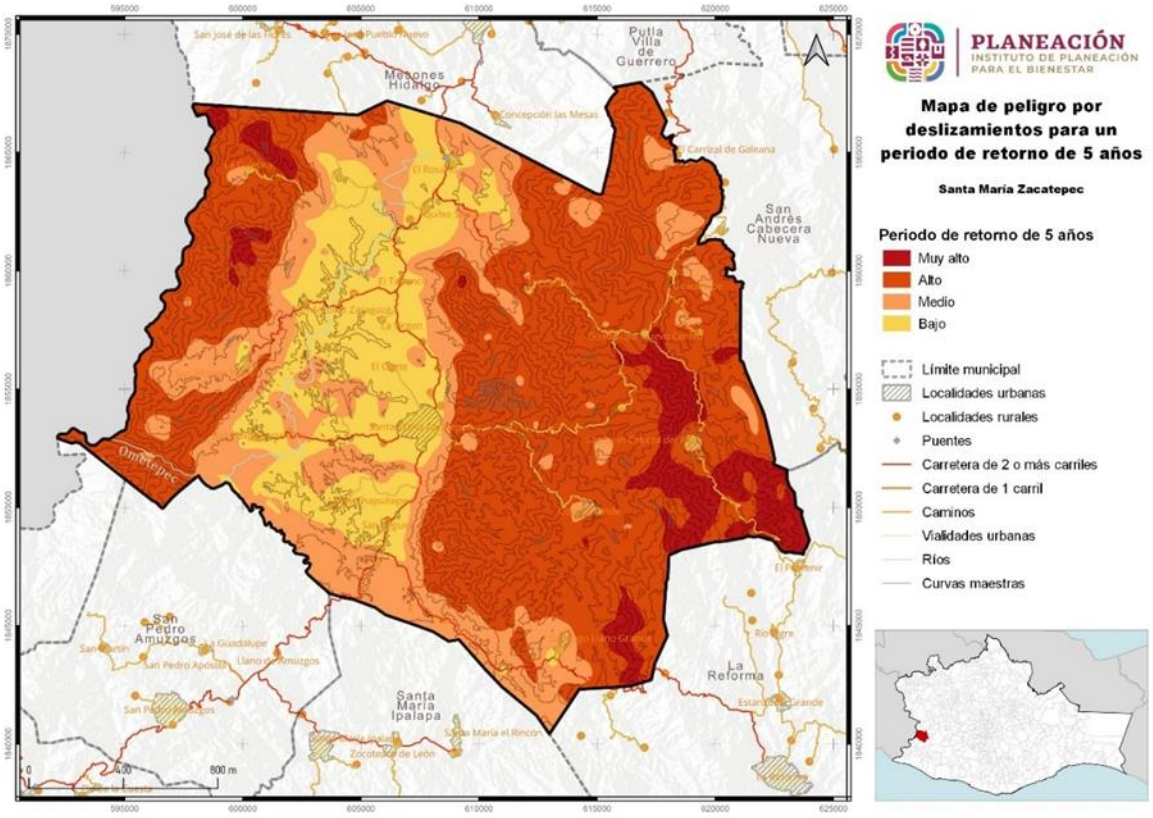
Comparando los datos de las superficies con peligro de deslizamientos establecidos para el municipio, respecto al período de retorno de 5 años, se observa un incremento en las zonas con Muy alta y Alta susceptibilidad, en un 0.89% y 0.77%, respectivamente, que corresponden de manera proporcional al descenso de superficie para las zonas con media susceptibilidad, en un 0.22% y de un 1.43% para baja susceptibilidad.

Tabla 78. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de cinco años en el municipio de Santa María Zacatepec

Deslizamientos (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta en un período de retorno de lluvias de 5 años	3624.54	7.24
Alta en un período de retorno de lluvias de 5 años	25783.38	51.51
Media en un período de retorno de lluvias de 5 años	11646.81	23.27
Baja en un período de retorno de lluvias de 5 años	9002.35	17.98

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 33. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de cinco años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con incremento de susceptibilidad de **Alta a Muy Alta** en el periodo de retorno de 5 años se encuentran en Cerro Cabeza de la Culebra y en la zona circundante del camino que conduce de Llano Grande hacia el municipio vecino de La Reforma.

En ese mismo sentido, las áreas que pasan de **Media a Alta** susceptibilidad se ubican cerca de la colindancia con Mesones Hidalgo, al poniente y al oriente; así como en las áreas de media susceptibilidad que originalmente se encuentran dentro de las zonas de alta susceptibilidad al norte, este, oeste y centro del territorio municipal.

V.1.1.3 Peligro por Deslizamiento periodo de retorno de 10 años

El municipio de Santa María Zacatepec, en el tema de susceptibilidad por deslizamiento en un periodo de retorno de 10 años, presenta una susceptibilidad “Muy Alta”, el 11.32% “Alta” en el 50.73%, la susceptibilidad “Media” en el 23.98%, y en susceptibilidad “Baja” 13.98% del territorio.

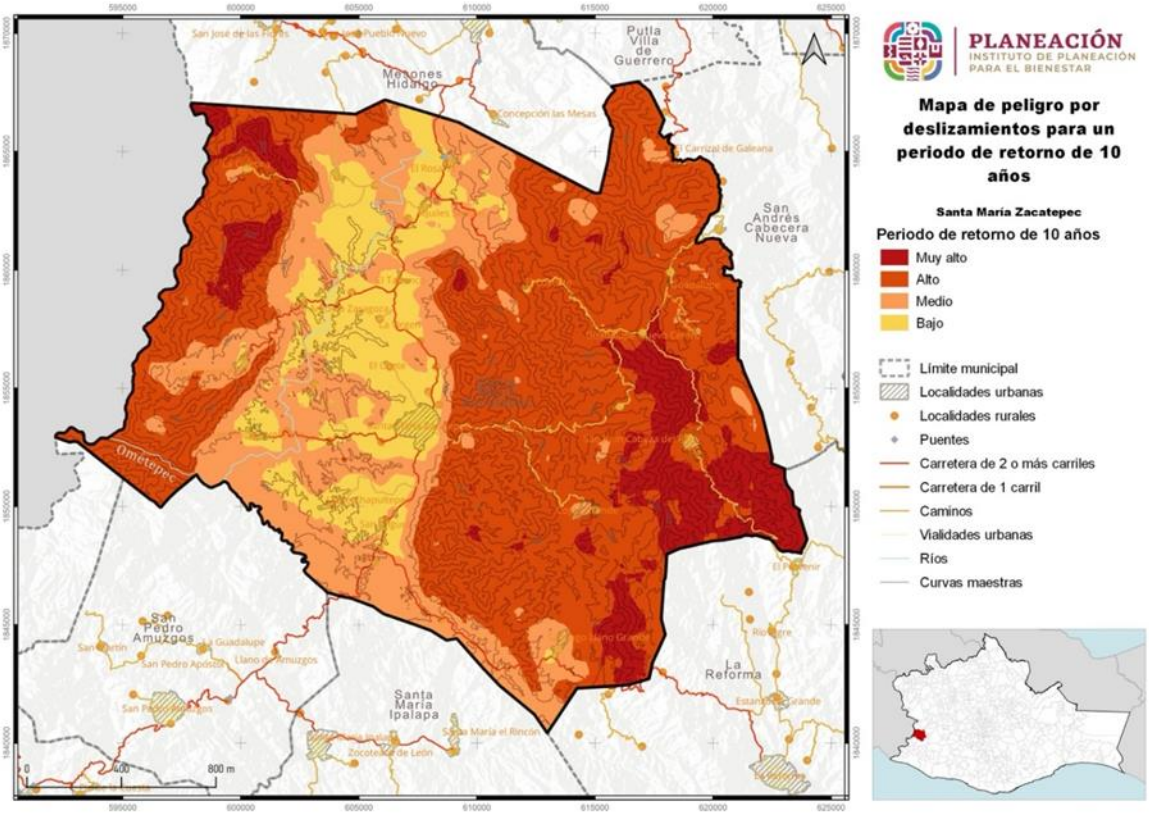
Tabla 79. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de cinco años en el municipio de Santa María Zacatepec

Deslizamientos (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta en un período de retorno de lluvias de 10 años	5665.46	11.32
Alta en un período de retorno de lluvias de 10 años	25392.34	50.73
Media en un período de retorno de lluvias de 10 años	12003.21	23.98
Baja en un período de retorno de lluvias de 10 años	6995.97	13.98

Fuente: CentroGeo, 2024

El municipio de Santa María Zacatepec, en el tema de susceptibilidad por deslizamiento en un periodo de retorno de 10 años, presenta una susceptibilidad “Muy Alta”, en una superficie de 5665.46 ha, “Alta” en 25392.34 ha, la susceptibilidad “Media” en el 12003.21 ha, y en susceptibilidad “Baja” 6995.97 ha del territorio.

Mapa 34. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de diez años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.4 Peligro por Deslizamiento periodo de retorno de 20 años

Conforme al cálculo descrito anteriormente, para el caso del período de retorno de 20 años, las estimaciones de probabilidades de deslizamientos anuales, de magnitud igual o mayor a los ya ocurridos, caen dentro del 5%, por lo que la no superación es del 95% anual, lo que significa que para el año 20, la probabilidad de que no se supere la magnitud de este fenómeno es de 36%.

El grado de peligro del territorio municipal, conforme su susceptibilidad a deslizamientos, con período de retorno de 20 años, es Muy alto en 8,220.15 Ha, que representa el 16.42% del total de la superficie municipal; **Alto** en 24,438.12 Ha, equivalente a 48.82%; Medio para 12,883.75 Ha, que significan el 25.75% y Bajo en 4,515 Ha, un 9.02% del municipio.

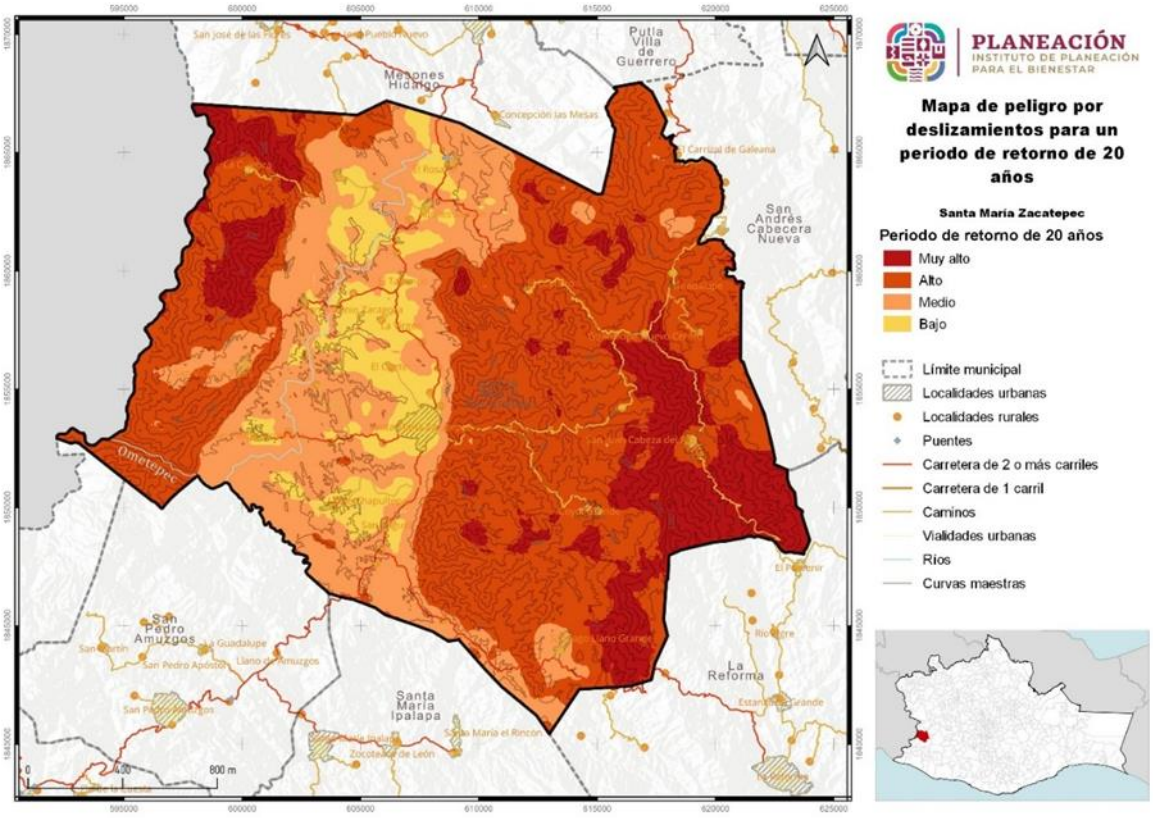
Como puede verse, la variación en los períodos de retorno de 5 y 20 años, resultan en un importante incremento de 4,595.6 Ha, en la superficie con susceptibilidad muy alta y de 1,236.94 Ha para la superficie con susceptibilidad media; por el contrario, se reducen las áreas con susceptibilidad alta y baja en 1,345.26 Ha y en 4,487.35 Ha respectivamente.

Tabla 80. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de 20 años en el municipio de Santa María Zacatepec

Deslizamientos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta en un período de retorno de lluvias de 20 años	8220.15	16.42
Alta en un período de retorno de lluvias de 20 años	24438.12	48.82
Media en un período de retorno de lluvias de 20 años	12883.75	25.74
Baja en un período de retorno de lluvias de 20 años	4515	9.02

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 35. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de 20 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Para el período de retorno de 20 años, se observa que las mismas áreas catalogadas como de **muy alto** peligro para el período de retorno de cinco años, se amplían, específicamente en el cerro Cola de la Culebra, donde se unen varios fragmentos para constituir un solo bloque, al igual que Cerro Cabeza de la Culebra con Cerro La Ocotera.

Otras partes donde se amplía la superficie con muy alta susceptibilidad se presentan al noreste del territorio, en estribaciones de sierras con alturas entre 900 y 1,200 msnm, que presentan fuertes pendientes, como es el caso del cerro Corral de Piedra. También se amplía la franja considerada como de muy alta susceptibilidad entre Guadalupe Nuevo Centro y San Juan Cabeza del Río, rodeando la zona urbanizada de esta segunda localidad y acercándose más a las localidades de Santa Cruz Tutihua y Coyul Grande, llegando hasta los límites con La Reforma. Así mismo, se abren nuevas áreas aisladas con muy alta susceptibilidad entre Coyul Grande, Llano Chapultepec y San Miguel.

Respecto al aumento de superficie de zonas con susceptibilidad **media**, ésta se da en detrimento de zonas de baja susceptibilidad, de tal manera que avanza hasta rodear pequeñas áreas aledañas a las zonas urbanizadas de todas las localidades ubicadas en

la franja central norte-sur del municipio, desde El Rosario, pasando por la cabecera municipal, hasta Llano Chapultepec y San Miguel.

V.1.1.5 Peligro por Deslizamiento periodo de retorno de 50 años

Para un período de retorno de 50 años, las estimaciones de probabilidades de deslizamientos anuales, de magnitud igual o mayor a los ya ocurridos, caen dentro del 2%, por lo que la no superación es del 98% anual, resultando que la probabilidad de que no se supere la magnitud de este fenómeno en esos 50 años, es similar que, para el período de retorno de 20 años, esto es, en un 36%.

Aunque para un período de retorno de 50 años, la superficie con Alta susceptibilidad a deslizamientos sigue abarcando la mayor parte del municipio, con 20,716.83 Ha, que representan el 41.39% del total del área municipal, se mantiene el aumento de la categoría peligro Alto a peligro Muy alto; así como, de la categoría peligro Bajo a peligro Medio, de tal manera que en este escenario tendencial, las zonas con muy alta susceptibilidad a deslizamiento llegan a ser 13,806.97 Ha, esto es el 27.58% y los de media susceptibilidad suben a 14,355.27 Has, que significa el 28.68% del territorio municipal.

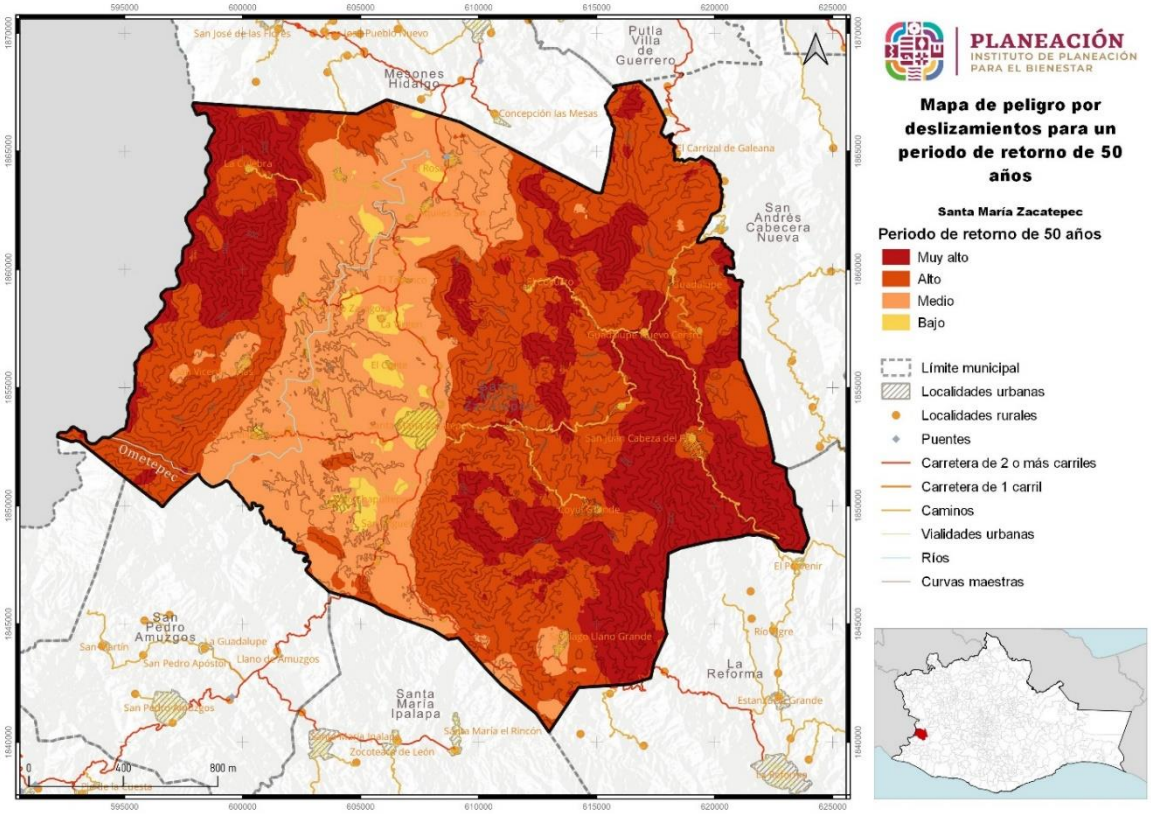
Tabla 81. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de 50 años en el municipio de Santa María Zacatepec

Deslizamientos (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta en un período de retorno de lluvias de 50 años	13806.97	27.58
Alta en un período de retorno de lluvias de 50 años	20716.83	41.39
Media en un período de retorno de lluvias de 50 años	14355.27	28.68
Baja en un período de retorno de lluvias de 50 años	1177.97	2.35

Fuente: CentroGeo, 2024

La expansión de la superficie con muy alto peligro se da hacia los alrededores de todas las áreas establecidas con esa misma categoría para el período de retorno a 20 años, tanto las de la parte noroeste, como las ubicadas en la parte centro-este y este del territorio.

Mapa 36. Peligro por deslizamiento para un periodo de retorno de 50 años del municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Para un período de retorno de 50 años de deslizamientos, las únicas áreas con baja susceptibilidad a este peligro son las zonas urbanizadas ubicadas en la franja que corre de norte a sur en el centro de municipio, como son el Rosario, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, La Virgen, El Cuete, San Felipe Atotonilco, Santa María Zacatepec, Llano de Viuda, Llano Chapultepec, San Miguel, San Marcos Nejapa y Santiago Llano Grande.

V.1.1.6 Susceptibilidad por derrumbes y caídos

Los caídos de roca y derrumbes de acuerdo con la “Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”, Fenómenos Geológicos (CENAPRED, 2006), se definen como “movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando”.

Cada año, ocurren numerosos casos, principalmente en cortes carreteros mal realizados y algunos llegan a afectar comunidades que se encuentran justamente al pie de laderas y taludes que son prácticamente subverticales, su ocurrencia, al igual

que en el caso de los deslizamientos es el resultado de la combinación de diversos factores, tanto naturales, como antropogénicos, (CNPC, 2020).

Las principales variables que influyen en los fenómenos de caídos y derrumbes en formaciones rocosas, según Mendoza y Domínguez (2006), son los factores a) topográficos, b) geológicos y geotécnicos y c) geomorfológicos y ambientales.

Son **factores topográficos** la inclinación y altura de las laderas o taludes, pudiendo decirse que los caídos y derrumbes son más frecuente en laderas cuyos ángulos de inclinación son mayores a 30°; así mismo, a partir de alturas de laderas de 10 m ya se consideran de gran peligro para la población.

Los **factores geológicos y geotécnicos** se relacionan con el tipo de suelos y rocas, así como su estructura; los materiales más duros o resistentes son más susceptibles a la ocurrencia de caídos y/o derrumbes, mientras que los más blandos o suaves, son menos propensos a este fenómeno, influyendo de manera determinante la presencia de fallas y fracturas.

Factores geomorfológicos se consideran los huecos en las laderas, tanto la directamente involucrada en el caído o derrumbe, como las contiguas. Los factores ambientales se refieren al uso del suelo y vegetación, así como al régimen de humedad, considerándose que las zonas más propensas son aquellas que tienen una vegetación densa, en tanto que las zonas deforestadas son menos susceptibles al fenómeno, a diferencia de lo que ocurre con la susceptibilidad a deslizamiento de Laderas. La acumulación de agua en el terreno convierte la capa superficial del suelo en un río de lodo o barro provocando el deslizamiento desde un punto de origen, aumentando de tamaño a medida que arrastra plantas, árboles y escombros en su camino (CNPC, 2020).

Imagen 4. Mecanismo potencial de Falla Volteo (A) y Mecanismo Potencial de Falla caída o desprendimiento (B).

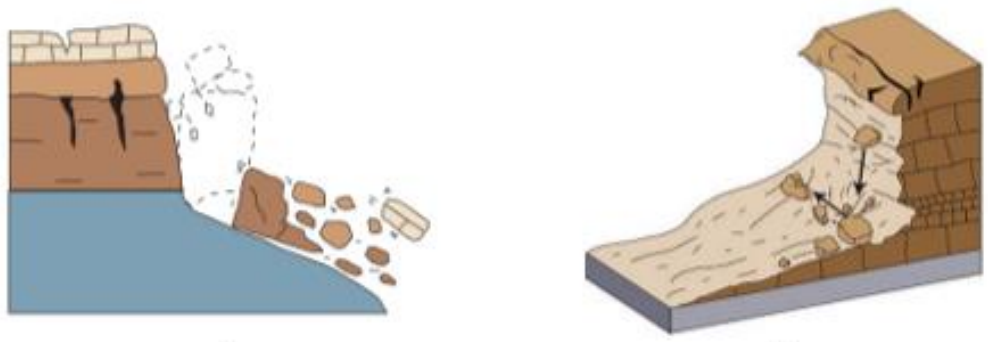


Figura 5.24 Mecanismo Potencial de Falla Volteo (A) y Mecanismo Potencial de Falla Caída o desprendimiento (B). Fuente: USGS

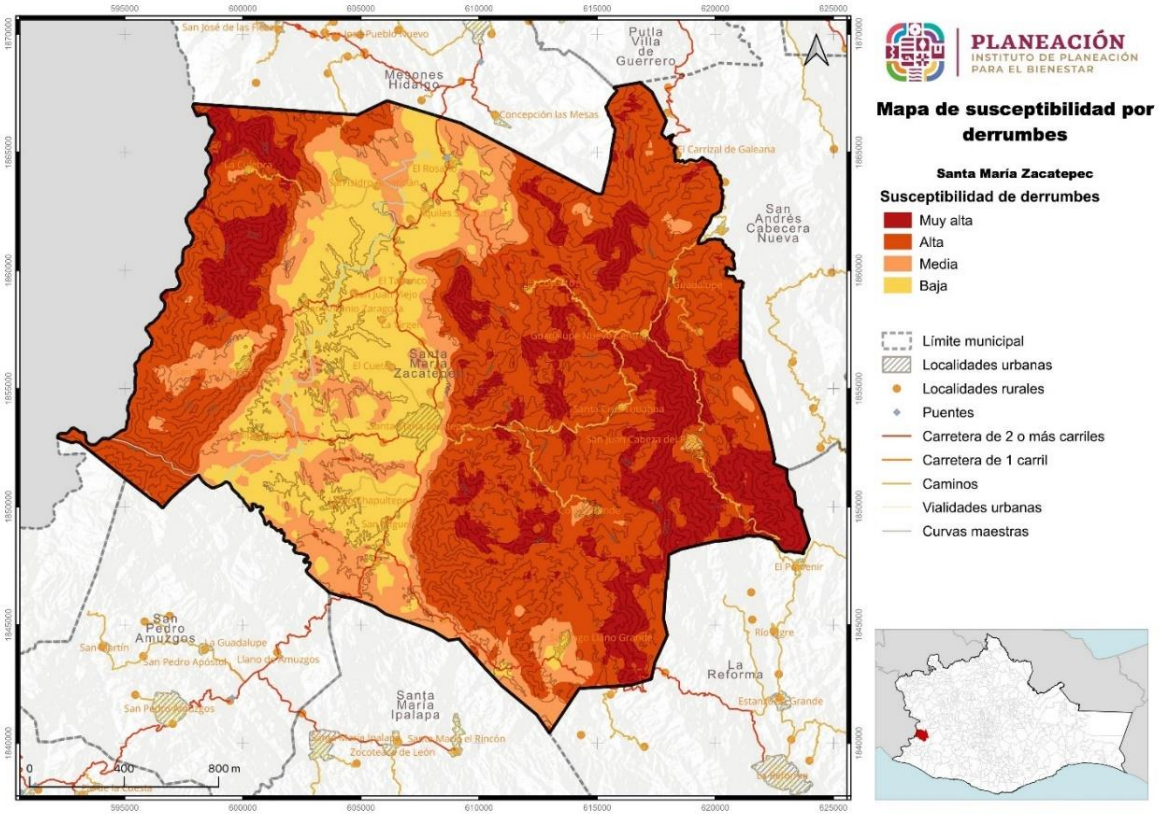
La Susceptibilidad por derrumbes en gran parte del territorio es **Alta**, ya que abarca una superficie de 23,104.05 Ha, que representan el 46.13% del territorio municipal; que se complementa con 9,749.37 Ha con Baja susceptibilidad (19.47%); 9,105.31 Ha con muy alta susceptibilidad (18.18%) y 8,123.48 Ha, con susceptibilidad media.

Tabla 82. Susceptibilidad por derrumbes en el municipio de Santa María Zacatepec

Derrumbes	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta	9105.31	18.18
Alta	23104.05	46.13
Media	8123.48	16.22
Baja	9749.37	19.47

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 37. Susceptibilidad por derrumbes



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con muy alta y alta susceptibilidad a derrumbes, se distribuyen en franjas laterales, la de mayor superficie al oriente del territorio municipal y otra, relativamente más delgada, al poniente.

En una franja que corre de norte a sur, en la parte central del municipio, donde se encuentran gran parte de los núcleos rurales y la cabecera municipal, la susceptibilidad de derrumbes se cataloga como de media y baja susceptibilidad.

V.1.1.7 Peligro por derrumbe periodo de retorno de 5 años

Importa mencionar que la probabilidad de no ocurrencia de derrumbes con magnitudes iguales o superiores a los ya acontecidos en el municipio, considerando un período de retorno de cinco años es del 33%.

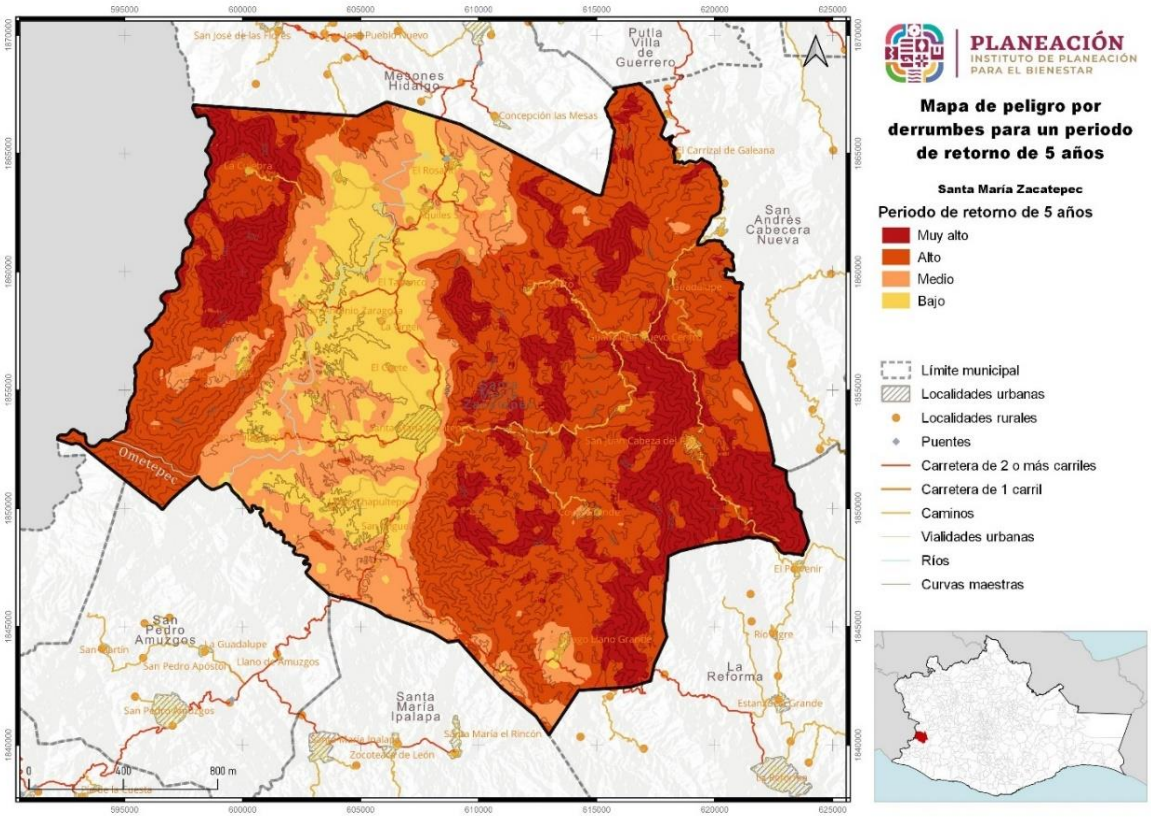
Así se tiene que, en caso de ocurrir un fenómeno de esta naturaleza, con magnitud igual o mayor en el municipio, en un período de retorno de lluvias de cinco años **(PR 5 años)**, se consideran como zonas con Muy alta susceptibilidad 10,744.75 Ha, que son el 21.47% de la superficie del municipio; así mismo, 22,422.99 Ha, el 44.79% de la superficie municipal, con **Alta** susceptibilidad; con 9,212.62 Ha como susceptibilidad Media, que significa el 18.4% y 7,767.64 Ha, que representan el 15.34% del territorio, como de Baja susceptibilidad.

Tabla 83. Susceptibilidad por derrumbes en el municipio de Santa María Zacatepec en un período de retorno de cinco años.

Peligro por derrumbes (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 5 años	10744.75	21.47
Alto en un período de retorno de lluvias de 5 años	22422.99	44.79
Medio en un período de retorno de lluvias de 5 años	9212.62	18.4
Bajo en un período de retorno de lluvias de 5 años	7676.64	15.34

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 38. Peligro por derrumbes periodo de retorno 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con **muy alta** susceptibilidad se ubican en las zonas pronunciadas de las estribaciones de los cerros Cola de la Culebra, Cabeza de la Culebra y La ocotera, al poniente del municipio, cerca de sus límites con el estado de Guerrero; así como en el cerro Corral de Piedra con altura de 1,500 msnm y otras elevaciones del noreste del municipio con alturas de hasta 1,200 metros.

Así mismo, son zonas que se consideran de **alta** susceptibilidad las montañas ubicadas al oriente de El Tapanco, cerro La Mesas, aunque su altura no rebasa los 800 metros. Desde la localidad de Guadalupe, inicia una cordillera que representa muy alta susceptibilidad a derrumbes, avanza hacia Guadalupe Nuevo Centro, quedando entre las carreteras que van hacia Santa Cruz Tutiahua y San Juan Cabeza de Río, prolongándose hasta el punto trino que se forma con los municipios de San Andrés Cabecera Nueva y La Reforma y hasta Llano Grande, aunque no llega a este núcleo urbano.

Las zonas con **alta** susceptibilidad a derrumbes en encuentran en franjas que corren del norte a sur el municipio, al oriente y al poniente, en esas áreas se encuentran inmersos los núcleos de población La Culebra, La Guadalupe, El Coyulito, El Limón

Santa Ana, Guadalupe Nuevo Centro, Santa Cruz Tutiahua, San Juan Cabeza del Río y Coyul Grande.

Las zonas con susceptibilidad catalogada como **media** ante posibles derrumbes en un período de cinco años, se encuentran muy cerca de las zonas de alta susceptibilidad, ya sea inmersas en ellas o en sus orillas; en esas zonas se localizan los pueblos de El Naranjo y Santiago Llano Grande.

En una franja central del municipio, que va de norte a sur, se localizan las áreas con **baja** susceptibilidad a derrumbes, zonas donde se encuentran gran cantidad de asentamientos humanos, incluyendo la cabecera municipal.

V.1.1.8 Peligro por Derrumbe periodo de retorno de 10 años

La probabilidad que no suceda un derrumbe con magnitud igual o mayor a los presentados hasta ahora en el municipio, en un período de retorno de 10 años, es de 35%.

El grado de peligro del territorio municipal, conforme su susceptibilidad a derrumbes, en un período de retorno de lluvias de 10 años, se considera Muy alto en 12,598.3 Ha y en 20,014.79 Ha como **Alto**; se establece con susceptibilidad Media a 9,376.11 Ha y de Baja susceptibilidad a 7,167.85 Has.

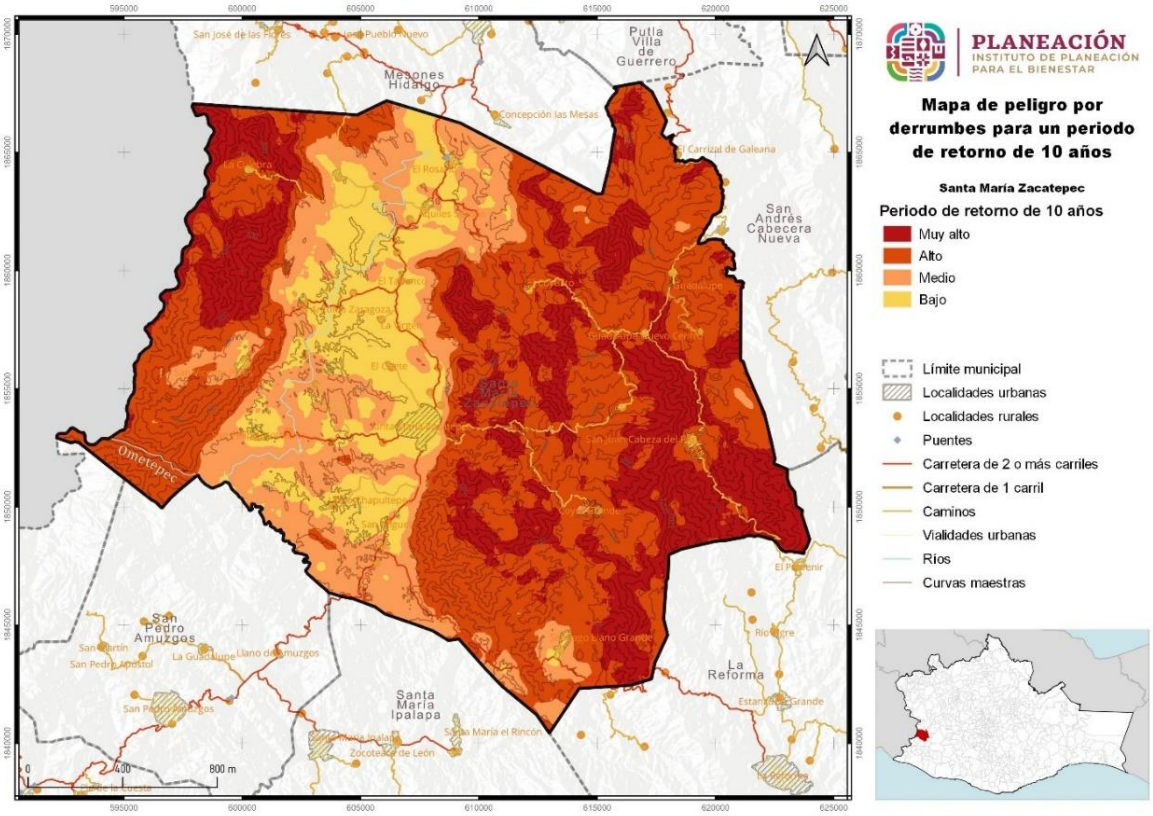
Predomina la superficie con alto grado de peligro a derrumbes en el municipio, al ser 41.78% del territorio, comparado con el 25.17% que son zonas de muy alto peligro, 18.73% de zonas con peligro medio y 14.32% con bajo peligro.

Tabla 84. Susceptibilidad por derrumbes en el municipio de Santa María Zacatepec en un período de retorno de 10 años.

Peligro por derrumbes (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 10 años	12598.3	25.17
Alto en un período de retorno de lluvias de 10 años	20914.79	41.78
Medio en un período de retorno de lluvias de 10 años	9376.11	18.73
Bajo en un período de retorno de lluvias de 10 años	7167.85	14.32

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 39. Peligro por derrumbes periodo de retorno 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Las 1,853.55 Ha que se incrementan como de muy alta susceptibilidad en el período de retorno a 10 años, respecto al estimado para el período de retorno a cinco años, se proyectan principalmente hacia zonas del sureste del territorio, principalmente en detrimento de 1,508.2 Ha que en un período de retorno de cinco años se ubicaban como de alta susceptibilidad.

Las 163.44 Ha que se incrementan como zonas con peligro medio en el territorio, son áreas que en el período de retorno de 5 años se ubicaban como de baja susceptibilidad, específicamente en las zonas aledañas a los núcleos de población de la franja central del municipio.

V.1.1.9 Peligro por Derrumbe periodo de retorno de 20 años

La probabilidad que no se supere la magnitud de derrumbes en el municipio, en un período de retorno de 20 años se estima en un 36%.

El grado de peligro del territorio municipal, con base en su susceptibilidad a derrumbes, en un período de retorno de lluvias de 20 años, es Muy alto en 15,436.56 Ha, que representa el 30.84% del total de la superficie municipal; es **Alto** en 18,508.89 Ha, que son el 36.98%; Medio para 9,717.7 Ha, que significan el 19.41% y Bajo en 6,393.81 Ha, esto es el 12.77% del municipio.

Como puede verse, la variación en los períodos de retorno de 5 y 20 años, resultan en un importante incremento de 4,595.6 Ha, en la superficie con susceptibilidad muy alta y de 1,236.94 Ha para la superficie con susceptibilidad media; por el contrario, se reducen las áreas con susceptibilidad alta y baja en 1,345.26 Ha y en 4,487.35 Ha respectivamente.

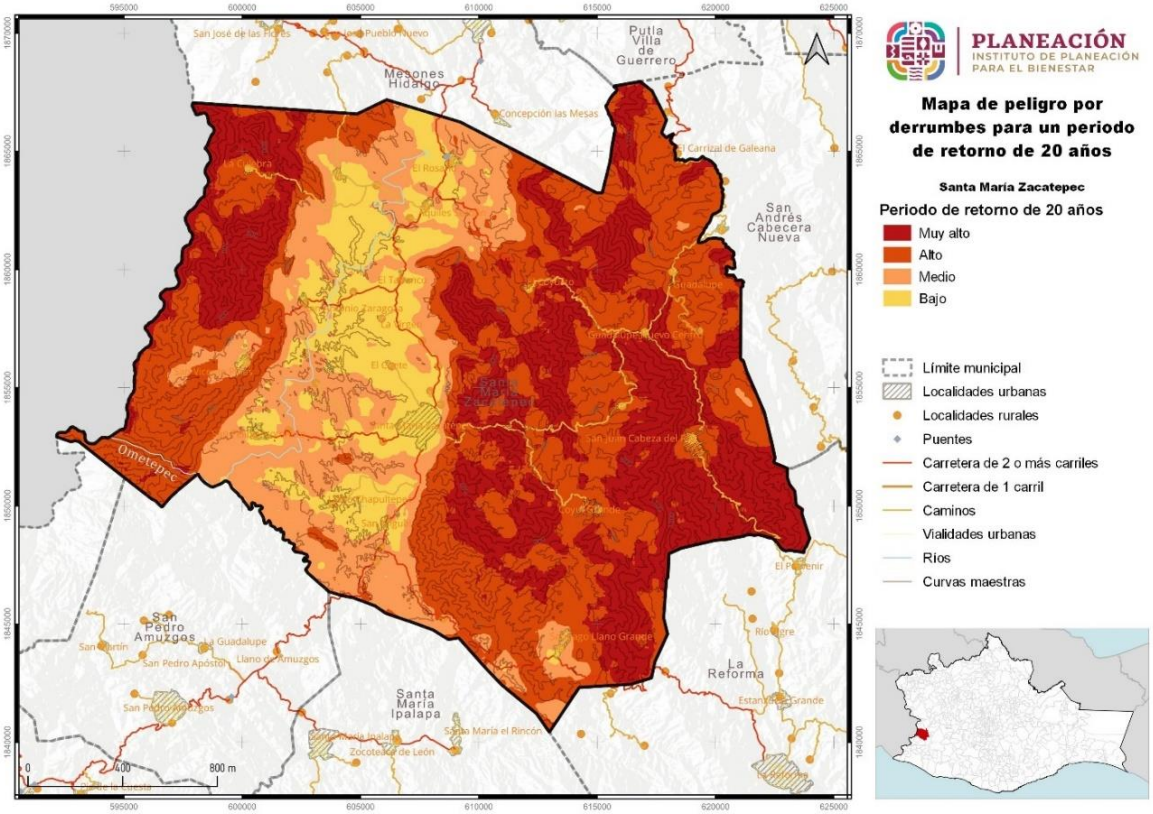
Es evidente que en medida que el período de retorno aumenta, también se incrementa la superficie del territorio con grado de peligro muy alto, así se tiene que, comparando los períodos de retorno de derrumbes a 10 y 20 años, se tiene una diferencia de 2,838.26 Ha.

Tabla 85. Susceptibilidad a peligro por derrumbes en un periodo de retorno de 20 años en el municipio de Santa María Zacatepec

Peligro por derrumbes (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 20 años	15436.56	30.84
Alto en un período de retorno de lluvias de 20 años	18508.89	36.98
Medio en un período de retorno de lluvias de 20 años	9717.7	19.41
Bajo en un período de retorno de lluvias de 20 años	6393.81	12.77

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 40. Peligro por derrumbes periodo de retorno 20 años



Fuente: CentroGeo, 2024

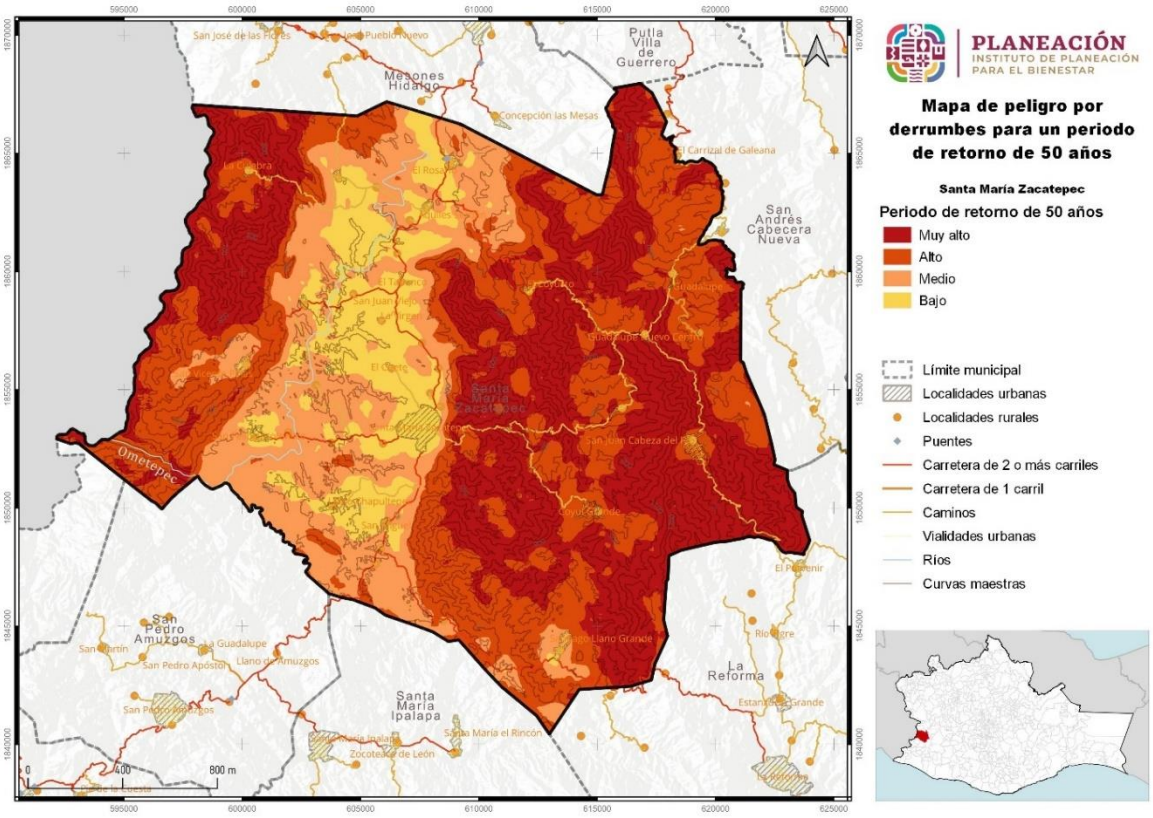
Las zonas hacia donde se amplía la superficie con muy alto peligro de derrumbes en un período de retorno a 20 años, se presentan en la franja oriente del territorio, desde su parte central, hasta el sur, en sus colindancias con San Andrés Cabecera Nueva y La Reforma.

V.1.1.10 Peligro por Derrumbe periodo de retorno de 50 años

La probabilidad que no se supere la magnitud de derrumbes en el municipio, en un período de retorno de 50 años se estima en un 36%.

El incremento de áreas con muy alto peligro de derrumbes en el municipio mantiene los escenarios tendenciales proyectados para los períodos de retorno de cinco, 10 y 20 años, de tal manera que, para el período de retorno a 50 años, se extiende en la franja oriente del territorio, desde su parte central, hasta el sur, en sus colindancias con San Andrés Cabecera Nueva y La Reforma.

Mapa 41. Peligro por derrumbes periodo de retorno 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Caída de detritos

En geología se conocen como Detritos, al material suelto o sedimento de rocas, producto de la erosión, transporte, meteorización y procesos geológicos externos que desgastan las rocas. El material detrítico se acumula en zonas de cuencas sedimentarias, que son áreas con topografía deprimida, formando rocas sedimentarias.

Un material detrítico típico y muy conocido son las arcillas, producto de la meteorización química de algunos tipos de roca, las arcillas son minerales de grano fino con estructuras laminares similares a las micas.

Constituyen un flujo de sedimentos tomado por una mezcla de fragmentos gruesos empastados en una matriz de partículas finas con un contenido de agua y aire en su interior, se localizan en la mayoría de las zonas morfoclimáticas y pueden desplazarse grandes distancias y ser muy destructivos. El deslizamiento de detritos es el movimiento descendente de tierras y material poco consolidado que resbala sobre un plano inclinado como un contacto entre dos rocas diferentes.

Por su relieve, en Santa María Zacatepec, el 45% de su territorio está expuesto a algún grado de peligro por caída de detritos, con rangos entre medio hasta muy alto; así se tiene que, 948.09 Ha (1.89%) de la superficie municipal, presenta una susceptibilidad Muy alta a este fenómeno; 9,619.58 Ha, que son el 19.22% tienen un rango Alto en términos de susceptibilidad; 11,962.3 Ha están catalogada como de peligro Medio, esto es el 23.9% del municipio.

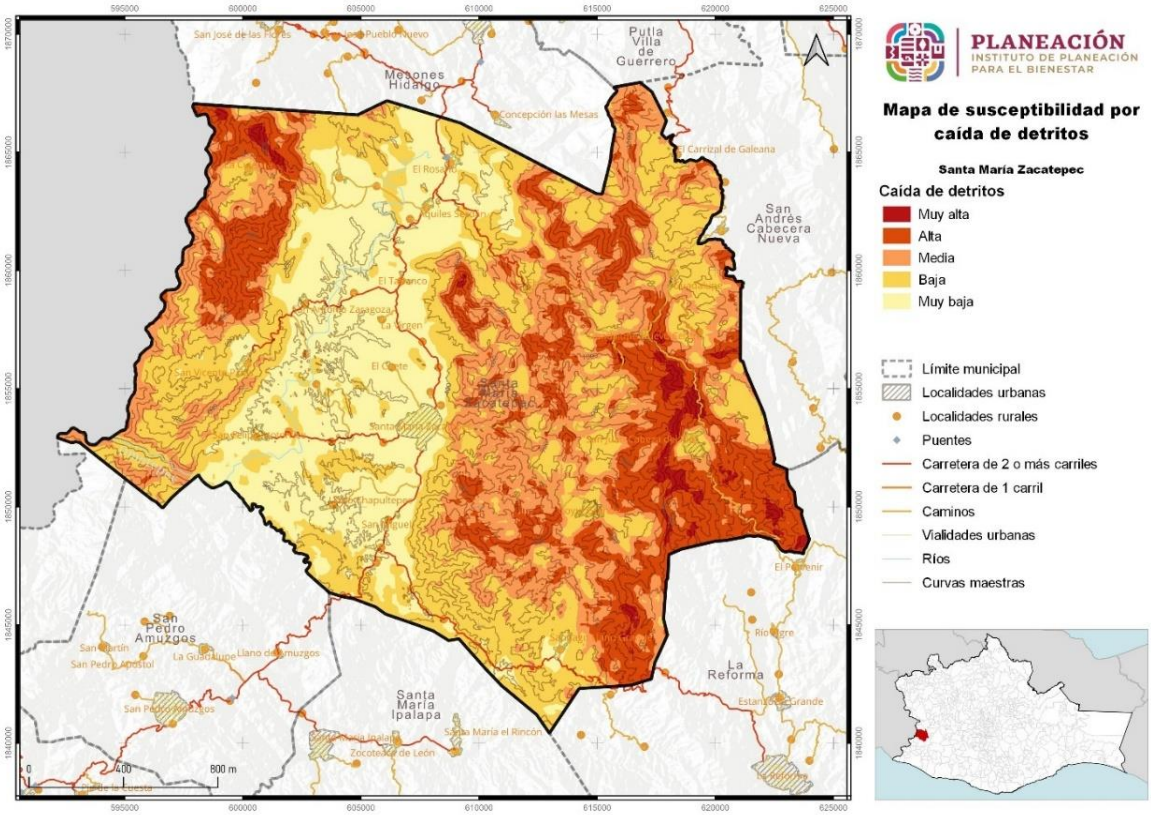
Aún con lo anterior, 15,557.38 Ha (31.08%) del territorio municipal, se consideran con **Baja** susceptibilidad a caída de detritos y 11,969.48 Ha (23.91%), con muy baja susceptibilidad.

Tabla 86. Susceptibilidad por caída de detritos

Caida de dentritos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta	948.09	1.89
Alta	9619.58	19.22
Media	11962.3	23.9
Baja	15557.38	31.08
Muy baja	11969.48	23.91

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 42. Susceptibilidad por caída de detritos



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con muy alta susceptibilidad a caída de detritos se localizan principalmente en las zonas con cambios fuertes de pendiente, principalmente en los cerros Cola de la Culebra, Cabeza de la Culebra y La ocotera, al noroeste del municipio, cerca de sus límites con el estado de Guerrero; así como en el cerro Corral de Piedra con altura de 1,500 msnm y otras elevaciones del noreste del municipio con alturas entre 700 hasta los 1,200 msnm.

Como se mostró en el mapa anterior de susceptibilidad por caída de detritos, la cabecera municipal y los núcleos de población rurales se ubican en zonas con muy baja susceptibilidad de caída de detritos, aunque en el caso de los centros de población de La Culebra, Guadalupe, Guadalupe Nuevo Centro y San Juan Cabeza del Río, con media y alta susceptibilidad se encuentran rodeándolas o muy cercanas a estas zonas urbanas.

V.1.1.11 Peligro por caída de detritos periodo de retorno de 5 años

Estadísticamente se considera un 33% de probabilidad de no ocurrencia de caída de detritos, en magnitudes iguales o superiores a las ya acontecidas en el municipio, considerando un período de retorno de cinco años.

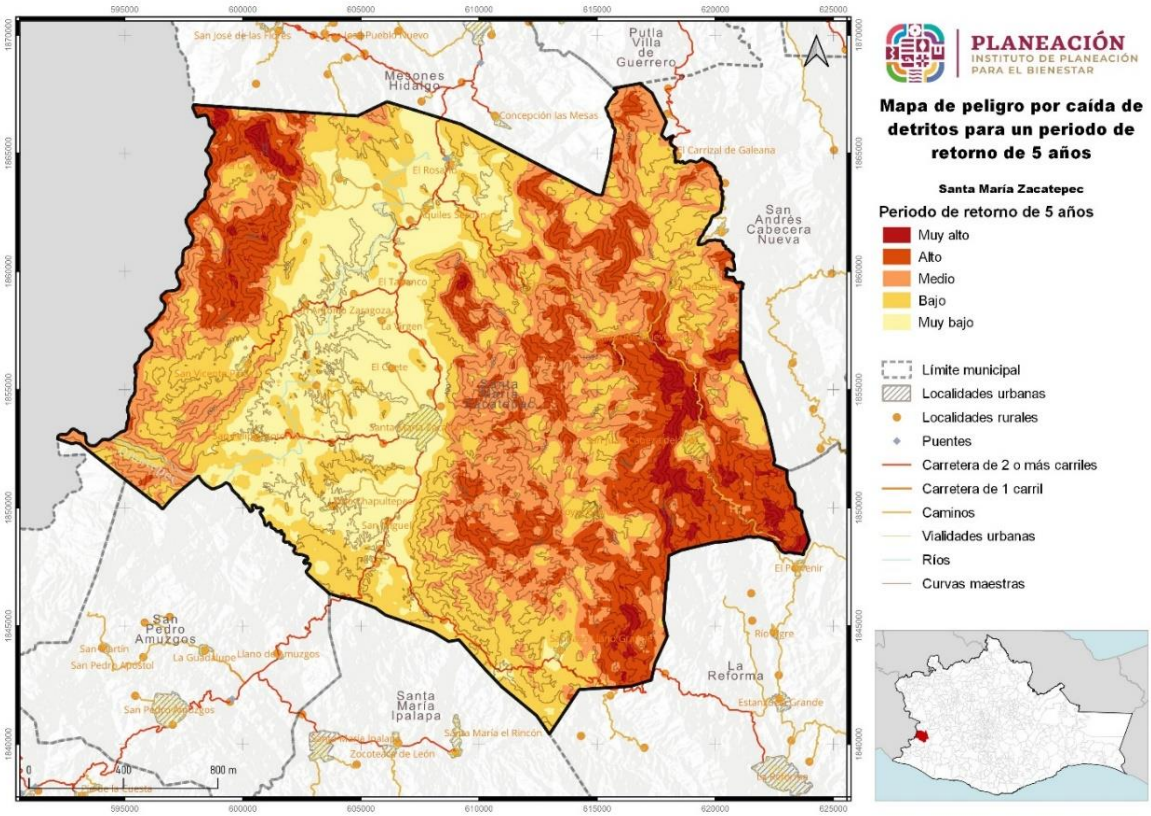
De presentarse un fenómeno de esta naturaleza en el municipio, en un período de retorno de lluvias de cinco años, las superficies y susceptibilidad serían las siguientes: en 1,607.43 Ha, que representan el 3.21% del territorio municipal la susceptibilidad se considera Muy alta; 10,083.32 Ha, que es el 20.14% del municipio es Alta; 12,431.26 Ha, 24.83% es **Media**; 15,046.2 Ha (30.06%) es Baja y en 10,888.65 Ha (21.75%) es Muy bajo.

Tabla 87. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de cinco años.

Peligro por dentritos (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 5 años	1607.43	3.21
Alto en un período de retorno de lluvias de 5 años	10083.32	20.14
Medio en un período de retorno de lluvias de 5 años	12431.26	24.83
Bajo en un período de retorno de lluvias de 5 años	15046.2	30.06
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 5 años	10888.65	21.75

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 43. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de cinco años.



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con muy alta, alta y media susceptibilidad a caída de detritos, en un período de retorno de cinco años, se incrementan en las estribaciones de los cerros Cabeza de la Culebra y La Ocotera, al noroeste del municipio; así mismo, se amplían las zonas ya ubicadas alrededor de la carretera que comunica a La Guadalupe, Guadalupe Nuevo Centro y con localidades de La reforma, así como en elevaciones del sureste, cercanas al cerro Corral de Piedra, zonas que antes se consideraban como de baja y muy baja susceptibilidad.

V.1.1.12 Peligro por caída de detritos periodo de retorno de 10 años

La probabilidad que no sucedan caída de detritos con magnitud igual o mayor a los presentados hasta ahora en el municipio, en un período de retorno de 10 años, es de 35%.

Respecto al peligro por caída de detritos en el municipio, en un período de retorno de lluvias de 10 años, se estima que 2,190.84 Ha, que constituyen el 4.38% del territorio, registran una Muy alta susceptibilidad; así mismo, 10,712.41 Ha, que son el 21.4%, presentan una Alta susceptibilidad; con Media susceptibilidad se encuentran 11,900.1

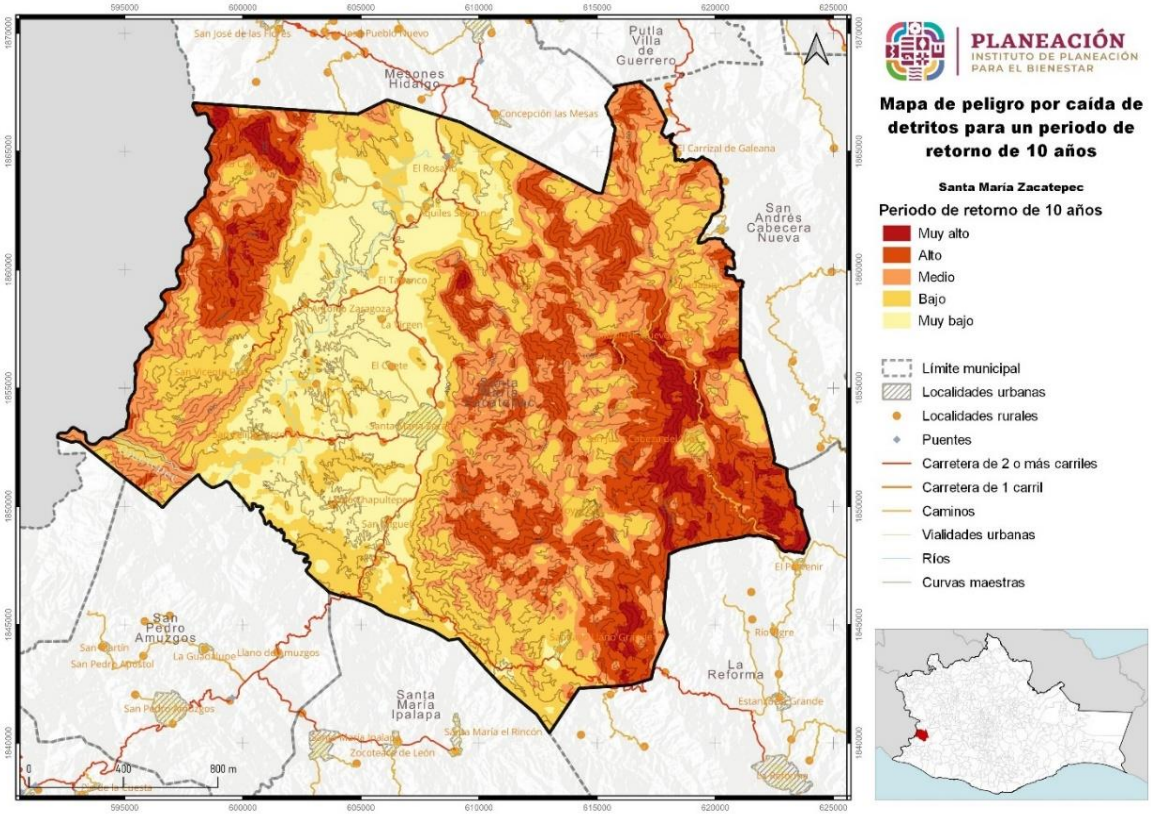
Ha, que significan el 23.77% del municipio; 14,576.75 Ha (29.12%), son de Baja y 10,676.85 Ha (21.33%), tienen una Muy baja susceptibilidad.

Tabla 88. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 10 años.

Peligro por dentritos (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 10 años	2190.84	4.38
Alto en un período de retorno de lluvias de 10 años	10712.41	21.4
Medio en un período de retorno de lluvias de 10 años	11900.1	23.77
Bajo en un período de retorno de lluvias de 10 años	14576.75	29.12
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 10 años	10676.85	21.33

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 44. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 10 años.



Fuente: CentroGeo, 2024

Los incrementos de superficie en las zonas con alta y muy alta susceptibilidad en el período de retorno de 10 años, respecto a la proyección con retorno a cinco años, se dan en detrimento de superficie de las zonas de muy baja, baja y media susceptibilidad a caída de detritos.

Bajo esa misma comparación, los cambios se dan principalmente en la zona sureste del territorio, alrededor de la carretera que comunica Guadalupe Nuevo Centro con localidades de La reforma, así como en estribaciones del cerro Corral de Piedra.

V.1.1.13 Peligro por caída de detritos periodo de retorno de 20 años

La probabilidad que en el territorio municipal no se supere la caída de detritos, en un período de retorno de lluvias de 20 años, se estima en un 36%.

Para dicho período, la superficie con Muy alta susceptibilidad a caída de detritos se estima en 3,790.68 Ha (7.57%); en complemento a la superficie municipal, 11,560.76 Ha corresponden a Alta susceptibilidad (23.1%); Media susceptibilidad 10,772.77 Ha, que son el 21.52%; Baja susceptibilidad en 13,686.48 Ha, que significan 27.34% y Muy baja susceptibilidad 10,246.21 Ha, que representan el 20.47% del total de la superficie territorial.

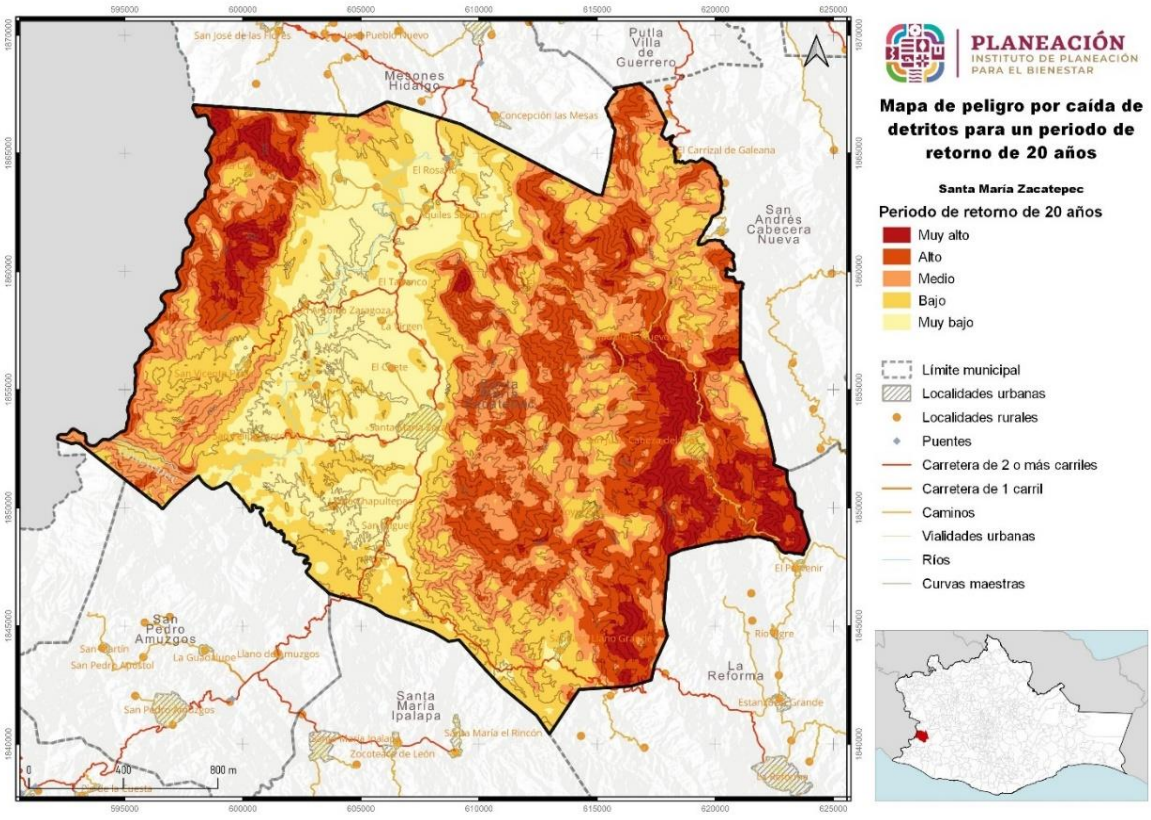
Tabla 89. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 20 años.

Peligro por dentritos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 20 años	3790.68	7.57
Alto en un período de retorno de lluvias de 20 años	11560.76	23.1
Medio en un período de retorno de lluvias de 20 años	10772.77	21.52
Bajo en un período de retorno de lluvias de 20 años	13686.48	27.34
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 20 años	10246.21	20.47

Fuente: CentroGeo, 2024

La proyección para este período de retorno de 20 años, se mantiene en la misma tendencia de caída de detritos que para el período de retorno de 10 años, ya que 2,448.19 Ha, ascienden del nivel de peligro de zonas, antes con muy baja, baja y media susceptibilidad, hacia alta y muy alta susceptibilidad, lo que se hace presente, principalmente en las estribaciones del cerro Cabeza de Culebra y en la zona este y sureste del territorio.

Mapa 45. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 20 años.



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.14 Peligro por caída de detritos periodo de retorno de 50 años

La probabilidad que en el municipio no se supere la magnitud de caída de detritos que ya se han presentado en alguna ocasión, en un período de retorno de 50 años se estima en un 36%.

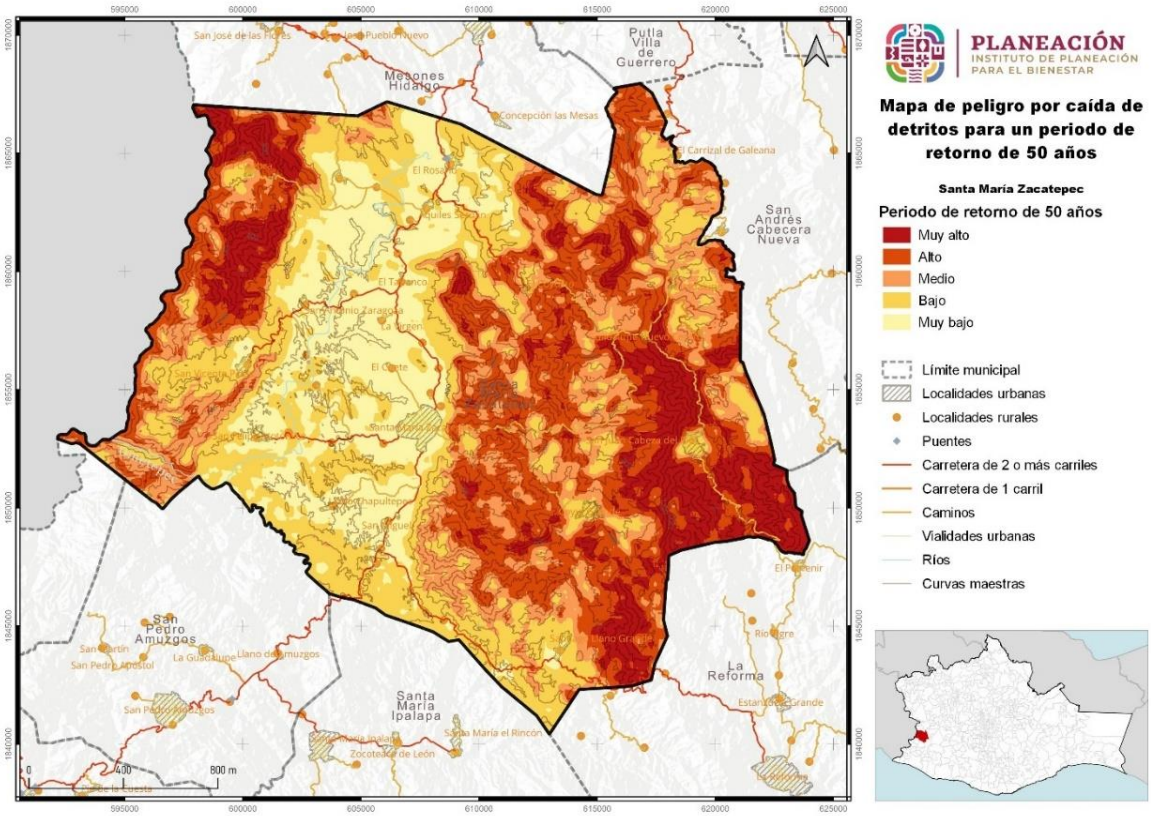
En una categoría de Muy alto peligro a caída de detritos en el período de retorno de 50 años se encuentran 6,931.26 Ha, que son el 13.85% del total municipal; con Alto peligro se consideran 12,132.86 Ha, esto es 24.24%; con peligrosidad Media se ubican 8,865.34 Ha (17,71%); en Bajo peligro se sitúan 12,567.0 Ha (25.11%) y con Muy bajo peligro 9,560.23 Ha, que son el 19.1% del total de la superficie municipal.

Tabla 90. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 50 años.

Peligro por dentritos (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 50 años	6931.26	13.85
Alto en un período de retorno de lluvias de 50 años	12132.86	24.24
Medio en un período de retorno de lluvias de 50 años	8865.34	17.71
Bajo en un período de retorno de lluvias de 50 años	12567	25.11
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 50 años	9560.23	19.1

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 46. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 50 años.



Fuente: CentroGeo, 2024

Entre las proyecciones de caída de detritos en períodos de retorno a 20 años y a 50 años, se estiman incrementos en los niveles de peligrosidad de las categorías de

susceptibilidad muy baja, baja y media, hacia categorías de alta y muy alta susceptibilidad, en una superficie de 3,712.68 Ha.

Destaca el alto incremento de las zonas con muy alta susceptibilidad a caída de detritos en el cerro Cabeza de la Culebra y al sur- sureste el territorio de Zacatepec, desde Guadalupe Nuevo Centro hasta las colindancias con el suroeste de San Andrés Cabera Nueva y el Noreste de La Reforma.

V.1.1.15 Susceptibilidad por flujos

Los flujos de detritos consisten en la remoción y transporte en masa, de sedimento por efecto de la gravedad, en el que el material está saturado en agua y se comporta mecánicamente como un fluido que **aumenta su viscosidad cuando se le somete a presión o fuerzas de estrés**.

Estos fenómenos están estrechamente ligados a ambientes de morfología montañosa, en los que la suma de pendientes altas y disponibilidad de material detrítico suelto, crea un escenario favorable para su generación.

Pueden conocerse también como aluviones, debido a la enérgica remoción de suelo, roca o ambos, en la que la rápida incorporación de agua, generalmente originada por lluvias intensas, crea una masa de baja resistencia que fluye gravitacionalmente, en general por cauces preexistentes, con un comportamiento mecánico similar al de un fluido viscoso, que se mueve normalmente a gran velocidad (Varnes, 1978; Hauser, 1997a), (Universidad de Chile, 1998).

Los movimientos de detritos por flujos tienen las siguientes características

- Flujos de detritos. Son movimientos de detritos húmedos y/o secos, con alto grado de saturación, que presentan un dinamismo de rápido a muy rápido. Esta forma destructiva de falla de talud está asociada a zonas de montañas donde una precipitación puede movilizar los detritos del manto e incorporarlos a un proceso de flujo. El material involucrado puede ser detritos de roca alterada o acumulaciones de material de escombro y/o material retrabajado.
- Avalancha. Son flujos extremadamente rápidos de detritos secos. Algunos deslizamientos o caídas de roca de gran magnitud se pueden convertir en avalanchas.

Imagen 5. Mecanismo potencial de Flujos.

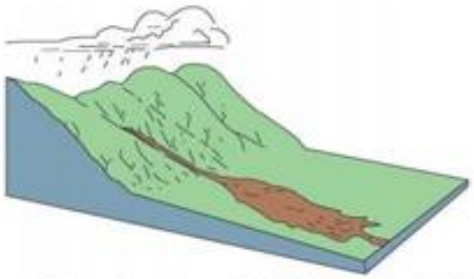


Figura 5.30 Mecanismo Potencial de Flujos. Fuente: USGS 2008.

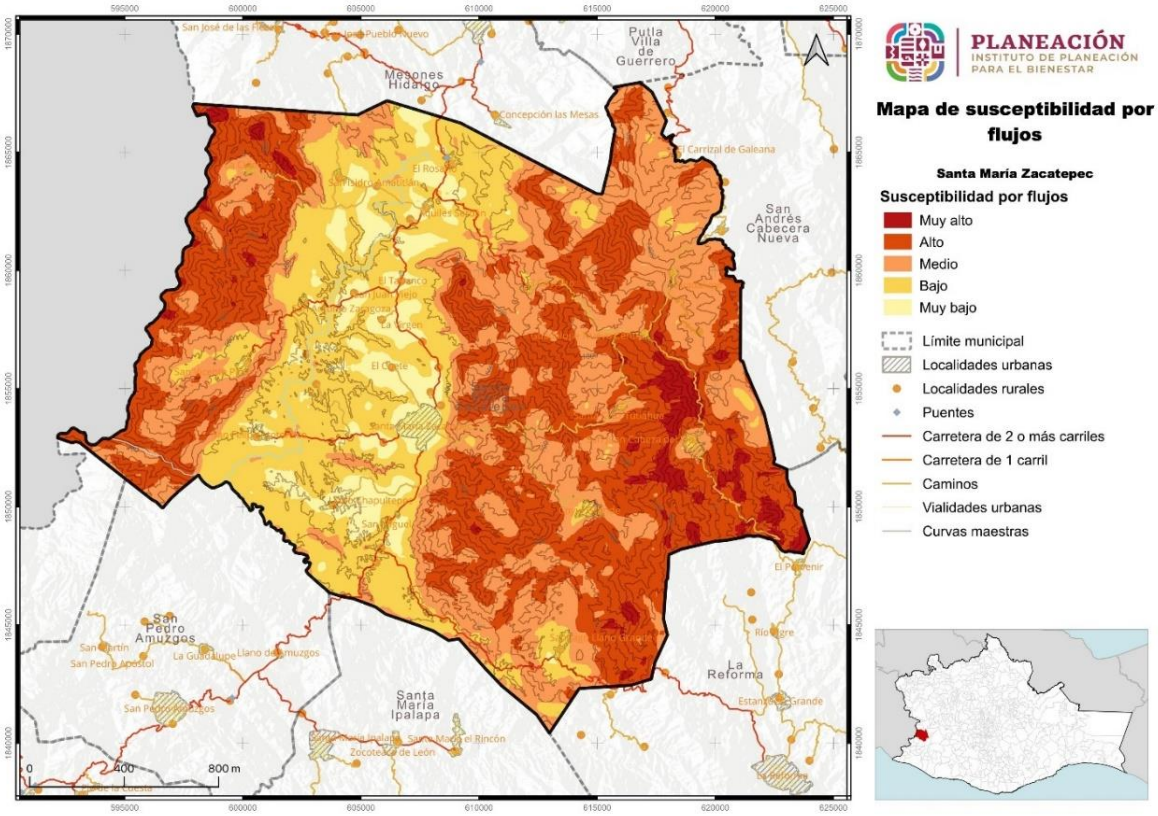
Santa María Zacatepec presenta Muy alta susceptibilidad a flujos de detritos en 1,779.65 Ha, que abarcan el 3.55% del total de su territorio; así como Alta susceptibilidad en 16,989.27 Ha (33.92%) del municipio; Media en 15,100.65 Ha (30.15%), Baja en 12,367.37 Ha (24.69%) y Muy baja en 3,845.18 Ha, que es el 7.68% del total de la superficie del municipio.

Tabla 91. Susceptibilidad por flujos de detritos

Flujos	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	1779.65	3.55
Alto	16989.27	33.92
Medio	15100.65	30.15
Bajo	12367.37	24.69
Muy bajo	3845.18	7.68

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 47. Susceptibilidad por flujos



Fuente: CentroGeo, 2024

Destaca el hecho que existen localidades del municipio que se encuentran más expuestos al peligro por fluidos de detritos, como son Guadalupe Nuevo Centro que se encuentra inmerso en una zona con alta susceptibilidad, así como La Culebra, Guadalupe, Santa Cruz Tutiahua y San Juan Cabeza de Río, cuyos núcleos de población están rodeados de zonas con nivel medio de peligro a fluidos de detritos. Las demás localidades se ubican en zonas catalogadas como de baja o muy baja susceptibilidad a flujos.

V.1.1.16 Peligro por Flujos periodo de retorno de 5 años

Para el caso de flujos de detritos en un período de retorno de lluvias de cinco años, se considera una probabilidad de no ocurrencia del 33%.

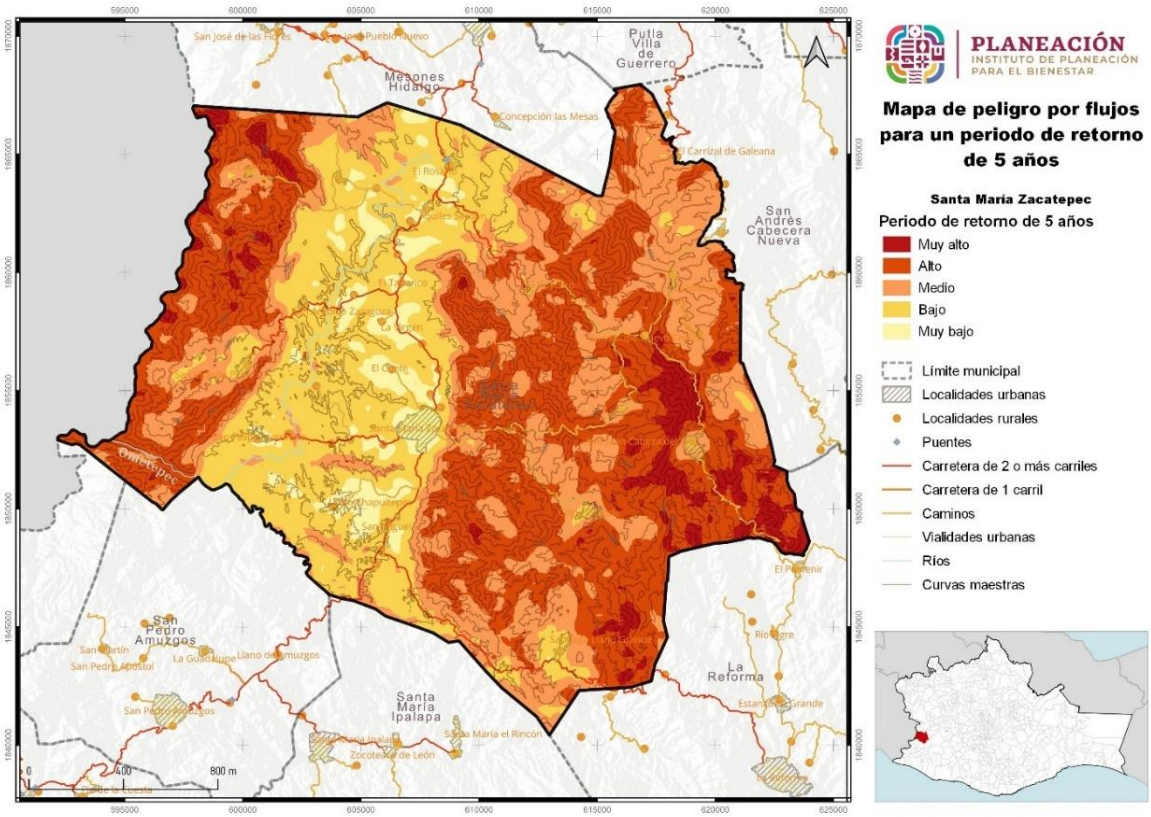
Con Muy alta susceptibilidad a flujos de detritos en un período de retorno de lluvias de cinco años se calculan 2,849.45 Ha (5.69%) del territorio; con Alta susceptibilidad 18,303.13 Ha (36.56%); Media susceptibilidad 13,653.35 Ha (27.28%); Baja susceptibilidad en 12,488.26 Ha (24.95%) y Muy baja susceptibilidad 2,762.83 Ha, que son el 5.52% de la superficie municipal.

Tabla 92. Peligro por flujos periodo de retorno de cinco años

Flujos (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 5 años	2849.45	5.69
Alto en un período de retorno de lluvias de 5 años	18303.13	36.56
Medio en un período de retorno de lluvias de 5 años	13653.35	27.28
Bajo en un período de retorno de lluvias de 5 años	12488.26	24.95
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 5 años	2762.83	5.52

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 48. Peligro por flujos periodo de retorno 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Las zonas con mayor susceptibilidad a fluidos de detritos en el período de retorno a cinco años se ubican en los cerros Cola de la Culebra y Cabeza de la Culebra, así como en áreas laterales de la carretera que comunica de Guadalupe Nuevo Centro a San

Juan Cabeza del Río, prolongándose hasta la carretera que lleva a localidades del municipio de La Reforma.

El nivel de peligro por flujo de detritos para los núcleos de población del municipio, no se modifica en este período de retorno de cinco años.

V.1.1.17 Peligro por flujos periodo de retorno de 10 años

Se estima una probabilidad del 35% de que no se presenten flujos de detritos con magnitud igual o mayor a los presentados hasta ahora en el municipio, en un período de retorno de 10 años.

Para este período de retorno de diez años, la mayor parte del municipio presenta una Alta susceptibilidad a flujos de detritos, ya que abarca el 41.54% de su superficie, esto es 20,793.5 Ha, le siguen en superficie las zonas con Baja susceptibilidad con 12,139.38 Ha, que corresponde al 24.25%, las zonas con Media susceptibilidad con 11,285.89 Ha, el 22.55% del total territorial y en menor proporción zonas con Muy alta susceptibilidad que se estiman en 3,622.48 Ha (7,24%) y áreas con Muy baja susceptibilidad a flujos en 2,215.7 Has (4.43%) del total del área municipal.

Tabla 93. Peligro por flujos periodo de retorno 10 años

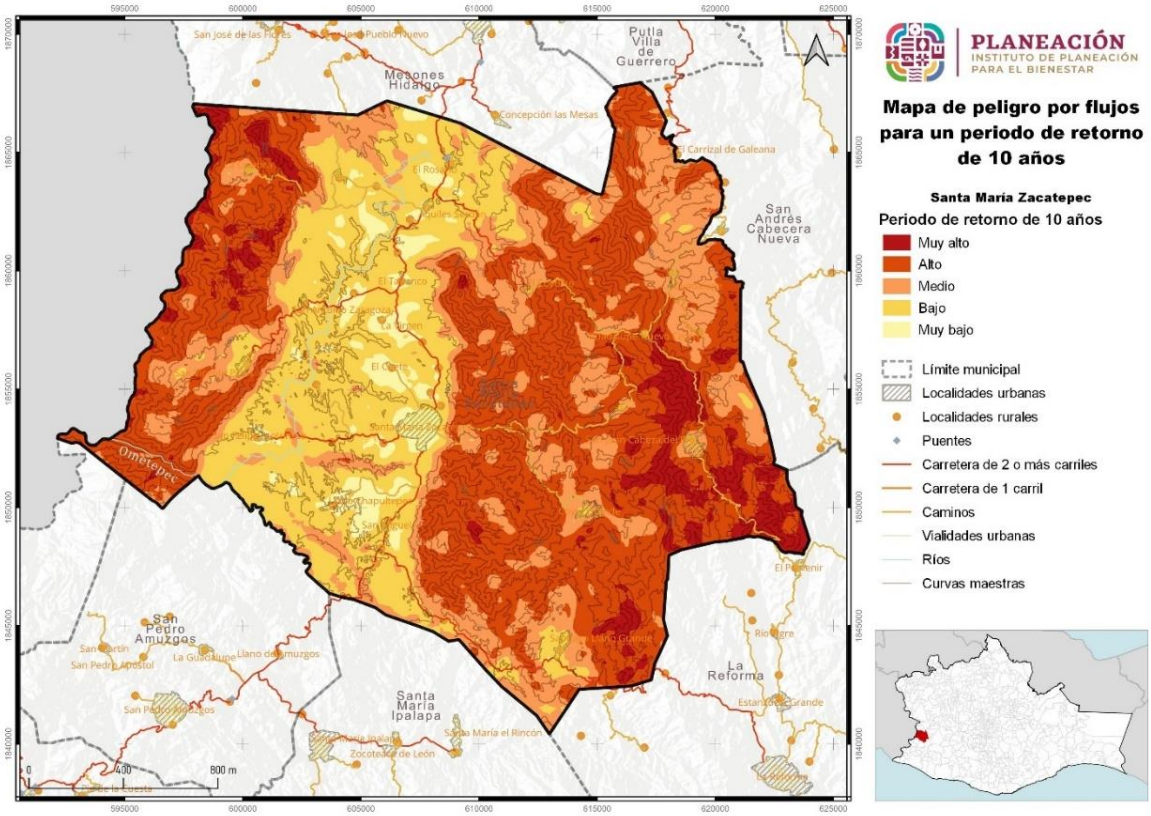
Flujos (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 10 años	3622.48	7.24
Alto en un período de retorno de lluvias de 10 años	20793.5	41.54
Medio en un período de retorno de lluvias de 10 años	11285.89	22.55
Bajo en un período de retorno de lluvias de 10 años	12139.38	24.25
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 10 años	2215.7	4.43

Fuente: CentroGeo, 2024

En un período de retorno de diez años, se incrementan los niveles de peligro por flujo de detritos en el municipio, 1.55% en el caso de las zonas con muy alta susceptibilidad y 4.98% de áreas con alta susceptibilidad, que suman 3,263.4 Ha, notándose más en las laderas de los cerros Cola de Culebra y El Papalote, al poniente del municipio, así como en la extensión noreste municipal que, a manera de franja, forma punto trino con los municipios de Mesones Hidalgo y San Andrés Cabecera Nueva.

Otras partes en las que se manifiesta mayor susceptibilidad a fluido de detritos, en el período de retorno de 10 años, son áreas ubicadas en la parte centro oriente y suroriente del territorio municipal.

Mapa 49. Peligro por flujos periodo de retorno 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.18 Peligro por Flujos periodo de retorno de 20 años

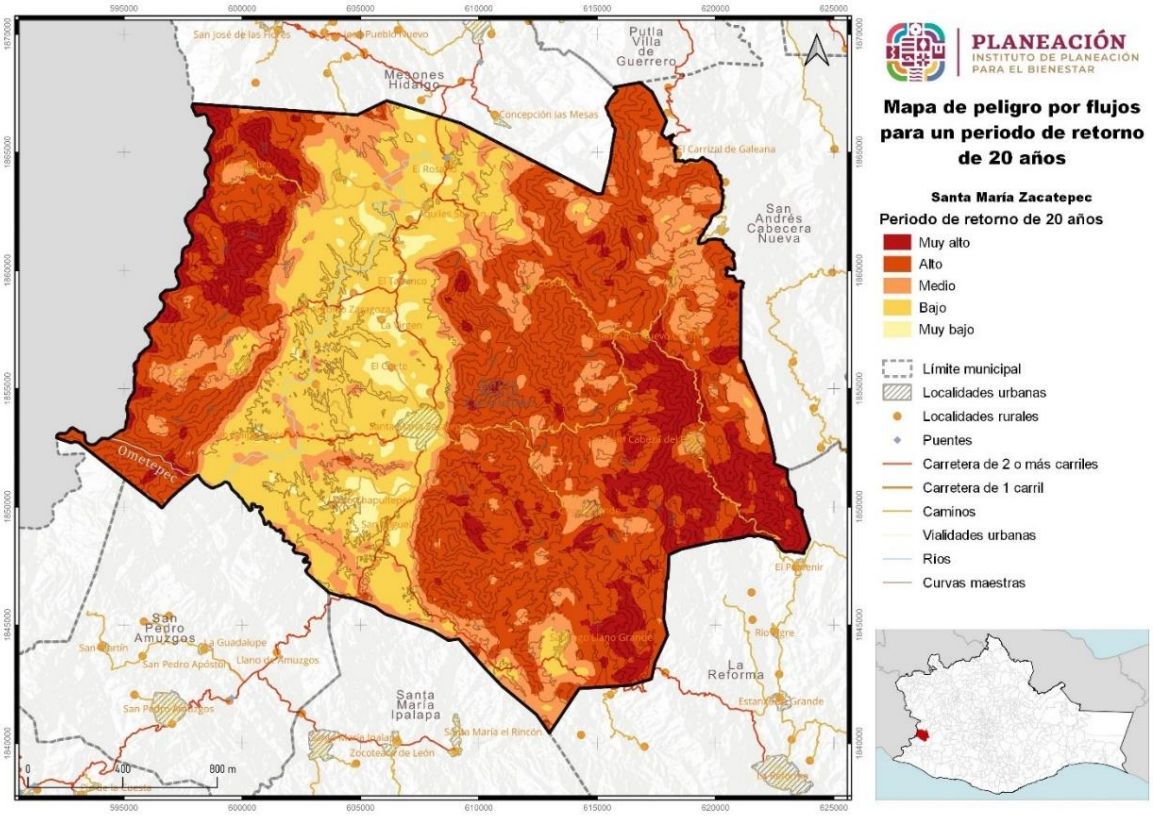
Se calcula una probabilidad de 36% que en un período de retorno de lluvias de 20 años no se superarán los flujos de detritos en el municipio; sin embargo, en caso de presentarse este evento, se debe considera que en 6,734.87 Ha se tendrá un Muy alto nivel de peligro (13.45% el municipio); en 21,265.53 Ha un nivel Alto (42.48%); en 8,605.8 Ha un nivel Medio (17.9%); en 11,749.83 Ha (23.47%) un nivel Bajo y en 1,700.93 Ha (3.4%) u nivel Muy bajo.

Tabla 94. Peligro por flujos periodo de retorno 20 años

Flujos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 20 años	6734.87	13.45
Alto en un período de retorno de lluvias de 20 años	21265.53	42.48
Medio en un período de retorno de lluvias de 20 años	8605.8	17.19
Bajo en un período de retorno de lluvias de 20 años	11749.83	23.47
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 20 años	1700.93	3.4

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 50. Peligro por flujos periodo de retorno 20 años



Fuente: CentroGeo, 2024

En las estimaciones realizadas para los períodos de retorno a 10 años y 20 años, destaca el incremento de un 86% de la superficie que se considera como de Muy alta susceptibilidad a flujos por detritos en el municipio, superficie que corresponde a

3,112.39 Ha que se agregan a este estatus en una cordillera de la zona poniente, que une los cerros Cabeza de Culebra y La Ocotera; así como también incorpora pequeñas áreas aisladas cerca del cerro Corral de Piedra al noreste y otras elevaciones de la misma zona con hasta 800 msnm y otras áreas ubicadas al sureste de la cabecera municipal.

Es visible también la compactación de terrenos con Muy alta susceptibilidad que se prevé en un período de retorno de 20 años, en áreas circundantes de la carretera de San Juan Cabeza del Río a El Porvenir y La Reforma.

En el período de retorno de 20 años, las zonas de alta susceptibilidad avanzan prácticamente en todo el territorio municipal, hacia zonas que, en el período de retorno de 10 años, se consideraban como de Media susceptibilidad, incrementándose en 4,720.3 Ha.

V.1.1.19 Peligro por Flujos periodo de retorno de 50 años

La probabilidad que en el municipio no se supere la magnitud de flujos de detritos que ya se han presentado en alguna ocasión, en un período de retorno de 50 años se estima en un 36%.

Si por la acumulación en el tiempo de 50 años, de los efectos de lluvias intensas en las arcillas y otros detritos de las superficies escarpadas del municipio, se presentaran flujos, entonces se presentaría Muy alto peligro en 10,820.67 Ha que significan el 21.62% del municipio; nivel de Alto peligro en 20,059.04 Ha, que representan el 40.07% del territorio; peligro Medio en 7,657.14 Ha (15.3%); Bajo en 10,425.59 Ha (20.83%) y Muy bajo en 1,094.5 Ha (2.19%) de la superficie del municipio.

Tabla 95. Peligro por flujos periodo de retorno 50 años

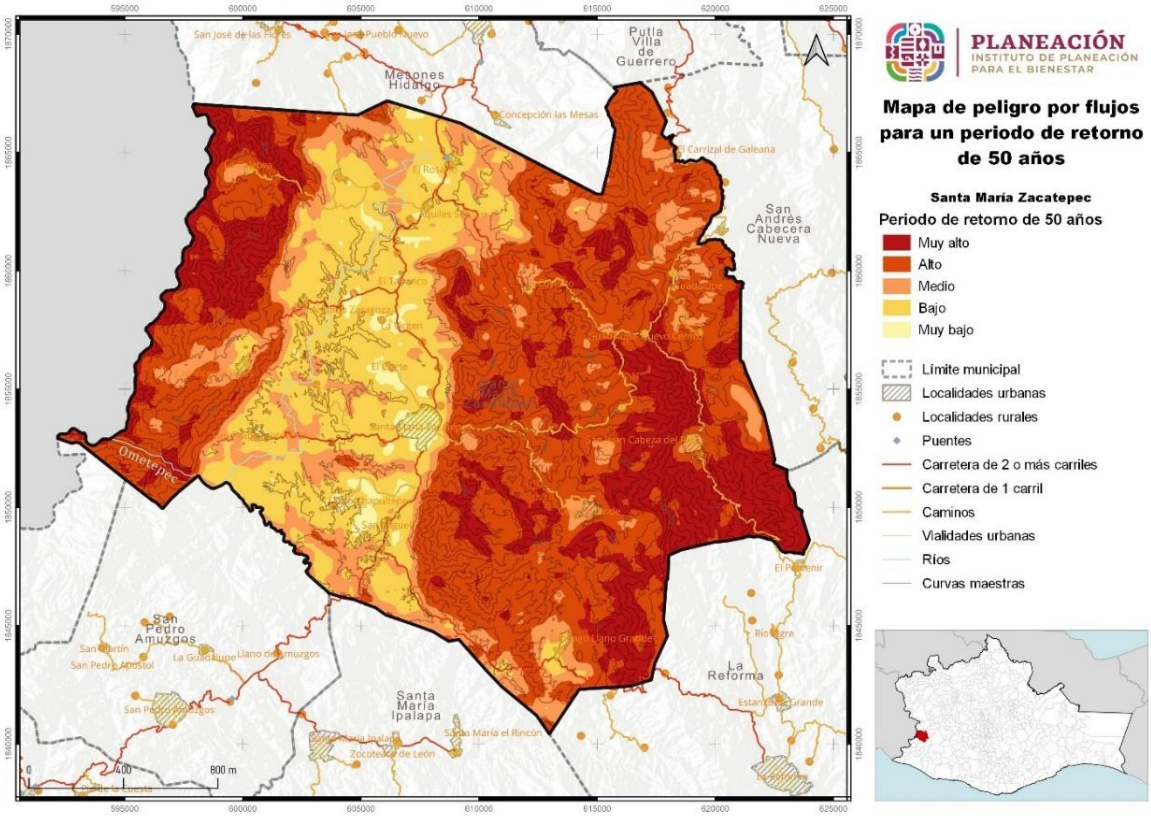
Flujos (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto en un período de retorno de lluvias de 50 años	10820.67	21.62
Alto en un período de retorno de lluvias de 50 años	20059.04	40.07
Medio en un período de retorno de lluvias de 50 años	7657.14	15.3
Bajo en un período de retorno de lluvias de 50 años	10425.59	20.83
Muy bajo en un período de retorno de lluvias de 50 años	1094.5	2.19

Fuente: CentroGeo, 2024

Comparando las superficies calculadas como de Muy alta susceptibilidad para los períodos de retorno de 20 y 50 años, alarma su crecimiento de 6,734.87 Ha, a 10,820.67 Ha, que significa un incremento de 8.17% superficie que corresponde a 3,112.39 Ha, mismo que se da al decrecer la superficie en los demás niveles de susceptibilidad, derivados del mismo cálculo.

Aún con el incremento de superficies con muy alta y alta susceptibilidad en el municipio, importa destacar que los núcleos de población urbana y rurales no incrementa su nivel de peligro por flujo de detritos, aunque existen localidades más expuestas, como es el caso de Guadalupe Nuevo Centro, La Culebra, Guadalupe, Santa Cruz Tutiahua y San Juan Cabeza de Río, cuyos núcleos de población llegan a estar rodeadas de zonas con nivel alto y medio de peligro a estos flujos de detritos. Las demás localidades se ubican en zonas catalogadas como de baja o muy baja susceptibilidad a flujos.

Mapa 51. Peligro por flujos periodo de retorno 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.2 Sismo

La corteza terrestre, la parte más superficial y rígida de la Tierra, está compuesta por *Placas Tectónicas* que cubren grandes áreas de la superficie terrestre y se mueven en diferentes direcciones produciéndose choques entre ellas; cuando se deslizan rozándose una contra otra, el movimiento se llama transcurrente; cuando chocan frontalmente generan una zona de *Subducción*. Las zonas de subducción se identifican por ser las regiones más profundas del suelo oceánico, identificadas como *Fosas Oceánicas*.

Otro movimiento, el de compresión, sucede cuando en las fosas oceánicas, una placa cabalga sobre la otra, de tal manera que la placa más densa, generalmente las placas bajo los océanos, penetra bajo las placas menos densas, las placas sobre las que viajan los continentes. En las regiones donde se produce un distanciamiento entre las placas, se dice que se presenta el movimiento de extensión.

Los *Sismos,* temblores o terremotos, se producen por el rompimiento de la roca que compone a la corteza terrestre, debido a la acción de una fuerza externa que sobrepasa su resistencia, como es el caso de la fricción entre placas tectónicas, que cuando la fuerza acumulada por el movimiento de las placas es mayor que la fuerza de fricción que las mantiene en contacto, se produce el rompimiento de dicho contacto, ocasionando que la energía que se había acumulado, llamada energía elástica, se libere en forma de calor, mediante la deformación de la roca y en energía sísmica que se propaga por el interior de la Tierra. Esta energía sísmica que se propaga como ondas (similares a las ondas del sonido) es lo que sentimos bajo los pies cuando ocurre un sismo.

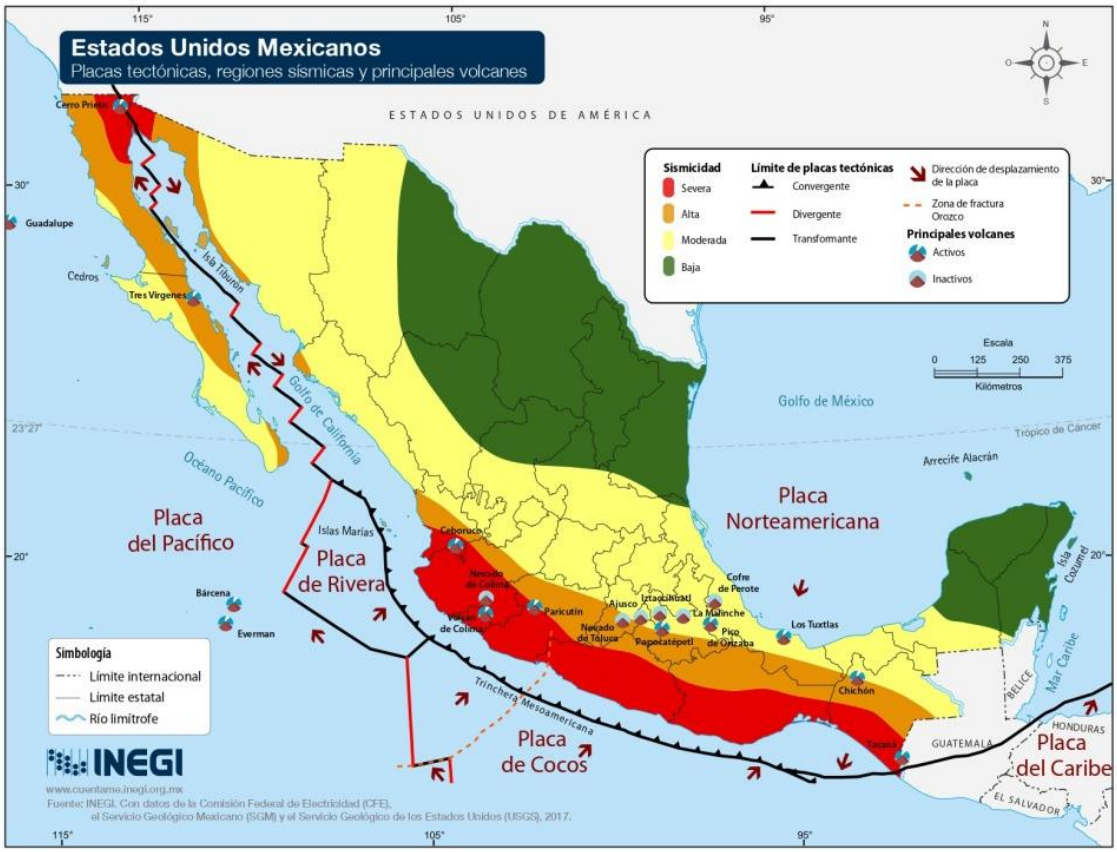
El territorio Mexicano se encuentra en cinco placas tectónicas, siendo la principal la placa norteamericana, sobre la que se encuentran todo Norteamérica, parte del océano Atlántico y parte de Asia; la península de Baja California, gran parte del estado de California en los Estados Unidos y gran parte del océano Pacífico se encuentra sobre la placa del pacífico; el sur de Chiapas, gran parte de las islas caribeñas y los países de Centro América se encuentra dentro de la placa del CARIBE; las placas oceánicas cocos y rivera, se encuentran bajo el océano Pacífico.

La placa del Caribe tiene un movimiento transcurrente hacia el este, respecto a la de Norteamérica, a lo largo del sistema de fallas Polochit-Motagua, al igual que el movimiento entre la del Pacífico y la de Norteamérica en el Norte de Baja California. La placa del Pacífico se mueve hacia el noroeste respecto a Norteamérica, generando zonas de extensión entre las placas del Pacífico y Norteamérica bajo el Mar de Cortés. Entre las placas del Pacífico y Rivera y entre las de Pacífico y Cocos también se dan movimientos de extensión y transversos. Las placas de Rivera y Cocos chocan con la placa norteamericana a lo largo de la *Fosa Mesoamericana* (F.M.A.), produciéndose un efecto de compresión.

Al graficar todos los sismos superficiales (aquellos localizados a profundidades menores de 40 kilómetros) ocurridos en los últimos 30 años en México (esferas rojas), la gran mayoría se alinea con las fronteras entre las placas tectónicas. El roce de las placas a lo largo de sus fronteras es lo que produce la gran mayoría de los sismos en México y en el Mundo.

Las esferas azules representan los temblores que ocurren a profundidades mayores de 40 kilómetros. Estos sismos se localizan dentro de las placas oceánicas que se subducen bajo el continente. Al bajar las placas hacia el interior de la Tierra, se someten a fuerzas gravitacionales que producen resquebrajamientos de la corteza. Estas resquebrajaduras se manifiestan como sismos.

Mapa 52. Placas Tectónicas y Tipos de Fallas.



Fuente: INEGI, 2024

El tamaño de un sismo está en función del área que sufre el resquebrajamiento, entre mayor es la ruptura, mayor es el tamaño del temblor. Como la mayor área de contacto entre placas se encuentra en las zonas de subducción, es aquí donde ocurren los sismos más grandes y dado que en México, la zona de subducción comprende desde Puerto Vallarta en el estado de Jalisco, hasta Tapachula en el estado de Chiapas, es a

lo largo de esa extensión de la costa del Pacífico, donde se han producido los sismos más grandes que se han registrado durante este siglo en México (geofisica.unam.mx, 1999).

Para calificar un sismo, existen varias escalas, tales como la de Mercalli, la de Ritcher, que son las más utilizadas, así como escala sismológica de magnitud del momento.

La Escala sismológica de Mercalli es una evaluación cualitativa de la clase de daños causados por un sismo, para lo cual utiliza números romanos para calificar los efectos sobre el entorno. Generalmente, un gran terremoto produce valores de mayor intensidad que uno pequeño, pero hay otros factores capaces de afectar, como la cantidad de energía liberada, la distancia del epicentro, la profundidad focal del sismo, la densidad de la población, la geología local del área, el tipo de construcción de los edificios, así como la duración del sacudimiento. En 1902, Mercalli propuso una tabla, que fue posteriormente modificada en 1931 y desde entonces se ha llamado escala Modificada de Mercalli (MM). Consta de 12 grados de intensidad donde se muestran también las características de cada grado, denotado por números romanos del I al XII.

Tabla 96. Escala de Mercalli (modificada en 1931 por H. O. Wood y F. Neuman)

Escala de Intensidad de Mercalli Modificada	
I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
II	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
III	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable.
IV	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente
V	Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen relojes de péndulo.
VI	Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.
VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal

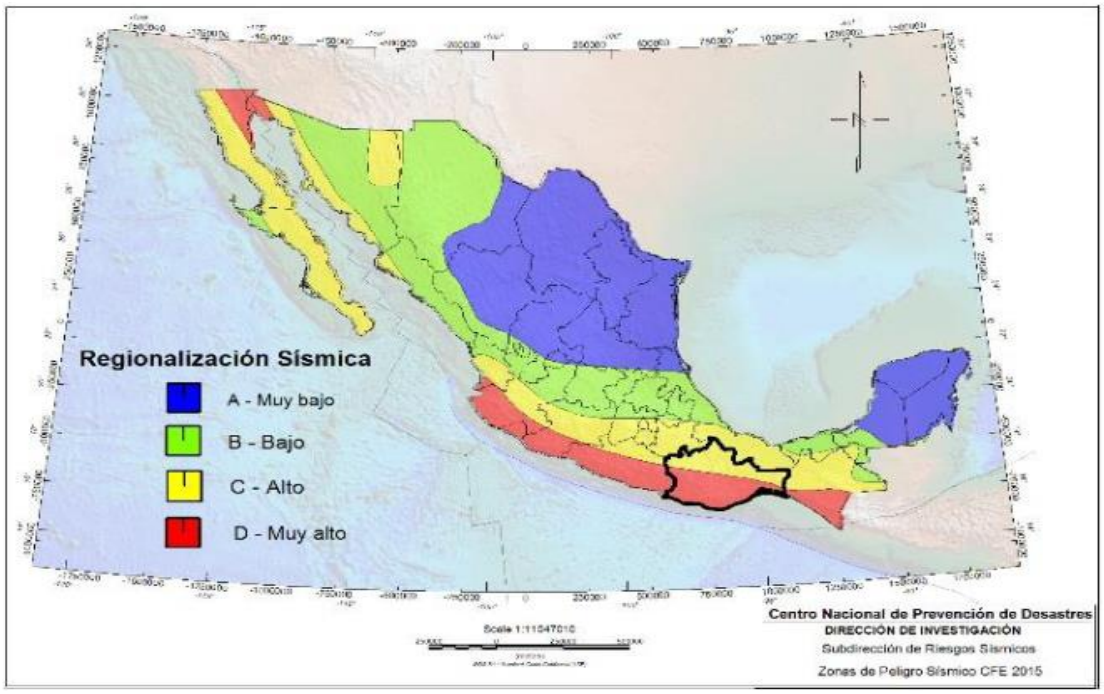
	planeadas; ruptura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían carros de motor.
IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta
X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

V.1.2.1 Peligro/amenaza por sismo

México es un país cuyo territorio está conformado, en dos terceras partes, por sistemas montañosos donde se conjugan factores geológico-geotécnicos, geomorfológicos, estructurales y climáticos que definen zonas inestables (deslizamientos y derrumbes de roca, flujos de lodos y detritos), y en donde existen sobre y bajo ellos desarrollos urbanos y rurales, así como infraestructura civil, que podrían causar daños a bienes expuestos y a la población.

De acuerdo con el mapa de peligro sísmico 2015, realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el territorio mexicano está dividido en cuatro grandes zonas, según su **grado de peligrosidad**: **A**, **B**, **C** y **D**, de menor a mayor, respectivamente.

Mapa 53. Regionalización sísmica de la República Mexicana.



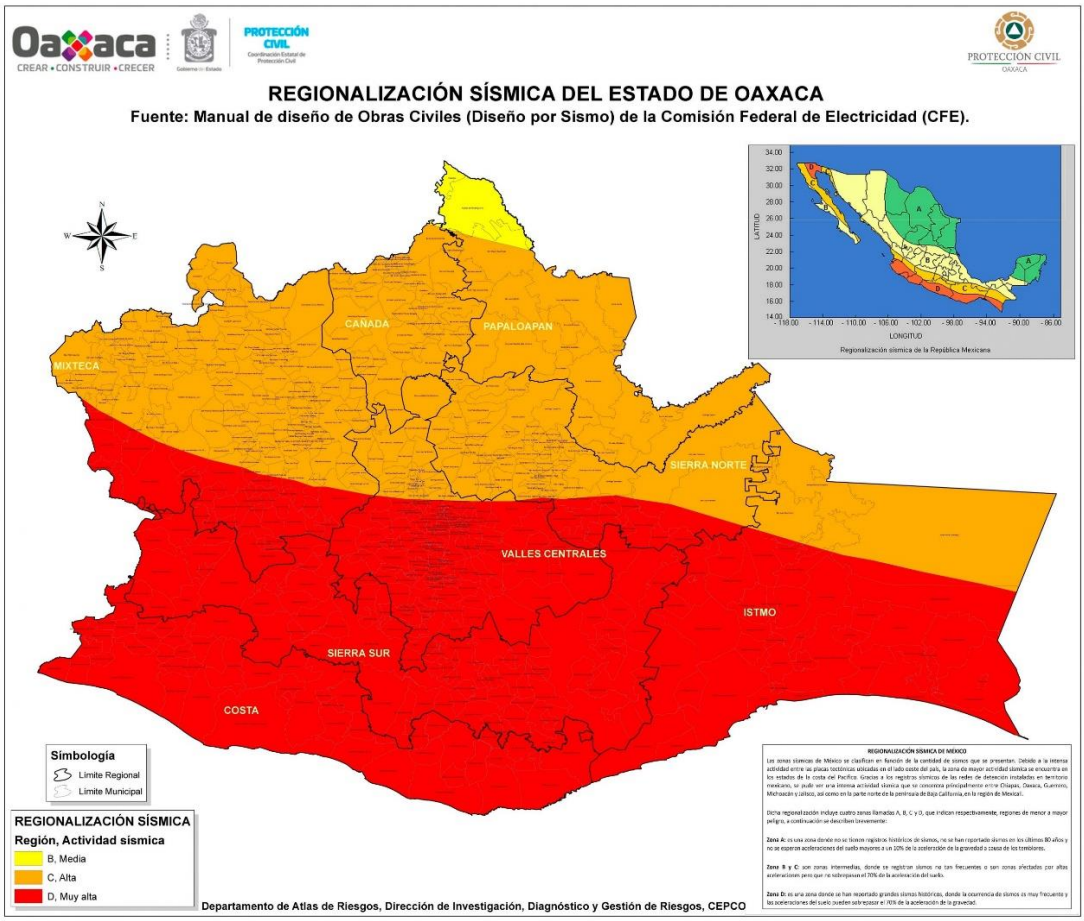
Fuente: CENAPRED, 2024

Esta clasificación, conocida como **regionalización sísmica**, tiene como objetivo principal, junto con manuales de obras civiles, proporcionar a los diseñadores y constructores la información necesaria para calcular valores para diseño de obras, de tal manera que éstas resulten suficientemente seguras y su costo no sea excesivo.

Esta regionalización es aplicable a estructuras construidas en terreno firme, sin considerar el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos, cuestión que puede ser decisiva para el peligro sísmico de algunos lugares, donde la amenaza sísmica es extraordinariamente grande debido al **tipo de suelo**, ya que la violencia del movimiento varía de un lugar a otro.

Aunque los deslizamientos se deben principalmente a fenómenos meteorológicos derivados de eventos de lluvias (huracanes, tormentas tropicales), los efectos combinados con sismos también representan un porcentaje importante en la ocurrencia de **deslizamientos de laderas** (taludes naturales), principalmente en suelos sensitivos, en donde las fuerzas sísmicas pueden inducir deformaciones que reducirán la resistencia y podrían conducir a la falla, si los movimientos sísmicos son de suficiente magnitud y duración.

Mapa 54. Regionalización sísmica del estado de Oaxaca.



Fuente: Gobierno de Oaxaca, 2024

El estado de Oaxaca, con 570 municipios, se localiza entre las delimitaciones C y D con base en la Regionalización Sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015). La zona C, de sismicidad alta, se caracteriza por ser una región en donde se registran eventos sísmicos de forma frecuente. La zona D, de sismicidad muy alta, se identifica porque los sismos de gran magnitud (M > 7) se presentan con frecuencia y las amplificaciones del terreno pueden ser superior al 70% de la aceleración de la gravedad.

La República Mexicana se encuentra en una zona de alta sismicidad, ya que coinciden cinco capas tectónicas en su territorio; placa de Norteamérica, placa de Cocos, placa del Pacífico, placa de Rivera y placa del Caribe. Por esta razón, no es rara la ocurrencia de sismos.

De manera especial, el estado de Oaxaca es uno de los estados con mayor frecuencia sísmica, ya que aproximadamente la cuarta parte de los sismos que se registran en el país tienen epicentro en algún sitio de nuestro estado, en virtud de ubicarse en la

franja costera del Océano Pacífico, donde se encuentra la fractura tectónica entre la placa oceánica denominada “placa de Cocos” y la placa continental “Placa de Norteamérica” mismas que presentan desplazamiento constante, derivados del calor interno que despide nuestro planeta.

Regionalización sismo tectónica de la República Mexicana. Sismos someros y Profundos.

Tabla 97. Regionalización sismo tectónica de la República Mexicana-sismos someros

Región	Características
	SISMOS SOMEROS
SUB1	Zona de eventos intraplaca somero del tipo de subducción (profundidad <40 Km). Zona de transición de la convergencia entre placas Rivera y norteamericana (NOAM) a la convergencia Cocos-NOAM.
SUB2	Zona de eventos interplaca someros del tipo de subducción. Convergencia Cocos-NOAM.
SUB3	Zona de eventos intraplaca someros del tipo de subducción. Convergencia Cocos-NOAM, zona de transición.
SUB4	Zona de eventos intraplaca someros del tipo de subducción. Convergencia Cocos-Caribe.
MVB	Zona de eventos intraplaca (NOAM) someros (h < 40 Km), dentro de la provincia tectónica del Eje Volcánico Mexicano.
NAM	Zona de eventos intraplaca (NOAM) someros.
BC1	Zona de eventos intraplaca (pacífico), profundidad < 20 Km, Península de Baja california.
BC2	Zona de eventos intraplaca (Pacifico-NOAM), profundidad < 20 Km, Península de Baja California.
SMO	Zona de eventos intraplaca (NOAM) someros, provincia Sierra Madre Occidental.
BAR	Zona de eventos intraplaca (NOAM) someros, provincias de Cuencas y Sierras-Fisura del Río Bravo.
BB	Zona de eventos intraplaca (NOAM) someros, provincia de la Cuenca de Burgos.
RIV1	Zona de eventos intraplaca someros de fallamiento normal principalmente, interface Pacífico-Rivera.
RIV2	Zona de eventos intraplaca someros de fallamiento de rumbo principalmente, interface Pacífico-Rivera.
RIV3	Zona de eventos intraplaca de subducción somera. Interface Rivera-NOAM
GMX	Zona de eventos intraplaca (NOAM) someros. Región del Golfo de México.
NAL	Zona de eventos intraplaca (NOAM) someros de baja magnitud-baja periodicidad.

Tabla 98. Regionalización sismo tectónica de la República Mexicana-sismos intermedios

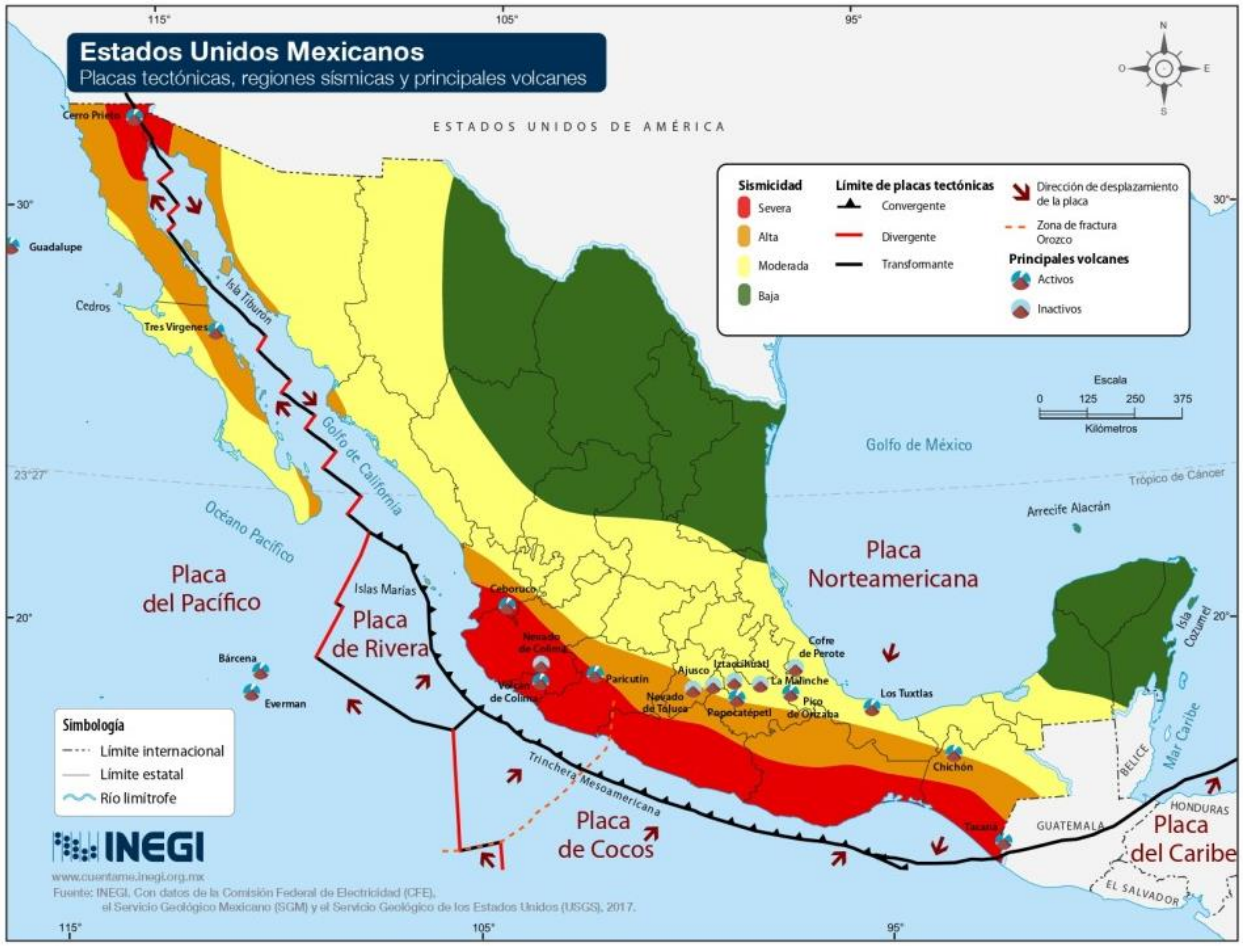
Región	Características
SISMOS INTERMEDIOS	
IN1	Zona de eventos intraplaca (Cocos) de profundidad intermedia (40 Km < h < 120 Km). Relacionados a la interface Cocos-NOAM
IN2	Zona de eventos intraplaca (Cocos) de profundidad intermedia. Relacionados a la zona de transición.
IN3	Zona de eventos intraplaca (Cocos) de profundidad intermedia. Relacionados a la interface Cocos-Caribe.

Zonas Sismo genéticas para Oaxaca

SUB3: Zona de eventos de subducción y de acoplamiento entre la placa de Norteamérica y Cocos, profundidad somera (h < 40 km). **SB4:** Fuerte zona de eventos de subducción de acoplamiento. Convergencia entre las placas de Cocos-Caribe. **NAM:** Intraplaca o corticales en la placa norteamericana al sureste de México. No relacionados con el régimen volcánico de la Faja Volcánica Transmexicana. **IN2:** Zona de eventos intraplaca de profundidad intermedia (40 km < h < 260 km). Zona de transición de la placa de Cocos y corresponde a la extensión a profundidad de la región **SUB3. IN3:** Zona de eventos intraplaca o corticales en la Placa de Cocos, de profundidad intermedia (40 km ≤ h < 460 km). Extensión en profundidad de la zona **SUB4. MVB:** Zona de eventos intraplaca de la parte somera (h < 15 km) de la placa norteamericana, asociado a esfuerzos tensionales en el centro de México. Estos esfuerzos están relacionados con la ubicación del Cinturón Volcánico Mexicano.

Con base en el mapa de zonas sísmicas (CFE, 2015), al CENAPRED y el Instituto de ingeniería de la UNAM, el municipio de Coicoyán de las Flores, se ubica dentro de los 632 municipios del país en la **Zona C**, que es de **alto riesgo**, como se muestra en la figura.

Mapa 55. Regionalización sísmica



Fuente: Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2015)

Mapas de aceleraciones para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

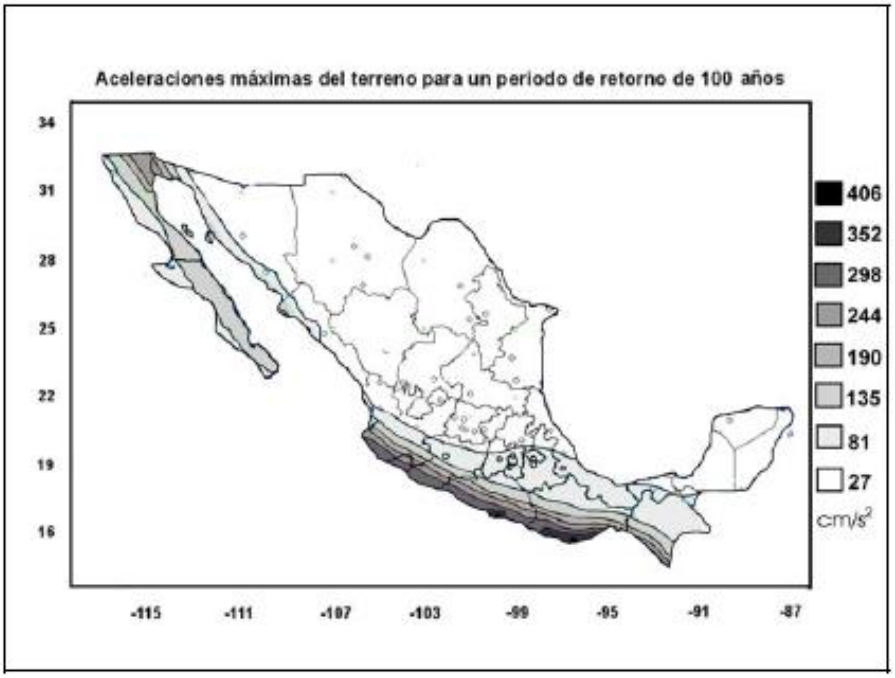
Estos mapas contienen información fundamental para especialistas de diseño de la construcción con un enfoque de protección civil, aportando información de niveles de peligro para un sitio dado en función de la vida útil de la mayoría de las construcciones e intensidades en términos de aceleración del terreno firme asociadas a periodos de retorno de 10, 100, y 500 años (tiempo medio en años que tarda un sismo en repetirse y con el que se exceda una aceleración dada), como se muestran en las figuras.

Mapa 56. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 10 años (CFE, 2010)



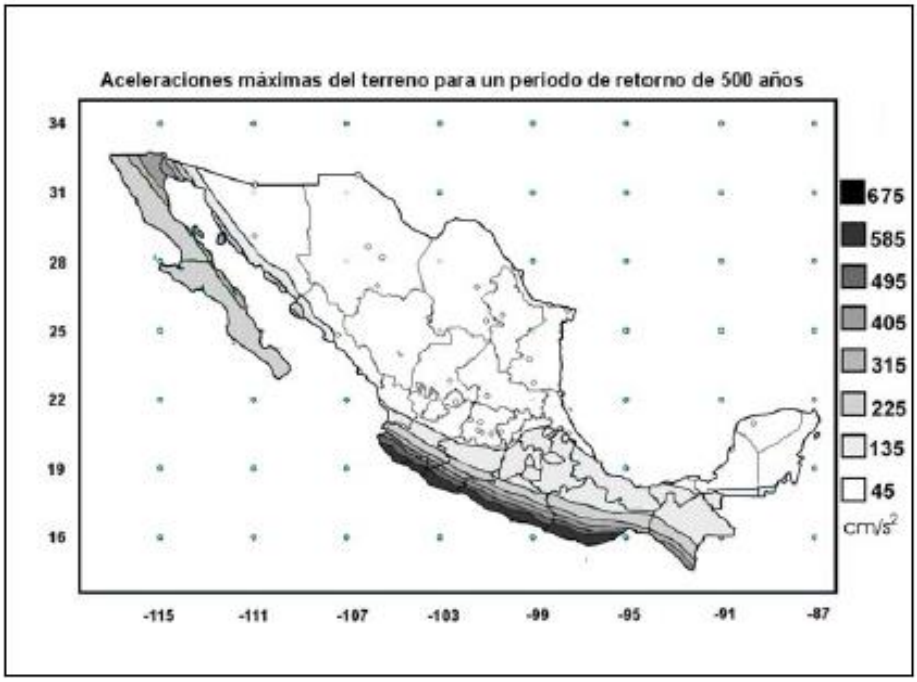
Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 57. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 100 años (CFE, 2010)



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 58. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 500 años (CFE, 2010).



Fuente: CentroGeo, 2024

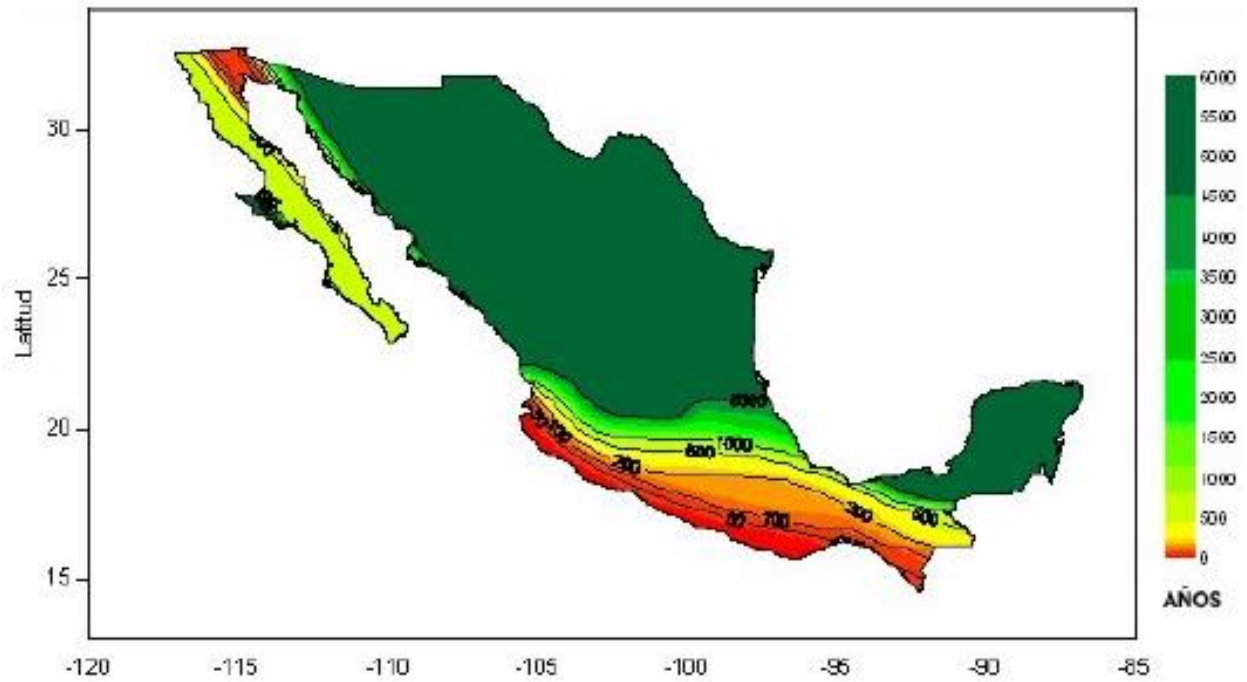
Tabla 99. Valores de aceleración máxima del terreno, correspondientes a periodos de retorno de 10, 100 y 500 años para Santa María Zacatepec. Fuente: CENAPRED, 2014

A máx. (Gal*) para Tr = 10 años	A máx. (Gal*) para Tr = 100 años	A máx. (Gal*) para Tr = 500 años
80 - 103	244 - 298	405 - 495

***1Gal= 1 cm/s²**

Se sabe que, para los tipos constructivos que predominan en el municipio, los daños son considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de g (aceleración de la gravedad terrestre). Por tal razón, utilizando información de CFE del mapa de periodos de retorno para aceleraciones de 0.15 de g o mayores, ver figura.

Mapa 59. Mapa de períodos de retorno para aceleraciones del 0.15 de g o mayores (CFE, 2010), la escala de lado derecho tiene valores en años.



Fuente: CentroGeo, 2024

Estimación Peligro Sísmico

Sismos ocurridos nivel internacional

A lo largo de la historia los terremotos han causado y siguen causando muerte y sufrimiento y su ocurrencia se ha incrementado de una manera alarmante en todo el mundo (UNDP, 2004, 2015; IPCC, 2012). Normalmente cuando se combinan, la ocurrencia de estos eventos y un grado alto de vulnerabilidad de la población, normalmente las consecuencias son muy severas (WVI, 2011; UNDP, 2015; IPCC, 2012; Bunsfield, 2010, 2011). Por ejemplo, la United States of Geological Survey (USGS), ha publicado un reporte donde menciona que del periodo de 1990 a Julio del 2020 han ocurrido un total de 68 terremotos considerados por la USGS (United States Geological Survey) como los más grandes y mortíferos (USGS, 2020).

Gráfica 25. Sismos ocurridos de 1990-2020 (USGS, 2020).

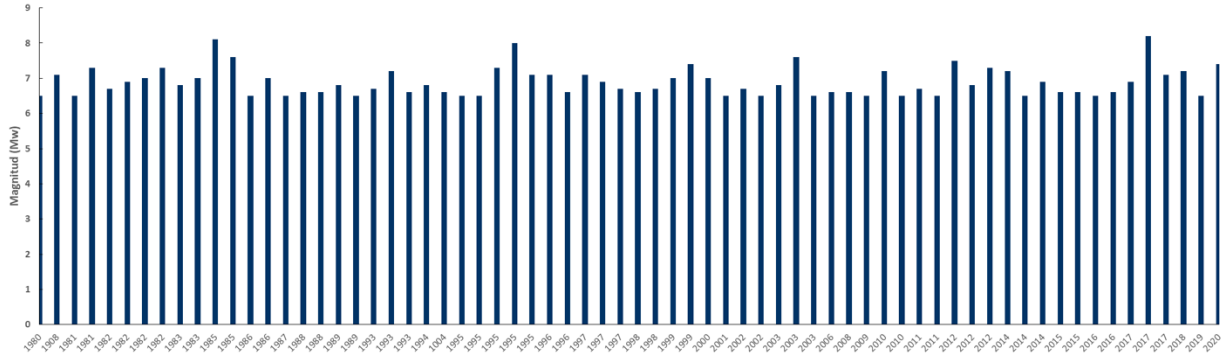


Los datos de la figura muestran que desde el año 1990 hasta la fecha siempre ha ocurrido al menos un terremoto de gran magnitud y de consecuencias devastadoras para las regiones donde han ocurrido. En algunos años han ocurrido hasta cinco eventos de esta naturaleza por año; por ejemplo, los años 2016 (Sumatra indonesia, Muisne Ecuador, Amberly New Zealand, Solomon Islands y Papua New Guinea), 2017 (Papua New Guinea, Chiapas-México, Morelos-México e Iraq) y 2020 (Lucea Jamaica, Severo Rusia, New Zealand y Oaxaca-México) (USGS, 2020). Las consecuencias en términos de pérdidas de vidas humanas y de viviendas han sido devastadoras. Por ejemplo, en el terremoto de Haití se perdió la vida de 316,000 personas (WVI, 2011; USGS, 2015).

Sismos ocurridos nivel nacional

México se localiza en una de las zonas de mayor actividad sísmica a escala mundial como se puede observar en la gráfica. Esta alta sismicidad se debe a la interacción entre las placas tectónicas: *Placa Norteamérica, Placa del Pacifico, Placa de Cocos, Placa de la Rivera y Placa del Caribe*. Los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco son los estados con mayor sismicidad en la República Mexicana debido a la interacción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera que subducen con las de Norteamérica y del Caribe sobre la costa del Pacífico frente a estos estados.

Gráfica 26. Registro de terremotos más significativos en el País



Los datos de la figura muestran que desde el año 1980 hasta la fecha ha ocurrido al menos un terremoto de gran magnitud y de consecuencias devastadoras en México, por ejemplo, el año de 1985 (Michoacán 8.1 Mw; Zihuatanejo-Gro., 7.6 Mw); 1995 (Manzanillo-Colima, 8.0 Mw); 2003 (Colima, 7.6 Mw); 2012 (Ometepec-Gro., 7.5 Mw); 7 y 19-S de 2017 (Pijijiapan-Chiapas, 8.2 Mw y Morelos 7.1 Mw,); y 2020 (Crucecita-Oaxaca, 7.4 Mw). Las consecuencias en términos de pérdidas de vidas humanas y de viviendas han sido severas, 32 años después del sismo de 19-S de 1985, “Otra vez un 19 de septiembre” esta vez de 2017 deja más de 280 víctimas mortales, desde aquel sismo que dejase unos 10 000 muertos, habían pasado 11 687 días sin que ningún otro terremoto hubiese causado ni un solo fallecimiento en la capital.

Y en ese periodo, sólo cinco terremotos de siete grados o más habían dejado daños, a continuación, se resume sismos más representativos ocurridos en el país:

- 27 de julio de 1957.- **M7.7** con epicentro en sureste de Acapulco (sur). Provocó la caída del Ángel de la Independencia de Ciudad de México. Se sintió en el centro del país y de manera puntual en la capital y ocasionó 700 muertos y 2 mil 500 heridos.
- 19 de septiembre 1985.- **M8.1** con epicentro en las costas de Michoacán (oeste). Provocó la destrucción de un tercio de los edificios de la Ciudad de México y dejó más de 20 mil fallecidos. El sismo de 1985 dejó a casi un millón de personas a dejar sus hogares. (Archivo General de la Nación).
- 9 de octubre 1995.- **M7.5** con epicentro en los estados de Colima y Jalisco. 61 muertos.
- 15 de junio 1999.- M6.7 con epicentro en las costas del Pacífico. 18 muertos, más de 200 heridos y 16 mil damnificados.
- 30 de septiembre 1999.- **M7.4** con epicentro en Oaxaca (sur). 39 muertos, 50 heridos y 250 mil damnificados.

- 21 de enero 2003.- **M7.6** con epicentro en el estado de Colima (oeste). 30 muertos, 400 heridos y 30 mil damnificados.
- abril de 2010.- **M7.2** con epicentro al suroeste de la ciudad de Guadalupe Victoria a 60 kilómetros al sur-sureste de la ciudad de Mexicali, Baja California. El sismo provocó la ruptura de una falla con 120 kilómetros de longitud en dirección a la ciudad fronteriza. Se reportaron cuatro decesos ni personas heridas.
- 20 de marzo de 2012.- **M7.5** con epicentro en Ometepec, Guerrero (sur). Es el sismo con más réplicas en la historia de México al registrar 44 sismos de magnitud superior a 4.5 tras un mes de su ruptura.
- 18 de abril de 2014.- **M7.2** con epicentro al sur de Petatlán, Guerrero. El sismo ocurrió al norte de la región sísmica conocida como Brecha de Guerrero y ocasionó daños en edificios y caídas de bardas, en la capital mexicana y graves daños en casas y edificios públicos en Guerrero.
- 7 de julio de 2014.- **M7.1** con epicentro al suroeste de Tapachula, Chiapas. El movimiento dejó dos muertos y 37 lesionadas, además de daños parciales o totales en casi 3 mil viviendas y otros inmuebles en 17 municipios del estado de Chiapas.
- 7 de septiembre 2017.- **M8.**2 con epicentro en el Istmo de Tehuantepec (Oaxaca). Se sintió en los estados de Oaxaca, Chiapas, Tabasco Veracruz y Ciudad de México y dejó como saldo 98 muertos y daños materiales.
- 19 de septiembre 2017.- **M7.1** con epicentro en los límites de los estados de Morelos y Puebla. 319 víctimas mortales, 181 de ellas en Ciudad de México hasta el momento.
- 23 de septiembre 2017.- **M6.**1 con epicentro en Unión Hidalgo (Oaxaca). 4 muertos, dos en Ciudad de México.
- 16 de febrero de 2018.- **M7.2** con epicentro al sur de Pinotepa Nacional en Oaxaca. Se reportaron caída de bardas en Ciudad de México y daños importantes en Pinotepa Nacional.
- 23 de junio de 2020.- **M7.5** con epicentro en la localidad de Crucecita (Oaxaca). El sismo fue de larga duración y se sintió en varios puntos del país, con activación de alarmas en la Ciudad de México. Se reporta un fallecido por el momento.

Sismos ocurridos a nivel estatal

En la figura se presentan datos de sismos ocurridos en el Estado de Oaxaca, considerado el de más alta sismicidad en el país, como se reporta el mayor número de sismos durante el mes de agosto de 2020 fue el estado de Oaxaca, donde se concentra el 43% de la actividad sísmica reportada en este periodo. Algunos de estos eventos

continúan siendo réplicas del sismo de **M7.4** que ocurrió el día 23 de junio del 2020. Cabe mencionar que en el 32 aniversario del sismo del 19s de 1985, cinco terremotos en los últimos 37 años causaron estragos, devastación y muerte en el estado, el sismo ocurrido el 7 de septiembre de 2017 de acuerdo a cifras oficiales dejó 78 personas muertas, 100 mil damnificados y miles de casas colapsadas y dañadas, tan sólo en la región del Istmo de Tehuantepec.

El 24 de octubre de 1980, sismo ocurrido en Huajuapan de León dejando 54 muertos y 368 heridos, 15 mil damnificados, 23 templos dañados, 75 escuelas averiadas, 2 mil viviendas caídas, 300 tuvieron que demolerse y 5 mil que requirieron reparaciones. Según reportes de la prensa hubo 35 mil damnificados en 300 localidades afectadas en la mixteca, y se estimó que un 80 por ciento de daños a las viviendas ocurrieron en Huajuapan.

De acuerdo al CENAPRED, el sismo de 1985 dejó en Oaxaca y Guerrero 10 mil personas damnificadas y afectaciones en 2 mil 204 viviendas, 20 escuelas, 11 templos y edificios públicos.

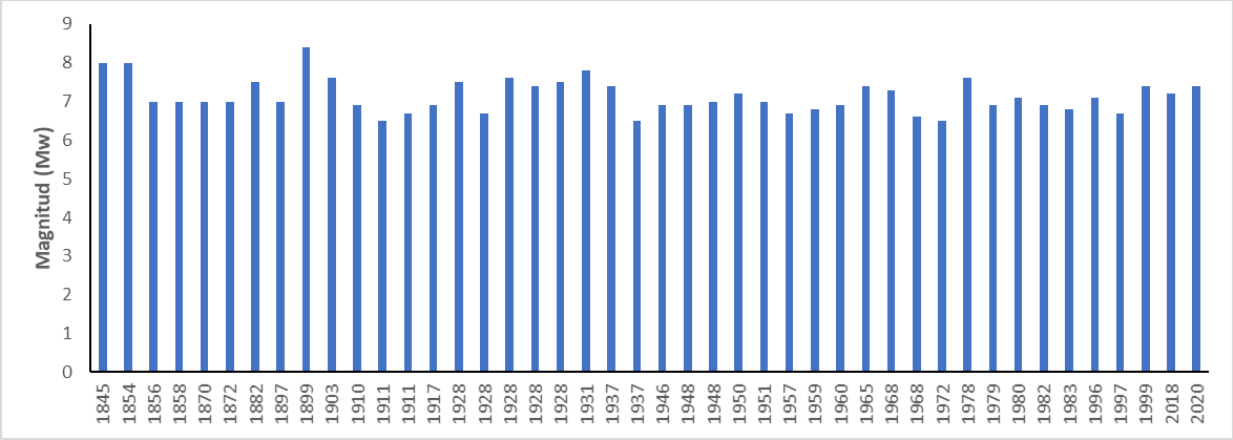
En el año 1999, dos sismos colapsaron el estado Oaxaqueño y dejaron decenas de personas muertas. El primer sismo de ese año Puebla – Oaxaca, dejando 15 personas muertas, 2 millones de personas damnificadas la mayor parte en Puebla, mientras que, para el estado, 7 mil 867 viviendas dañadas en Oaxaca, 22 edificios de salud, 468 escuelas y 109 inmuebles históricos. El costo de este terremoto en daños se estimó en 150.9 millones de dólares.

El 30 de septiembre de 1999, un terremoto de **M7.4** con epicentro en Oaxaca dejó 39 muertos, 50 heridos y 360 mil damnificados. Además de 43 mil 200 viviendas afectadas, 2 mil 800 escuelas, 270 edificios en la ciudad, 15 unidades de salud y 240 iglesias, de acuerdo con datos de CENAPRED.

Algunos sismos históricos: 7 de septiembre de 2017, **M8.2**; 23 de agosto de 1965, **M7.4**; 29 de noviembre de 1978, **M7.6**; 2 de agosto de 1968, **M7.3**; 14 de enero 1931, **M7.8** y 28 de marzo de1787, **M8.6**.

En la figura se muestra un registro histórico de sismos más significativos ocurridos en el estado.

Gráfica 27. Registro de terremotos más significativos en el Estado de Oaxaca.

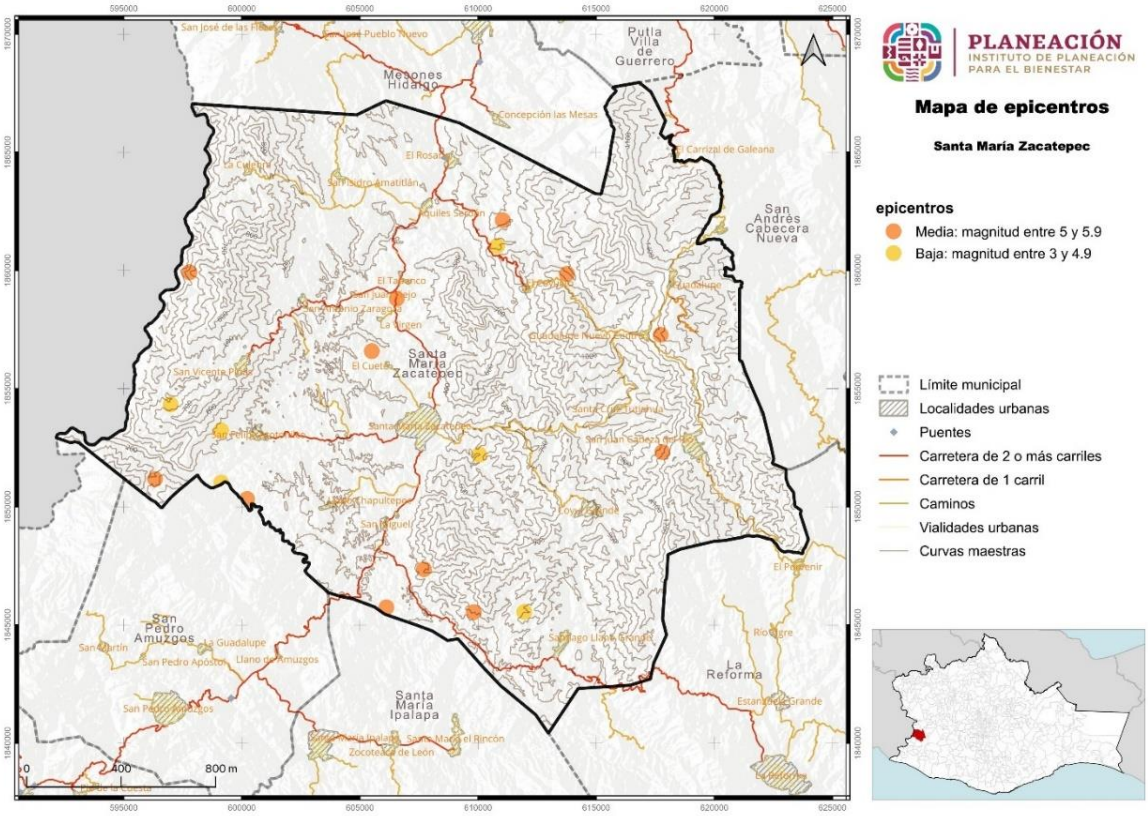


Sismos ocurridos a nivel Municipal

A continuación, se presenta un resumen de los sismos que se han presentado en el municipio, tomados de publicaciones del Diario Oficial de la Federación, comunicados de dependencias estatales y artículos periodísticos.

Conforme estudios realizados por la Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos y la Dirección de Investigación del CENAPRED, publicados en el año 2021, bajo el título de “Información básica de peligros naturales en el Municipio de Santa María Zacatepec”, existen peligros en el territorio municipal, conforme lo siguiente.

Mapa 60. Epicentros del Municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

De acuerdo con el mapa de peligro sísmico 2015, realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el territorio mexicano está dividido en cuatro grandes zonas, según su **grado de peligrosidad**: **A**, **B**, **C** y **D**, de menor a mayor, respectivamente.

Esta clasificación, conocida como **regionalización sísmica**, tiene como objetivo principal, junto con manuales de obras civiles, proporcionar a los diseñadores y constructores, información para el cálculo de valores de resistencia para la planificación de obras, de tal manera que éstas resulten suficientemente seguras y su costo no sea excesivo.

Se advierte que esta regionalización es aplicable a estructuras construidas en terreno firme; no se toma en cuenta el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos, cuestión que puede ser decisiva para el peligro sísmico de algunos lugares, con suelos de aluvión o relleno, en los que la amenaza sísmica es extraordinariamente grande. Ante ello, es necesario identificar la composición de los suelos del territorio municipal, en las áreas susceptibles de ampliación de la zona urbana, caracterizándolas por ser zonas inundables (suelo blando), zonas de transición y zona de lomas (terreno firme). En esta última, la amplificación de las ondas es menos

violenta, a diferencia de los terrenos de aluvión, donde sucede lo contrario, (CENAPRED, 2021).

El peligro sísmico en el municipio de Santa María Zacatepec, está representado por sismos cuyos epicentros han ocurrido en el territorio municipal y cercanías. Las intensidades esperadas están en función de la aceleración máxima del terreno asociada a periodos de retorno, debe ser considerado como elemento fundamental por especialistas en el diseño de la construcción, de acuerdo a la clasificación del tipo de estructuras y el tipo de construcción que predomina en el municipio, están clasificadas como del tipo B cuyos daños en este tipo de construcciones pueden llegar a ser considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de la aceleración de la gravedad terrestre (CFE, 2008).

Con base en el catálogo de sismos del Servicio Sismológico Nacional (SSN) no se han registrado epicentros en el municipio.

Se analizaron los sismos más importantes de la base de datos (SSN, USGS) de los sismos que han afectado al país, al estado y al municipio. Se realizó una recopilación y clasificación de los mismos, tomando en cuenta la distribución geográfica de las isosistas (áreas de la misma intensidad) de los sismos más significativos.

La amplificación de las ondas sísmicas en sedimentos blandos cerca de la superficie ha sido reconocida desde hace varias décadas. Los sismos como el de Michoacán, México de 1985 (IMCYC 1986, Ríos 1986, Sarriá 1986, Singh S. K. et al. 1988), que involucró a muchos sismólogos e ingenieros sísmicos en el estudio de la respuesta de sitio. El conocimiento de los efectos que tiene un sismo sobre una ciudad se puede representar gráficamente en un mapa, y por considerar un área geográfica pequeña con gran detalle se le llama mapa de microzonificación sísmica.

La metodología empleada para determinar los efectos de sitio en las Zonas Urbana, fue la experimental, misma que se ha ocupado en muchos estudios para determinar los efectos de sitio de ciudades en México, como: Oaxaca, Puebla, Morelia, y que se divide, en cuatro fases:

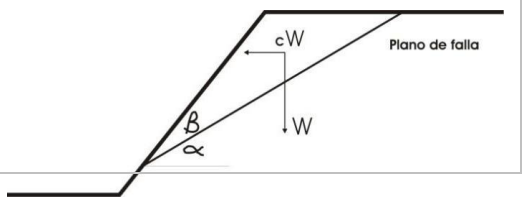
La primera fase consiste en definir las zonas sismogenéticas a través del estudio de la sismicidad global donde se ubica la ciudad, así como, de una investigación de los sismos históricos que han afectado la zona. **La segunda fase** consiste en investigar y definir las características de la geología, morfología, geotecnia, hidrología, hidrología histórica, además de los daños por sismos. **La tercera fase** el monitoreo sísmico, consiste en cuantificar el comportamiento y las características del subsuelo. Se analizan los registros de movimientos sísmicos fuertes, débiles y microtemblores (vibración ambiental) y se tratan de aplicar todas las técnicas particulares para cada uno de estos registros y finalmente, **la cuarta fase** que consiste en definir, a partir de los mapas y la información integrada en los SIG, el mapa de curvas de isoperíodo, la amplificación relativa a terreno firme y el mapa de clasificación de las micro zonas sísmicas, que indican las zonas con amplificaciones locales debido al tipo de suelo en el municipio.

El comportamiento sísmico en la zona de estudio es sumamente complejo debido al comportamiento de los distintos tipos de roca y sedimentos de la región; así como, de su relieve (montañas, piedemontes, valles y cañadas), que provoca diferente comportamiento de las ondas sísmicas. Se puede asumir, que las edificaciones asentadas sobre sustratos rocosos son más resistentes que aquéllas que se encuentran en terrenos poco consolidados como arcillas o limos (suelos aluviales), o laderas con fuerte pendiente y con material poco consolidado.

La sismicidad es un factor importante en el análisis de fracturas y hundimiento del subsuelo como para evaluar la estabilidad de taludes y/o laderas cercanas al equilibrio límite (desprendimiento de bloques, deslizamiento de grandes masas de suelo o rocas, flujos de tierra).

Alguno de los problemas en secuencias arcillosas que forman el subsuelo, es que parte de la energía sísmica que se propaga por este medio puede ganar amplitud, generando que las vibraciones entren en periodo de resonancia; en los materiales areno-limosos (materiales finos) en estado de saturación experimentan esfuerzos cortantes haciendo que los granos dejen de estar en contacto, apareciendo el estado de licuación (comportamiento del material como un líquido) generando movimientos verticales y horizontales de su masa que se traduce en deslizamientos en laderas y taludes inestables (Valerio Carlos, 2004), como se muestra en la figura.

Tabla 100. Talud con las componentes del peso y empuje sísmico. Fuente: CFE.

Fuerza de la acción sísmica en taludes inestables		
Ecuación 1	**Donde:**	
$FS = cW$	W = Peso del macizo sobre el cual se considera aplicado el empuje sísmico. c = Proporción de la aceleración inducida por el sismo con respecto a la gravedad (g).	

El coeficiente "**c**" se obtiene de las cartas de regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 1993) presentan los valores de la aceleración horizontal máxima que puede ocurrir en un sitio y con un periodo de retorno dados. Los espectros de diseño por tipo de terreno se construirán a partir de la aceleración máxima en roca o terreno rocoso (parámetro directamente asociado al peligro sísmico).

Los efectos de sitio en análisis se tomarán en cuenta en forma explícita y se considerarán tres niveles de importancia estructural: convencional (B), importante (A) y muy importante (A+). Las estructuras del Grupo A pertenecen al sector energético o industrial; en estructuras del Grupo B se hace una división relacionada con el tamaño de la construcción (MDOC-DS, 2008), donde el nivel de seguridad implícito en los

espectros de diseño dependerá de la estructura y se especificará mediante una combinación de espectros deterministas (diferentes fuentes sísmicas) y probabilistas (diferentes periodos de retorno), tal como se resume en las tablas.

Tabla 101. Clasificación estructuras del grupo "B"

Zona	Suelo	C	Descripción
	I	0.16	Terreno firme, tepetate, arenisca compacta
B	II	0.20	Arenas no cementadas, arcillas de mediana rigidez
	III	0.24	Arcillas blandas muy compresibles

En la anterior muestra la clasificación del **Grupo B** la cual aplica para el municipio, mientras que la relación con el sector energético o industrial se aplica Grupo A:

- Grupo **B**, Clase **1** (**B1**): Estructuras del Grupo B con altura mayor que H>13m o área total construida mayor que Ac > 400 m2
- Grupo **B**, Clase **2** (**B2**): Estructuras del Grupo B con altura menor o igual que H>13m y área total construida menor o igual que Ac < 400 m2
- Grupo **A**, Clase **1** (**A1**): Estructuras que pertenecen o se relacionan con el sector energético o industrial (centrales termoeléctricas, refinerías, plantas industriales, etc.)
- Grupo **A**, Clase **2** (**A2**): Estructuras del Grupo A que no pertenecen ni se relacionan con el sector energético o industrial (escuelas, hospitales, etc.).

Tabla 102. Exploración y caracterización del terreno en función de la estructura

Estructuras	Nivel de exploración dinámica del terreno	Caracterización del Terreno
A+	Exploración detallada: propiedades dinámicas del perfil estratigráfico y consideraciones topográficas	Medio estratificado y topografía
A1	Exploración detallada: Propiedades dinámicas del perfil estratigráfico	Medio estratificado
A2 y B1	Exploración básica: Determinación de periodo, velocidad de ondas de corte y espesor del depósito idealizado como manto homogéneo	Tipos de terreno I, II Y III
B2	No requerida	Suelo general

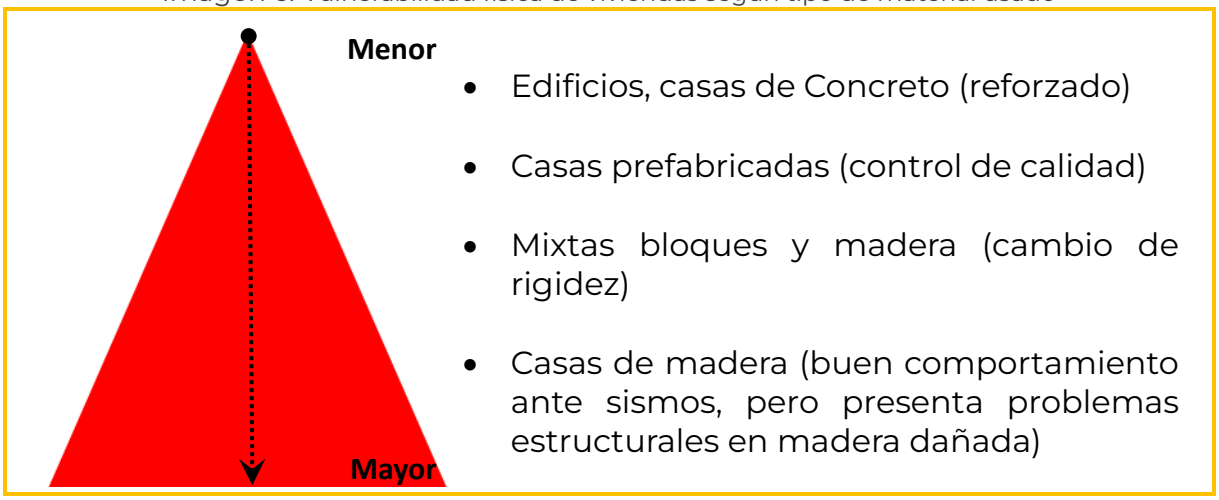
Fuente: CentroGeo, 2024

Parámetros de Intensidad de Peligro

Vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física es una propiedad intrínseca de la construcción y materiales utilizados en la construcción de viviendas e infraestructura de cualquier lugar, principalmente en aquellas zonas en las que se genere una aceleración del terreno mayor a 15% de g.

Imagen 6. Vulnerabilidad física de viviendas según tipo de material usado



.

La vulnerabilidad de las edificaciones estará influenciada en su ciclo de vida por la edad de las mismas, y el aspecto o condición física aparente, de tal forma que edificaciones más viejas y más deterioradas presentan mayor vulnerabilidad y contrario en el caso de edificaciones más recientes y de una buena condición física aparente (no siempre se cumple), como se mostró en la figura anterior. Otro aspecto considerado al momento de evaluar la edad de una edificación, es la normativa de diseño antisísmico (reglamentos aplicados, nivel de daño esperado representados como mayor, considerable, moderado y menor).

Peligrosidad

El diseño antisísmico requiere determinar previamente las características de los sismos esperados en el territorio municipal, que afectarán previsiblemente a las edificaciones asentadas en la misma, durante su tiempo de vida útil. Características que serán introducidas en los cálculos dinámicos de las estructuras y abordada por los códigos y normativas sismorresistentes, como se muestra en la figura.

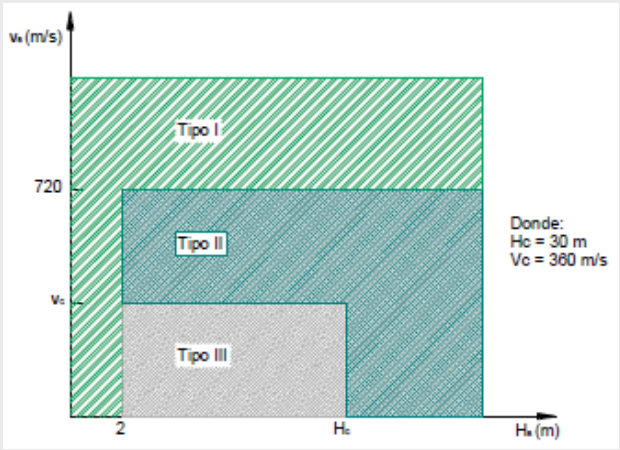
En el diseño sismo resistente la estructura se construye de modo que resista los valores máximos o probables de los parámetros de aceleración, que son estimados mediante

estudios de peligrosidad. El periodo de retorno de la evaluación se fija en función del tiempo de vida útil de la estructura. Así para edificios ordinarios es habitual emplear periodos de retorno de 500 años, que significa que los parámetros resultantes tienen probabilidades anuales de no superación del 90% en 50 años, coincidiendo con su tiempo de vida útil.

Conforme a los lineamientos de la clasificación del terreno (MDOC, 2015), para el cambio de uso de suelo, lotificaciones, fraccionamientos, se hará considerando la condición más desfavorable según el valor de H_s y V_s, es decir:

1. El suelo se clasificará como **Tipo III** si al menos uno de los puntos cae en la zona de terreno III.
2. El suelo se clasificará como **Tipo II** si al menos uno de los puntos cae en la zona de terreno II, pero no cae ninguno en la zona de terreno III.
3. El suelo se clasificará como **Tipo I** si todos los puntos caen en la zona de terreno I.

Memoria de Cálculo

Terreno	Gráfica
Tipo I: Terreno Firme $V_s \geq 720 \frac{m}{s}$ o $H_s \leq 2\ m$	
Tipo II: Amplificación Intermedia $360 \frac{m}{s} \leq V_s \leq 720 \frac{m}{s}$ o $H_s > 2\ m$; $H_s > 30\ m$ y $V_s < 720 \frac{m}{s}$	
Tipo III: Grandes amplificaciones dinámicas $V_s < 360 \frac{m}{s}$ y $2\ m < H_s \leq 30\ m$	

Clasificación de Terreno (MDOC-CFE, 2015)

Parámetros espectrales para estructuras A2 y B1 (Espectros Regionales)

Los parámetros del espectro de diseño para estructuras A2 y B1, se obtendrán con el criterio de los *Espectros Regionales.* Para este criterio la aceleración máxima del terreno, a_o, y aceleración máxima espectral, c, se determinan como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 103. Parámetros espectrales

$a_0 = \frac{a_0^r F_{Sit}}{g}$	Dónde: $F_{Sit} = es\ el\ factor\ de\ sitio$	$c = a_0 F_{Res}$	Dónde: $F_{Res} = es\ el\ factor\ de\ respuesta$

Para un amortiguamiento estructural del 5%, los factores $F_{Sit}\ y\ F_{Res}$ dependen de la zona sísmica, de la aceleración máxima en roca a_0^r del espectro de referencia ER (expresada en cm/s^2) y del tipo de suelo.

Tabla 104. Restricciones de los valores de a_0^r, a_0 y c (en cm/s^2)

	Terreno I	Terreno II	Terreno III
a_0	$32 \leq a_0 \leq 490$	$80 \leq a_0 \leq 690$	$94 \leq a_0 \leq 752$
c	$80 \leq c \leq 1225$	$320 \leq c \leq 2000$	$390 \leq c \leq 2256$

Los valores de a_0^r, a_0 y c deben cumplir con las restricciones especificadas en la tabla, el resto de los parámetros, dependen del tipo de terreno, necesarios para definir el espectro de diseño se consignan en la siguiente.

Tabla 105. Valores de los periodos característicos y exponentes que controlan las ramas descendentes de los espectros de diseño

Zona	Tipo de terreno	$T_a(s)$	$T_b(s)$	$T_c(s)$	k	r
D	I	0.1	0.5	2.0	1.5	$1/2$
	II	0.1	0.6	2.0	1.30	$2/3$
	III	0.15	0.685	2.0	1.1	0.8

Parámetros espectrales para estructuras B2 (espectro de Aceleración Constante)

Para estructuras del grupo B2, se puede emplear un *espectro de Aceleración Constante* para todo periodo estructural, de la forma:

$$a = c, que\ se\ determina\ como:$$

$$c = \frac{a_0^r F_{Sit} F_{Res}}{g}$$

Para un amortiguamiento estructural del 5%, los factores F_{Sit} y F_{Res} se resumen en la tabla:

Tabla 106. Regionalización sísmica

Regionalización sísmica D	
F_{Sit}	F_{Res}
1.0	2.30

A partir de los datos de respuesta en Roca; para el Municipio de Santa María Zacatepec se tiene los siguientes datos en la tabla:

Tabla 107. Datos de respuesta en roca

$a_o^r = 368.94\ cm/s^2;$

$V_{max}^f = 37\ cm/s;$

$d_{max}^r = 65\ cm;$

$C^r = 846.95\ cm/s^2;$

$T_r = 258.44\ años.$

Caracterización del terreno del Municipio de Santa María Zacatepec Bajo los siguientes criterios:

$T_s = 0.4\ s\ \ (período\ dominante\ del\ terreno)$

$H_s = 30\ m\ (Espesor\ del\ depósito\ de\ suelo)$

$V_s = 300\ m/s\ \ (Velocidad\ de\ propagación\ de\ onda\ en\ el\ estrato\ de\ suelo\ equivalente)$

Para clasificar el tipo de terreno correspondiente al sitio, en la tabla se asignan posibles combinaciones de $H_s\ y\ V_s$.

Tabla 108. Combinaciones de $H_s\ y\ V_s$

Caso	Datos	$H_s\ (m)$	$V_s\ (m/s)$	Tipo de Terreno
1	$H_s = 30\ m\ y\ V_s = 300\ m/s$	30	300	**III**
2	$T_s = 0.4\ s\ y\ V_s = 300\ m/s$	$H_s = \frac{T_s V_s}{4}$ $H_s = 30$	300	**III**
3	$H_s = 30\ m\ y\ T_s = 0.4\ s$	30	$V_s = \frac{4H_s}{T_s}$ $V_s = 300$	**III**

$$a_0^r \geq 200$$

$$a_0^r = \mathbf{368.94\ cm/s^2} \geq 200\ cm/s^2$$

En base a los cálculos y la regionalización sísmica CFE-2015, La zonificación sísmica correspondiente al Municipio de Santa María Zacatepec es la Zona D, “Intensidad Sísmica Muy Alta”. El terreno de la Mixteca, a la que pertenece el municipio de Coicoyán de las Flores, se encuentra ubicado en la zona D de acuerdo con la regionalización sísmica de México (CFE, 2015). La zona D es considerada una zona de Muy Alta intensidad, como se reporta en el mapa de regionalización.

Mapa 61. Ubicación Santa María Zacatepec Regionalización sísmica



Fuente: Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2015)

Para la Zona A: no se han reportado sismos en los últimos 80 años; para las Zonas B y C: sismos no tan frecuentes, son zonas afectadas por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad; Zona D: se han reportado grandes sismos históricos, la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

Aceleración máxima del terreno y aceleración máxima espectral

Estos factores se obtienen, considerando que el municipio está ubicado en la Zona D y terreno tipo III, pero para ello se requiere determinar los valores de los factores de sitio F_{Sit} y respuesta F_{Res}, es decir:

$$F_{Sit} = 2.7 - 0.4\left(\frac{a_0^r - 100}{100}\right) = \mathbf{1.0}$$

$$F_{Res} = 3.9 - 0.3\left(\frac{a_0^r - 100}{100}\right) = \mathbf{2.30}$$

La aceleración máxima del terreno y la aceleración máxima espectral son:

$$a_0 = F_{Sit}a_0^r = 368.94\ cm/s^2$$

$$c = F_{Res}a_0 = 846.95\ cm/s^2$$

Los valores de a_0 y c cumplen con las restricciones especificadas, por lo que se resumen los parámetros del espectro de diseño.

Para determinar estos valores se utilizó el mapa de zonificación sísmica.

Santa María Zacatepec, se considera por las evidencias presentadas de ser una zona de alta sismicidad, que ha sido afectado por sismos de tipo Intra placa y Subducción de magnitudes e intensidades diversas, que han provocados daños considerables en infraestructura y viviendas en el Municipio. Sin embargo; es necesario realizar estudios detallados, para implementar un sistema de monitoreo e instrumentación a fin de detallar con precisión las posibles afectaciones en caso de eventos de gran magnitud, como los que han ocurrido en 2017 y 2020. De acuerdo con la Zonificación Sísmica de (CFE, 2015) el territorio del municipio de Santa María Zacatepec se encuentra en la **Zona D** de peligro **Muy Alto**, lo cual está expuesto a la acción de terremotos y el análisis se realizó con un grado de detalle de estudio de Nivel 2.

V.1.2.2 Peligro por aceleración sísmica

Para el municipio de Santa María Zacatepec, presenta una aceleración sísmica de 0.2 g, el cual indica una fuerza sísmica relativamente “Muy alta”. Como referencia, 1 g es aproximadamente igual a la aceleración debida a la gravedad en la Tierra, que es aproximadamente 9.8 m/s². Por lo tanto, una aceleración de 0.2 g sería igual a 0.2 veces esa aceleración, es decir, aproximadamente 1.96 m/s². Esta categoría relacionada a la intensidad de Mercalli corresponde a una categorización VII, es decir, con una percepción del temblor muy fuerte y con daños moderados a la infraestructura.

Tabla 109. Grado de aceleración sísmica en el municipio.

Aceleración sísmica	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta: aceleración de 200 g	50077.92	100

Fuente: Centro Geo, 2024

V.1.2.3 Peligro por aceleración sísmica, periodo de retorno de 10 años

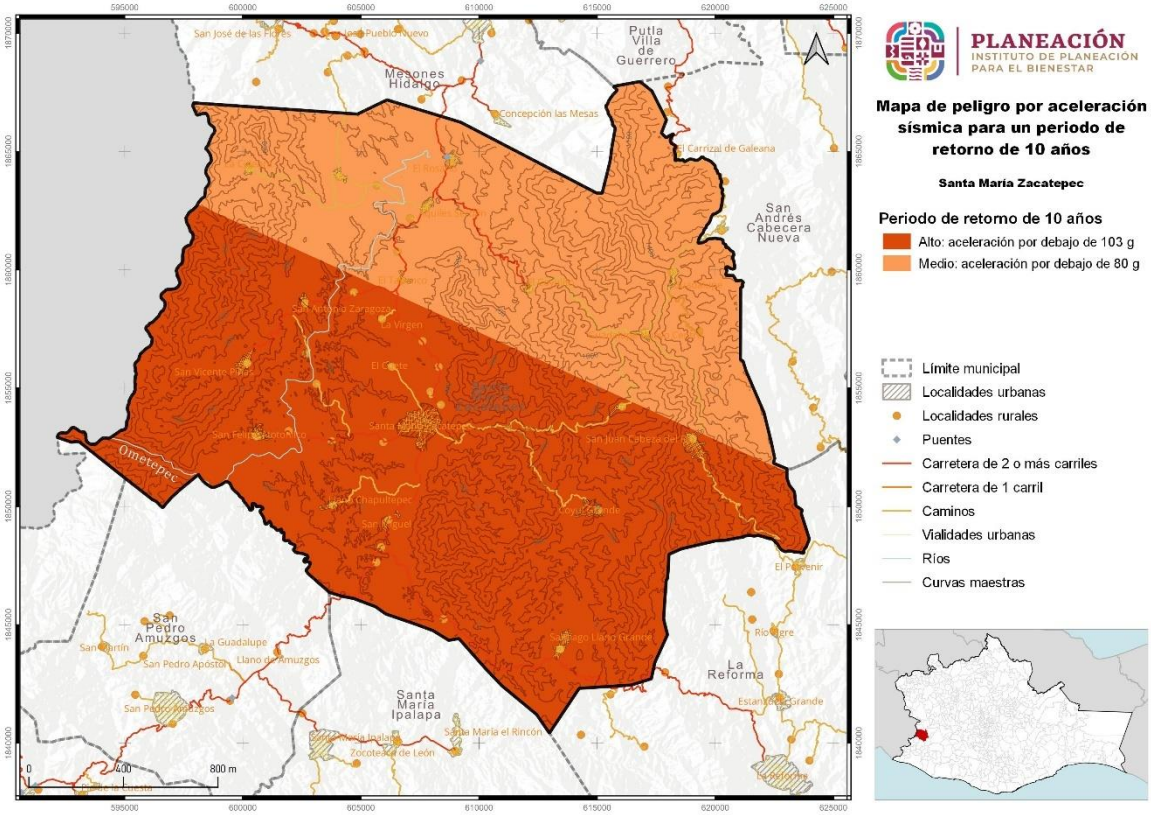
Para un periodo de retorno de 10 años se espera que el municipio se encuentre con un peligro “Medio” por aceleración sísmica en el 38% (19,165 hectáreas) del territorito municipal, así como Muy Alta para el 62% del territorio (30,912 hectáreas).

Tabla 110. Aceleración sísmica en el municipio para un periodo de retorno de 10 años.

Aceleración sísmica (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto: aceleración por debajo de 103 g	30912.28	61.73
Medio: aceleración por debajo de 80 g	19165.65	38.27

Fuente: Centro Geo, 2024

Mapa 62. Aceleración sísmica en el municipio para un periodo de retorno de 10 años.



Fuente: Centro Geo, 2024

V.1.2.4 Peligro por aceleración sísmica, periodo de retorno de 100 años

Para un periodo de retorno de 100 años se espera que el 9.4 % del municipio se encuentre con un peligro “Medio” por aceleración sísmica, que relacionada con la intensidad de Mercalli corresponde a una categorización VII, es decir, una percepción del temblor muy fuerte y con daños moderados a la infraestructura. Mientras que el 90.6 % se encontrara en un peligro “Alto” por aceleración sísmica 244g, que relacionada con la intensidad de Mercalli corresponde a una categorización VIII, es decir, una percepción del temblor severo y con daños de moderados a fuertes a la infraestructura.

Tabla 111. Aceleración sísmica en el municipio para un periodo de retorno de 100 años.

Aceleración sísmica (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto: aceleración de 244 g	45372.87	90.61
Medio: aceleración de 190 g	4702.32	9.39

Fuente: Centro Geo, 2024

El municipio al presentar aceleraciones sísmicas de 190 g y 244 g para un período de retorno de 100 años implica que el municipio presenta la probabilidad de experimentar terremotos de gran intensidad como para causar daños significativos en estructuras bien diseñadas y construidas, por lo que es de suma importancia la planificación urbana para mitigar los posibles daños.

V.1.2.5 Peligro por aceleración sísmica, periodo de retorno de 1000 años

Para un periodo de retorno de 1000 años se espera que el municipio se encuentre con un peligro “Alto” por aceleración sísmica 405 g en el 92 % (46,119 hectáreas) del territorito municipal. Esta categoría relacionada a la intensidad de Mercalli corresponde a una categorización VIII, es decir, una percepción del temblor severo y con daños de moderados a fuertes a la infraestructura.

Tabla 112. Aceleración sísmica en el municipio para un periodo de retorno de 1000 años.

Aceleración sísmica (PR 1000 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto: aceleración de 405 g	46119.39	92.1
Medio: aceleración de 315 g	3958.53	7.9

Fuente: Centro Geo, 2024

V.1.3 Tsunami

Los fenómenos naturales conocidos como tsunamis se caracterizan por ser olas gigantes que alcanzan alturas máximas de hasta 35 metros cercanas a la línea de costa y generalmente son originados por un movimiento vertical del fondo marino derivado de un movimiento sísmico de gran magnitud.

Los tsunamis se clasifican en: a) locales, cuando el sitio de arribo se encuentra dentro o muy cercano a la zona de generación; b) regionales, cuando el litoral invadido está a no más de 1,000 km del lugar de generación y c) lejanos, cuando se originan a más de 1,000 km.

En el caso de México, los más peligrosos son los que se originan como consecuencia de sismos de gran magnitud cuyo epicentro se encuentra a pocos kilómetros de la costa, en el Océano Pacífico.

La costa del estado de Oaxaca, está en zona con alto potencial generador de tsunami y también recepción de tsunamis lejanos. El 28 de marzo de 1787 tuvo lugar el terremoto más grande del que se tenga conocimiento en el territorio mexicano. Su magnitud aproximada fue de **M8.6**, y el cual provocó el tsunami más grande de la historia de México, devastando todo a su paso hasta seis kilómetros tierra adentro, cerca de Pochutla y Puerto Ángel.

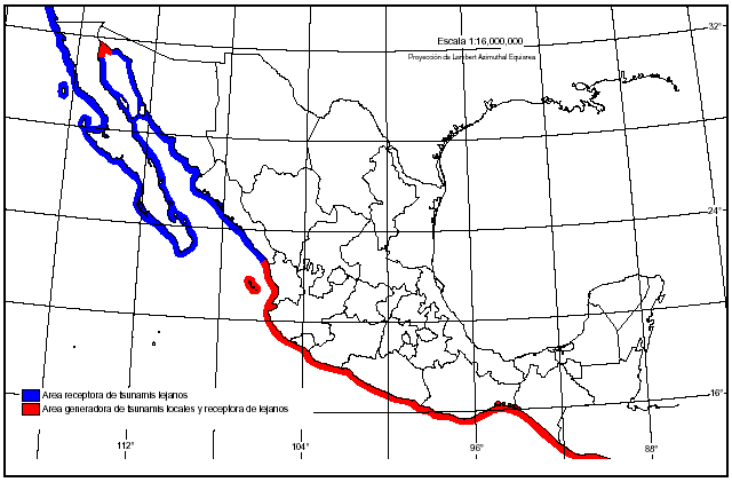
V.1.3.1 Amenaza por Tsunami *

De acuerdo con las características de los Tsunamis, se ha determinado que el movimiento inicial que los propicia es una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano ocasionada por sismos, erupciones volcánicas o deslizamientos de grandes masas de tierra, por lo que es importante definir en qué condiciones se encuentra la zona de estudio para determinar el nivel de afectación que puede haber por la presencia de tsunamis.

De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional (2005), los temblores cuyo epicentro está en el mar y ocurren cerca de una zona de subducción tiene capacidad de transmitir la energía y el movimiento a la capa de agua y de generar un tsunami. En México, el temblor de 1985 ocurrido frente a las costas de Michoacán generó un pequeño tsunami que afectó a Lázaro Cárdenas, con olas mucho más reducidas que las de Asia en 2004, de apenas un par de metros, pero ya con capacidad destructiva. El mayor temblor más reciente, el de Colima, en 1995 fue de M7.9 y generó un tsunami que afectó las costas de Jalisco, siendo Barra de Navidad la zona más dañada.

En el catálogo de tsunamis sean registrado diversos eventos en las costas de Oaxaca, en particular se tienen registros de la presencia de un tsunami en las costas de Puerto Escondido con una altura máxima de las olas de 1.5 m. El tsunami fue generado por un sismo de magnitud 7.6° el día 29 de noviembre de 1978 (CENAPRED, 2005).

Mapa 63. Áreas costeras susceptibles de afectación por tsunamis generados localmente para distancias hasta de miles de kilómetros



El tsunami es una secuencia de olas que pueden alcanzar alturas de varias decenas de metros y arrasar con todo a su paso; se produce, en su mayoría, por fuertes sismos cuyo hipocentro tiene lugar bajo el océano cerca de la zona costera.

Estos sismos hacen que el suelo marino se desplace en forma vertical, lo que genera un desplazamiento violento del volumen de agua que se encuentra por encima de éste. Las olas del tsunami viajan a velocidades altas (800 km/h) en mar abierto. Esta velocidad disminuye a 35 km/h al acercarse a la costa, a 10 metros de profundidad. Las olas aumentan al llegar a la costa. No siempre la primera es la más alta, en ocasiones es la tercera o cuarta y devastan todo a su paso, pudiendo llegar hasta 10 km tierra adentro.

México está en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, zona geológicamente activa que ocasiona 80% de los tsunamis. En el Océano Pacífico se libera el 85% de la energía sísmica a lo largo del año y México está expuesto a esos tsunamis, como los que ocurren en la costa oaxaqueña (Istmo y Pinotepa Nacional).

Tipos de tsunamis:

1. **Locales:** Se originan a lo largo de la costa y penetran grandes distancias tierra adentro en poco tiempo.
2. **Regionales:** Se originan a 1,000 kilómetros del país y arriban en un lapso de tres horas.

3. **Lejanos o transoceánicos:** Se originan en el margen occidental del océano Pacífico y tardan entre ocho y diez horas en llegar a las costas de México. Causan grandes daños si la magnitud del sismo es superior a ocho.

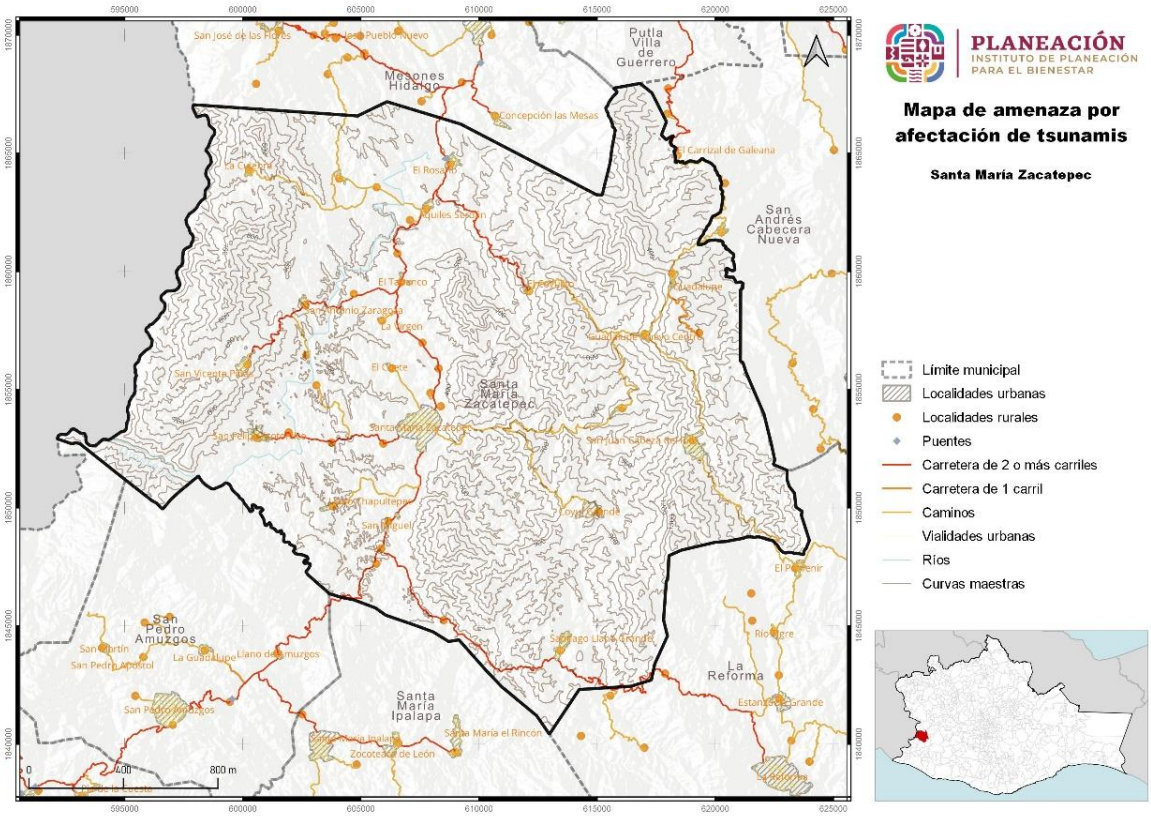
La distancia, en línea recta, de Santa María Zacatepec hasta la costa del Océano Pacífico, en dirección a Corralero, Santiago Pinotepa Nacional es de aproximadamente 66 Kms., tramo en el que deben atravesarse una serie de complejos montañosos que hacen prácticamente imposible la existencia de afectaciones de tsunamis en el territorio municipal, salvo la ocurrencia de algún suceso extraordinario que implicara el hundimiento de las zonas elevadas que se interponen en dicho trayecto, por lo que se considera que el nivel de peligro por posible afectación es Muy Bajo.

Mapa 64. Ubicación del municipio con respecto de la línea de costa



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 65. Amenaza por afectación de tsunami



Fuente: CentroGeo, 2024

Por su posición geográfica el territorio de Santa María Zacatepec no se ve afectado por este tipo de fenómeno ya que se haya a una distancia aproximada de 66 Km de distancia del municipio a la costa del Pacífico, por lo que se omite su análisis y el nivel de peligro es **Muy Bajo.**

V.1.4 Vulcanismo *

El vulcanismo se relaciona en gran parte con la zona de subducción formada por las placas tectónicas de Rivera y Cocos que se encuentra en contacto con la placa de Norteamérica, que forma parte de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) dentro del Anillo de Fuego del Pacífico, que rodea casi totalmente el Pacifico.

Los **movimientos de compresión y distensión** de las placas continentales donde se encuentra el Territorio Mexicano, han dado lugar a sistemas montañosos cuya característica principal es su alineación. Estos sistemas montañosos se formaron a finales del Cretácico o del Paleógeno y continuaron en desarrollo en el Neógeno-Cuaternario en Baja California, Las Sierras Madre, la Sierra de Chiapas y el Sistema Neovolcánico Transmexicano, encontrándose en algunos de ellos los volcanes más importantes de México.

Dentro de los principales sistemas montañosos se encuentra la Sierra Madre el Sur, provincia fisiográfica en la que se encuentra Santa María Zacatepec; sin embargo, en este complejo montañoso no se ubican volcanes. Los volcanes más cercanos al municipio forman parte del eje Neovolcánico, como son **El Iztaccíhuatl, el Popocatépetl, el Volcán Malintzi, el Cofre de Perote y el Citlaltépetl**, aunque su distancia en línea recta supera los 250 km, (Mexicano S. G., 2017).

Un volcán representa una vía de comunicación del interior de la tierra con la superficie terrestre, por donde puede darse la liberación del magma y gases que circulan al interior del planeta (UNGRD,2018). La sucesiva acumulación de este material en los alrededores de la zona de emisión forma un relieve, que generalmente adopta una forma cónica denominada edificio volcánico y que puede llegar a tener considerable altura.

Los volcanes pueden considerarse una amenaza para las comunidades cuando están activos, ya que afectan la salud, el clima, la fauna y los bienes de las personas. Los eventos volcánicos de gran magnitud son capaces de abatir amplias regiones alrededor de los volcanes y pueden extenderse a distancias excepcionales siguiendo la topografía hacia las zonas de valles. Los gases y las cenizas que emiten estas estructuras pueden tener un gran impacto para la atmosfera terrestre, pudiendo cambiar el clima sobre una amplia zona, (UNGRD, 22).

La actividad volcánica se manifiesta de diferentes maneras;

Gases volcánicos. Durante las erupciones volcánicas se liberan gases, principalmente vapor de agua, pero también dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro y flúor, que se diluyen y dispersan rápidamente, pudiendo darse casos de concentraciones altas en las zonas bajas o depresiones muy cercanas al volcán, donde pueden causar intoxicación y muerte de personas y animales. Los gases también pueden condensarse y adherirse a partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos, contaminación de aguas y suelos. Pueden ser liberados entre erupciones, o durante meses y años después de una erupción.

Caídas de ceniza. Los materiales rocosos fragmentados y expulsados hacia la atmósfera durante una erupción se les conoce como **tefra**, los fragmentos de tefra con tamaño menor a 2 mm se les denomina **ceniza volcánica**; si su tamaño está entre 2 mm y 64 mm, **lapilli**. Las partículas de ceniza son transportadas por los vientos a kilómetros de distancias del cráter, en función de su tamaño, peso y altura de la columna eruptiva. Cuando caen forman una capa de diferentes espesores (de milímetros a varios centímetros) y pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, colapsar los techos por el peso acumulado, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, entre otros.

Proyectiles Balísticos. Son fragmentos de más de 6,5 centímetros de rocas expulsadas por erupciones explosivas que viajan por el aire sometidos a su propia

inercia, arrastre del viento y acción de la gravedad, que siguen una trayectoria en forma de parábola. Los bloques más grandes caen cerca del cráter, mientras que fragmentos más pequeños son capaces de caer hasta un radio de 5 kilómetros del volcán, por lo que representan un peligro las personas que habitan cerca a al volcán.

Flujos piroclásticos. Que son corrientes de materiales sólidos y gases volcánicos a altas temperatura que descienden por los flancos de un volcán debido a la alta explosividad de una erupción. Pueden transportarse a través de cauces, laderas, quebradas y valles.

Flujos de lodo o lahares. Término Indonesio que consiste en grandes mezclas de agua, lodo y rocas que bajan rápidamente por las pendientes de los volcanes a través de los ríos, quebradas y en general corrientes de agua, y así logran recorrer largas distancias. Se formar principalmente por el derretimiento de la nieve y el hielo la principal causa durante una erupción, aunque también pueden darse por lluvias intensas sobre depósitos de rocas volcánicas, ruptura del cauce represado por material volcánico y como consecuencia de una avalancha de escombros (USGS, 2008).

Avalanchas. Son deslizamientos súbitos en forma de escombros, de una parte, voluminosa de los edificios volcánicos. Se originan debido a factores de inestabilidad provocando que parte del volcán se rompa, causando el colapso lateral y el desprendimiento de un sector del edificio. Como resultado del derrumbe, se producen enormes avalanchas de roca con volúmenes de hasta 10 km3 que viajan a velocidades cercanas a los 100 km/hora, y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia. Las avalanchas destruyen y sepultan todo lo que encuentran a su paso, alterando la topografía y provocando cambios considerables en la red hidrográfica.

Derrames de Lava. Corresponden a corrientes de roca fundida que destruyen todo a su paso y generan incendios a causa de sus temperaturas. Este material es expulsado por el cráter o grietas existentes en los flancos del volcán; la temperatura que puede alcanzar la lava es de 800°C a 1200°C. Los flujos de lavas en comparación con los flujos piroclásticos se desplazan a menores de velocidades, siendo las corrientes de lava con menor contenido en sílice (flujos basálticos) las más rápidas, la velocidad que pueden alcanzar estos flujos es de 10km/h hasta 30 km/h. Su velocidad depende de factores como la pendiente del terreno, la forma de la superficie en la que se mueve y la cantidad de lava expulsada por la fuente. Los flujos de lava que son más fluidos pueden alcanzar distancias de decenas de kilómetros desde el cráter, a diferencia de las lavas viscosas o menos fluidas que solo llegan hasta algunos pocos kilómetros desde el foco de emisión (SGC, 2015).

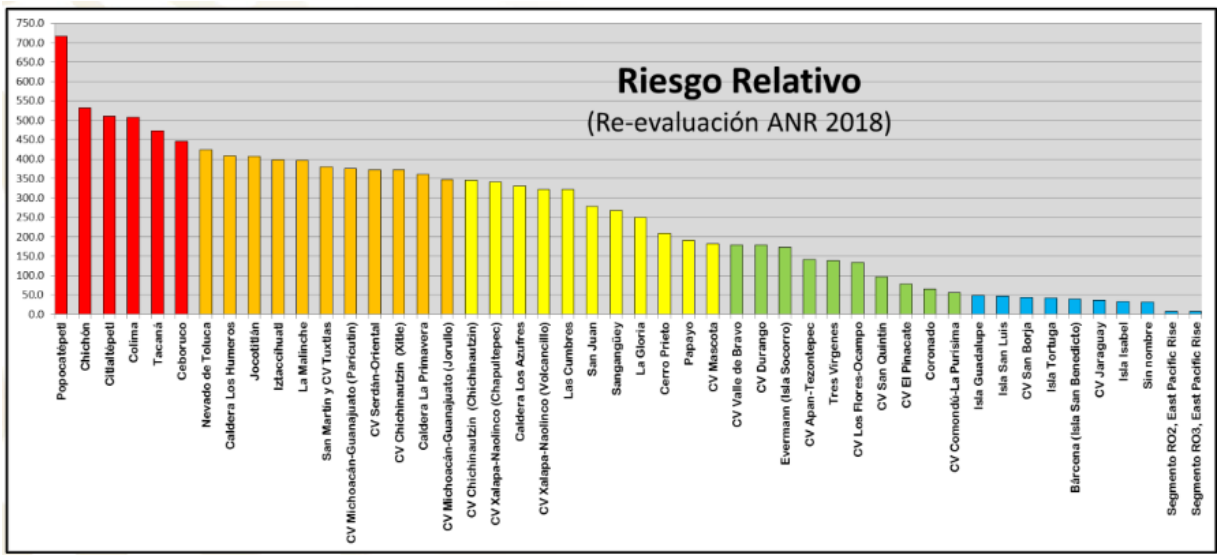
Ondas de choque. Durante erupciones con alta explosividad los volcanes son capaces de comprimir la atmosfera circundante, este efecto produce una onda de choque que se expande a través de la misma atmosfera a velocidades superiores a la del sonido, afectando a las personas y objetos situados en varios kilómetros a la redonda (PREDECAN, 2009). Pueden causar la vibración y el rompimiento de ventanas, agrietamiento en las paredes, deformación de objetos, ruptura de tímpanos y

conmoción producto del impacto (SGC, 2015), (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021).

V.1.4.1 Amenaza por vulcanismo *

A partir de la evaluación del riesgo de los volcanes en México, realizado por el CENAPRED en 2018 y el cálculo del riesgo relativo de los volcanes de México, así como el análisis de sistemas expuestos y vulnerabilidad, resultó que los volcanes Popocatepetl, Chichón, Citlaltépetl, Colima, Tacaná y Ceboruco son los que representan mayor nivel de riesgo relativo.

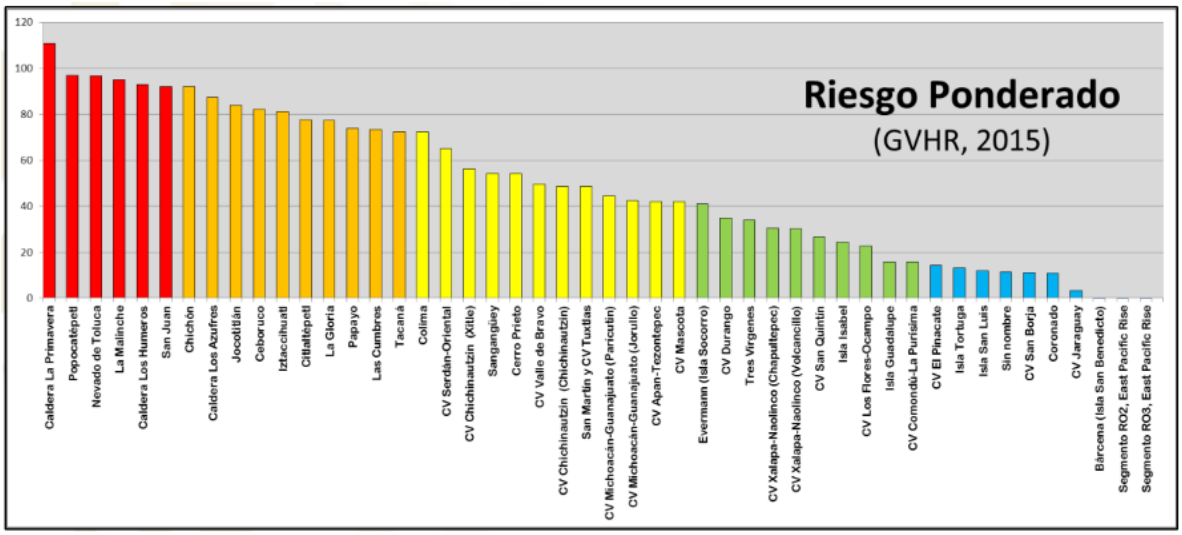
Gráfica 28. Volcanes de México ordenados según nivel de riesgo relativo, a partir de la información del ANR.



Fuente:https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2109/FRACCION_XLI/RV/14_Evaluacion_Riesgo_Relativo_2018.pdf

Respecto al índice de riesgo ponderado, debido a la ponderación que se hace para los distintos fenómenos volcánicos según su mortandad histórica, así como al peso que se le da a la vulnerabilidad de la población, la caldera La Primavera desplaza al Popocatépetl como el volcán de mayor riesgo, debido a su cercanía a la ciudad de Guadalajara. De igual manera, tanto el Nevado de Toluca como la Malinche y el San Juan, al estar en regiones densamente pobladas, suben mucho en la clasificación, mientras que el Tacaná y el volcán de Colima pasan a ocupar lugares intermedios en la tabla.

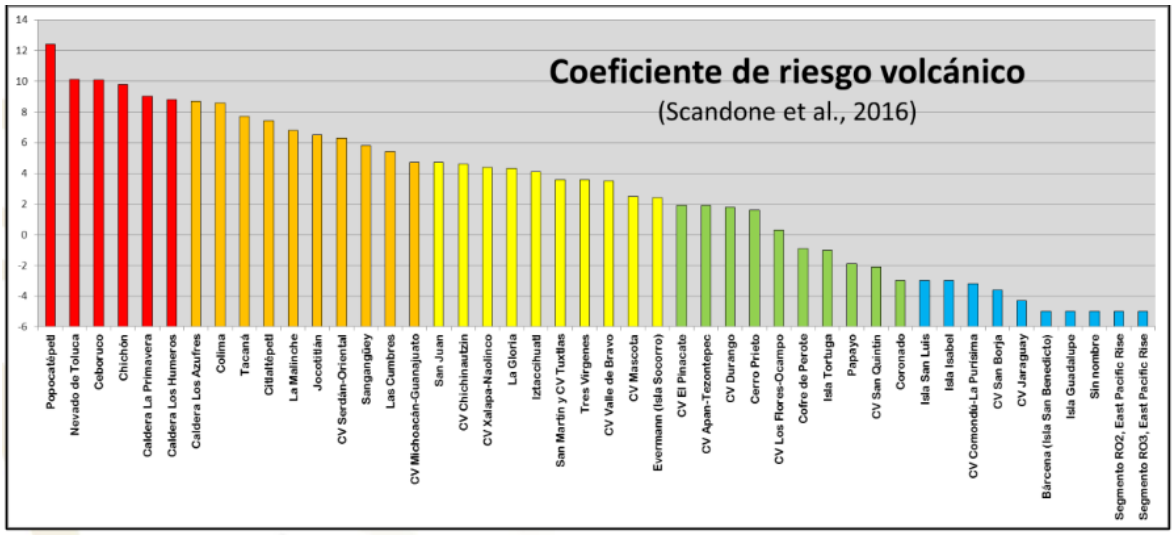
Gráfica 29. Riesgo Ponderado para los volcanes de México



Fuente:https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2109/FRACCION_XLI/RV/14_Evaluacion_Riesgo_Relativo_2018.pdf

En el cálculo de Coeficiente de Riesgo Volcánico, definido como la suma del índice de explosividad de la máxima erupción esperada, relacionada con la tasa de erupción y la población que puede verse afectada por la máxima erupción esperada, considerando el peso que se otorga al índice de explosividad volcánica, tanto el Nevado de Toluca como las calderas La Primavera en Jalisco, Los Azufres en Michoacán y Los Humeros en la frontera de Puebla y Veracruz, suben mucho en su posición en la tabla, en comparación con el lugar que ocupan en la tabla de Riesgo Relativo.

Gráfica 30. Coeficiente de Riesgo Volcánico (VRC) para los volcanes de México.



Fuente:https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2109/FRACCION_XLI/RV/14_Evaluacion_Riesgo_Relativo_2018.pdf

El cinturón de fuego atraviesa buena parte del territorio mexicano, por lo tanto, existen alrededor de decenas de volcanes activos en nuestro país, estado entre los más conocidos y activos el Popocatépetl y el Volcán de Colima y que son monitoreados durante todo el año.

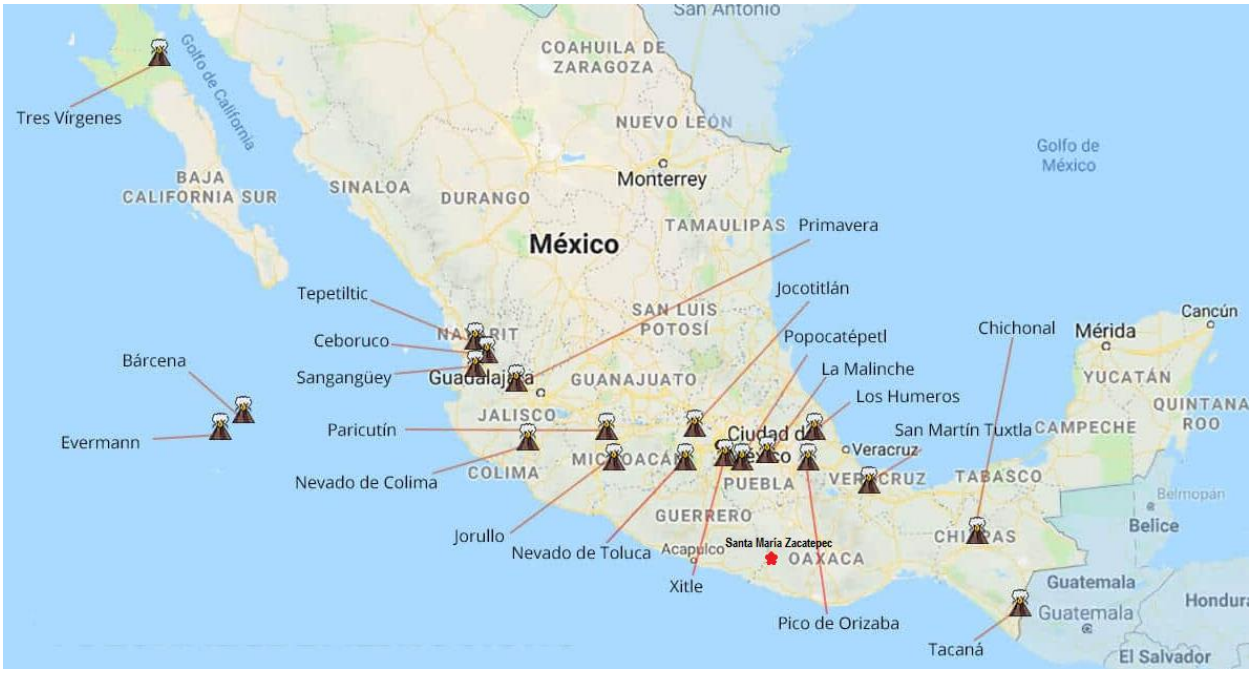
El volcán **Popocatépetl** se encuentra en actividad intensa desde 1994, manteniendo en alerta a Puebla, Morelos y Estado de México. Mantuvo una actividad moderada entre los años 1347 y 1920, aunque en el período de 1539 a 1720, tuvo mayor actividad. La última erupción significativa del volcán Popocatépetl ocurrió el 17 de marzo de 2023. En el año 2024 ha emitido constantes fumarolas, de tal manera que la ceniza volcánica se ha dispersado por estados como Puebla y Morelos, razón por la cual las poblaciones de alrededor se mantienen alertas.

El Volcán de Colima se ha mantenido activo en 2024, con la emisión de fumarolas de vapor, En el periodo de los años 1560 a 1991, ha registrado 25 erupciones y en julio de 2015 expulsó ceniza y material incandescente que afectó a las comunidades cercanas, razón por la que se le considera uno de los más activos de México.

A la par de estos colosos, los volcanes Chichón y Tacaná, ubicados en la frontera sur de Chiapas con Guatemala, también representan un riesgo serio debido a la actividad continua, aunque no alcanzan los niveles del Popocatépetl y el Volcán de Colima.

Por su parte, el Pico de Orizaba o Citlaltépetl, es también uno de los volcanes más importantes de México, tato por su altura, como por su actividad, ya que ha registrado erupciones en los años 1533, 1539, 1545, 1566, 1569, 1589, 1687, 1846, 1613, 1864 y 1867. (INFOBAE, 2024).

Mapa 66. Volcanes existente en la Repúblca Mexicana.



Fuente: https://volcanesdemexico.org/wp-content/uploads/2018/12/principales-volcanes-de-mexico.jpg

En los anales de la historia, quedó registrado por Jorge L. Tamayo, en su Geografía General de México, la presencia del Volcán de Pochutla, que entró en erupción en 1870, así como de un volcán submarino, frente a Puerto Ángel que se activó en 1803 y 1875; así mismo, se reportaron fuertes temblores desde finales de 1874 y terremotos en enero, febrero y septiembre de 1875. Cabe mencionar que no se encontraron evidencias sobre algún informe o sistema de monitoreo de estos posibles volcanes inactivos. (tomzap.com, 2018)

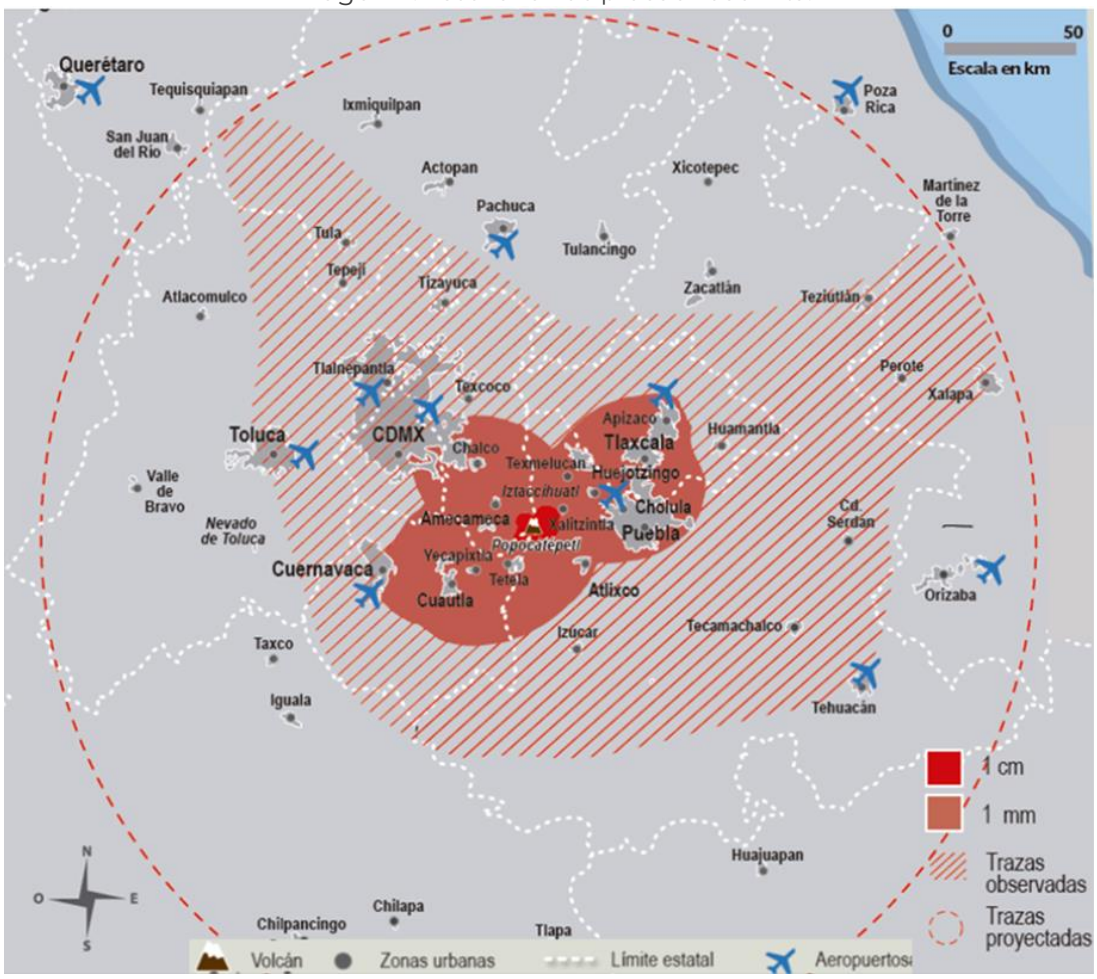
En el año 2023, ante el semáforo de alerta volcánica generada por la actividad del volcán Popocatépetl, se previó la posible llegada de cenizas al estado de Oaxaca, específicamente a municipios de la Mixteca y Valles Centrales, así como al sur de Puebla y noroeste de Guerrero, sin embargo, no se presentaron afectaciones en el estado. (oaxaca.gob.mx, Coordinacion de Comunicacion Social, oaxaca.gob , 2023).

El daño causado por una erupción depende del tipo y magnitud de la erupción, distancia y vulnerabilidad del municipio, de la fuente generadora, topografía, viento y otras variables meteorológicas. Dado que un volcán es considerado activo o peligroso, es necesario hacer un análisis de la actividad eruptiva pasada de las formaciones volcánicas cercanas al área, a fin de determinar si representan algún tipo de peligro para el municipio, como se muestra en la figura el escenario más probable (mapa en color rojo), corresponde a las erupciones más fuertes con columnas de cenizas menores a 10 Km de altura. Los diferentes tonos en rojo muestran las áreas que

pueden ser afectadas por caída de cenizas con espesores de 1 cm, 1 mm y trazas (menores a 1mm).

ESCENARIOS DE ANÁLISIS

Imagen 7. Escenario 1 de probabilidad Alta.



Para determinar la peligrosidad volcánica para el municipio de Santa María Zacatepec se ubicó su posición geográfica respecto a uno o varios volcanes, considerando un rango entre 35 a 100 km. Por estar a más de 200 km de distancia desde un volcán hacia el área de interés se descarta la elaboración de un mapa de peligros volcánicos.

Imagen 8. Escenario 1 de probabilidad Media.



En la figura anterior, escenario de ***probabilidad intermedia*** (mapa en color naranja), muestra zonas en las que se puede depositar cenizas de erupciones con columnas con alturas entre 10 y 20 Km.

Los diferentes tonos en naranja indican áreas con caída probable de 10 cm, 1 cm, 1mm y trazas (menores a 1mm), por lo que puede verse que Santa María Zacatepec no se haya en los límites de caída de ceniza de 1 mm.

Debe considerarse que las cenizas volcánicas pueden afectar áreas muy extensas y provocar algunos efectos nocivos a la salud de personas y animales, afectar el clima, obstruyen las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas; acumulación en caminos obstruyendo el paso, al mezclarse con agua puede conducir la electricidad produciendo corto-circuitos en líneas de transmisión de energía y de comunicaciones; también se acumulan en techos, donde 10 cm de espesor representará una carga extra

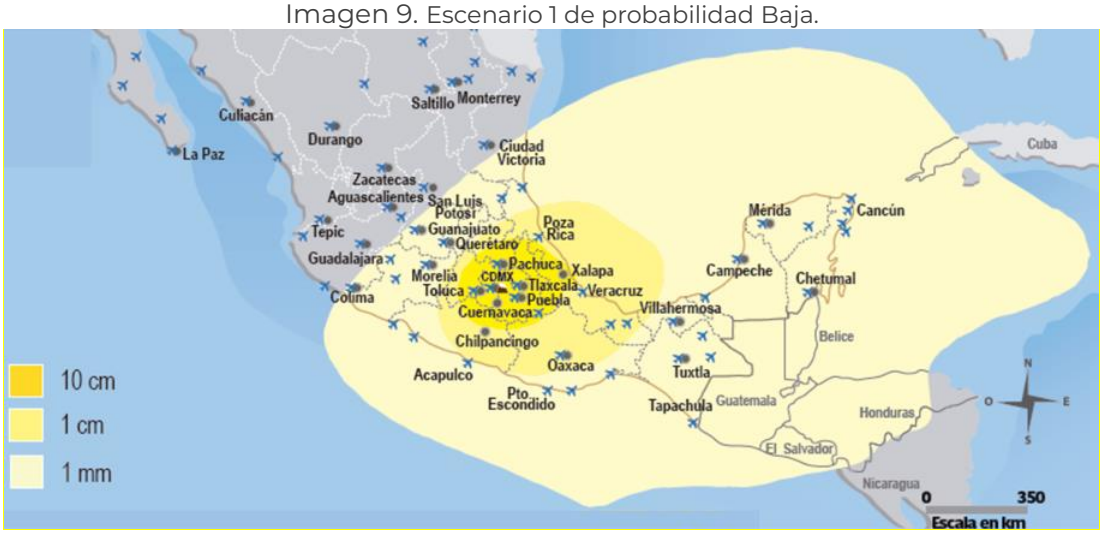
de 40-70 kg/m^2 si está seca, y de 100-125 kg/m^2 si está húmeda, llegando en ocasiones a provocar el colapso de los techos, sin embargo, en contraste con otros peligros volcánicos, los efectos de la ceniza pueden ser mitigados mediante una adecuada planificación y preparación (Martínez y Gómez, 2006). En la tabla se resumen algunos efectos de este peligro.

Tabla 113. Resumen de los efectos de cenizas volcánicas

Efectos de la caída de cenizas (Varía dependiendo del volumen del material expulsado y la duración o intensidad de la erupción)
1. La inhalación de la ceniza puede provocar el empeoramiento de enfermedades pulmonares, asma, silicosis por exposición prolongada al aire libre
2. Puede provocar trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua contaminada con flúor y posiblemente con metales pesados (arsénico, mercurio, etc.) o por la ingestión de alimentos contaminados
3. Capas de ceniza de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de tejados con pendientes menores a 20°; y/o con estructuras de mala calidad
4. Daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea
5. Daños a equipos electrónicos por la capacidad abrasiva de la ceniza como por su comportamiento eléctrico, ya que la ceniza humedecida es altamente conductiva pudiendo provocar cortocircuitos
6. Capas de 1 a 2 cm. de ceniza puede provocar daños de suma importancia en la industria con equipamiento mecánico, eléctrico o químico.
7. La ceniza fina puede causar contaminación en ambientes interiores limpios como quirófanos, laboratorios farmacéuticos, mecánica de precisión, óptica, en la industria de la alimentación, etc.
8. La ceniza disminuye la capacidad de filtración del suelo, tapona cañerías y cauces de agua, aumentando considerablemente el riesgo de inundaciones.
9. Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y evidentemente del espesor de la capa de cenizas caída. Sin embargo, en climas cálidos la vegetación se recupera en muy poco tiempo
10. Se debe tener especial cuidado con sistemas de agua, bombas, filtros y válvulas muy susceptibles a sufrir daños por la caída de cenizas
11. Interferencias de radio y televisión, así como fallas en el suministro eléctrico
12. Afectación a la ganadería, arruinando pastos y dañando considerablemente la lana de los animales

13. Los gases retenidos en las cenizas se liberan lentamente, pudiendo provocar problemas respiratorios y asfixia, especialmente en las zonas donde la acumulación de ceniza es importante.
14. El cloro y los sulfatos, por su alta capacidad de disolución, son los más propensos a generar esta contaminación
15. Los depósitos de ceniza pueden permanecer mucho tiempo sin solidificarse, especialmente en zonas áridas, siendo removidos fácilmente por el viento y propagándose a distancias mayores durante un largo periodo después de la erupción

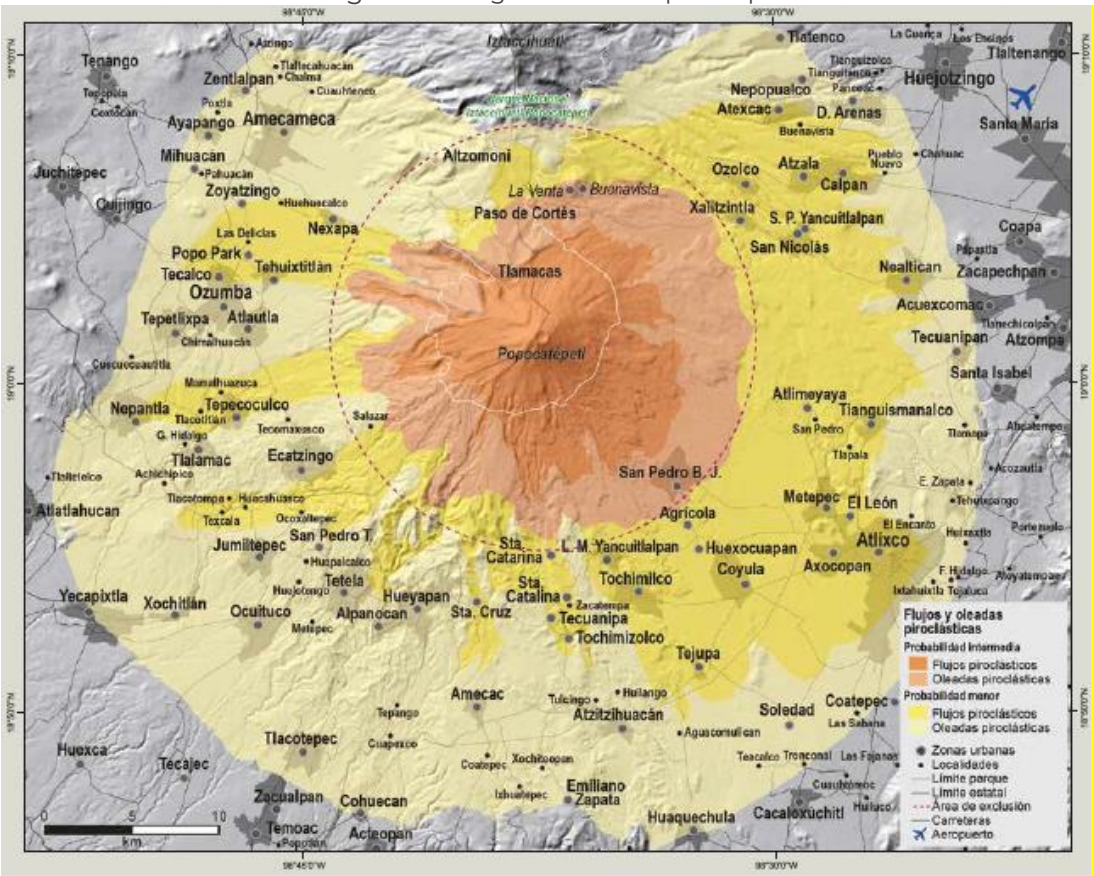
Imagen 9. Escenario 1 de probabilidad Baja.



El escenario 3 menos probable (mapa en amarillo) muestra las zonas en las que caería ceniza en caso de una erupción de gran magnitud con columnas de erupción mayores a 20 km de altura. Se indican en tonos amarillos las áreas con probabilidad de caída de ceniza con espesores de 10 cm, 1cm y 1 mm. Las trazas tendrán una distribución geográfica mayor (espesores menores a 1 mm), como se mostró en la figura anterior.

De acuerdo con el análisis del peligro volcánico para el Municipio de Santa María Zacatepec, el peligro volcánico potencial lo representa la caída de cenizas del volcán Popocatepetl, fuente volcánica que se encuentra en erupción y relativamente más cercana al municipio, sin embargo, la distancia es de más de 200 kms.

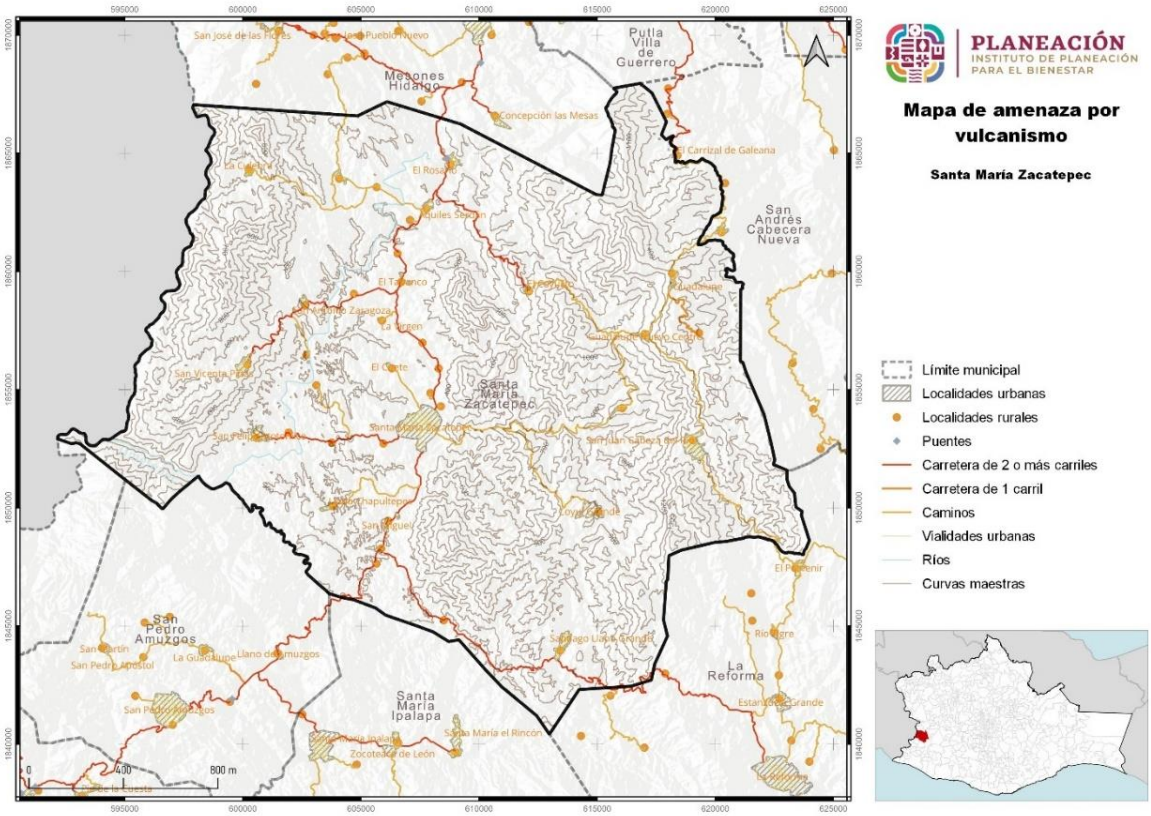
Imagen 10. Peligros volcán Popocatépetl.



Fuente: CentroGeo, 2024

En el siguiente mapa se puede observar que ninguna parte del territorio del municipio es afectado por alguna amenaza por vulcanismo, por lo que el nivel de amenaza puede llegar a considerarse como muy baja

Mapa 67. Peligro / Amenaza por vulcanismo



Fuente: CentroGeo, 2024

La vulnerabilidad a fenómenos volcánicos para el Municipio de santa María Zacatepec es **Muy Bajo**, debido a que un evento de caída de cenizas (es el único al que está expuesto considerando los alcances de esta metodología de evaluación), con un grado de estudio de nivel 1.

Debido a las siguientes consideraciones y sustentándose en el mapa de La figura anterior.

- Vulnerabilidad baja a los fenómenos volcánicos debido a una posible afectación a las actividades económicas.
- Peligro bajo en base al mapa del escenario 2,
- Peligro bajo por caída de ceniza de menos de 1 mm de espesor,

El territorio municipal no es susceptible a la aparición de volcanes, o a la erupción de los volcanes activos cercanos por no encontrarse en el cinturón de fuego. Sin embargo, antes de una erupción, los volcanes presentan disturbios precursores que si son detectados y analizan a tiempo permiten prevenir a las comunidades en riesgo implementando planes de emergencia y medidas de mitigación.

V.1.5 Hundimientos (Subsidencia) y agrietamiento del terreno

De acuerdo con la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos de Fenómenos Geológicos (CENAPRED, CNCP, SSyPC, 2021), son los de mayor impacto en México: inestabilidad de laderas, sismos, volcanes. Al referirnos a **hundimientos de tierra o también llamados socavones**, se entenderán como los movimientos de la superficie terrestre en el que predomina el sentido momero descendente y que tiene lugar en áreas de distintas características y pendientes. Este tipo de hundimiento se diferencia del término subsidencia por sus escalas temporal y espacial mucho más reducidas.

Se entenderá por **subsidencia** el hundimiento gradual de la tierra que eventualmente forma una forma de tazón. La subsidencia supone un riesgo cuando ocurre en zonas urbanas, al dañar y agrietar las edificaciones y afectar a sus cimientos. Actualmente, importantes ciudades costeras situadas en llanuras de inundación o en cuencas sedimentarias sufren graves problemas de subsidencia.

En cuanto a las **fallas o fracturas** se identificarán como las fisuras de la tierra o agrietamientos en la superficie, en ambos casos están asociados con el hundimiento de la tierra. Ambos resultan de la eliminación o agotamiento de los fluidos subterráneos, como las aguas subterráneas, o del uso excesivo de las aguas superficiales y pueden causar problemas de drenaje, romper canales y alterar los patrones de inundación o medidas de control de inundaciones. También pueden dañar los servicios públicos subterráneos, la infraestructura, las carreteras y las fundaciones de edificios.

Las causas naturales incluyen la disolución de materiales, el flujo lento del suelo, la erosión subterránea y los movimientos tectónicos. Por otro lado, actividades humanas como la construcción de estructuras subterráneas, actividades mineras o la explotación excesiva de acuíferos también pueden causar subsidencia.

Para el cálculo de sismos se emplearon mapas de aceleración máxima del terreno para tres distintos periodos de retorno, cuya información se reporta a nivel municipal, así como un mapa de periodos de retorno para aceleraciones a partir de las cuales pueden esperarse daños importantes en las construcciones.

Para las subsidencias, fallas, fracturas y agrietamientos, se realizó una evaluación multicriterio mediante la adaptación de las metodologías propuestas por (Galeana-Pérez, Chávez-Alegría, Medellin-Aguila, & Zamora-Castro, 2023), (Díaz-Nigenda, 2022), (Hernández-Conde, 2014), (Pacheco-Martínez, Ortiz-Lozano, Zermeño-de-León, & Mendoza-Otero, 2011), (Pacheco-Martínez & Arzate-Flores, Análisis multicapa de la subsidencia en el Valle de Querétaro, México, 2007), (Rodríguez-Castillo & Rodríguez-Velázquez, 2006) y (Carreon-Freyre, Hidalgo-Moreno, & Hernández-Marín, 2006).

Para el cálculo se utilizaron los siguientes materiales:

- Modelo Digital de Elevación (MDE): obtenido de Shuttle Radar Topography Mission (SRTM GL1)
- Niveles piezométricos: información oficial de redes piezométricas de la Comisión Nacional del Agua (Conagua)
- Sequía: vulnerabilidad a sequía por municipio de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Cartografía Geológica: Desarrollada a partir de la información del Servicio Geológico Mexicano 1:250000, la síntesis de la información geográfica de Oaxaca del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y los levantamientos locales de Gutiérrez-Navarro et al (2013).
- Archivos SHP de fallas y fracturas: del Servicio Geológico Mexicano
- Cartografía de uso de suelo (centros urbanos): CONABIO 2010 y de las AGEBS del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)
- Edafología: bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Caracterización Sismo tectónica de México: Cotilla-Rodríguez et al (2019).
- Cartografía de precipitación: Desarrollada a partir de información de la red de estaciones hidrometeorológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

V.1.5.1 Susceptibilidad por fallas y fracturas del suelo en el municipio

Las subsidencias, hundimientos y agrietamientos de los terrenos han cobrado importancia debido a los recurrentes y cuantiosos daños que causan a la infraestructura urbana, industrial y de comunicaciones a nivel mundial.

La República Mexicana cuenta con una superficie de 1 964 375 km² de los cuales 1 042 369.56 km² (53.06%) de la superficie presenta afectaciones por hundimiento y agrietamiento muy bajas, 149 523.92 km² (7.61%) presenta afectaciones bajas, 632 156.87 km² (32.18%) presenta una afectación media, 122 045.05 km² (6.21%) afectaciones altas, así como 18 279.57 km² (0.96%) presentan afectaciones en el rango de muy alto.

Aunque se deben principalmente a causas naturales como la desecación y la consolidación por peso propio, la intervención humana los acelera, amplifica y/o modifica.

Las tasas de hundimiento son variables debido a que están controladas por el espesor y las características geomecánicas de los sedimentos. Asimismo, la intensidad de las tasas de extracción de agua subterránea y la recarga del acuífero juegan un papel crucial en su evolución, control y minimización de riesgo (Tuxpan, 2018).

A partir de la consideración de que todo tipo de suelos y rocas son propensos a deformarse y agrietarse, la magnitud y velocidad en que esto les suceda, depende de factores como la resistencia al esfuerzo cortante, las características esfuerzo

deformación de los mismos, el intemperismo, el grado de consolidación natural, la permeabilidad y el grado de alteración o modificación del medio por actividades humanas (CENAPRED, 2014)

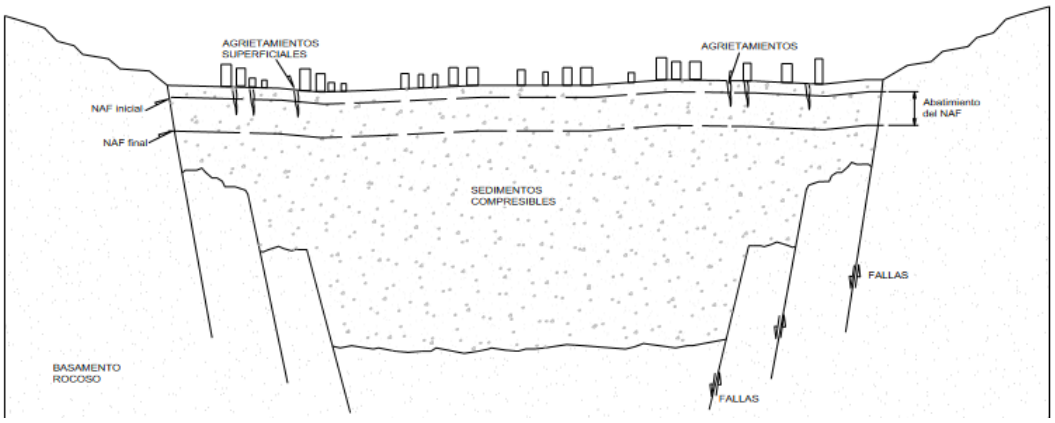
Las subsidencias, hundimientos y agrietamientos se presentan principalmente en suelos de origen lacustre y en depósitos aluviales y fluviales, constituidos por partículas finas de suelo como arcillas, limos y arenas finas (CENAPRED, 2014).

De manera más específica, son causas que pueden provocar la deformación del terreno: la aplicación de cargas superficiales, la deformación natural, el hundimiento por extracción de agua y a contracción por desecación natural; sin embargo, el proceso que más influye en la deformación del subsuelo es la consolidación por extracción de agua, aunque su efecto es visible después de varios años o décadas.

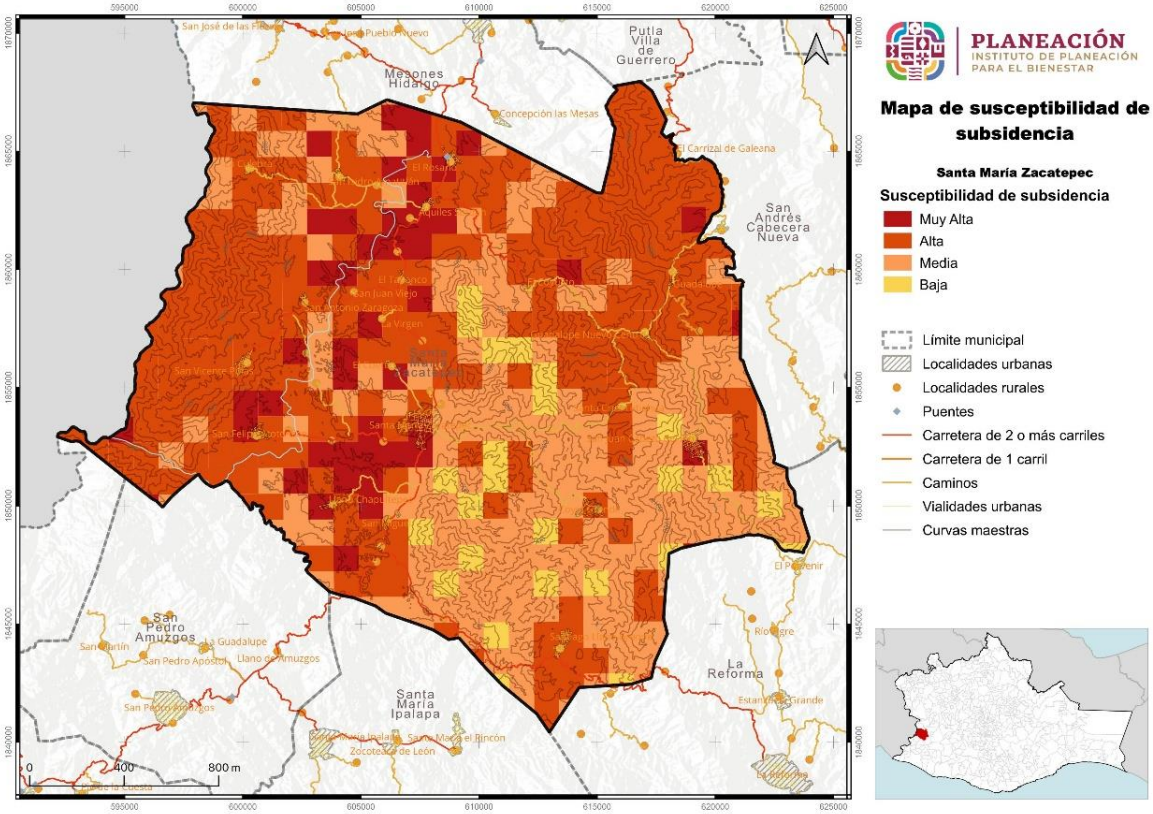
Es importante no confundir las grietas superficiales del terreno, que muestran hundimiento o asentamiento causados por el abatimiento de los manos freáticos en el suelo, con fallas o fracturas de la corteza de origen geológico. Un aspecto distintivo de los agrietamientos superficiales del terreno es que están asociados con la extracción de agua del subsuelo.

No obstante, también existen casos en los que este efecto (extracción de agua) se combina con las características de deformación de los materiales que rellenan el basamento y la forma geométrica de éste. Es decir, cuando el basamento que contiene a los depósitos de suelos deformables es de forma irregular y con escalonamientos o con irregularidades muy pronunciadas, en la superficie del terreno se observan los efectos de estas irregularidades a través de líneas de asentamientos o escalonamientos que generalmente coinciden con las protuberancias del basamento.

Imagen 11. Esquema simplificado del agrietamiento superficial inducido por la forma del basamento en una fosa tectónica o graben. CENAPRED, 2014.



Mapa 68. Susceptibilidad de subsidencia en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Una falla es una superficie de discontinuidad, es decir una fractura en la que se ha producido deslizamiento relativo de una de las partes con respecto a la otra. (snet.gob.sv, s.f.)

En geología, una falla es una fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento relativo de los bloques paralelos a la fractura (Bates y Jackson, 1980). Esencialmente, una falla es una discontinuidad que se forma debido a la fractura de grandes bloques de rocas en la Tierra cuando las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las rocas.

El movimiento causante de esa dislocación puede tener diversas direcciones: vertical, horizontal o una combinación de ambas. El desplazamiento de las masas montañosas que se han elevado como consecuencia del movimiento provocado por fallas, puede ser de miles de metros como resultado de los procesos devenidos durante largos períodos de tiempo. La zona de ruptura tiene una superficie generalmente bien definida denominada plano de falla y su formación va acompañada de un deslizamiento tangencial de las rocas respecto a ese plano.

Cuando la actividad en una falla es repentina y brusca, se puede producir un gran terremoto, provocando incluso una ruptura en la superficie terrestre, lo que genera y

se evidencia en la superficie del terreno es una forma topográfica llamada escarpa de falla. Estos vestigios de la falla en la superficie tienden a desaparecer por la acción de la erosión, provocados por la lluvia y el viento, y por la presencia de vegetación o actividad humana.

Una falla se considera activa, cuando ha tenido movimientos históricos, por ejemplo, en los últimos 10.000 años, o bien en su pasado geológico reciente, considerando los últimos 500.000 años. Si bien las fallas que sufren desplazamientos cuando sucede un terremoto son activas, no todas las fallas activas generan terremotos, algunas son capaces de moverse a sísmicamente, es decir sin que esté asociada a ninguna actividad sísmica (ALI, Keiiti, LEE, William H. K.).

Si bien no hay una regla fija sobre qué escala de tiempo geológico se debe considerar la actividad de una falla, en particular, el WSSPC (Western States Seismic Policy Council) consorcio de científicos estatales y privados del oeste de EEUU, define tres clases de fallas activas: 1. Falla activa del Holoceno: una falla que se ha movido en los últimos 10.000 años; 2. Falla activa del Cuaternario tardío: una falla que se ha movido en los últimos 130.000 años y 3. Falla activa del Cuaternario: una falla que se ha movido en los últimos 1.600.000 años.

El deslizamiento puede ser repentino en forma de saltos lo que da lugar a sismos, seguido de periodos de inactividad. Los sismos más grandes han originado desplazamientos verticales del terreno, que se evidencian en superficie, del orden de los 8 a 12 m. El deslizamiento también puede darse de manera lenta y continua, solo perceptible después de varios años de mediciones, realizadas con instrumentos tales como los GPS. Este tipo de fallas son del tipo asísmicas o reptantes, mientras que las de liberación repentina de energía se caracterizan como fallas sísmicas.

Si bien hay varios tipos de fallas, se puede decir que existen tres tipos de fallas principales, según sea la dirección del desplazamiento de las rocas que cortan:

Falla normal: Que se generan por tensión horizontal, cuando las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares al acimut de la falla (línea de ruptura superficial) y el movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla, el cual típicamente tiene un ángulo de 60 grados respecto a la horizontal. El bloque que se encuentra por encima del plano de la falla se denomina techo, y se desliza hacia abajo; mientras que el bloque que se encuentra por debajo del plano de la falla se denomina piso y tiende a ascender.

Falla inversa: Se genera por compresión horizontal. El movimiento es preferentemente horizontal y el plano de falla tiene típicamente un ángulo de 30 grados respecto a la horizontal. El bloque de techo se encuentra sobre el bloque de piso. Cuando las fallas inversas presentan una inclinación inferior a 45°, éstas también toman el nombre de cabalgamiento.

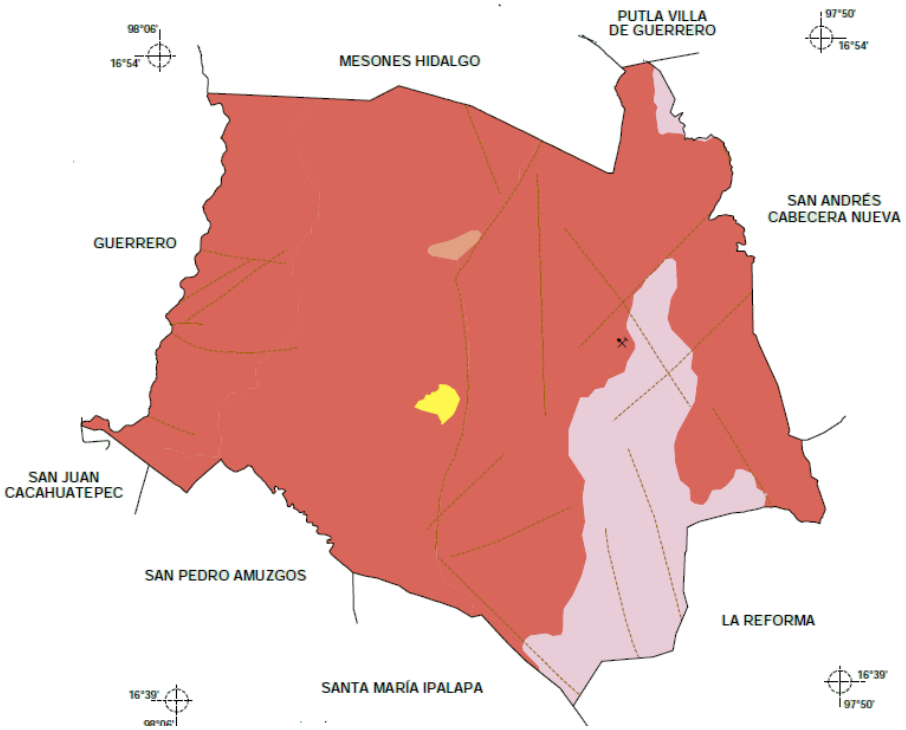
Falla de desgarre o de desplazamiento de rumbo: Se desarrollan a lo largo de planos verticales y el movimiento de los bloques es horizontal, son típicas de límites

transformantes de placas tectónicas. Pueden ser laterales derechas o laterales izquierdas. Las laterales derechas o dextrales, son aquellas en donde el movimiento relativo de los bloques es hacia la derecha, mientras que en las laterales izquierdas o sinestrales, el movimiento es opuesto a las anteriores. También se las conoce como fallas transversales.

Pliegues y Plegamientos

Los pliegues o plegamientos son deformaciones de estratos geológicos (capas) con forma ondulada. Los pliegues surgen como consecuencia del esfuerzo de compresión sobre las rocas que, en lugar de fracturarse, se pliegan. Cuando los estratos afloran a la superficie se puede ver cómo suben hasta un arco o descienden hacia un seno. Los pliegues superiores con forma abovedada se llaman anticlinales y tienen una cresta y dos ramas inclinadas que descienden hacia senos contiguos, donde pueden formarse los pliegues inversos en forma de cuenco, llamados sinclinales

Mapa 69. Fracturas geológicas registradas en el municipio de Santa María Zacatepec.



Fuente: (INEGI, Compendio de informaciòn geografica municipal, 2020)

En el municipio se han ubicado un número importante de fallas tectónicas subterráneas, de las cuales cobran relevancia, aquellas que se encuentran cercanas a las zonas urbanas de las localidades del municipio, como es el caso al norte, El Rosario y Aquiles Serdán, al Sur Coyul Grande, Llano Grande y el Naranjo, al Oriente,

Guadalupe, El Limón Santa Ana y Sata Cruz Tutiahua y al Poniente San Antonio Zaragoza y San Juan Viejo y en la parte central del territorio, la cabecera municipal, Llano de víbora y San Miguel.

Las fracturas y fallas pueden ocasionar hundimientos, que se caracteriza por ser movimientos tridimensionales, que dependen del estado de esfuerzos y geodinámicas del terreno, dominando movimientos verticales y/o movimientos horizontales. El movimiento vertical del terreno se refleja en la topografía por una oquedad o subsidencia; siendo fácilmente estudiada a partir de métodos geológicos-geodésicos-geofísicos. Los movimientos horizontales son menos evidentes y se manifiestan poco en superficie, sobre todo en áreas planas, siendo difícil identificar dichas deformaciones con métodos tradicionales.

Estos fenómenos están condicionados por cuatro factores: 1) el volumen, 2) la forma (cavidades), 3) el espesor o profundidad y 4) la resistencia de los materiales suprayacentes (González de Vallejo y coautores, 2002), por lo que puede clasificarse según su origen, ubicación y extensión como local, diferencial o regional.

Un hundimiento se cataloga como local, cuando sus dimensiones son menores a 500 m. y ocurren de manera rápida o repentina, aunque pueden provocar pérdida de vidas humanas cuando se presenta en zonas pobladas. Las causas naturales con las que se relaciona son procesos hidrometereológicos, morfotectónicos y procesos volcánicos, principalmente.

Los hundimientos regionales son fenómenos muy lentos, generalmente a velocidad imperceptible, que puede tomar hasta miles de años para colapsar. Abarca grandes extensiones del terreno y puede ser detonado por causas naturales y/o humanas. Se puede definir como el descenso y deformación de la superficie debido al apoyo insuficiente debajo del terreno, respecto a un punto que no se mueve (Marker, 2013).

Las actividades humanas son causal importante de los hundimientos, mismas que se asocian con la extracción de recursos naturales, la construcción de infraestructura o viviendas y la implementación o falta de mantenimiento de sistemas de alcantarillado y agua potable.

La minería, extracción de agua, fracking, aplicación de sobrecargas, excavación en zonas urbanas, problemas hidráulicos y rellenos, son algunas, (cenapred.unam.mxcenapred.unam.mx, 2022).

La superficie del municipio de Santa María Zacatepec presenta tres niveles de susceptibilidad a hundimientos causados por fallas y fracturas de sus suelos. En 1,000.94 Ha, que significan el 2.0% del total municipal, la susceptibilidad se considera Alta; 14,500.68 Ha, 28.95% del municipio registran susceptibilidad Media y la mayoría del territorio municipal con 34,580.68 Ha, que son el 69.05%, se tienen con **Muy baja** susceptibilidad.

Tabla 114. Susceptibilidad a hundimientos por fallas y fracturas en el municipio

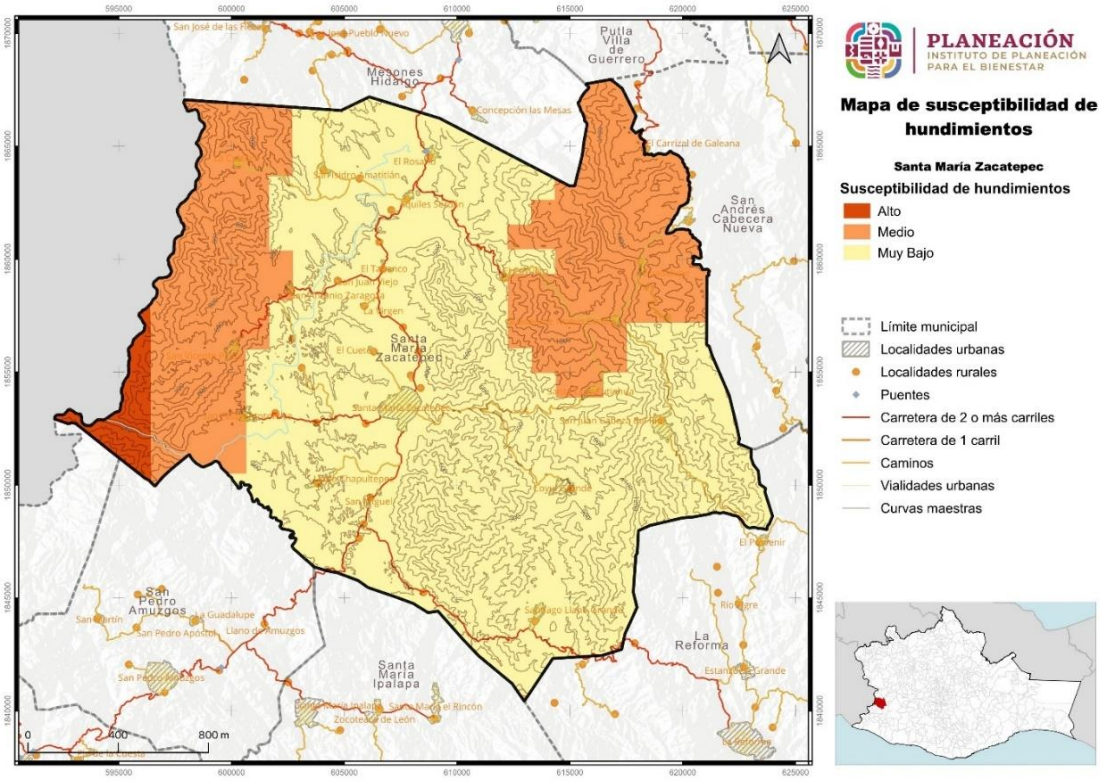
Hundimientos	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta	1000.94	2
Media	14500.68	28.95
Muy baja	34580.68	69.05

Fuente: CentroGeo, 2024

La alta susceptibilidad se concentra en un área trianguloide compacta, ubicada al oeste del municipio, que colinda con el municipio de San Juan Cacahuatepec del estado de Guerrero.

La zona con susceptibilidad media a hundimientos por fallas y fracturas se ubica en dos franjas; la primera, al oeste del municipio, en gran parte de la colindancia con Guerrero, quedando inmersos en ella los núcleos rurales de La Culebra, San Antonio Zaragoza, San Vicente Piñas y San Felipe Atotonilco y continuando en línea recta hasta los límites con San Pedro Amuzgos.

Mapa 70. Susceptibilidad a hundimientos por fallas y fracturas en el municipio

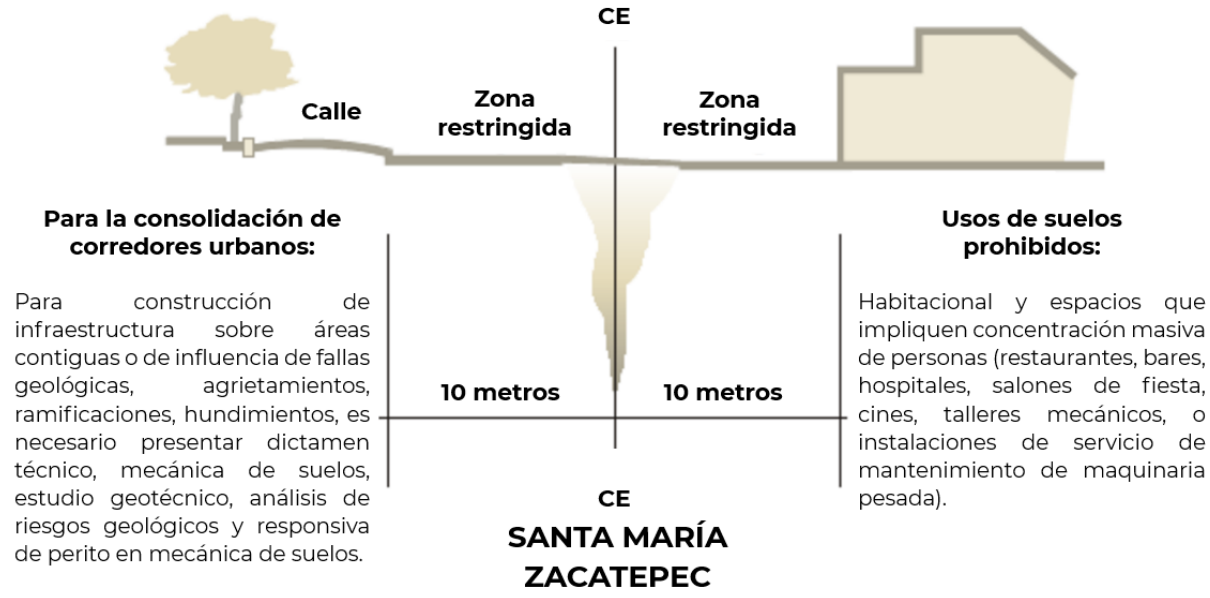


Fuente: CentroGeo, 2024

La segunda franja se localiza al noreste del municipio, colindando con San Andrés Cabecera Nueva, llegando a abarcar las zonas urbanizadas de Guadalupe, El Limón Santa Ana, Guadalupe Nuevo Centro, alcanzando a Santa Cruz Tutiahua.

Todo el demás territorio queda clasificado con muy baja susceptibilidad a hundimientos por fallas y fracturas del suelo.

Imagen 12. Restricciones para uso de suelo en Fallas o grietas



V.1.5.2. Susceptibilidad por subsidencia de suelo en el municipio.

El término genérico de subsidencia hace referencia al hundimiento paulatino de la corteza terrestre, continental o submarina. La subsidencia terrestre implica el asentamiento de la superficie en un área extensa debido a factores naturales o antropogénicas (Corapcioglu, 1984).

Este fenómeno geológico generalmente no ocasiona víctimas mortales, solo daños materiales que pueden ser cuantiosos, afectando edificaciones, canales, conducciones, vías de comunicación, así como todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma.

La subsidencia del terreno es la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación, Prokopovich (1979) define desde un punto de vista genético dos tipos de subsidencia: endógena y exógena.

Los endógenos consisten en movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. Los exógenos se refieren a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

La subsidencia puede también clasificarse en función de los mecanismos que la desencadenan (Scott, 1979). Las actividades extractivas de mineral en galerías subterráneas, construcción de túneles, extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, los procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos, son algunas de las causas de los procesos de subsidencia (González Vallejo et al., 2002).

El cloruro sódico (NaCl) es uno de los materiales más solubles de la corteza terrestre. Otros materiales como el yeso y las rocas carbonáticas son también solubles en agua bajo determinadas condiciones pudiendo llegar a generar grandes sistemas de huecos interconectados entre sí cuya deformación, y colapso, en caso extremo, generan una subsidencia con un carácter localizado.

La subsidencia minera o por construcción de obras subterráneas consiste en el hundimiento de la superficie del terreno, al intentar ocupar áreas vacías por deformación y/o colapso de galerías generadas para la extracción de minerales o la construcción de túneles.

La subsidencia por erosión subterránea se produce por un proceso mecánico de arrastre de partículas de suelo causado por el flujo de agua subterránea. El agua, en su recorrido horizontal por el terreno, moviliza partículas de suelo generando una serie de canales que pueden desencadenar colapsos del terreno. El fenómeno es conocido como tubificación o “piping”.

En torno a diversas formaciones evaporíticas se producen fenómenos de subsidencia asociados a procesos de ascensión tectónica de rocas poco densas y plásticas, a través de rocas suprayacentes más densas y recientes. Este tipo de fenómenos de flujo lateral se ha observado en materiales arcillosos intercalados entre materiales más competentes como pizarras.

La acumulación natural sucesiva de sedimentos o determinados tipos de cimentaciones pueden ocasionar la consolidación del terreno como consecuencia del peso que ejercen los sedimentos o las construcciones, por lo que se produce una reducción gradual de los huecos del suelo.

Las vibraciones producidas por los terremotos, explosiones u otras causas pueden causar la densificación de terrenos granulares sueltos por reajuste de partículas al alcanzar éste una estructura más compacta.

La extracción de fluidos (agua, gas o petróleo) desde el terreno puede causar importantes valores de subsidencia como consecuencia del cierre gradual de los huecos rellenos por el fluido extraído.

La hidro compactación puede causar asientos de la superficie terrestre comprendidos entre 1 a 5 m. Este fenómeno consiste en el asentamiento que se produce en

determinados tipos de suelos, con un bajo contenido de humedad y situados sobre el nivel freático, al ser saturados.

Los descensos de la superficie terrestre producidos por las fallas producen un efecto conocido como subsidencia tectónica. Este tipo de subsidencia es, en general, muy lenta y de pequeña magnitud (de pocos mm o décimas de mm al año) frente a otros tipos de subsidencia. (Roberto Tomas, 2009)

El territorio de Santa María Zacatepec está expuesto al peligro de subsidencias en diferentes rangos; 5,079.06 Ha, el 10.14% de su territorio se considera con Muy alta susceptibilidad; 24,779.31 Ha, 49.48% del municipio a Alta susceptibilidad; 17,608.1 Ha, 35.16% a susceptibilidad Media y 2,625.8 Ha (5.22%) a baja susceptibilidad.

Tabla 115. Susceptibilidad de subsidencia en el municipio

Subsidencia	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta	5079.06	10.14
Alta	24779.31	49.48
Media	17608.1	35.16
Baja	2615.8	5.22

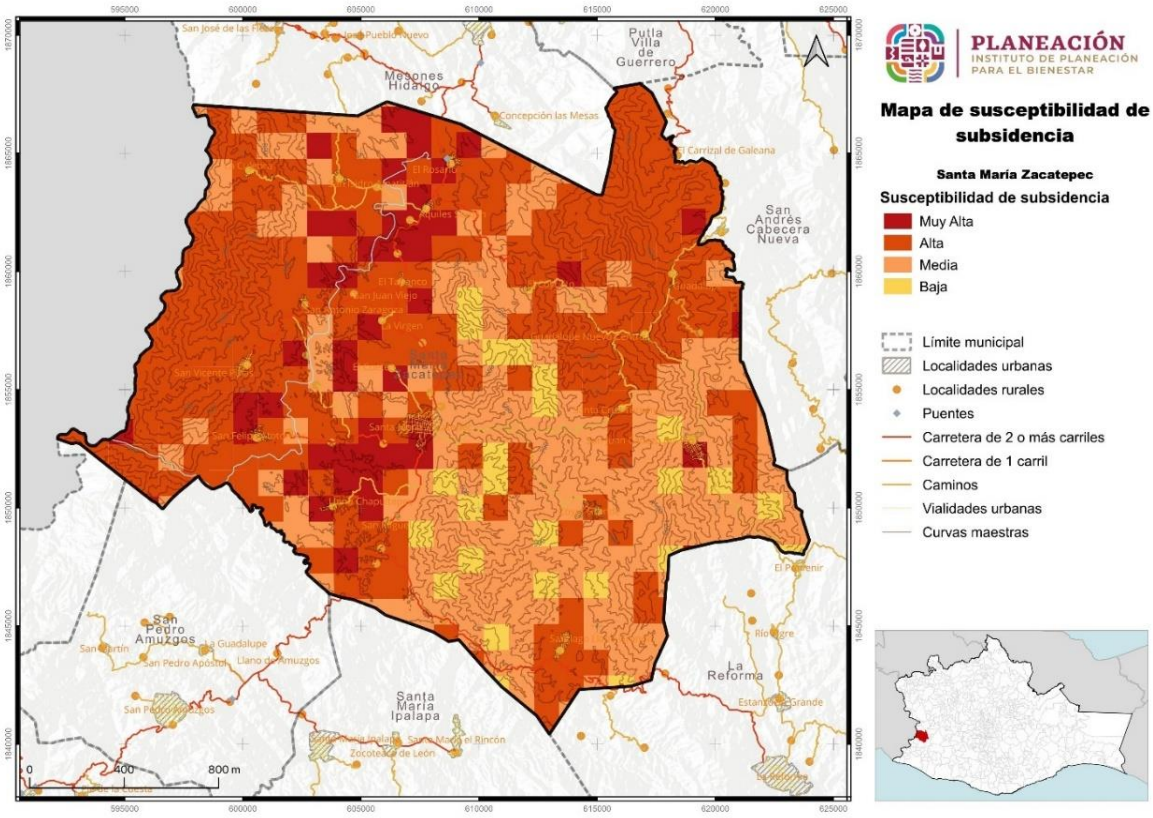
Fuente: CentroGeo, 2024

En las zonas con muy alta susceptibilidad a subsidencias se encuentran las poblaciones de El Rosario, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Cuete y aproximadamente el 50% de la cabecera municipal, en su parte central y sureste; en áreas con alta susceptibilidad está la mayoría de ellas, San Isidro Amatitlán, L Culebra, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, La Virgen, San Isidro, San Vicente Piñas, el 35% de la cabecera municipal en su parte norte y suroeste, Coyul Grande, San Felipe Atotonilco, Llano Chapultepec, San Miguel, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, Santiago Llano Grande, Guadalupe Nuevo Centro y Santa Cruz Tutiahua.

Destaca el hecho que la carretera federal 125, que cruza el territorio de norte a sur, se encuentra en todo lo largo, dentro de zonas de muy alta y alta susceptibilidad a subsidencias, habiéndose registrado una serie de hundimientos en las herramientas establecidas para la identificación de peligros dentro del presente atlas.

En áreas con media susceptibilidad a subsidencias se encuentra la localidad de San Juan Cabeza del Río y el 15% del territorio de la cabecera municipal, en su parte oriente.

Mapa 71. Susceptibilidad de subsidencia en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.5.3 Susceptibilidad por agrietamiento del suelo en el municipio

Los agrietamientos geológicos se manifiestan por una serie de fisuras en el suelo que se profundizan hacia el subsuelo. Tienen forma alargada y abertura variable de unos pocos centímetros a varias decenas de centímetros. El conjunto de grietas puede adquirir una forma lineal que puede extenderse por cientos de metros a pocos kilómetros. Suelen manifestarse junto con hundimientos del suelo, socavones, colapsos del subsuelo por licuefacción, corrimientos de tierra y oquedades.

Las aberturas del subsuelo, corrimientos de tierra y desniveles del suelo, se transmiten a las edificaciones generando cuarteaduras en su estructura y desplomes. De aquí la peligrosidad de este fenómeno en las zonas urbanas.

La generación de grietas sucede por tensión en el subsuelo que propicia la abertura de tierra. La tensión en el subsuelo se genera por: a) Subsidencia del subsuelo, b) Aceleración de la subsidencia por extracción de agua subterránea o c) Un lento y variable corrimiento de tierra, que a la vez es controlado por otros factores

Son factores que controlan los agrietamientos geológicos; un subsuelo de baja consistencia mecánica, el contenido de agua en el subsuelo, la existencia de una capa firme o roca dura en el subsuelo y la infiltración de agua en el subsuelo.

La capa firme o roca dura en el subsuelo puede poseer pendientes pronunciadas, escalonamiento y filos. Los filos o escalonamientos de la capa dura combinada con la subsidencia cercana marcan en la superficie un punto de tensión o zona quebradiza que genera agrietamientos. En otros casos, una pendiente pronunciada de la capa firme facilita una superficie donde el subsuelo sostenido sufre corrimientos y las dimensiones de estos corrimientos quedan reflejadas en las dimensiones de apertura del suelo; aún más, si la capa firme es una roca dura e impermeable y la infiltración de agua que pudiera suceder no la atraviesa y migra en su superficie, lo que combinado con su pendiente, propicia la generación de planos húmedos de debilidad para facilitar que el subsuelo sostenido resbale sobre ella. (esiatic.ipn.mx, s.f.)

El agrietamiento del terreno implica un desequilibro mecánico producido por sobrecarga estática, tensión y dinámica de presiones en el medio geológico, cuyo origen puede ser desencadenado por uno o la combinación de los siguientes factores:

Tectónica: Producto del movimiento de una falla geológica o un sismo que, por la tensión cortante o deslizamiento, se presenta un desplazamiento tangencial y perpendicular de las caras de las grietas.

Secado: Son grietas originadas por desecación de suelos arcillosos o calcáreos saturados, generalmente ubicados en llanuras de inundación. Este tipo de grietas fragmentan la superficie de la capa en la que se forman porciones poligonales irregulares, cuya profundidad puede alcanzar los 3 m y aberturas de entre 10 o 15 cm.

Tensión: Se generan cuando los planos de la grieta se separan entre sí; es decir, se observa una abertura simétrica con desplazamiento relativo entre las caras correspondientes, perpendicular a la superficie de ruptura por la tensión normal al plano de fractura.

Rotura transversal: Cuando las caras de la grieta se deslizan una sobre la otra, pero con un desplazamiento paralelo al frente de la grieta y ocasionado por la inducción de un esfuerzo de torsión.

Fractura hidráulica: Causado por lluvias intensas, debido a que el agua se infiltra provocando encharcamientos que inducen esfuerzos de punzonamiento en la "punta" de la grieta agrandando la profundidad y abertura de esta. Adicionalmente, al haber una circulación del agua dentro de la grieta, ésta genera un proceso de erosión interna, lo cual magnifica los agrietamientos y puede producir oquedades en el subsuelo que al fallar generan hundimientos súbitos.

Estratigrafía y transición abrupta: Presente cuando se tienen capas intercaladas o litologías de resistencias variables en las zonas de contacto se origina una deformación que origina la aparición de grietas en las zonas de transición.

Desgastes de materiales: Agrietamientos comunes en las carpetas asfálticas, banquetas o pisos de cemento, ocasionado por fuerzas mecánicas que actúan sobre la superficie, así como los cambios de temperatura.

Extracción de recursos naturales del subsuelo: ya sea por bombeo en estratos profundos o pozos de agua, o bien para la extracción del petróleo o gas (fracking).

Rellenos: Consistente en obras de excavación y relleno o por rellenar huecos preexistentes o barrancas, sin trabajos adecuados de compactación. Al cabo del tiempo, se observará que al centro de la excavación el suelo comienza a deformarse y en las orillas aparecerán pequeñas grietas que aumentan de tamaño. Este tipo de agrietamiento se presenta con frecuencia en obras públicas al colocar tuberías en las calles o cuando el drenaje se rompe y el material del subsuelo comienza a deslavarse y filtrarse por la tubería rota.

Hundimiento: Provoca el agrietamiento de tensión interna (estiramiento), siendo el más importante y destructivo, debido a que el hundimiento es diferencial o disparejo en distintas zonas del terreno. Aunque se trata de un fenómeno que sucede de manera paulatina, los principales peligros para la población son las afectaciones en construcciones, las deformaciones y roturas de las tuberías de agua potable y/o de drenaje, la inclinación de edificios, la generación de daños en líneas de transmisión eléctrica, vialidades y puentes, (cenapred.unam.mx, 2022).

El agrietamiento del suelo parece ser una simple respuesta de la variación del agua en el mismo, pudiendo llegar a ser considerado un fenómeno indeseable. En este sentido, es bien conocido que climas secos con altas temperaturas (por ejemplo, los veranos de zonas mediterráneas) producen evaporación de la superficie del suelo y generan deformaciones que pueden dar lugar al agrietamiento del mismo. Lluvias posteriores sobre esa superficie del terreno llegan a ocasionar mayores infiltraciones y cierre de algunas grietas por hinchamiento del suelo o colapsos. Los suelos arcillosos son los más susceptibles de mostrar variaciones de volumen importantes debidos a cambios de humedad (o de succión), (Ambiental, s.f.).

El 48.81% de la extensión territorial de Santa María Zacatepec se ubica en altos niveles de peligro por agrietamientos, ya que en 7,252.17 Ha se reconocen dentro del rango **Muy alto** y 7,190.67 Ha como Alto.

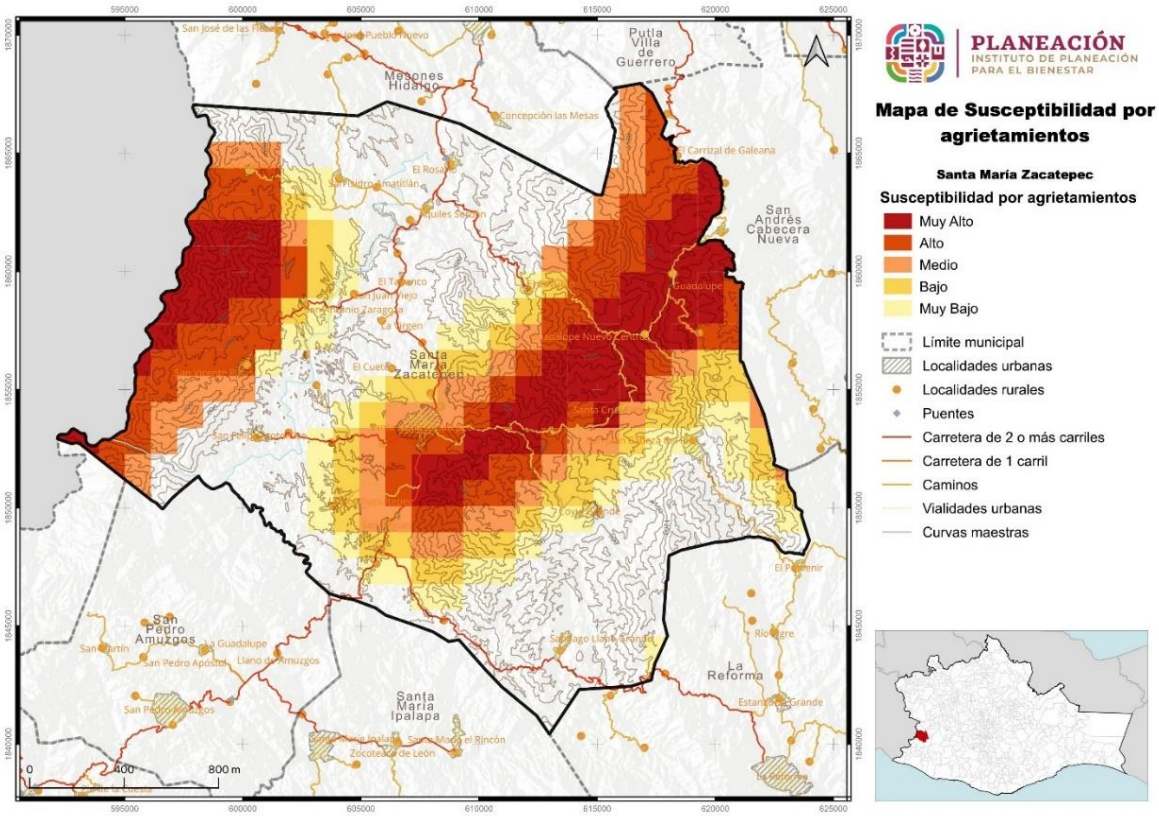
La susceptibilidad a la presencia de este fenómeno en categoría Media se estima en 5,187.3 Ha, que abarcan el 17.53% del municipio; 4,634.21 Ha, que representan el 15.66% de la superficie de Zacatepec se catalogan con Baja susceptibilidad y 5,324.53 Ha, que son el 18.0% como con baja susceptibilidad.

Tabla 116. Susceptibilidad por agrietamientos en el municipio

Agrietamientos	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta	7252.17	24.51
Alta	7190.67	24.3
Media	5187.3	17.53
Baja	4634.21	15.66
Muy baja	5324.53	18

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 72. Susceptibilidad por agrietamientos en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Ubicando los núcleos de población en el mapa de susceptibilidad al peligro de agrietamientos, se tiene que Guadalupe y Guadalupe Nuevo Centro se encuentran dentro de zonas muy alta susceptibilidad; La Culebra, San Vicente Piñas y aproximadamente el 25% de la cabecera municipal, en su parte sur en zonas de alta susceptibilidad; Santa Cruz Tutiahua, el 75% de la cabecera municipal, en su parte norte y San Miguel se localizan en zonas de media susceptibilidad a este fenómeno;

San Antonio Zaragoza y Rancho San Pedro en zonas de baja susceptibilidad; Llano Chapultepec, San Juan Cabeza del Río en áreas con muy baja susceptibilidad. Las demás localidades que integran al municipio no se encuentran en terrenos con visible riesgo a agrietamientos.

Erosión

El proceso de erosión del suelo es un fenómeno natural que en condiciones normales mantiene un equilibrio en el medio; sin embargo, la actividad humana facilita y acelera la incidencia de agentes erosivos con mayor fuerza, multiplicando este fenómeno.

La erosión se da en tres etapas; primero se desprenden las partículas del suelo, después son transportadas por el agua, el viento y/o el hombre para posteriormente depositarse en forma de partículas o sedimentos. Los sitios con vegetación densa y mayormente conservada presentan menos pérdida de suelo.

La erosión hídrica es causada por los escurrimientos de agua que se presentan en la superficie terrestre, pudiendo dividirse a su vez en erosión hídrica laminar y en cárcavas. Estos tipos de erosión se producen por el impacto de las gotas de agua sobre el suelo y por el consiguiente arrastre de las mismas en escurrimientos concentrados, teniendo un papel muy importante la inclinación del terreno y la vegetación, ya que dichos factores pueden a su vez frenar o incrementar el proceso.

A nivel nacional alrededor de 91.2 millones de hectáreas de suelo están afectadas por este tipo de erosión, 46.65% de la superficie nacional; en grado extremo cerca de 100,868 Has. que significan el 0.05% del territorio nacional y 0.11% de la erosión hídrica; fuerte, que abarca casi 1.3 millones Has., o sea 0.64% del país y 1.37% de este tipo de erosión; moderado en poco más de 32.5 millones de Has., que representan el 16.66% de país y 35.72% del total de erosión hídrica y erosión leve, con 57.3 millones de hectáreas, que constituyen el 29.3% del territorio y 62.8% de este tipo de erosión.

La erosión eólica, provocada por el viento, se presenta por lo general en zonas semi-áridas y áridas debido a que son sitios con escasa cobertura vegetal y poca precipitación (*slider*), dando como origen el transporte de las partículas del suelo por varios kilómetros. Un claro ejemplo de ello (aunque a gran escala e intensidad) son las tormentas de arena, que transportan arena y polvo los cuales previamente fueron erosionados por vientos muy intensos.

Este tipo de erosión afecta a casi 238,750 Has., que equivalen al 0.12% de la superficie nacional. Poco más de 99.4 millones de hectáreas, alrededor del 50.84% de la superficie nacional, no presentan erosión aparente o no es posible aplicarles el concepto de erosión por tratarse de zonas arenosas, urbanas o cuerpos de agua.

Existe un tipo de erosión consecuencia de las actividades humanas que modifican el suelo de manera intensa y muchas veces de manera definitiva denominada antrópica.

Es resultado del manejo inadecuad de las aptitudes del suelo y su vegetación, así como por la construcción de obras de infraestructura (Bolaños-González *et al*., 2016; Ortiz-Solorio y Estrada Berg Wolf, 1993).

Uno de los procesos o actividades que más daño causan al ambiente es el cambio de uso de suelo, la conversión de terrenos forestales a zonas de cultivo, potreros, crecimiento urbano, instalación de industria o simplemente la tala para la obtención de maderas, que además de erosión, ocasionan pérdida de biodiversidad.

Cuando en las partes altas y medias de las cuencas hidrológicas se presenta un cambio de uso de suelo se origina posteriormente un proceso de erosión, ello debido a que al no encontrarse una cubierta de vegetación que le brinde protección y sustento al suelo, este es disgregado por la acción del viento o la lluvia para posteriormente ser arrastrado, pendiente abajo, por la fuerza de gravedad.

Un efecto directo de la erosión es la disminución de la productividad del suelo, afectaciones en la infraestructura, comunicaciones, afectación de la salud, deterioro de sus propiedades físicas, pérdida de profundidad y en casos extremos la pérdida total del suelo, así como también la sedimentación en los ríos, lagos y lagunas; por lo que con el paso del tiempo se reduce la capacidad de almacenamiento del agua, dando origen a desbordamientos y por consiguiente inundaciones. (semarnat.gob.mx, s.f.), (César Augusto Gallo Gómez, s.f.).

Santa María Zacatepec se localiza en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, formada por elevaciones medias y bajas donde los procesos geomorfológicos de erosión y desgaste de la superficie terrestre por el agua y viento, han ocasionado la reducción de las elevaciones y del relieve de las formas terrestres y de los paisajes, modelando terrazas estructurales y niveles premontañosos ya diseccionados por la red fluvial, está dominado por un relieve de tipo montañoso debido a los procesos tectónicos a los que se encuentra sujeta; sin embargo, a nivel local, el relieve manifiesta heterogeneidad, ya que contempla cuatro unidades morfológicas, en donde la sierra alta compleja y los lomeríos con cañadas ocupan los primeros lugar en cuanto a superficie, seguidos por valles ramificados con lomeríos y una pequeña área con sierra baja compleja.

El primer grupo de sierras se caracteriza por presentar rangos superiores a los 1,500 m.s.n.m., así como una disección vertical del relieve mediana (250 – 500 m/Km^2), acompañada de pendientes muy fuertes (> a 20°) que abarcan una superficie de 272.53 km^2.

Por lo que respecta a los lomeríos con cañadas, estos se ubican en las estribaciones de los dos grupos de sierras, formando dos bloques que integra una superficie de 154.92 km^2; uno se localiza en la parte centro-poniente del territorio municipal y otro parte desde el centro del territorio, llegando hasta el sur del municipio, en sus límites con Santa María Ipalapa y el suroeste de La Reforma. Este tipo de relieve tiene la peculiaridad de manifestar elevaciones menores a los 400 metros de altitud, con una fuerte disección vertical (80-100 m/Km2) sobre pendientes de moderada a

fuertemente inclinadas (entre 15 y 20°). Ante estas condiciones morfométricas se debe señalar el territorio de Santa María Zacatepec presenta un alto potencial erosivo. (Ordenamiento Territorial Comunitario Informe Final, Bienes Comunales de Sta Ma. Zacatepec , 2014-2015)

Los Valles ramificados se ubican en la franja central del municipio, partiendo del centro de su límite norte hacia el sureste, por un lado, con 7.92 km^2 y hacia el suroeste por el otro, con 64.52 $km^{2.}$ Constituyen una planicie de tipo colinosa; con valores morfométricos más bajos a los de los otros sistemas de topoformas, ya que la disección vertical tiene una categoría denominada como ligera a medianamente diseccionada (DV= 48-80 m/Km2), con pendientes catalogadas entre ligera a medianamente inclinadas (1 a 15°).

El segundo sistema de sierras, identificada como sierra baja compleja, se caracteriza por tener un menor gradiente altitudinal, menor a los 900 m, aunque mantiene los mismos valores en la disección vertical y pendiente que el primer grupo de montañas y ocupa solo 0.69 km^2.

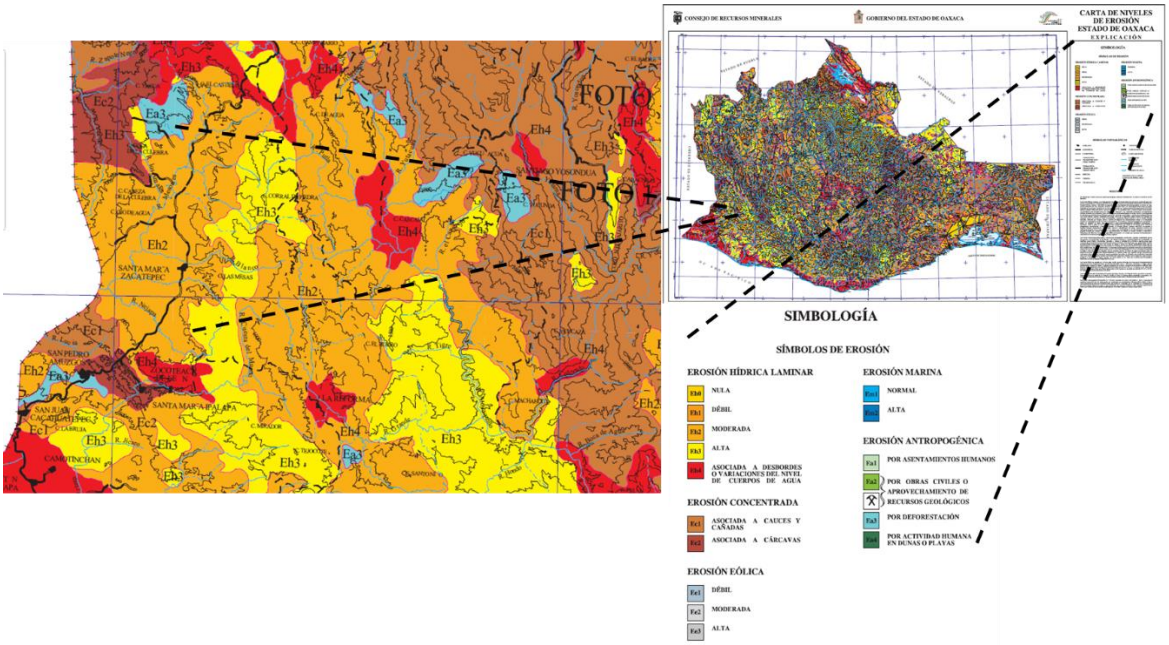
Todo o anterior nos muestra lo vulnerable de los suelos del municipio a procesos erosivos y de degradación causados por elementos geológicos, hidrometereológicos y antropogénicos, lo que se refleja en una serie de peligros asociados como son los deslizamientos, derrumbes, caída de detritos y cambios de uso del suelo.

La intervención humana ha contribuido de manera significativa en la erosión de los suelos, resultado de las actividades económicas de subsistencia que practican, tanto de carácter extractivo, como las de explotación agrícola que han realizado de manera irrestricta y que después cambian de uso hacia la ganadería extensiva, lo que ha resultado en suelos empobrecidos que no permiten la regeneración natural y en el que solo se desarrollan varias especies de pastos.

Conforme la carta de niveles de erosión del estado de Oaxaca, elaborada por el Gobierno de estado, el Consejo de Recursos Minerales y la Secretaría de Economía Federal en el año 2003, la mayor parte del territorio de Santa María Zacatepec presenta erosión hídrica laminar moderada (Eh2 naranja) y alta (Eh amarillo).

En su zona noroeste, donde se ubican los cerros cola de culebra y cabeza de culebra, se presenta un tipo de erosión concentrada que está asociada a cauces y cañadas (Ec2 marrón) y en una pequeña zona, en límites con Mesones Hidalgo, la erosión es de carácter antropogénico, relacionada con deforestación (Ea3 azul).

Mapa 73. Carta de niveles de erosión del estado de Oaxaca.



Fuente: Consejo de Recursos Minerales, 2003.

Deslizamiento (Inestabilidad de laderas)

La inestabilidad de laderas, también conocida como proceso de remoción de masa, se puede definir como la pérdida de la capacidad del terreno natural para auto sustentarse, lo que deriva en reacomodos y colapsos. La inestabilidad de laderas se refiere al movimiento, pendiente abajo, de una porción de los materiales (suelo o roca) que componen la superficie inclinada de una montaña, de una depresión, del flanco de una barranca, etc., a lo largo de una superficie de falla o de deslizamiento. Se presenta en zonas montañosas donde la superficie del terreno adquiere diversos grados de inclinación. Los principales tipos de inestabilidad de laderas son: caídos, deslizamientos y flujos.

Los procesos que ocasionan la inestabilidad de las laderas están determinados por dos tipos de factores; externos e internos. Los factores externos ocasionan un incremento en los esfuerzos o acciones que se dan en una ladera, es decir, producen una mayor concentración de las fuerzas motoras o actuantes, mientras que los factores internos reducen la resistencia de los materiales, en otras palabras, disminuyen la concentración de fuerzas resistentes.

El grado de estabilidad de una ladera depende de diversas variables tales como la geología, la geomorfología, el grado de intemperismo, la deforestación y la actividad humana, entre otros. Los sismos, las lluvias y la actividad volcánica son considerados como factores detonantes o desencadenantes de los deslizamientos (factores externos).

De los fenómenos geológicos, los deslizamientos de laderas son los más frecuentes en el país y su tasa de mayor ocurrencia es en la temporada de lluvias. Aunque también pueden ocurrir durante sismos intensos, erupciones volcánicas y por actividades humanas como cortes, colocación de sobrecargas (viviendas, edificios, materiales de construcción, etc.), escurrimientos, filtraciones de agua, excavaciones, etc. Debido a que el agua juega el papel más importante en la inestabilidad de una ladera, las medidas de prevención y mitigación deben ser orientadas a reducir al mínimo su ingreso al interior de las laderas.

La inestabilidad de laderas está determinada, tanto en su origen como en su desarrollo, por diferentes mecanismos. Estos mecanismos sirven a su vez para clasificar los tipos de procesos de ladera existentes. De tal modo que se agrupan en cuatro categorías principales y una derivada de la combinación de estas. Los mecanismos básicos de inestabilidad son los caídos o derrumbes, flujos, deslizamientos y las expansiones o desplazamientos laterales.

Flujos de azolve

Los flujos son movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus granos o fragmentos tienen movimientos dentro de la masa que se mueve o desliza. Casi siempre ocurren durante lluvias muy intensas, por lo que el material movilizado adquiere gran poder erosivo y velocidad, encausándose por barrancas, cañadas y valles, destruyendo y sepultando lo que encuentra a su paso.

Los deslizamientos de los flujos adquieren grandes velocidades y que se comportan como fluidos viscosos en movimiento. Las masas se comportan como un fluido, pero su comportamiento es diferente al de los fluidos convencionales como el agua. Los deslizamientos tipo flujo (Flujos de rocas y residuos, flujos de residuos y de lodo y flujos hiperconcentrados) son fenómenos muy complejos que involucran grandes volúmenes de roca, residuos y suelo. Estos fenómenos presentan diferentes tipos de movimiento inicial (caídos, deslizamientos trasnacionales, etc.) seguidos de un movimiento de flujo de fragmentos de roca o residuos con una movilidad anormal. Los flujos comúnmente se relacionan con lluvias ocasionales de índices pluviométricos excepcionales muy altos, deshielo de nevados o movimientos sísmicos en zonas de alta montaña y aunque la ausencia de vegetación es un factor influyente, no es un prerrequisito para que ocurran. Generalmente, los flujos se originan en otros tipos de deslizamiento, los cuales, al desintegrarse la masa deslizada, forman el flujo a lo largo de un canal. Algunos flujos pueden resultar, además, de la alteración de suelos muy sensitivos, tales como sedimentos no consolidados.

Por el entorno de terreno y tipo de suelo en el municipio de Santa María Zacatepec es posible que tenga ocurrencia este evento natural.

V.1.5.4 Caídos o Derrumbes

Los caídos o derrumbes son movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes pronunciadas y acantilados, por lo que el movimiento es de caída libre, rodando y rebotando. Se producen de modo natural. La acumulación de agua en el terreno convierte la capa superficial del suelo en un río de lodo o barro provocando el deslizamiento desde un punto de origen, aumentando de tamaño a medida que arrastra plantas, árboles y escombros en su camino. Los derrumbes ocurren por gravedad, en lugares montañosos con pendientes fuertes o barrancos, cuando a la pendiente le es imposible retener el material de tierra. Incluso hay lugares con pendientes de pocos grados que han tenido derrumbes.

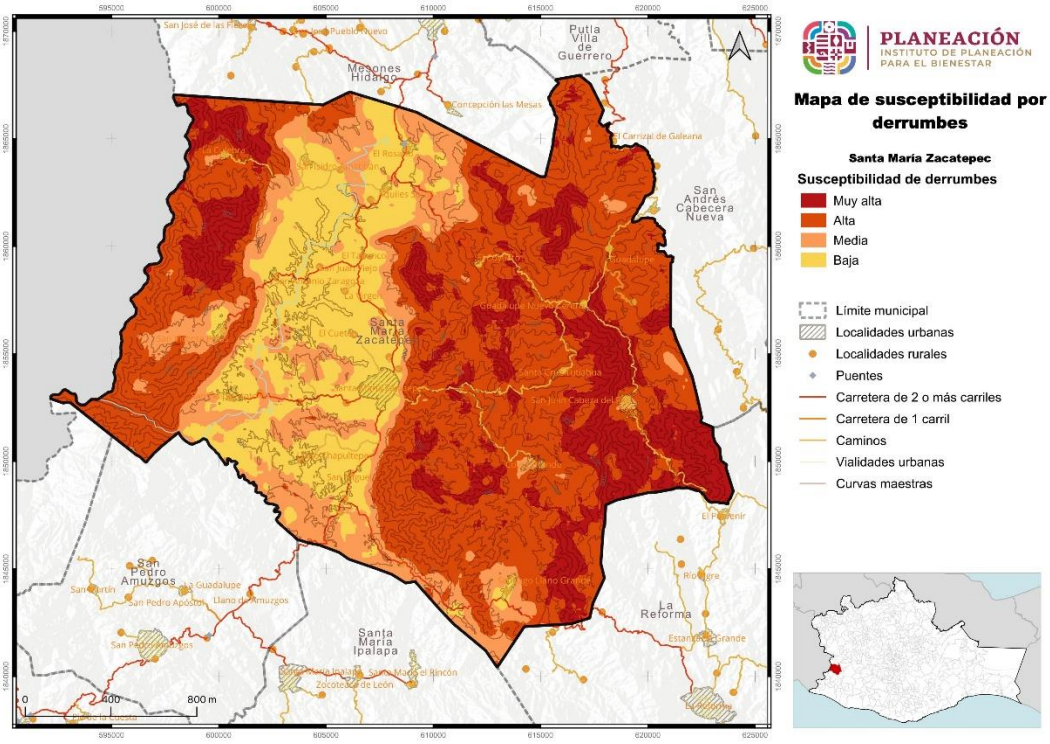
En el Municipio de Santa María Zacatepec, en las localidades urbanas y rural cercanas a los ríos y arroyos ha presentado este tipo de fenómeno por la acumulación de agua debido a las lluvias extraordinarias.

Tabla 117. Susceptibilidad por derrumbes en el municipio

Susceptibilidad por derrumbes	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta	9105.37	18.18
Alta	23104.07	46.13
Media	8123.5	16.22
Baja	9749.36	19.47

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 74. Susceptibilidad por derrumbes en el municipio.



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos hidrometereológicos

Los fenómenos hidrometereológicos se generan por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados.

De acuerdo con la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos para Fenómenos Hidrometeorológicos, estos fenómenos tienen grandes repercusiones, positivas y negativas, en nuestro país, y dichas repercusiones son debidas, entre otros factores, a la ubicación geográfica, la orografía y a los diversos sistemas meteorológicos que afectan un territorio, pero principalmente a la distribución de su población, los grandes contrastes que ésta presenta y a su dinamismo, debido a que tiene un crecimiento, en algunas partes intenso, o bien, está en movimiento debido a fenómenos migratorios. (CENAPRED, CNPC, SSYPC, 2021)

Para la elaboración del presente Atlas y en particular de los mapas de riesgo hidrometeorológico, específicamente de inundaciones, avenidas súbitas, flujos de escombro, depósitos de sedimentos, marea de tormenta, oleaje y viento, incluso sequía y heladas, se siguieron las recomendaciones y metodologías de la Guía en mención, para cada uno de estos fenómenos, lo que permitió su obtención a través de una combinación de mapas de peligro y de vulnerabilidad.

Inundaciones

Este tipo de peligro hidrometeorológico se presenta cuando el terreno se encuentra temporalmente cubierto por agua, ocupando sitios que habitualmente no hay, la que genera afectaciones sobre los elementos que se encuentran en la superficie. El desarrollo de este fenómeno depende de la interacción de los factores que intervienen, entre los que se encuentran:

- Litología: la velocidad de infiltración del agua estará en función del tipo de material que constituya el basamento, este proceso dependerá de la compactación y presencia de fracturas en las rocas o sedimentos presentes en la zona de estudio.
- Pendiente: la inclinación del terreno permite que el agua producto de la precipitación se acumule o discurra, de esta forma, valores menores a 3° tienden a propiciar la acumulación de agua. Por otra parte, las cuencas con pendientes superiores a los 15° tienden a desarrollar torrentes.
- Tipo de suelo: condiciones relacionadas con las propiedades físicas del suelo (textura y estructura), influyen en la infiltración del agua; por tal motivo, textura fina

asociada con poco desarrollo de estructura, son elementos que facilitan la acumulación de agua y generan inundaciones.

- Régimen de precipitación: la presencia de agua mediante en sus diferentes formas (lluvia, granizo, nieve), así como la intensidad y distribución durante el año, dependen directamente de los tipos de clima en el territorio.
- Huracanes: La ocurrencia de ciclones tropicales trae consigo el incremento en la precipitación, por lo que existe mayor probabilidad de desarrollar inundaciones.
- Modificaciones antrópicas: las acciones humanas propician la ocurrencia de este peligro debido a la construcción de obras que alteran el funcionamiento natural del sistema o en el caso de zonas urbanas, la contaminación por residuos sólidos que inhabilita el servicio de drenaje y alcantarillado, ocasionando encharcamientos

Por lo anterior para las **inundaciones** cuya cantidad depende de las características de la cubierta vegetal, tipo de suelo y pendiente, las cuales definen las áreas de depósito del material de arrastre (CENAPRED, CNPC, SSYPC, 2021), se utilizaron variables de temperatura, pendiente, precipitación y edafología para la matriz de comparación.
Para el cálculo de peligro/amenaza por inundaciones se empleó multicriterio mediante el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty utilizando las variables de orientación, altitud, pendiente, precipitación y edafología. La siguiente matriz muestra los pesos específicos y la comparación que se utilizó para cada variable.

Tabla 118. Matriz de comparación y pesos obtenidos para el cálculo de peligro/amenaza por inundaciones

Variable	Temperatura	Pendiente	Precipitación	Edafología	Peso
Temperatura	1	5	7	9	0.063251
Pendiente	0.2	1	1	3	0.43613
Precipitación	0.14	1	1	0.2	0.112029
Edafología	0.11	0.33	5	1	0.174578

Tormentas Eléctricas y Tormentas de Granizo

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es la dependencia oficial del gobierno mexicano encargada de proporcionar información meteorológica (estado del tiempo) y climatológica. Para ello utiliza las redes de observación tales como estaciones automáticas, observatorios sinópticos, radares, estaciones de radio-sondeo y estaciones receptoras de imágenes de satélite. Para el cálculo de los peligros/amenazas respecto de las tormentas eléctricas, las temperaturas máximas y mínima, las tormentas de granizo y las lluvias extremas se consideró la estadística mensual de los últimos diez años de las normales climatológicas por estado obtenidas de la CONAGUA.

Con los datos **se realizaron interpolaciones mediante el método IDW** en el software, las estaciones consideradas para realizar los cálculos fueron:

Tabla 119. Estaciones consideradas para las interpolaciones de los fenómenos de tormentas eléctricas, las temperaturas máximas y mínima, las tormentas de granizo y las lluvias extremas

Estación	Nombre	Estación	Nombre
20001	Santa María Alotepec	20039	Ixtepec
20004	San Juan Atepec	20040	Ixtepeji
20007	Ayutla	20041	Ixtlán de Juárez
20009	Boquilla Número Uno	20043	Jalapa del Marques
20010	San Juan Cacahuatepec (CFE)	20044	Jalapa del Valle
20012	Campamento Vista Hermosa	20047	Santa Catarina Juquila (CFE)
20013	San Lucas Camotlán	20048	Juchitán de Zaragoza
20018	Coicoyán de las Flores (CFE)	20050	Santiago Juxtlahuaca
20022	Coyotepec	20051	Juxtlahuaca
20023	Cuajimoloyas	20052	Asunción Ixtaltepec Km. 33
20026	Chalcatongo de Hidalgo	20053	Juchitán de Zaragoza Km. 51+74
20027	Chicapa de Castro	20054	Juchitán de Zaragoza Km. 67+50
20030	Santiago Choapan	20058	La Pobreza
20032	Santa María Ecatepec	20059	La Venta
20033	La Expiración	20060	Las Cuevas
20035	Huajuapan de León (SMN)	20062	Pilas
20038	Ixtayutla	20064	San Pablo Macuiltianguis
20067	Mariscala de Juárez	20170	Totolapam (SMN)
20069	San Juan Metaltepec	20173	Unión Hidalgo
20070	Miahuatlán (SMN)	20175	Valle Nacional
20071	Miahuatlán (DGE)	20177	San Ildefonso Villa Alta
20072	Monterrosa	20178	Villa Chalcatongo (CFE)
20077	Nusutia (CFE)	20179	Villa Hidalgo
20078	Oaxaca (OBS)	20180	Vivero Benito Juárez
20079	Oaxaca	20181	Vivero Rancho Teja
20080	Ocotlán de Morelos	20183	San Juan Yaee
20085	Paso Ancho (CFE)	20184	San Carlos Yautepec
20086	Paso de la Reyna	20185	Santiago Yaveo
20087	Piloto Uno	20186	Santiago Yosondúa
20088	Pinotepa Nacional (SMN)	20187	Yutacua (CFE)
20089	Pluma Hidalgo	20188	Santa María Zacatepec (CFE)
20090	San Pedro Pochutla	20189	Zapote
20091	Porvenir	20190	Zapotitlán Palmas (SMN)
20092	Puerto Ángel (OBS)	20191	Zoquitlán
20094	Putla de Guerrero (CFE)	20194	Puerto Ángel
20095	Santa María Puxmetacan	20198	Yahila (CFE)
20097	San Miguel Quetzaltepec	20200	El Carrizo (CFE)
20098	Rio Grande	20202	Santa Ana Tlapacoyan
20099	San Miguel Sola de Vega (CFE)	20205	El Tomatal
20100	Salina Cruz (OBS)	20206	La Hamaca
20101	Salina Cruz	20207	Magdalena Tetatepec
20106	San Francisco Ozolotepec	20208	San Juan Copala
20108	San Francisco Yosocuta	20209	Zimatlán
20109	San Jerónimo Taviche	20211	San Martin Mexicapan
20110	San Jorge Nuchita	20212	Yutama (CFE)
20111	San José Lachiguirí	20220	Comitancillo

Estación	Nombre
20113	San Juan del Rio
20115	San Martin Duraznos (CFE)
20118	San Miguel Ejutla
20120	San Miguel Suchixtepec
20122	San Pedro Juchatengo (CFE)
20123	San Pedro Mixtepec
20124	San Pedro Nolasco
20125	Santa Catarina
20126	Santa Cruz Zenzontepec (CFE)
20130	Santa María Yucuhiti (CFE)
20132	Santiago Astata (SMN)
20133	Santiago Chilixtlahuaca
20135	Santiago Minas
20136	Santiago Progreso
20138	Santiago Tutla
20141	Silacayoapam (SMN)
20142	Silacayoapam (DGE)
20145	San Miguel Talea de Castro
20146	Santiago Tamazola
20149	Tehuantepec
20153	Teojomulco
20162	Tequisistlán
20163	Tezoatlán de Segura Y Luna
20165	Tlacolula de Matamoros
20287	Agua Fría
20289	Guevea de Humboldt
20295	Santa María del Mar
20298	Huajuapan de León (OBS)
20299	Paraje Pérez
20301	Rio Venado
20302	San Andrés Chicahuaxtla
20303	Tonameca (San Isidro)
20306	San Lorenzo Vista Hermosa
20307	San Martin Itunyoso
20308	San Mateo Rio Hondo
20310	San Miguel Tlacotepec
20313	Tlazoyaltepec
20314	Yalalag (CFE)
20315	Yukukimi
20316	Zapotitlán Lagunas
20317	Zapotitlán Palmas (DGE)
20319	Santiago Astata (DGE)
20320	Ayuta
20321	La Bamba
20322	Calihuala
20323	C.A.E. La Mixteca Baja
20324	Candelaria Loxicha
20326	Cozoaltepec
20327	Chacalapa
20329	Fortín
20332	Huamelula
20333	Huatulco (La Herradura)
20335	Jalatengo
20339	San Juan Mixtepec
20502	La Estancia

Estación	Nombre
20340	El Morro
20223	C.A.E. Rio Grande
20224	E.T.A. 150 San Pedro Pochutla
20229	E.T.A. 047 Macuiltianguis
20232	Putla de Guerrero
20233	Totolapam (DGE)
20241	Ayautla
20243	E.T.A. 050 Zaachila
20246	La Ceiba
20249	C.A.E. del Istmo
20251	E.T.A. 199 Santiago Jamiltepec
20256	Xadani
20259	Zacatepec (SMN)
20266	San Pablo Huixtepec
20269	Cuauhtémoc
20273	Humo Chico
20275	Huajuapan de León (DGE)
20276	Llano de las Flores
20277	Rio Hondo
20279	Soyalapa (CFE)
20372	Lajarcia San Juan
20280	Guelatao (CFE)
20282	Santa María Coatlán
20284	Vivero Forestal Tlacolula
20375	Santiago del Rio
20376	Santos Reyes Tepejillo
20378	Tomatal
20381	Zapotalillo
20382	El Marques
20383	Reyes Mantecón
20384	San Antonio Huitepec
20385	Totontepec
20386	Yaitepec
20387	Santiago Zacatepec (DGE)
20388	Albarradas
20451	San Juan Guelavia
20454	Pinotepa Nacional (DGE)
20458	Santa María Zaniza
20459	Zimatan
20503	Nueva Esperanza
20504	Tlahuintoltepec
20505	San Baltazar Loxicha
20507	Díaz Ordaz
20508	Quiatoni
12013	Azoyú
12061	Ometepec (CFE)
12066	Quetzala
12072	San Pedro Cuitlapa
12132	Xochistlahuaca (CFE)
12145	Jicayan de Tovar (CFE)
12151	Pueblo Hidalgo (CFE)
12152	San Cristóbal (CFE)
12168	Planta Derivadora
12175	Las Juntas
12187	Milpillas (CFE)

Estación	Nombre
20342	San José del Pacifico
20343	Santa María Xadani
20344	El Tapanal
20346	San Sebastián de las Grutas
20350	Jamiltepec
20351	San Isidro Chacalapa
20353	Tlacolulita
20354	Zaachila
20356	Tapanala
20360	La Cumbre
20363	Guigovelaga
20366	Mitla
20367	Presa El Estudiante
20369	San Bartolo Yautepec
20371	Ihualtepec
20373	San Martin Peras

Estación	Nombre
12205	Pueblo Hidalgo
12208	Cuajinicuilapa
12226	Tierra Colorada
12231	Rancho Viejo
12244	Llano Grande Hilarios
12005	Alcozauca (SMN)
12048	Ixcateopan de Tlapa
12072	San Pedro Cuitlapa
12104	Zitlaltépec
12106	Alcozauca (DGE)
12145	Jicayan de Tovar (CFE)
12195	Metlatonoc
12200	Igualita
12227	Xalpatlahuac
12231	Rancho Viejo
12248	San José Lagunas

Las **tormentas eléctricas** se definen como las descargas bruscas de electricidad atmosférica, la cual se manifiesta por un resplandor breve denominado rayo y por un estruendo, denominado trueno. Este fenómeno meteorológico está asociado a nubes convectivas y suele acompañarse de precipitación en forma de chubascos. Se distribuyen de manera local en un radio de solo unas decenas de kilómetros cuadrados.

Los daños que producen las tormentas eléctricas en las personas expuestas van desde herir hasta causar la muerte de forma directa o indirecta. También pueden provocar daños en la infraestructura de la población además de afectar aparatos eléctricos. En el entorno rural, las descargas pueden provocar la muerte de ganado.

Analizar la distribución, frecuencia e intensidad de las tormentas eléctricas, proporciona herramientas de prevención en un futuro cercano, medio y lejano respecto a los patrones de conducta del evento. Para ello se calcula el periodo de retorno, mismo que refiere a un evento extremo que se cree que será igual o excedido, es decir, es la frecuencia con la que se presenta dicho evento. El grado de magnitud de un fenómeno extremo está relacionado de forma inversa con su frecuencia de ocurrencia (periodicidad) (Gutiérrez et al. 2011).

El análisis se desarrolló a partir de la consulta de estaciones meteorológicas y clasificación de los valores registrados a partir del máximo anual de días con tormenta. Por otra parte, se hizo el cálculo de los periodos de retorno para cada estación utilizada y posteriormente se generaron las isolíneas a partir del método de interpolación.

Para definir las zonas de peligro por tormenta eléctrica se realizó una consulta de información climatológica para las estaciones cercanas al municipio y administradas por CONAGUA, en las cuales se determinó la cantidad de días al año con registro de tormentas eléctricas correspondientes a los meses con mayor presencia de este fenómeno.

Se consultaron las declaratorias de emergencia registradas para el municipio, con el objetivo de identificar años estratégicos en la conformación de eventos extremos relacionados a este tipo de fenómeno meteorológico.

Se llevó a cabo el análisis estadístico para obtener el valor de días totales con tormenta eléctrica por cada año consultado. Se calculó el valor máximo y se realizó una interpolación de datos en un sistema de información geográfica (SIG). El método utilizado fue el IDW (Distancia Inversa Ponderada), obteniendo así una superficie continua con los valores máximos de días con tormenta eléctrica durante el periodo con mayor actividad de este tipo de precipitación.

Para el cálculo del periodo de retorno se tuvo como base el método intensidad-periodo de retorno utilizando la función de distribución de probabilidad de valor extremo de Gumbel (Chow et al. 1994), el cual permite calcular con qué frecuencia (periodo de retorno) se presentará algún evento.

Las **tormentas de granizo** son un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo, las cuales son producto principalmente de tormentas severas, en donde nubes de tipo cumulonimbos arrastran a las gotas de agua hacia corrientes ascendentes de aire, en donde encuentran condiciones de congelación. El granizo puede presentar tamaños que oscilan entre los 5 milímetros de diámetro hasta pedriscos del tamaño de una pelota de golf y las mayores pueden ser muy destructivas.

Los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas.

Analizar la distribución, frecuencia e intensidad de las tormentas de granizo, proporciona herramientas de prevención en un futuro cercano, medio y lejano respecto a los patrones de conducta del evento. Para ello se calcula el periodo de retorno, mismo que refiere a un evento extremo que se cree que será igual o excedido, es decir, es la frecuencia con la que se presenta dicho evento. El grado de magnitud de un fenómeno extremo está relacionado de forma inversa con su frecuencia de ocurrencia (periodicidad) (Gutiérrez et al. 2011).

El análisis se desarrolló a partir de la consulta de estaciones meteorológicas y clasificación de los valores registrados a partir del máximo anual de días con tormenta de granizo. Por otra parte, se hizo el cálculo de los periodos de retorno para cada estación utilizada y posteriormente se generaron las isolíneas a partir del método de interpolación.

Se llevó a cabo el análisis estadístico para obtener el valor de días totales con tormenta de granizo por cada año consultado. Se calculó el valor máximo y se realizó una interpolación de datos en un sistema de información geográfica (SIG). El método

utilizado fue el IDW (Distancia Inversa Ponderada), obteniendo así una superficie continua con los valores máximos de días con granizo durante el periodo con mayor actividad de este tipo de precipitación.

Para el cálculo del periodo de retorno se tuvo como base el método intensidad-periodo de retorno utilizando la función de distribución de probabilidad de valor extremo de Gumbel (Chow et al. 1994), el cual permite calcular con qué frecuencia (periodo de retorno) se presentará algún evento.

Ciclones tropicales.

Un ciclón tropical es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y se forman a partir de la interacción de una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central de baja presión. Se forman en el mar, cuando la temperatura es superior a los 26°C (CENAPRED, 2007).

Son fenómenos que se pueden monitorear y pronosticar su trayectoria. Su intensidad se mide con la escala Escala-Saffir-Simpson. El ciclón forma una concentración anormal de nubes que gira en torno a un centro de baja presión atmosférica, cuyos vientos convergentes rotan en sentido contrario a las manecillas del reloj a grandes velocidades. Sus daños principales son por descarga de lluvia, viento, oleaje y marea de tormenta.

Se clasifican de tres modos de acuerdo con la fuerza de sus vientos: Depresión Tropical, Tormenta Tropical y Huracán, el cual tiene cinco categorías. Para el cálculo, se consideró el registro histórico obtenido del sistema nacional de información sobre riesgo, por otra parte, se realizó el cálculo de marea de tormenta.

Tabla 120. Alturas de marea de tormenta (m)

Clave	Municipio	TT	H1	H2	H3	H4
20248	San Mateo del Mar	1.9	2.4			
20079	Salina Cruz	2.3	2.4			
20307	San Pedro Huamelula	2.3	2.5			
20324	San Pedro Pochutla	2				
20334	Villa de Tututepec	1.8	2.9	2.8	4	4
20482	Santiago Pinotepa Nacional	1.8	2.5	3.5		

Tabla 121. Alturas de marea de tormenta y pleamar a nivel municipal (m)

Clave	Municipio	TT	H1	H2	H3	H4
20248	San Mateo del Mar	4.1	4.6			
20079	Salina Cruz	4.6	4.7			
20307	San Pedro Huamelula	4.6	4.8			
20324	San Pedro Pochutla	4.2				

Clave	Municipio	TT	H1	H2	H3	H4
20334	Villa de Tututepec	3.7	4.8	4.7	5.9	5.9
20482	Santiago Pinotepa Nacional	3.5	4.2	5.2		

El tipo de daños provocados por las lluvias y escurrimientos de los ciclones tropicales depende de varios factores:

- Velocidad de desplazamiento: ciclones que se mueven lentamente o permanecen estacionarios tienden a dejar más lluvia.
- Tamaño del fenómeno: mientras más grande es un ciclón, mayor es el área que recibe lluvias de este; trayectoria específica y hora del día.
- Efectos locales debidos a la topografía.
- Interacción con otros sistemas meteorológicos presentes, por ejemplo: frentes fríos, ondas tropicales, canales de baja presión, un segundo ciclón tropical.

Las precipitaciones asociadas al ciclón tropical pueden reblandecer el suelo en algunas regiones, por lo que se exhorta a la población a extremar precauciones debido a que pudieran registrarse deslaves, deslizamientos de laderas, desbordamientos de ríos y arroyos, o afectaciones en caminos y tramos carreteros, así como inundaciones en zonas bajas y saturación de drenajes en zonas urbanas. La navegación marítima en las inmediaciones del sistema deberá extremar precauciones, así como las operaciones aéreas.

Se realizó el siguiente proceso metodológico para identificar el peligro por ciclones tropicales:

- Se investigó en fuentes documentales y cartográficas el grado de peligro ante ciclones tropicales asignados al municipio de por el CENAPRED.
- Se investigó la trayectoria de los eventos históricos utilizando el programa “Busca ciclones” de CENAPRED.
- Se cartografiaron las principales trayectorias de los eventos históricos que han afectado indirectamente al municipio utilizando un buffer de 100 kilómetros a partir de los límites municipales para identificar los eventos ocurridos en los Océanos Pacífico y Atlántico, considerando que esta área puede verse afectada de forma indirecta por el incremento de la precipitación debido a las bandas nubosas que genera el efecto ciclónico.

Sequías

Las sequías constituyen un fenómeno natural que se manifiesta como una deficiencia de humedad anormal y persistente, que tiene un impacto adverso en la vegetación, los animales y las personas. Se considera que la sequía constituye un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación en un período de tiempo es menor

que el promedio, y cuando esta deficiencia de agua es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas.

En el 2014 el Monitor de Sequía en México (MSM) (CONAGUA, 2024) que a su vez forma parte del Monitor de Sequía de América del Norte (NADM) adquirió su carácter nacional, lo que le permitió emitir mapas de sequía basados en la metodología utilizada por el USDM y el NADM. Esta metodología contempla la obtención e interpretación de diversos índices o indicadores de sequía que cuantifica las condiciones de déficit o exceso de precipitación, como lo son la anomalía de lluvia en proporción de lo normal, el modelo de humedad del suelo y la anomalía de la temperatura media, por lo que, para el cálculo de peligro/amenaza por sequías, se empleó multicriterio mediante el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty utilizando las variables de orientación, altitud, pendiente, precipitación y edafología con las comparaciones y pesos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 122. Matriz de Comparación para cálculo de peligro/amenaza por sequías

Variable	Orientación	Altitud	Pendiente	Precipitación	Edafología	Peso
Orientación	1	5	5	1	0.2	0.21723
Altitud	0.2	1	0.33	0.14	0.2	0.063251
Pendiente	0.2	3	1	3	5	0.43613
Precipitación	1	7	0.33	1	1	0.112029
Edafología	5	5	0.2	1	1	0.174578

Heladas

La **helada** es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C o menos, durante un lapso mayor a ocho horas. La cubierta de **hielo** es una forma del agua que ocurre cuando se presentan dichas temperaturas. Las heladas suceden en las noches de invierno; suelen acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos.

En relación con su aspecto usual, las heladas se clasifican en blancas y negras: las primeras se forman cuando las masas de aire frío son húmedas, por lo que provocan condensación y formación de hielo sobre la superficie de las plantas y en objetos expuestos libremente a la radiación nocturna. La helada negra se desarrolla cuando el aire del ambiente se encuentra excesivamente seco, no existe condensación ni formación de hielo sobre la superficie. A pesar de ello, los cultivos son dañados y al día siguiente la vegetación presenta una coloración negruzca.

Para el cálculo de peligro/amenaza por heladas se empleó multicriterio mediante el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty utilizando las variables de orientación, altitud,

pendiente, precipitación y edafología, de acuerdo con la comparación y pesos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 123. Matriz de Comparación para cálculo de peligro/amenaza de heladas

Variable	Orientación	Altitud	Pendiente	Precipitación	Edafología	Peso
Orientación	1	5	5	1	0.2	0.21723
Altitud	0.2	1	0.33	0.14	0.2	0.063251
Pendiente	0.2	3	1	3	5	0.43613
Precipitación	1	7	0.33	1	1	0.112029
Edafología	5	5	0.2	1	1	0.174578

Temperaturas Máximas y Temperaturas Mínimas

La **temperatura máxima extrema** se considera o maneja como el límite extremo que alcanza la temperatura en cualquier momento respecto a la época del año en que ocurra. Las elevadas temperaturas están relacionadas con sistemas de estabilidad atmosférica principalmente en las estaciones de primavera y verano, así como de la ocurrencia de olas de calor.

Para evaluar la presencia de este fenómeno se empleó una interpolación de los datos climatológicos correspondientes a la temperatura máxima del mes más cálido para realizar una regionalización espacial de este fenómeno. La interpolación de datos climáticos se obtuvo del proyecto WorldClim, las cuales emplean el método de interpolación ANUSPLIN[11].

La República Mexicana se caracteriza por una diversidad de condiciones de temperatura y humedad. Debido a la forma del relieve, la altitud, extensión territorial y su localización entre dos océanos se producen diversos fenómenos atmosféricos, según la época del año; por ejemplo, en el invierno que es frío y seco, el país se encuentra bajo los efectos de las masas polares y frentes fríos, que ocasionan bruscos descensos de temperatura, acompañados generalmente de problemas en la salud de la población.

Para determinar los niveles de peligro ante **temperaturas mínimas extremas** se empleó una superficie interpolada correspondiente a los datos de temperatura mínima promedio del mes más frio, la cual fue segmentada en niveles discretos de intensidad relativa al municipio.

[11] Para más información se puede consultar el trabajo: Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis, 2005. Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.

La interpolación de datos climáticos se obtuvo del proyecto WorldClim, las cuales emplean el método de interpolación ANUSPLIN.

V.2.1 Inundaciones pluviales

Las inundaciones pluviales se generan cuando el agua de una lluvia local intensa, al precipitarse sobre una superficie plana o cóncava, es incapaz de desplazarse por sí misma, por tanto, permanece estancada por horas o días hasta que por infiltración y/o evaporación desaparece el cuerpo de agua, (Mexico, 2018).

Se habla de **Inundaciones pluviales** cuando el agua de lluvia satura la capacidad de los terrenos para drenarla, acumulándose por horas o días sobre éste; se diferencia de las i**nundaciones fluviales que son causadas por desbordamiento de ríos.** (EPN, 2013).

A partir de información oficial, como son las estadísticas de defunciones, declaratorias de desastres y emergencia, datos del atlas de riesgo estatal, así como daños económicos incluidos en la serie Impacto socioeconómico de los principales desastres, se estableció que el nivel de vulnerabilidad asociado al municipio es medio (CENAPRED, 2017).

Por la topografía e hidrografía del municipio, se considera que no existen áreas con muy alta o alta susceptibilidad a inundaciones, teniéndose estimado que la mayoría de su superficie, 49,044.52 Ha, que son el 98.02% del total del territorio, se consideran con **Media** susceptibilidad y en 990.78 Ha, el 1.96% la susceptibilidad es muy baja.

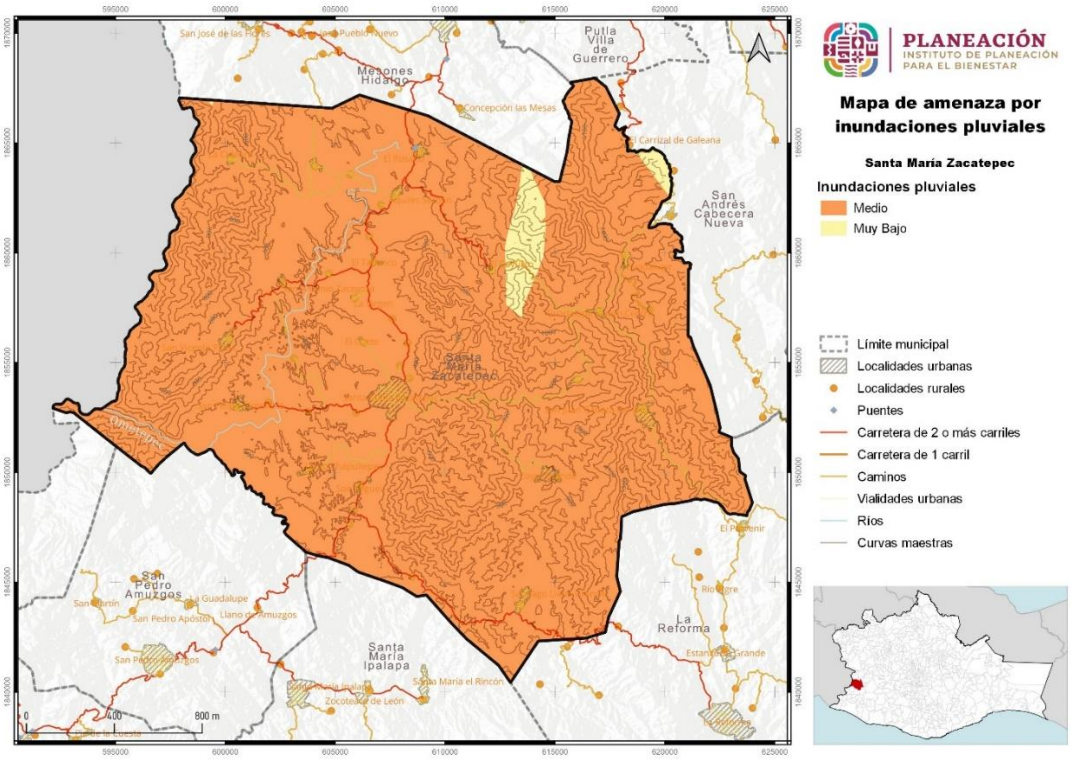
Tabla 124. Riesgos por inundaciones pluviales en el municipio de Santa María Zacatepec

Inundaciones pluviales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Media	49044.52	98.02
Muy Baja	990.78	1.98

Fuente: CentroGeo, 2024

El área que se registra con muy baja susceptibilidad a inundaciones pluviales es un polígono irregular situado en la parte noreste del territorio, con gran diferencia de pendiente, ya que tienen alturas diferenciales de 1,000 a 900 msnm en cortas distancias. La demás área municipal se considera con media susceptibilidad a estos eventos.

Mapa 75. Amenaza por inundaciones pluviales en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.1.1. Susceptibilidad por precipitación máxima en el municipio

Las estaciones pluviométricas registran lluvias máximas en 24 horas, Senamhi señala que **la medición se realiza al finalizar el día, la información proporcionada se conoce como "Medición al Día"**. A partir de las cantidades diarias de lluvias se calculan las máximas mensuales y de la serie histórica las máximas anuales. (RELACIONES ENTRE LOS MÁXIMOS ANUALES DE LA PRECIPITACION DIARIA Y DE LA PRECIPITACION MAXIMA EN 24 H N ANDALUCIA ORIENTAL , 2010).

Aunque existen variaciones en el método, la determinación de la precipitación diaria, básicamente parte de la cuantificación de la precipitación diaria en días consecutivos, asignando dicha magnitud a la precipitación del primer día. Para establecer las Serie de Máximas Anuales de la precipitación de 24 h, se cuantifica la máxima precipitación horaria acumulada en un periodo de 24 h continuas, sin hora prefijada de inicio y finalización de tal intervalo de tiempo. Con los valores de estas precipitaciones se selecciona para cada año de registro el máximo valor de la precipitación de 24 h, originado las SMA de precipitación en 24 h, (RELACIONES ENTRE LOS MÁXIMOS ANUALES DE LA PRECIPITACION DIARIA Y DE LA PRECIPITACION MAXIMA EN 24 H N ANDALUCIA ORIENTAL , 2010).

Se han establecido parámetros para categorizar la intensidad de las lluvias con fines de pronóstico a corto y mediano plazo; de tal manera que una lluvia nivel cero, es aquella con acumulación en 24 hrs de 0.1 a 25.0 mm; una lluvia fuerte nivel uno, presenta de 25.1 a 50.0 mm; la lluvia se considera como muy fuerte, nivel dos, en un rango de 50.1 a 75.0 mm; lluvia intensa nivel tres, refiere una precipitación entre 75.1 a 150.0 mm; la lluvia torrencial, que le corresponde el nivel cuatro, se da cuando la lluvia acumulada en 24 horas se ubica entre los 150.1 a 250.0 mm y en el nivel cinco se sitúan las lluvias extraordinarias, con precipitación mayor a 250.1 mm, (meteorologia.semar.gob.mx).

La precipitación máxima calculada para el municipio, se considera que podría llegar a más de 585 mm, situando en rango de **Muy alta** susceptibilidad a la mayor parte de la superficie municipal, ya que abarcaría 49,169.5 Ha, dejando en alta susceptibilidad a 912.8 Ha, donde las precipitaciones oscilarían entre los 412 y 585 mm.

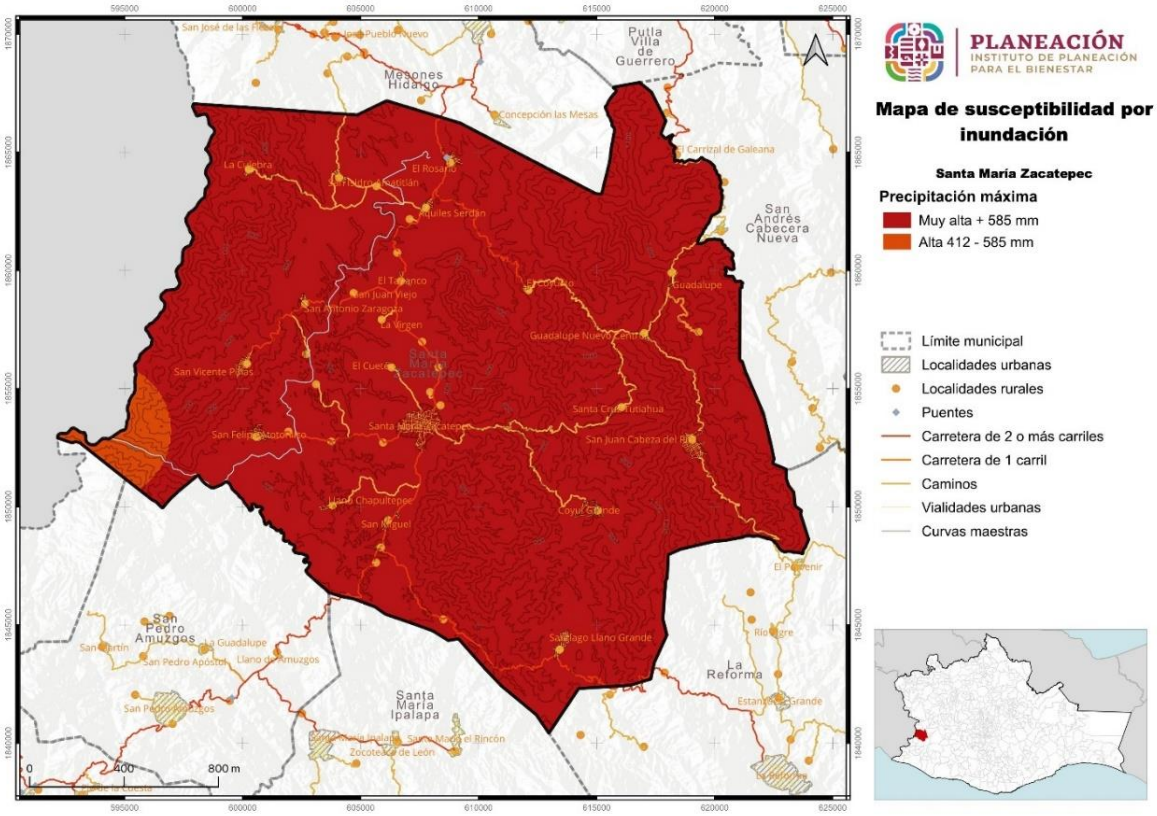
Tabla 125. Susceptibilidad por precipitación máxima en el municipio de Santa María Zacatepec

Precipitación máxima	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta + 585 mm	49169.5	98.18
Alta 412 - 585 mm	912.8	1.82

Fuente: CentroGeo, 2024

La muy alta susceptibilidad abarca prácticamente todo el municipio, el 98.18%, dejando solo el 1.82% como de alta susceptibilidad en la parte baja suroeste del territorio que colinda con el estado de Guerrero, por donde fluye el río Atotonilco.

Mapa 76. Susceptibilidad por precipitación máxima en el municipio de Santa María Zacatepec



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.1.2. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 24 horas

Con los resultados del Estudio para regionalizar los gastos generados por avenidas máximas, como base para la elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales en todas las cuencas de la República Mexicana (Domínguez, et al., 2017), elaborado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, es posible asociar lluvias para distintos periodos de retorno, de modo que se conozca la precipitación máxima media anual acumulada en 24 horas, así como en dos, cinco, 10, 25 y 50 años. Para obtener el punto específico de cada cabecera municipal, se utiliza la información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (CENAPRED, Información básica de peligros naturales a nivel municipal).

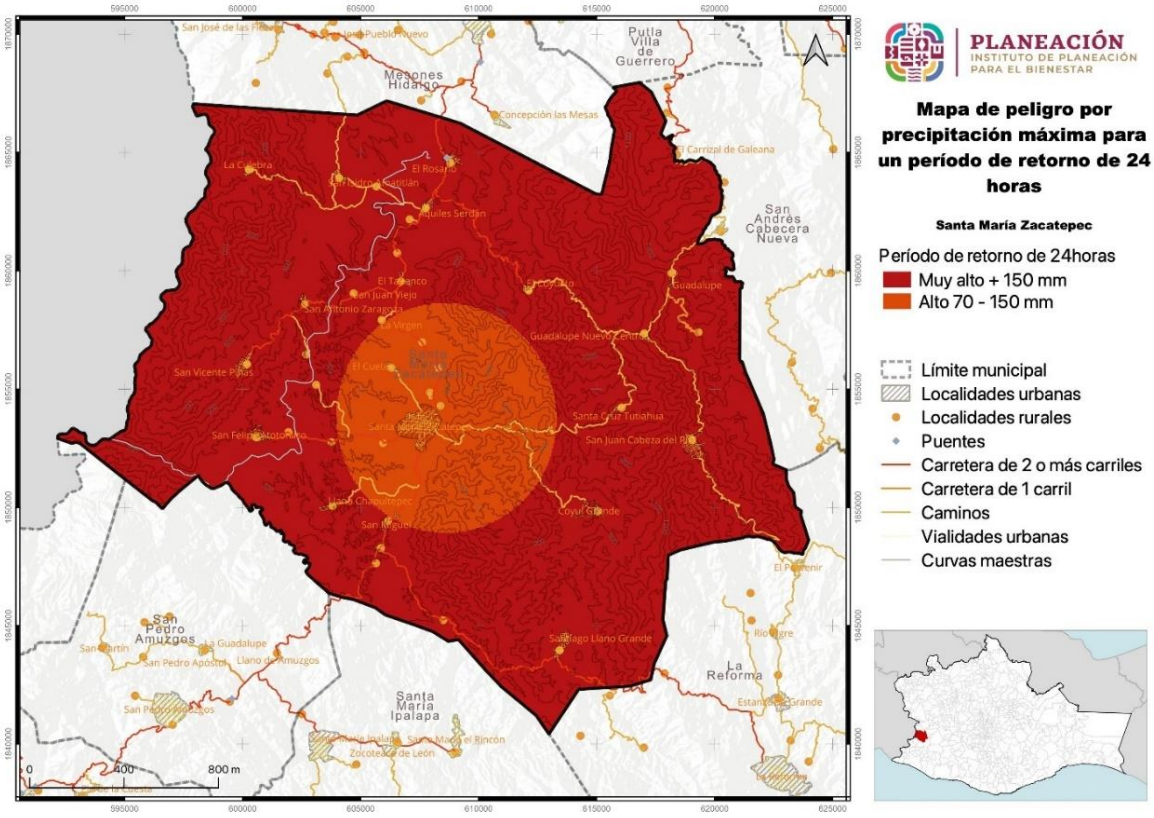
Las lluvias para un período de retorno de 24 horas en el municipio, se consideran muy altas cuando rebasen los 150 mm, por lo que de presentarse afectarían al 85.83% del municipio (42984.22 ha), quedndo el resto 14.17% (7098.07 ha) de la superficie municipal con susceptibilidad alta a estos eventos, aunque con precitaciones menores, entre 70 y 150 mm.

Tabla 126. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 24 horas

Peligro por precipitación máxima (PR 24 horas)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 150 mm	42984.22	85.83
Alto 70 - 150 mm	7098.07	14.17

Fuente: CentroGeo, 2024 /0

Mapa 77. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 24 horas



Fuente: CentroGeo, 2024

La susceptibilidad alta se ubica en un círculo con punto central al sur de la cabecera municipal y un perímetro que abarca; al norte la localidad La Virgen, al oeste Las Palmas, al sur San Miguel y al este Las Mesas, quedando rodeados por áreas calificadas con muy alta susceptibilidad a precipitaciones mayores a 150 mm.

V.2.1.3. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 2 años

En caso de presentarse precipitaciones que rebasen las máximas registradas con anterioridad, en un periodo de retorno de dos años, entonces la peligrosidad de disocia en cinco categorías, aunque predominan las áreas con **Muy alta** susceptibilidad por presentarse en el 89.06% del territorio, esto es 44,604.5 Ha, con lluvias mayores a 150 mm; así mismo, en 3,733.21 Ha (7.45%) del municipio, las lluvias estarían en un rango de 70 a 150 mm, colocándolas como de Alta susceptibilidad; 1,377.49 Ha (2.75%), con susceptibilidad Media y lluvias entre 20 y 70 mm; 33.45 Ha, 0,67%, con susceptibilidad Baja y lluvias entre 5 y 20 mm y por último, con Muy baja susceptibilidad 33.65 Ha, 0.07% de la superficie del municipio y probabilidad de lluvias de 5 mm.

Tabla 127. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 2 años

Precipitación máxima (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 150 mm	44604.5	89.06
Alto 70 - 150 mm	3733.21	7.45
Medio 20 - 70 mm	1377.49	2.75
Bajo 5 - 20 mm	333.45	0.67
Muy bajo - 5 mm	33.65	0.07

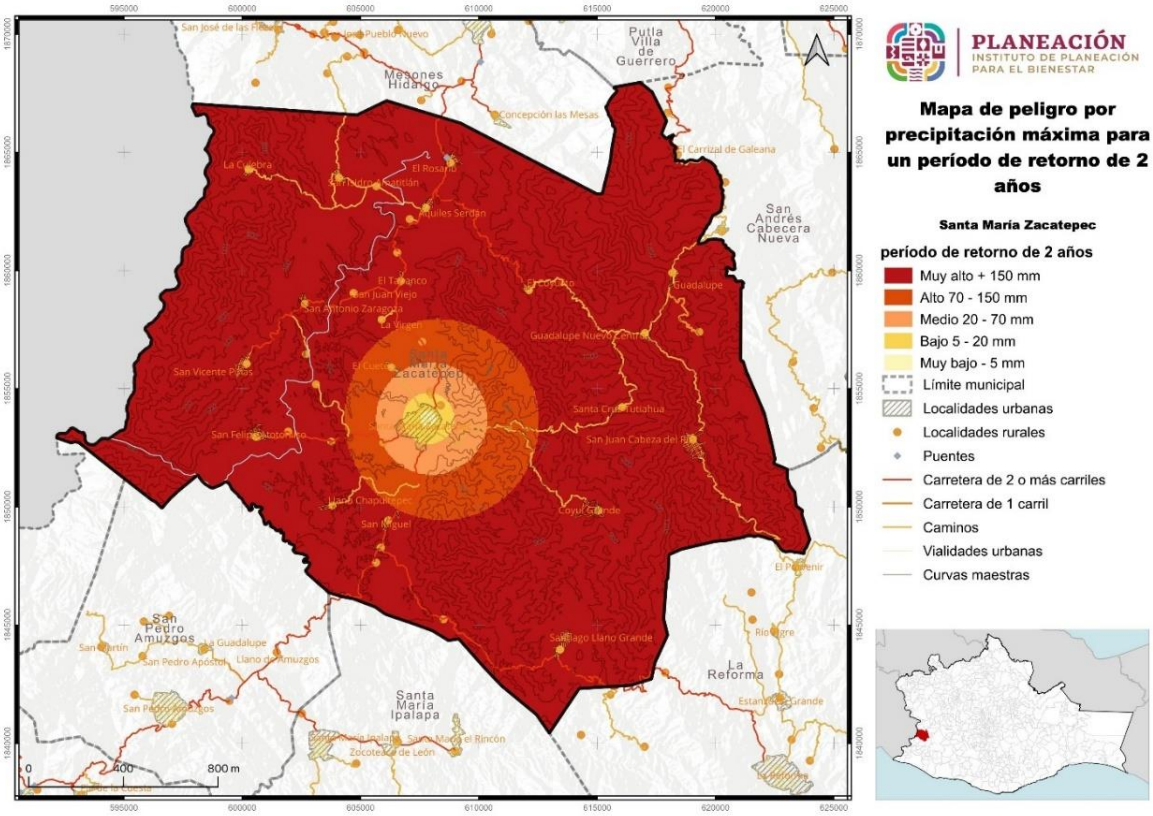
Fuente: CentroGeo, 2024

La zona con muy alta susceptibilidad a lluvias máximas en un período de retorno de dos años, aumenta su cobertura en un 49.6%, manteniendo su presencia en el área circundante de las áreas con otras categorías de susceptibilidad.

Así mismo, la zona con susceptibilidad alta mantiene las mismas colindancias en su perímetro, subdividiéndose a su interior en zonas alta, media, baja y muy baja.

Como referencias de puntos del perímetro que forma la circunferencia de la zona media, se ubican las localidades El Cuete al Norte y Carnero al suroeste; de la misma manera, para la zona con baja susceptibilidad se ubican San Pedro y Sesteadero, ambas al norte, así como la mayor parte de la cabecera municipal; al centro del círculo se encuentra la zona con muy baja susceptibilidad a lluvias excesivas en un período de dos años, que comprende solo la zona noreste de la cabecera municipal.

Mapa 78. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 2 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.1.4. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 5 años

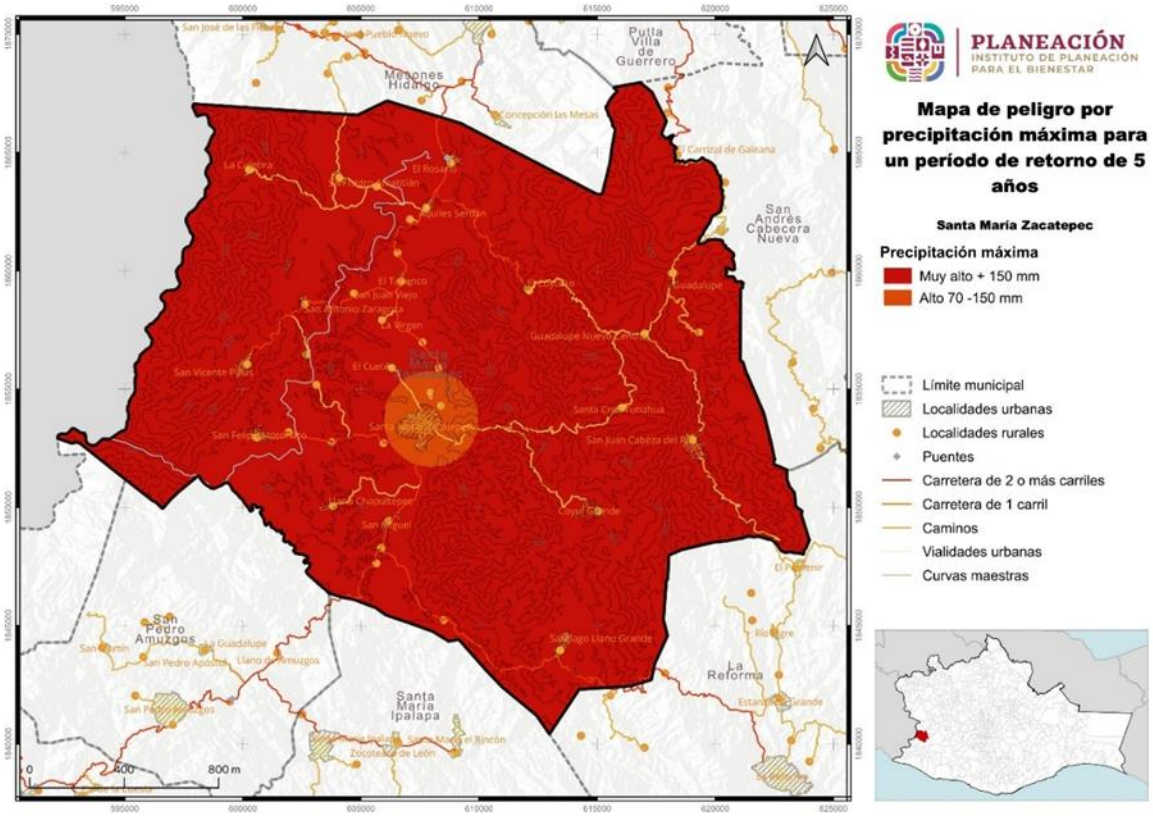
Para peligros por precipitación máxima en un período de retorno por cinco años **(PR 5 años)**, que supone en un quinquenio un promedio de lluvias igual o mayor, se estima **Muy alto** en 48,820 Ha, las restantes 1,262 Ha, se consideran con nivel de peligro Alto.

Tabla 128. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 5 años

Precipitación máxima (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 150 mm	48820	97.48
null	1262	2.52

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 79. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

En el período de retorno de precipitaciones máximas de cinco años, la zona de muy alta peligrosidad abarcaría el 97.48% del territorio y solo el 2.52% se consideraría con alto peligro, que se representa en el siguiente mapa como un círculo formado al centro, que incluye la cabecera municipal y llega en su perímetro a las localidades de Rancho San pedro al norte, Carnero al sur y Las Mesas al este.

V.2.1.5. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 10 años

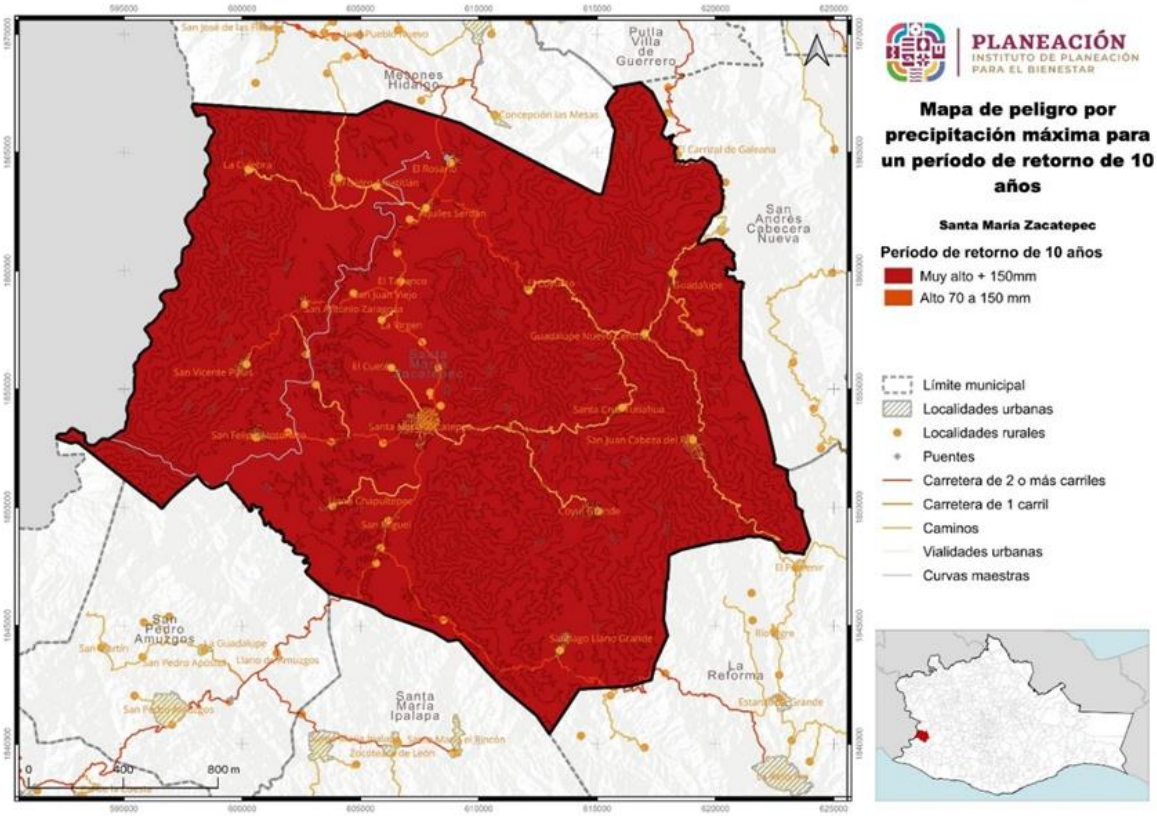
Considerando la probabilidad que en un lapso de diez años se presentaran lluvias de igual o mayor magnitud a las registradas en el municipio, se estima que en 50,009.48 Ha, se presentarían lluvias mayores a 150 mm, ubicando esa área con **Muy alto** nivel de peligro y el restante 0.15%, con lluvias entre 70 y 150 mm, se consideraría con alto peligro.

Tabla 129. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 10 años

Precipitación máxima (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 150mm	50009.48	99.85
Alto 70 a 150 mm	72.82	0.15

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 80. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Para el período de retorno de precipitaciones máximas excedentarias a 10 años, prácticamente todo el municipio se considera con muy alto peligro, el 99.85%, quedando solo un 0.15%, ubicado al norte de la cabecera municipal, con presencia de lluvias entre 70 150 mm, que la ubican como de alto peligro.

V.2.1.6. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 25 años

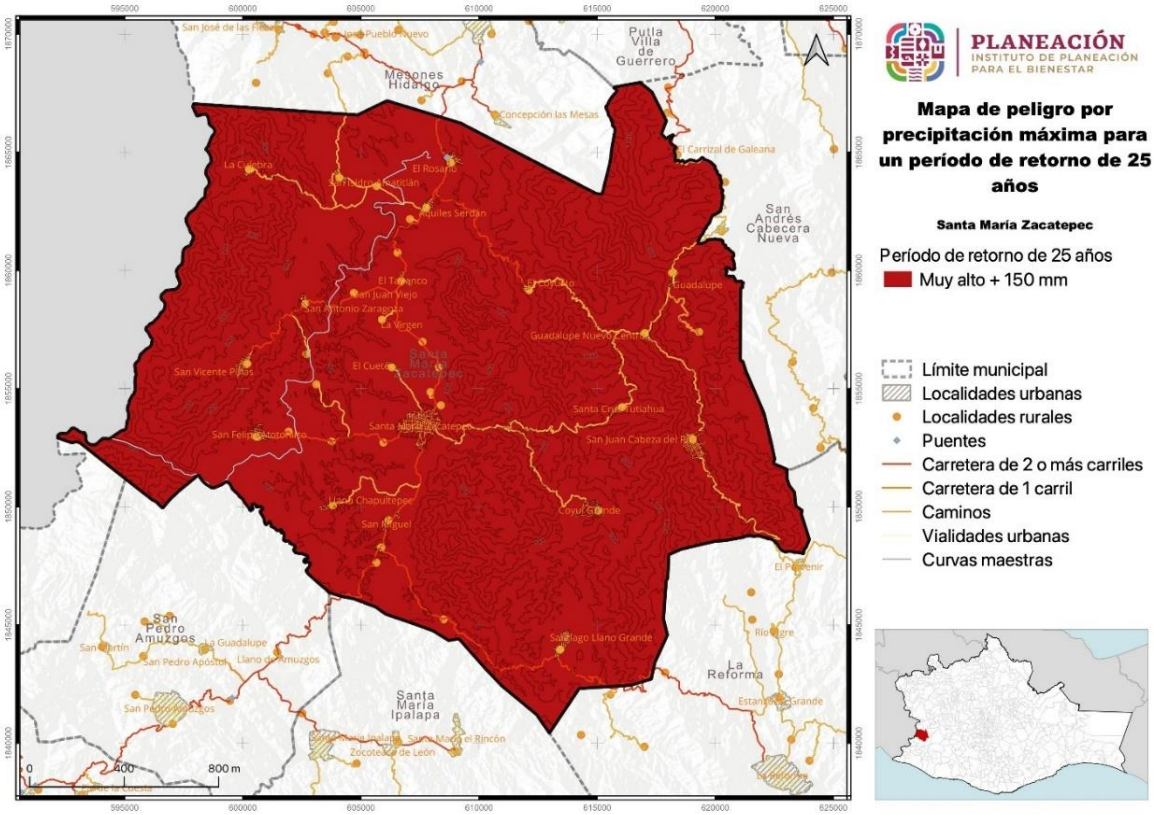
Previendo la probabilidad de precipitaciones superiores a las ya presentadas en el municipio, en un período de retorno por 25 años **(PR 25 años)**, se estima que la totalidad del territorio estaría en un grado de peligro muy alto.

Tabla 130. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 25 años

Precipitación máxima (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta + 150 mm	50082.3	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 81. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 25 años.



Fuente: CentroGeo, 2024

Las 50,082.3 Ha del municipio estarían en muy alto peligro en caso de presentarse lluvias excedentarias en el período de retorno de 25 años, ya que se rebasaría la capacidad de drenaje de los suelos, en virtud de la duración del evento, la velocidad que alcanzarían las corrientes y la profundidad del agua en las zonas bajas.

V.2.1.7. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 50 años

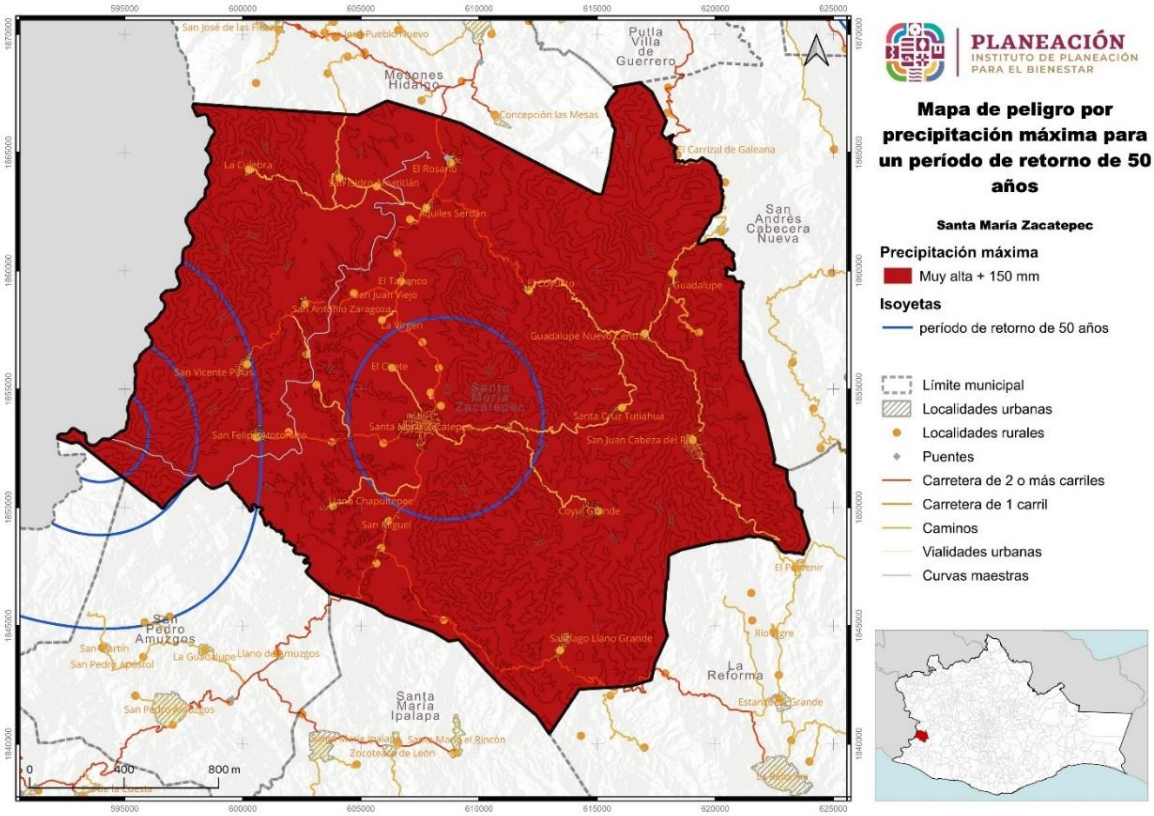
El peligro por precipitación máxima en un período de retorno por 50 años **(PR 50 años)**, que trata sobre la probabilidad de recurrencia de este fenómeno en proporciones iguales o mayores en 50 años, se considera muy alta para el municipio, con lluvias que superan los 150 mm.

Tabla 131. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 50 años

Precipitación máxima (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta + 150 mm	50082.3	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 82. Mapa de peligro por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años.



Fuente: CentroGeo, 2024

Las altas precipitaciones proyectadas para un período de 50 años para Santa María Zacatepec lo ubican en grado de muy alto peligro y no solo afectaría al municipio, sino también a los municipios colindantes, tanto del estado de Oaxaca, como del estado de Guerrero.

V.2.2 Inundaciones fluviales *

Como se ha mencionado, las lluvias intensas son eventos hidrometeorológicos extremos, temporales e irregulares, que provocan erosión superficial, remoción de masas de suelo y rocas, inundaciones fluviales, arroyamiento torrencial, cambios en los causes y en las llanuras aluviales, que desencadenan desastres que afectan poblaciones.

Las inundaciones fluviales suceden cuando el agua se desborda de ríos u otros cuerpos que almacenan agua y queda sobre la superficie del terreno. A diferencia de las pluviales, en este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no específicamente sobre la zona afectada.

Es importante observar que el volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales más importantes se darán en los ríos con más desarrollo (longitud) o que lleguen hasta las planicies costeras.

Para determinar el peligro de inundación de un área, existe el umbral de precipitación acumulada, que se refiere al valor de lluvia acumulada a partir del cual se pueden esperar afectaciones por inundación, aun cuando existen condiciones que con precipitaciones de menor valor podrían generar inundaciones, especialmente cuando ocurren lluvias continuas durante varios días que saturan el suelo y con se pierde capacidad de infiltración. El valor umbral de precipitación acumulada en 12 horas para Santa María Zacatepec se tiene calculado en **105.77 mm**. (CENAPRED, 2016).

Aun cuando en el municipio existen ríos y arroyos que facilitan la conducción natural del agua, como son Arroyo Cuesta del Muerto, Arroyo El Amate, Arroyo El Platanar, Arroyo El Salto, Arroyo El Tlacuache, Arroyo San Miguel, Río Atotonilco, Río Blanco, Río Grande, Río Los Amates, Río Mesones, Río Nejapa, Río Santa Catarina, Río Verde, en el área urbana existe mayor peligro de inundaciones que afecte a la población, debido a la falta de mantenimiento de la infraestructura hidráulica y los sistemas de drenaje que pueden disminuir la capacidad de desalojo de agua pluvial, de tal manera que una cantidad de precipitación menor al umbral podría generar afectaciones por inundación.

Las inundaciones se pueden clasificar de acuerdo con el tiempo de respuesta de la cuenca en lentas y súbitas. Las inundaciones lentas se presentan en áreas grandes de poca pendiente que generalmente no causan muertes, aunque las pérdidas económicas pueden ser grandes. Las Inundaciones súbitas son las más peligrosas ya

que se presentan en cuestión de minutos y llegan a causar pérdidas de vidas cuando toman desprevenida a la población. Debido a su fuerza de arrastre llegan a presentarse con flujos de escombros. Son típicas en cuencas de poca área y gran pendiente.

Los parámetros que se aplican para determinar la magnitud de una inundación son; su duración, el área afectada, la velocidad de la corriente, la profundidad del agua y el tiempo de recurrencia o período de retorno. (Civil P. , 2018).

Un indicativo de la incidencia de inundaciones es el número de declaratorias emitidas para la entidad y publicadas en el Diario Oficial de la Federación, que para el caso de Santa María Zacatepec es de 3 declaratorias de emergencia o desastre por lluvia severa e inundación fluvial y pluvial emitidas del año 2000 al año 2019, destacando el registro del año 2017 cuando se registró un evento de inundación que se consideró de dimensiones catastróficas.

Otro factor de importancia que se toma en cuenta al evaluar el peligro por inundación es la presencia de presas que pudieran verter sus excedentes sobre el territorio; sin embargo, para el caso el municipio no se ubica presencia de alguna presa con influencia en el municipio.

Aunque CONAGUA no tiene registrados puntos críticos de inundación, existen sitios en el municipio que padecen de inundaciones fluviales, dentro de los que destaca el caso del puente El Platanar, que de manera recurrente queda bloqueado ya que los flujos de agua rebasan en gran medida el Nivel de Agua Máximo Extraordinario, bloqueando el paso de la carretera federal 125 hacia San Pedro Amuzgos y Pinotepa Nacional.

V.2.3 Inundaciones costeras *

Se habla de inundaciones costeras cuando el agua del mar sube de nivel suficientemente para inundar infraestructuras y edificios y poner en peligro la seguridad de personas.

Otras causas de inundaciones costeras se presentan cunado la marea alta afecta estuarios y en el caso de inundación en litorales, una fuerte tormenta puede conducir a una cota de marea inhabitual, una marea viva, o una combinación de ambas.

El nivel del mar oscila conforme fenómenos atmosféricos, marinos, tectónicos y planetarios se presenten, siendo habitual clasificar dichas oscilaciones por la escala temporal de la oscilación. En zonas de desembocadura, los efectos pueden ser mayores si coincide con una crecida de los ríos, cuando las aguas continentales se encuentran con altos niveles del mar, el agua no se puede descargar al mar y se extiende en los terrenos más bajos.

Un lento aumento en el nivel del mar, como el causado por el cambio climático global, no necesariamente conduce a un aumento de la inundación en estuarios ya que la sedimentación vertical que se da en estas zonas a marea alta es a veces suficiente para compensar el aumento del nivel del nivel del mar, (antologiaglobal.com, 2022).

Algunos impactos típicos de las inundaciones costeras incluyen inundaciones de caminos y senderos, accesos limitados a las playas e inundaciones de parques y reservas. Esto puede tener impactos a corto y largo plazo. Si bien el evento ocurre, puede representar un peligro o inconveniente para las personas, pero a largo plazo puede hacer que la infraestructura se degrade más rápidamente de lo que lo hubiera hecho, lo que puede tener consecuencias económicas.

La intensidad de las inundaciones costeras se ha incrementado durante los últimos 20 años debido al aumento del nivel del mar, siendo importante ubicar que 14 millones de personas en el mundo viven actualmente en comunidades costeras con una probabilidad anual de una en 20 de inundarse. Si se mantiene el escenario tendencial de emisiones globales de gases de efecto invernadero, para finales de este siglo las probabilidades de inundación se ampliarán, con riesgo de cubrir territorios habitados por casi 73 millones de personas.

Cientos de ciudades de gran población se enfrentarán a un riesgo más elevado de inundación de aquí a 2050, comparado con lo que sería en un futuro sin cambio climático, incluyendo tierras donde habita aproximadamente el 5 % de la población de ciudades costeras como Santos (Brasil), Cotonou (Benín) y Calcuta (India). Es estos lugares se estima que la población expuesta sobrepasará el 10 % hacia finales de siglo.

Muchas regiones bajas a lo largo de las costas de América Latina, África y el Sudeste Asiático pueden verse amenazadas por inundaciones permanentes, producto de una alarmante tendencia que puede provocar el retroceso del desarrollo humano en comunidades costeras de todo el mundo. De aquí a 2100, se prevé que el cambio climático causará la sumersión de una parte importante del territorio (>5 %) de los siguientes pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID): Bahamas, Islas Vírgenes Británicas, Islas Caimán, Maldivas, Islas Marshall, Islas Turcas y Caicos, Tuvalu y Seychelles.

Al máximo nivel de calentamiento global, aproximadamente 160.000 km^2 de tierras costeras (una superficie más extensa que el territorio de Grecia o de Bangladesh) quedarían inundados de aquí a 2100, si lo comparamos con un futuro sin cambio climático. Esto incluye amplias extensiones de ciudades costeras en Ecuador, India, Arabia Saudita, Vietnam y Emiratos Árabes Unidos. (undp.org, s.f.).

Santa María Zacatepec **no cuenta con costas**, se encuentra a 160 km del litoral del Océano Pacífico, razón por la que la probabilidad de presencia de un fenómeno de inundación costera es prácticamente nula.

V.2.4 Inundaciones lacustres *

Este tipo de inundaciones se refieren al desbordamiento extraordinario de las masas de agua continentales o cuerpos lacustres en sus zonas adyacentes. El mayor riesgo se presenta cuando el hombre se establece en las áreas dejadas al descubierto por la masa de agua al descender su nivel, sufriendo afectaciones cuando el cuerpo lacustre recupera sus niveles originales y cubre nuevamente dichas áreas, (cgproteccioncivil.edomex.gob.mx).

El municipio **no cuenta con lagunas** u otro tipo de cuerpos de agua interiores ni dentro, ni cercano a su territorio, por lo que la probabilidad de inundaciones lacustres es nula.

V.2.5 Tormentas de granizo

El granizo se forma durante las tormentas eléctricas, cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbus son arrastrados verticalmente por corrientes de aire turbulento característico de las tormentas.

Las piedras de granizo crecen por las colisiones sucesivas de estas partículas de agua fría, esto es, agua que está a una temperatura menor que la de su punto de congelación, pero que permanece en estado líquido. Esta agua queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen por efectos de la gravedad al suelo.

Las piedras de granizo tienen diámetros que varían entre 2 milímetros y 13 centímetros, las mayores pueden ser muy destructivas. En ocasiones, un conjunto de piedras puede solidificarse formando grandes masas uniformes y pesadas de hielo y nieve.

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño.

En zonas rurales: Los granizos destruyen las siembras y plantíos, habiéndose registrado casos de muerte de animales; en las viviendas cuyas techumbres están construidas con cartón, material natural, etc., los daños pueden ser graves.

En regiones urbanas: Afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y genera encharcamientos e inundaciones durante algunas horas; la acumulación de granizo en techos precarios resulta peligrosa para la estabilidad de la vivienda, (Tormenta de Granizo "Granizada").

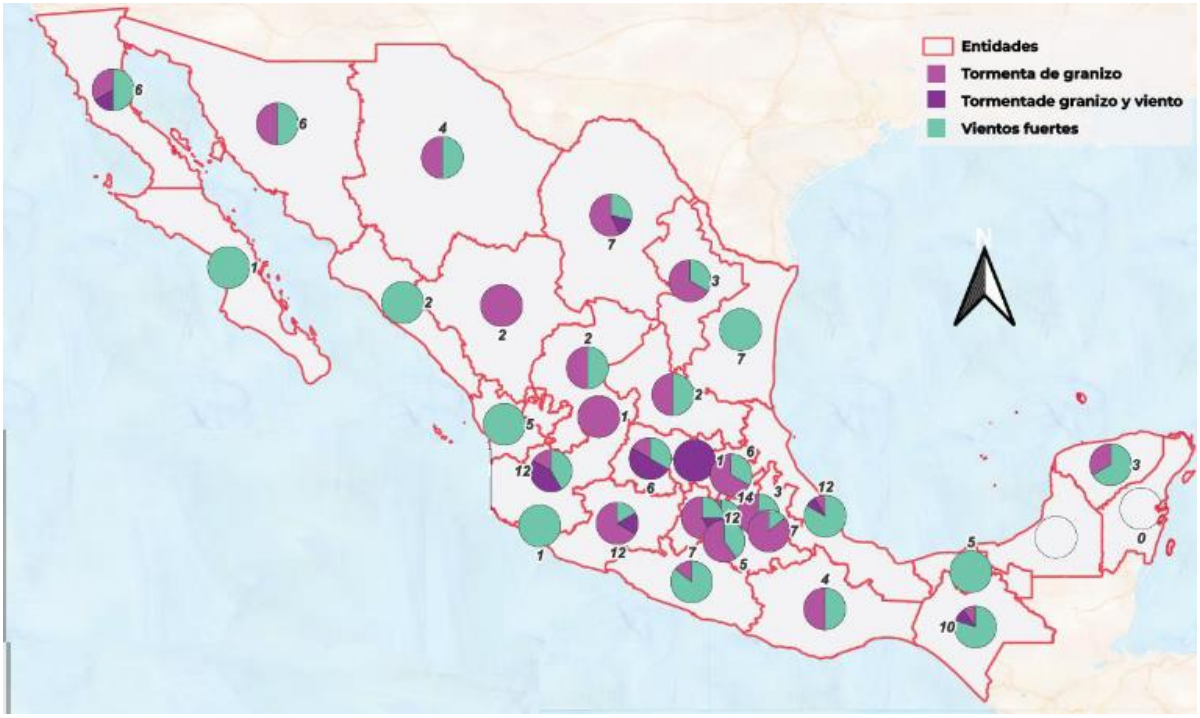
En la República Mexicana se producen granizadas principalmente en la región del altiplano, particularmente en los valles de la porción sureste y en la Sierra Madre

Occidental, así como en la Sierra Madre del Sur y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Las ciudades que con mayor frecuencia son afectadas son Puebla, Pachuca, Tlaxcala, Zacatecas y el Distrito Federal, donde se tiene la mayor incidencia, durante los meses de mayo, julio y agosto.

De este índice se concluye que sólo el 15% de los municipios de México tiene una alta exposición a las granizadas, y son aquéllos que se encuentran sobre la Sierra Madre Occidental, en el Sistema Volcánico Transversal y en algunas zonas altas de Oaxaca y Chiapas.

En el año 2022, las tormentas de granizo ocuparon el segundo lugar de fenómenos hidrometereológicos que se presentaron en la República Mexicana, solo después de vientos fuertes, significando el 22% de un total de 276 eventos y adicionalmente en 18 casos se presentó granizo acompañado de vientos fuertes. En ese año, en el estado de Oaxaca se presentaron cuatro tormentas de granizo y viento, (Viridiana Monroy Cruz, 2023).

Mapa 83. Eventos de vientos fuertes y tormentas de granizo, por entidad federativa, de los principales fenómenos hidrometeorológicos de 2022.



Fuente:https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2023/1erTrimestre/Fraccion_XLI/RH/230223_RH_Base_de_datos_FH.pdf

CENAPRED 2012 clasifica al municipio de Santa María Zacatepec con Muy Bajo grado de peligro por tormentas de granizo, en lo que influye el no existir declaratorias de desastre o emergencia por tormentas de granizo, (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021).

V.2.5.1. Amenaza por días con granizo en el municipio

La caída de granizo en el municipio se asocia con la llegada de las primeras lluvias del temporal, a finales del invierno y llegada del verano, entre los meses de mayo a junio de cada año, aunque también llega a presentarse en los meses de setiembre a octubre en las zonas altas del municipio.

La amenaza de días con granizo se considera entre baja y **Muy baja** en el municipio, considerándose de dos a cuatro días con caída de granizo en las zonas con baja amenaza, que abarca 10,948.41 Ha; así mismo, en 39,133.89 Ha, la amenaza disminuye a **Muy baja**, donde pueden presentarse hasta dos días con granizo.

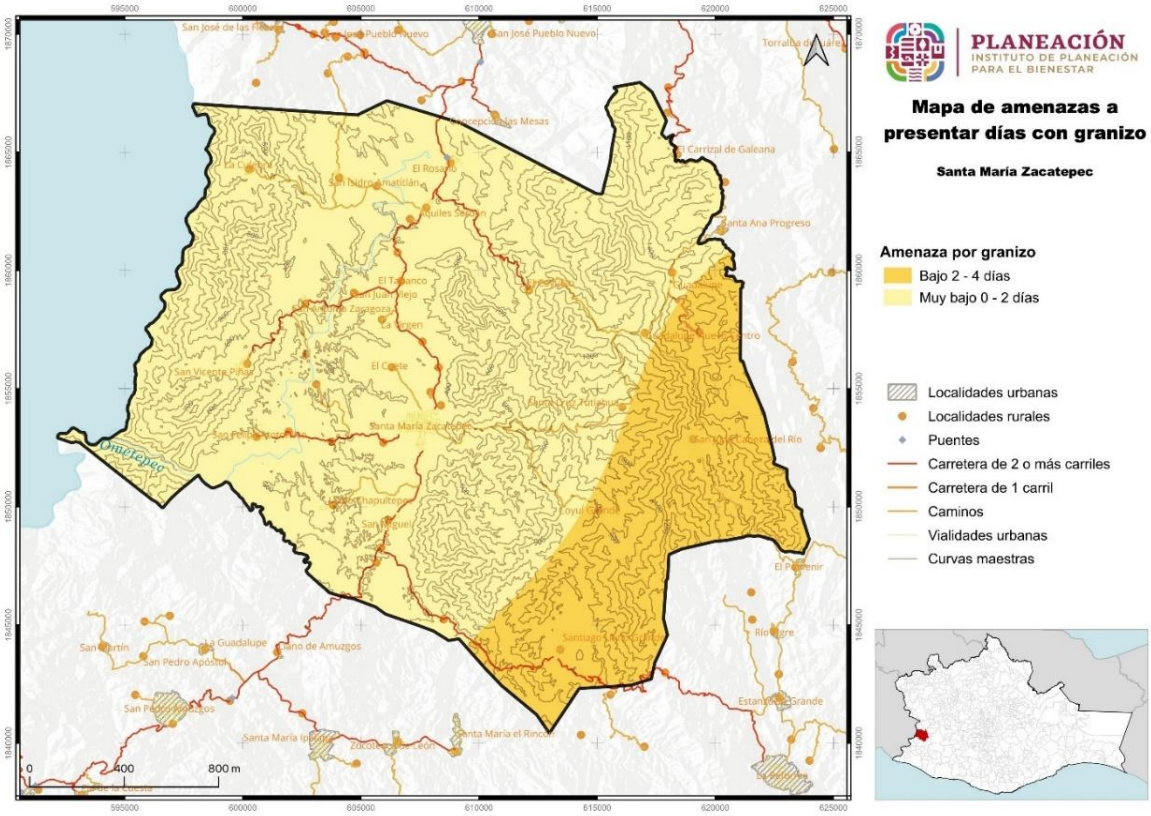
Tabla 132. Amenaza por días con granizo en el municipio de santa María Zacatepec

Granizo	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Baja 2 - 4 días	10948.41	21.86
Muy baja 0 - 2 días	39133.89	78.14

Fuente: CentroGeo, 2024

La zona considerada con baja amenaza se ubica en la parte alta del este y sureste del municipio, donde se encuentran las localidades de Llano Grande, Cabeza del Río, Tutiahua, Coyulito, Guadalupe Nuevo Centro, Guadalupe y San Juan Cabeza del Río. Las demás áreas del municipio se califican con muy baja amenaza.

Mapa 84. Amenaza por días con granizo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.5.2. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 2 años

El peligro por tormenta de granizo se reduce para un periodo de retorno de 2 años en todo el municipio, ya que no se considera la presencia de tormentas de magnitudes iguales o superiores a los dos días ya registrados en el territorio, por lo que se considera muy bajo.

Tabla 133. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 2 años

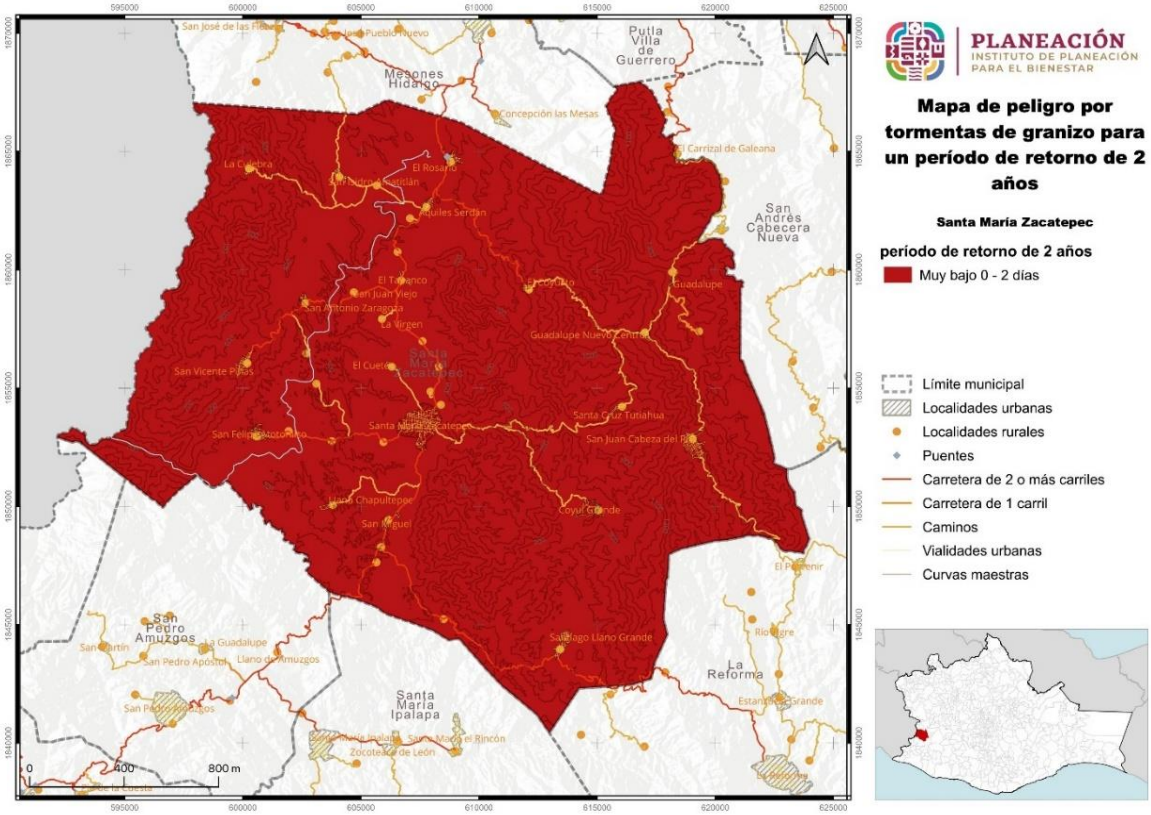
Tormenta de granizo (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo 0 - 2 días	50082.3	100

Fuente: CentroGeo, 2024

En virtud que las granizadas se relacionan con lluvias y éstas han escaseado en los últimos años, se coincide con los datos estadísticos, en el hecho que cada vez son

menos probables este tipo de tormentas en el municipio, mencionándose que en el año 2023 solo se presentó una granizada.

Mapa 85. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 2 años.



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.5.3. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 5 años

El cálculo de presencia de tormentas de granizo para un período de retorno de cinco años no varía, manteniéndose muy baja la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de esta naturaleza en todo el territorio, por más de dos días.

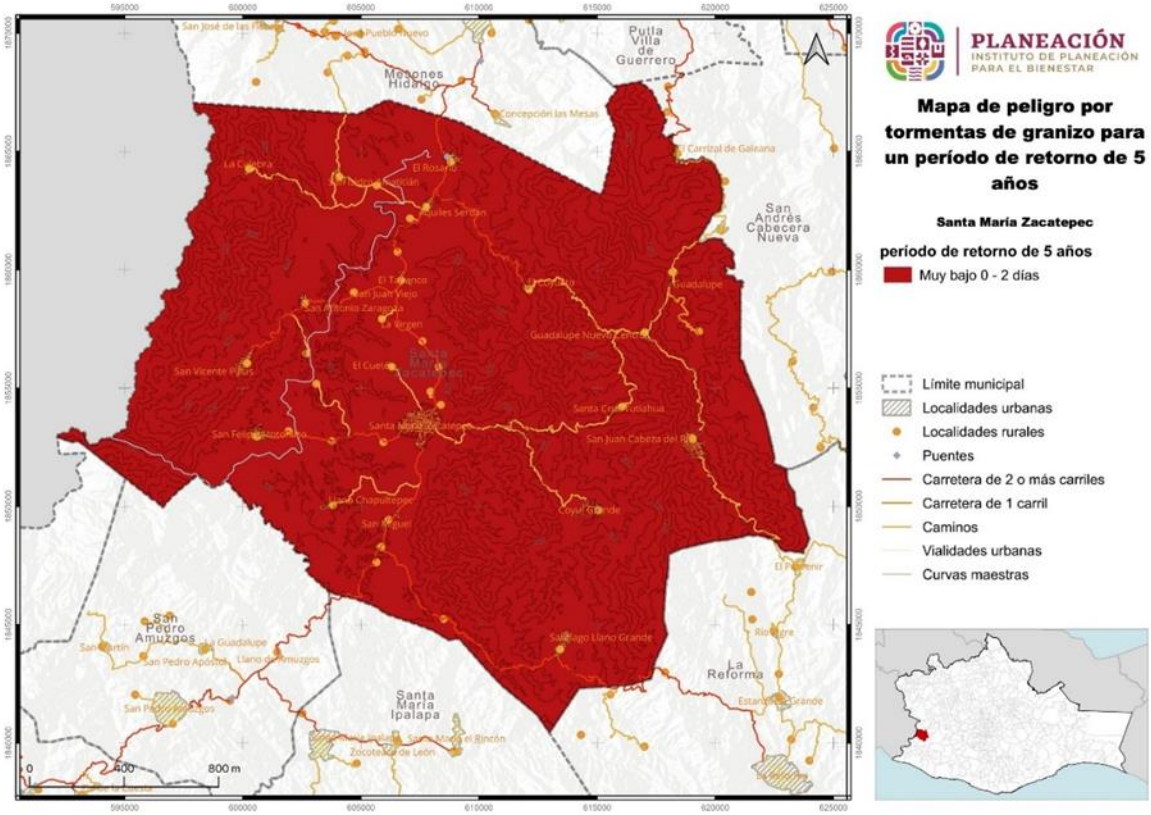
Tabla 134. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 5 años.

Tormenta de granizo (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo 0 - 2 días	50082.3	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Todo el territorio municipal se considera con un bajo nivel de peligro ante tormentas de granizo en el período de retorno de cinco años.

Mapa 86. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.5.4. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 10 años

EL peligro por tormenta de granizo en el municipio para un periodo de retorno de una década, en donde se cree que en 10 años en promedio será igualado o excedido, es decir, la frecuencia con la que se presentará el evento, es muy bajo y se estima no afectará el territorio del municipio.

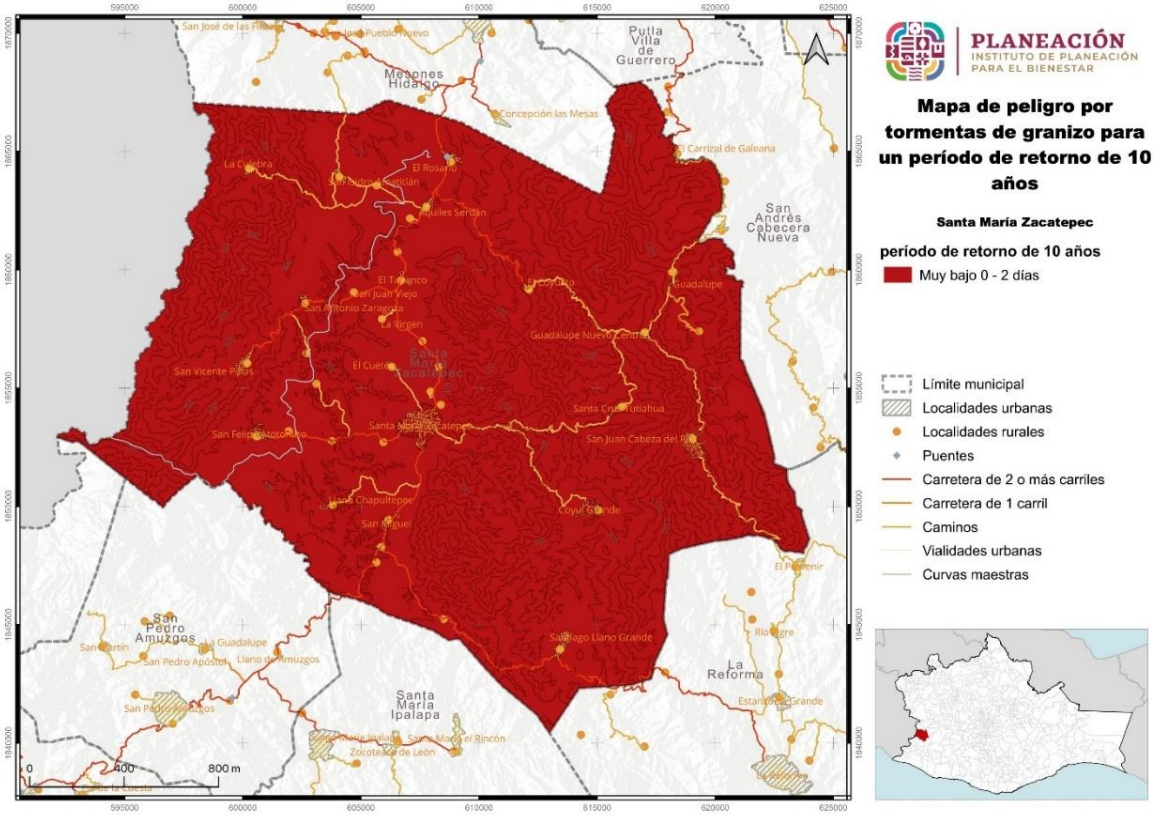
Tabla 135. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 10 años.

Tormenta de granizo (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo 0 - 2 días	50082.3	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Todo el territorio municipal se considera con bajo nivel de peligro ante tormentas de granizo en el período de retorno de 10 años.

Mapa 87. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.5.5. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 25 años

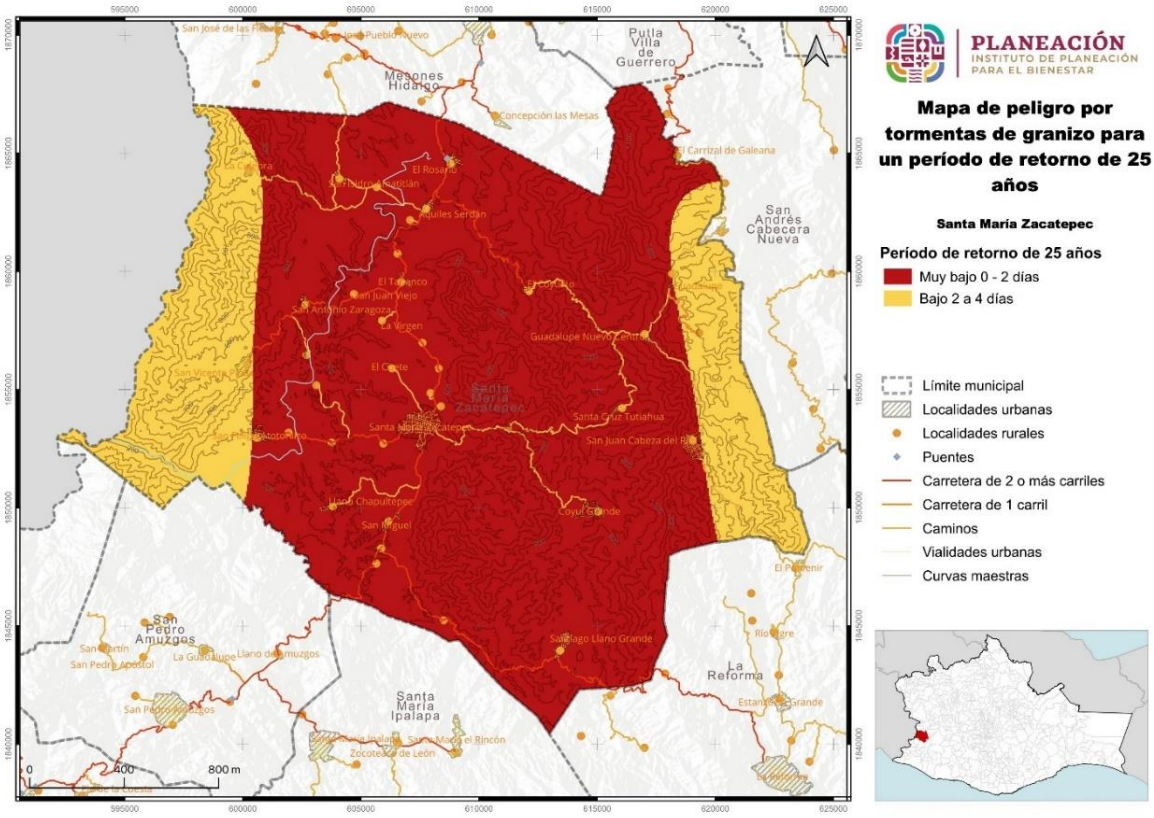
Para el período de retorno a 25 años, la posibilidad de presencia de tormentas de granizo que excedan los límites alcanzados anteriormente, rompe la inercia que se mantenía en los cálculos para los períodos de dos, cinco y 10 años, ya que se identifican zonas con bajo nivel de peligro en 10,351.86 Ha, quedando 39,730.44 Ha bajo el nivel de muy bajo peligro.

Tabla 136. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 25 años

Tormenta de granizo (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo 2 a 4 días	10351.86	20.67
Muy bajo 0 - 2 días	39730.44	79.33

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 88. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 25 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Son dos franjas del territorio las que escalan de un nivel de muy bajo peligro al nivel de bajo peligro, que se sitúan en los extremos oriente y poniente del territorio municipal. El ubicado al oriente abraca las localidades de La Guadalupe, El Limón Santa Ana y corre a lo largo de la carretera que comunica Guadalupe con San Juan Cabeza del Río, continuando en ese mismo sentido hasta los límites municipales con La Reforma.

La franja del poniente parte desde el límite más al norponiente con Mesones Hidalgo, avanzando a todo lo largo del límite con el estado de Guerrero, de tal manera que abarca las localidades de La Culebra, San Vicente Piñas y el límite poniente de San Felipe Atotonilco, para terminar en esa misma línea hasta la colindancia con San Pedro Amuzgos.

V.2.5.6. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 50 años

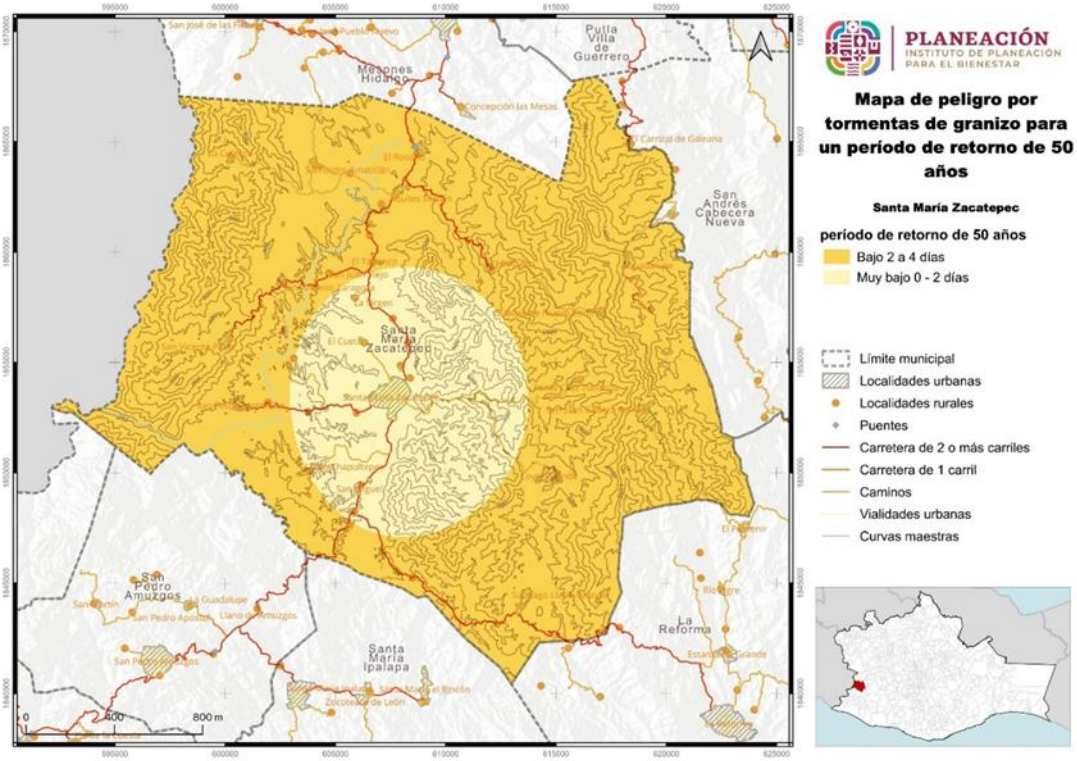
El peligro por tormenta de granizo, en caso de presentarse con magnitud igual o superior, en un periodo de retorno de 50 años, representará un peligro bajo para 39,1719.78Ha y un peligro muy bajo para 10,362.52 Ha.

Tabla 50. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 50 años.

Tormenta de granizo (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo 2 a 4 días	39719.78	79.31
Muy bajo 0 - 2 días	10362.52	20.69

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 89. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

El área con peligro muy bajo, con tormentas de granizo de hasta dos días, forma una elipse, pudiendo ponerse como puntos de referencia; la desviación a San Juan Viejo, Llano Chapultepec, Santa Cruz de Rufino Tamayo, Cañada Hamaca y cerro Las Mesas

para unirse con la desviación a San Juan Viejo, para abarcar el 20.69% del total del territorio municipal. Toda el área que rodea esa elipse, se cataloga con peligro bajo.

V.2.5.7. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 100 años

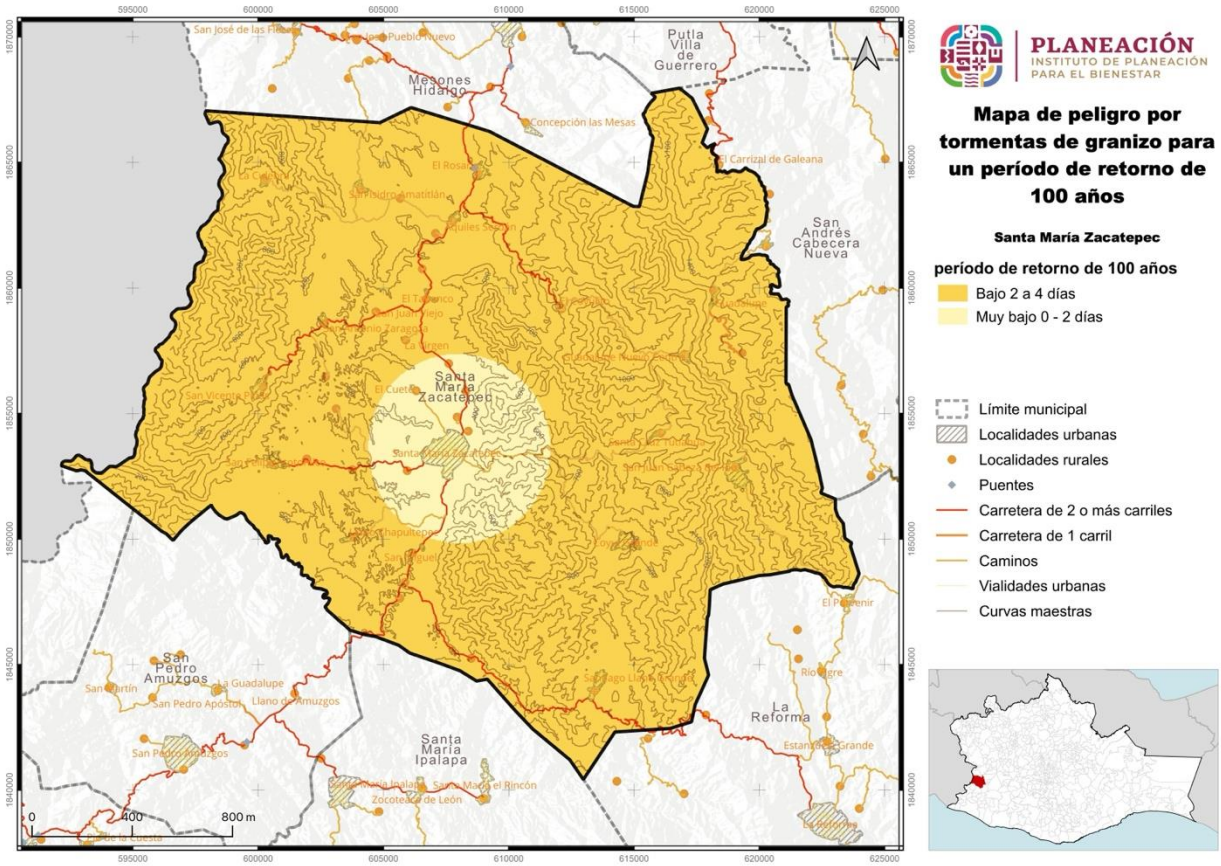
El peligro por tormenta de granizo en el municipio para un periodo de retorno de 100 años, se estima como bajo en 45,790.39 Ha, que significa el 91.43% del territorio, así como bajo en 4,291.9 Ha, que representan el 8.57% de la superficie del municipio.

Tabla 137. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 100 años

Tormenta de granizo (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo 2 a 4 días	45790.39	91.43
Muy bajo 0 - 2 días	4291.9	8.57

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 90. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 100 años



Fuente: CentroGeo, 2024 /0

La superficie considerada con peligro muy bajo se ubica en el centro del territorio e incluye a las localidades de Tres Arroyos, Rancho San Pedro, El Cuete, Cabecera municipal, Llano de Viuda y al este llega hasta la bifurcación del camino que al sur conduce a Coyul Grande y al este hacia Santa Cruz Tutiahua. La superficie que rodea a este círculo corresponde a zonas con bajo nivel de peligro.

V.2.6 Nevadas

Las tormentas de nieve son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de la solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones.

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve. (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021)

Etapas de la formación de una tormenta de nieve:

- **Fase inicial:** en la que comienza la formación de nubes grandes de desarrollo y crecimiento en vertical, conocidas como cumulonimbos que almacenan gran cantidad de vapor de agua.

- **Fase de madurez:** en la segunda fase se desarrolla el fenómeno en sí, el vapor de agua cae en forma de nieve y se desencadenan fuertes vientos capaces de llegar a la superficie disminuyendo su temperatura.

- **Fase final:** en esta última fase la tormenta comienza a disiparse, debido a que las diferencias entre las masas de aire se igualan, cesando la precipitación y los vientos.

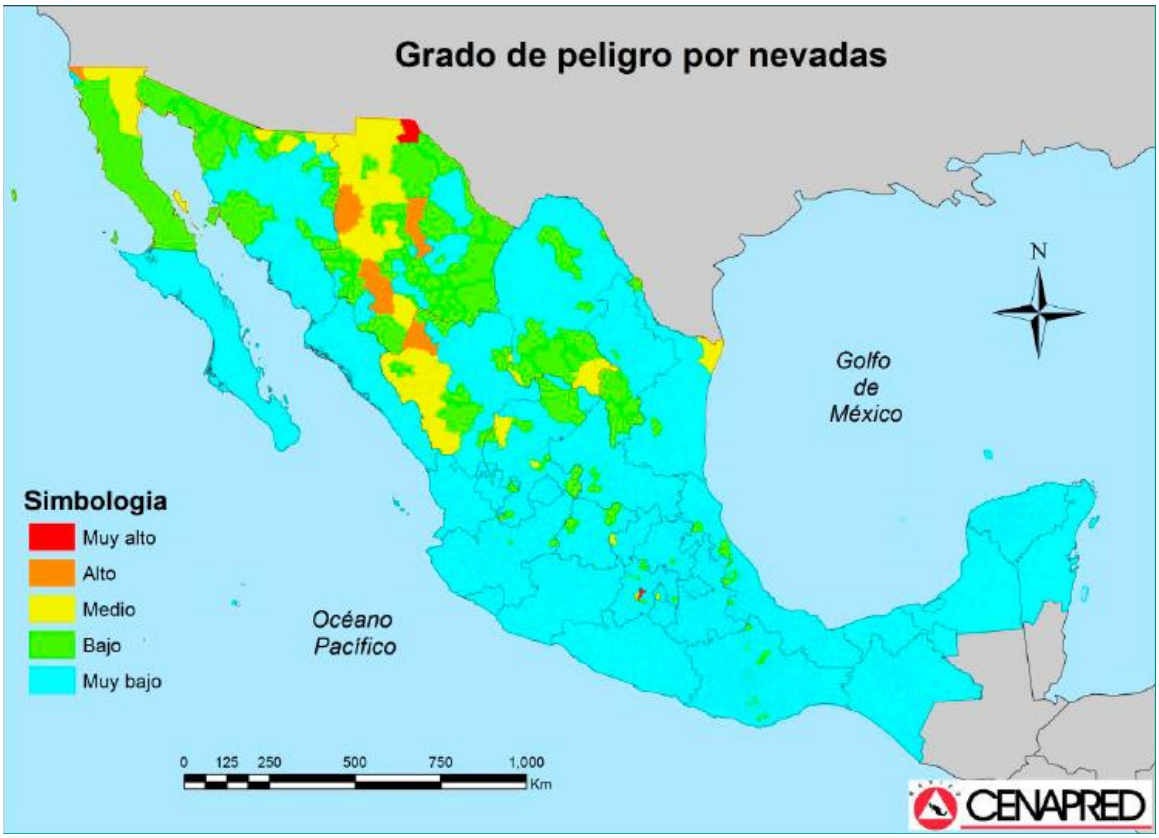
Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

Son beneficios de la nieve, su alto efecto albedo, referido al reflejo de la radiación solar, aportar humedad y convertirse en una importante reserva de agua, así como la protección que ofrece al suelo de las temperaturas exteriores, actuando como aislante. La nieve hidrata las plantas, evita la brotación temprana y abona el suelo; a los animales les sirve de camuflaje y protege del frío y de los fuertes vientos.

Son efectos negativos de la nieve en las plantas, la amenaza de abrasión, el acortamiento del periodo vegetativo, la generación de suelos poligonales, disminución de la diversidad y el peligro de aludes que erosionan el manto vegetal y el suelo (Blanco et al, 1997; Alcaraz Ariza, 2008). (biogeografia.net, 2019)

La ubicación geográfica de nuestro país coloca pocas regiones susceptibles a nevadas, generalmente en sus regiones más altas, formadas por sierras y montañas, principalmente al norte del país. En el estado la presencia de nevadas se da en las Sierras Norte y Sur, en el primer caso en el distrito de Ixtlán y en el segundo caso en el distrito de Sola de Vega.

Mapa 91. Grado de peligro por nevada en la República Mexicana



Fuente: CENAPRED

V.2.6.1. Amenaza por nevadas en el municipio

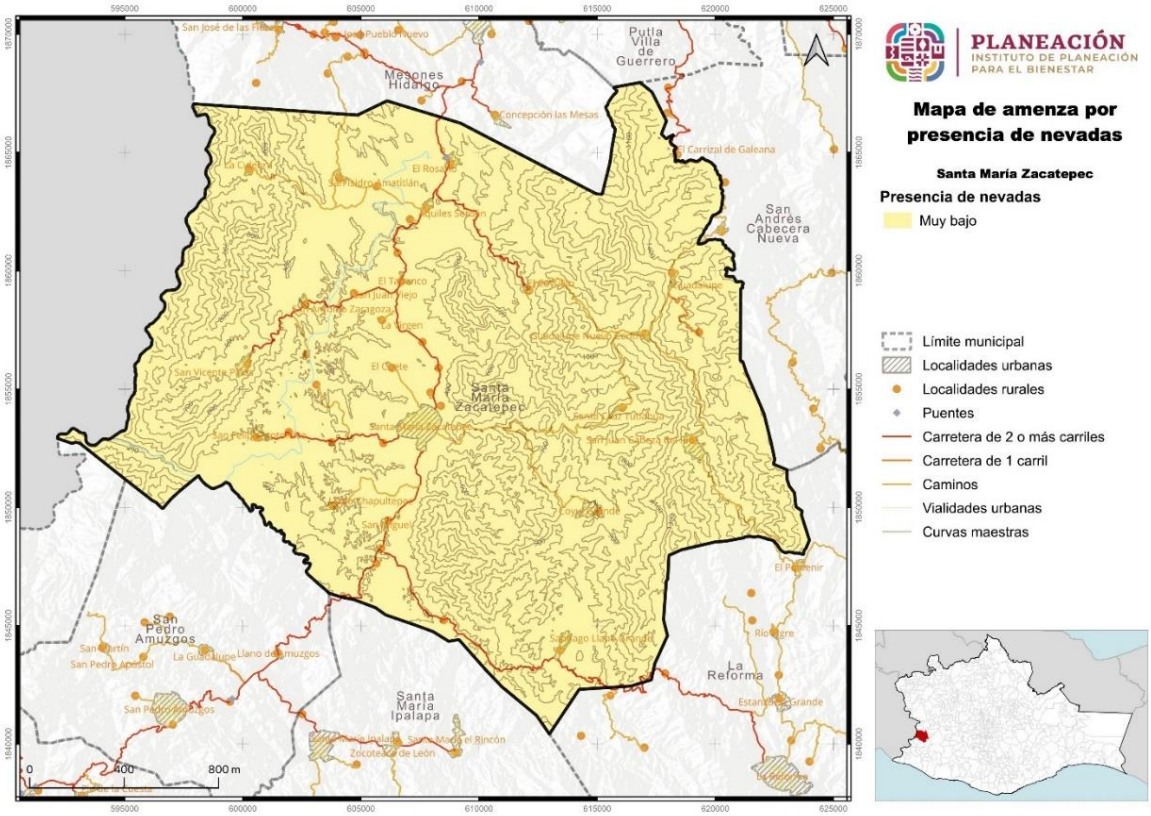
En el territorio se encuentran elevaciones de hasta 1,500 msnm; sin embargo, por la ubicación geográfica del municipio, no son susceptibles a presencia de nevadas, considerándose que la amenaza de nevadas en las 50,082.29 Ha de Santa María Zacatepec es **Muy bajo**.

Tabla 138. Amenaza por nevadas en el municipio

Nevadas	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo	50082.29	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 92. Amenaza por nevadas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Las elevaciones ubicadas en el municipio corresponden al cerro Corral de Piedra con altura de 1,500 msnm, el cerro La Ocotera con altura de 900 msnm., además de otras de menor tamaño como son los cerros Cola de la Culebra, Cabeza de la Culebra y Las Mesas con altura de 800 msnm y el cerro El Papalote con 700 msnm.

V.2.7 Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas se producen en nubes cumulonimbos, las cuales se desarrollan en capas de aire de gran inestabilidad. En latitudes medias y altas, estas nubes llegan a grandes alturas, donde la temperatura es inferior a la de congelación;

así, su parte superior está constituida por una mezcla de cristales de hielo y pequeñas gotas de agua. Las nubes de tormenta dan lugar a electro meteoros, que se definen como la manifestación visible o audible de la electricidad.

Un rayo es una potente descarga entre dos centros de distinta carga eléctrica, pueden ser entre dos regiones de una nube, entre dos nubes o entre una nube y el suelo (Ayllón, Las tormentas eléctricas, 2003).

Cada día se producen en el mundo cerca de 44,000 tormentas y se generan 8,000 000 de rayos. Las tormentas eléctricas pueden ocurrir en cualquier parte del mundo y a cualquier hora del día, principalmente en primavera y verano (Erickson, 1991). (Diana Arlette Cordero Devesa, 2021).

La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que 20% se presenta entre la nube y el suelo. Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantarlo, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente, en grupos o en líneas.

Un rayo alcanza, en una fracción de segundo, una temperatura en el aire que se aproxima a los 30 000 grados centígrados. El aire caliente provoca que se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido que viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo, (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021).

V.2.7.1. Amenaza por tormentas eléctricas

El ciclo de duración de una tormenta varía de algunos minutos hasta varias horas, son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados. En México, ocurren 30 días con tormentas en promedio anual y el máximo es de 100, principalmente sobre las sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre del Sur, Madre de Chiapas, Montañas del norte de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal (Vidal, 2007).

En México, las tormentas eléctricas ocurren con mayor frecuencia en verano y un 10% en otoño e invierno (García, y otros, 2007). Los efectos de las tormentas eléctricas van desde herir o causar el deceso de una persona de forma directa e indirecta, dañar la infraestructura de la población, provocar la muerte del ganado y hasta generar accidentes aéreos.

En México ocurren 30 días con tormentas en promedio anual y el máximo es de 100, principalmente sobre las sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre del Sur, Madre de Chiapas, Montañas del norte de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal (Vidal, 2007).

En el país, durante 2011 hubo 15 decesos por alcance de rayo, particularmente en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Sinaloa, Sonora y Veracruz (DGPC, 2011).

Cálculos realizados por CENAPRED 2021, en los que se compararon los datos del índice de peligro por tormentas eléctricas de 2007, con datos de descargas eléctricas, permitieron actualizar el índice de peligro por tormentas eléctricas a nivel municipal para el año 2020, lo que además permitió recalcular la población susceptible de ser afectada considerando datos de INEGI 2020.

Así se tiene que 137 municipios del país, donde habitan 7 millones 389 mil 655 personas se encuentran en muy alta categoría de peligro a tormentas eléctricas; 17 millones 977 mil 971 personas están expuestas a peligro alto; 40 millones 751 mil 100 personas a peligro medio; 42 millones 690 mil 404 a peligro bajo y 17 millones 204 mil 894 a muy bajo peligro.

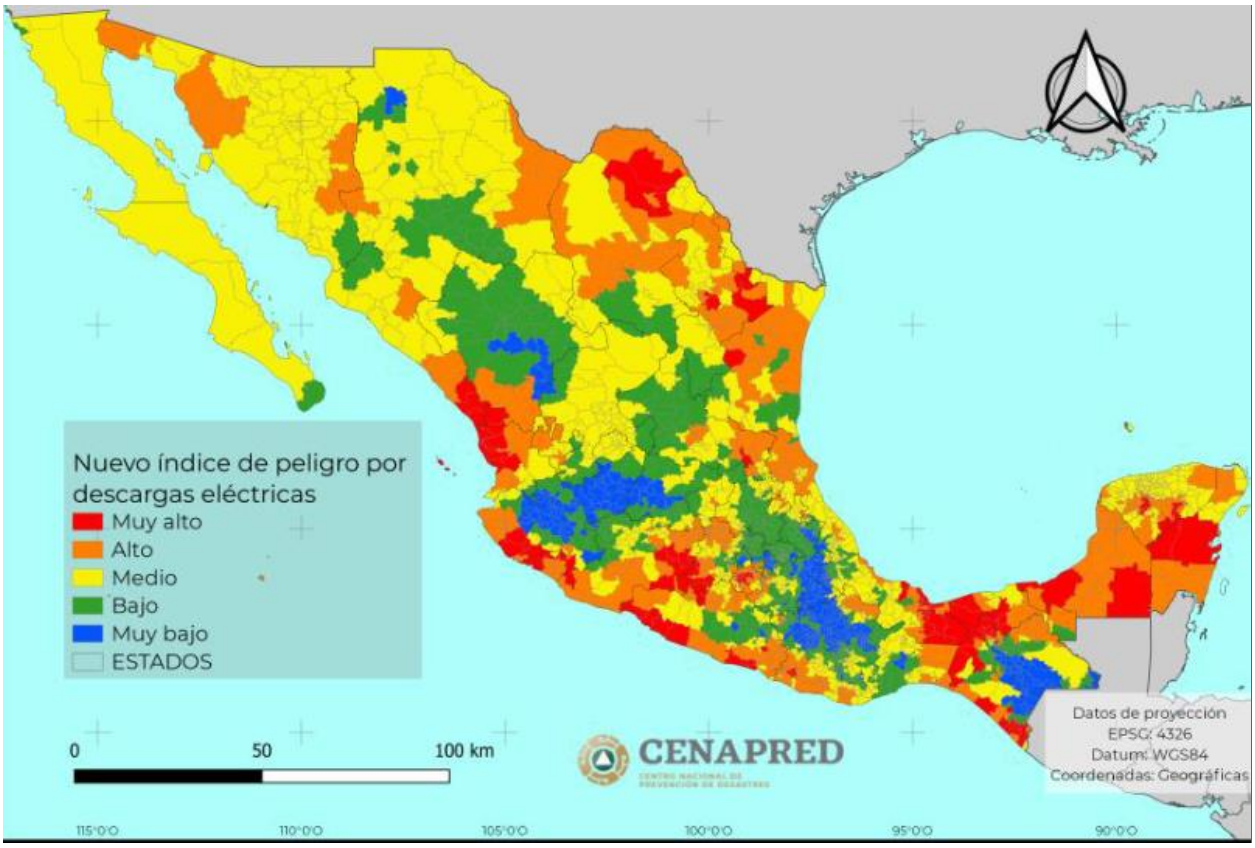
Tabla 139. Población y municipios expuestos al peligro por tormentas eléctricas 2020

Clasificación	Municipios	Población
Muy alto	137	7 389 655
Alto	379	17 977 971
Medio	744	40 751 100
Bajo	752	42 690 404
Muy bajo	457	17 204 894
	2 469	**126 014 024**

Fuente:https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RH/210226_RH_Informe_actividad_4_1.pdf

En el estado de Oaxaca se registran todos los rangos de peligrosidad para tormentas eléctricas, como puede verse en el siguiente mapa.

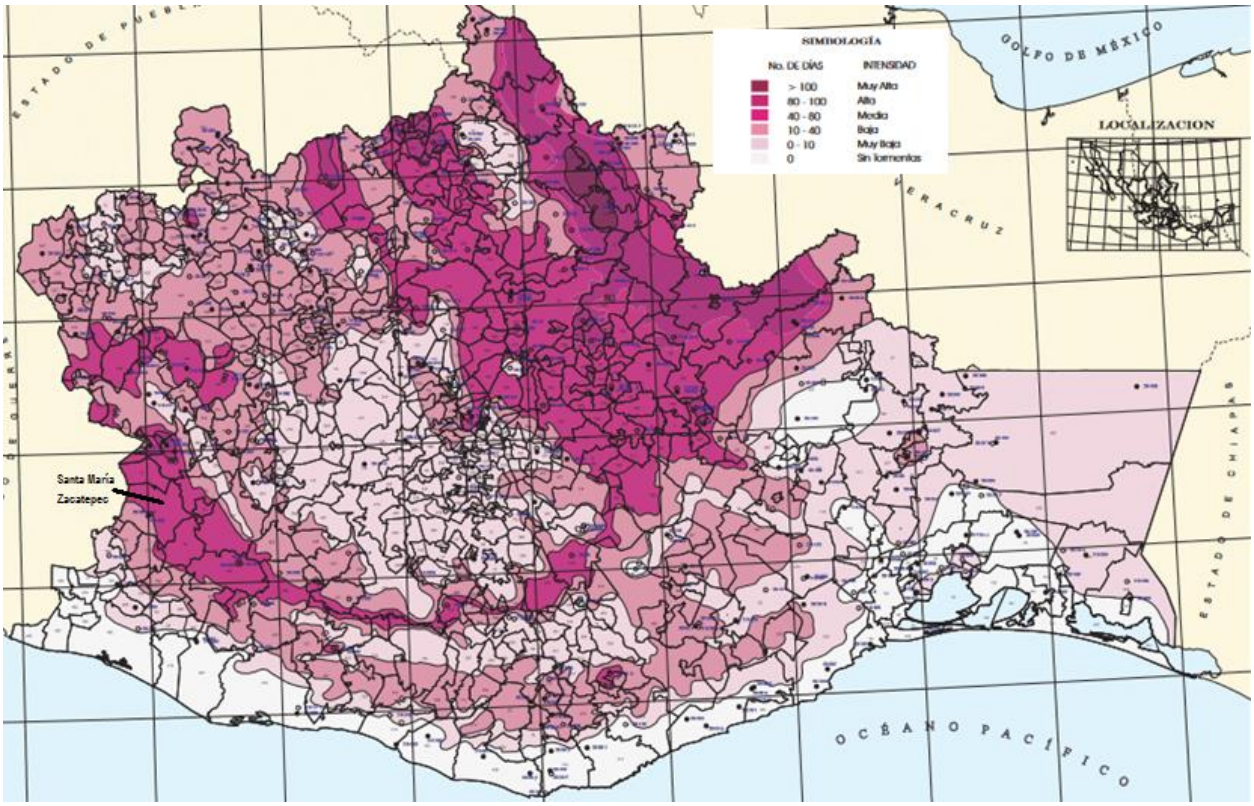
Mapa 93. Peligro por descargas eléctricas de la República Mexicana 2020.



Fuente:https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RH/210226_RH_Informe_actividad_4_1.pdf

La Unidad Estatal de Protección Civil de Oaxaca elaboró un mapa de riesgos de tormenta eléctrica con mayor aproximación de los municipios de la entidad, en el que puede verse que el territorio de Sata María Zacatepec se encuentra dividido en dos zonas, una con riesgo medio y otra con riesgo bajo a fenómenos de tormentas eléctricas.

Mapa 94. Municipios con riesgo de tormentas eléctricas en el estado de Oaxaca.



Fuente: Unidad de Protección Civil Oaxaca. Tomado del Diagnóstico para el Ordenamiento Territorial del estado de Oaxaca (SEDEESOL, COPLADE, Instituto de Geografía de la UNAM)

El peligro por tormentas eléctricas se clasifica con categoría muy alta, cuando ocurre más de 30 días en el municipio; de presentarse 20 a 30 días se clasifica con peligro alto; el peligro medio se alcanza cuando hay de 10 a 20 días con presencia del fenómeno; en rango de peligro bajo se ubican las zonas donde ocurran tormentas en cinco a 10 días y el peligro muy bajo se presenta donde se pueden registrar tormentas en hasta cinco días

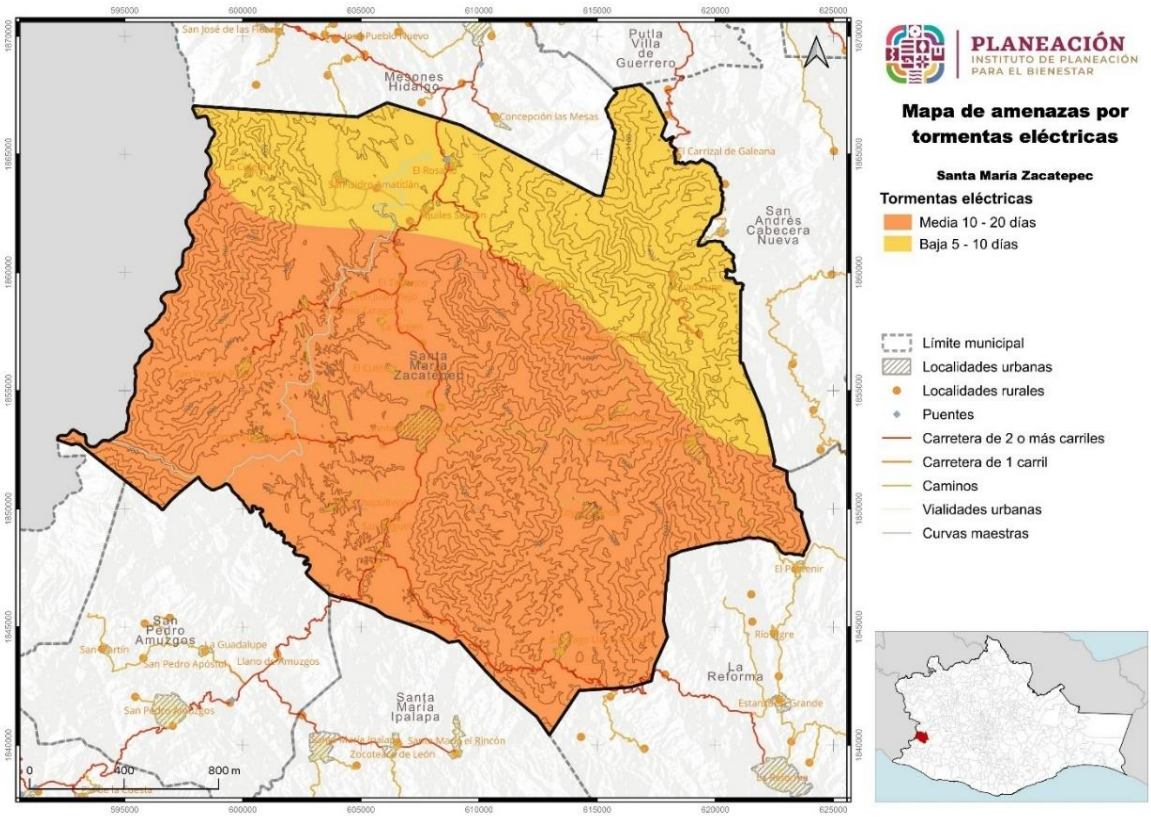
De manera focalizada, se tiene que la amenaza por tormentas eléctricas en Santa María Zacatepec se cataloga con rango medio en 35,890.14 Has., lo que quiere decir que se puede presentar entre 10 y 20 días; por otra parte, 14,192.15 Ha, se ubican con peligro bajo, donde la presencia de tormentas eléctricas puede darse en períodos entre cinco y 10 días.

Tabla 140. Amenaza por tormentas eléctricas en el municipio

Tormentas eléctricas	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio 10 - 20 días	35890.14	71.66
Bajo 5 - 10 días	14192.15	28.34

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 95. Amenaza por tormentas eléctricas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

La zona con grado de amenaza media, que representa el 71.66% del municipio, se encuentra en su parte norte, noreste y este del municipio, desde los límites con los municipios de Mesones Hidalgo, Putla Villa de Guerrero, hasta la colindancia con San Andrés Cabecera Nueva; en su parte este, sur y sureste, abarca la colindancia con el estado de Guerrero, quebrandose hacia el este hacia las estribaciones del cerro Cabeza de la Culebra, avanzado hacia Aquiles Serdán, tomando rumbo hacia el Coyulito y Guadalupe Nuevo Centro, para terminar en el punto trino que se forma con San Andrés Cabecera Nueva y La Reforma. El 28.3 % de la superficie considerada con amenaza baja, abarca el resto del municipio.

V.2.7.2. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 2 años

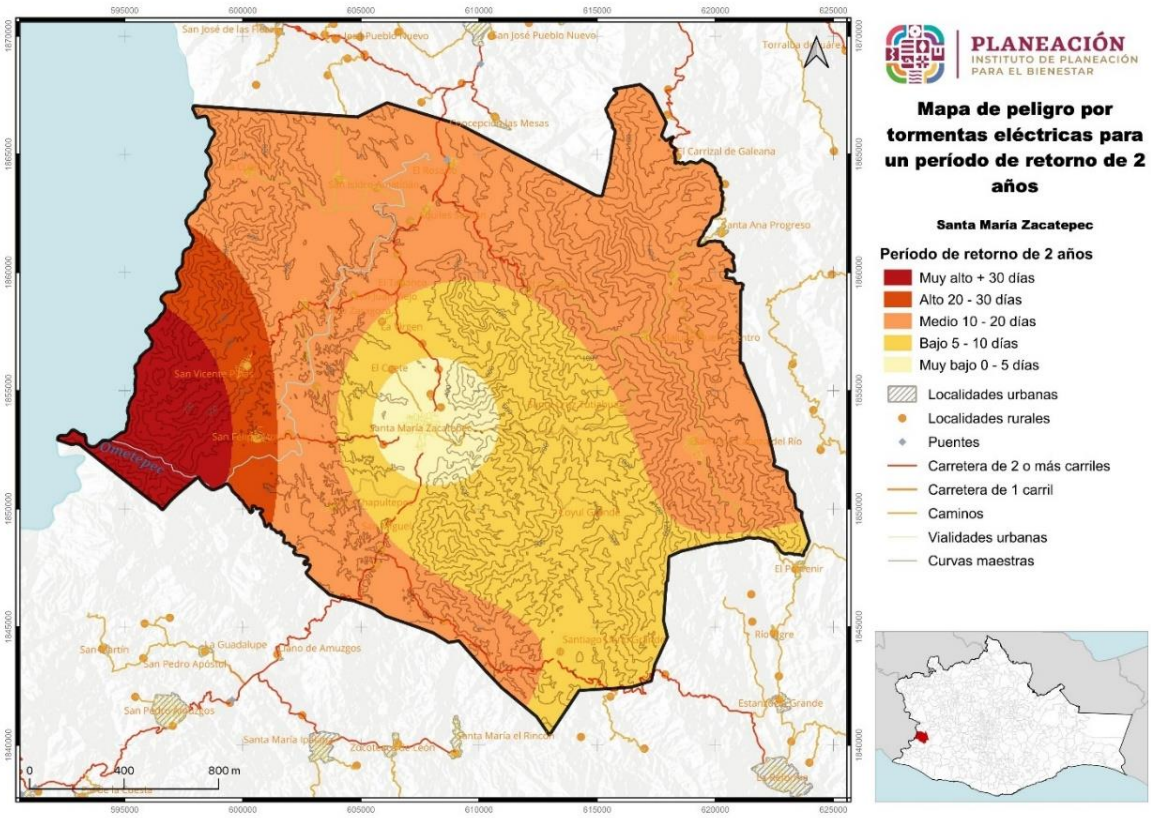
Para un periodo de retorno de dos años, en caso de ocurrir tormentas en magnitud o número de días iguales o excedentarios a los registrados, en el municipio se clasifican con categoría Muy alta 2,984.49 Ha; con peligro Alto se ubican 2,714.07 Ha; el peligro **Medio** se alcanza en 27,427.98 Ha; en rango de peligro bajo, se consideran 14,690.92 Ha y el peligro muy bajo se presenta en 2,264.84 Ha.

Tabla 141. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años

Tormentas eléctricas (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 30 días	2984.49	5.96
Alto 20 - 30 días	2714.07	5.42
Medio 10 - 20 días	27427.98	54.77
Bajo 5 - 10 días	14690.92	29.33
Muy bajo 0 - 5 días	2264.84	4.52

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 96. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años



Fuente: CentroGeo, 2024

La distribución territorial de las zonas con los diferentes niveles de peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de dos años, se distribuyen de la siguiente manera:

El Peligro muy alto abarca el 5.96% de la superficie municipal, ubicada en un área compacta en el extremo sur, en la colindancia con el estado de Guerrero y San Pedro Amuzgos; en una franja ubicada en todo el contorno de la zona con muy alto peligro, se encuentra el área calificada con alto peligro, que forma parte del 5,42% municipal, quedando dentro de ella las localidades de San Vicente Piñas, Las Palmas y San Felipe Atotonilco; la superficie con peligro medio ocupa la mayor parte de territorio con un 54.77% y se encuentra adjunta a las áreas con peligro alto, a la vez que rodeando casi toda la zona de peligro bajo, siendo localidades que se encuentran en esta zona La Culebra, San Isidro Amatitlán, El Rosario, Aquiles Serdán, Terra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, Las Palmas, Llano Chapultepec, San Marcos Nejapa, Sata Cuz de Rufino Tamayo, El Naranjo, El Coyulito, Guadalupe, El Limón Santa Ana, Guadalupe Nuevo Centro y San Juan Cabeza del Río.

Dentro del 29,33% de la superficie municipal considerada con peligro bajo se encuentran La Virgen, El Cuete, Tres Arroyos, Rancho San Pedro, San Miguel, Santiago Llano Grande, Coyul Grande y Santa Cruz Tutiahua; peligro muy bajo se estima en el 4.52% del municipio, donde se encuentra la cabecera municipal y los pueblos cercanos de su alrededor, San Pedro, Sesteadero y Llano de Viuda.

V.2.7.3. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 5 años

En caso de presentarse tormentas eléctricas en un período de retorno de cinco años, el escenario cambia, respecto a la estimación realizada para el período de retorno de dos años, ya que la zona con peligro **Alto** predomina en el municipio, abarcando 18,343.49 Ha.

Le siguen en superficie ocupada, las áreas con peligro Medio con 18,343.49 Ha; con peligro Muy alto 6,411.79 Ha; con peligro Bajo 2,289.45 Ha y con peligro Muy bajo 1,376.73 Ha.

Tabla 142. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años

Tormentas eléctricas (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 30 días	6411.79	12.8
Alto 20 - 30 días	21660.84	43.25
Medio 10 - 20 días	18343.49	36.63
Bajo 5 - 10 días	2289.45	4.57
Muy bajo 0 - 5 días	1376.73	2.75

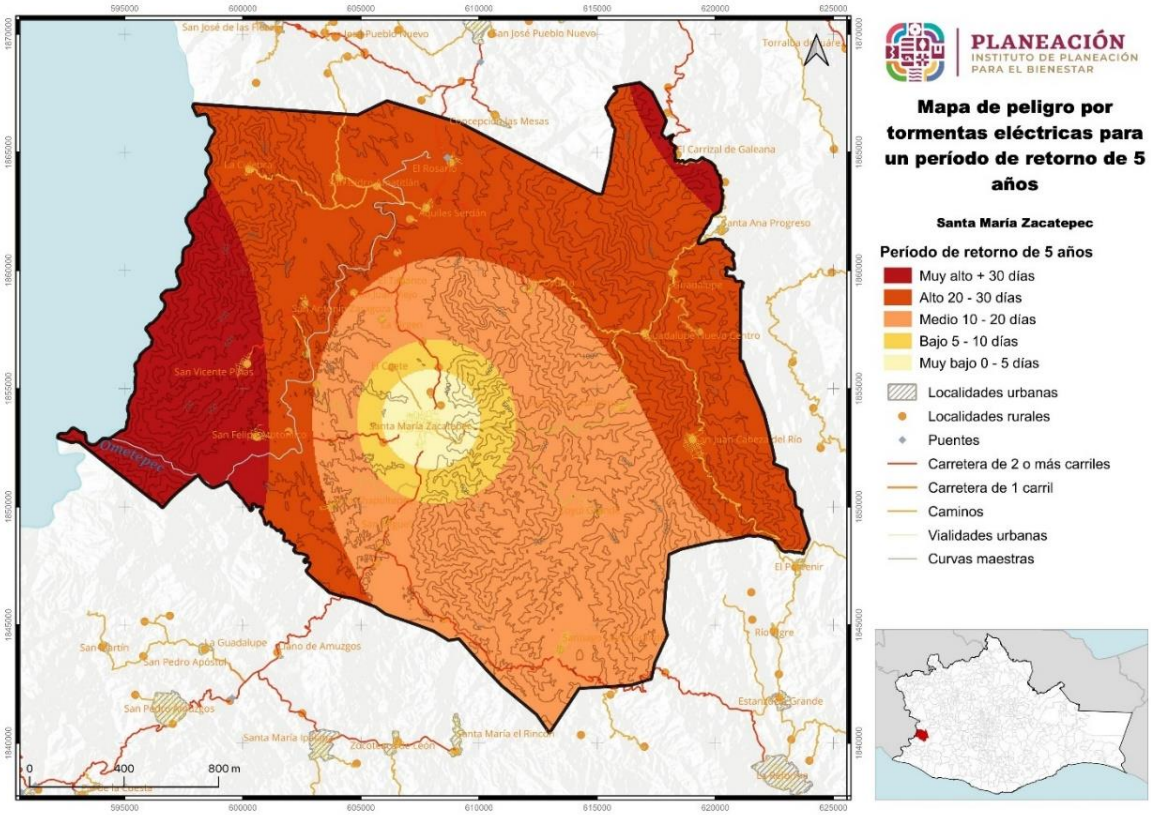
Fuente: CentroGeo, 2024

El Peligro muy alto abarca el 12.8% de la superficie municipal, ubicada en un área compacta en el extremo sur, en la colindancia con el estado de Guerrero y San Pedro Amuzgos, incluyendo a las localidades de San Vicente Piñas, Las Palmas y San Felipe Atotonilco, además de una franja al noreste, en los límites con las localidades de El Carrizal de Galeana y Santa Ana Progreso que pertenecen al municipio de Putla Villa de Guerrero.

El peligro alto abarca el 43.25% el municipio, y rodea la zona con muy alto peligro, quedando dentro de ella las localidades de Atotonilco, San Antonio Zaragoza, San Juan Viejo, Tierra Colorada, Aquiles Serdán, La Culebra, San Isidro Amatitlán, El Cangrejo, El Rosario, Guadalupe, El Limón Santa Ana, Guadalupe Nuevo Centro, San Juan Cabeza del Río, llegando hasta las colindancias con San Andrés Cabecera Nueva y la parte noreste de La Reforma.

La superficie con peligro medio que ocupa el 36.63%, se encuentra adjunta a las áreas con peligro alto, a la vez que rodeando toda la zona con peligro bajo, siendo localidades ubicadas dentro de esta zona; El Tapanco, Las Palmas, Atotonilco, San Miguel, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, El Naranjo, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, Santa Cruz Tutiahua y El Coyulito.

Mapa 97. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Dentro del 4.57% de la superficie municipal considerada con peligro bajo se encuentran El Cuete, Tres Arroyos, Rancho San Pedro y Llano de Viuda; el peligro muy bajo se estima en el 2.75% del municipio, que abarca la cabecera municipal, San Pedro y Sesteadero.

V.2.7.4. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 10 años

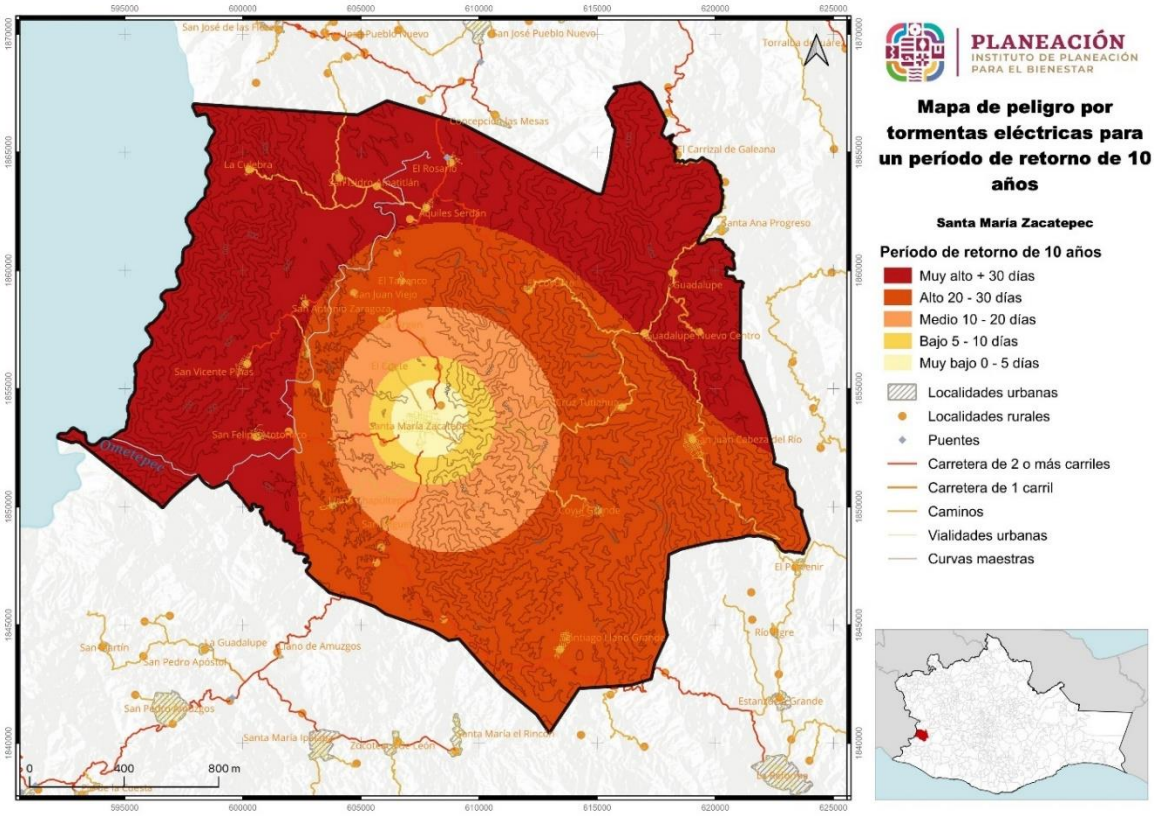
Para el periodo de retorno de 10 años de tormentas eléctricas en el municipio, se proyecta que 21,709.78 Ha, estarían en peligro **Muy alto**; 20,497.06 Ha, en peligro Alto; 5,584.75 Ha, en peligro medio; 1,456.83 Ha, de peligro bajo y 833.87 Ha, en peligro muy bajo.

Tabla 143. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años

Tormentas eléctricas (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 30 días	21709.78	43.35
Alto 20 - 30 días	20497.06	40.93
Medio 10 - 20 días	5584.75	11.15
Bajo 5 - 10 días	1456.83	2.91
Muy bajo 0 - 5 días	833.87	1.66

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 98. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Se amplía el área con peligro Muy alto al 43.35% del territorio, abarcando toda la parte sur, norte y noreste del municipio quedando inmersas en esta zona las localidades de San Felipe Atotonilco, San Vicente Piñas, San Antonio Zaragoza, Aquiles Serdán, San Isidro Amatitlán, La Culebra, El Rosario, Guadalupe, El Limón Santa Ana y Guadalupe Nuevo Centro.

La superficie con nivel de peligro alto abarca 40.93% del municipio, afectando las localidades de La Virgen, Tierra Colorada, El tapanco, San Juan Viejo, Las Palmas, Llano Chapultepec, San Marcos Nejapa, Sata Cruz de Rufino Tamayo, El Naranjo, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, San Juan Cabeza del Río, Santa Cruz Tutiahua y El Coyulito.

En el grado de peligro medio, que ocupa el 11.15% de la superficie municipal, ubican las localidades de Tres Arroyos, El Cuete, San Miguel y Las Mesas; dentro del 2.91% que abarca la zona con peligro bajo se encuentran Llano de Viuda y Rancho San Pedro; en zonas con muy bajo peligro a tormentas eléctricas en un período de retorno de 10 años se tienen a la cabecera municipal y Sesteadero con 1.66%.

V.2.7.5. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 25 años

Para el periodo de retorno de 25 años de tormentas eléctricas en el municipio, se considera que en caso de igualarse o rebasarse las magnitudes del fenómeno ya presentados, entonces se tendrían 38,043.0 Ha, bajo riesgo **Muy alto**; 7,347.0 Ha, en riesgo Ato; 3,132.0 Ha, en riesgo Medio; 1,016 Ha, en riesgo Bajo y 544.0 Ha, en riesgo Muy bajo.

Tabla 144. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años

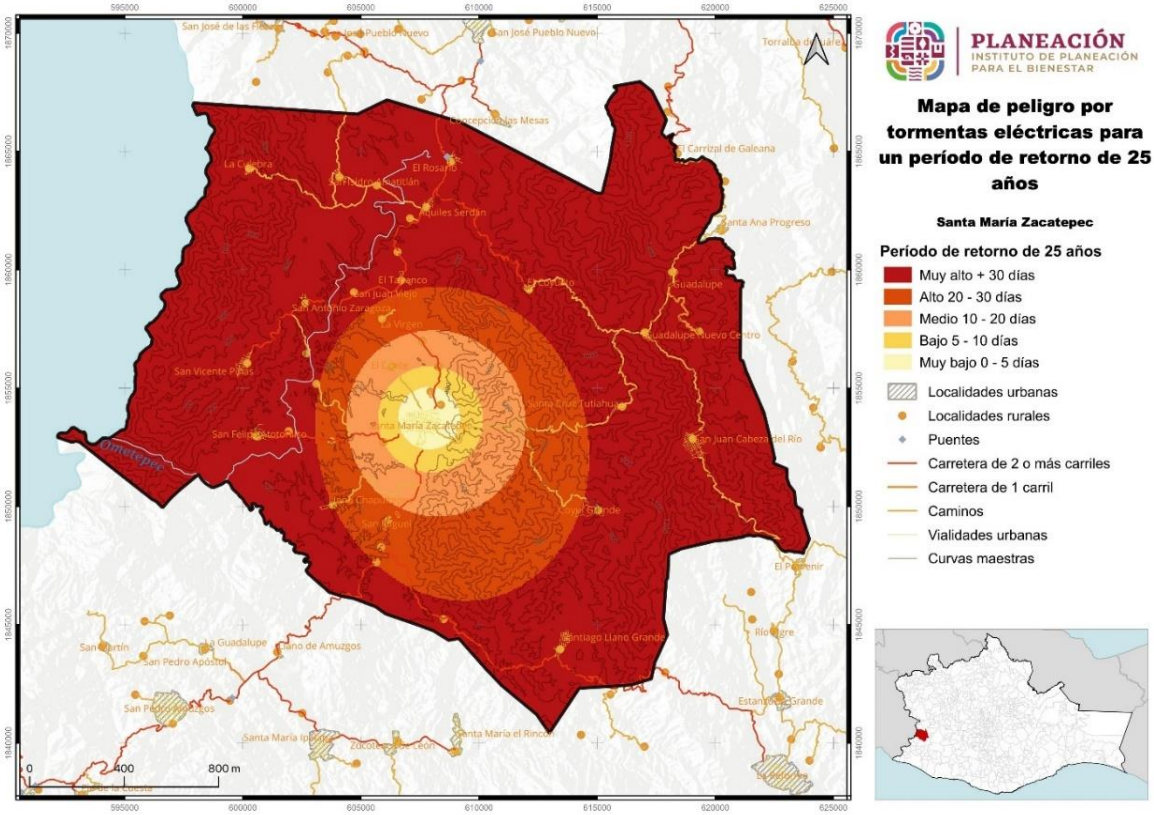
Tormentas eléctricas (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 30 días	38043	75.96
Alto 20 - 30 días	7347	14.67
Medio 10 - 20 días	3132	6.25
Bajo 5 - 10 días	1016	2.03
Muy bajo 0 - 5 días	544	1.09

Fuente: CentroGeo, 2024

El área que se proyecta con peligro muy bajo se reduce al 1.09% de la superficie municipal, abarcando la cabecera municipal y Sesteadero; en zona con peligro bajo se ubica el 2.03% del municipio, donde se encuentran la localidad de Llano de Viuda; la zona con peligro medio ocupa el 6.25% municipal, abarcando terrenos de la localidad El Cuete; alto peligro se identifica en el 14.63% del municipio, en las localidades de La Virgen, Atotonilco, Llano Chapultepec, San Miguel, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, Coyul Grande y Las Mesas; el nivel de peligro muy alto para este período de retorno de 25 años e presencia de tormentas eléctricas, llega a abarcar el

75.96% del territorio, en todos los alrededores del municipio y las demás localidades que no se han mencionado en los otros rangos de peligro.

Mapa 99. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.7.6. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 50 años

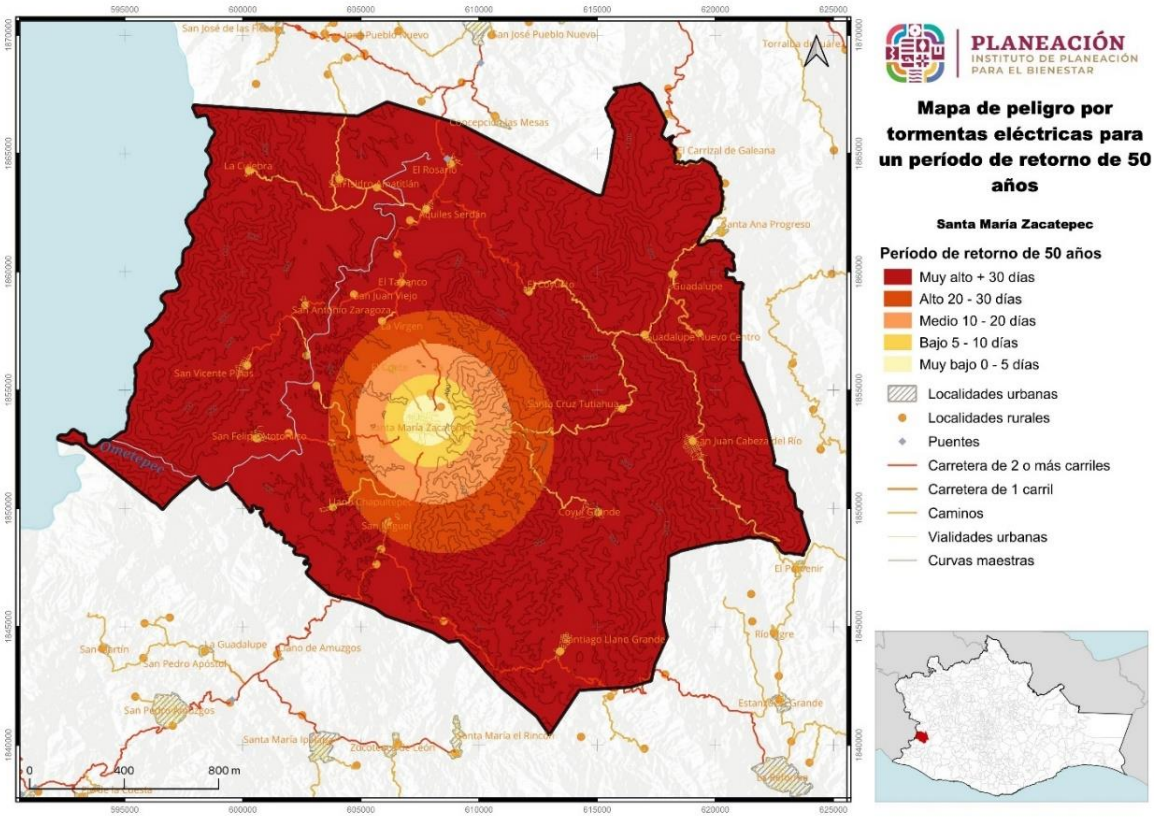
Para el periodo de retorno de 50 años por peligro por tormentas eléctricas, considerando la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno en magnitudes mayores a las ya ocurridas en el municipio, se calcula que en 42,384.61 Ha, del municipio el peligro es Muy alto; en 4,192.2 Ha, es Alto; en 2,320.83 Ha, es Medio; en 820.82 Ha es Bajo y en 363.83 Ha, se considera Muy bajo.

Tabla 145. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años

Tormentas eléctricas (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 30 días	42384.61	84.63
Alto 20 - 30 días	4192.2	8.37
Medio 10 -20 días	2320.83	4.63
Bajo 5 - 10 días	820.82	1.64
Muy bajo 0 - 5 días	363.83	0.73

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 100. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

El nivel de peligro por tormentas eléctricas en el período de retorno de 50 años se incrementa de manera sustantiva, estimándose que el 93.0% del territorio se encontraría en muy alto o alto peligro. Para este período de retorno solo la cabecera municipal y sus alrededores, el 0.73% del territorio municipal, se considera con muy bajo peligro; la zona con peligro bajo forma un anillo delgado alrededor de la cabecera municipal que abarca el 1.64% de la superficie del municipio, que a su vez es rodeada por la zona con peligro medio que ocupa el 4.63% y en ella se encuentran las localidades de Rancho San Pedro y El Cuete.

El 8.37% del municipio se considera con alto peligro a tormentas eléctricas en el período de retorno de 50 años y el 84.63% con peligro muy alto, pudiendo establecerse como punto de referencia de su cobertura; al norte, desde Rancho La Virgen hasta los límites con Mesones Hidalgo; al sur desde el río El Amate hasta la colindancia con La Reforma; al Oriente, desde Las Mesas hasta la colindancia con San Andrés Cabecera Nueva y al Ponente, desde el camino que desvía hacia Las Palmas hasta los límites con el estado de Guerrero.

V.2.7.7. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 100 años

Previendo la presencia de tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 100 años, en magnitudes mayores a las ya ocurridas en el municipio, se calcula que 44,314.0 Ha, se encontrarían en **Muy alto** peligro; en 2,965.0 Ha, se considera Alto; en 1,855.0 Ha, es Medio; en 693.0 Ha es Bajo y en 255.0 Ha, se Muy bajo.

Tabla 146. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años

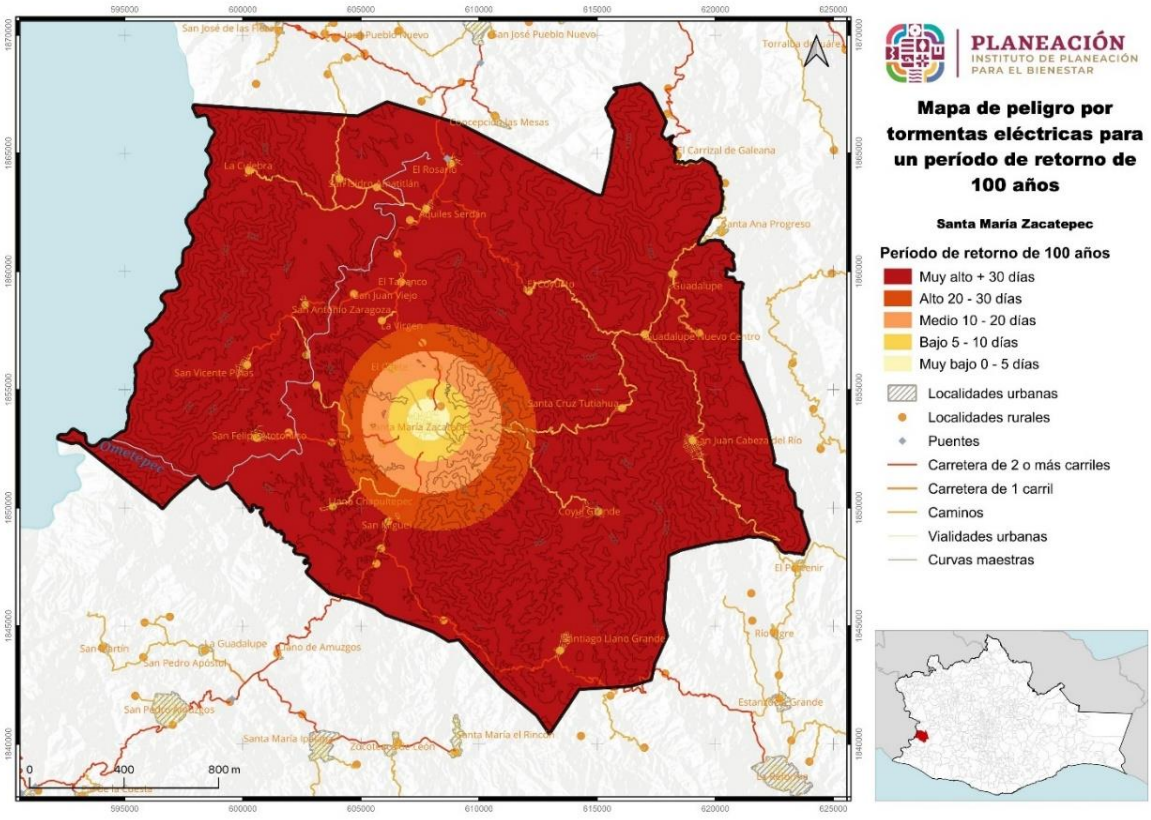
Tormentas eléctricas (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto + 30 días	44314	88.48
Alto 20 - 30 días	2965	5.92
Medio 10 - 20 días	1855	3.7
Bajo 5 - 10 días	693	1.38
Muy bajo 0 - 5 días	255	0.51

Fuente: CentroGeo, 2024

En un período de retorno de 100 años se mantiene la tendencia de incremento del nivel de peligro por tormentas eléctricas, de tal manera que las áreas con muy alto y alto peligro ocupan el 94.4% del municipio, abarcando al norte, desde Tres Arroyos hasta los límites con Mesones Hidalgo; al sur desde el río San Miguel hasta la colindancia con La Reforma; al Oriente, desde las estribaciones del cerro Las Mesas hasta la colindancia con San Andrés Cabecera Nueva y al Poniente, aproximadamente desde los ocho kilómetros de la cabecera municipal hasta los límites con el estado de Guerrero

Para este período de retorno solo la cabecera municipal y sus alrededores, el 0.51% del territorio municipal, se considera con muy bajo peligro; la zona con peligro bajo forma un anillo delgado alrededor de la cabecera municipal que abarca el 1.38% de la superficie del municipio, que a su vez es rodeada por la zona con peligro medio que ocupa el 3.7% y en ella se encuentran la localidad de El Cuete.

Mapa 101. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.8 Sequías

La sequía se define como precipitaciones por debajo del promedio, durante varios meses o años, considerándose un fenómeno recurrente en el país. No debe confundirse con la escasez de agua, que se refiere a la insuficiencia de agua para cubrir la demanda de la población. (CONAGUA, ¿Que es la sequia?).

La sequía es un fenómeno natural que afecta la disponibilidad de recursos hídricos esenciales para la vida y el desarrollo humano y que se vuelve una situación crítica, en la medida que el cambio climático se intensifica y la demanda de agua aumenta debido al crecimiento de la población y la expansión de actividades económicas.

Las causas de una sequía involucran factores naturales y antropogénicos. Normalmente, la causa principal de toda sequía es la escasez de precipitaciones pluviales (sequía meteorológica) lo que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para abastecer la demanda existente.

Las causas de la sequía pueden ser de origen natural, por modificaciones en los patrones de la circulación atmosférica, las variaciones en la actividad solar y los

fenómenos de interacción entre el océano y la atmósfera o de origen antropogénico, dado que el calentamiento del planeta actual se atribuye en gran medida a las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la degradación ambiental (deforestación, degradación del suelo y desertificación) y la alteración de los sistemas ecológicos naturales.

La sequía siempre ha sido una amenaza para la supervivencia de la humanidad, provocando migraciones masivas, hambrunas y guerras. Actualmente, la sequía sigue afectando a la población mundial y se considera el fenómeno que más afecta a al ser humano.

Las consecuencias de la sequía pueden ser directas o indirectas; las primeras pueden ocasionar impactos económicos, agricultura y ganadería, gestión del agua y abastecimiento, industria, generación de energía hidroeléctrica, impactos medioambientales, agua, suelo, aire, organismos vivos, espacios naturales protegidos, contaminación y aumento de incendios forestales, las consecuencias indirectas se agrupan en aspectos de economía (generación de energía hidroeléctrica, comercio y asuntos financieros), impactos sociales (salud pública, desempleo, política y asuntos exteriores) y otros, como el ocio y el turismo, (iagua.es, 2024).

Debido a la actual sequía, que comenzó en 2022, nuestro país está pasando por su peor crisis hídrica en tres años. De acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua, más de 65 % del territorio nacional presenta algún grado de sequía. La situación se ha complicado porque a la sequía se agregan temperaturas excepcionalmente altas en muchas regiones del país.

El Monitor de Sequía en México (MSM), del Servicio Meteorológico Nacional, señala que al 30 de abril de 2024 el número de municipios con sequía fueron mil 963, es decir, 79.4 por ciento de los 2 mil 469 municipios y alcaldías de los 31 estados y la Ciudad de México. De estos municipios, 380 sufrían sequía extrema y 215 sequía excepcional.

De acuerdo con el MSM, a situación es excepcional, por las pérdidas de cultivos y pastos, incendios, carencia de agua en presas, arroyos y pozos, todo lo cual crea una situación de emergencia.

Las principales consecuencias de la prolongada sequía y de las altísimas temperaturas de las últimas semanas es la caída de la producción de granos, principalmente de maíz, lo que podría convertirnos en el principal importador de este cereal en el mundo.

De los 195 millones de hectáreas del total del país, el sector agropecuario utiliza 134 millones, de las que 82 % dependen de las lluvias, para la producción agrícola y la ganadería. Si las lluvias tardan en llegar o no son suficientes, habrá problemas en la producción de alimentos y de carne y leche, y las familias que dependen de esta actividad no tendrán ingresos.

Por lo anterior, las sequías se han empezado a considerar un riesgo para el país porque afectan a más de 60 % del territorio nacional con las pérdidas que conllevan.

Algunos estudios han encontrado que 70 % de la población mexicana vive en un lugar en el que la sequía está entre moderada y extrema y que 50 % vivió una sequía entre severa y excepcional. (Huerta, 2024)

Al 15 de febrero de 2024, el Monitor de Sequía en México (MSM), del Servicio Meteorológico Nacional, señala incremento de zonas puntuales con sequía en Coahuila, Nuevo León, Chiapas y Tabasco, con un 59.86% de áreas a nivel nacional con sequía de moderada a excepcional.

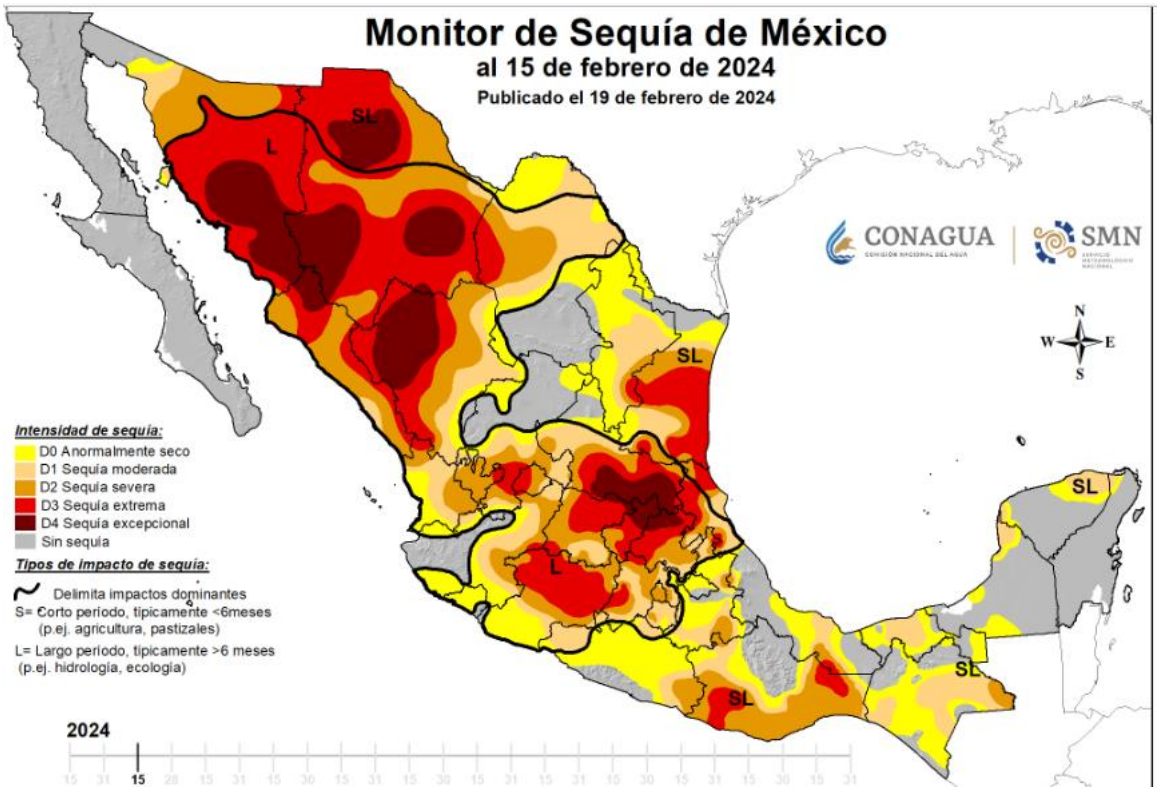
Tabla 147. Porcentaje de área con sequía en las Entidades Federativas

	Porcentaje de área (%) al 15 de febrero de 2024					
Entidades Federativas	Sin afectación	D0	D1	D2	D3	D4
Aguascalientes	0.0	0.0	13.4	45.8	40.8	0.0
Baja California	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Baja California Sur	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Campeche	81.4	13.7	4.9	0.0	0.0	0.0
Coahuila de Zaragoza	25.1	25.4	29.0	14.3	6.2	0.0
Colima	18.2	81.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Chiapas	25.0	40.3	30.5	4.2	0.0	0.0
Chihuahua	0.0		1.2	22.0	48.4	28.4
Ciudad de México	0.0	0.0	11.1	88.9	0.0	0.0
Durango	1.7	8.3	17.3	22.1	23.4	27.2
Guanajuato	0.0	0.0	16.1	37.3	41.5	5.1
Guerrero	14.1	54.6	22.1	9.2	0.0	0.0
Hidalgo	0.0	1.3	14.5	28.6	39.5	16.1
Jalisco	25.5	27.7	21.2	23.1	2.5	0.0
Estado de México	0.0	8.8	42.7	34.3	14.2	0.0
Michoacán de Ocampo	1.1	24.3	6.5	22.0	46.1	0.0
Morelos	0.0	14.5	76.0	9.5	0.0	0.0
Nayarit	1.4	29.6	34.0	29.9	5.1	0.0
Nuevo León	12.2	51.4	28.4	5.3	2.7	0.0
Oaxaca	22.2	11.7	13.3	40.8	12.0	0.0
Puebla	10.2	44.7	31.0	13.2	0.9	0.0
Querétaro de Arteaga	0.0	0.0	0.0	23.7	39.4	36.9
Quintana Roo	97.1	1.4	1.5	0.0	0.0	0.0
San Luis Potosí	9.2	11.6	17.4	16.1	20.4	25.3
Sinaloa	0.0	0.0	5.1	53.7	29.4	11.8
Sonora	7.4	2.2	4.4	19.9	41.5	24.6
Tabasco	26.9	46.2	26.9	0.0	0.0	0.0
Tamaulipas	10.1	16.2	14.5	23.5	35.7	0.0
Tlaxcala	32.4	61.6	6.0	0.0	0.0	0.0
Veracruz	35.9	19.7	18.7	12.5	13.2	0.0
Yucatán	69.4	13.1	17.5	0.0	0.0	0.0
Zacatecas	45.7	19.8	16.6	12.8	5.1	0.0

Fuente:
https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20240215.pdf

Para el caso de Oaxaca, el 22.2% de su territorio se registra sin afectación por sequias, 11.7% anormalmente seco (D0), 13.3% con sequía moderada (D1), 40.8% sequía severa (D2), 12.0% sequía extrema (D3), 0.0% con sequía excepcional (D4).

Mapa 102. Monitor de Sequía de México al 15 de febrero de 2024.



Fuente:
https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20240215.pdf

El reporte emitido por el Monitor de Sequias en México (MSM) para el 28 de febrero de 2024, cataloga a Santa María Zacatepec como anormalmente seco, (CONAGUA S. , 2024).

CENAPRED 2021 cataloga al municipio con un alto grado de peligro por sequía, aun cuando no se tienen antecedentes de declaratorias de desastre o emergencia por este fenómeno. (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021).

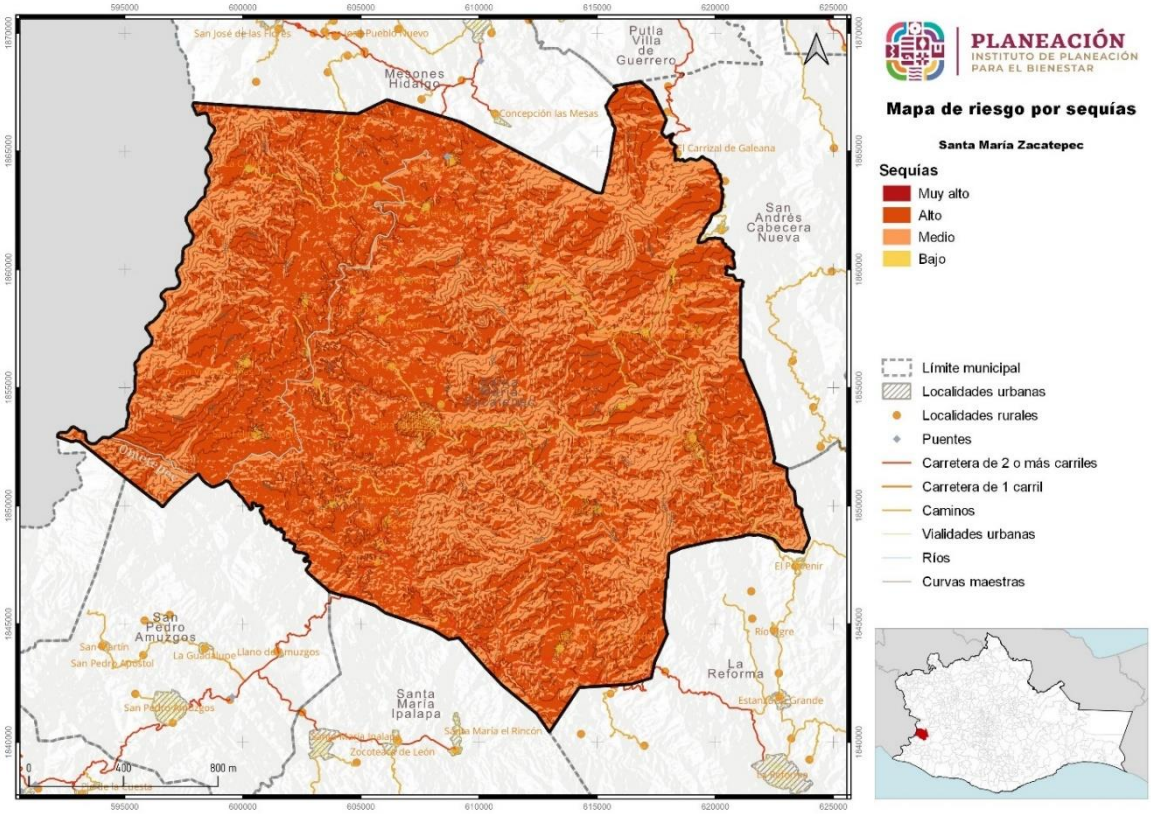
Focalizando la amenaza por sequía en el municipio, se tiene que 3.12 Ha, se consideran con muy alta susceptibilidad a este fenómeno, que representa el 0.01% del total de la superficie municipal; 31,226.64 Ha, que son el 62.44% del área municipal, se registra con **Alta** amenaza; 18,748.51 Ha, el 37.49% es de amenaza Media; con Baja amenaza se ubican 29.05 Ha, el 0.06% del territorio.

Tabla 148. Amenaza por sequías en el municipio

Amenaza por sequias	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy Alta	3.12	0.01
Alta	31226.64	62.44
Media	18748.51	37.49
Baja	29.05	0.06

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 103. Amenaza por sequías en el municipio.



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas catalogadas con muy alta y baja amenaza a sequías son imperceptibles en el mapa, en virtud de su tamaño pequeño que abarca el 0.01% y 0,06% respectivamente; las zonas con amenaza media representan la mayoría de la superficie, al cubrir el 62.44% del territorio, que al parecer corresponden a lomeríos y valles ocupados por selva seca caducifolia y subcaducifolia, así como por sabana, zonas agropecuarias y urbanas.

Las áreas con baja amenaza a sequías, se puede decir que corresponden a las sierras donde aún se mantiene la mayor parte del bosque de pino y pino-encino.

V.2.9 Ondas cálidas

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial una onda de calor es el calentamiento importante del aire o invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa, (Cuidate de la onda de calor , 2018).

Por otra parte (Vidal, y otros, 2010) indican que una onda cálida es definida por un período de tres o más días cuando la temperatura excede cierto umbral, que para el caso de México sería 26°C.

Por lo general las temperaturas máximas extremas que se presentan en un lugar son consecuencias de sistemas atmosféricos atípicos que se asientan en una región y pueden dar lugar en el verano a ondas cálidas; las temperaturas extremas que se presentan son de magnitud dos a tres desviaciones estándar, respecto a los valores normales de temperaturas máximas.

Una onda de calor puede generar un escenario crítico y dar lugar a casos de golpe de calor, agotamiento, sincope, calambres, enfermedades gastrointestinales, deshidratación, entre otras, las cuales incrementan la morbilidad, particularmente de los grupos vulnerables como bebes, ancianos y personas en situación de alta marginación; así mismo, ocasiona la desecación de la vegetación, que además de alterar el ciclo biológico de las plantas y reducir su productividad, genera peligro de incendios forestales.

Dentro de las ondas cálidas se analizan las variaciones en las temperaturas, enfocándose en las temperaturas máximas y el impacto que provoca en las actividades económicas y en el propio ser humano.

La onda u ola de calor es un periodo de temperatura excesiva, casi siempre combinada con humedad, que se mantiene durante varios días consecutivos, a continuación, se muestran los rangos de vulnerabilidad por altas temperaturas.

Tabla 149. Vulnerabilidad por altas temperaturas

Vulnerabilidad por Altas Temperaturas		
Temperaturas	**Sensación**	**Vulnerabilidad**
28°C ≤ 31°C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos.
31.1°C ≤ 33°C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolvaneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades.
33.1°C ≤ 35°C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan.

Vulnerabilidad por Altas Temperaturas		
Temperaturas	**Sensación**	**Vulnerabilidad**
>35°C	Límite Superior de Tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconciencia en algunas personas. Aumentando las enfermedades.

Una onda de calor se interpreta cuando el umbral de temperatura está presente durante tres días continuos, para ello se establecieron ciertos umbrales que aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 150. Umbrales de temperatura

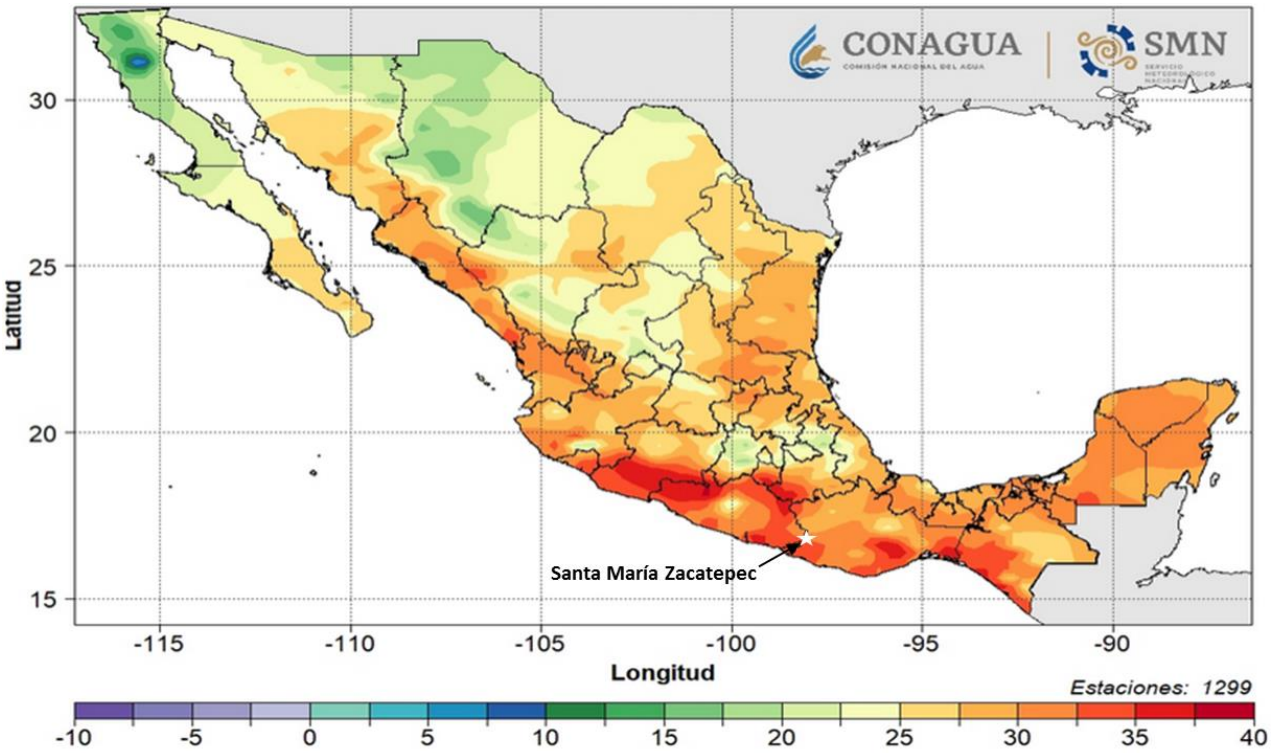
Umbrales de temperatura utilizados para el conteo de las ondas de calor	
Intervalos de temperatura °C	Tipo o grado de severidad
6 – 29.9	1
30 – 33.9	2
34 – 34.9	3
>40	4

En México, de marzo a julio, las ondas de calor son habituales debido a sistemas de alta presión atmosférica que se instalan en niveles medios de la atmósfera. Estos sistemas anticiclónicos inhiben la formación de nubes, reducen la probabilidad de lluvia y provocan cielos despejados o parcialmente nublados, incrementando las temperaturas. Si estos sistemas persisten de 3 a 5 días, generan una onda de calor. (Lo peor no ha pasado: México acaba de adentrarse en una nueva onda de calor este 2024, 2024).

Las altas presiones atmosféricas o anticiclónicas son sistemas semiestacionarios, que se ubican en niveles medios de la atmósfera, sobre México, entre marzo y julio, principalmente durante la primavera y el inicio del verano, propiciando condiciones para el desarrollo de ondas de calor.

Los sistemas de alta presión o anticiclónicos inhiben la formación de nubes, ocasionando baja probabilidad de lluvia, cielos de despejados a medio nublados e incremento de temperaturas. Cuando este sistema permanece por más de 3 a 5 días, genera una onda de calor.

Mapa 104. Temperatura máxima promedio mensual (°C). Febrero 2024.



Fuente:https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias

CENAPRED 2021 clasifica al municipio con grado de peligro por onda de calor muy bajo, en virtud que no se han presentado declaratorias de emergencia por onda de calor a la fecha; sin embargo, en el año 2024 se ha dado la presencia extraordinaria de este fenómeno, al que el territorio de Santa María Zacatepec no ha escapado. (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021).

Para el periodo 2024, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), ha pronosticado cinco ondas de calor: una en marzo; otra en abril; dos en mayo y una en junio. (smn.conagua.gob.mx, 2024).

El estado de Oaxaca ha registrado incrementos significativos de su temperatura máxima promedio en el 2024, en enero fue de 30.0°C y en febrero subió a 31.5°C, con alta probabilidad que esta tendencia se mantenga hasta mediados del año. (CONAGUA, Temperatura Maxima Promedio por Entidad Federal y Nacional 2024, 2024).

En el siguiente mapa se observan las zonas con más altas temperaturas máximas promedio registradas en febrero de 2024, ubicadas en los estados de Michoacán, Guerrero, Estado de México, Puebla, Oaxaca y Chiapas, con temperaturas entre los 35

y 40°C. Oaxaca aparece con rangos de temperatura entre los 25 y 40°C. El municipio de Santa María Zacatepec se ubica en rangos de entre los 30 y 35°C.

V.2.9.1. Amenaza por temperaturas máximas extremas

El municipio está expuesto a la amenaza de temperaturas máximas entre los 28 a 35°C, con presencia diferenciada en su territorio, de tal manera que 45,704.92 Ha, se consideran con amenaza **Alta**, ya que se presentan temperaturas entre los 33 y 35°C; 3,911.76 Ha, se califican con amenaza media, con temperaturas entre 31 y 33°C y 440.43 Ha, se consideran con amenaza baja, con temperaturas entre los 28 y 31°C.

Tabla 151. Amenaza por temperaturas máximas

Amenaza por temperaturas máximas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta 33° a 35°C	45704.92	91.31
Media 31° a 33°C	3911.76	7.81
Baja 28° a 31°C	440.43	0.88

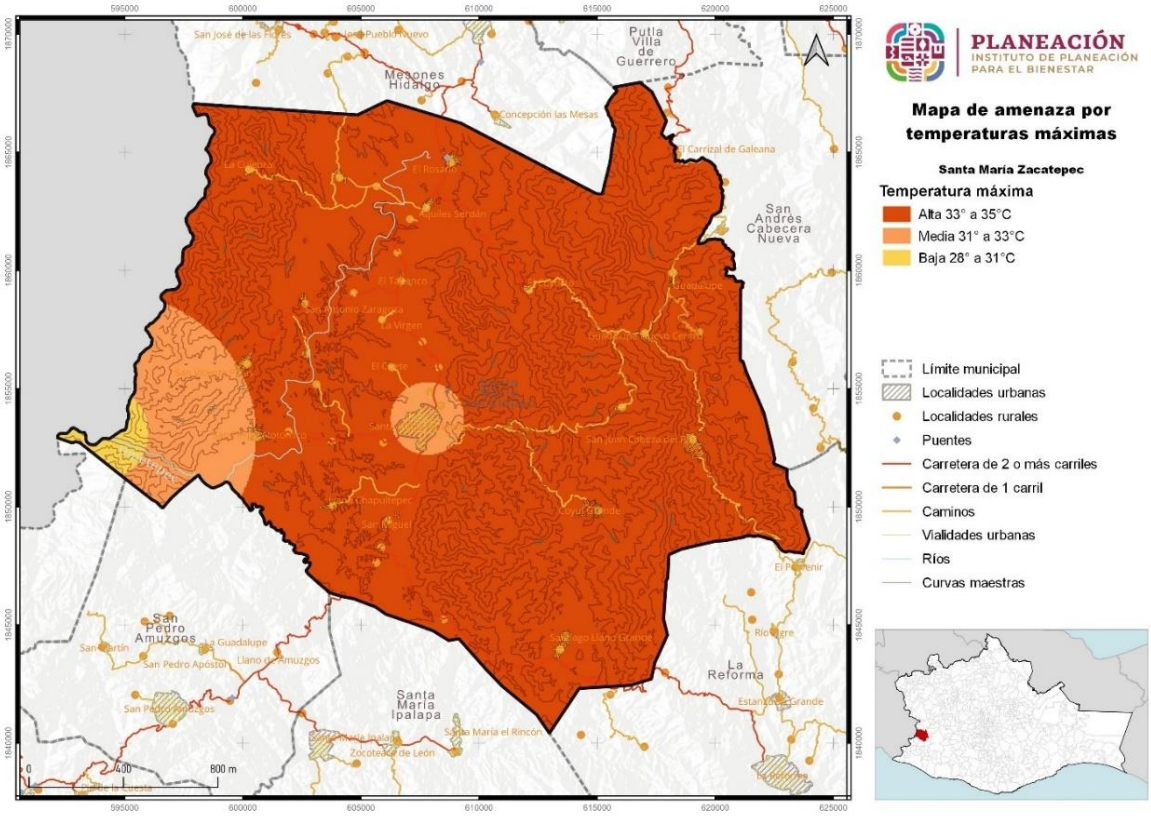
Fuente: CentroGeo, 2024

La zona con baja amenaza a temperaturas altas extremas, que abarca el 0.88% del municipio, se ubica al poniente del territorio, en un extremo cuneiforme que colinda por un lado con el estado de Guerrero y por el otro lado con San Juan Cacahuatepec.

Son dos las zonas con amenaza media a este fenómeno, una de ellas rodea la zona con baja amenaza, pudiendo anotarse como puntos de referencia del límite externo del semicírculo que forma, al río Mesones y la localidad de San Vicente Piñas, para llegar al límite con Guerrero; la otra zona forma un círculo con centro en la parte oriente de la cabecera municipal, abarcando toda la cabecera, así como comunidades aledañas, como Rancho San Pedro. Las zonas con amenaza media forman el 7,81% del municipio

La zona con alta amenaza a temperaturas altas, entre 33 y 35 °C., forma una zona compacta en toda la demás superficie del municipio, abarcando el 91.31% del territorio.

Mapa 105. Amenaza por temperaturas máximas



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.9.2. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 2 años

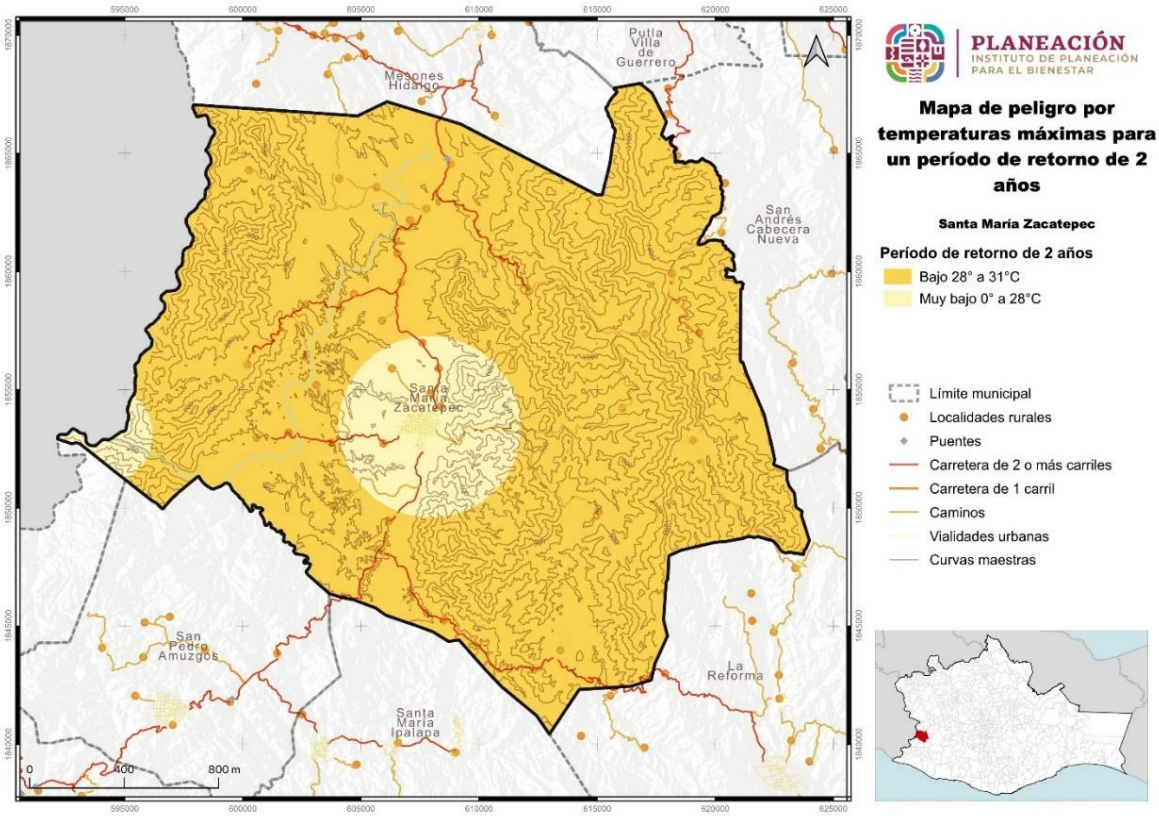
El peligro por temperaturas máximas extremas, considerando que el fenómeno pudiera ocurrir en magnitud igual o superior para un periodo de retorno de dos años en el municipio, puede presentarse en 43,313.7 Ha, con temperaturas entre 28 y 31 °C, que las ubica con grado de peligro bajo; así mismo, el peligro se cataloga como muy bajo en 6,743.41 Ha, donde se estiman temperaturas entre los 0 y 28°C.

Tabla 152. Peligro por temperaturas máximas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años

Temperaturas máximas (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo 28° a 31°C	43313.7	86.53
Muy bajo 0° a 28°C	6743.41	13.47

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 106. Peligro por temperaturas máximas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Son dos las zonas con muy baja amenaza a temperaturas altas extremas, que abarcan el 13.47% del municipio; una se ubica al poniente del territorio, en un extremo cuneiforme que colinda por un lado con el estado de Guerrero y por el otro lado con San Juan Cacahuatepec; la otra zona forma un círculo cuyo centro se ubica en la parte sur de la cabecera municipal, abarcando la cabecera y llegando al norte hasta Tres Arroyos, al sur muy cerca de San Miguel, al poniente hasta Atotonilco y al oriente hasta Las Mesas.

La zona con baja amenaza a este fenómeno, rodea las dos zonas con baja amenaza, abarcando el 86.53% del territorio municipal.

V.2.9.3. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 5 años

En caso de presentarse en un período de retorno de cinco años, temperaturas máximas a las históricamente registradas en el municipio, entonces 43.37 Ha, estarían

en un nivel de peligro medio; 49947.23 Ha, en peligro bajo y 69.51 Ha, en peligro muy bajo.

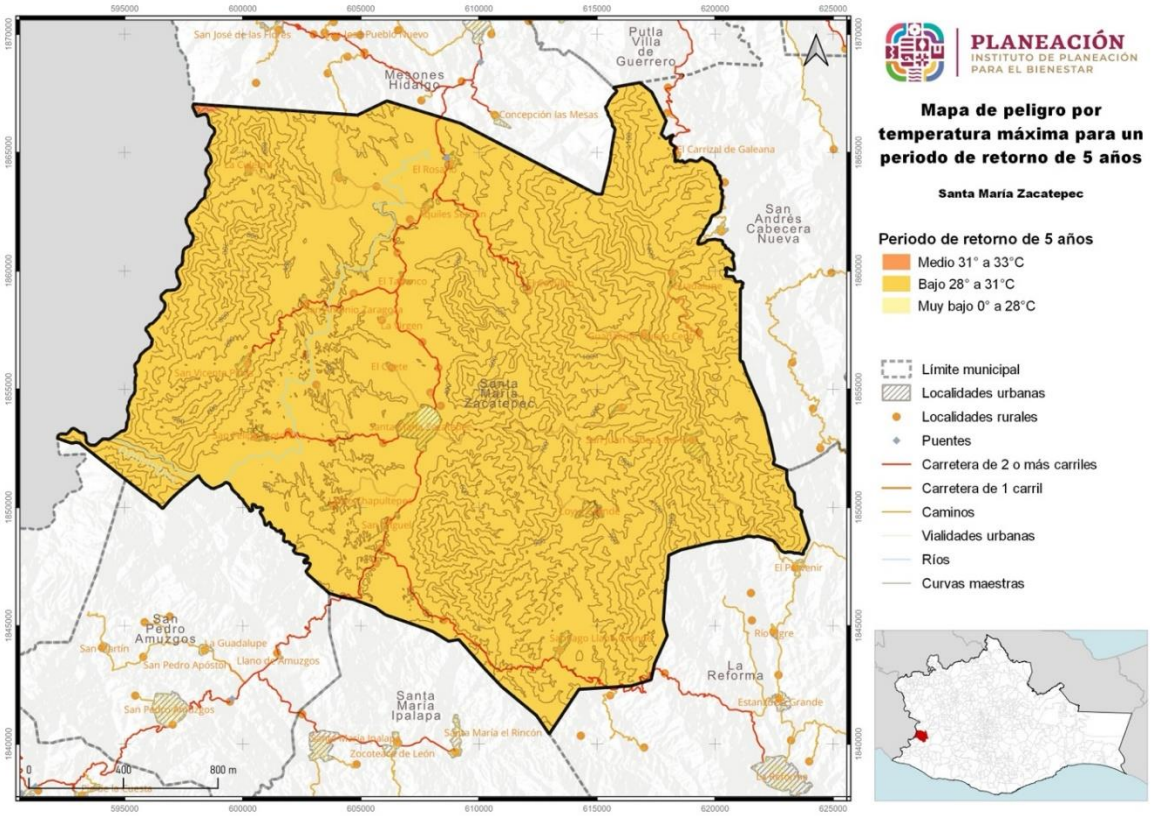
Tabla 153. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años

Temperaturas máximas (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio 31° a 33°C	43.37	0.09
Bajo 28° a 31°C	49947.23	99.78
Muy bajo 0° a 28°C	66.51	0.13

Fuente: CentroGeo, 2024 /0

El nivel de peligro medio se presenta en una zona que parte al poniente, desde los límites con Guerrero y corre a lo largo de los límites con Mesones Hidalgo, Putla Villa de Guerrero, San Andrés Cabecera Nueva, La Reforma y parte de Santa María Ipalapa.

Mapa 107. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024 /0

En la línea que forma al interior del municipio, parte del límite con Guerrero, pasa entre los cerros La Cabeza de la Culebra y La Ocotera, Tres Arroyos, El Coyulito, Guadalupe

Nuevo Centro, Santa Cruz Tutiahua, Coyul Grande, para terminar cerca de El Naranjo en el límite con Santa María Ipalapa.

V.2.9.4. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 10 años

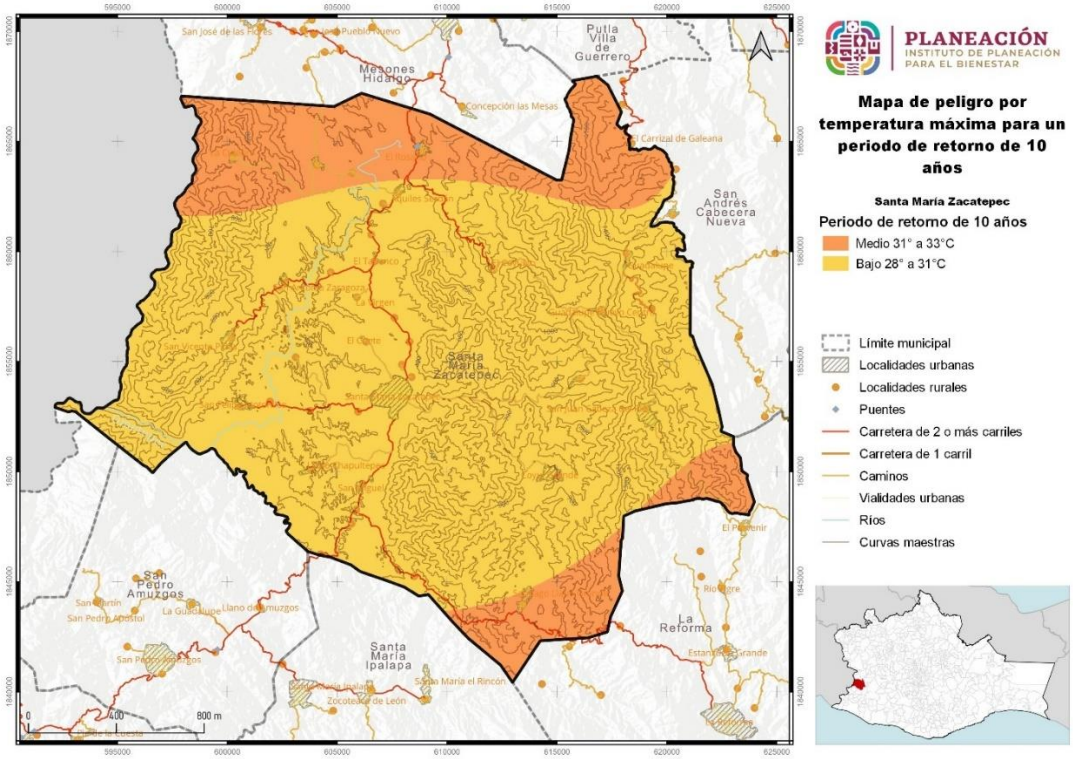
Para un periodo de retorno de 10 años, ante la probabilidad de ocurrencia de temperaturas máxima superiores a las ya presentadas en el municipio, 10,778.18 Ha, son susceptibles a temperaturas de más de 31 hasta 33°C, que las ubica en categoría de peligro Medio y 39,278.93 Ha, se clasifican con **Bajo** peligro, ya que las temperaturas a presentarse se estiman entre los 28 y 31 °C.

Tabla 154. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años

Temperaturas máximas (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio 31° a 33°C	10778.18	21.53
Bajo 28° a 31°C	39278.93	78.47

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 108. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Las temperaturas entre 31 y 33°C, considerada como de peligro medio, se presentarían en el extremo norte del territorio, a manera de una franja a lo largo de las colindancias con Mesones Hidalgo, Putla Villa de Guerrero y San Andrés Cabecera Nueva; al sur del territorio, en una franja más delgada, corre desde el punto trino con San Andrés Cabecera Nueva haca el suroeste, abarcado en su conjunto el 21.53% del municipio.

La superficie susceptible a peligro bajo, con temperatura entre 28 y 31°C, abarca la demás parte del territorio, ocupando el 78.47 % del mismo.

V.2.9.5. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 25 años

Para el periodo de retorno de 25 años, las áreas en las que se considera las temperaturas máximas registradas pueden ser igualadas o superadas, alcanzan un nivel de peligro medio en 36,708.02 Ha, que representan el 73.3% del municipio y un nivel de peligro bajo en 13,349.08 Ha, que son el 26.67 % de la superficie municipal.

Tabla 155. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años

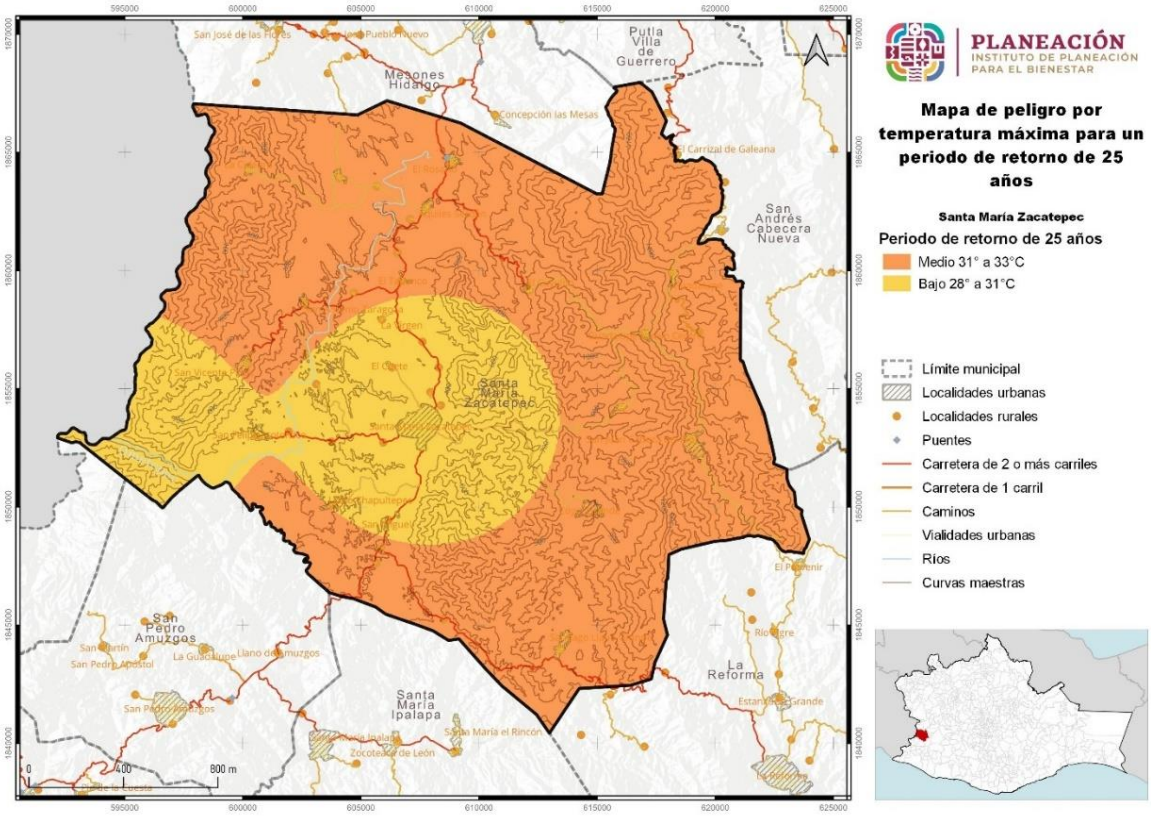
Temperaturas máximas (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio 31° a 33°C	36708.02	73.33
Bajo 28° a 31°C	13349.08	26.67

Fuente: CentroGeo, 2024

El peligro bajo, que cubre el 26.67% del territorio forma un círculo en el centro del municipio extendiéndose en forma de franja hacia el poniente, donde se abre en abanico hasta tocar los límites con el estado de Guerrero por un lado y San Juan Cacahuatepec por el otro; las localidades que quedan dentro de esta zona, además de la cabecera municipal son; El Cuete, La Virgen, San Felipe Atotonilco, Llano Chapultepec y San Miguel.

La zona con peligro medio constituye el 73.33% del territorio y abarca la mayor parte del norte, este y sur del municipio, previéndose la presencia de temperaturas entre 31 y 33°C en el período de retorno en comento.

Mapa 109. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.9.6. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 50 años

Considerando la probabilidad de retorno de temperaturas máximas extremas en un período de 50 años, entonces se verían afectadas 377.43 Ha, del territorio, con temperaturas entre 33 y 35°C, lo que representa peligro Alto; la mayor superficie municipal, 44,899.16 Ha, tendrían un nivel de peligro **Medio**, con temperaturas entre 31 y 33 °C y 4,780.52 Ha, peligro bajo, con temperaturas entre 28 y 31°C.

Tabla 156. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años

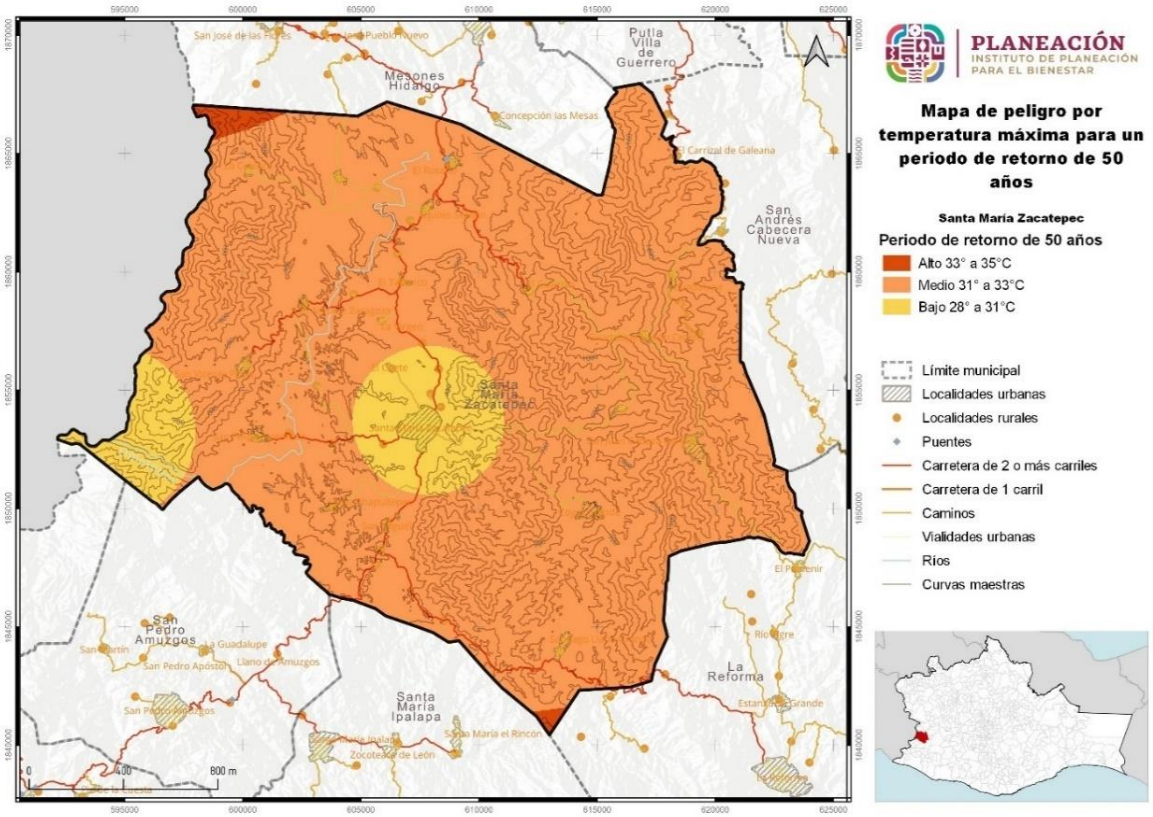
Temperaturas máximas (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta 33° a 35°C	377.43	0.75
Medio 31° a 33°C	44899.16	89.7
Bajo 28° a 31°C	4780.52	9.55

Fuente: CentroGeo, 2024

El 0.75% de superficie susceptible de peligro alto se ubica en el extremo noroeste del territorio, en el punto trino que forma el municipio con Mesones Hidalgo y el estado de Guerrero.

La zona con peligro medio abarca la mayor parte, con 89.7%, de la superficie municipal, donde quedan inmersas la gran mayoría de localidades del municipio, excepto la cabecera municipal, Llano de Viuda, Rancho San Pedro, El Cuete, que se ubican dentro de la zona con bajo peligro a temperaturas máximas extremas en un escenario de retorno de 50 años de estos fenómenos. Otra parte con peligro bajo se ubica en el extremo suroeste del municipio, colindando con el estado de Guerrero y los municipios de San Juan Cacahuatepec y San Pedro Amuzgos.

Mapa 110. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.2.9.7. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 100 años

El peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio, para un periodo de retorno de 100 años, en el que se revisó la probabilidad que el fenómeno igualara o rebasara las magnitudes estándares, puede representar un peligro alto en 21856.18 Ha; peligro medio en 27323.84 Ha, y peligro bajo en 877.08 Ha.

Tabla 157. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años

Temperaturas máximas (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto 33° a 35°C	21856.18	43.66
Medio 31° a 33°C	27323.84	54.59
Bajo 28° a 31°C	877.08	1.75

Fuente: CentroGeo, 2024 /0

El 1.75% del territorio municipal con susceptibilidad de peligro bajo, se ubica en el extremo cuneiforme del suroeste del territorio, en colindancia con el estado de guerero y San Juan Cacahuatepec; son dos zonas bien definidas con peligro medio (54.59%), una rodea a la zona con bajo peligro y la otra se encuentra en el centro del territorio municipal.

La zona con peligro alto, que constituye el 43.66% del municpio se encuentra roeando a las dos zonas con peligro medio, quedando dentro las localidades de La Virgen, El Tapanco, San Juan Viejo, Las Palmas, San Antonio Zaragoza, San Vicente Piñas, San Felipe Atotonilco, Atotonilco, Estanzuelilla, Llano Chapultepec y San Miguel.

V.2.10 Ondas gélidas

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define una onda gélida u ola de frío, como un fenómeno meteorológico caracterizado por la entrada y permanencia de masas de aire frío extremo en una región, presentándose como un período de clima frío marcado e inusual que se caracteriza por una caída brusca y significativa de la temperatura del aire cerca de la superficie y que persiste por debajo de ciertos umbrales. Es decir, durante una onda gélida, se experimentan condiciones invernales severas, con temperaturas mínimas considerablemente por debajo de los valores normales para la temporada.

Estas masas de aire frío suelen desplazarse desde latitudes más cercanas al Polo Norte hacia zonas más cálidas, generando una disminución significativa de las temperaturas ambientales, Durante una onda gélida, se experimentan condiciones invernales severas, con temperaturas mínimas considerablemente por debajo de los valores normales para la temporada.

Son condiciones para la prevalencia de este fenómeno, la existencia de Masas de aire frío, Vientos del norte y Sistemas de baja presión.

Las masas de aire frío se forman por aire ártico o polar, con temperaturas extremadamente bajas; los vientos del norte transportan la masa de aire frío desde regiones más frías hacia el sur, afectando las áreas que se encuentran en su trayectoria y los sistemas de baja presión aumentan el desplazamiento de la masa de aire frío e intensifica sus efectos, (Qué es una onda gélida, el fenómeno que está congelando EU y llegará a México , 2024).

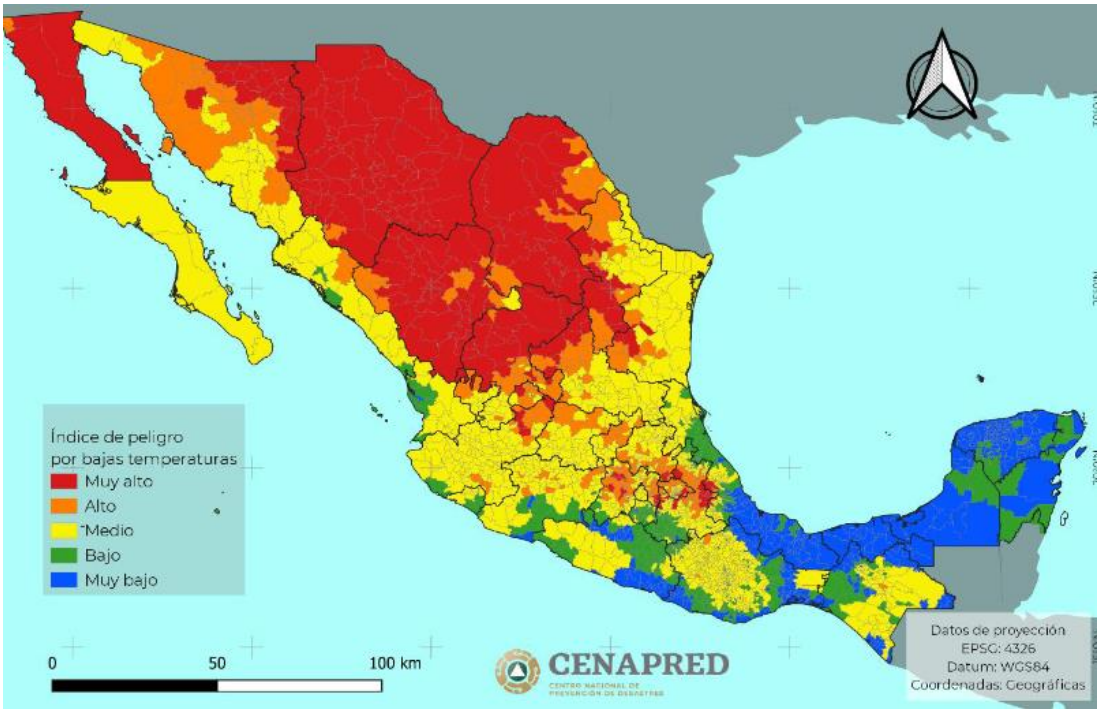
Por su parte el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), refiere que las ondas gélidas son provocadas como consecuencia de las alteraciones climatológicas ocasionadas por la contaminación de los humanos y las emisiones de gases de efecto invernadero. (www.tiempo.com.mx, 2022)

Las temperaturas mínimas extremas no son lo mismo que las ondas gélidas, las primeras se presentan una vez al día y pueden llegar a ser extremas, dependiendo de la región, pueden ser menores a 0 °C; por otro lado, las ondas gélidas son periodos de más de tres días con temperaturas más bajas que la temperatura promedio de una región, es decir, puede presentarse temperaturas por debajo de los 0°C en una región en la que la temperatura promedio es de 16 °C.

En el país, el 12% de la población se encuentra con peligro muy bajo por temperaturas mínimas extremas, personas que viven en 352 municipios ubicados en el sureste del país; el 13% de la población, habitantes de 560 municipios tienen peligro bajo, quienes se encuentran en regiones del Oaxaca, Chiapas, norte de Veracruz, principalmente; 20% de la población se encuentra en peligro medio, que son habitantes de 679 municipios, localizados principalmente en la zonas altas de Oaxaca, regiones del Jalisco, Michoacán, Baja California Sur y Tamaulipas; más del 40% de la población vive en zonas con peligro alto por este fenómeno, finalmente el 12% de la población restante, se localiza en zonas con peligro muy alto, de la zona norte y hacia la región del la mesa del centro.

Las temperaturas mínimas extremas se presentan en los primeros meses del año, enero y febrero, además de que en las Sierras Madre es posible encontrar temperaturas por debajo de los 0 °C durante todo el año. (Diana Arlette Cordero Devesa, Actualización de capas de índice de peligro y riesgo del ANR por ondas cálidas y ondas gélidas, 2021).

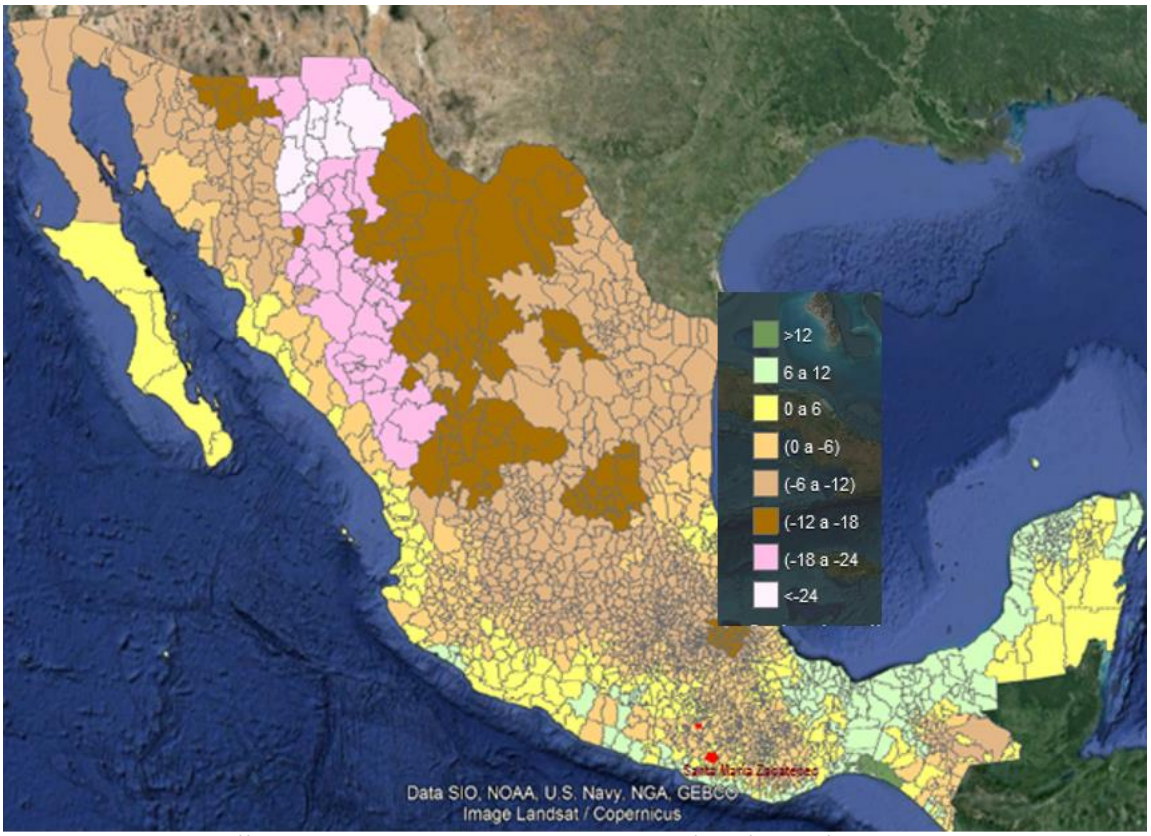
Mapa 111. Índice de peligro por bajas temperaturas



Fuente:
https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RH/210226_RH_Informe_actividad_4_1.pdf

Aunque CENAPRED 2021 clasifica a Santa María Zacatepec con muy bajo grado de peligro por bajas temperaturas, con temperaturas mínimas de 10 °C, en virtud que, entre otros factores, no se han presentado Declaratorias de desastre o emergencias por bajas temperaturas, en el siguiente mapa se puede observar que, en los últimos años, el municipio ha llegado a presentar temperaturas mínima s extremas entre 0 a 6 °C.

Mapa 112. Distribución de la temperatura mínima extrema por municipio



Fuente: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/mapa/?capa=peligroInund

V.2.10.1. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 2 años

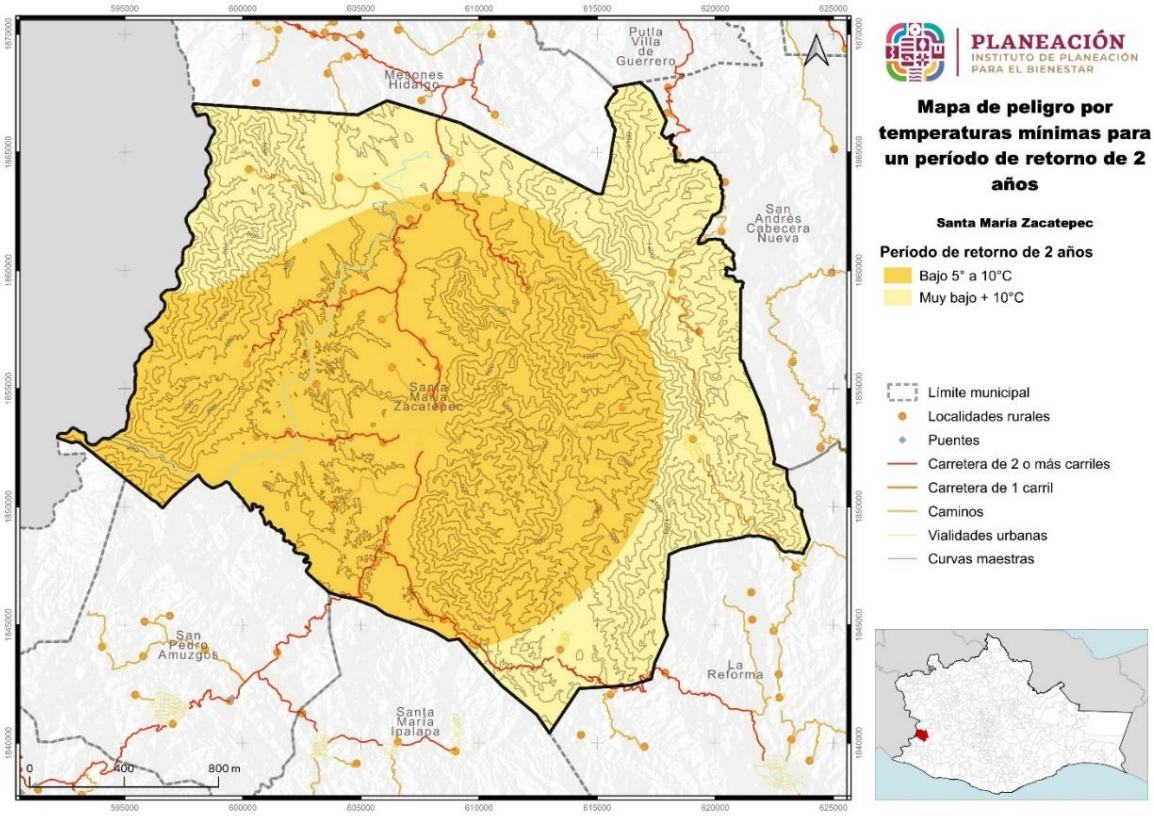
Se considera la probabilidad de ocurrencia de temperaturas iguales o menores a las ya presentadas con anterioridad en el territorio, que representarían peligro bajo y muy bajo en un período de dos años. El peligro bajo se considera que afectaría a 30,885.0 Ha, que representan el 61.67% del municipio, con temperaturas de 5 a 10 °C, en las otras 19,197.0 Ha, que son el 38.33% de la superficie municipal, el peligro sería bajo, con temperaturas de más de 10 °C.

Tabla 158. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años

Temperatura mínima (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo 5° a 10°C	30885	61.67
Muy bajo + 10°C	19197	38.33

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 113. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años



Fuente: CentroGeo, 2024

El peligro bajo se prevé que afectaría a las localidades de Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, Ignacio Zaragoza, La Virgen, Las Palmas, San Vicente Piñas, Tres Arroyos, El Cuete, Rancho San Pedro, la cabecera municipal, Atotonilco, San Felipe Atotonilco, Estanzuelilla, Llano de Viuda, Llano Chapultepec, San Miguel, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, Santa Cruz Tutiahua y El Coyulito.

Por su parte, se encuentran susceptibles a peligro por ocurrencia de temperaturas en un período de retorno de dos años, menores a las ya registradas, las localidades de El Rosario, El Cangrejo, San Isidro Amatitlán, La Culebra, Llano Grande, Coyul Grande, San Juan Cabeza del Río, El Limón Santa Ana y Guadalupe.

V.2.10.2. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 5 años

Son susceptibles a peligro bajo, para un periodo de retorno de cinco años, de temperaturas iguales o menores a un rango entre 5 y 10 °C, con 2,541.3 Ha del

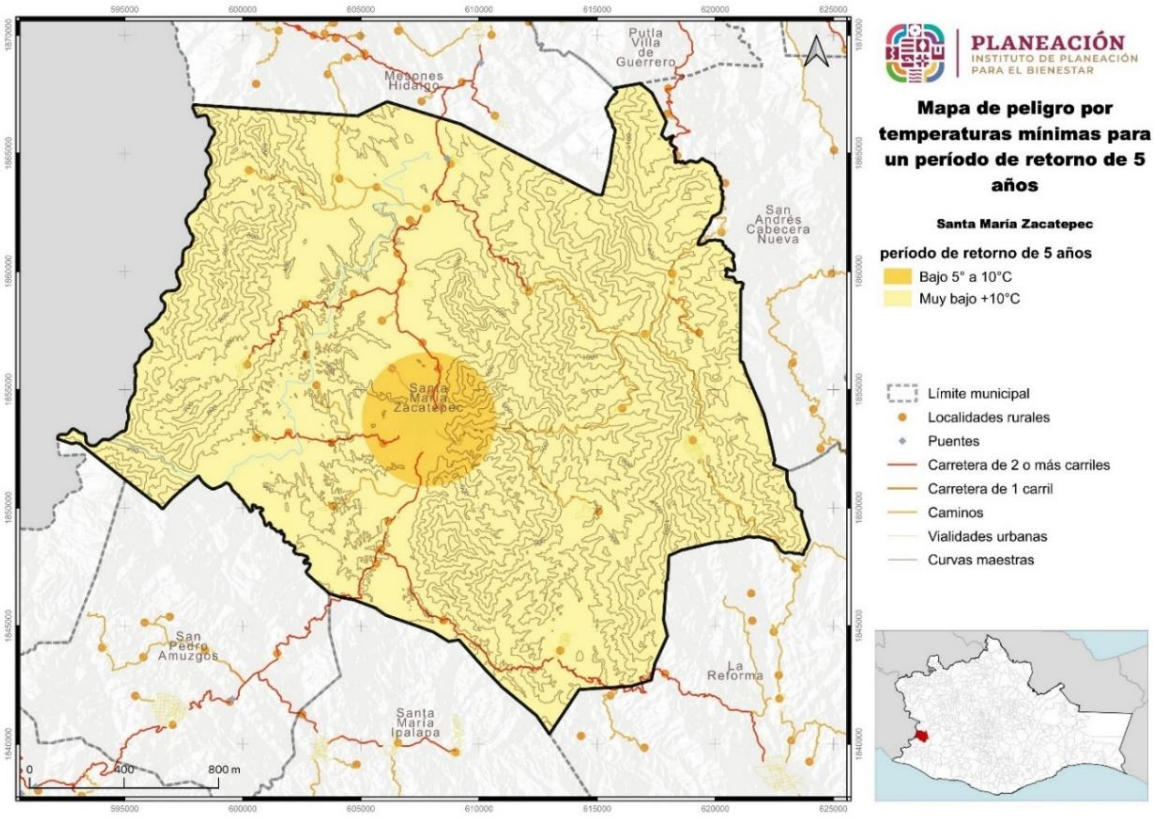
municipio; y a un rango de peligro muy bajo, 47,541.0 Has, con temperaturas de más de 10 °C.

Tabla 159. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años

Temperatura mínima (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo 5° a 10°C	2541.3	5.07
Muy bajo +10°C	47541	94.93

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 114. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

El peligro bajo se ubica en el centro del territorio, formando un círculo que afectarían al 5.07%, abarcando la cabecera municipal y las localidades de Sesteadero, Rancho San Pedro, El Cuete y Llano de Viuda. La zona susceptible a muy bajo peligro abarca la mayor parte del territorio, que constituye el 94.93%.

V.2.10.3. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 10 años

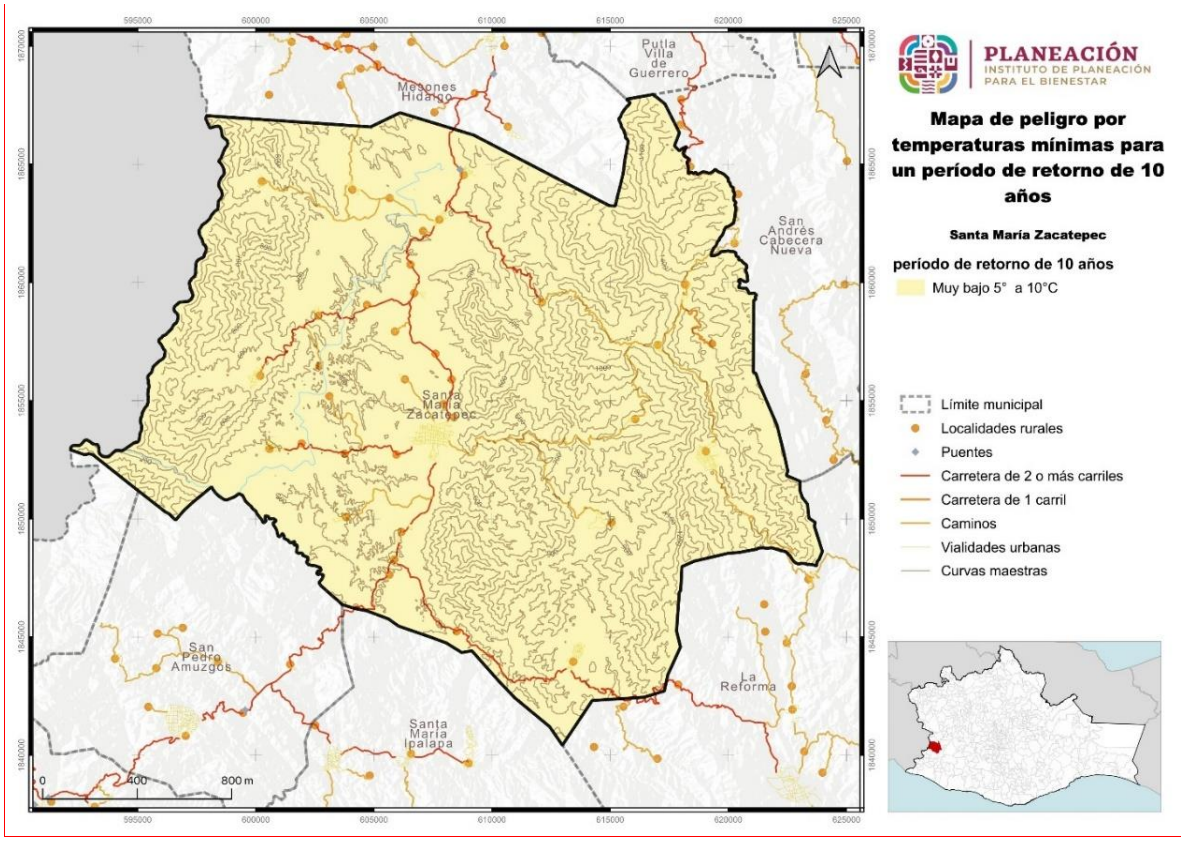
Para un periodo de retorno de 10 años, ante la probabilidad que se presenten temperaturas mínimas tan o más extremas a las que ya se han registrado en el municipio, todo el territorio de Santa María Zacatepec sería susceptible a un nivel de peligro bajo, presentándose temperaturas entre los 5 y 10 °C.

Tabla 160. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años

Temperatura mínima (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo 5° a 10°C	50082	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 115. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Como puede verse en el siguiente mapa, las 50,082.0 Ha, que forman el territorio municipal se consideran susceptibles de temperaturas mínimas extremas de 5 a 10 °C. para un periodo de retorno de 10 años.

V.2.10.4. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 25 años

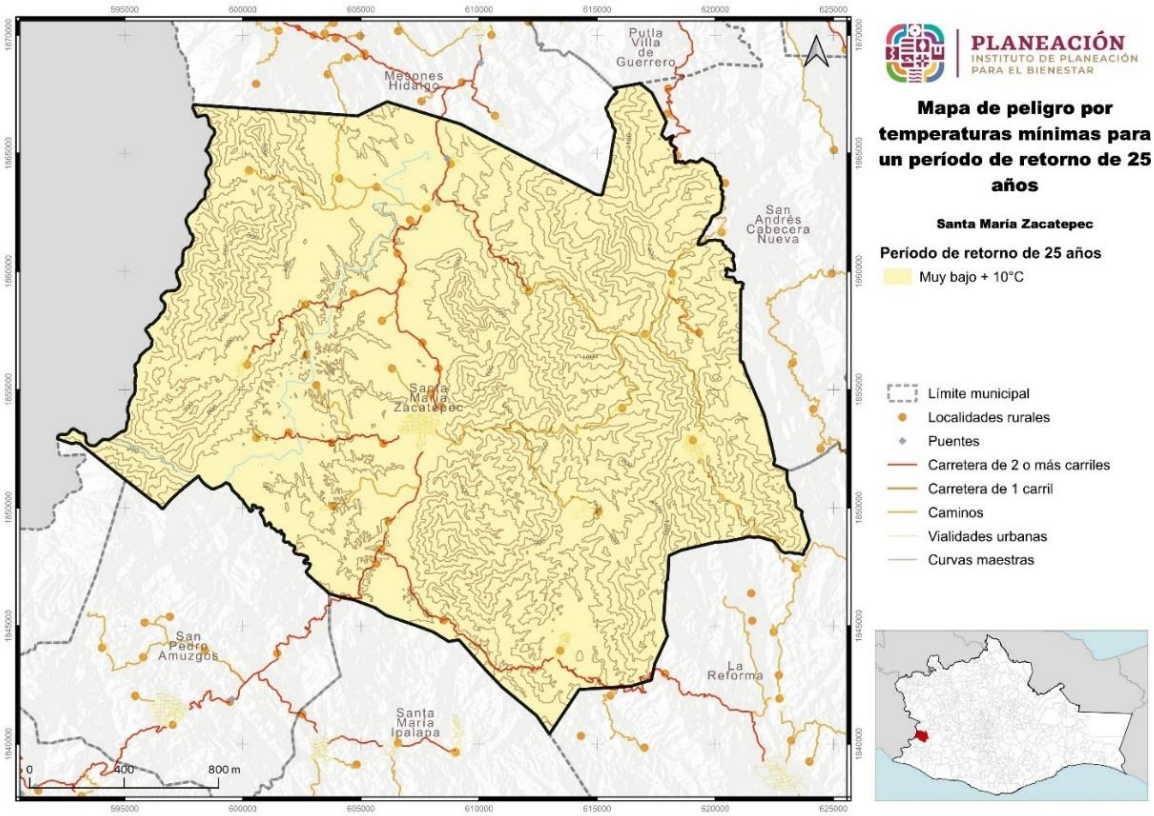
Para un periodo de retorno de 25 años, ante la probabilidad que se presenten temperaturas mínimas tan o más extremas a las que ya se han registrado en el municipio, todo el territorio de Santa María Zacatepec sería susceptible a un nivel de peligro muy bajo, presentándose temperaturas de 10 °C y más.

Tabla 161. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años

Temperatura mínima (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo + 10°C	50082.3	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 116. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Para el período de retorno de 25 años, de presencia de temperaturas mínimas extremas de 10 °C o más, el 100% del territorio municipal se considera que estaría expuesto a un peligro muy bajo.

V.2.10.5. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 50 años

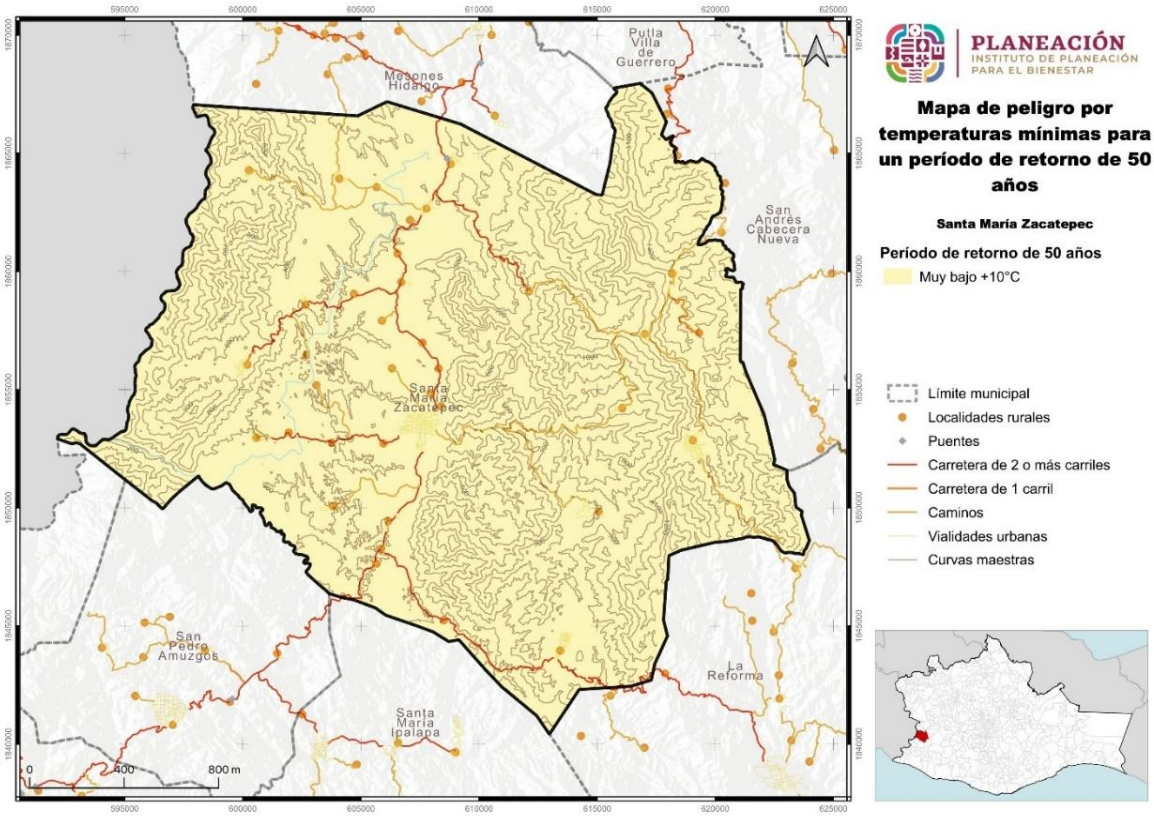
En un período de retorno de 50 años, existe la probabilidad que ocurran temperaturas mínimas tan o más extremas a las que ya se han registrado en el municipio, siendo susceptible de ser afectado con un nivel de peligro muy bajo, toda la superficie del territorio de Santa María Zacatepec, presentándose temperaturas de 10 °C y más.

Tabla 162. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años

Temperatura mínima (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo +10°C	50082	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 117. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

Considerado que en un período de retorno de 50 años se presenten temperaturas mínimas extremas de 10 °C o más, entonces las 50,082 Ha, del territorio municipal estarían expuestas a un peligro muy bajo.

V.2.10.6. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 100 años

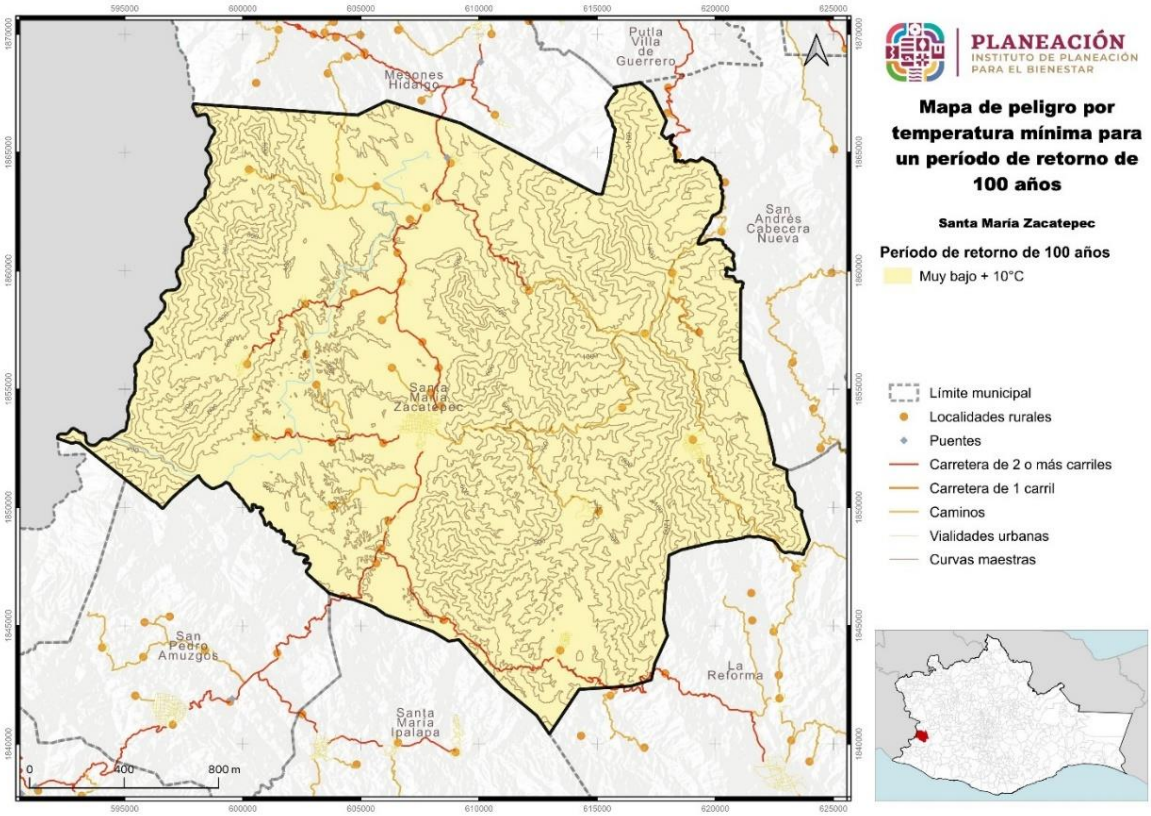
Para un periodo de retorno de 100 años, el peligro de temperaturas mínimas en el municipio, con temperaturas tan extremas como las presentadas en años anteriores, ocasionarían un nivel de peligro muy bajo, ya que las temperaturas mínimas probables de registrarse serían de 10 °C o más.

Tabla 163. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años

Temperatura mínima (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy bajo + 10°C	50082.3	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 118. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años



Fuente: CentroGeo, 2024

La proyección del nivel de peligro del municipio a temperaturas mínimas extremas, de nivel similar o superior a las ya registradas con anterioridad, se mantiene similar a las realizadas para los anteriores períodos de retorno, ya que el municipio queda expuesto a un nivel muy bajo de peligro en su totalidad, con probabilidad de temperaturas mínimas de 10 °C o más.

V.2.11 Heladas

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire húmedo cercano a la superficie de la tierra desciende a 0° C, en un lapso de 12 horas; se presentan particularmente en las noches de invierno y suelen acompañarse de una inversión térmica junto al suelo. En ocasiones las bajas temperaturas que se presentan provocan que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies. Existen dos fenómenos que dan origen a las heladas;

- El primero consiste en la radiación durante la noche, desde la Tierra hacia la atmósfera que causa la pérdida de calor del suelo. Las heladas por radiación se forman en los valles, cuencas y hondonadas próximas a las montañas, ya que son zonas de acumulación de aire frío.
- El otro es la advección, debido al ingreso de una gran masa de aire frío, proveniente de América del Norte, estas suelen tener vientos mayores de 15 km/h y sin inversión térmica. Estas heladas son muy dañinas ya que es muy difícil proteger los cultivos de la continua transferencia de aire frio que está en movimiento.

V.2.11.1. Susceptibilidad por heladas en el municipio

La helada es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C (WMO, 1992). La cubierta de hielo, es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas (Ascaso y Casals, 1986).

Las heladas se presentan particularmente en las noches de invierno por una fuerte pérdida radiactiva. Suele acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos, que pueden descender a los 2°C o aún más.

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

Las heladas de origen climatológico se pueden dar por advección o por radiación; las heladas por advección son las que se forma cuando llegan grandes masas de aire frío de origen continental a una región hasta de 100 km2, ubicada en las partes bajas de las montañas, en las cañadas o en valles. Se presentan indistintamente en el día o

noche. Se acompañan de vientos moderados a fuertes (velocidades mayores de 15 km/h) y durante ellas no existe inversión térmica.

Las heladas por radiación se generan por la pérdida de calor del suelo durante la noche. El suelo se calienta durante el día y al anochecer pierde calor por radiación, con mayor cantidad en las noches largas de invierno; por ello, las heladas más severas ocurren en esta estación del año.

Las heladas por la época en que ocurren, pueden ser primaverales, otoñales o invernales.

Las heladas primaverales se presentan cuando en el ambiente se genera un descenso de temperatura. Generalmente afectan a los cultivos de ciclo anual cuando se encuentran en la etapa de brotación de ramas o con pocos días de nacimiento.

Las heladas otoñales, también llamadas heladas tempranas, se forman por la llegada de las primeras masas de aire frío sobre el país provenientes del Polo Norte durante los meses de septiembre y octubre; son perjudiciales para los cultivos porque pueden interrumpir bruscamente el proceso de formación de botones de las flores y la maduración de frutos.

Las heladas invernales se forman durante el invierno si la temperatura ambiente disminuye notablemente. Estas heladas afectan principalmente a los árboles perennes con frutos y especies forestales, especialmente cuando se hace más intenso el frío. Ellas ocurren cuando las plantas se encuentran en periodo de reposo, lapso en el que las plantas disponen de mayores posibilidades para soportar bajas temperaturas.

Las heladas también sueles ser clasificadas por su efecto visual en heladas blancas y heladas negras.

Las heladas blancas se presentan cuando el aire cercano al follaje y las flores registran temperaturas iguales o menores a 0°C, de esta manera, el aire alcanza la temperatura del punto de rocío, ya que con ello existe condensación y de inmediato el vapor de agua del aire pasa al estado sólido para formar hielo. Este último forma capas de color blanco sobre la superficie de las plantas y en objetos expuestos; se observan principalmente en las mañanas despejadas y sin viento.

Las heladas negras se desarrollan cuando el aire tiene poco vapor de agua (humedad baja) y la temperatura del punto de rocío es inferior a 0° C; de modo que existe escasa condensación y nula formación de hielo sobre la planta, sin embargo, los cultivos son dañados y al día siguiente presentan una coloración negruzca, por la congelación de la savia de las plantas o del agua de sus tejidos, (Mexico G. d., 2016).

Existen dos grandes regiones de México que son afectadas por las heladas, la de mayor extensión es la que se ubica en el noroeste del país, principalmente sobre las Sierras Madre Occidental y San Pedro Mártir, en menor tamaño, pero no menos importante es la del centro del país, debido a que en esta última se localiza la mayor concentración de población, principalmente por estar en el Estado de México y el Distrito Federal.

Mapa 119. Número de días con heladas por municipio.



Fuente: CENAPRED. MAPAS DE ÍNDICES DE RIESGO A ESCALA MUNICIPAL POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS - 2012.

Aun cuando geográficamente, Santa María Zacatepec se encuentra en la mixteca baja, entre las coordenadas 16° 38’ y 16° 54’ de latitud norte y 97° 50’ y 98° 09’ de longitud oeste, que lo ubica en una zona con climas cálido subhúmedo y semi cálido subhúmedo, presente montañas con hasta 1,600 msnm, que lo hace susceptible a la presencia de heladas por advección, muy probablemente porque masas de aire frío bajan de las montañas hacia las cañadas y valles.

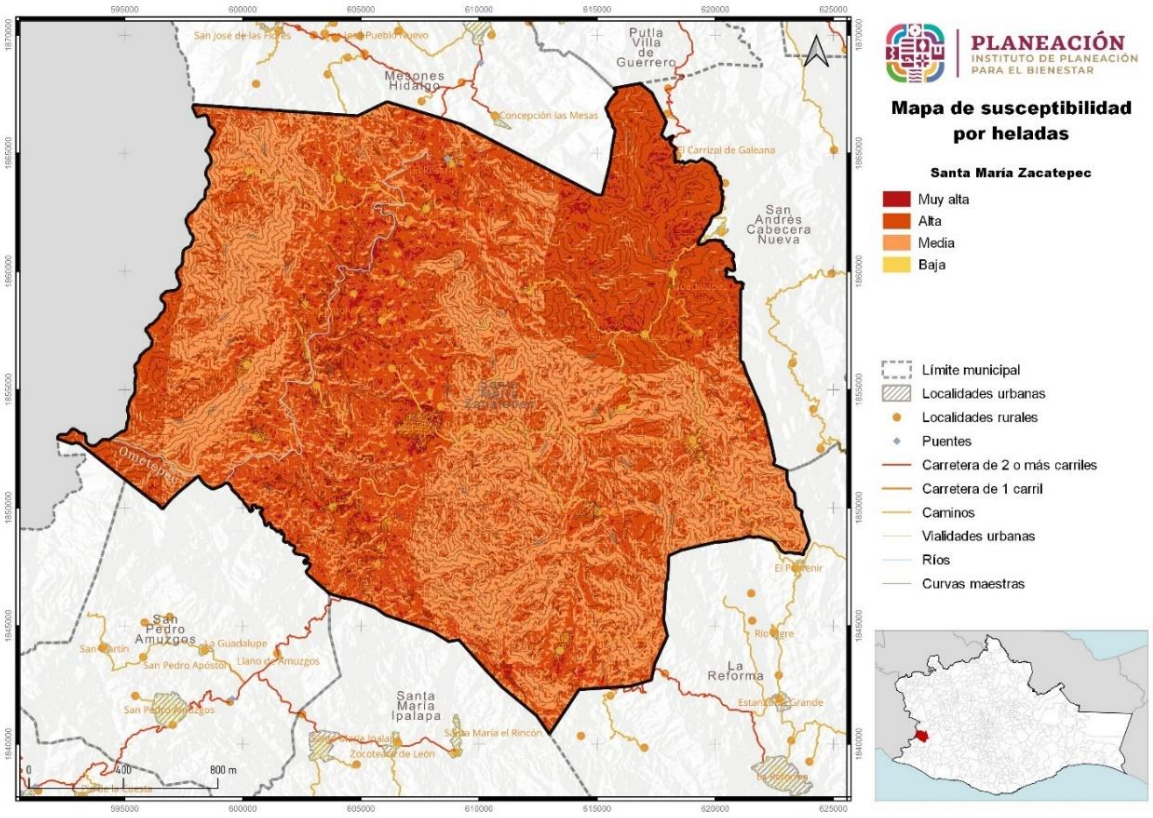
Lo anterior permite entender que existan 3,756.42 Ha, en el municipio con muy alta susceptibilidad a heladas; así también, 27,605.33 Ha, registran alta susceptibilidad a este fenómeno; 18,6161.48 Ha, tienen susceptibilidad media y 76.6 Ha, baja susceptibilidad.

Tabla 164. Susceptibilidad por heladas en el municipio

Amenazas por heladas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy Alta	3756.42	7.5
Alta	27605.33	55.15
Media	18616.48	37.19
Baja	76.6	0.15

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 120. Susceptibilidad por heladas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

El 7.5% del territorio que presenta muy alta susceptibilidad a heladas se ubica en pequeños manchones de cañadas de la franja central y del este del municipio; las zonas con alta susceptibilidad, que son más de la mitad de la superficie, ya que constituyen el 55.15%, aunque se presentan en áreas de distintos tamaños en todo el territorio, forman un área compacta en la parte noreste y otras semicontinuas en la franja central y al suroeste del municipio, es en esta zona, de alta susceptibilidad a heladas, donde se ubican la mayoría de las localidades.

La zona con media susceptibilidad se reparte en dos grandes bloques semicompactos, ya que en su interior se encuentran áreas de alta susceptibilidad; éstas zonas se ubican

en áreas discontinuas, en la parte oriente, desde los límites con Mesones Hidalgo, pasando por la localidad de La Culebra, hasta llegar a los límites con San Juan Cacahuatepec; al sureste desde los cerros cercanos a oriente de El Tapanco, se distribuye otra zona, que por un lado se desplaza de manera discontinua hasta el límite con Cabecera Nueva cerca de El Limón santa Ana y al sur avanza hasta llegar a los límites con Santa María Ipalapa y La Reforma.

V.2.12 Tornados

V.2.12.1. Amenaza por vientos fuertes y tornados en el municipio

Los tornados son un fenómeno violento formado por un vórtice de alta velocidad o un embudo formado por fuertes corrientes de una nube de tormenta. Cuando la base del vórtice toca el suelo, se produce una senda de destrucción concentrada sin igual en la naturaleza.

El tiempo de vida de un tornado, inicia con un vórtice delgado aumentando su tamaño y fuerza; cuando el ciclo termina se debilita y se va ampliando hasta desaparecer o recuperar su forma delgada. La mayoría de estos inician como nube y forman un embudo y terminan de igual manera; pero cuando tocan tierra o agua en su etapa de madurez regresan a nube en forma de embudo cuando pierden fuerza y tamaño. Para que pueda darse la formación de estos fenómenos se necesita: humedad, aire caliente en los niveles bajos, aire seco en niveles superiores, inestabilidad atmosférica, una corriente a chorro, vientos bajos del sur y vientos occidentales en niveles altos

No se registra probabilidad de ocurrencia de fenómenos de este tipo en el municipio, por lo que el nivel de amenaza es muy bajo

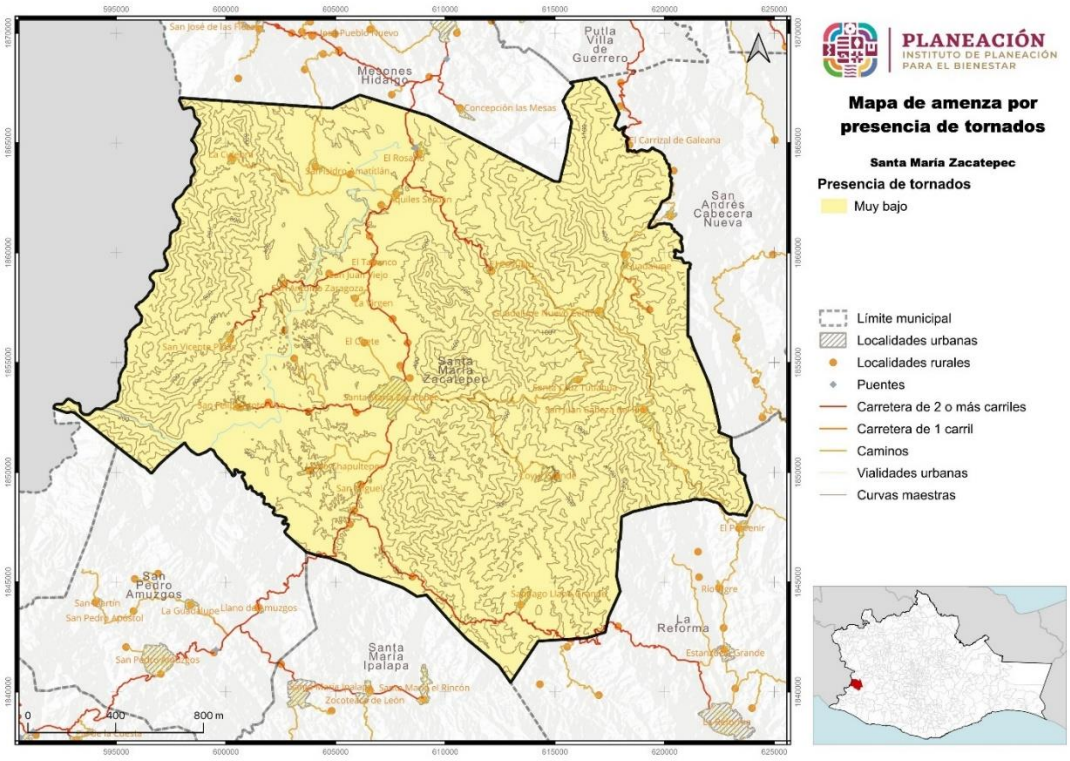
Tabla 165. Amenaza por vientos fuertes y tornados en el municipio

Tornados	Extensión Hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy baja	50082.29	100

Fuente: CentroGeo, 2024

En las 50,082.29 Has. de territorio municipal, es poco probable que se presenten tornados, por ello la amenaza se considera muy baja

Mapa 121. Amenaza por vientos fuertes y tornados en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.3 Peligros, susceptibilidad y amenazas por fenómenos químico-tecnológicos

De acuerdo con la Norma NTP 293 (INSHT, 1991) una BLEVE es un tipo de explosión mecánica cuyo nombre procede de sus iniciales en inglés *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion* cuya traducción sería "Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición".

La BLEVE es un caso especial de estallido catastrófico de un recipiente a presión en el que ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentados. Para que se produzca una explosión BLEVE no es necesaria la existencia de reacciones químicas ni fenómenos de combustión. Podría producirse incluso en calentadores de agua y calderas de vapor. Las BLEVES son exclusivas de los líquidos o gases licuados en determinadas condiciones (INSHT, 1991). La característica fundamental de una BLEVE es la expansión explosiva de toda la masa de líquido evaporada súbitamente, aumentando su volumen más de 200 veces.

La metodología utilizada para establecer las distancias consistió en métodos analíticos, con cálculos recuperados de las Notas Técnicas de Prevención (INSHT, 1991), emitidos por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales del Gobierno de España:

Para BLEVE:

En primer lugar, se determina el diámetro de la bola de fuego provocada por el BLEVE con la siguiente fórmula:

$$D = 6.48 * W^{0.325}$$

Donde:

D: Diámetro (m)
W: masa total de combustible (kg)

Teniendo el tamaño de la bola de fuego se procede a calcular la duración de esta con la siguiente fórmula

$$t = 0.852 * W^{0.26}$$

Donde:

t: tiempo de duración (s)
W: Masa total de combustible (kg)

Las fórmulas presentadas adelante se utilizan para conocer la radiación recibida, para el caso del BLEVE se utilizan los tiempos obtenidos por la fórmula anterior, para el caso de la alberca de fuego se utiliza un estándar de 60s de exposición a la fuente de radiación térmica.

La radiación térmica recibida se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = dFE$$

Donde:

I: Irradiación recibida (kW/m^2)
d: coeficiente de transmisión atmosférica
F: factor geométrico de visión
E: intensidad media de la radiación

El coeficiente de transmisión atmosférica es determinado con las condiciones atmosféricas promedio de la región, para esto se utilizan datos del simulador Aloha desarrollado por CAMEO software suit.

Para F se utiliza la siguiente fórmula:

$$F = \frac{D^2}{4} * X^2$$

Donde:

D: diámetro de la bola de fuego (para el caso de alberca de fuego se considera el diámetro del espacio que se encuentra en fuego) (m)
X: distancia desde el centro hasta el cuerpo irradiado

Y finalmente E que se obtiene con la siguiente fórmula

$$E = fr * W * \frac{Hc}{\pi} * D^2 * t$$

Donde:

Fr: coeficiente de radiación que se encuentra normalmente entre 0.25-0.40
W: masa total de combustible quemado (kg)
Hc: Calor de combustión (kJ/kg)
D: Diámetro de bola de fuego o alberca de fuego (m)
t: tiempo de duración de BLEVE o 60 s de exposición para alberca de fuego (s)

Finalmente, la dosis se calcula con:

$$DS = t * I^{\frac{3}{4}}$$

Donde:

DS: dosis
t: tiempo (s)
I: Irradiación recibida (W/m^2)

Finalmente, la radiación recibida se compara con la tabla anexada en el documento que nos indica la cantidad de dosis necesaria para determinar la vulnerabilidad alta, media o baja, a partir de estas cantidades se obtienen las distancias presentadas en el documento.

Todas las fórmulas anteriores son de categoría pública pero los cálculos se realizaron con un software de desarrollo propio, por lo que la programación utilizada para la determinación de las distancias en el documento no puede ser compartida por cuestiones de confidencialidad del software desarrollado, por los fines para los que se está preparando, las fórmulas presentadas anteriormente fueron utilizadas como base para el desarrollo de esta programación, utilizando además otros métodos para determinación de factores como calor de combustión.

Para definir los radios de afectación para incendios y explosiones, es necesario correr simulaciones tomando en cuenta datos exactos de las instalaciones y operaciones, pero tomando resultados realizados en estudios anteriores con instalaciones de este tipo podemos recomendar los siguientes diámetros desde el punto de origen:

Gasolinera:

- Alberca de fuego
    - Alto: hasta 25 m
    - Medio: de 25 a 38 m
    - Bajo: de 38 a 62 m
- BLEVE
    - Alto: hasta 200 m
    - Medio: hasta 320 m
    - Bajo: hasta 500 m
- Vulnerabilidad estación de gasolina por alberca de fuego:
    - Alto: hasta 24 metros
    - Medio: hasta 37 metros
    - Bajo: hasta 60 metros
    - Bajo: Hasta 1000 metros

V.3.1 Sustancias peligrosas

Sustancias peligrosas son aquellas que, por su naturaleza, tienen el potencial de producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal, a los bienes y/o al medio ambiente, que pueden generar situaciones de alto riesgo y peligro para la salud y seguridad de toda la comunidad, (UNAM, s.f.).

El Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes define como sustancia peligrosa a todo elemento, compuesto, material o mezcla de ellos, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros, independientemente de su estado físico; también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades.

Para el transporte terrestre se establece una clasificación en clases de acuerdo con las características peligrosas que presentan las sustancias.

Tabla 166. Clasificación de sustancias peligrosas.

Clase	Denominación	Descripción
1	**Explosivos**	*Sustancias explosivas*: Son sustancias o mezcla de sustancias sólidas o líquidas que de manera espontánea o por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daños en los alrededores. *Sustancias pirotécnicas*: Son sustancias o mezclas de sustancias destinadas a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno o una combinación de los mismos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas autosostenidas no detonantes. *Objetos explosivos*: Son objetos que contienen una o varias sustancias explosivas.
2	**Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión**	Son completamente gaseosas a 20 °C a una presión normal de 101.3 kPa; a 50 °C tienen una presión de vapor mayor a 300 kPa.
3	**Líquidos inflamables**	La clase 3 son mezclas o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión, que despiden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60.5 °C en los ensayos en copa cerrada o no superiores a 65.6 °C en copa abierta.
4	**Sólidos inflamables**	Son sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, así como aquellos que en contacto con el agua desprenden gases inflamables.
5	**Oxidantes y peróxidos orgánicos**	*Sustancias oxidantes*: Sustancias que sin ser necesariamente combustibles, pueden generalmente liberando oxígeno, causar o facilitar la combustión de otras. *Peróxidos orgánicos*: Sustancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno de los átomos de hidrógeno, o ambos han sido sustituidos por radicales orgánicos. Los peróxidos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelerada; además pueden poseer otras propiedades.
6	**Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos**	*Tóxicos agudos (venenos)*: Son aquellas sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves, o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel. *Agentes infecciosos*: Son las que contienen microorganismos viables incluyendo bacterias, virus, parásitos, hongos, o una combinación híbrida o mutante; que son conocidos o se cree que pueden provocar enfermedades en el hombre o los animales.
7	**Radiactivos**	Son todos los materiales cuya actividad específica es superior a 70 kBq/kg (2 nCi/g).
8	**Corrosivos**	Son sustancias líquidas o sólidas que por su acción química causan lesiones graves a los tejidos vivos con los que entran en contacto o que si se produce un escape pueden causar daños e incluso destrucción de otras mercancías o de las unidades en las que son transportadas.
9	**Varios**	Son aquellas sustancias que durante el transporte presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases y que también requieren un manejo especial para su transporte, por representar un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad a los usuarios y la propiedad a terceros

Fuente:https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/137-GUAPRCTICASOBRERIESGOSQUMICOS.PDF

El crecimiento poblacional genera mayor demanda de productos y servicios, asociados a una mayor actividad económica, en la que el uso de productos y sustancias de origen químico ha sido fundamental para dar respuesta a esas dinámicas de rápido crecimiento y diversificación.

El peligro que por su naturaleza ya representan las sustancias químicas, se incrementa ante fenómenos naturales como los sismos, huracanes e inundación, entre otros; así como por fallas operativas en los procesos industriales, fallas mecánicas, errores humanos y causas premeditadas.

En el manejo y transporte de sustancias químicas, como consecuencias de un accidente, puede presentarse la liberación a la atmósfera de gases tóxicos o corrosivos, aerosoles o partículas, la liberación de líquidos o sólidos peligrosos e incendios o explosiones.

Son sustancias químicas peligrosas que pueden encontrarse en el municipio de Santa María Zacatepec:

- **El gas licuado de petróleo**: Cuyo uso principal es doméstico, aunque también se usa en pequeños comercios como tortillerías, panaderías, restaurantes, además de algunos vehículos de transporte.
- **Gasolina**: Combustible para vehículos automotores de combustión interna, pudiendo darse su uso como solvente o limpiador.
- **Alcohol metílico**: Uso desinfectante, solvente, extracción de aceites, lociones.
- **Amoniaco**: Que forma parte de la composición de productos de limpieza, fertilizantes, farmacéuticos, pegamentos, explosivos, refrigerantes.
- **Ácido sulfúrico**: Se encuentra en fertilizantes, detergentes, tintes, pigmentos, celofán, rayón. Su presentación como ácido sulfúrico es el que representa mayor peligro.
- **Cloro**: Ampliamente usado como limpiador, blanqueador, aunque también es parte de la composición de herbicidas, vitaminas, detergentes, empaques, productos farmacéuticos y tratamiento de agua, antibióticos, antihistamínicos.
- **Acetona**: Solvente de grasas, aceites y ceras, purificación de parafina,

V.3.1.1 Amenaza por flujo sustancias peligrosas

Considerando las premisas establecidas anteriormente, los flujos de sustancias peligrosas que pueden identificarse en Santa María Zacatepec, son los de gas licuado de petróleo y de gasolina.

El primero es surtido en el municipio por una empresa particular, mediante pipas que cargan tanques estacionarios y camionetas que transportan cilindros metálicos de 20 y más kilogramos del producto.

En el caso de la gasolina, es llevada hasta la única gasolinera existente en el municipio con razón social Consejo Tacuates S.A. de C.V., aunque en algunas localidades existe la distribución no regulada del combustible.

El mayor peligro por flujos de estos combustibles puede darse durante su transporte desde los centros regionales de distribución hasta el centro de distribución del municipio.

V.3.1.2 Amenaza por derrame de sustancias peligrosas

Los derrames y fugas de materiales peligrosos pueden ocurrir durante el transporte, almacenamiento, manipulación o uso de los mismos. Un derrame se refiere a la liberación accidental de una sustancia peligrosa en grandes cantidades, mientras que una fuga es una pérdida de sustancia peligrosa en pequeñas cantidades. (UNI, 2023)

El uso de plaguicidas en las actividades agropecuarias se mantiene como una amenaza, en virtud que no existe un control sobre su uso en el campo y especialmente sobre la disposición de los envases, que probablemente se desechan con restos de producto que pueden ser arrastradas por las lluvias hacia cuerpos de agua o infiltrados al subsuelo.

V.3.1.3 Amenaza por explosión de sustancias peligrosas

Una explosión es la liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto (pocos segundos), debido a un impacto fuerte o por la reacción química de ciertas sustancias. También puede definirse como la liberación de energía que causa una discontinuidad en la presión u onda de choque.

La explosividad es la capacidad que posee una sustancia para liberar una gran cantidad de energía de manera espontánea, ya sea por un fuerte impacto o por una reacción química cuando algunas de sus variables como presión o temperatura determinen este proceso. Las sustancias explosivas producen dos clases de reacciones: luminosas y violentas, la primera de ellas comprende la inflamación de gases y la deflagración de líquidos y sólidos, y la otra las detonaciones donde la llama progresan en condiciones esencialmente isobáricas en toda la sustancia reactiva.

La velocidad de propagación de una llama por mezclas gaseosas homogéneas varía desde unos cuantos centímetros hasta varios metros por segundo. En ondas de choque gaseosas la densidad no crece excesivamente, pero se pueden obtener presiones y temperaturas muy altas cuando un gas después del paso de un choque se expande de manera adiabática hasta recobrar su volumen o presión original, como la compresión de choque no es reversible entonces dichas ondas disipan energía.

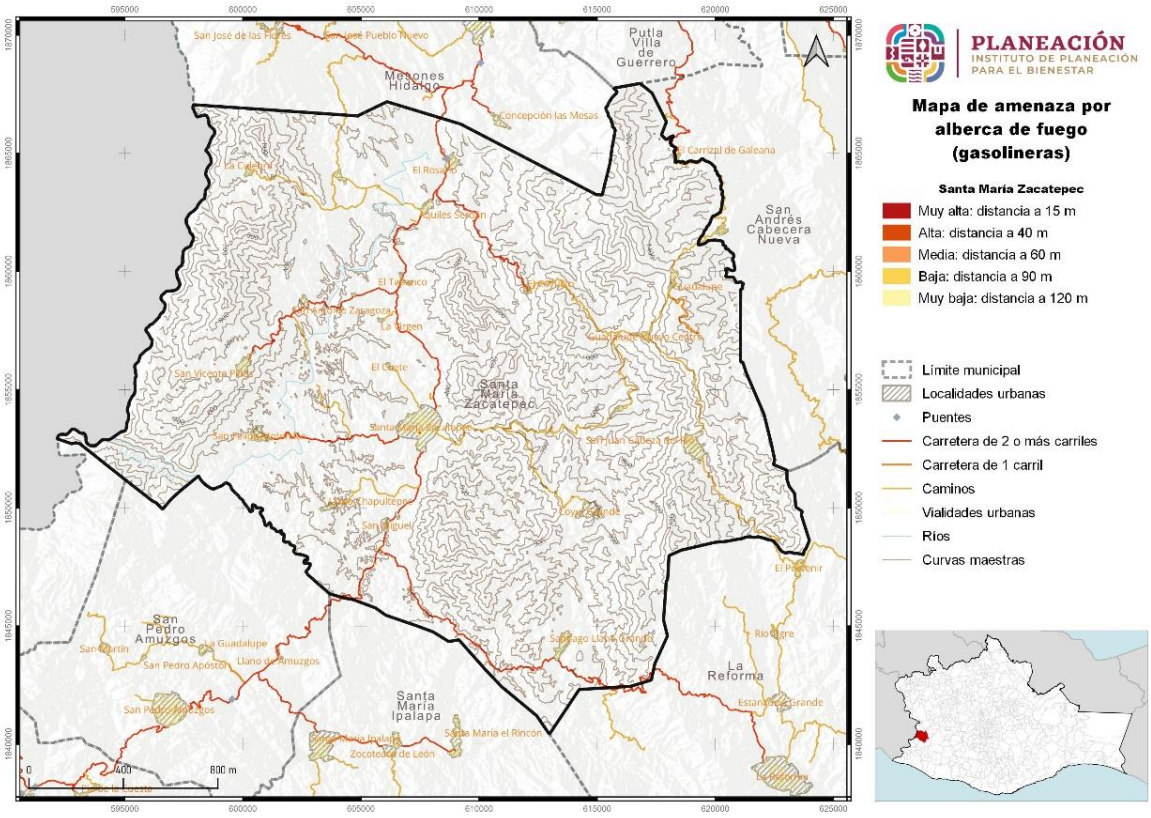
De manera general las explosiones se pueden generar por vapores explosivos confinados, detonaciones o explosivos confinados:

Los vapores explosivos confinados ocurren cuando los vapores se encuentran dentro de los límites flamables y al encontrar un punto de ignición producen frentes de flama cuya velocidad es suficiente para producir ondas de presión por calor.

Las detonaciones son explosiones que se propagan a una alta velocidad y los explosivos confinados son causados por una sobrepresión debida a la difusión de una flama dentro del contenedor de los explosivos, (CIATEC, 2012).

Las mayores amenazas de explosiones en el municipio se encuentran; primero en los expendios clandestinos de gasolina; segundo, en la gasolinera, que aunque mantiene medidas de prevención y control de explosiones e incendios, no deja de representar un peligro permanente; tercero en las carreteras, por donde circulan los vehículos-tanque que suministran el gas y la gasolina a los centros de distribución ubicados en el municipio, así como por el tránsito cotidiano de los vehículos particulares, de pasaje y carga; en cuarto lugar se pueden ubicar las viviendas, principalmente de la zona urbana, ya que se han registrado fugas de gas doméstico, sin embargo no han llegado a darse explosiones o conflagraciones de incendios, por haber sido controladas oportunamente.

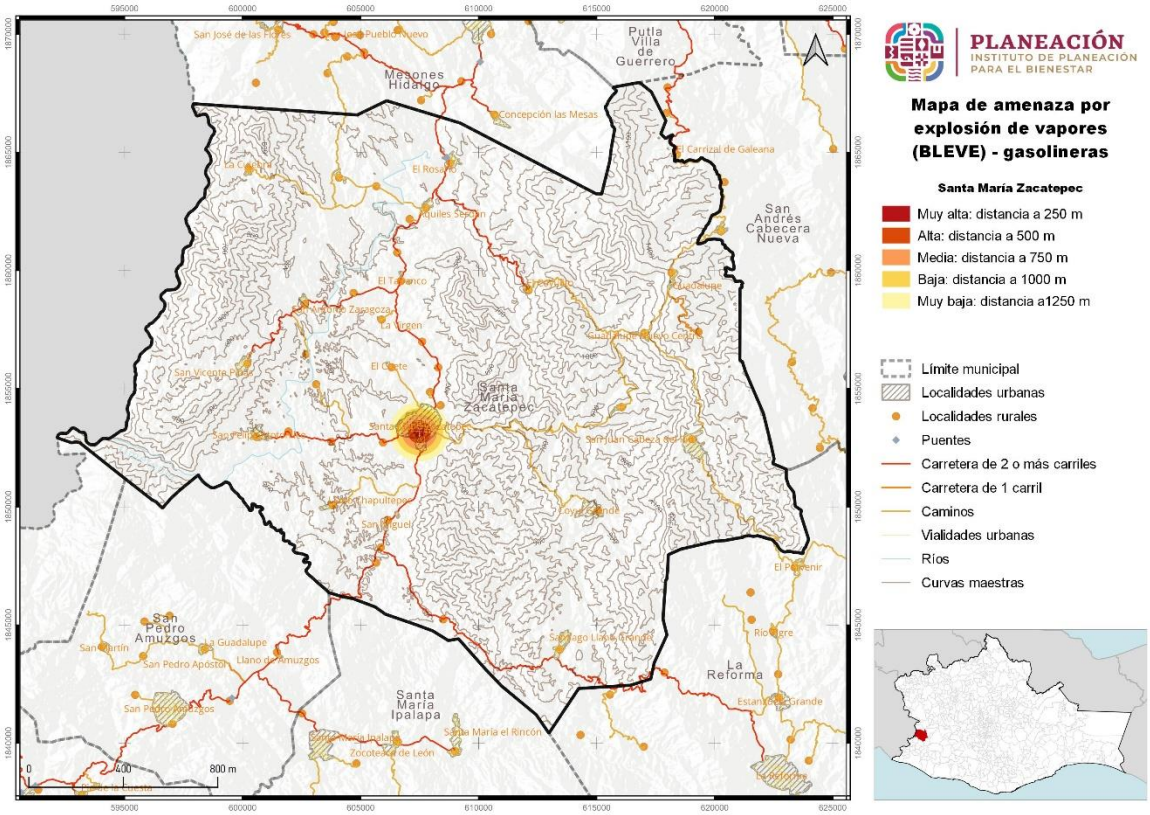
Mapa 122. Amenaza por alberca de fuego (gasolineras) en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

En el Municipio de Santa María Zacatepec, la amenaza por explosión por sustancias peligrosas (alberca de fuego), no se presenta en el municipio, por lo que este fenómeno tiene un grado de peligro **Bajo**.

Mapa 123. Amenaza por explosión de vapores en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.3.1.4 Amenaza por transporte de sustancias peligrosas

Como se mencionó anteriormente, el mayor peligro en el manejo y uso de sustancias peligrosas, específicamente en el caso del gas y la gasolina, puede presentarse en su transporte, debido a las condiciones de los caminos por donde transitan los vehículos-tanque que suministran estos combustibles al municipio, ya que la carretera federal 125, que conecta Putla Villa de Guerrero con el municipio y llega hasta Pinotepa Nacional, presenta áreas socavadas que avanzan en tamaño de manera permanente por el paso de los vehículos, daño que se agrava en la temporada de lluvias, situación también presente en los caminos que conecta a las localidades del municipio.

Imagen 13. Daños en la carretera federal 125.



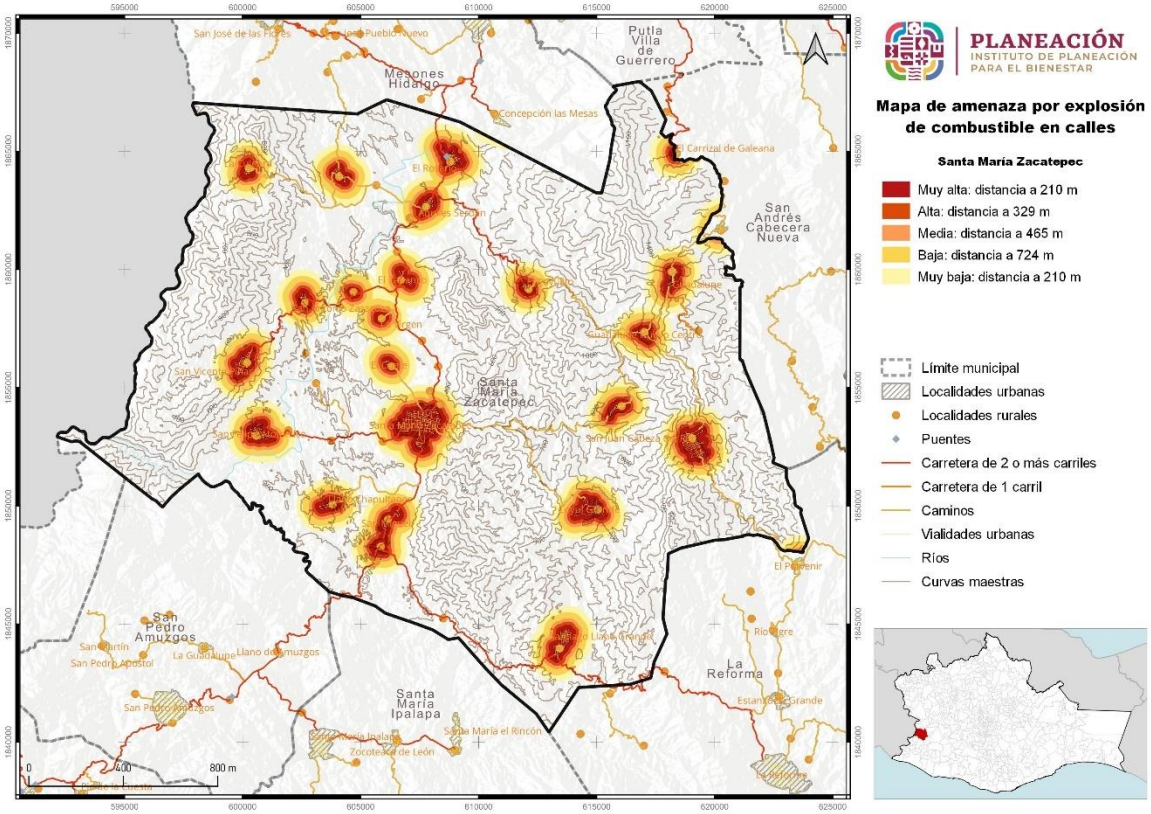
En el municipio de Santa María Zacatepec, considerando la **amenaza de explosión de combustibles que pudieran suscitarse en sus calles**, 1,950 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Muy alta” con un radio de incidencia de 210 metros, 1,050 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Alta” con un radio de incidencia de 329 metros, seguido de 1,431 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Medio” con un radio de incidencia de 465 metros y en menor peligro, 3,453 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Bajo” con un radio de incidencia de 724 metros y finalmente 4,220 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Muy baja” con un radio de incidencia de 210 metros.

Tabla 167. Grado de explosión de combustibles en calles del municipio.

Explosión de combustible en calles	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta: distancia a 210 m	1950.56	16.11
Alta: distancia a 329 m	1049.88	8.67
Media: distancia a 465 m	1431.55	11.83
Baja: distancia a 724 m	3452.97	28.53
Muy baja: distancia a 210 m	4219.65	34.86

Fuente: Centro Geo, 2024

Mapa 124. Amenaza por explosión de combustibles en calles en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

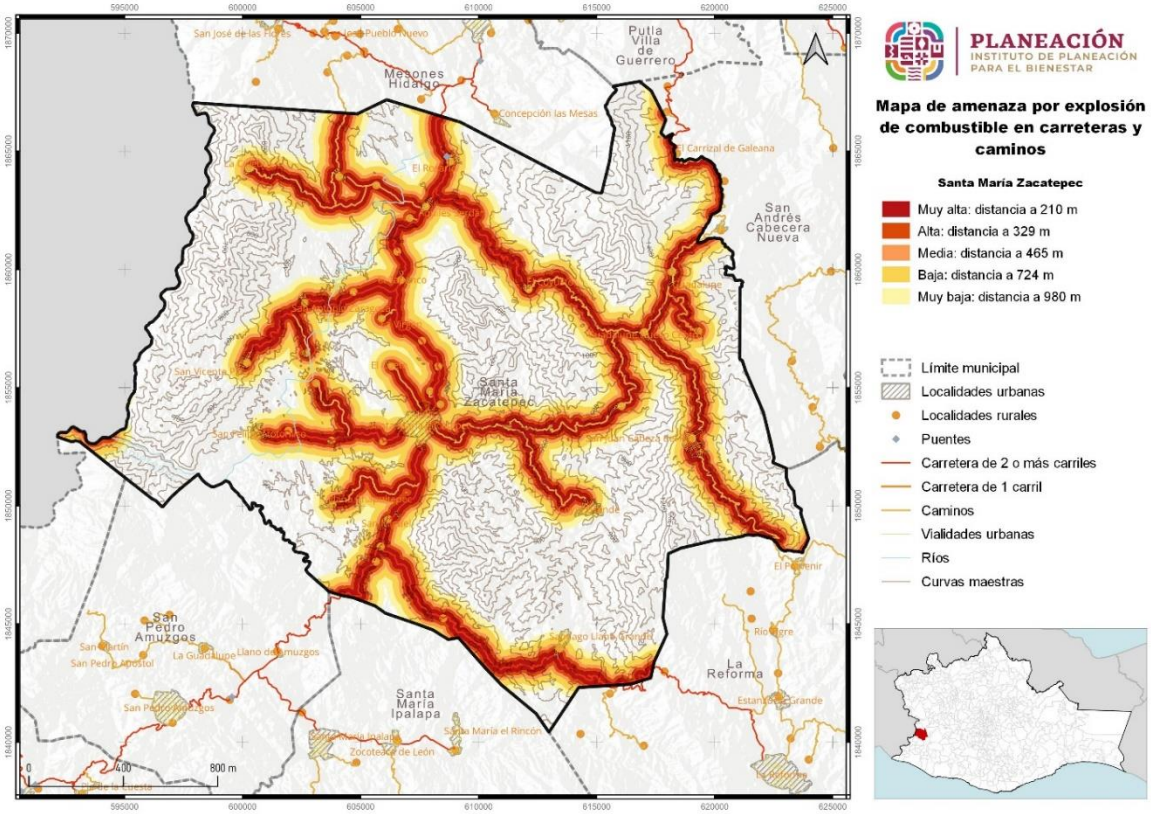
Respecto a la **amenaza de explosión de combustibles en carreteras y caminos**, 6,070 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Muy alta” con un radio de incidencia de 210 metros, 3,188 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Alta” con un radio de incidencia de 329 metros, seguido de 3,438 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Medio” con un radio de incidencia de 465 metros y en menor peligro, 6,051 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Bajo” con un radio de incidencia de 724 metros y finalmente 5,174 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Muy baja” con un radio de incidencia de 210 metros.

Tabla 168. Grado de explosión de combustibles en carreteras y caminos en el municipio.

Explosión de combustible en carreteras y caminos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta: distancia a 210 m	6070.64	25.38
Alta: distancia a 329 m	3187.67	13.33
Media: distancia a 465 m	3437.73	14.37
Baja: distancia a 724 m	6051.45	25.3
Muy baja: distancia a 980 m	5174.45	21.63

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 125. Amenaza por explosión de combustibles en carreteras y caminos en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Respecto a la amenaza de **explosión de gas en pequeños comercios** en el municipio de Santa María Zacatepec, 12.5 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Muy alta” con un radio de incidencia de 21 metros, 25.3 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Alta” con un radio de incidencia de 43 metros, seguido de 20.1 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Medio” con un radio de incidencia de 61 metros y en menor peligro, 35 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Bajo” con un radio de incidencia de 95 metros y finalmente 29.1 hectáreas pueden presentar un peligro de explosión “Muy baja” con un radio de incidencia de 130 metros.

Tabla 169. Amenaza de explosión de gas en pequeños comercios

Explosión de gas en pequeños comercios	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta: distancia a 21 m	12.51	10.22
Alta: distancia a 43 m	25.29	20.67
Media: distancia a 61 m	20.67	16.89
Baja: distancia a 95 m	34.78	28.43
Muy baja: distancia a 130 m	29.1	23.78

Fuente: Centro Geo, 2024

V.3.2 Incendios forestales

El fuego puede tener una influencia positiva en la Naturaleza, pues ayuda a mantener la biodiversidad y sus procesos ecológicos. Pero cuando se utiliza de forma irresponsable o se produce por alguna negligencia, puede convertirse en un incendio forestal de consecuencias devastadoras para el medio ambiente, incluso para la salud y seguridad de las personas.

Los incendios forestales son incendios grandes, incontrolados y potencialmente destructivos que pueden afectar tanto a las áreas rurales como a las urbanas. Pueden extenderse rápidamente, cambiar de dirección e incluso 'saltar' a grandes distancias cuando el viento lleva las brasas y las chispas. Son causadas por una variedad de causas naturales (como un rayo) o por descuido humano (como un cigarrillo). La propagación de un incendio forestal depende de la disposición del terreno, el combustible disponible (vegetación o madera muerta) y las condiciones climáticas (viento y calor). Pueden comenzar en solo segundos y convertirse en infiernos en cuestión de minutos.

Los incendios afectan a los ecosistemas forestales de diversas maneras, en los bosques de clima templado dañan la regeneración, debilitan al arbolado adulto, lo hacen susceptible a ataques de plagas y enfermedades, y reducen el valor económico de los productos forestales. En las selvas provocan daños similares. Otro de los daños que ocasionan es la degradación del suelo (erosionándolo, sobre todo en las selvas sucede este fenómeno), y matando la microfauna. También pueden ocasionar daño a la fauna y cambios en el clima. La sucesión de vegetación (uso de suelo), valores ambientales (captura de carbono, oxígeno, agua, paisajismo, etc.).

Para el cálculo del peligro/amenaza por incendios forestales se empleó multicriterio mediante el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty.

Tabla 170. Matriz de Comparación para cálculo de peligro/amenaza por incendios forestales

Variable	Temperatura máxima	Distancia a calles	Distancia a localidades	Distancia a zonas urbanas	Orientación	Pendiente	Uso de suelo y vegetación	Peso
Temperatura máxima	1	0.33	5	5	1	0.2	0.14	0.144095
Distancia a calles	3	1	0.33	0.33	0.2	0.2	0.33	0.034853
Distancia a localidades	0.2	3	1	0.33	0.2	0.14	0.33	0.066692

Variable	Temperatura máxima	Distancia a calles	Distancia a localidades	Distancia a zonas urbanas	Orientación	Pendiente	Uso de suelo y vegetación	Peso
Distancia a zonas urbanas	0.2	3	3	1	0.33	0.2	0.33	0.055737
Orientación	1	5	5	3	1	1	3	0.248228
Pendiente	5	5	7	5	1	1	3	0.28614
Uso de suelo y vegetación	7	3	3	3	0.33	0.33	1	0.164256

V.3.2.1 Susceptibilidad por incendios forestales

Incendio forestal se refiere al fuego que se propaga libremente con efecto no deseado para la vegetación y sin estar sujeto a control humano. Se estima que las actividades humanas ocasionan la mayoría de los incendios forestales y pocos tiene como causas fenómenos naturales.

De acuerdo con el promedio de los últimos años, casi la mitad de estos incendios se producen por actividades agropecuarias y de urbanización, junto con las acciones intencionadas y los descuidos de personas que no apagan bien sus cigarros o fogatas.

Las causas principales de un incendio forestal, pueden darse por accidentes, negligencia, intencionalmente o de forma natural; son accidentes, las rupturas de líneas eléctricas y accidentes automovilísticos; se consideran negligencias las quemas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de áreas forestales; intensionales son aquellas quemas por conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios y naturales se dice a las que resultan de caída de rayos o erupciones volcánicas, (Naturales, 2018).

Para que se origine un incendio forestal deben darse tres condiciones, lo que se conoce como el triángulo de fuego: combustible, oxígeno y una fuente de calor. El combustible puede ser cualquier material inflamable que esté cerca del fuego, incluidos los árboles, la hierba, la maleza e incluso las casas. Cuanto mayor sea la cantidad de combustible presente en una zona, más intensidad tendrá el fuego.

El aire proporciona el oxígeno que el fuego necesita para arder. Las fuentes de calor contribuyen a desencadenar el fuego y hacen que el combustible esté lo suficientemente caliente para prenderse. Los rayos, las fogatas, los cigarrillos, los vientos cálidos e incluso el sol pueden proporcionar el calor suficiente para desatar un incendio.

Si bien el 75% de los incendios son causados por el ser humano, la naturaleza suele contribuir a avivar las llamas. El clima seco y las sequías convierten la vegetación en combustible seco e inflamable; los vientos fuertes hacen que el fuego se extienda con rapidez y las temperaturas cálidas alientan esta combustión.

Cuando estos factores se dan a la vez, se da una ecuación matemática infalible para que se extienda fácilmente el fuego: más de 30 grados de temperatura, menos del 30 por ciento de humedad y vientos de más de 30 kilómetros por hora. Sólo es necesaria una chispa (en forma de rayo, incendio provocado, un cable caído, una fogata o un cigarrillo) para desatar un incendio que podría durar semanas y carbonizar decenas de miles de hectáreas, (Geographic, 2024).

Un incendio forestal trae consigo más afectaciones de las que se perciben a simple vista, pues hay otros daños que son difíciles de cuantificar; plantas y árboles quedan más desprotegidos ante las plagas y enfermedades, además de que se daña su capacidad de crecimiento; suelos expuestos y susceptibles a la erosión; no hay plantas que retengan el agua para que se filtre al subsuelo y forme o recupere mantos freáticos; desaparición de hábitat de la fauna silvestre; desequilibrio de las cadenas alimenticias y otros procesos de vida como la de hongos, bacterias y protozoarios, encargados de la desintegración de materia orgánica; alteración del clima con menos plantas que generen oxígeno; incremento del efecto invernadero en la atmósfera terrestre; el humo, producto de la combustión, contiene carbono y otros elementos que, en grandes cantidades son nocivos al medio ambiente y destrucción de volúmenes de madera con el consecuente impacto en la economía de los propietarios. (Naturales, Impactos Ambientales que provoca un incendio forestal , 2018).

Existen registros de incendios forestales ocurridos en el año 2006, así como de manera anual del año 2013 al 2016, que afectaron 1,575 Ha, de especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico; arbolado adulto, arbolado de renuevo y arbustos. En los años 2021 y 2022 volvieron a presentarse incendios, atribuidos a las altas temperaturas y pérdida de control en las quemas agropecuarias.

Es importante mencionar que se han presentado incendios ocasionados por contacto de cables de alta y mediana tensión con árboles en el paraje La Joya. En este año 2024, han provocado intencionalmente cuatro incendios en el basurero municipal, los que han podido ser controlados.

Imagen 14. Incendio por corto de líneas eléctricas de mediana tensión en Santa María Zacatepec. 2024.



Existe la iniciativa de la autoridad municipal, junto con el Comisariado de Bienes Comunales de prohibir la quema para las siembras en 2024, lo que se está comunicando a todas las poblaciones, a través de las Direcciones de Protección Civil, Ecología y Recursos Naturales.

Existe muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales, en 228.46 Ha, del territorio municipal, así como alta susceptibilidad en 28,017.61 Ha; susceptibilidad media en 21,503.67 Ha, y baja susceptibilidad en 255.85 Has.

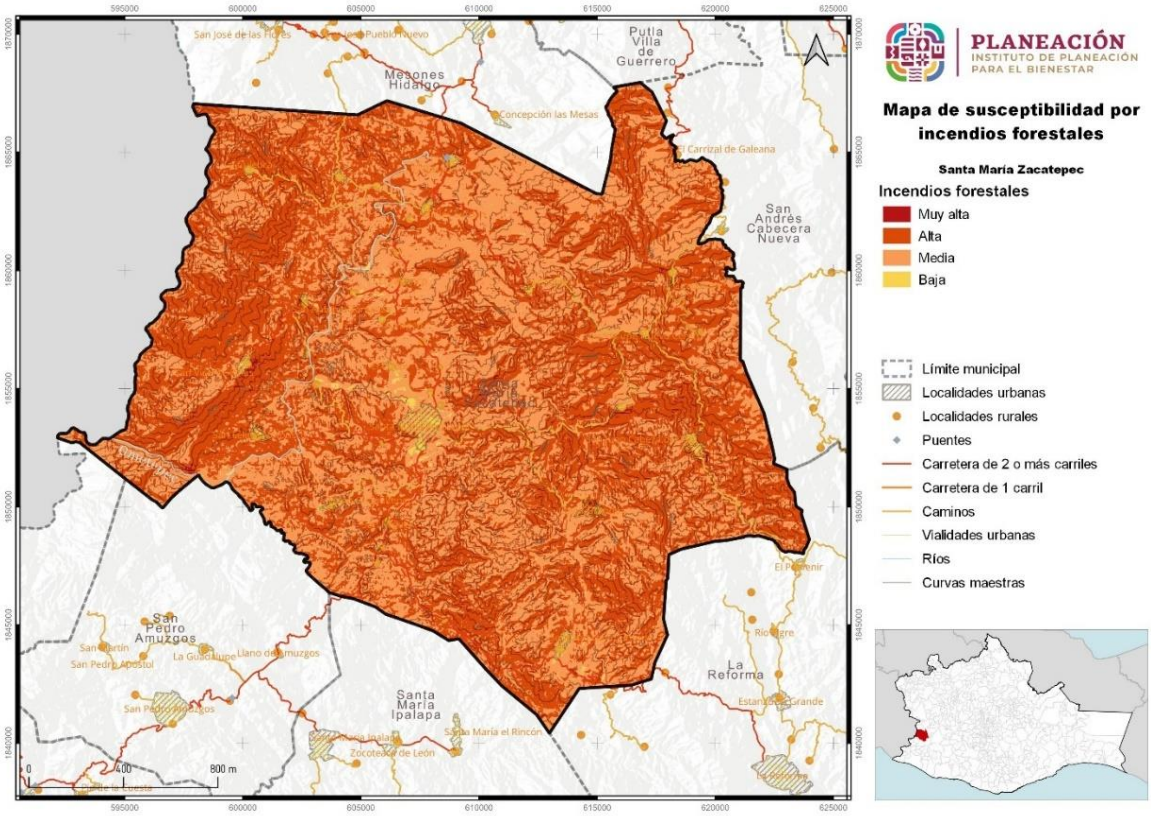
La mayor superficie se considera con alta susceptibilidad, ya que abarca el 56.03% del territorio, le siguen las áreas con susceptibilidad media que constituye el 43.0% del municipio; la baja susceptibilidad con el 0.51% y la muy alta susceptibilidad con el 0.46%.

Tabla 171. Susceptibilidad por incendios forestales

Incendios forestales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy Alta	228.46	0.46
Alta	28017.61	56.03
Media	21503.67	43
Baja	255.85	0.51

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 126. Susceptibilidad por incendios forestales



Fuente: CentroGeo, 2024

Las pequeñas superficies consideradas con muy alta susceptibilidad a incendios forestales se ubican terrenos cubiertos con pastizales que circundan la localidad de San Vicente Piñas, así como las orillas de los caminos que conducen a las localidades de la parte oriente del municipio.

Son áreas altamente susceptibles a incendios, las cubiertas con vegetación secundaria arbórea y arbustiva, así como pastizales ubicados al poniente, además de zonas de bosque y vegetación arbustiva del oriente del municipio, aunque ese nivel de peligro de incendios se replica en manchones distribuidos de manera irregular en todo el territorio.

La susceptibilidad media a incendios forestales se presenta principalmente en suelos destinados actualmente a potreros, los que se encuentran en todo el territorio municipal; por otre aparte, las áreas con baja susceptibilidad corresponden a sitios aledaños a los núcleos de población.

V.4 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos sanitario-ecológicos

Se define el fenómeno sanitario-ecológico como una amenaza que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que atacan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, suelo, agua y alimentos (artículo 2, fracción XXV de la Ley General de Protección Civil), (Seguridad, 2021).

V.4.1 Contaminación del suelo, aire y agua

La contaminación del ambiente es un problema cada vez más relevante en todo el mundo. La actividad humana ha generado una serie de emisiones contaminantes que están afectando seriamente la calidad del aire, agua y suelo, lo que a su vez está teniendo un impacto negativo en la salud humana, la biodiversidad y el clima global.

Contaminación del aire

Los principales contaminantes del aire se clasifican en:

- Primarios: son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.
- Secundarios: son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono.

Los factores contaminantes que han merecido mayor importancia son los siguientes:

- Compuestos clorofluorocarbonados (CFC): los equipos de enfriamientos (heladeras, acondicionadores de aire) utilizan estos compuestos y, cuando los equipos tienen pérdidas, estos compuestos son liberados a la atmósfera.
- Ozono (O_3): los equipos que trabajan con tensiones eléctricas altas producen descargas sobre el aire, que hacen que las moléculas de oxígeno reaccionen formando ozono.
- Dióxido de carbono (CO_2): la combustión genera grandes cantidades de este gas.
- Óxidos de azufre y nitrógeno: por combustibles que contengan azufre o nitrógeno, se formarán óxidos de azufre y nitrógeno (también se pueden formar en la combustión a partir del nitrógeno del aire).

- Combustión incompleta: la combustión incompleta forma monóxido de carbono, polvo de carbón en forma de hollín y sustancias orgánicas parcialmente oxidadas.
- La degradación del ambiente en lugares cerrados se produce por mala combustión, humo de cigarrillos, uso de artefactos eléctricos, insecticidas, adhesivos, solventes y otros compuestos orgánicos provenientes de artículos de limpieza.

La polución del aire es uno de los mayores problemas ambientales que enfrenta el mundo hoy en día. Afecta tanto a las áreas urbanas como a las rurales, y es causada por una variedad de fuentes, como la quema de combustibles fósiles, las emisiones de vehículos y las actividades industriales.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire es responsable de aproximadamente 7 millones de muertes prematuras cada año en todo el mundo. Además, se ha demostrado que la exposición prolongada a la contaminación del aire aumenta el riesgo de enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón y enfermedades respiratorias crónicas como el asma y la bronquitis.

Los niños y los ancianos son especialmente vulnerables a los efectos de la contaminación del aire. Los niños que viven en áreas con altos niveles de contaminación del aire tienen un mayor riesgo de desarrollar asma y otros problemas respiratorios. Los ancianos, por otro lado, son más propensos a desarrollar enfermedades cardíacas y respiratorias como resultado de la exposición a la contaminación del aire.

Contaminación ambiental

La contaminación se define como la introducción directa o indirecta, mediante la actividad humana, de sustancias, vibraciones, radiaciones, calor o ruidos en las distintas áreas ambientales, que pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana o el medio ambiente (Bureau Veritas, 2008).

De acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED (2014), la contaminación ambiental puede darse en aire, agua y suelo; y se caracteriza por la presencia de sustancias contaminantes en el medio ambiente que, cuando exceden ciertos límites considerados como tolerables, causan un daño a la salud y al bienestar del hombre o que ocasionan desequilibrio ecológico.

El CENAPRED también refiere que, al presentar la contaminación ambiental particularidades en cuanto a su prevención y atención, esta es prerrogativa del sector de protección al ambiente y normalmente queda fuera del ámbito de la protección civil.

La contaminación atmosférica es la introducción, directa o indirecta, en la atmósfera de sustancias o formas de energía (vibraciones, calor, ruido, olores, radiaciones

electromagnéticas) debida a la actividad humana. Estas pueden tener efectos perjudiciales en la salud humana, la calidad del medio ambiente o los bienes materiales (Bureau Veritas, 2008).

Los contaminantes atmosféricos se pueden clasificar en función de su naturaleza (biológicos, químicos y físicos), de su estado de agregación (homogéneos o heterogéneos) y de su fuente (primaros y secundarios); no obstante, existe un grupo de contaminantes normados a los que se les ha establecido un límite máximo de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana y asegurar el bienestar de la población.

La contaminación del agua

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el agua está contaminada cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural.

Al respecto, Izcapa et. al. (2014) señalan que la contaminación del agua se da cuando se le incorporan materias extrañas, tales como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, y de otros tipos o bien aguas residuales, entre otras. La incorporación de dichas materias al agua, deterioran su calidad y limitan los usos pretendidos.

Es importante saber que la contaminación del agua se puede dar de forma natural, por ejemplo, por la disposición de sedimentos o de materiales de origen volcánico; no obstante, algunas actividades de carácter antropogénico contribuyen en gran medida a alterar las condiciones fisicoquímicas del agua.

En este sentido, Izcapa et. al. (2014) resaltan las siguientes actividades origen antrópico, como las principales fuentes de contaminación del agua en México:

- Prácticas agrícolas. Donde la principal causa de contaminación es el uso de plaguicidas; mismos que son dispersados por agentes como la lluvia y la erosión del suelo. Así mismo, las aguas de retorno agrícola son una importante fuente de contaminación de cuerpos de agua.
- Urbanización. Debido a la generación de aguas residuales municipales, constituidas por las descargas de residuos de origen doméstico o público; que son vertidas en los sistemas de alcantarillado o directamente en los cuerpos de agua.
- Industrialización. Debido a la generación de descargas industriales que contienen metales pesados y otras sustancias químicas tóxicas, que no se degradan fácilmente en condiciones naturales. La industria azucarera, química, petrolera, metalúrgica y de papel y celulosa, son consideradas entre las más contaminantes.
- Sector pecuario. Constituido por los efluentes de las instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado bovino, vacuno y granjas avícolas, entre otras.

Este tipo de contaminación es un problema grave que afecta a millones de personas en todo el mundo. Cada año, miles de personas mueren como resultado de enfermedades relacionadas con el agua contaminada. Esta se produce cuando sustancias nocivas como químicos, bacterias y otros contaminantes entran en el agua y la hacen peligrosa para el consumo humano y animal.

Algunas de las fuentes de contaminación son:

1. Biológica: este tipo se produce cuando las bacterias, virus y parásitos entran en el agua y pueden causar enfermedades en los seres humanos y los animales.
2. Química: este tipo se produce cuando sustancias químicas tóxicas entran en el agua y pueden causar problemas de salud en los seres humanos y los animales.
3. Térmica: este tipo se produce cuando se vierte agua caliente en un cuerpo de agua, lo que puede dañar la vida acuática y reducir la cantidad de oxígeno en el agua.
4. Radiactiva: este tipo se produce cuando sustancias radiactivas entran en el agua y pueden causar enfermedades graves como el cáncer.

Algunas de las causas de la contaminación del agua son:

- Vertidos industriales: las fábricas y las plantas industriales a menudo vierten productos químicos tóxicos en el agua, lo que puede contaminar ríos y arroyos cercanos.
- Vertidos de aguas residuales: las ciudades y los pueblos a menudo vierten aguas residuales en ríos y lagos cercanos, lo que puede contaminar el agua.
- Vertidos agrícolas: los productos químicos utilizados en la agricultura pueden entrar en el agua y contaminarla.
- Derrames de petróleo: los derrames de petróleo pueden causar daños graves al medio ambiente y contaminar el agua.

Efectos en la salud humana

El consumo de agua contaminada puede tener graves consecuencias en la salud humana. Los contaminantes del agua pueden causar enfermedades como la diarrea, el cólera, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y la disentería. Estas enfermedades pueden ser graves y a menudo resultan en hospitalización y, en casos extremos, la muerte.

Los niños, las personas mayores y aquellos con sistemas inmunológicos debilitados son especialmente vulnerables a las enfermedades causadas por el agua contaminada. El plomo, el arsénico y el mercurio son algunos de los contaminantes del agua que pueden ser perjudiciales para la salud humana, y pueden causar daño cerebral y nervioso, problemas reproductivos y trastornos del aprendizaje.

Efectos en la agricultura

La agricultura también se ve afectada por la contaminación del agua. Los pesticidas y fertilizantes utilizados en la agricultura pueden filtrarse en los cuerpos de agua y contaminarlos. Esto no solo puede matar la vida acuática, sino también afectar la calidad del agua utilizada para el riego. La contaminación del agua también puede afectar los cultivos y reducir su rendimiento y calidad.

Contaminación del suelo

La contaminación del suelo es un problema ambiental grave que afecta a millones de personas en todo el mundo. Se produce cuando se introduce en el suelo sustancias tóxicas que pueden dañar el medio ambiente y la salud humana. Los contaminantes del suelo incluyen una amplia variedad de sustancias, desde productos químicos industriales hasta residuos orgánicos.

Los contaminantes del suelo pueden ser naturales o artificiales. Los contaminantes naturales incluyen elementos como el plomo y el mercurio, que se encuentran naturalmente en el suelo. Los contaminantes artificiales, por otro lado, son producidos por la actividad humana y pueden ser mucho más peligrosos. Algunos ejemplos de contaminantes artificiales incluyen:

1. Pesticidas y herbicidas: son productos químicos utilizados en la agricultura para matar insectos y malezas. Estos productos químicos pueden filtrarse en el suelo y contaminar el agua subterránea.
2. Petróleo y productos derivados: los vertidos de petróleo y los derrames de productos derivados del petróleo son una fuente importante de contaminación del suelo. El petróleo puede tardar décadas en descomponerse y puede afectar seriamente la calidad del suelo.
3. Metales pesados: los metales pesados, como el plomo, el mercurio y el cadmio, son tóxicos para los seres humanos y pueden ser peligrosos en cantidades elevadas. Estos metales se encuentran a menudo en las pilas y baterías, así como en otros productos industriales.
4. Residuos tóxicos: los residuos tóxicos incluyen sustancias químicas peligrosas como el ácido clorhídrico y el cianuro. Estos residuos se producen a menudo en los procesos industriales y pueden filtrarse en el suelo y contaminar el agua subterránea.

La contaminación del suelo es un problema ambiental que tiene efectos perjudiciales en la salud humana, la biodiversidad y la economía. Los contaminantes del suelo pueden afectar los cultivos, los ecosistemas naturales y los animales que dependen del suelo para sobrevivir. Además, la contaminación del suelo también puede tener un impacto negativo en la calidad del agua potable y en la salud humana.

La contaminación del suelo puede reducir la biodiversidad de los ecosistemas naturales y tener un efecto dominó en la cadena alimentaria. Los contaminantes del suelo pueden dañar la estructura del suelo y reducir su capacidad para sostener la vida vegetal. Como resultado, los animales que dependen de plantas para alimentarse pueden verse afectados y su población puede disminuir.

Además, la contaminación del suelo también puede afectar a los microorganismos que viven en el suelo, como bacterias y hongos. Estos microorganismos son importantes para la descomposición de la materia orgánica y para la formación de nutrientes que son esenciales para el crecimiento de las plantas. Si los microorganismos del suelo se ven afectados por la contaminación, pueden producirse efectos adversos en los ecosistemas naturales.

La contaminación del suelo puede tener un impacto negativo en los cultivos y la agricultura. Los contaminantes del suelo pueden acumularse en los cultivos y pueden ser tóxicos para los animales y humanos que los consumen. Además, los cultivos pueden verse afectados por la contaminación del suelo y producir menos cosechas y de menor calidad.

La contaminación del suelo también puede afectar a los sistemas de riego y al agua utilizada en la agricultura. Los contaminantes del suelo pueden filtrarse en el agua subterránea y contaminar las fuentes de agua utilizadas para el riego. Como resultado, los cultivos pueden absorber los contaminantes del suelo a través del agua utilizada para su riego.

La contaminación del suelo también puede tener efectos perjudiciales sobre la salud humana. Los contaminantes del suelo pueden ser tóxicos para los seres humanos y pueden causar una serie de problemas de salud, como enfermedades respiratorias, cáncer y otros trastornos.

V.4.1.1 Amenaza por contaminación del agua *

Con respecto al agua, es importante mencionar que el agua potable está amenazada por la continua contaminación que genera la actividad humana y por la disminución de los recursos hídricos como consecuencia del calentamiento global. El 97.2% del agua en el planeta Tierra es salina y solo el 2.5% corresponde a agua fresca; de ese 2.5%, 30% es subterránea, 68% está en los glaciares y otras capas de nieve y solo el 1.2% es superficial y se encuentra en ríos, lagos y otras formas de agua de superficie.

La alta contaminación de agua fresca se traduce en problemas de salud pública que afectan no solo las poblaciones humanas y animales, sino también el ambiente natural en general. El peligro de morbimortalidad infantil por enfermedad diarreica aguda se incrementa ante la contaminación del agua. Se estima que 1 800 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada con heces fecales.

La comunidad es privilegiada en cuando a la diversidad de subcuencas y microcuencas hidrológicas que se distribuyen por todo su territorio, contando con un sistema hidrológico extenso, con importantes escurrimientos de los que se abastecen las necesidades para la agricultura, la vida urbana y la población.

El agua que consume la población del municipio se considera limpia, por proceder de ríos y manantiales ubicados en zonas altas del territorio; sin embargo, no se realiza el control de su calidad y ya se observan afectaciones a la cubierta vegetal y

contaminación derivada de la vida urbana por residuos de las aguas domiciliarias y las actividades productivas en virtud del inadecuado uso y disposición de residuos de los agroquímicos.

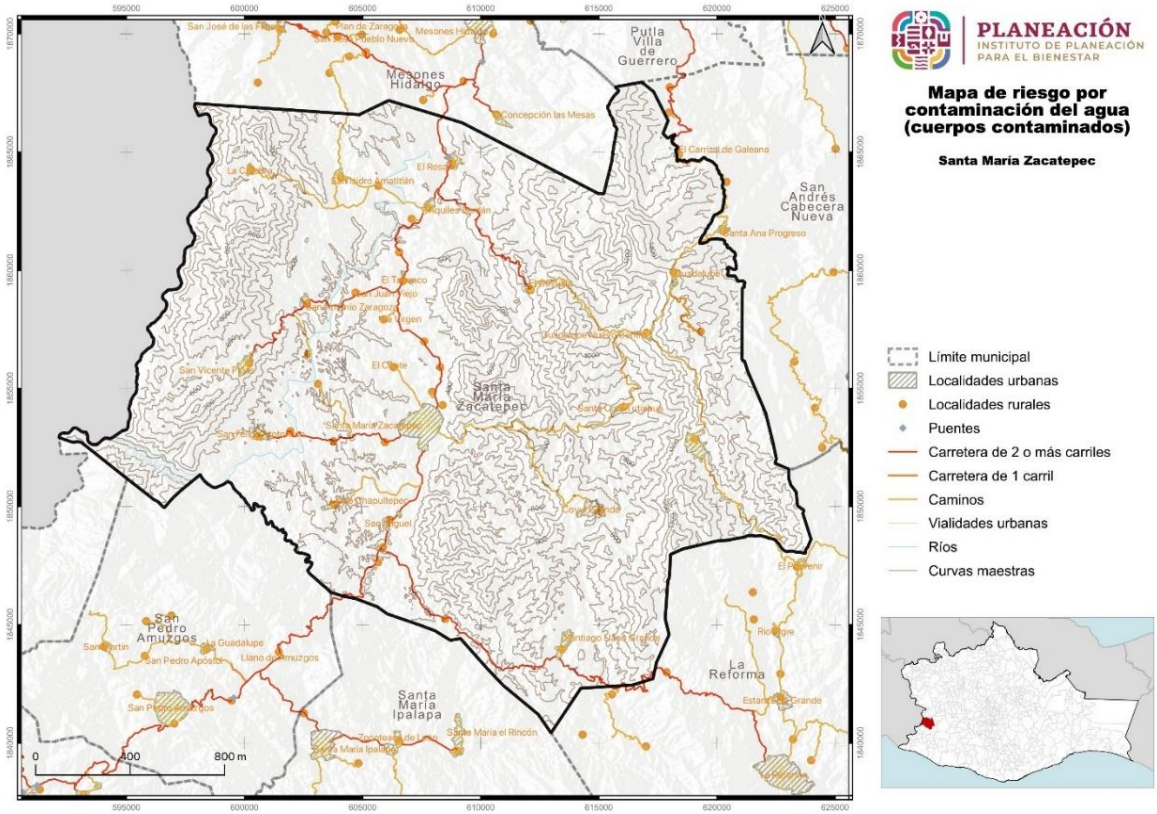
El agua que consume domésticamente la población de todo el territorio municipal, proviene de 127 fuentes de abastecimiento, 45 manantiales, 41 ríos y 41 catalogadas como otras fuentes. El volumen anual concesionado de extracción para el municipio es de 3,355,000 m^3, de los cuales la mayoría se extrae de ríos, 1,274,000 m3, 1,274,000 m3 de las denominadas como otras fuentes, que pueden ser canales o galerías filtrantes y 806,000 de manantiales. (INEGI, Anuario Estadistico y Geografico de Oaxaca., 2017).

Los principales elementos y factores presentes en el municipio, que pueden considerarse contaminantes del agua son:

- La descomposición natural a la que están expuestos los residuos orgánicos de áreas urbanas, del bosque y selva, como son los restos vegetales y animales, entre otros y que pueden causar la muerte de la vida microscópica y macroscópica del río y manantiales.
- Las heces y restos orgánicos de las descargas clandestinas de aguas negras, que conllevan bacterias, virus o protozoos que ponen en alto riesgo a la población que vive aguas abajo.
- Fertilizantes químicos que cuando se aplican en concentraciones elevadas, favorece el crecimiento excesivo de organismos por un excesivo aporte de nutrientes.
- Plaguicidas, detergentes sintéticos, plásticos, disolventes, gasolina, compuestos que permanecen mucho tiempo en el agua, porque al ser productos sintéticos, tienen estructuras muy complejas que los microorganismos presentes en el agua no pueden degradar.
- Detritos y otros sólidos naturales derivados de la erosión, que, al ser arrancados o arrastrados del suelo, contribuyen en gran medida a la masa total de contaminantes en el agua, lo que además de aumentar la turbidez del agua, que afecta a los animales acuáticos, también provoca asolvamientos, con los consecuentes peligros de desbordamientos e inundaciones.
- El aumento de la temperatura del agua que disminuye su capacidad de contener oxígeno disuelto, puesto que disminuye la solubilidad de los gases y aumenta las reacciones químicas, lo que provoca la pérdida de oxígeno disuelto y asfixia los organismos acuáticos.

Aún con lo anterior, puede considerarse que **actualmente en el municipio no existen cuerpos de agua bajo algún nivel de amenaza de contaminación**, sin que ello implique que no deban realizarse estudios específicos para el caso de los manantiales destinados para el consumo.

Mapa 127. Amenaza por contaminación del agua



Fuente: CentroGeo, 2024

V.4.1.2 Amenaza por contaminación del aire

Respecto a la contaminación del aire y la atmósfera, es necesario repasar que la temperatura disminuye a medida que aumenta la altura en la troposfera. En estas condiciones, los contaminantes, que se emiten generalmente a nivel del suelo y a altas temperaturas (la industria, el tráfico) se difunden hacia las zonas de menor temperatura (es decir, ascienden), con lo cual se mezclan con más cantidad de aire, lo que lleva a su dispersión y dilución. El fenómeno de inversión térmica, esto quiere decir, cuando se invierte el gradiente de temperatura en las capas cercanas al suelo, los contaminantes no pueden ascender y por lo tanto no se dispersan, dando lugar a fenómenos de acumulación de contaminantes.

De las fuentes contaminantes de la atmósfera, en Santa María Zacatepec se tienen algunos considerados como naturales, que son el suelo y la vegetación, aunque las de carácter artificial son más, como es el caso de la incineración de residuos en el tiradero municipal y en las viviendas, los incendios forestales y los vehículos.

En el municipio se generan contaminantes atmosféricos, en cantidades no registradas, como es el caso del metano, que es el más abundante e importante de

los hidrocarburos atmosféricos, incoloro e insoluble en agua. Su t1/2 (Tiempo que tarda en perder la mitad de su concentración o actividad original) es de 5 a 10 años. Se origina por la descomposición anaeróbica de materia orgánica, por las heces del ganado, incendios forestales, la propia vegetación, quemas al aire libre, cocina, combustión de vehículos. El metano es uno de los causantes del efecto invernadero e interviene en las reacciones estratosférica. (Dolores)

La calidad del aire en un área determinada, aunque es afectada por factores climáticos y geográficos, tiene una relación directa con el volumen de los contaminantes emitidos a la atmósfera.

Un inventario de emisiones contaminantes debe empezar por identificar las fuentes de emisiones, que pueden ser fijas, como las industrias, móviles, como los vehículos automotores o naturales como el suelo y la vegetación.

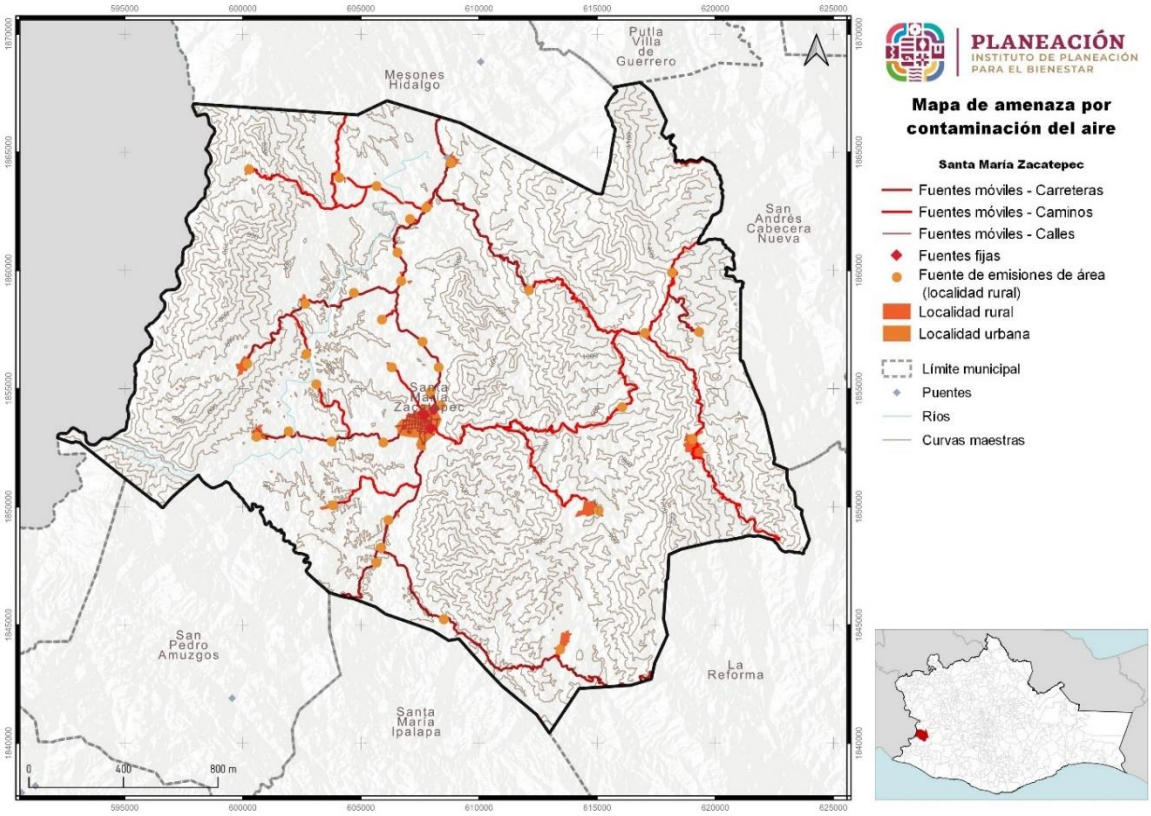
Sin adoptar una categorización de los tipos de emisión, en el caso de Santa María Zacatepec, se pueden identificar varias fuentes de emisiones que afectan la calidad del aire, las consideradas móviles como son los vehículos automotores que circulan por el territorio, así como las fijas, que se refieren al consumo de energía y generación de RSU en las viviendas de la población.

Otras emisiones son las generadas por los procesos naturales de los suelos forestales, pastizales y tierras agrícolas, los cambios de uso de suelo y los incendios en tierras forestales, selva y pastizales, alas que pueden sumarse las emisiones generadas por las actividades agropecuarias.

Son fuentes móviles contaminantes del aire en el municipio, los vehículos automotores que circulan por el territorio, que por la combustión interna de sus motores generan CO2, que pueden considerarse como la principal fuente de contaminación ambiental. A nivel nacional se considera que esta fuente aporta el 26.2% de las emisiones totales. El inventario de vehículos para el año 2016 en el municipio fue de 356 automóviles, 42 camionetas de pasajeros, 566 camiones y camionetas de carga y 20 motocicletas, (Estadistico, 2017).

Respecto a las emisiones generadas en las viviendas del municipio, se refiere principalmente al consumo de leña, gas doméstico, electricidad y a los residuos sólidos generados. Al respecto, son datos relevantes, el hecho que en el 70.3% de las viviendas, se usaban leña o carbón para cocinar, lo que se agravaba porque carecían de chimenea (Secretaría del Bienestar. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022); por otra parte, el promedio de residuos sólidos generados diariamente por vivienda durante el año 2012, era de 1.46 kg. (Anuario Estadistico , 2014).

Mapa 128. Amenaza por contaminación del aire por fuentes móviles y fijas

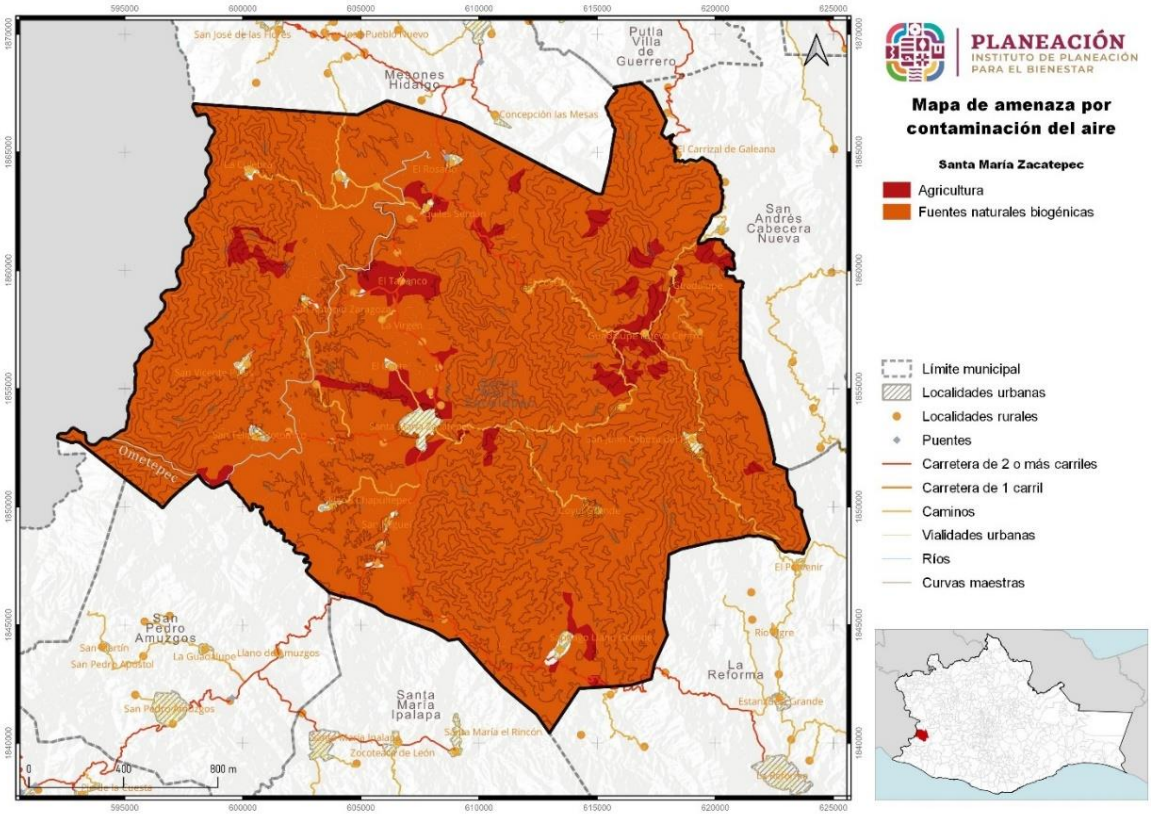


Fuente: CentroGeo, 2024

Las emisiones generadas por fuentes naturales, relacionadas con el uso del suelo y vegetación, liberan y absorben CO2 y en el caso de los incendios forestales, además de CO2, también emiten CH4 y N2O. Se estima que esta fuente es una de las que genera la mayor cantidad de emisiones en el municipio.

En cuanto a las emisiones generadas por actividades agropecuarias., se refieren al manejo de suelos, cultivos, uso de agroquímicos y quema de residuos de cosechas, propias de las actividades agrícolas que se practican en aproximadamente 3,999.74 Has. del territorio, así como al manejo del ganado, la fermentación entérica de los rumiantes y producción de estiércol, que en conjunto producen CO2, CH4 y N2O. (SEMARNAT, 2002), (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2012).

Mapa 129. Amenaza por contaminación del aire



Fuente: CentroGeo, 2024

V.4.1.3 Amenaza por contaminación del suelo

La contaminación del suelo puede entenderse como el proceso de degradación química que conlleva a la pérdida de productividad, esto sucede cuando el suelo recibe sustancias tóxicas en concentraciones que superan su capacidad natural de autodepuración.

En Oaxaca, la degradación del suelo se vincula con diferentes procesos y niveles, es resultado tanto de variaciones climáticas como de las actividades humanas. Lo más notable es la pérdida de hectáreas por degradación química, que en el estado alcanza 1 millón 678 mil 622 hectáreas lo que representa casi 5% de la degradación química nacional.

A diferencia de los que ocurre en el aire y en el agua, en el suelo los contaminantes son poco móviles. Los procesos de dilución prácticamente no existen. Solo un pequeño porcentaje de la contaminación del suelo se elimina por el regadío, escorrentía, lixiviación, etc. Teniendo en cuenta que se necesitan más o menos unos 10.000 años para el desarrollo completo de un suelo, se puede decir que cuando un suelo se contamina, difícilmente se regenera por sí solo.

La fuente de contaminantes del suelo puede ser naturales o artificiales (antropogénicas). La fuente natural sería la liberación excesiva de alguna sustancia en la meteorización de la roca madre, siempre y cuando esa sustancia se acumule y resulte tóxica para el suelo. Sería un componente natural que resulta tóxico.

Las fuentes artificiales, causadas por la intervención humana son los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos sólidos industriales (RSI), abonos, pesticidas, plaguicidas, agua de riego contaminada, deposición de contaminantes atmosféricos y lixiviados y lodos contaminados.

De manera especial se menciona la contaminación por metales pesados, que se encuentran presentes en la atmósfera en muy bajas concentraciones, muchos de los cuales son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas o formar parte de la dieta de los animales y que en el aire tienen un t½ de 7 a 30 días, pero que en el suelo, agua o en los seres vivos son muy persistente y se acumular convirtiéndose contaminantes primarios, tóxicos y peligrosos.

Entre los metales pesados más dañinos están el mercurio y el plomo, presentes en pesticidas inorgánicos, fertilizantes y gasolina, que, al no degradarse en la naturaleza, ni química ni biológicamente, pueden acumularse en la cadena trófica y provocar graves daños en la salud a pesar de sus bajas concentraciones.

Algunos compuestos orgánicos del plomo atmosférico son absorbidos por el hombre, principalmente a través del sistema respiratorio, afectando a los huesos, a la inteligencia de los niños, a los fetos de las madres gestantes y al sistema nervioso, además de afectar el crecimiento de las plantas

La capacidad de autodepuración del suelo es limitada, no es infinita como se pensaba hasta hace poco tiempo. Los suelos admiten contaminantes, que van atrapando en su complejo de cambio, hasta que se saturan, es decir, hasta que se supera su capacidad de amortiguación. Cuando ocurre esto, se produce la liberación rápida y violenta de la mayor parte de los contaminantes que tenía almacenados ese suelo.

Los contaminantes, una vez movilizados, quedan libres en la disolución del suelo y pueden pasar a otros medios o a la cadena trófica y provocar el efecto conocido como “Bomba Química del Tiempo" (BQT), que es una situación no prevista (no se sabe cuándo va a ocurrir) y se define como la rápida liberación de productos químicos almacenados durante un tiempo en un suelo, situación que ya se presenta en Santa María Zacatepec.

V.4.2 Epidemias y plagas

Las epidemias se pueden definir como el incremento inusual de la frecuencia de casos de una enfermedad infecciosa en un tiempo corto, que pueden ser semanas. Por el

grado de diseminación de las enfermedades infecciosas, estas pueden ser esporádicas, que se interpreta como casos aislados en un lugar determinado, durante un intervalo de tiempo determinado.

Algunas epidemias se propagan de manera clásica, esto es que la infección se transmite de una persona, a través de la alimentación o transporte y hay otras que se relacionan con el clima.

La propagación de las enfermedades infecciosas también se puede dar por endemia, que es cuando la enfermedad permanece durante mucho tiempo en un lugar determinado, para después extenderse y evolucionar hacia una epidemia.

Existen dos mecanismos principales para generar una epidemia, por contagio cuando el virus o la bacteria se transmiten por aire, agua, alimentos o de persona a persona y por inoculación principalmente por insectos como mosquitos y moscas.

Algunas enfermedades infecciosas pueden ser transmitidas también a través de sus huéspedes naturales como animales domésticos o silvestres que viven en zonas urbanas o rurales, ya que su hábitat natural ha sido alterado.

Una plaga se define como el tamaño de población de una especie determinada que ha sobrepasado el umbral de tolerancia, de tal manera que sus individuos pueden provocar problemas sanitarios o ambientales, como aquellas especies implicadas en la transferencia de enfermedades infecciosas para el hombre y en el daño o deterioro del hábitat y del bienestar urbano, así como pérdidas económicas, en cultivos y ganado.

Aunque se sabe que cada especie de insectos y roedores tienen sus características biológicas propias, existen factores que posibilitan su proliferación, tales como; las condiciones climáticas, asociadas normalmente a la estacionalidad, ya que los climas más cálidos favorecen las plagas que destruyen los cultivos agrícolas, entre ellas, las enfermedades micóticas, las malezas y muchos insectos; la humedad, presente en época de lluvias, en ciénegas, cauces fluviales y zonas encharcadas; la presencia de nutrientes como lo es la materia orgánica abandonada, basura, soportes materiales, animales a quien parasitar.

La proliferación de estos seres vivos se ve favorecida por la existencia de vertederos incontrolados, red de alcantarillado en mal estado, incorrecta disposición de la basura, falta de higiene y limpieza periódica de zonas de alto riesgo como sótanos, graneros, solares abandonados etc., o cualquier punto insalubre que pueda servir de hábitat para el desarrollo de los vectores o plagas.

Otros factores que estimulan la presencia de plagas son; la existencia de espacios aptos para establecer sus guaridas-refugios, lejos de amenazas; la ausencia de depredadores; la falta de control físico, químico o biológico; la concentración de población humana y proliferación de zonas urbanas marginales que ejercen una presión cada vez mayor sobre una infraestructura ya precaria, lo cual exacerba el

déficit de viviendas, la insuficiencia de agua potable y dificulta la evacuación apropiada de aguas residuales, excretas y residuos sólidos. (Seguridad, 2021)

V.4.2.1 Amenaza por plagas en cultivos (diferenciado por plaga)

Hasta un 40 por ciento de la producción agrícola mundial se pierde por causa de las plagas que llegan a afectar a los diferentes cultivos, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Las plagas no sólo reducen la producción agrícola, sino que también desmejoran la calidad de los cultivos, lo cual supone grandes repercusiones sobre el sector rural, (Agroasemex, 2019).

En Santa María Zacatepec se cultiva principalmente el maíz, frijol, chile, sandía, melón, pepino, Jamaica, jitomate, calabaza, forraje para el ganado vacuno, mangos, mamey, anona, entre otras; así también se practica la ganadería de autoconsumo y exportación al interior del país, principalmente de ganado vacuno, también se cría ganado caprino, avícola, los cuales son vendidos en el mercado local, (H. Aytto. Const. De Santa María Zacatepec. Plan Municipal de Desarrollo 2022-2024. 2022)

Dentro de las principales plagas que atacan los cultivos están;

- El pulgón (*Aphididae sp.),* afecta a la mayoría de los cultivos, deteniendo el proceso de formación y maduración de frutos. Al alimentarse de las plantas, las debilitan, generando desde caída de hojas, hasta la pérdida total de la planta. El pulgón está considerado entre los insectos que más cantidad de virus transmite.
- Mosquita blanca (Bemisia tabaco, Trialeurodes vaporariorum), aunque afecta a la mayoría de los cultivos, causa mayores daños en hortalizas. Succiona la savia de las hojas, inhibiendo el desarrollo de las plantas, con peligro de pérdida temprana de los cultivos. Afecta la calidad de los frutos, al interrumpir de manera importante al proceso de fotosíntesis. Cuando el insecto ataca directamente al fruto, éste no madura adecuadamente, lo que genera pérdida de producción.
- Picudo del chile (Anthonomus eugenii Cano). Plaga considerada como la más importante en los cultivos de chile en México y Estados Unidos. Daña directamente los frutos y debido a que tanto las larvas como adultos se alimentan por igual, ocasionan su caída.
- Araña Roja (Tetranychus urticae). Pertenece al grupo de los ácaros, considerada la más importante dentro de las plagas después de los insectos. Generan daños en hojas, frutos, Las zonas donde se alimenta se decoloran y posteriormente se pudren. Altas infestaciones ocasionan la muerte de sus huéspedes.

- Gallina Ciega (Phillophaga sp.). Así se denomina a un grupo de escarabajos. Tras salir del huevo, depositado en el suelo, las larvas poseen una poderosa mandíbula con la que se alimentan de las raíces, provocando la muerte de las plantas pequeñas y afectando notoriamente el crecimiento de las sobrevivientes.

- Moscas de las Frutas (Drosophila melanogaster). Es un insecto que en su edad adulta asemeja a una mosca doméstica, pero con un color amarillo y negro. La hembra deposita los huevos dentro de los frutos, en donde se desarrollan las larvas que se alimentan de los mismos. Afectan diversos tipos de cultivos y aunque el daño que generan no es directamente en la estructura de las plantas, sí afectan las cosechas de frutas.
- Minadores de Hoja (Liriomyza spp). Existen varias especies, pero todas generan el mismo tipo de daño en los cultivos. En las hojas de las plantas infestadas, aparecen canales o galerías, causadas por las larvas al alimentarse. En su etapa adulta los insectos realizan picaduras en las hojas, reduciendo la capacidad de fotosíntesis y provocando la muerte de las plantas. (Agrichem, 2022)
- Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda). Se reporta un total de 186 hospedantes. En el cultivo de maíz oviposita sobre las hojas en la parte media de la planta, preferentemente en el envés o en la zona basal de las mismas (Murúa y Virla, 2004). Emergidas las larvas, los primeros instares se alimentan durante el día, mientras que los últimos instares son más activos durante la noche; el último instar va a consumir una mayor cantidad de alimento que todos los instares anteriores, de tal manera que los dos últimos instares consumen el 85% del follaje que se come una larva durante todo su ciclo de desarrollo (Luginbill, 1928; Mena-Covarrubias, s/f; Bautista y Morales, 2016). Para completar su desarrollo, las larvas consumen en total un promedio de 179.7 cm2 de superficie foliar de maíz y dejan de alimentarse antes de alcanzar el último instar larval. Para pupar, se entierran en el suelo, donde forman una cámara pupal (Rezende et al., 1994; Murúa et al., 2008). (SENASICA, 2021).

V.4.2.2 Amenaza por plagas forestales

Las especies forestales también presentan amenazas de plagas, siendo las principales; plantas parásitas, insectos descortezadores primarios de pino del género Dendroctonus, insectos defoliadores de los géneros Neodiprion y Zadiprion, minador Acraga spp, así como Hongos, bacterias, virus, viroides y fitoplasma.

La superficie forestal afectada por plagas en el Estado de Oaxaca, en el año 2021 fue de 13,100.32Has., con mayor presencia de defoliadores, que afectaron 8,076.83 Has. (SEDAPA, 2022)

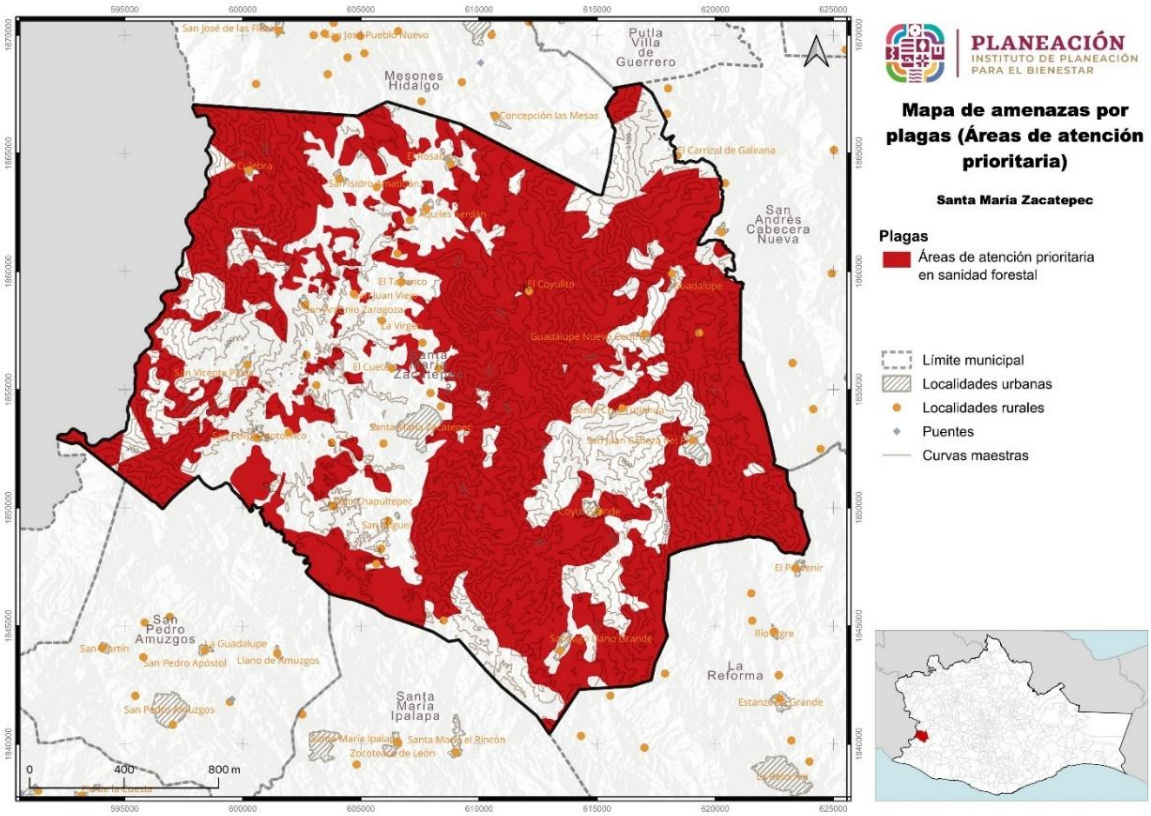
En el municipio se consideran áreas de atención prioritaria por su susceptibilidad a plagas forestales, 30,540.90 Ha, donde el uso suelo y vegetación corresponde a vegetación primaria y secundaria existente en el municipio.

Tabla 172. Amenazas por plagas forestales en el municipio.

Amenazas por plagas (Atención prioritaria)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Áreas de atención prioritaria en sanidad forestal	30540.9	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 130. Amenaza por plagas (áreas de atención), en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas prioritarias son zonas de bosque de pino, pino encino y vegetación secundaria arbórea y arbustiva derivada de éstos. Se trata de bosques intervenidos en diferentes magnitudes, que ya han sido afectados o son altamente susceptibles a plagas.

Los principales muérdagos que afectan a los bosques del estado de Oaxaca, se encuentran dentro del Orden: Santales, Familia: Loranthaceae y Viscaceae y los géneros Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus, Struthanthus y Arceuthobium.

Son los muérdagos enanos del género Arceuthobium los responsables de una pérdida anual de hasta (1.04 m3/año/ha) de superficie de bosques (Vázquez, 1993). Son plantas pequeñas, de menos de 30 cm, aunque las hay de más de un metro de altura, sus hojas tienen forma de pequeñas escamas y sus tallos muestran coloraciones variadas, verde, amarillo, café, rojo o negro; los tallos son quebradizos, con nudos gruesos, claramente definidos, lisos y brillantes. Las flores femeninas son opuestas, formadas por dos flores; las masculinas, son trímeras. Los frutos son de dos colores y tienen un mecanismo único de dispersión explosiva de la semilla, son ovoides y la mayoría con un pedicelo que, a la madurez del fruto, se curva para liberar la semilla, sólo afectan individuos de las familias Pinaceae y Cupresaceae.

En México, 21 especies son parásitos de Pinus, A bies y Pseudotsuga (18 en pinos, 2 en oyamel y 1 en Pseudotsuga).

El muérdago reduce el crecimiento en grosor y altura de sus hospederos, así como el área foliar, llegando a nulificar la producción de frutos y semillas. También disminuye la calidad de la madera, ya que la deforma y provoca nudos. Declina el vigor del hospedante, predisponiéndolo a ataque de insectos y hongos. En infecciones fuertes pueden causar la muerte.

La amenaza por plantas parásitas se encuentra presente en un grado alto en 2,218.42 Ha, de los bosques de Santa María Zacatepec y en grado medio en 29,727.69 Ha, siendo el 6,94% y 93.06% respectivamente, de la superficie con vegetación primaria y secundaria del territorio.

Tabla 173. Amenaza por plagas (plantas parásitas) en el municipio.

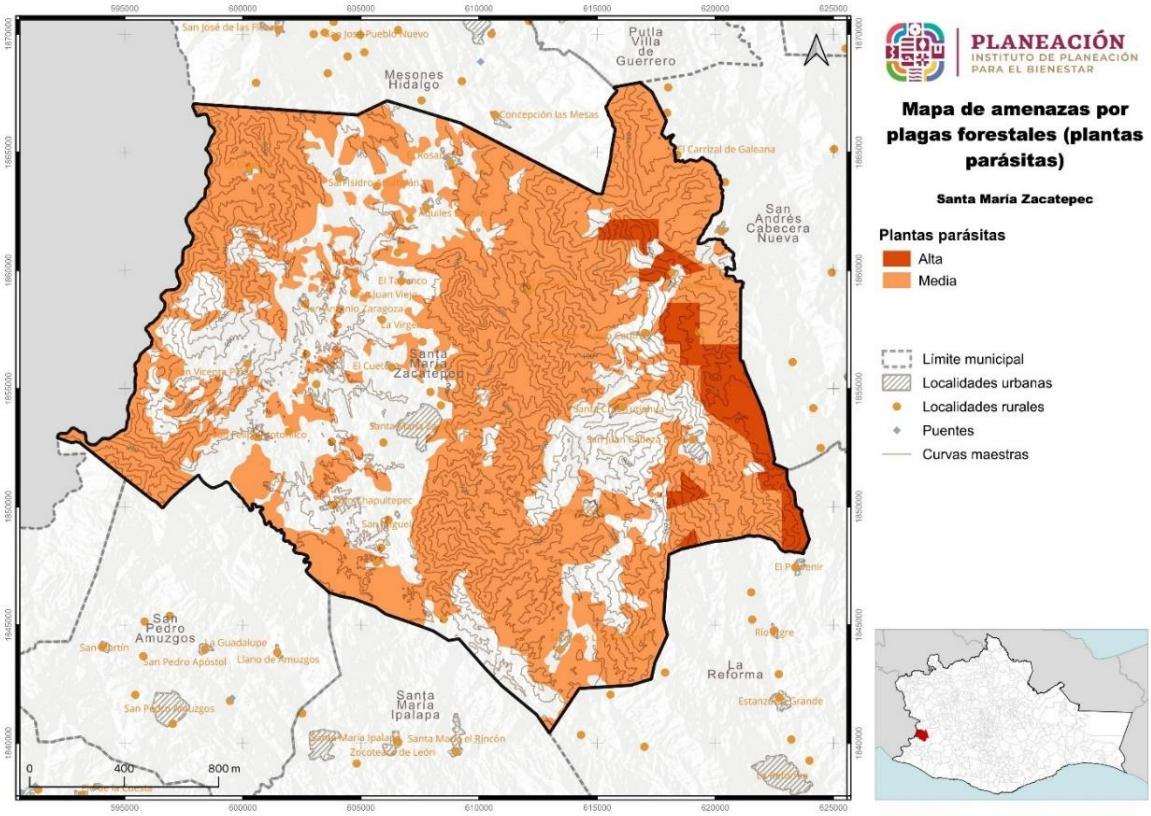
Amenazas por plantas parásitas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta	2218.42	6.94
Media	29727.69	93.06

Fuente: CentroGeo, 2024

La zona de bosque susceptible a una alta amenaza de plantas parásitas se ubica en la parte este del municipio, en el cerro Corral de Piedra, también en áreas cercanas a las localidades de Guadalupe, El Limón Santa Ana, así como en el margen oriente de la carretera que comunica Guadalupe Nuevo Centro con San Juan Cabeza del Río, abarcando hasta la colindancia con San Andrés Cabecera Nueva y llegando hasta la colindancia con La Reforma. Otras dos porciones se encuentran cercanas al río Grande, al sureste del territorio.

La demás área de vegetación primaria y secundaria del municipio, se ubica con una amenaza de grado medio a la presencia de plantas parásitas.

Mapa 131. Amenaza por plagas (plantas parásitas) en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.4.2.3 Amenaza por plagas descortezador

Otras plagas importantes por el daño que ocasionan a los bosques, lo constituyen los escarabajos descortezadores, principalmente de los géneros Dendroctonus e Ips (Coleóptera: Curculionidae) que afectan árboles individuales, grupos compactos y masas forestales de cientos de hectáreas (Billings et al., 1996).

Los escarabajos descortezadores del género Dendroctonus, son los más destructivos en los bosques de coníferas ya que llegan a matar a los árboles, una vez iniciado el ataque pueden permanecer por años. En los bosques naturales de México, el ataque por descortezadores ha causado la pérdida de aproximadamente 400,000 m3 de madera por año (Cibrián, 1998) durante los últimos 20 años (Sánchez et al., 2004).

Las especies de Dendroctonus son Dendroctonus frontalis Zimmermann 1868, Dendroctonus mexicanus, Dendroctonus adjunctus; son insectos pequeños de 2.0 a 5.5 mm., color café claro, café obscuro y hasta negro, los machos presentan tubérculos o surcos frontales y las hembras tienen micangio pronotal evidente. Su ciclo de vida está determinado por la época del año, temperatura, latitud y altitud, llegando a presentar de una hasta nueve generaciones. Completa su ciclo de vida en 42 a 125

días, dependiendo de la estación del año. La mayoría de las infestaciones ocurren de septiembre a noviembre, aunque pueden presentarse desde marzo. (SEDAPA, 2022)

Son susceptibles a ataque por descortezadores en grado alto 15,170 Has. y a ataque medio 1,846 Ha, que significan el 89.15% y 10.85% respectivamente, de la masa forestal de atención prioritaria en el municipio.

Tabla 174. Amenazas por plagas forestales descortezadoras

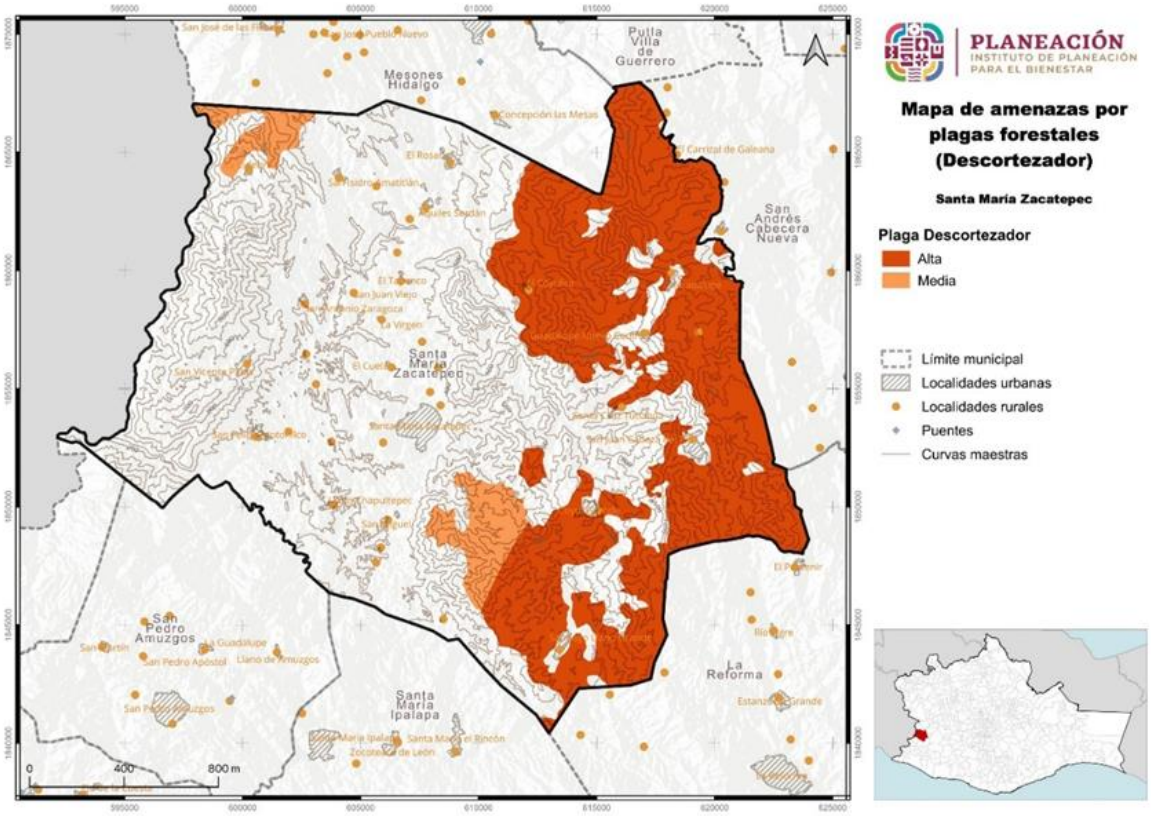
Amenazas por plagas Descortezador	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta	15170	89.15
Media	1846	10.85

Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas amenazadas en alto grado al ataque de descortezadores se ubican en la masa forestal sur, abarcando desde los límites con Mesones Hidalgo y Putla Villa de Guerrero, recorriendo todo el límite con San Andrés Cabecera Nueva, hasta límites con La Reforma, incluyendo las áreas boscosas que rodean o están muy cercanas a las localidades de El Coyulito, Guadalupe, Guadalupe Nuevo Centro, El Limón Santa Ana, Sata Cruz Tutiahua, San Juan Cabeza del Río, Coyul Grande y Santiago Llano Grande.

Son dos las áreas consideradas con amenaza de nivel medio a descortezadores, una ubicada en los alrededores de los cerros donde nacen los ríos El Salto, El Amate y San Miguel y otra en la parte noroeste del municipio, en colindancia con Mesones Hidalgo, muy cercana al cerro Cola de la Culebra.

Mapa 132. Amenazas por plagas forestales descortezadoras



Fuente: CentroGeo, 2024

V.4.2.4 Amenaza por plagas defoliador

Los insectos defoliadores, también constituyen plagas forestales sumamente dañinas, siendo los de mayor relevancia en el estado de Oaxaca los del Orden Lepidoptera (Familias Arctiidae, Geometridae, Lasiocapidae, Saturniidae, Nymphalidae y Pieridae) y del Orden Hymenoptera (Familias Diprionidae y Formicidae); los diprionidos son llamados moscas sierra y son de particular importancia como defoliadores de pinos.

Dentro de los insectos defoliadores, destaca el hecho que en el año 2011 se detectó en el municipio La Reforma, la presencia del insecto Neodiprion bicolor, en una superficie de 202 hectáreas, ubicándose posteriormente infestaciones en otras comunidades, dentro de las cuales se encontraba Santa María Zacatepec. En el período del 2011 al 2020 este insecto defoliador afectó una superficie de 50,092 hectáreas en la sierra Sur y Costa Oaxaqueña (Fuente: ITFs ingresado en la Conafor Gerencia Estatal Oaxaca).

La hembra mide de 6 a 7.5 mm y el macho 6.5 mm de longitud. Son de color negro, a excepción que la hembra tiene el escutelo blanco y el abdomen rojo-anaranjado. Tienen una generación al año, emergiendo los adultos en noviembre. Los huevecillos están presentes de noviembre a marzo. Las larvas de ultimo instar, se encuentran a principios del mes de junio y los adultos emergen en noviembre. La pupación a pocos

centímetros de profundidad en el suelo, se presenta de junio a noviembre (Cibrian et al 1995).

Otro defoliador es el Zadiprion falsus, el adulto macho mide 7 a 8.7 mm, es negro con amarillo pálido, presenta una generación al año, pudiendo encontrar adultos desde la segunda semana de julio hasta la última de septiembre. Son de hábitos gregarios y se alimentan principalmente de noche, aunque también se les puede observar alimentándose en las mañanas frescas y al caer la tarde. La defoliación más severa la causan en el mes de noviembre, cuando es posible encontrar a todos los instares juntos. Durante la última semana del mes de diciembre las larvas empiezan a caer al suelo para tejer su capullo, prolongándose este período hasta el mes de marzo, cuando entra en el estado de prepupa permaneciendo allí un periodo de 5 a 6 meses.

Zadiprion howdeni es otro defoliador, aunque existe poca información sobre esta especie. Se ha encontrado en la sierra norte de Oaxaca usando como hospederos a Pinus Oaxacana y en menor escala a P. teocote, P. rudis y P. patula, (Fuente ITF de la Trinidad 2021).

Los defoliadores producen una reducción de la superficie fotosintética, alteraciones de la transpiración y translocación de nutrimentos, siendo estos daños directamente proporcionales a la densidad poblacional (Bauerle et al., 1997; Arguedas, 2006). Los árboles recientemente defoliados presentan una coloración rojiza-grisácea, debido a que las larvas no consumen los tocones de las acículas ni las vainas, al ir muriendo estos fragmentos de hojas, se secan y su coloración se torna café rojizo, al desprenderse de las ramas estas quedan desnudas lo que le da la apariencia de estar muertos (Solórzano, 1977; Gauna, 1988).

Los pinos que son defoliados en un año, son más vulnerables de ser atacados al siguiente año, ya que mientras la biomasa del follaje se reduce, el contenido de nitrógeno aumenta ligeramente, lo cual beneficia al insecto al contar con follaje más nutritivo. Cuando la defoliación es continua los árboles mueren (Gauna, 1988; Cibrián et al., 1995; McMillin y Wagner citado por Sánchez et al., 2012). Si el daño es muy severo una vez que la larva termina con el follaje empiezan a devorar la corteza de la ramilla llegando a cincharla, lo que se manifiesta con la muerte parcial o total del árbol, siendo más afectados los árboles jóvenes Castro (1981) y Olivo (2011). Estudios realizados por Méndez y Cibrián (1985), señalan reducción entre el 46.38 %al 68% en el crecimiento anual de árboles atacados. (SEDAPA, 2022)

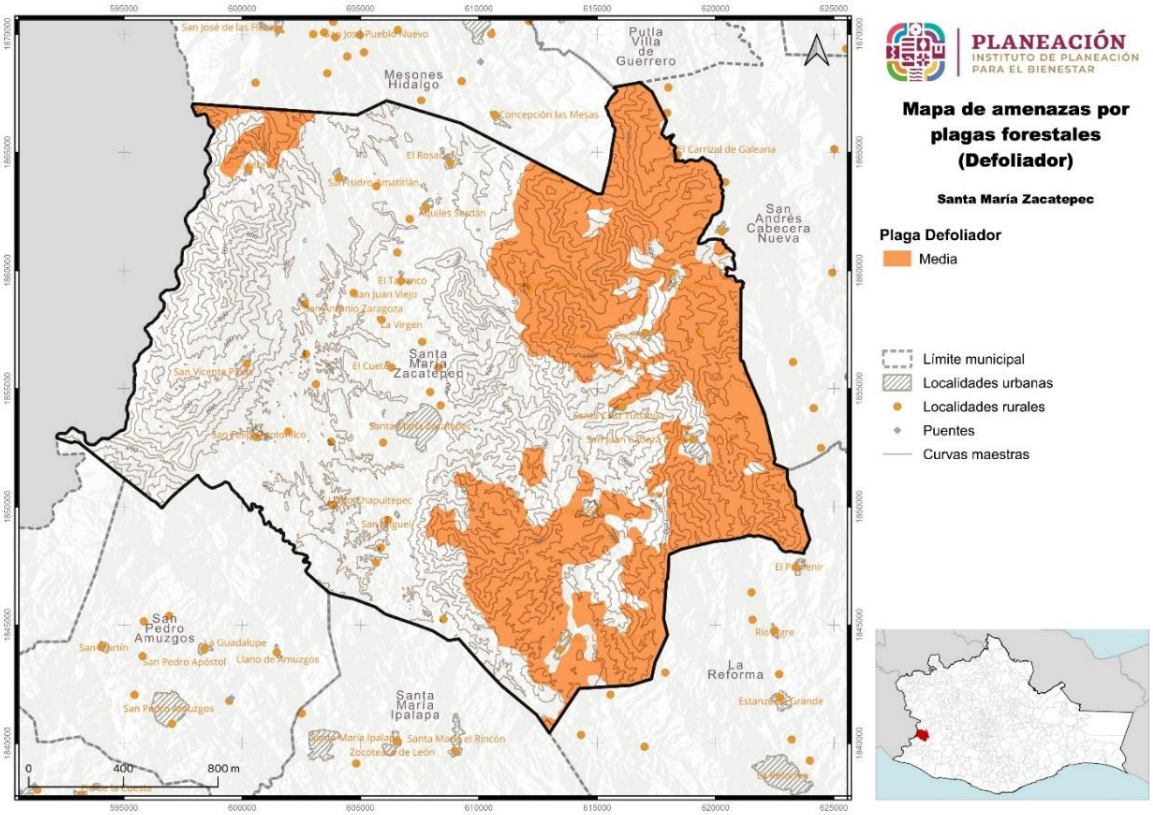
Las plagas de defoliadoras en el municipio amenazan a 17, 015.66 Ha, de zonas de bosque de pino, en grado **Medio**, siendo importante mencionar que las autoridades agrarias y municipales, mantienen acciones de vigilancia de su territorio, para combatir incendios y la presencia de plagas.

Tabla 175. Amenazas por plagas forestales defoliadoras en el municipio

Amenazas por plagas defoliador	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Media	17015.66	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 133. Amenazas por plagas forestales defoliadoras en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

El área amenazada en grado medio al ataque de defoliadoras se ubica en la masa forestal sur, abarcando desde los límites con Mesones Hidalgo y Putla Villa de Guerrero, recorriendo todo el límite con San Andrés Cabecera Nueva, hasta límites con La Reforma, incluyendo las áreas boscosas que rodean o están muy cercanas a las localidades de El Coyulito, Guadalupe, Guadalupe Nuevo Centro, El Limón Santa Ana, Sata Cruz Tutiahua, San Juan Cabeza del Río, Coyul Grande y Santiago Llano Grande.

V.4.2.5 Amenaza por plagas Ocoaxo

Dentro de los insectos que ocasionan defoliación en los pinos, se encuentran los insectos chupadores del género *Ocoaxo, integrado* por 3 especies (*O. assimilis*, *O. cardonai*, *O. varians*) que se alimentan de la savia de las acículas de *Pinus* spp. provocando clorosis y su eventual caída. Los crecimientos poblacionales de estos insectos han provocado la defoliación de grandes superficies de bosque en varias localidades del país, por lo cual se les ha dado el estatus de plaga, a pesar de que aún se desconocen aspectos básicos de su biología y distribución.

Esta plaga se ha encontrado en *Pinus* sp., *P. patula* Schiede ex Schltdl. et. Cham., *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. oaxacana* Mirov., *Ocoaxo assimilis;* sin embargo, se ha reportado presencia en diversos ecosistemas, tales como bosque encino, bosque de pino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, pastizal inducido, bosque urbano, bosque mesófilo de montaña, selva alta subperennifolia; bosque de táscate, selva baja caducifolia y tierras de uso agrícola. (Biodiversidad, s.f.)

En el área boscosa del municipio se identifica como amenazada en nivel bajo, una superficie de 16,637 Ha.

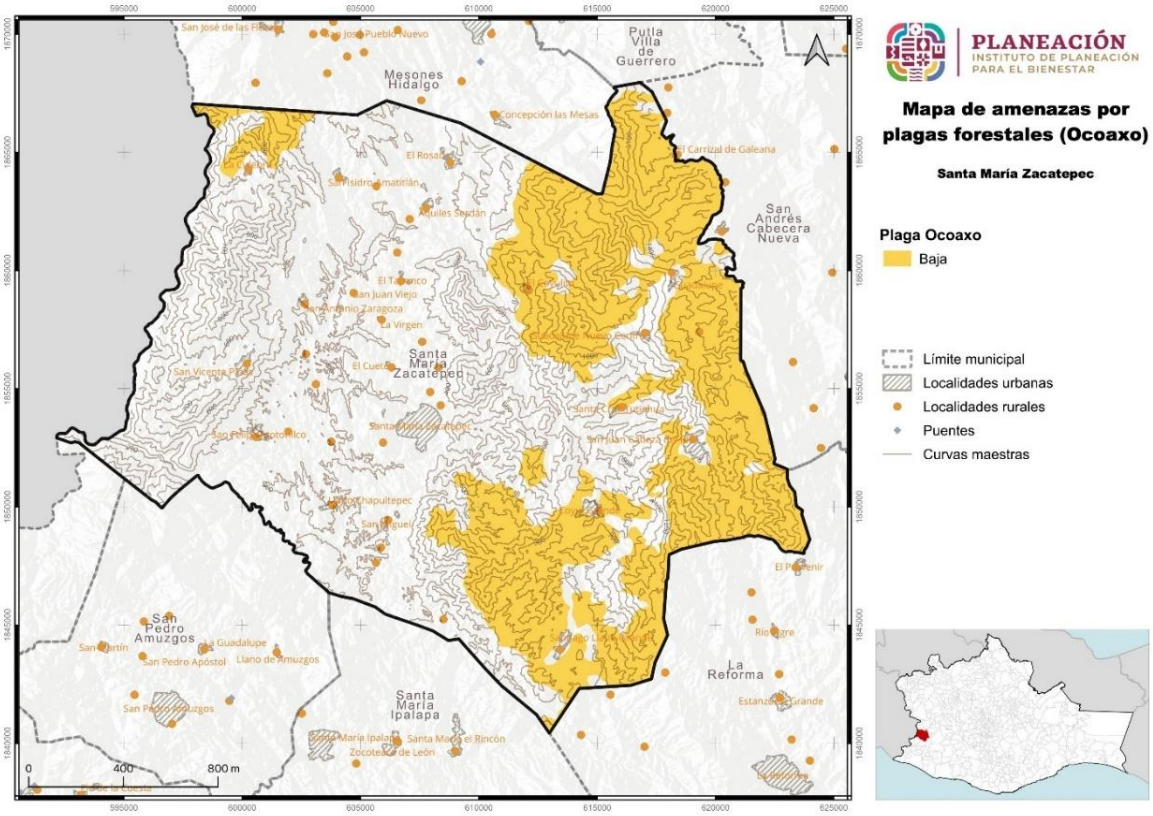
Tabla 176. Amenaza por plagas forestales (Ocoaxo)

Amenazas por plagas Ocoaxo	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Baja	16637	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Las zonas amenazadas por Ocoaxo se ubican principalmente en zonas boscosas del oriente del municipio, ocupadas por pino, pino-encino y algunas áreas con vegetación secundaria arbórea.

Mapa 134. Amenaza por plagas forestales (Ocoaxo)



Fuente: CentroGeo, 2024

V.4.2.6 Amenaza por plagas Xyleborus

Existen escarabajos barrenadores que representan plagas forestales de importancia económica, tales como los que forman el género Xyleborus, que incluyen especies cuya función principal es participar en los procesos de descomposición de la materia orgánica, atacando árboles muertos, moribundos, débiles o trocería recién cortada (Equihua & Burgos 2002). De acuerdo con sus hábitos alimenticios, los escolitinos pueden ser xilomicetófagos, fleófagos, espermatófagos y mielófagos (Atkinson & Equihua 1986a y b). Los xilomicetófagos también son conocidos como coleópteros ambrosiales, debido a que llevan consigo hongos que se cultivan en el interior de las galerías y les sirven de alimento a ellos mismos (Rangel et al. 2012). La subtribu Xyleborina comprende una gran diversidad de especies de hábitos ambrosiales, de las cuales las pertenecientes al género Xyleborus son de las más importantes y complejas, aunque en muchos casos estas especies son secundarias, en algunos otros, pueden tornarse como plagas de gran impacto (Lombardero 1996; Wood 1982).

Las especies Xyleborus affinis, X. ferrugineus y X. volvulus, representan una amenaza para algunas plantaciones forestales de importancia económica. (Pérez-De La Cruz et al. 2009a; Rangel et al. 2012). En el estado de Oaxaca se han registrado nueve especies

de este género X. intrusus se ha reportado en ecosistemas con clima templado, asociada a los bosques de pino (Atkinson et al. 1986b).

La especie X. palatus tiene un reporte en Oaxaca (Atkinson & Equihua, 1988) y de acuerdo con Rzedowski (1978) comprende zonas bosque tropical caducifolio y coincide con la Sierra Madre del Sur, por lo que es probable que esta especie sea exclusiva de estas regiones, donde se encuentran distribuidos los bosques secos. (serie), 2014)

El escarabajo Xyleborus, representa una amenaza muy alta para 20,306.03 Ha, boscosas del municipio; una amenaza alta para 9,575.21 Ha, y una amenaza media en 2,064.88 Ha.

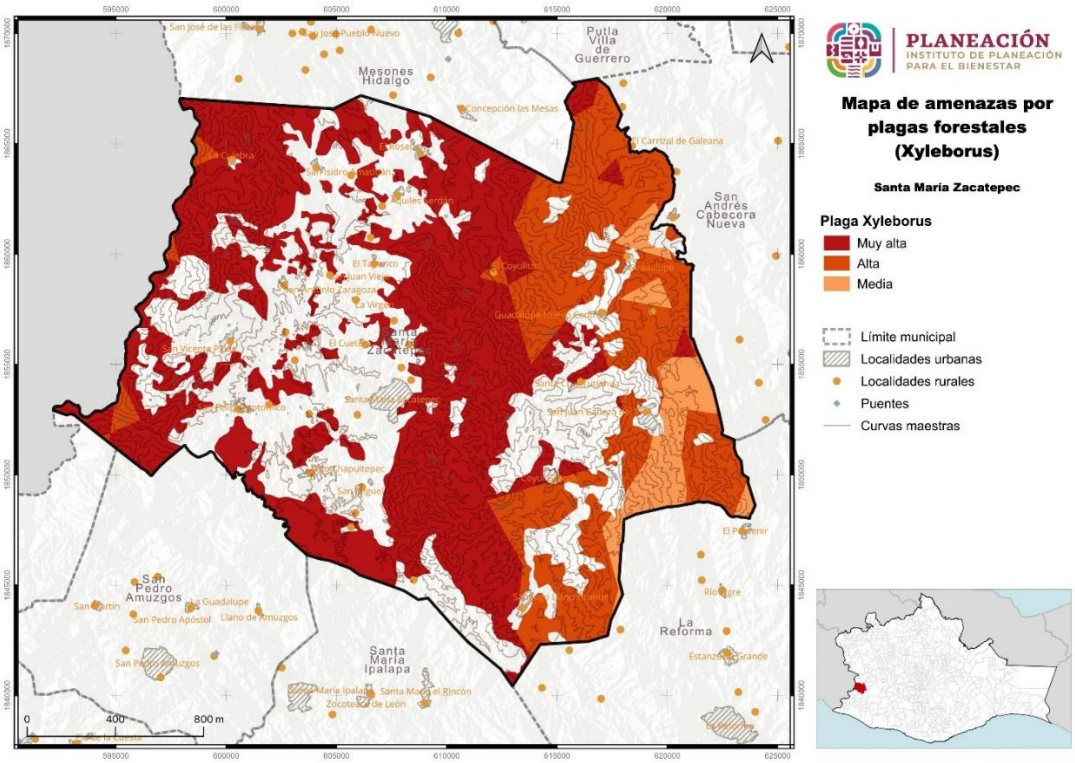
Tabla 177. Amenaza por plagas (Xyleborus) en el municipio

Amenazas por plagas Xyleborus	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alta	20306.03	63.56
Alta	9575.21	29.97
Media	2064.88	6.46

Fuente: CentroGeo, 2024

Xyleborus representa una amenaza muy alta para los suelos donde existe actualmente vegetación secundaria arbórea y arbustiva en el territorio municipal y que constituye el 63.56% de la vegetación forestal de atención prioritaria; así mismo, las zonas consideradas con amenaza alta y media por esta plaga forestal, corresponden principalmente a áreas cubiertas con bosque de pino y pino-encino, que en conjunto significan el 36.43% de las 31,946.12 Ha, de vegetación forestal consideradas como de atención prioritaria.

Mapa 135. Amenaza por plagas (Xyleborus) en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.4.2.7 Amenaza por plagas Euplatypus Coptoborus

Otros escarabajos barrenadores pertenecen a os géneros Euplatypus y Coptoborus. *Euplatypus parallelus.* Es un escarabajo ambrosía neotropical, polífagoa, que ataca a más de 82 especies de árboles hospedantes de 25 familias distintas, que incluyen principalmente árboles de coníferas o de hoja ancha (Bumrungsri et al., 2008; Gümüş y Ergün, 2015). Se está extendiendo rápidamente por todo el mundo, es considerado como uno de los más destructivos de la subfamilia Platypodinae ya que es capaz de matar a árboles sanos que presentan estrés por inundaciones y otros factores.

Su presencia se nota por muerte del árbol, marchitez de la copa, muerte de ramas, exudados en el fuste y ramas, manchas color negro/marrón brillante, presencia de aserrín en tronco y ramas, presencia de gomosis en fuste y ramas, presencia de galerías que comienzan desde la corteza del árbol hasta la albura y finalmente hasta el duramen, (Medio Ambiente, s.f.).

Euplatypus compositus. Los miembros del género Platypus son escarabajos ambrosiales y se reproducen en la madera de los árboles huéspedes. Los adultos del género Platypus son de color marrón rojizo a marrón oscuro con un cuerpo cilíndrico

y alargado que tiene un promedio de 5 mm de largo. Estos insectos tienen un declive elíptico cóncavo armado con espinas.

Sus hospederos principales son Castanopsis cuspidata, Cryptomeria japonica, Ilex chinensis, Lindera erythrocarpa, Lithocarpus spp, Prunus spp, Quercus spp y Theobroma cacao. Los daños se perciben por la presencia de polvo blanco, astillas y perforaciones cerca de la base de los robles infestados, marchitamiento del follaje, decoloración interna de tallos y presencia de excremento. Provoca muerte regresiva. Las larvas y los adultos se alimentan de hongos ambrosiales, que son almacenados y diseminados por la hembra adulta, (Medio Ambiente, Euplatypus spp., s.f.).

Coptoborus pseudotenuis. Escarabajo polífago, nativa de importancia en ecosistema de manglar en el Sureste de México, afectando principalmente a Coria sp. (Cordiaceae), Hevea brasiliensis (Euphorbiaceae), Acacia sp. (Fabaceae), Heliocarpus appendiculatus, Theobroma sp. (Malvaceae), Coffea sp. (Rubiaceae), Cestrum sp. (Solanaceae), Cecropia sp. (Urticaceae), Cedrela odorata (Meliaceae) Bright 1992; Bright y Skidmore 1997; Wood 2007).

Sus daños se notan por marchitez de la copa, muerte de ramas, manchas color negro/marrón brillante, presencia de aserrín en tronco y ramas, presencia de orificios de entrada de insectos barrenadores, exudados en el fuste y ramas, presencia de gomosis en fuste y ramas, el cambium presenta orificios, los cuales se dirigen hacia la albura y duramen de forma perpendicular y horizontal, (Medio Ambiente, Euplatypus spp., s.f.).

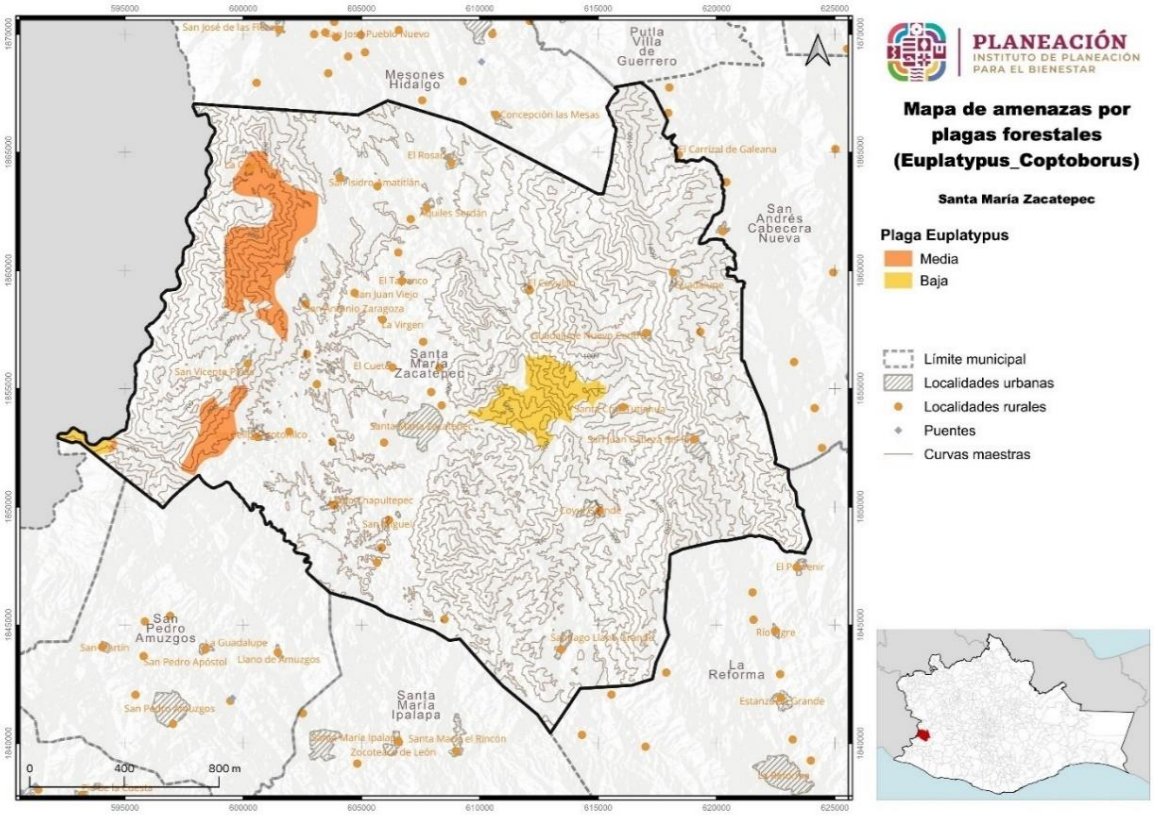
Los escarabajos de los géneros Euplatypus y Coptoborus representan una amenaza para algunas áreas de los bosques de Santa María Zacatepec, en 2,077.8 Ha, se considera de nivel medio y en 1,100.76 Ha, de nivel bajo.

Tabla 178. Amenaza por plagas (Euplatypus, Coptoborus) en el municipio

Amenazas por plagas Euplatypus Coptoborus	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Media	2077.8	65.37
Baja	1100.76	34.63

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 136. Amenaza por plagas (Euplatypus coptoborus) en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

La amenaza de nivel medio se establece para la zona oriente y suroriente del territorio, en áreas cubiertas por vegetación secundaria arbustiva, en estribaciones de los cerros Cola de la Culebra, Cabeza de la Culebra, La Ocotera y El Papalote; la amenaza considerada como baja se ubica en zonas de vegetación secundaria arbórea, principalmente en el cerro de Las Mesas.

V.4.2.8 Amenaza por plagas Euwallacea

Euwallacea sp., es un escarabajo que daña la corteza de sus huéspedes, perteneciente a la subfamilia Scolytinae, presenta dimorfismo sexual y porta al hongo simbionte Fusarium euwallacea, considerado de alta patogenicidad. Los machos son poco comunes en las poblaciones, ya que presentan alas, ojos, y piezas bucales atrofiadas. Son insectos de talla pequeña, aproximadamente 1.5-2.5 mm de longitud y su cuerpo es color marrón.

Es una plaga exótica de importancia cuarentenaria originaria del Sudeste de Asia. Hospeda 52 familias taxonómicas. La actividad de este insecto junto con su hongo simbionte Fusarium euwallaceae pone en riesgo la cobertura vegetal nacional, alterando los ecosistemas y sus servicios ambientales derivados.

Las familias de hospederos con mayor importancia económica y ambiental son Anacardiaceae, Apocynaceae, Arecaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Boraginaceae, burseraceae, Casuarinaceae, Ebenaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Hammamelidaceae, Juglandaceae, Lauraceae, Magnoliaceae, Meliaceae, Moraceae, Oleaceae, Onagraceae, Pinaceae, Platanaceae, Polygalaceae, Rhamnaceae, Rosaceae, Rutaceae, Salicaceae, Sapindaceae y Tiliaceae.

Son síntomas de su presencia, múltiples orificios de salida en el fuste, galerías sinuosas en la albura y cuando hay afectación por el hongo simbionte, éstos presentan coloración oscura. Ocasionan muerte regresiva del huésped. (Medio Ambiente, COMPLEJO DE ESCARABAJOS AMBROSIALES, Euwallacea spp.-Fusarium euwallaceae, 2020).

La amenaza por Euwallacea se localiza en las 31,946.11 Ha, de zona boscosa y sabanoide del municipio; en 6,771.72 Ha, la amenaza es alta y en 25,174.39 Ha, se considera **Media**.

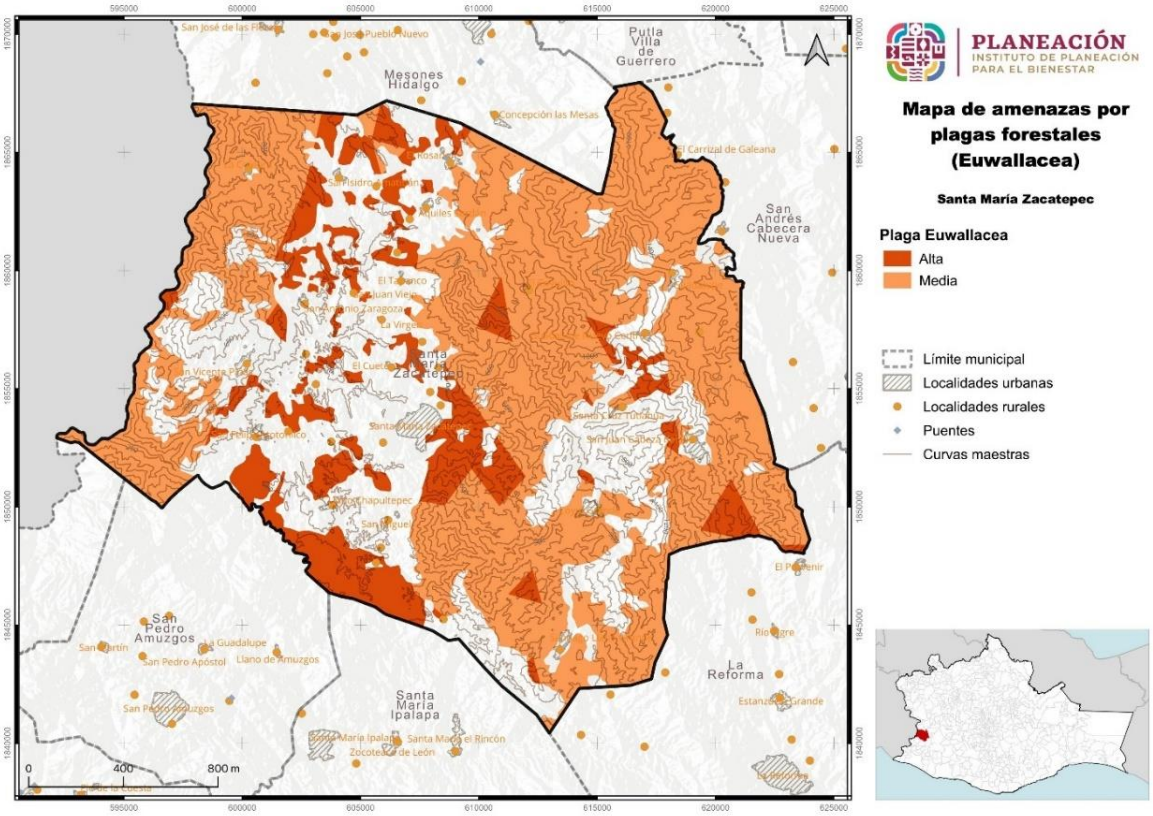
Tabla 179. Amenaza por plagas forestales (Ewallacea)

Amenazas por plagas Euwallacea	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta	6771.72	21.2
Media	25174.39	78.8

Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con afectación alta en manchones de los límites del bosque y en zonas de sabana, generalmente cercanas a las zonas urbanizadas, que constituyen el 21.2% del total de zonas de atención forestal prioritarias; las áreas con amenaza media corresponden al 78.8% restante de dichas zonas consideradas como de atención prioritaria.

Mapa 137. Mapa de amenazas por plagas forestales



Fuente: CentroGeo, 2024

V.4.2.9 Amenaza por plagas Sphaeropsis

Los bosques de pino también son atacados por enfermedades, dentro de las cuales se ubica con mayor peligro para el estado de Oaxaca, las causadas por hongos de la familia Sphaerosis, que afectan muchas especies de Pinos especialmente Pinus radiata, P.nigra, P. halepensis y P.ponderosa.

Son síntomas de la enfermedad, la presencia de bandas amarillentas en las acículas, que después se tornan pardas rojizas, visibles en el estrato bajo del árbol. Si hay manchitas dispersas, el extremo de la acícula vira a marrón y se seca, cuando la mancha se torna en forma de banda, la acícula se anilla y se corta. Bardshaw (2004), afirma que este hongo produce una toxina llamada dothistromicina altamente cancerígena la cual es la responsable del color rojo de la mancha que se forma sobre la banda.

La base de la acícula permanece verde un tiempo, luego el hongo fructifica y a finales del invierno la acícula atacada muere y cae en verano. El ataque es más importante en verticilos inferiores. La infección es más frecuente en acículas de un año. En período

seco se observan sobre la acícula estroma negro en las rajaduras detectables en las manchitas rojizas o en los extremos de la acícula cortada (Balbini et al, 2006).

Ocasiona defoliación severa que de presentarse durante varios años incide en el crecimiento del árbol. La infección es más severa en la parte baja de la copa, árboles menores de 10 años son más susceptibles. Patton (2003), afirma que la reducción del crecimiento puede medirse cuando ha muerto el 25% del follaje y con el 50% de pérdidas de aumento de diámetro se reduce la mitad y disminuye el crecimiento de la altura.

El hongo sobrevive en el invierno o durante las condiciones secas del verano en el follaje del árbol. Las esporas maduran un poco antes de la estación lluviosa y son diseminadas por salpicaduras de la lluvia, la infección se produce como consecuencia de la germinación de los conidios y de los tubos germinativos vía estomática. Al patógeno le favorecen suelos pobres, árboles expuestos a estrés y drenaje deficiente. El hongo tiene una complicada taxonomía con muchas sinonimias y en algunos países solo el anamorfo es encontrado (Bardshaw, 2004 y Patton, 2003).

En el municipio se considera que 16,636.69 Ha, están expuestas a amenaza baja.

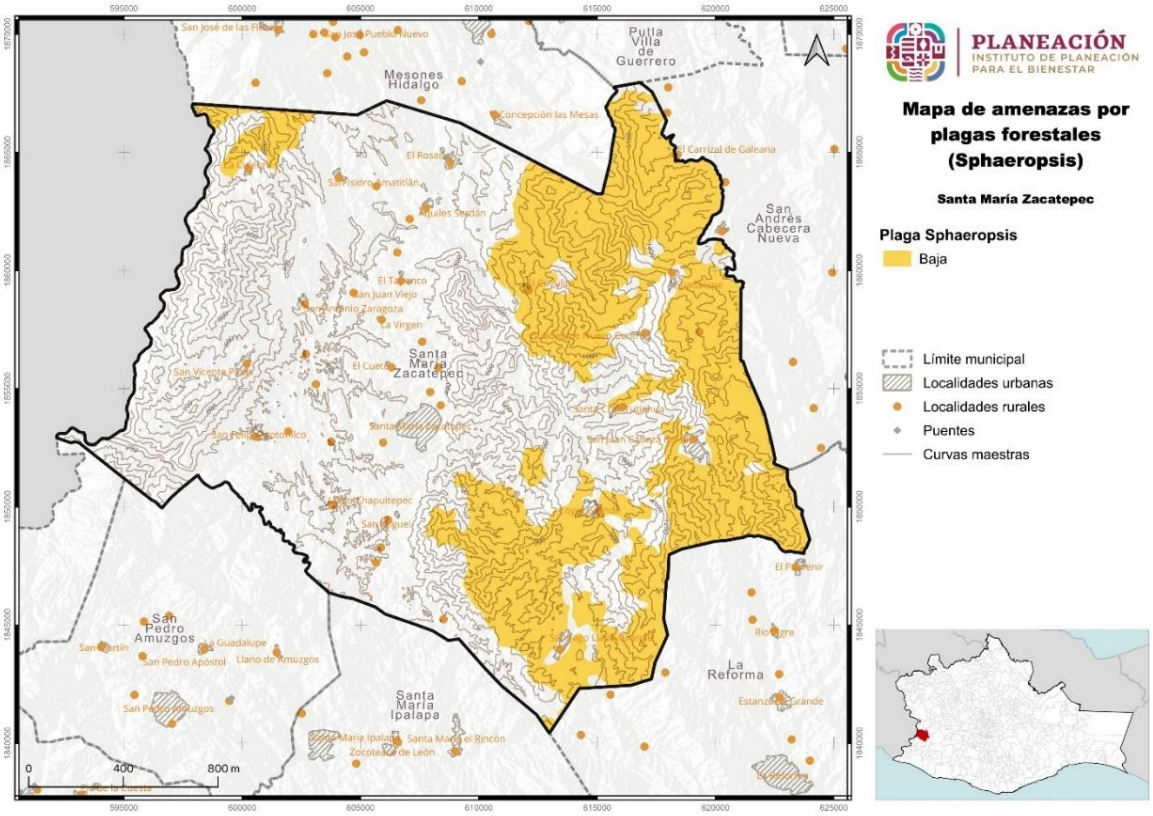
Tabla 180. Amenaza por plagas forestales (Sphaeropsis).

Amenazas por plagas Sphaeropsis	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Baja	16636.69	100

Fuente: CentroGeo, 2024

Los bosques de pino y pino encino del oriente del municipio son los amenazadas por esta enfermedad, así como vegetación secundaria arbórea que se reparte en el este, sureste y pequeñas áreas del noroeste del territorio municipal.

Mapa 138. Amenaza por plagas forestales (Sphaeropsis).



Fuente: CentroGeo, 2024

V.5 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos socio-organizativos

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, un fenómeno socio-organizativo se define como “un agente perturbador, que se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población”, lo que conlleva a impactar a un sistema afectable tal como la población o su entorno.

Los fenómenos socio-organizativos, generan un marco de responsabilidad civil, por lo que encuentran responsabilidad en su atención, regulación y supervisión en el marco de las competencias establecidas por las Leyes locales a las entidades federativas, municipios, demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, y en el ámbito federal, a través de las instancias públicas federales, según correspondan.

Los factores de riesgo antropogénico o antrópicos han sido causados por el hombre debido a los procesos de industrialización y modernización, o provocados deliberadamente por causas delincuenciales. Entre los primeros, sobresalen el envejecimiento de la infraestructura urbano-industrial; el incremento del manejo de materiales y transportación de sustancias y residuos peligrosos en ciudades y carreteras; la fuga de sustancias tóxicas y explosivas; el crecimiento urbano desordenado y los asentamientos irregulares en reservas ecológicas, en orillas de lagunas, riveras y barrancas; y la contaminación del agua y la deforestación. Entre los segundos, se encuentran típicamente el terrorismo, la delincuencia, los accidentes tecnológicos, y el comercio ilegal de estupefacientes y armas, entre otros (Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012)

Se atribuyen a fenómenos socio-organizativos las siguientes manifestaciones:

- Concentración masiva de población y demostraciones de inconformidad social
- Terrorismo y sabotaje
- Vandalismo
- Accidentes aéreos, marítimos o terrestres
- Interrupción o afectación de los servicios básicos o de infraestructura estratégica

Concentraciones masivas de población

Como su nombre lo indica, refiere a eventos que promueven la concentración de un gran número de personas, las cuales se reúnen en algún lugar en específico para realizar la actividad de interés en común.

Dentro de las actividades que promueven la concentración masiva se encuentran:

- Religiosas

- Deportivas
- Culturales
- Tradicionales
- Oficiales
- Turísticas
- Entretenimiento

La concentración masiva de población no es por sí misma un accidente o un desastre de facto, sino que para que esto suceda deben interactuar otros elementos que lo pueden provocar, como es el desconocimiento o incumplimiento de las medidas de seguridad y autoprotección, la imprudencia, el desorden y la falta de preparación. Es por lo anterior que cada evento requiere ser analizado previamente para evaluar el riesgo y las medidas preventivas.

La desorganización en una manifestación de concentración masiva representa un peligro para las personas que asisten. Los espacios en los que se realizan tienen una infraestructura y cupo determinado, que cuando se omite, aumenta la probabilidad de riesgo de accidentes.

Las concentraciones masivas de población requieren:

- Participación tanto de las autoridades como de las personas involucradas,
- Condiciones adecuadas del lugar en donde se realice la actividad
- Debe contar con los mínimos requisitos de acuerdo con el aforo aprobado para el inmueble.

Con la finalidad de generar un índice de amenaza por concentración masiva en recintos, se eligieron tres variables para construirlo: la capacidad promedio de personas con base en los rangos existentes para el municipio, la frecuencia con la que se realizan eventos y la ocurrencia de amenazas que se tiene registrado por recinto. Se asignaron pesos cualitativos a dichas variables con base en el grado que representa cada característica.

Con base en los valores asignados respecto a las variables de rango de capacidad, frecuencia de eventos y ocurrencia de amenaza, se generó el índice de intensidad, el cual representa el nivel de amenaza por concentraciones masivas con el que cuenta cada recinto analizado. El índice sintético se llevó a cabo tomando como base teórica la suma ponderada a través del Método de Jerarquías Analíticas de Saaty.

La aplicación del método de Jerarquías analíticas de Satty, permitió con base en la jerarquización previa, determinar el peso correspondiente a cada variable para aplicarlo en la suma ponderada necesaria para realizar el procedimiento analítico jerárquico.

V.5.1. Concentración masiva de población

La excesiva cantidad de personas en estadios, coliseos, puentes, balcones, iglesias, etc., genera diferentes amenazas. Estas se incrementan cuando se suman a la ocurrencia de fenómenos como incendios o temblores.

- Sobrepeso. Toda construcción tiene un límite de resistencia en el peso y el volumen de los elementos que puede alojar. Su sobrecarga puede causar el colapso o derrumbamiento de la construcción en forma repentina y violenta ocasionando muertes, heridas y pérdidas materiales.
- Pánico. Cualquier acción real o ficticia que genere pánico a una multitud puede ocasionar reacciones violentas e inesperadas, como por ejemplo las evacuaciones apresuradas con carácter de "estampidas" humanas, lo cual conlleva que las personas se causen lesiones entre ellas mismas. Debe tenerse especial cuidado con esta amenaza en los lugares públicos y sobre todo en eventos tales como encuentros deportivos en estadios, funciones teatrales, fiestas populares, corridas de toros en plazas, aglomeraciones en centros comerciales, entre otros.

V.5.1.1 Amenaza en recintos por concentraciones masivas de población

Las concentraciones masivas de población, son reuniones de mucha gente en lugares grandes como estadios, iglesias, plazas o auditorios, que reúne extraordinariamente a una cantidad de personas bajo condiciones de hacinamiento en espacios físicos abiertos o cerrados que, por sus características de sitio, estructurales y no estructurales, suponen o hacen suponer un escenario de riesgo o de amenaza.

Los sitios probables de concentración masiva en el municipio se encuentran en las iglesias, canchas de usos múltiples y espacios deportivos, ubicados en los centros de población.

La intensidad de afectación en concentraciones masivas en el municipio se considera de nivel bajo.

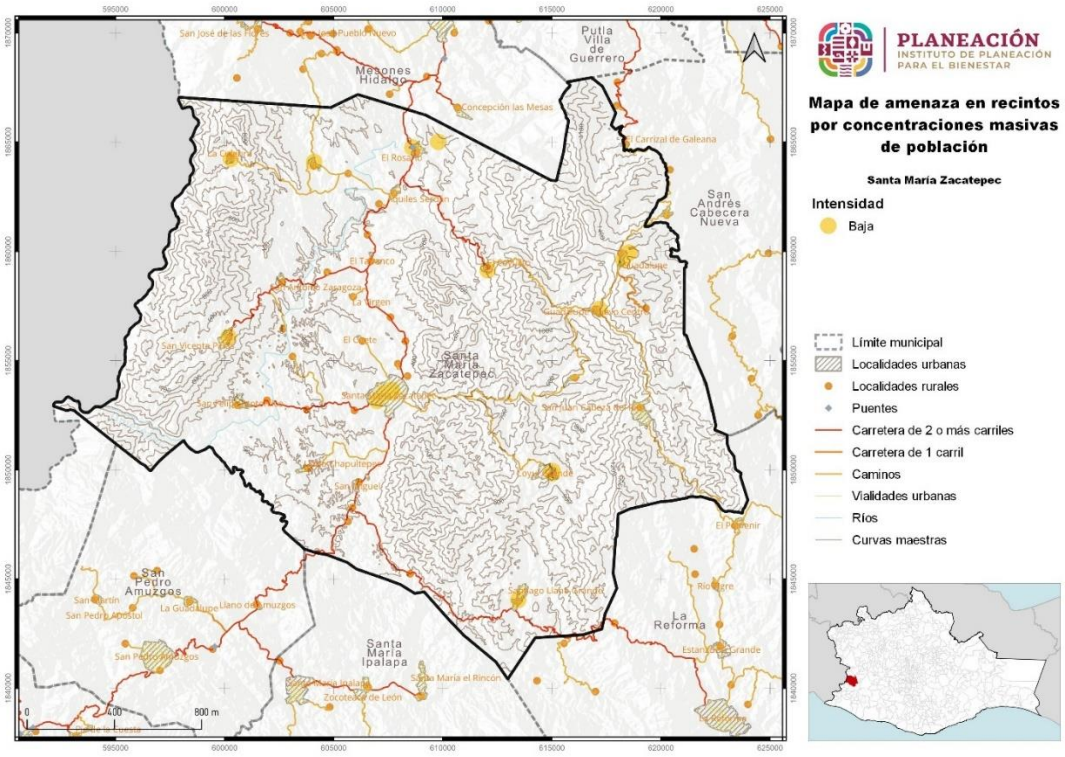
Tabla 181. Intensidad de afectación en concentraciones masivas

Intensidad de afectación en concentraciones masivas	Localidades rurales por categoría
Baja	18

Fuente: CentroGeo, 2024

Como se mencionó anteriormente, los sitios comunes donde se reúnen las personas para participar en eventos masivos se encuentran en las zonas urbanizadas, tato la cabecera municipal como sus agencias municipales y de policía, distribuidas en todo el territorio.

Mapa 139. Amenazas en recintos por concentraciones masivas de población



Fuente: CentroGeo, 2024

V.5.2 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica

La Ley General de Protección Civil en su artículo 2 fracción XXXI nos dice que la infraestructura estratégica "es aquella que es indispensable para la provisión de bienes y servicios públicos y cuya destrucción o inhabilitación es una amenaza en contra de la seguridad nacional"

La suspensión o disminución de este tipo de servicios puede ser consecuencia de fenómenos de origen natural, como la falta de energía eléctrica a causa de sismos; o de origen antrópico, como la interrupción del servicio de agua por mantenimiento del sistema.

Asimismo, la falla en el servicio de agua potable o la falla de la energía eléctrica o transporte pueden ocasionar fenómenos socio-organizativos como concentraciones

masivas de población producto de manifestaciones de inconformidad, además de problemas sanitarios.

Por otra parte, la Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública en su artículo 146 dice: Se consideran instalaciones estratégicas, a los espacios, inmuebles, construcciones, muebles, equipo y demás bienes, destinados al funcionamiento, mantenimiento y operación de las actividades consideradas como estratégicas por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como de aquellas que tiendan a mantener la integridad, estabilidad y permanencia del Estado Mexicano, en términos de la Ley de Seguridad Nacional.

V.5.2.1 Amenaza de interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica

La amenaza de interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica que sufre el municipio se debe principalmente a fenómenos meteorológicos como huracanes o lluvias fuertes, que se presentan en la mayoría del territorio, este tipo de interrupción y afectación se registran en la mayoría de localidades donde se han quedado sin suministro de energía eléctrica y de comunicaciones, así mismo la afectación a las vías de comunicación de caminos y carreteras, no permite el flujo de abasto de alimentos.

V.5.2.2 Amenaza afectación a carreteras

En el municipio se cuenta con una red de comunicación terrestre integrada por 70.37 Km de carreteras y 93.11 km de caminos, que constituyen las principales vías de tránsito y comercio, que, de ser afectadas, limitarían el acceso de productos básicos y la comercialización de los productos locales, generando problemas serios de abasto.

Se considera que las carreteras federales presentan una intensidad de afectación media y las carreteras y caminos intermunicipales una intensidad de afectación baja.

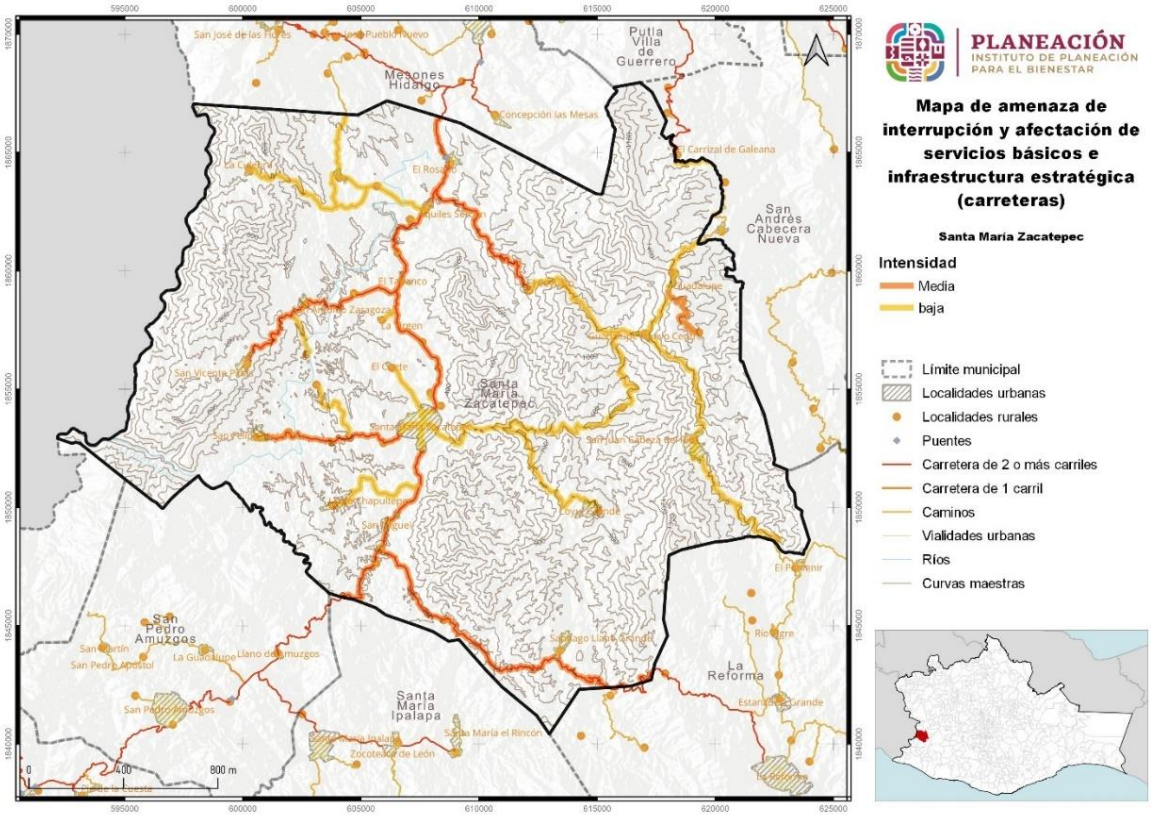
Tabla 182. Intensidad de afectación en carreteras

Intensidad de afectación en carreteras	Extensión en kilómetros
Media	70.37
Baja	93.11

Fuente: CentroGeo, 2024

En el siguiente mapa se pueden ubicar los niveles de amenaza de interrupción y afectación, que corresponden a la carretera federal en la que se transita desde Putla Villa de Guerrero hasta Pinotepa Nacional, pasando por la cabecera municipal de Santa María Zacatepec, así como las carreteras y caminos intermunicipales que conducen a las agencias municipales y de policía.

Mapa 140. Intensidad de afectación en carreteras



Fuente: CentroGeo, 2024

V.6. Vulnerabilidad social del Municipio

La definición de la vulnerabilidad social ha evolucionado a lo largo del tiempo, considerado en sus inicios como un concepto ligado a estudios sociales, relacionados directamente con la pobreza y marginación, dejaban fuera muchas consideraciones y factores externos (desastres naturales) que inciden en la exposición de la población a riesgos y a incrementar la posibilidad de que se encuentre en estos parámetros (pobreza y marginación) (García Arróliga, Marín Cambranis & Méndez Estrada, 2006).

Es preciso considerar que el concepto de vulnerabilidad social es una construcción interdisciplinaria que conjuga nociones teóricas de la sociología, la economía, las ciencias políticas y la antropología. Sin embargo, al tratarse de un término que ha atravesado barreras de las ciencias sociales, trata de construir nuevas formas de análisis, que explican las consecuencias de fenómenos dentro las sociedades ante la presencia de algún desastre, al mismo tiempo que se diseñan políticas para enfrentar dichos problemas, por ejemplo, el cambio climático (Arreguín Cortés, López Pérez & Montero Martínez, 2015).

Para Kuroiwa, (2002) la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como: “una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre”.

Para CENAPRED la vulnerabilidad social hace referencia a el conjunto de indicadores socioeconómicos que limitan a su población ante la capacidad de desarrollo de su sociedad, en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta que tienen ante un fenómeno, así como la percepción local del riesgo.

En este sentido la vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, el incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación. Asimismo, la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre (CENAPRED, 2006).

De acuerdo con la Metodología para Estimar la Vulnerabilidad Social de CENAPRED, propuesta por García Arróliga, Marín Cambranis & Méndez Estrada (2006), este análisis se desarrolla en tres etapas:

Etapa 1. Condiciones sociales y económicas.

En esta etapa se realiza una aproximación al grado de vulnerabilidad con base en las características socioeconómicas de la población, en la que se obtendrá un parámetro

para cuantificar las posibilidades de organización y recuperación después de la presencia de un desastre.

Para obtener el grado de vulnerabilidad social y económica se consideraron 18 indicadores obtenidos a través de datos estadísticos, como se muestra en el siguiente cuadro, distribuidos en cinco rubros (salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población). Estos indicadores incluyen distintos parámetros establecidos previamente en la metodología para estimación de la vulnerabilidad y se ajustaron a los datos particulares del municipio.

Se auxilió del uso de una cédula en la que se obtuvieron los promedios de cada uno de los valores por rubro. Por último, se promediará el valor de cada rubro, de este cálculo se obtuvo un valor entre 0 y 1, este número será el resultado final de la primera parte. Hay que considerar que los resultados de esta primera etapa (características socioeconómicas) corresponde un peso del 50% del cálculo de la vulnerabilidad social.

Tabla 183. Indicadores para el cálculo de Vulnerabilidad.

Rubro	Indicador
Salud	1. Médicos por cada mil habitantes
	2. Tasa de mortalidad
	3. Porcentaje de población derechohabiente
Educación	4. Porcentaje de analfabetismo
	5. Población de 14 años y más que asiste a la escuela
	6. Grado promedio de escolaridad
Vivienda	7. Porcentaje de viviendas sin agua
	8. Porcentaje de viviendas sin drenaje
	9. Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica
	10. Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón
	11. Porcentaje de viviendas con piso de tierra
	12. Déficit de vivienda
Empleo e ingresos	13. Porcentaje de población económicamente actica (PEA) con ingresos menores a 2 salarios mínimos
	14. Tazón de dependencia
	15. Tasa de desempleo abierto
Población	16. Densidad de población
	17. Porcentaje de población indígena
	18. Dispersión poblacional

Fuente: CENAPRED. Términos de Referencia para Elaborar Atlas de Riesgos, 2016.

Etapa 2. Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social asociada a desastres GVS. Indicadores socioeconómicos.

El criterio para la determinación de vulnerabilidad fue utilizar tres niveles geoestadísticos: municipal, localidad y manzana. Se obtuvo el cálculo para cada uno

de ellos con la información obtenida de las fuentes oficiales recomendadas en la metodología de Obtención de Estimación de la Vulnerabilidad de Flores (2006).

La información que se utilizó para la elaboración de la metodología propuesta por García Arróliga, Marín Cambranis & Méndez Estrada (2006) se obtuvo de los tabulados del Censo de Población y Vivienda del 2010: Resultados por localidad (ITER) para estimar los valores de localidades rurales y municipal y resultados AGEB manzana para las localidades urbanas. También se auxilió del Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017 para identificar los datos que no están representados en el censo 2010 como Porcentaje de Viviendas particulares habitadas por municipio y su distribución porcentual según resistencia de los materiales en paredes y el índice de mortalidad infantil (TMI) y el documento de Perfiles sociodemográficos Municipales: Tlanchinol para obtener el% Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos.

Se obtuvo el grado de vulnerabilidad social para el municipio, considerando los 18 indicadores que sugiere la metodología, con un valor total de 0.628. Esta calificación se obtuvo de la suma de cada uno de los indicadores de cada rubro (salud, educación, vivienda, población y empleo e ingresos) y el cálculo del promedio simple de la suma en cada uno de ellos.

Tabla 184. Obtención de promedios por rubro a nivel municipal

Rubro	Indicador		Valor asignado	Promedio
Salud	1. Médicos por cada mil habitantes	PM	0	0.125
	2. Tasa de mortalidad	TMI	0.25	
	3. Porcentaje de población derechohabiente	%PND	0	
Educación	4. Porcentaje de analfabetismo	%A	0.25	0.125
	5. Población de 14 años y más que asiste a la escuela	DEB	0	
	6. Grado promedio de escolaridad	GPE	0.25	
Vivienda	7. Porcentaje de viviendas sin agua	%VNDAE	0	SD
	8. Porcentaje de viviendas sin drenaje	%VND	0.25	
	9. Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica	%VNDE	0	
	10. Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón	%VPMD	0	
	11. Porcentaje de viviendas con piso de tierra	%VPT	0.25	
	12. Déficit de vivienda	DV	SD	
Empleo e ingresos	13. Porcentaje de población económicamente actica (PEA) con ingresos menores a 2 salarios mínimos	RD	1	0.5
	14. Tazón de dependencia	%PE	0.25	
	15. Tasa de desempleo abierto	TDA	0.25	

Rubro	Indicador		Valor asignado	Promedio
Población	16. Densidad de población	DP	0	0.3
	17. Porcentaje de población indígena	%PI	1	
	18. Dispersión poblacional	DiPo	0	
Clasificación final				0.628

Fuente: INEGI 2015, INEGI 2017

Etapa 3. Resultados por localidades urbanas.

Debido a los vacíos en la información se utilizaron los valores municipales para los indicadores de: Médicos por cada 1000 habitantes, Tasa de Mortalidad Infantil, Porcentaje de población económicamente activa (PEA) con ingresos menores a 2 salarios mínimos y Porcentaje de Población Indígena. En Déficit de Vivienda se omitió el Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón al no encontrarse el dato disponible a este nivel de análisis espacial.

Se estimaron 17 indicadores, de los que se obtuvieron los siguientes valores asignados a nivel localidad, como se puede observar en el cuadro.

Tabla 185. Obtención de promedios por rubro a nivel municipal

Rubro	Indicador		Condición de vulnerabilidad	Valor asignado	Promedio
Salud	1. Médicos por cada mil habitantes	PM	Muy baja	0	0
	2. Tasa de mortalidad	TMI	Muy baja	0	
	3. Porcentaje de población derechohabiente	%PND	Muy baja	0	
Educación	4. Porcentaje de analfabetismo	%A	Muy baja	0	0.33
	5. Población de 14 años y más que asiste a la escuela	DEB	Muy baja	0	
	6. Grado promedio de escolaridad	GPE	Alta	1	
Vivienda	7. Porcentaje de viviendas sin agua	%VNDAE	Muy baja	0	0
	8. Porcentaje de viviendas sin drenaje	%VND	Muy baja	0	
	9. Porcentaje de viviendas sin energía eléctrica	%VNDE	Muy baja	0	
	10. Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón	%VPMD	N/A	0	
	11. Porcentaje de viviendas con piso de tierra	%VPT	Muy baja	0	
	12. Déficit de vivienda	DV	Muy baja	0	
Empleo e ingresos	13. Porcentaje de población económicamente actica (PEA) con ingresos menores a 2 salario mínimos	RD	Baja	0.25	0.5
	14. Tazón de dependencia	%PE	Baja	0.25	
	15. Tasa de desempleo abierto	TDA	Baja	0.25	
Población	16. Densidad de población	DP	Baja	0.25	0.13

Rubro	Indicador		Condición de vulnerabilidad	Valor asignado	Promedio
	17. Porcentaje de población indígena	%PI	Predominan-temente no indígena	0	
	18. Dispersión poblacional			1	
Clasificación final					0.33

Fuente: INEGI 2015, INEGI 2017

La vulnerabilidad social es el resultado de los impactos provocados por el patrón de desarrollo vigente pero también expresa la incapacidad de los grupos más débiles de la sociedad para enfrentarlos, neutralizarlos u obtener beneficios de ellos.

Existe un índice de vulnerabilidad social asociado a desastres (IVS), generado por el CENAPRED, indicador que permite ubicar geográficamente a los municipios, que, por sus condiciones socioeconómicas, tienen una mayor susceptibilidad de sufrir desastres ante el impacto de diferentes tipos de fenómenos. Considera únicamente características socioeconómicas de la población por municipio, sin incluir información de capacidad de respuesta y percepción local del riesgo. Este índice en 2010 se consideraba como medio para el municipio. (CENAPRED, Grado de vulnerabilidad social por municipio, 2010, 2011).

V.6.1. Vulnerabilidad Social del Municipio

La noción de Vulnerabilidad Social asociada con la elaboración y cuantificación del Atlas de Riegos del Municipio de Santa María Zacatepec ayuda a identificar los grupos sociales, hogares e individuos, que por su menor disponibilidad de activos materiales y no materiales, quedan expuestos a sufrir alteraciones relacionadas con afectaciones por Peligros Geológicos, Hidrometeorológicos y Químico-Tecnológicos Para poder estimar la vulnerabilidad social se requiere: Determinación aproximada con base en sus condiciones sociales y económicas del Municipio. Capacidad de prevención y respuesta de los órganos responsables de llevar a cabo las tareas de atención a la emergencia y rehabilitación. Percepción local del riesgo que se tenga en el municipio, lo que permitirá planear estrategias y planes de prevención. El conocer la vulnerabilidad social es parte medular para evaluar la magnitud y el impacto de futuros eventos naturales, ya que ésta tiene una relación directa con las condiciones sociales, la calidad de la vivienda y la infraestructura, y en general el nivel de desarrollo de la región.

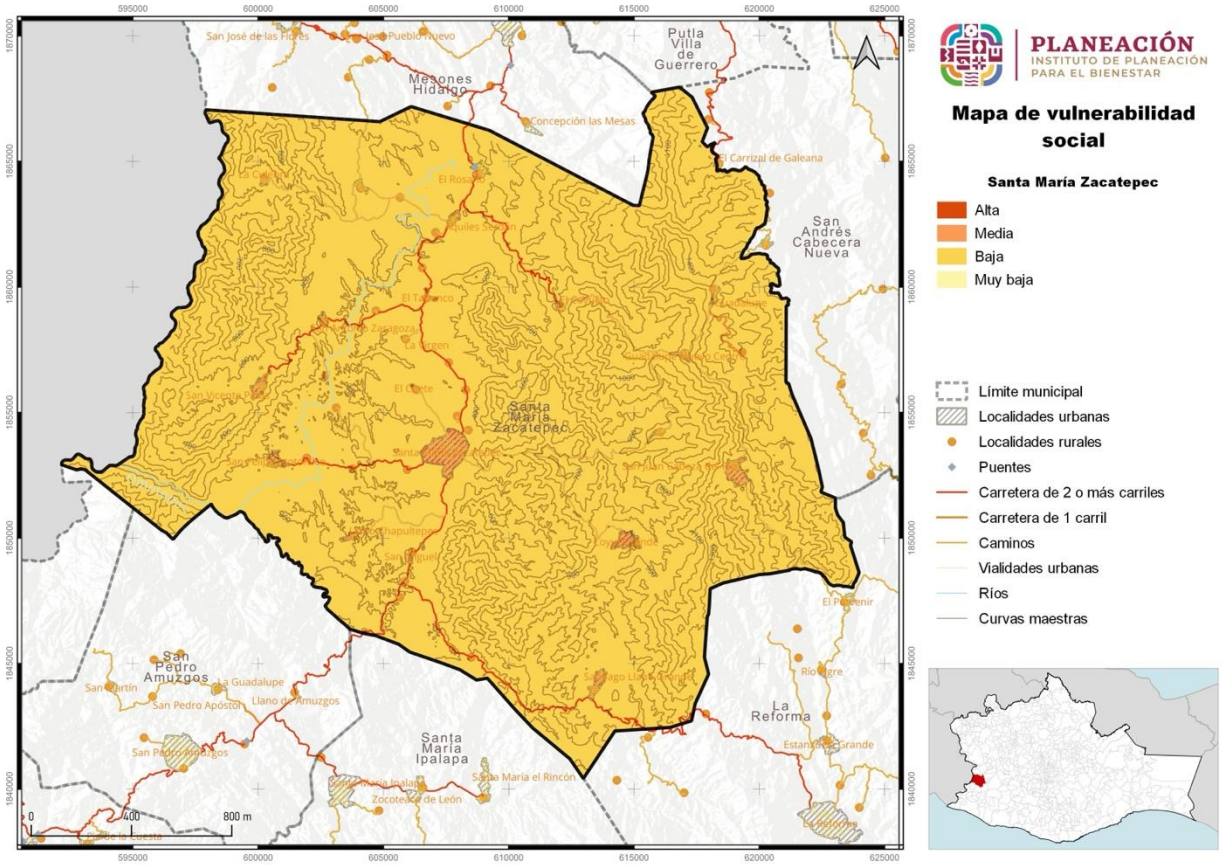
Los niveles de vulnerabilidad social en el municipio se dividen en cinco categorías; se considera alta en 12 Ha, media en 501 Ha, y en la mayor parte del territorio como **Baja**, y que abarca 49,523 Ha; y muy baja en 22 Ha.

Tabla 186. Vulnerabilidad social

Vulnerabilidad social	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta	12	0.02
Media	501	1
Baja	49523	98.93
Muy Baja	22	0.04

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 141. Vulnerabilidad social en el Municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

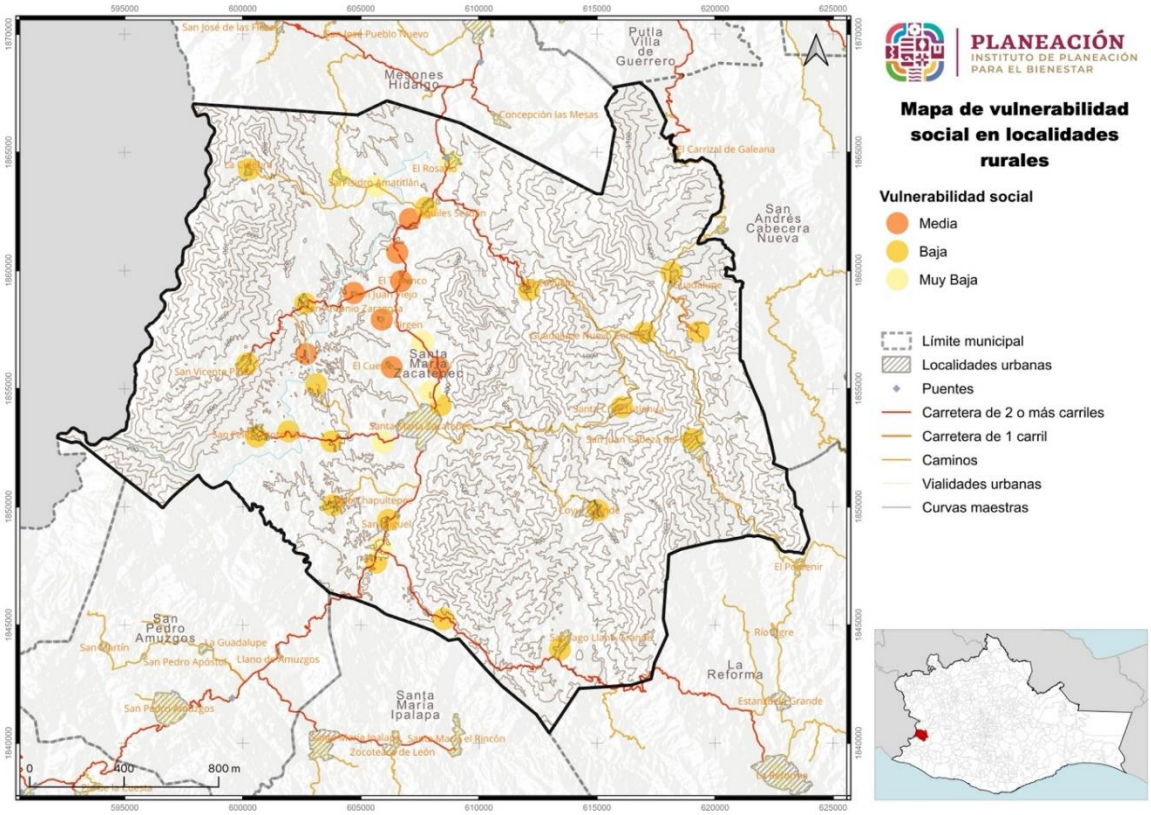
De las 36 localidades rurales registradas del municipio, en ocho se registra una vulnerabilidad media, en 21 se considera baja su vulnerabilidad social y en siete muy baja, lo que está estrechamente relacionado con los nivele de rezago y marginación de cada una de ellas.

Tabla 187. Vulnerabilidad social localidades rurales

Vulnerabilidad social localidad rural	Localidades rurales por categoría	Porcentaje de localidades rurales del municipio
Media	8	22.22
Baja	21	58.33
Muy Baja	7	19.44

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 142. Vulnerabilidad social en localidades rurales



Fuente: CentroGeo, 2024

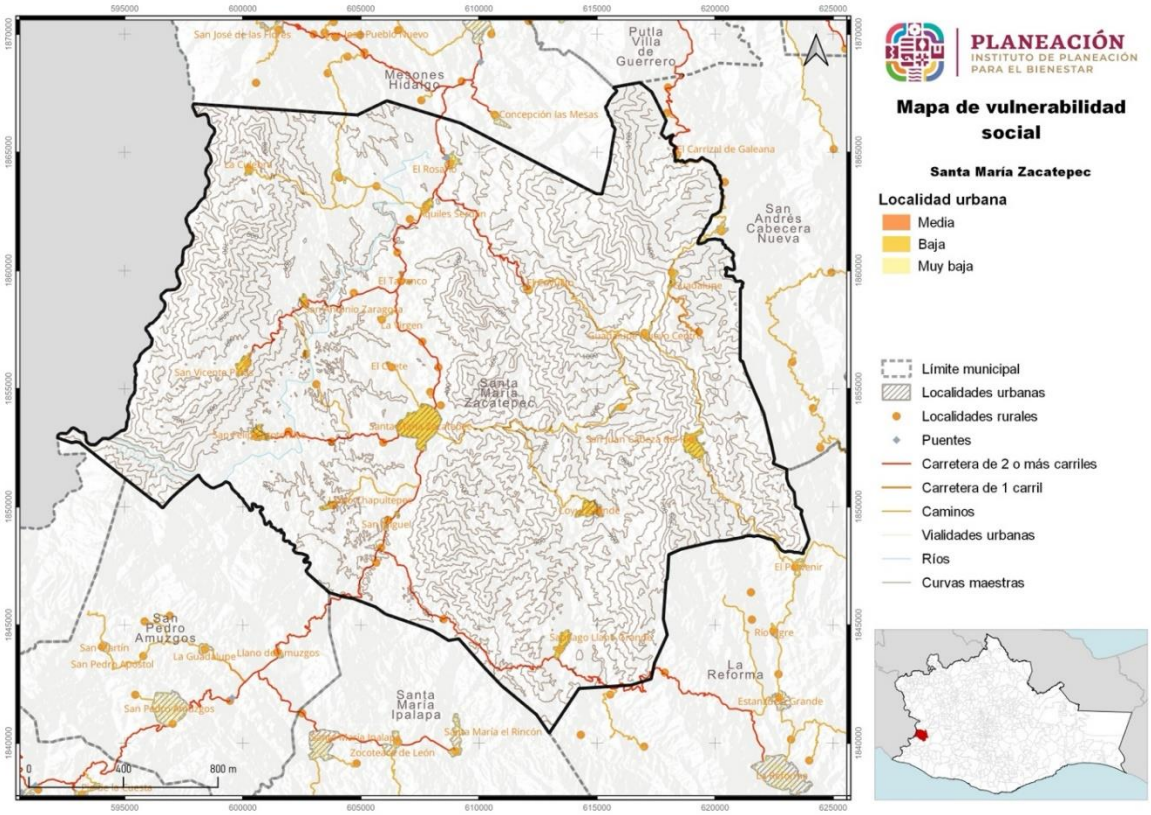
En la cabecera municipal, único núcleo poblacional considerado como urbano, la vulnerabilidad social es variable, ya que en 14.28 Ha, se clasifica como Media, en 510.73 Ha, como **Baja** y en 41.89 Ha, como Muy baja.

Tabla 188. Vulnerabilidad social localidades urbanas

Vulnerabilidad social localidad urbana	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Media	14.28	2.52
Baja	510.73	90.09
Muy Baja	41.89	7.39

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 143. Vulnerabilidad social en localidades rurales



Fuente: CentroGeo, 2024.

V.7. Grado de exposición del Municipio

Para la obtención de la "exposición" como componente del Riesgo, se tomó en cuenta aquellos elementos presentes en el territorio municipal que pueden ser afectados por la ocurrencia de alguno de los peligros contemplados en el Atlas. En función de la información disponible en fuentes oficiales correspondiente a capas cartográficas, se realizó la estimación con base en la cuantificación de los siguientes elementos:

- Equipamiento: salud, educación, servicios administrativos, cultural, religioso, comunicación, deportivo, industrial, proveedor de servicios.
- Establecimientos comerciales: se consideraron todos los giros.
- Vías de comunicación: Autopistas, carreteras y calles en las zonas urbanas.

Debido a la escala de las capas de información, la representación es en su mayoría mediante puntos y líneas, situación que dificulta la creación de una capa síntesis que pueda emplearse para determinar el Riesgo. La alternativa planteada fue la creación de una malla, estableciendo el tamaño de cada celda de 100 x 100 metros, con la finalidad de realizar un cruce de los elementos señalados anteriormente con la cuadrícula en cada municipio.

En términos generales, el proceso llevado a cabo consistió en:

1. Equipamiento y establecimientos comerciales: una vez realizado el cruce, se cuantificó el total de puntos o polígonos que quedaron inmersos en cada celda de la malla.
2. Vías de comunicación: después del cruce, se sumó la cantidad de metros correspondientes a cada cuadro de la malla.

Una vez obtenidos los datos, se generaron cinco rangos mediante el método de "*Natural Breaks*", con el objetivo de asignar a cada celda una categoría de exposición, misma que se observa en la siguiente tabla:

Tabla 189. Rangos para asignar a cada categoría de exposición en el municipio

Exposición		Equipamiento	Establecimientos Comerciales	Vías de Comunicación (metros)
Cualitativo	Cuantitativo			
Muy baja	1	0 – 1	0 – 2	0 – 50
Baja	2	1 – 2	2 – 3	50 – 100
Media	3	2 – 3	3 – 4	100 – 150
Alta	4	3 – 5	4 – 5	150 – 200
Muy alta	5	Mayor a 5	Mayor a 6	Mayor a 200

Asignada la clasificación, se procedió a unir las tres mallas y generar una sola cuadrícula, asignando la clasificación de Exposición con el promedio, finalmente se aplicó el geo proceso llamado "*Dissolve*" para fusionar las celdas con valores iguales.

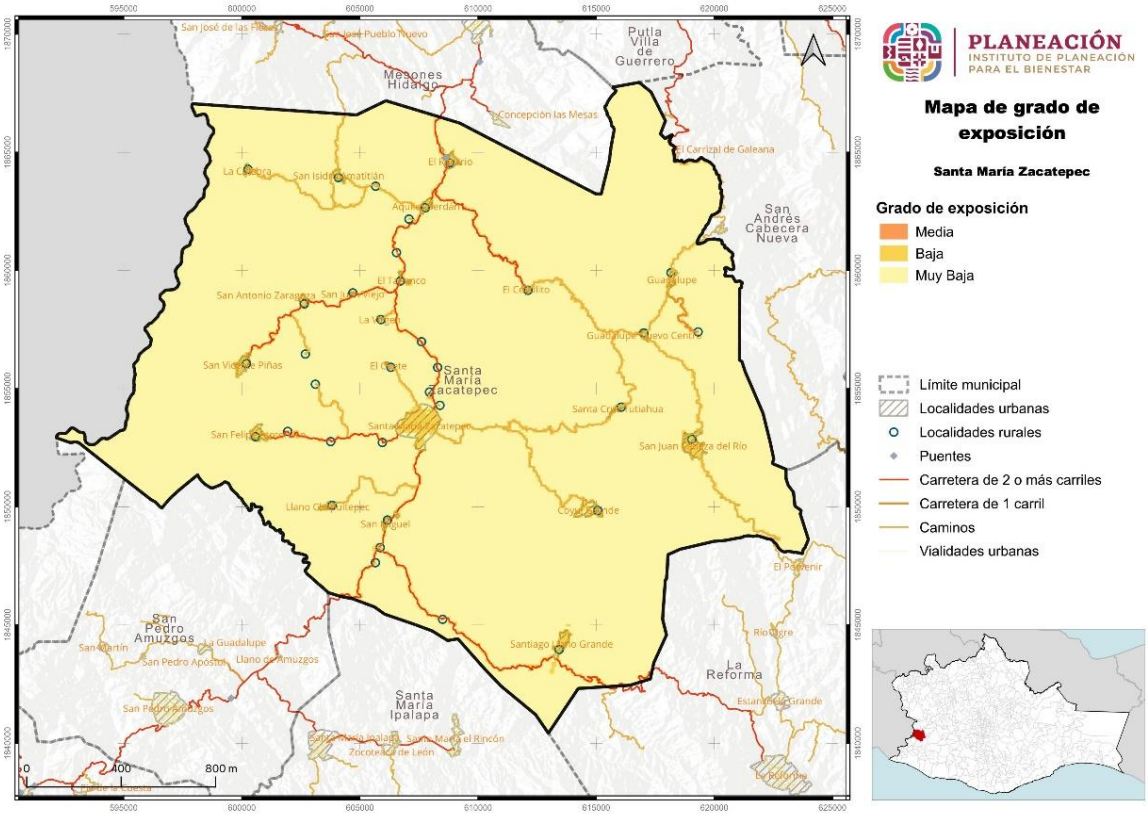
Para el caso de la vulnerabilidad por exposición **Baja** el 5.1%, afecta aproximadamente de superficie municipal en 2555.12 hectáreas. Por otro lado, el riesgo categorizado **Muy Bajo**, afecta al 94.89% aproximadamente de la superficie del municipio lo que quiere decir que cerca de 47,499.99 hectáreas son las que se ven afectadas del territorio municipal; y Muy Baja con 2 hectáreas, como se presenta en el mapa correspondiente.

Tabla 190. Grado de exposición en el municipio

Grado de exposición	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Media	2	0
Baja	2555.12	5.1
Muy Baja	47499.99	94.89

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 144. Grado de exposición en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

En el mapa previo se puede apreciar que la zona urbana de la cabecera municipal, carretera y caminos tiene una amenaza de vulnerabilidad de exposición **Baja**, y para el resto del territorio municipal en **Muy Baja**.

V.8 Riesgos por fenómenos geológicos

El **riesgo de desastres**, entendido como la probabilidad de pérdida, depende de dos factores fundamentales que son el peligro y la vulnerabilidad. Comprender y cuantificar los peligros, evaluar la vulnerabilidad y con ello establecer los niveles de riesgo, es sin duda el paso decisivo para establecer procedimientos y medidas eficaces de mitigación para reducir sus efectos. Es por ello prioritario desarrollar herramientas y procedimientos para diagnosticar los niveles de peligro y de riesgo que tiene nuestro país a través de sistemas organizados de información como se plantea en la integración del Atlas Nacional de Riesgos, ANR, basado éste en los atlas estatales y municipales.

El riesgo es una variable muy compleja y continuamente cambiante en el tiempo que es función de la variabilidad de las amenazas que nos circundan y de la condición también dinámica de la vulnerabilidad y grado de exposición. Por tanto, para la mayoría de los fenómenos, no es posible representar al riesgo mediante una simple gráfica o mapa, éste debe ser estimado de acuerdo con las circunstancias y condiciones específicas del lugar o área de interés. Por lo anterior, conceptualmente el ANR ha evolucionado de un conjunto estático de mapas, a un sistema integral de información sobre riesgos de desastres, empleando para ello bases de datos, sistemas de información geográfica, cartografía digital, modelos matemáticos y herramientas para visualización, búsqueda y simulación de escenarios de pérdidas.

Para el cálculo del riesgo se utilizaron los resultados del cálculo del peligro, la vulnerabilidad y la exposición, bajo el siguiente procedimiento:

$$R = P * (V + E)$$

Donde:

R: Riesgo
P: Peligro
V: Vulnerabilidad
E: Exposición

Con los valores resultados del procedimiento se realizó un cruce para determinar los niveles de riesgo, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 191. Resultados para la estimación del riesgo

			Riesgo									
Peligro	Muy alto	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	Muy alto 29 a 50
	Alto	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	Alto 17 a 28
	Medio	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	Medio 8 a 16
	Bajo	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	Bajo 4 a 7
	Muy bajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Muy bajo 2 a 3
			2 Muy bajo	3	4 Bajo	5	6 Medio	7	8 Alto	9	10 Muy alto	
			Vulnerabilidad + Exposición									

Sin embargo, por las condiciones específicas e importancia que tiene la condición de inestabilidad de laderas (deslizamiento, derrumbes, caída de detritos y flujos) y de acuerdo con lo establecido en las guías metodológicas para la elaboración de Atlas, que señalan la posibilidad de diferenciar metodológicamente los cálculos de riesgo por fenómeno, se consideró que, en los casos en donde el peligro tenga una calificación de "Alto" o "Muy alto", (valores 4 y 5) con una vulnerabilidad y exposición "Baja" (3 y 4) se reclasifiquen para considerarlas en el rango "Alto", en lugar de "Medio", sólo para los mecanismos que están relacionados con la inestabilidad de laderas, bajo un criterio de exclusión.

Tabla 192. Resultados para la estimación del riesgo para los componentes de inestabilidad de laderas

Peligro			Riesgo										
	Muy alto	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	Muy alto	29 a 50
	Alto	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	Alto	15 a 28
	Medio	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	Medio	8 a 14
	Bajo	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	Bajo	4 a 7
	Muy bajo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Muy bajo	2 a 3
			2	3	4	5	6	7	8	9	10		
			Muy bajo	Bajo		Medio		Alto		Muy alto			
			Vulnerabilidad + Exposición										

V.8.1 Inestabilidad de Laderas

Cómo se ha venido analizando, la inestabilidad de laderas está determinada, tanto en su origen como en su desarrollo, por diferentes mecanismos, los cuales se han utilizado para clasificar y analizar los tipos de procesos de ladera existentes. De tal modo que se han agrupado en cuatro categorías: deslizamientos, derrumbes, caída de detritos y flujos (CNPC, CENAPRED, SSPC, 2021).

V.8.1.1 Riesgo por deslizamientos

El riesgo por deslizamientos en Santa María Zacatepec es alto en 4,042.66 Ha, y cerca de tres cuartas partes del territorio presenta riesgo medio a deslizamientos, esto es 37,436.22 Ha; así mismo, 8,578.18 Ha, presentan riesgo bajo.

Tabla 193. Riesgo por deslizamientos en el municipio

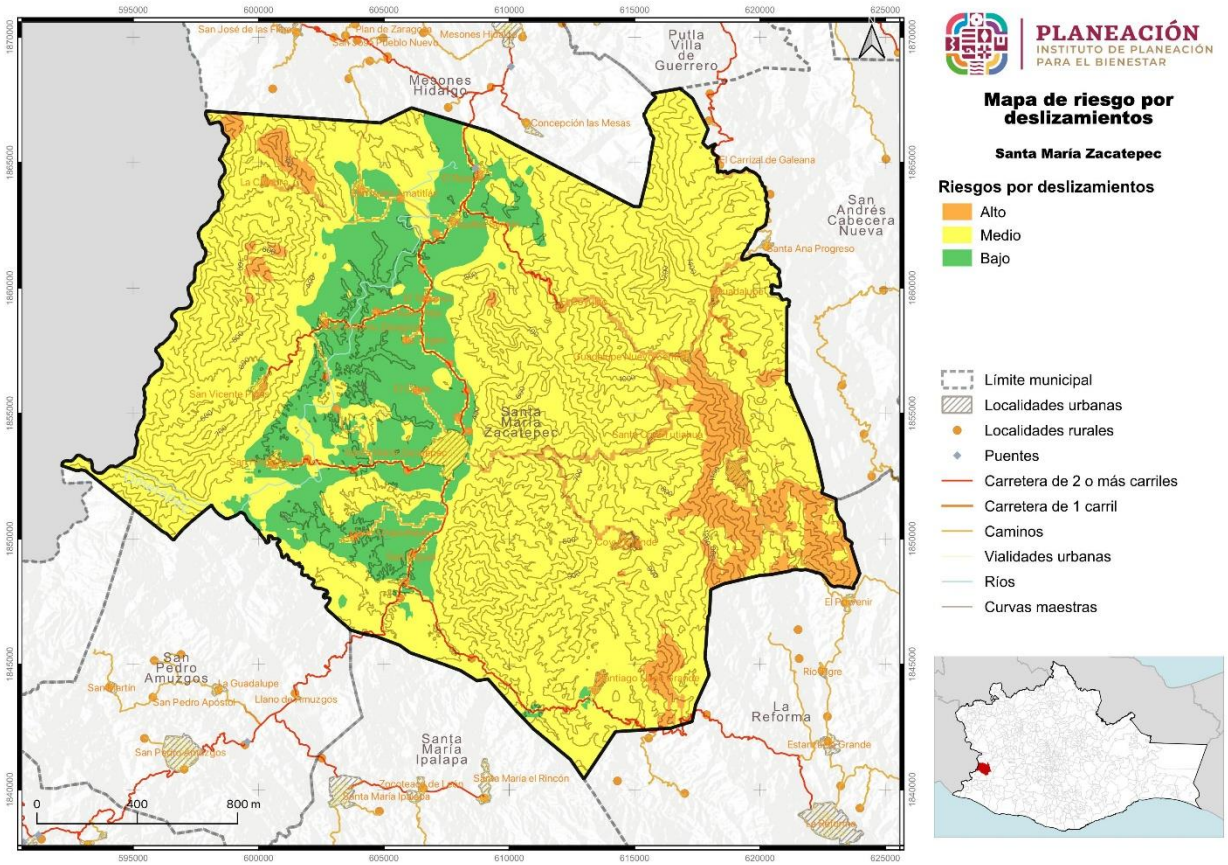
Riesgo por deslizamientos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	4042.66	8.08
Medio	37436.22	74.79
Bajo	8578.18	17.14

Fuente: CentroGeo, 2024

El riesgo alto se presenta en el 8.08% del territorio municipal, el riesgo medio en 74.79% del municipio y el riesgo bajo en el 17.14%.

Las **zonas con alto riego** a deslizamientos se encuentran dispersas en del municipio, formando manchones de diferentes tamaños; el de mayor dimensión se localiza al sureste, a los costados del camino que conduce desde la localidad Guadalupe, pasa por Guadalupe Nuevo Centro, San Juan Cabeza del Rio y conduce hasta la localidad El Porvenir del municipio de La Reforma, abarcando las laderas de las cañadas que dan cauce al río Grande. Otros manchones se encuentran al noroeste del municipio, en las estribaciones de los cerros Cola de la Culebra y Cabeza de la Culebra.

Mapa 145. Riesgo por deslizamientos en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con **riesgo medio** abarcan la gran mayoría del territorio, recorriendo desde el norte, en sus límites con Mesones Hidalgo y Putla Villa de Guerrero, todo lo largo del límite con el estado de Guerrero y llegando hasta el sur, a las colindancias con San Juan Cacahuatepec, San Pedro Amuzgos, Santa María Ipalapa y La Reforma, abarcando hasta el límite oriental con San Andrés Cabecera Nueva, aunque en su parte central se encuentra dividida por las zonas de bajo riesgo.

Las zonas con **bajo riesgo** se encuentran en los lomeríos y valles de la franja central del municipio, dentro de las cuales se encuentran las localidades de El Rosario, San Isidro Amatitlán, El Cangrejo, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, La Virgen, Las Palmas, El Cuete, Rancho San Pedro, Llano de Viuda, San Felipe Atotonilco, Atotonilco, Llano Chapultepec y San Miguel.

V.8.1.2 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años

Como se menciona con anterioridad, el periodo de retorno es un tiempo promedio asociado a una probabilidad de ocurrencia de un evento en un periodo determinado, en este caso, deslizamientos para un período de cinco años, con magnitud igual o mayor que un cierto valor para un año cualquiera.

Se estima que en caso de ocurrencia de deslizamientos de magnitudes iguales o superiores a los ya ocurridos, en un período de retorno de cinco años, de las 50,057.11 Ha, del territorio municipal; 4,502.04 Ha, presentarían un riesgo alto; 37,647.26 Ha; un riesgo medio y 7,907.76 Ha, un riesgo bajo.

Tabla 194. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años

Riesgo por deslizamientos (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	4502.04	8.99
Medio	37647.26	75.21
Bajo	7907.76	15.8

Fuente: CentroGeo, 2024

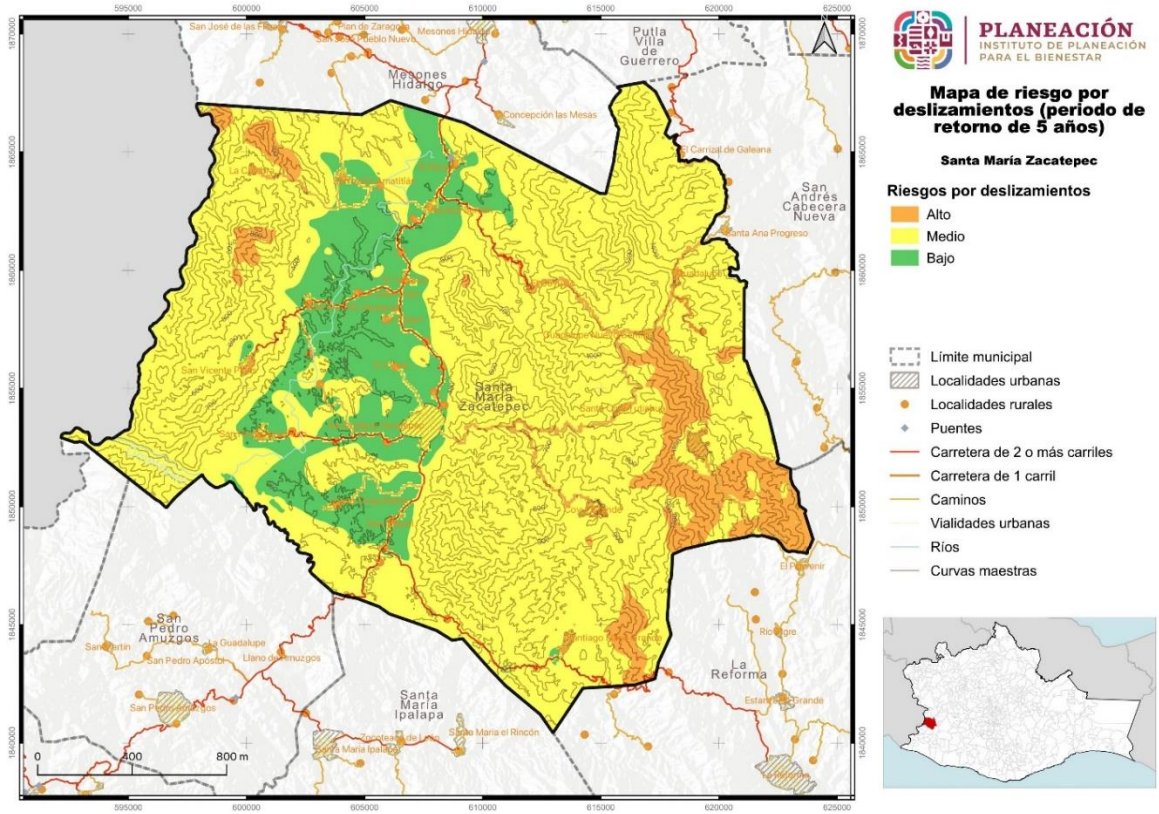
Conforme lo anterior, el 8.99% del territorio municipal estaría en una categoría de riesgo alto, 75.21% en categoría de riesgo medio y 15.8% en categoría de riesgo bajo.

Las zonas con **alto riego** se mantienen en las mismas zonas que para el caso de período de retorno a cinco años, ampliando su superficie en los límites con La Reforma y en el cerro Cabeza de la Culebra.

Respecto a la zona con **riesgo medio**, sigue siendo la de mayor extensión en el territorio e inclusive gana terreno a las áreas de riesgo bajo, especialmente en sitios cercanos a las localidades de El Cangrejo, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco y Atotonilco. Todas las zonas laterales de las carreteras y caminos del territorio municipal se ubican en riesgo medio a deslizamientos.

Las zonas consideradas con **bajo peligro**, pierden terreno en este período de retorno a cinco años, aunque se mantienen dentro de esta zona las localidades de El Rosario, San Isidro Amatitlán, parte de El Cangrejo, Aquiles Serdán, parte de Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, La Virgen, Las Palmas, El Cuete, Rancho San Pedro y San Miguel.

Mapa 146. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.3 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años

Bajo la probabilidad de ocurrencia, en un periodo de retorno de 10 años, de deslizamientos de magnitudes iguales o mayores a las ocurridas en el municipio, se estima a la exposición a riesgos altos de 6,516.46 Ha, riesgo medio en 37,471.79 Ha, y riesgo bajo en 6,068.77 Ha.

Tabla 195. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años

Riesgo por deslizamientos (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	6516.46	13.02
Medio	37471.79	74.86
Bajo	6068.77	12.12

Fuente: CentroGeo, 2024

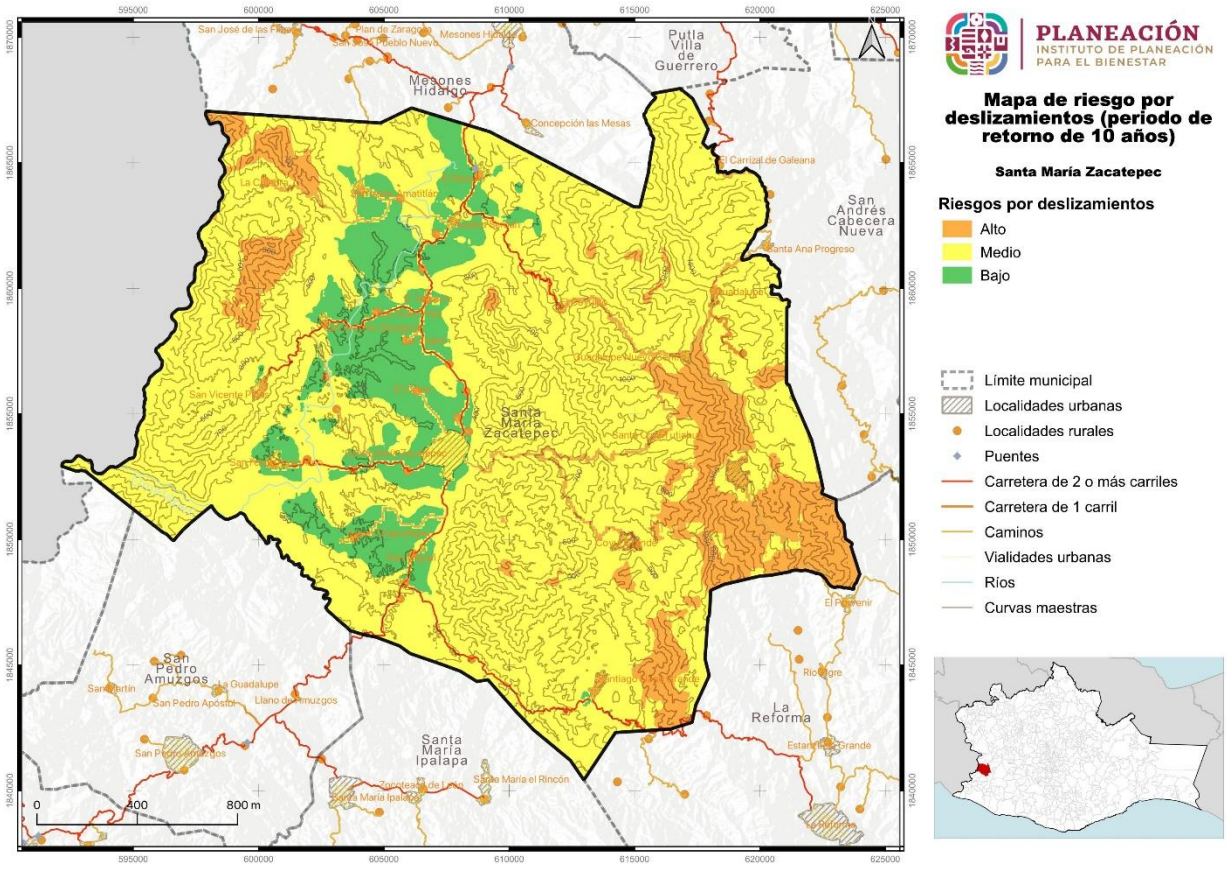
El porcentaje de superficie expuesta a riesgo alto, para este período de retorno a 10 años es del 13.2% del total del territorio; así mismo, el 74.86% estaría expuesto a riesgo medio y el 12.12% a riesgo bajo.

El **riego alto** abarca cada vez mayor superficie de los cerros Cola de la Culebra y Cabeza de la Culebra, al noroeste del municipio, así como de las zonas del sureste, aledañas a la carretera que conduce desde la localidad Guadalupe, hasta La Reforma. Las localidades de La Culebra y San Juan Cabeza del Río, quedan insertas en zona de alto riesgo a deslizamientos en este período de retorno a 10 años.

La zona con **riego medio** sigue incorporando áreas que antes se consideraban de riesgo bajo, quedando catalogadas con riesgo medio a deslizamientos, en este período de retorno, los núcleos poblacionales de San Vicente Piñas, San Felipe Atotonilco, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, El Naranjo, Santiago Llano Grande, Las Mesas, Coyul Grande, Santa Cruz Tutiahua, Guadalupe Nuevo Centro, Guadalupe, El Limón Santa Ana y El Coyulito.

Se mantienen dentro de las zonas de **bajo riesgo** las localidades de El Rosario, San Isidro Amatitlán, Aquiles Serdán, parte de Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, La Virgen, Las Palmas, El Cuete, Rancho San Pedro y San Miguel.

Mapa 147. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.4 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años

El riesgo a deslizamientos, con período de retorno de 20 años es alto en 9,127.12 Ha; es medio en 37,104.36 Ha; y bajo en 3,825.58 Ha. Comparando las proyecciones de cada uno de los períodos de retorno, puede verse el incremento de las áreas con alto riesgo, en detrimento de las áreas con bajo riesgo.

Tabla 196. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años

Riesgo por deslizamientos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	9127.12	18.23
Medio	37104.36	74.12
Bajo	3825.58	7.64

Fuente: CentroGeo, 2024

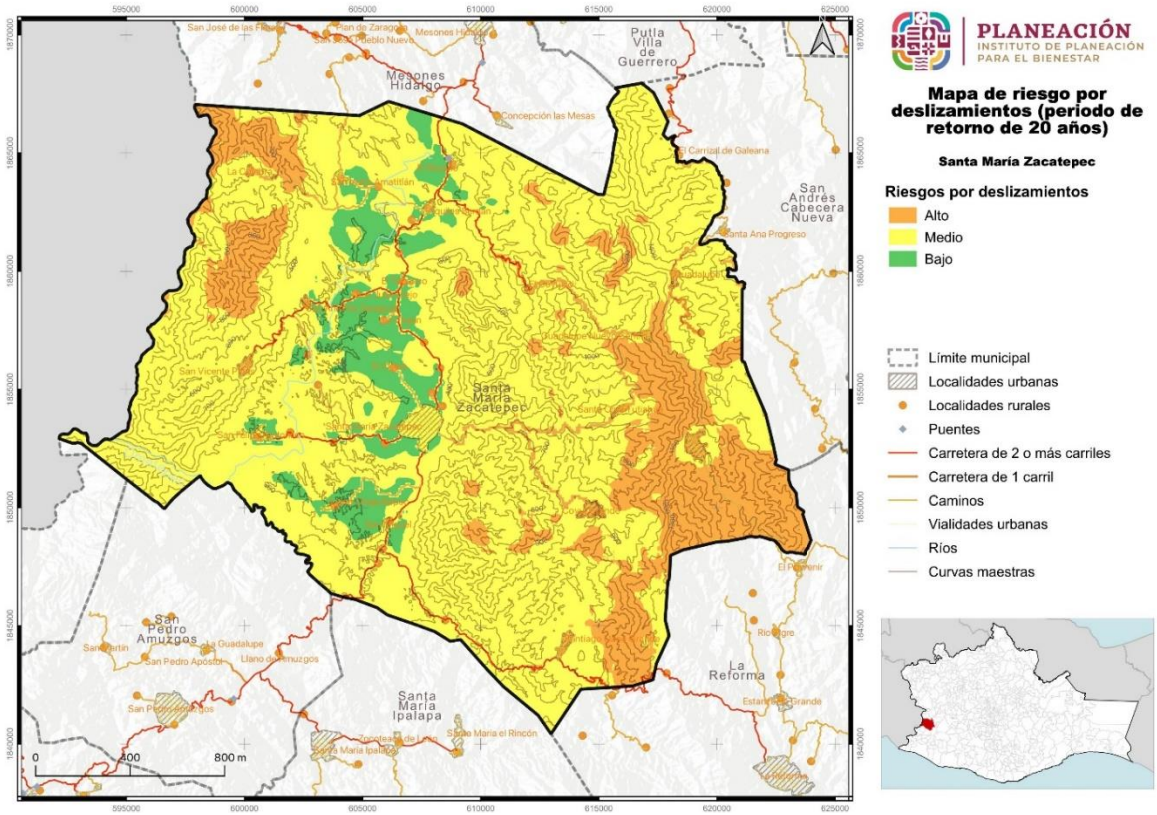
El riesgo por deslizamiento, en un período de retorno de 20 años es alto en el 18.23% de la superficie municipal; medio en el 74.12% y bajo en el 7.64%.

Es notable el incremento de las zonas con **riesgo alto**, tanto en los cerros Cola de la Culebra y Cabeza de la Culebra avanzando hacia la localidad La Culebra, como en la parte sureste del municipio, desde la localidad Guadalupe, hasta los límites con La Reforma, incluyendo las montañas que dan cauce al Río Grande.

La zona con **riesgo medio**, aparte de las localidades que ya abarcaba en la proyección a 10 años, avanza hacia los núcleos de población de El Cangrejo, El Rosario, San Isidro Amatitlán, Tierra Colorada y San Felipe Atotonilco, aunque no llega a cubrirlas en su totalidad.

En la zona con **riesgo bajo**, se mantienen la mayor parte de los núcleos de población de El Rosario, El Cangrejo, San Isidro Amatitlán, Tierra Colorada y San Felipe Atotonilco, así como las localidades de Aquiles Serdán, quedando la zona urbana de ésta última localidad en zona de riesgo medio. El Tapanco, San Juan Viejo, Tres Arroyos, La Virgen, Llano de Viuda y Llano Chapultepec.

Mapa 148. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.5 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años

Para un período de retorno de 50 años, con probabilidades de deslizamientos de igual o mayor magnitud a las ya presentadas en el Municipio se registra un cambio drástico de las zonas con riesgo bajo y medio para convertirse en zonas de alto riesgo y aunque en muy pequeña superficie empiezan a aparecer zonas con muy alto riesgo por deslizamientos.

Las zonas con bajo riesgo se reducen a 868.0 Ha; las zonas con riesgo medio suman 34,447.4 Ha; las zonas con riesgo alto se incrementan a 14,741.54 Ha; y aparecen 100 m^2 con riesgo muy alto.

Tabla 197. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años

Riesgo por deslizamientos (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	0.01	0
Alto	14741.54	29.45
Medio	34447.44	68.82
Bajo	868	1.73

Fuente: CentroGeo, 2024

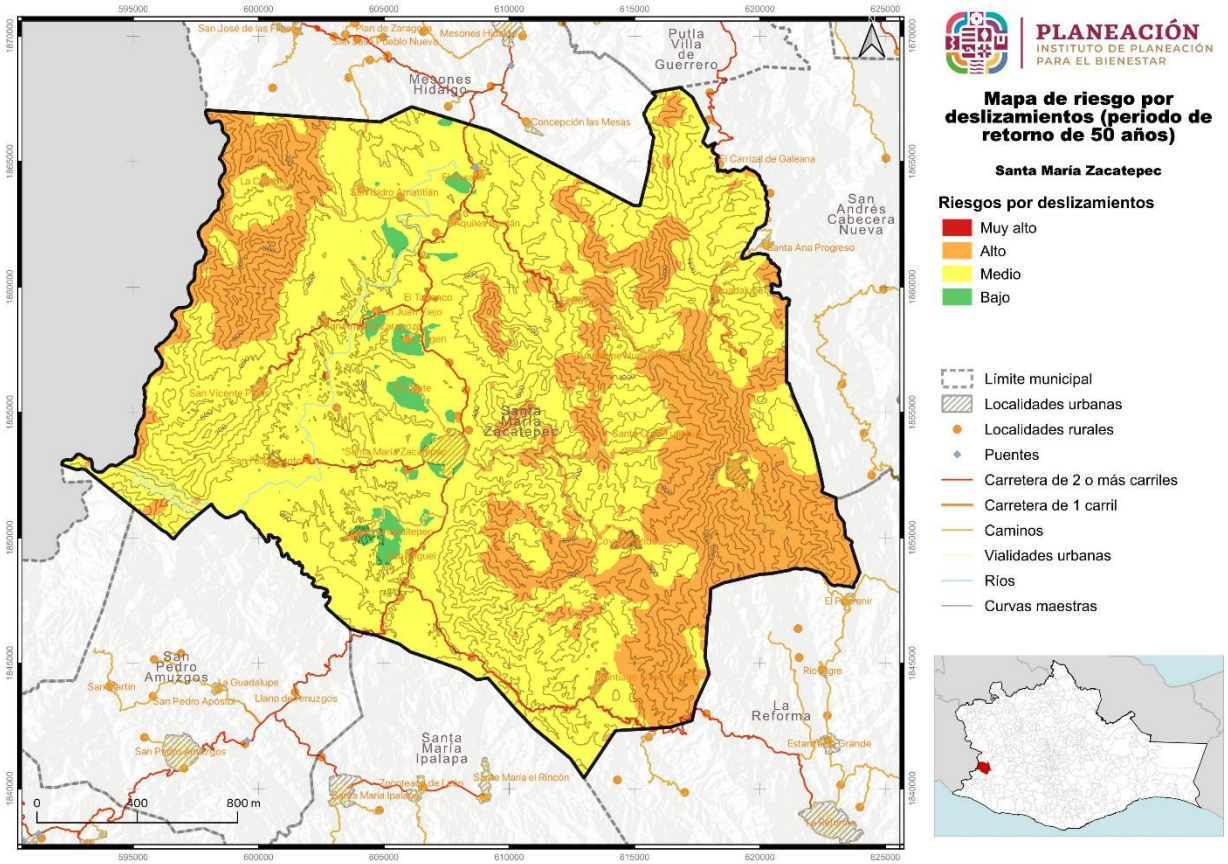
Los niveles de riesgo por deslizamiento, para un periodo de retorno de 50 años, quedan con los siguientes porcentajes; riesgo bajo 1.73%; riesgo medio 68.82%; riesgo alto 29.45% y riesgo muy alto porcentaje imperceptible.

Las zonas con **riesgo bajo** quedan reducidas a pequeños polígonos distribuidos en la zona central del territorio, desde la colindancia con Mesones Hidalgo y las otras cerca del Rosario, Tres arroyos, San Juan Viejo, La Virgen, El Cuete, Rancho la Viuda y Llano Chapultepec, así como rodeando la cabecera municipal.

La zona de **riesgo medio** a deslizamientos abarca plenamente ahora los núcleos de población la Culebra, el Rosario, San Isidro Amatitlán, El Cangrejo, Aquiles Serdán, Tres Arroyos, El Tapanco, San Antonio Zaragoza, San Vicente Piñas, Rancho San Pedro, San Felipe Atotonilco, Atotonilco, Estanzuelilla, San Miguel, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, El Naranjo, El Limón Santana y Guadalupe.

Las zonas con **riesgo alto** se amplían en la zona noroeste en los cerros, cola de la culebra, cabeza de la Culebra, hasta el cerro la ocotera, además de la zona urbanizada de San Vicente Piñas. Las zonas más altas de sierra del este del territorio también se constituyen en zonas de riesgo alto incluyendo el cerro Coral de Piedra, las estribaciones del cerro las mesas y otras de menor altura además de los núcleos de población de Santiago Llano Grande, Coyul Grande, San Juan Cabeza del Rio, Santa Cruz Tutiahua, Guadalupe Nuevo centro, La Guadalupe y el Coyulito.

Mapa 149. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.6 Riesgo por derrumbes en el municipio

Santa María Zacatepec, por sus características topográficas, geomorfológicas y ambientales, así como por su naturaleza geológica y geotécnica, está expuesto a los factores que influyen en los fenómenos de derrumbes y caídos.

El riesgo por derrumbes en la mayoría del municipio se categoriza como medio, ya que abarca 31,566.76 Ha; el riesgo alto está en 9,911.33 Ha; y con riesgo bajo se encuentran 8,578.99 Ha.

Tabla 198. Riesgo por derrumbes en el municipio

Riesgo por derrumbes	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	9911.33	19.8
Medio	31566.76	63.06
Bajo	8578.99	17.14

Fuente: CentroGeo, 2024

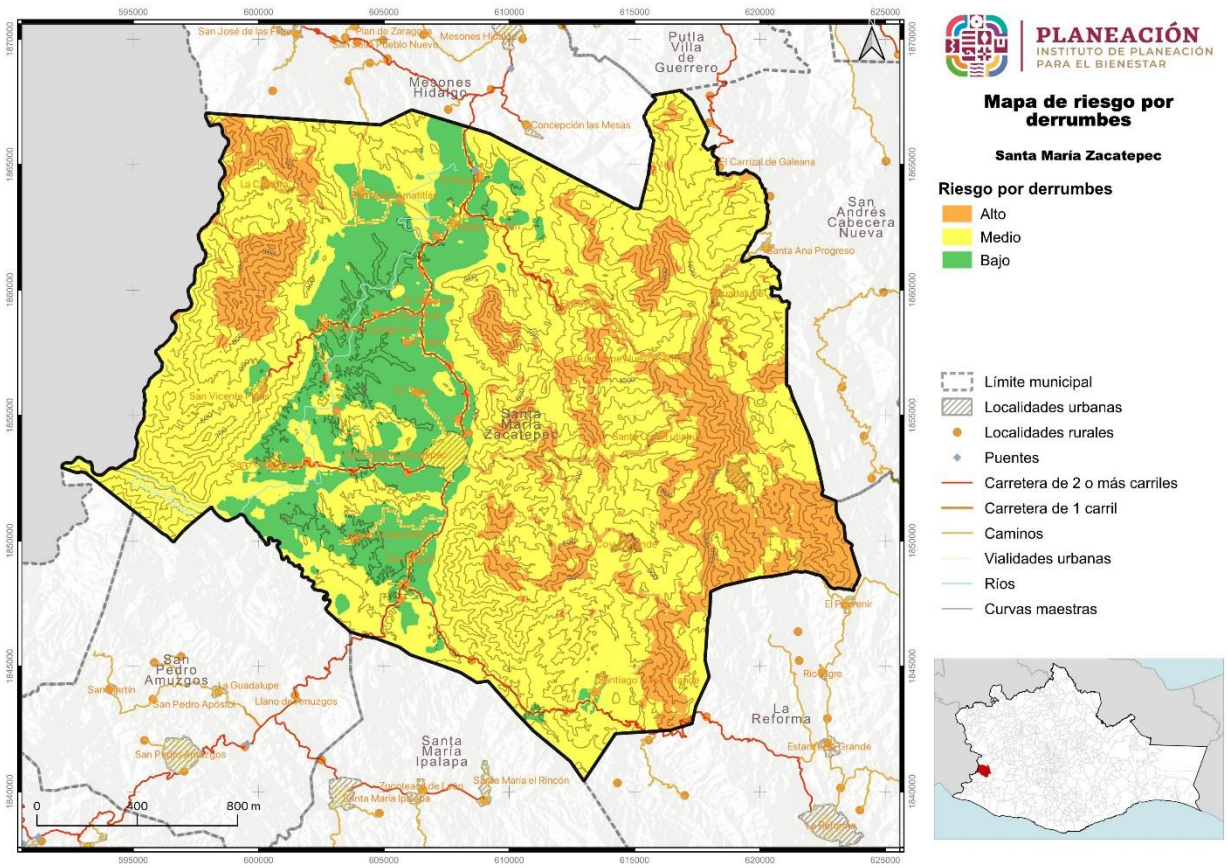
El riesgo medio a derrumbes y caídos abarca el 63.06% del territorio municipal; el riesgo alto representa el 19.8%; con riesgo bajo se tiene el 17.14% de la superficie total del Municipio.

Las áreas con **alto riesgo** a derrumbes están presentes en los Cerros Cola de la Culebra y Cabeza de La Culebra ubicados al noroeste del territorio municipal, así como en elevaciones del centro oriente, oriente y sur oriente del municipio, incluyendo zonas pobladas de las localidades de San juan Cabeza del Rio, San Cruz Tutiahua, La Culebra y parcialidades de Coyul grande y San Vicente Piñas.

Las zonas con **riesgo medio** a derrumbes abarcan la mayor parte del territorio tanto al oriente como al poniente estando total o parcialmente consideradas con este nivel de riesgo núcleos poblacionales de San Vicente Piñas la cabecera municipal entre otros, además de todas las carreteras y caminos del Municipio

La parte central del Municipio formada por lomeríos y valles que corren de norte a sur es en la que se encuentra las zonas de **bajo riesgo** a derrumbes.

Mapa 150. Riesgo por derrumbes en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.7 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años

En caso de ocurrir derrumbes, en un periodo de retorno de 5 años, con magnitud igual o mayor a los ya ocurridos en el municipio, quedarían expuestas a riesgo alto 11,585.37 Ha; a riesgo medio 31,804.94 Ha; y a riesgo bajo 6,666.69 Ha, manteniéndose como puede verse predominancia de las zonas con riesgo medio.

Tabla 199. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años

Riesgo por derrumbes (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	11585.37	23.14
Medio	31804.94	63.54
Bajo	6666.69	13.32

Fuente: CentroGeo, 2024

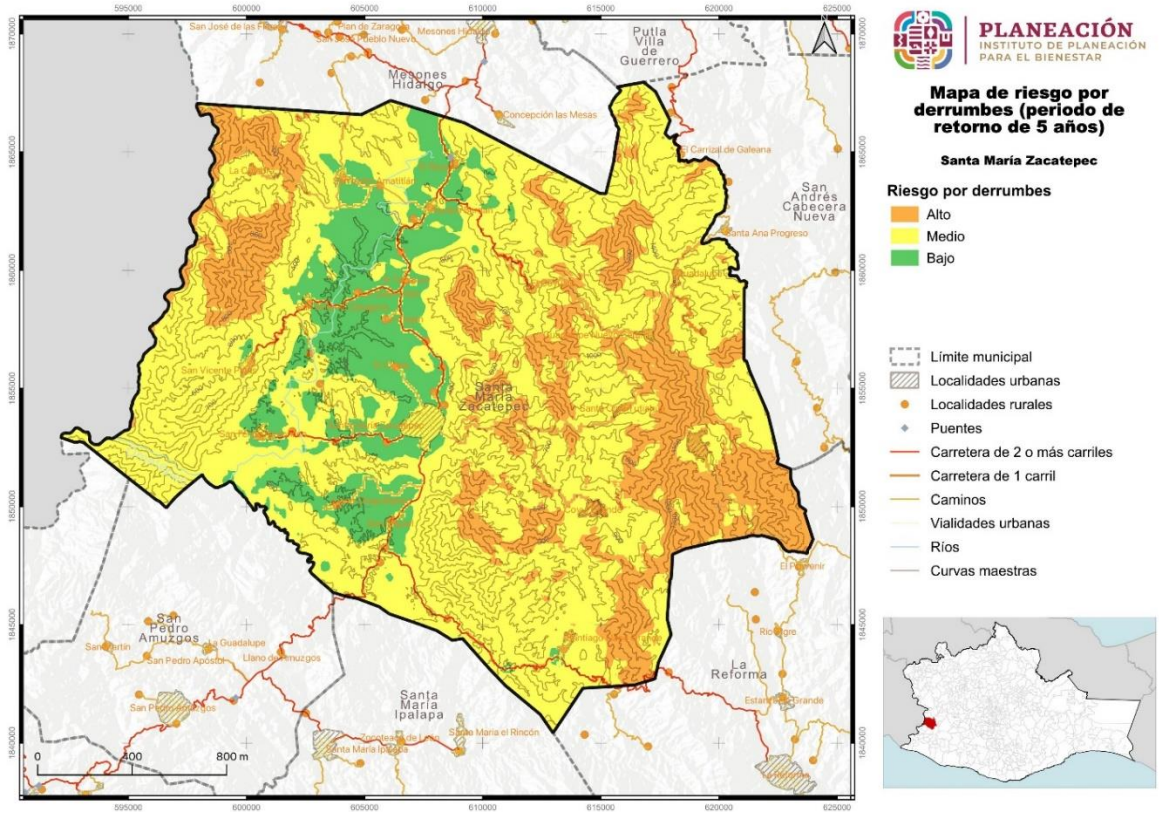
La superficie con riesgo alto representa el 23.14% del total municipal, el 63.54% se considera con riesgo medio y el 13.32% del territorio, como de riesgo bajo.

Las áreas con **alto riesgo** a derrumbes, están presentes en los cerros cola de la culebra y cabeza de la culebra ampliándose hasta el cerro la Ocotera; así también en los cerros y montañas ubicados al noreste, este y sureste del municipio incluyendo el cerro corral de piedra, el cerro las mesas así como elevaciones que forman cañadas por donde corren los ríos grande, cuesta del muerto y blanco, además de los núcleos rurales así como partes importantes de los núcleos de población de La Culebra, San Vicente Piñas, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, San Juan Cabeza del Rio, Santa Cruz Tutiahua y Guadalupe

Las zonas con **riesgo medio** a derrumbes abarcan la mayor parte del territorio tanto al oriente como al poniente estando total o parcialmente consideradas con este nivel de riesgo núcleos poblacionales de San Vicente Piñas la cabecera municipal, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo y el Naranjo entre otros, además de todas las carreteras y caminos del Municipio.

La parte central del Municipio formada por lomeríos y Valles que corren de norte a sur es en la que se encuentra las zonas de **bajo riesgo** a derrumbes, en donde se encuentran las localidades de el Rosario, San Isidro Amatitlán, El Cangrejo, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco, Tres Arroyos, La Virgen, El Cuete, Rancho San Pedro, Llano de Viuda, Llano Chapultepec y San Miguel.

Mapa 151. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.8 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años

Respecto al riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno en igual o mayor magnitud a los ya registrados, se considera que 13,421.52 Ha, estaría bajo riesgo alto; la mayor parte del territorio en 30,429.39 Ha, estarían con riesgo medio; y 6,206.14 Ha, en riesgo bajo.

Tabla 200. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años

Riesgo por derrumbes (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	13421.52	26.81
Medio	30429.39	60.79
Bajo	6206.14	12.4

Fuente: CentroGeo, 2024

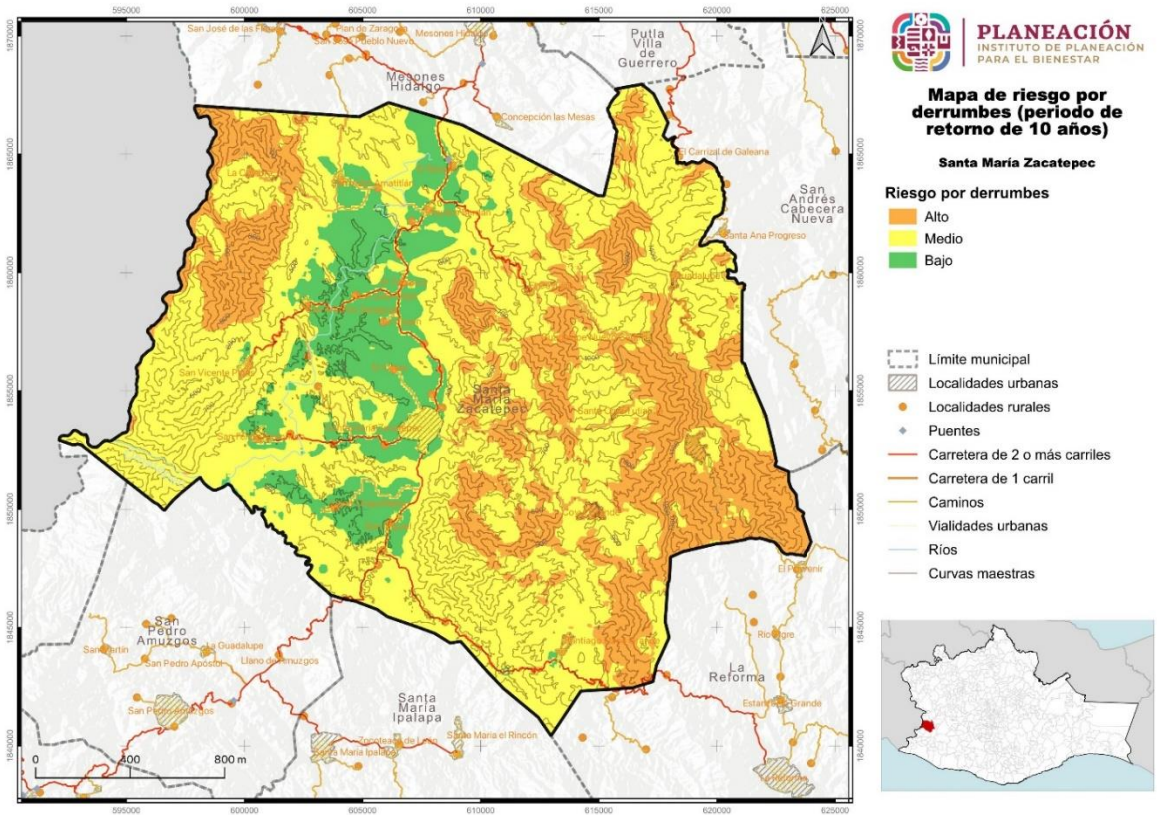
Predomina la superficie con riesgo medio a derrumbes en el municipio, al ser el 60.79% del territorio, comparado con el 26.81% que son zonas de riesgo alto y 12.4 % de zonas con riesgo bajo.

Las áreas con **riesgo alto** se ubican en las mismas zonas, pero con mayor extensión que para el período de retorno de cinco diez, en las laterales de las carreteras y caminos intermunicipales de la parte oriente, así como en el Cerro Corral de Piedra y otras elevaciones menores de esa zona, así como los núcleos de población de La Culebra, San Vicente Piñas, Llano Chapultepec, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, San Juan Cabeza del Río, Santa Cruz Tutiahua, Guadalupe Nuevo Centro, Guadalupe y el Coyulito.

El riesgo medio abarca la mayoría del territorio; así como, partes importantes de las localidades de San Vicente Piñas, cabecera municipal, Llano Chapultepec, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, El Naranjo y Santiago Llano Grande.

Las zonas consideradas con bajo riesgo, corresponden al valle y lomeríos que se ubica en la franja central del territorio, dentro de la cual se encuentran el Rosario, Santiago Amatitlán, Aquiles Serdán, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, La Virgen y San Miguel.

Mapa 152. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.9 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años

El riesgo a derrumbes del territorio, en un período de retorno de 20 años, es alto en 16,216.42 Ha; es medio en 28,335.68 Ha; y bajo en 5,504.85 Ha, del municipio.

Es evidente que en la medida que el período de retorno aumenta, también se incrementa el nivel de riesgo alto en el territorio.

Tabla 201. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años

Riesgo por derrumbes (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	16216.42	32.4
Medio	28335.68	56.61
Bajo	5504.85	11

Fuente: CentroGeo, 2024

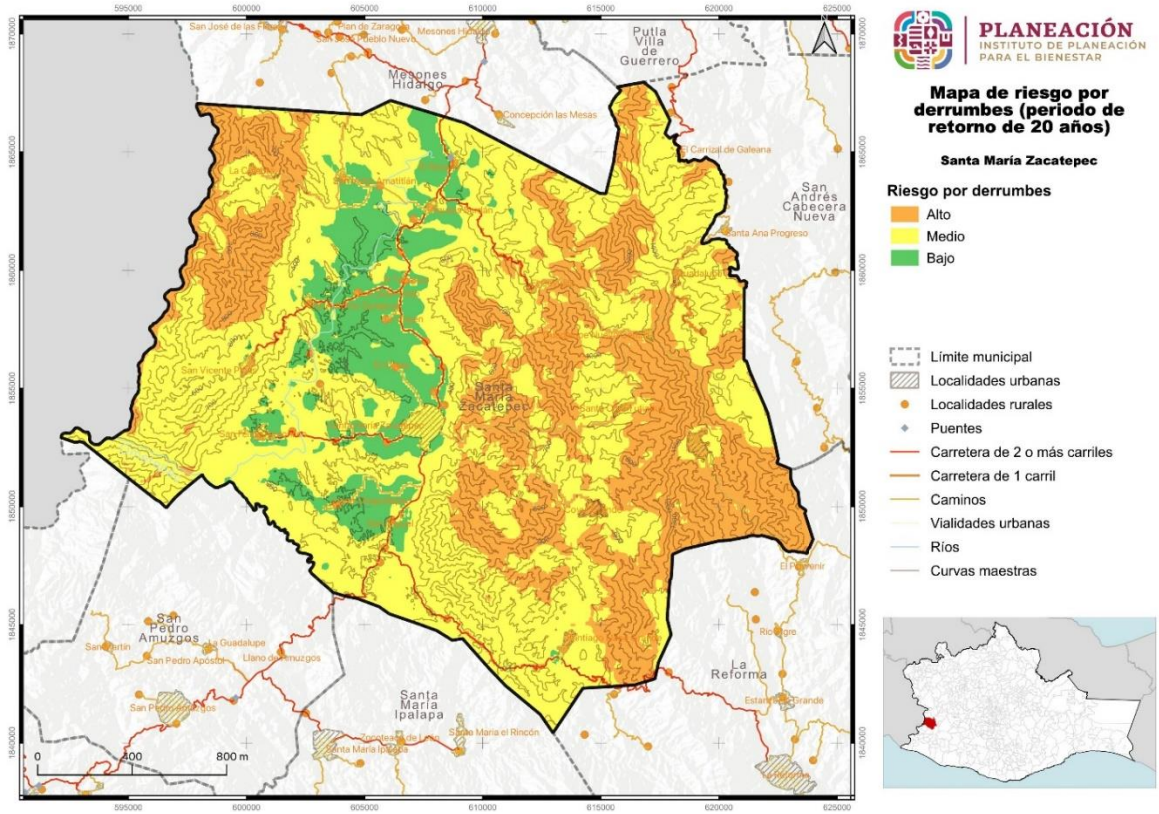
El riesgo alto representa el 32.4 % del total de la superficie municipal; por su parte, el riesgo medio es de 56.61 %; y riesgo bajo de 11.0%.

Las áreas con riesgo alto se siguen extendiendo alrededor de las mismas zonas donde ya estaban presentes para el periodo de retorno anterior tanto en las laterales de las carreteras y caminos intermunicipales de la parte oriente, como también en las elevaciones de la zona oriente.

El riesgo medio sede espacios hacia zonas de riesgo alto sin embargo sigue abarcando la mayor parte del territorio y las localidades de El Cangrejo, San Vicente Piñas, Atotonilco, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, El Naranjo, la cabecera municipal, Cañada Hamaca, Las Mesas, El Limón Santa Ana.

Las zonas consideradas con bajo riesgo, corresponden al valle y lomeríos que se ubica en la franja central del territorio, dentro de la cual se encuentran los núcleos poblacionales de El Rosario, San Isidro Amatitlán, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, La Virgen, Las Palmas, El Cuete, Rancho San Pedro, llano Chapultepec y San Miguel.

Mapa 153. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.10 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años

Considerando la probabilidad de ocurrencia de derrumbes en un período de retorno de 50 años, en magnitud igual o mayor a los presentados anteriormente, entonces se estima que en 19,770.62 Ha, el riesgo es alto; en 25,499.17 Ha, se considera medio y en 4,787.15 Ha, el riesgo es bajo.

Tabla 202. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años

Riesgo por derrumbes (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	0	0
Alto	19770.62	39.5
Medio	25499.17	50.94
Bajo	4787.15	9.56

Fuente: CentroGeo, 2024

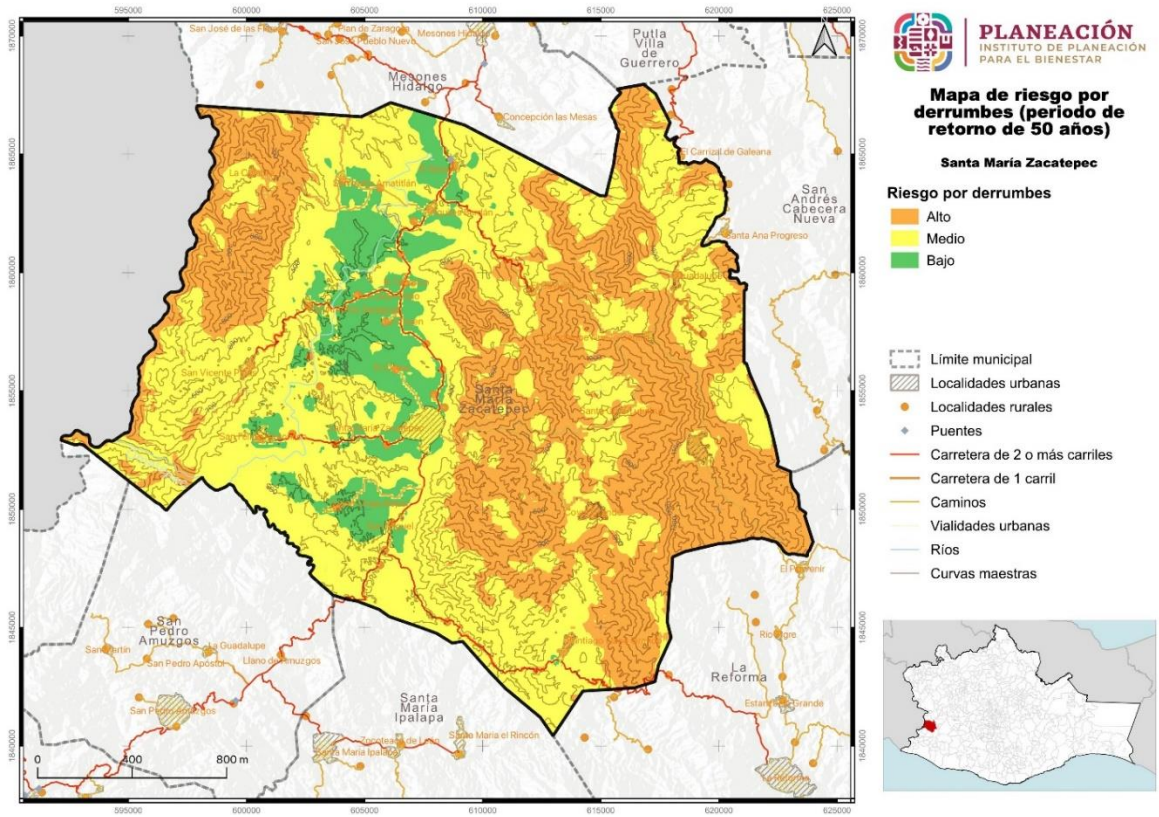
Conforme lo anterior, la mayor parte del territorio municipal, el 50.94% presenta un riesgo medio en caso de derrumbes en un período de retorno de 50 años; así mismo, presenta riesgo alto el 39.5 % del municipio y riesgo bajo el 9.56% de la superficie total.

Las áreas con riesgo alto se siguen extendiendo alrededor de las mismas zonas donde ya estaban presentes para el periodo de retorno anterior tanto en las laterales de las carreteras y caminos intermunicipales de la parte oriente, como también en las elevaciones de la zona oriente.

El riesgo medio sede espacios hacia zonas de riesgo alto sin embargo sigue abarcando la mayor parte del territorio y las localidades de El Cangrejo, San Antonio Zaragoza, San Felipe Atotonilco, Atotonilco, la Cabecera Municipal, San Miguel, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, El Naranjo, Cañada Hamaca, Las Mesas, El Limón Santa Ana.

Las zonas consideradas con bajo riesgo, corresponden al valle y lomeríos que se ubica en la franja central del territorio, dentro de la cual se encuentran los núcleos poblacionales de El Rosario, San Isidro Amatitlán, Aquiles Serdán, Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, La Virgen, Las Palmas, El Cuete, Rancho San Pedro, llano Chapultepec y San Miguel.

Mapa 154. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.11 Riesgo por caída de detritos

El movimiento descendente de tierras y material poco consolidado (detritos), que resbala sobre un plano inclinado como un contacto entre dos rocas diferentes, representa diferentes niveles de riesgo para el territorio municipal.

Todo el territorio de Santa María Zacatepec está expuesto a algún grado de riesgo por caída de detritos; así se tiene que, 1,173.08 Ha, de la superficie municipal presenta un riesgo alto a este fenómeno; 22,029.7 Ha, tienen un riesgo medio; 16,203.38 Ha, están catalogadas con riesgo bajo y 10.650.76 Ha, con riesgo muy bajo.

Tabla 203. Riesgo por caída de detritos en el municipio

Riesgo por caída de detritos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	1173.08	2.34
Medio	22029.7	44.01
Bajo	16203.38	32.37
Muy bajo	10650.76	21.28

Fuente: CentroGeo, 2024

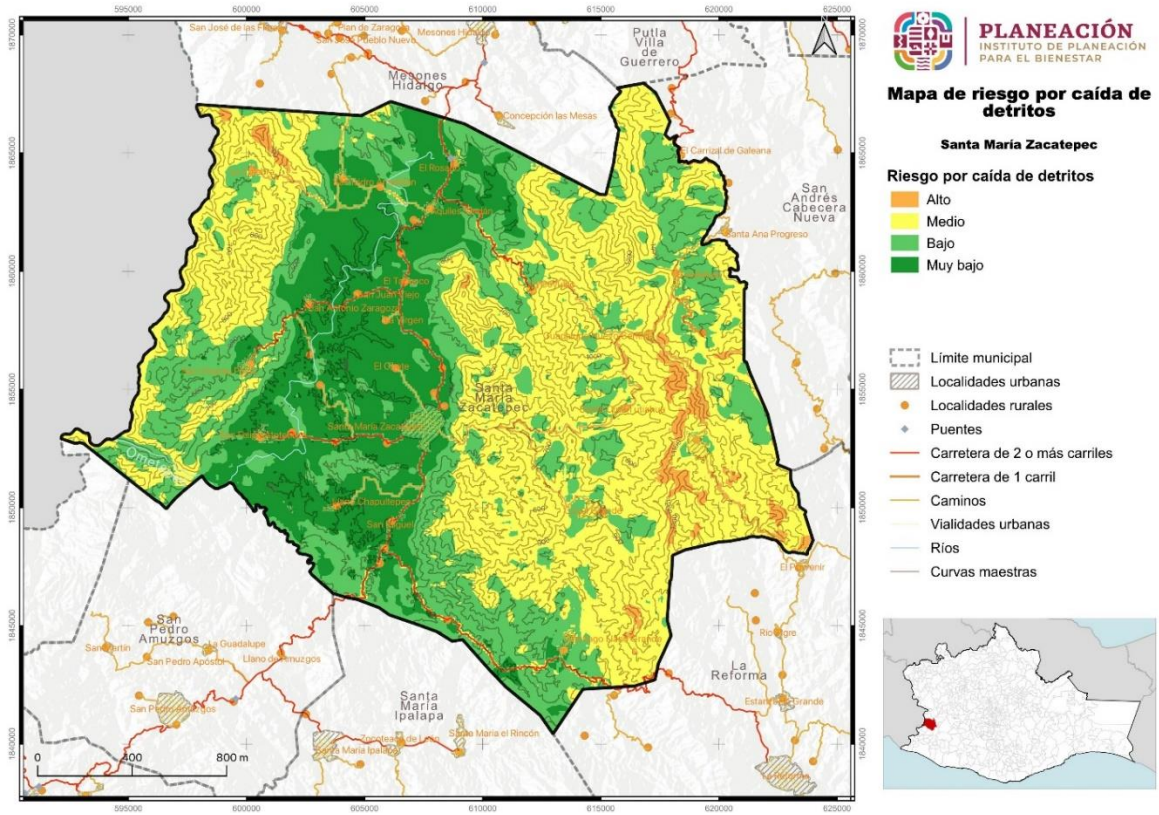
El relieve del municipio lo sitúa de manera natural en riesgo por caída de detritos, el 2.34% de su territorio está expuesto a un alto riesgo; el 44.01% de su territorio está expuesto a rangos entre medio y alto; así se tiene que el 2.34% presenta el riesgo alto; y el 44.01% tiene un riesgo medio; el 32.37% está catalogado con riesgo bajo y 21.28% con riesgo muy bajo.

Las áreas con riesgo alto a caída de detritos se localizan en áreas de sierra, con elevaciones de más 800 msnm como es el caso de la cima del Cerro cola de la culebra al noroeste del municipio y las montañas que rodean el camino de Guadalupe Nuevo centro a San Juan Cabeza del Rio en la parte Sur este del territorio.

Las zonas con riesgo medio abarcan las áreas de serranía con altura superiores a los 400 msnm salvo aquellos manchones de valles y de zonas de alto riesgo ubicadas dentro de estas áreas.

Las zonas con bajo y muy bajo riesgo a caída de Detritos corresponde a lomeríos y valles de la parte central, que corre de norte a sur en el territorio, así como algunos valles inter montanos distribuidos en todo el territorio municipal

Mapa 155. Riesgo por caída de detritos en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.12 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años

Previendo la caída de detritos, en un período de cinco años de retorno, en magnitudes iguales o superiores a las acontecidas con anterioridad en el municipio, se considera que 1,833.03 Ha, estarían expuestas a un alto riesgo; 22,961.79 Ha, a un riesgo medio; 15,642.17 Ha, a riesgo bajo; y 9,619.86 Ha, a riesgo muy bajo.

Tabla 204. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años

Riesgo por caída de detritos (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	1833.03	3.66
Medio	22961.79	45.87
Bajo	15642.17	31.25
Muy bajo	9619.86	19.22

Fuente: CentroGeo, 2024

Relacionando la categoría del riesgo a caída de detritos, en un período de retorno de cinco años, de menor a mayor cobertura en el municipio, en términos relativos, se tiene que el 45.87% del territorio municipal presenta un riesgo medio; 31.25% un riesgo bajo; 19.22% un riesgo muy bajo y 3.66% un riesgo alto.

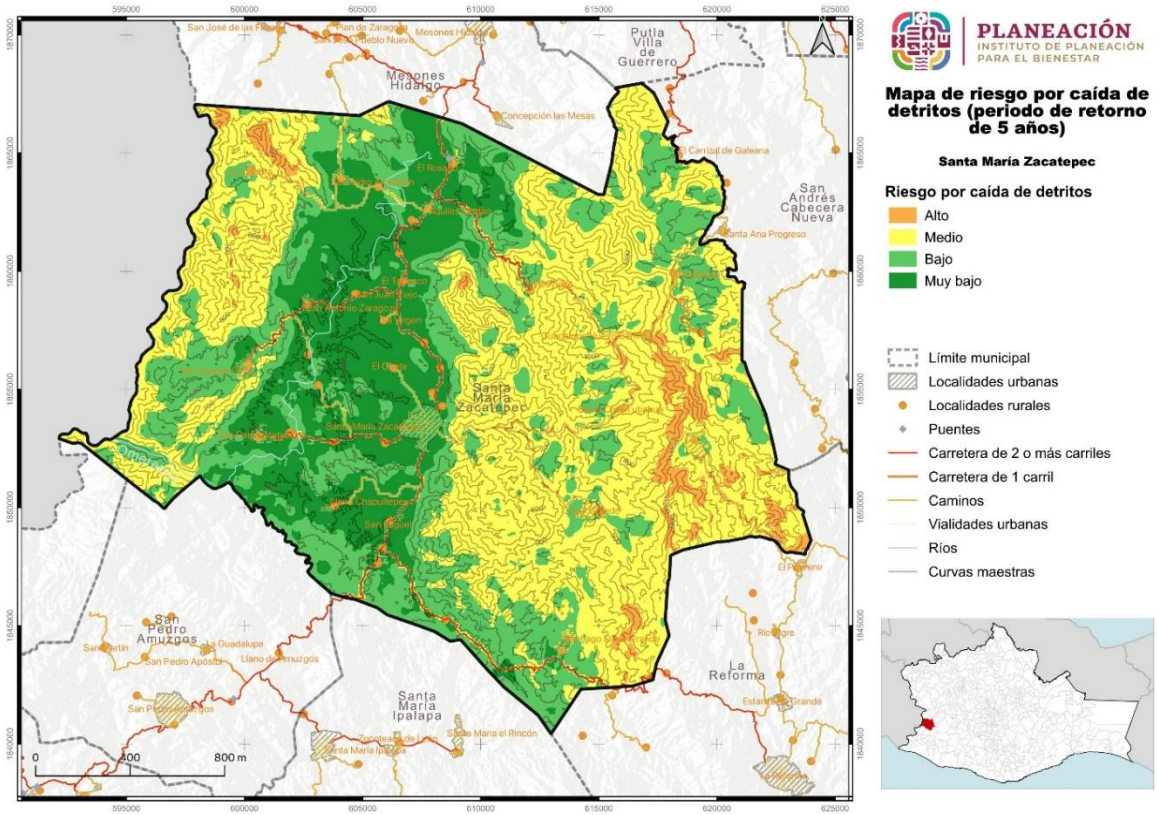
En un periodo de retorno de 5 años por caída de detritos las zonas con riesgo bajo y muy bajo aumentan el nivel a riesgo medio y alto.

Las áreas con riesgo alto se localizan en el extremo noreste y sur sureste del territorio principalmente, abarcando zonas de serranía, en elevaciones de más de 800 msnm, como es el caso de la cima del Cerro cola de la culebra, en donde la superficie con riesgo alto se amplía hacia sus estribaciones para este periodo, así como también en las montañas del sur oeste del municipio que rodean el camino de Guadalupe Nuevo centro a San Juan Cabeza del Rio en la parte Sur este del territorio.

Las zonas con riesgo medio abarcan las áreas de serranía con altura superiores a los 400 msnm salvo aquellos manchones de valles y de zonas de alto riesgo ubicadas dentro de estas áreas.

Las zonas con bajo y muy bajo riesgo a caída de Detritos corresponde a lomeríos y valles de la parte central, que corre de norte a sur en el territorio y se extienden en todo el límite con San Pedro Amuzgos y Santa María Ipalapa, así como algunos valles inter montanos distribuidos en todo el territorio municipal.

Mapa 156. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.11 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años

Respecto al riesgo por caída de detritos en el municipio, se considera que 2,429.42 Ha, presentan un riesgo alto; así mismo 23,032.87 Ha, tienen un riesgo medio; 15,175.64 Ha un riesgo bajo y 9,418.97 Ha un riesgo muy bajo.

Tabla 205. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años

Riesgo por caída de detritos (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	2429.42	4.85
Medio	23032.87	46.01
Bajo	15175.64	30.32
Muy bajo	9418.97	18.82

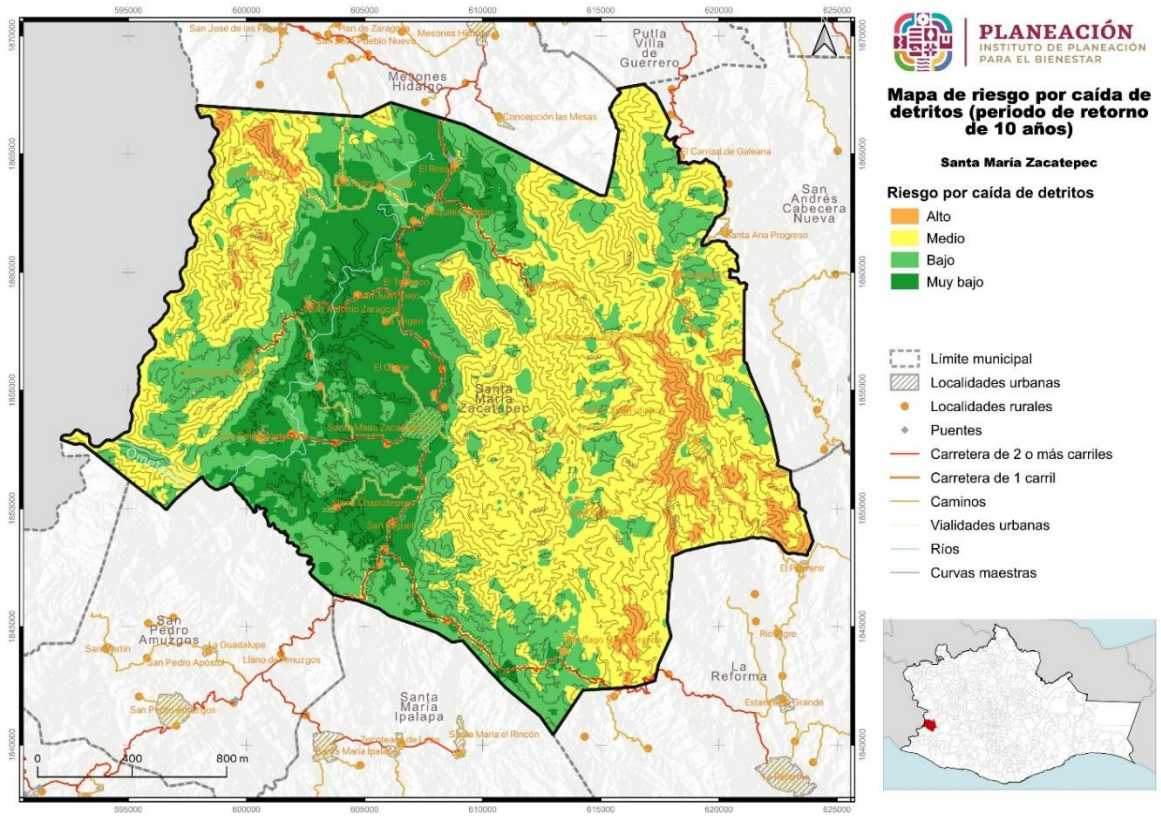
Fuente: CentroGeo, 2024

En porcentajes de la superficie municipal, el 4.85% presenta riesgo alto a caída de detritos en un período de retorno de 10 años; 46.01% un riesgo medio, 30.32% un riesgo bajo y 18.82% un riesgo muy bajo.

Las áreas con alto riesgo a caída de detritos se localizan en los mismos lugares que en el periodo de retorno de cinco años, extendiéndose al noroeste en forma de manchones entre los Cerros Cola de La Culebra, Cabeza de La Culebra y La Ocotera; así como también en el oriente, en las cañadas por donde corre El Rio Grande.

Las zonas de riesgo medio abarcan mayor parte del territorio en la zona poniente en una franja que corre de norte a sur y pasa muy cerca de la localidad de la culebra en la parte en la parte nororiente, centro oriente, oriente y sur oriente en las que quedan inmersas las localidades del Coyulito, Guadalupe, Coyul Grande y San Juan cabeza del Rio.

Mapa 157. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.12 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años

Para el período de retorno de 20 años, la superficie con riesgo alto a caída de detritos se estima en 4,060.41 Ha; 22,702.98 Ha corresponden a riesgo medio; el riesgo bajo se presenta en 14,280.00 Ha y con riesgo muy bajo 9,013.1 Ha.

Tabla 206. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años

Riesgo por caída de detritos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	4060.41	8.11
Medio	22702.98	45.35
Bajo	14280.46	28.53
Muy bajo	9013.1	18.01

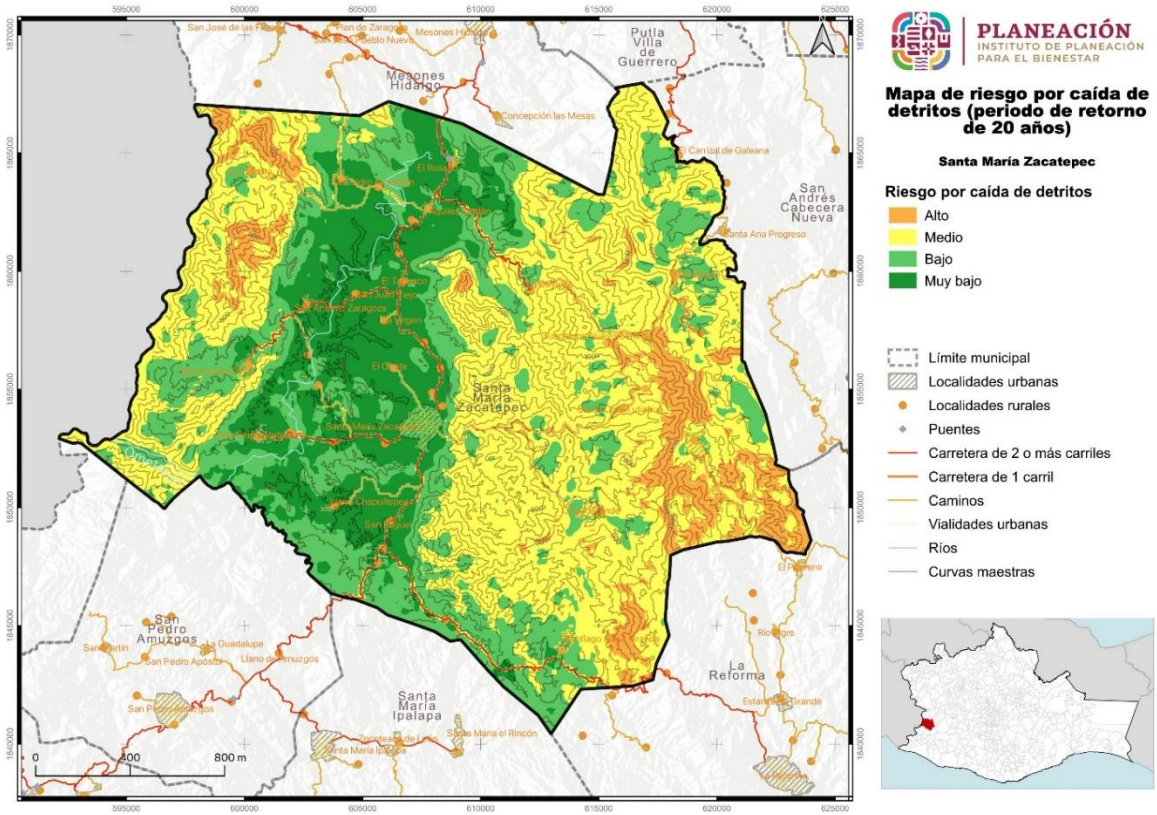
Fuente: CentroGeo, 2024

En términos relativos, los niveles de riesgo a caída de detritos en un período de retorno de 20 años se dividen de la siguiente manera; 8.11% tiene riesgo alto; 45.35% riesgo medio; 28.53% riesgo bajo y 18.01% riesgo muy bajo.

Para el período de retorno de 20 años por caída de detritos, se mantiene la tendencia de incremento de las zonas con mayor riesgo, de tal manera que la zona con mayor riesgo, forma áreas mas compactas entre los cerros Cabeza de la Culebra y la Ocotera, así como en la parte este y sureste del territorio.

Las zonas con bajo y muy bajo nivel de riesgo se reducen en comparación con el periodo de retorno de 10 años, aunque siguen manteniendo las mismas poblaciones que para el periodo de retorno en este nivel.

Mapa 158. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.1.13 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años

En una categoría de alto riesgo a caída de detritos en el período de retorno de 50 años se encuentran 7,247.62 Ha; con riesgo medio se consideran 21,304.51 Ha; con riesgo bajo se ubican 13,137.49 Ha, y con riesgo muy bajo 8,367.01 Ha.

Tabla 207. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años

Riesgo por caída de detritos (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	7247.62	14.48
Medio	21304.58	42.56
Bajo	13137.49	26.25
Muy bajo	8367.01	16.71

Fuente: CentroGeo, 2024

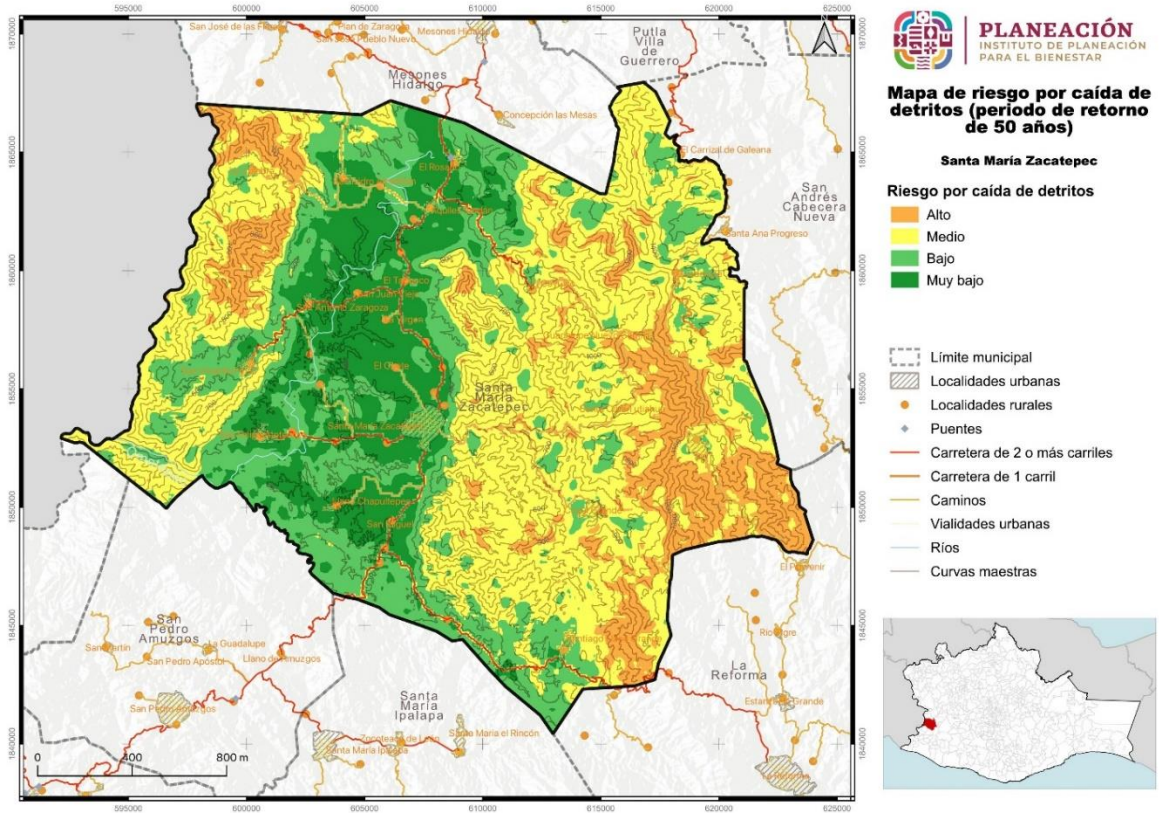
En ese mismo sentido, la superficie con alto riesgo a caída de detritos en el período de retorno de 50 años representa el 14.48% del territorio; con riesgo medio se ubica el 42.56% del municipio; 26.25% se sitúan en nivel de riesgo bajo y 16.71% en riesgo muy bajo.

Las proyecciones de riesgos por caída de detritos en el período de retorno de 50 años, estima el incremento de los niveles de riesgo alto ya que del 2.34% del territorio que abarca originalmente se incrementa hasta el 14.48%. Este incremento se da por la ampliación de su superficie en los cerros cola de la culebra, cabeza de la culebra y la ocotera, en la parte noroeste del territorio, así como en la parte sureste entre las localidades de la Guadalupe, por sobre todo el camino que llega hasta el límite del municipio de la reforma.

La zona con riesgo medio sigue abarcando la mayor parte del territorio, estando dentro de ella las localidades de la Culebra, el Coyulito, El Limón Santana, Guadalupe, San Juan Cabeza del Rio y Coyul Grande.

Las zonas con bajo y muy bajo nivel de riesgo se reducen en comparación con el periodo de retorno de 20 años, aunque siguen manteniendo las mismas poblaciones que para el periodo de retorno en este nivel.

Mapa 159. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.16 Riesgo por flujos en el municipio

Estos fenómenos geológicos están estrechamente ligados a ambientes de morfología montañosa, en los que la suma de pendientes altas y disponibilidad de material detrítico suelto, crea un escenario favorable para su ocurrencia, como en el caso del territorio de Santa María Zacatepec.

El municipio presenta alto riesgo a flujos de detritos en 2,219.77 Ha; así como alto riesgo medio en 32,505.35 Ha; riesgo bajo en 12,154.18 Ha; y riesgo muy bajo en 3,177.64 Ha.

Tabla 208. Riesgo por flujos en el municipio

Riesgo por flujos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	2219.77	4.43
Medio	32505.35	64.94
Bajo	12154.18	24.28
Muy bajo	3177.64	6.35

Fuente: CentroGeo, 2024

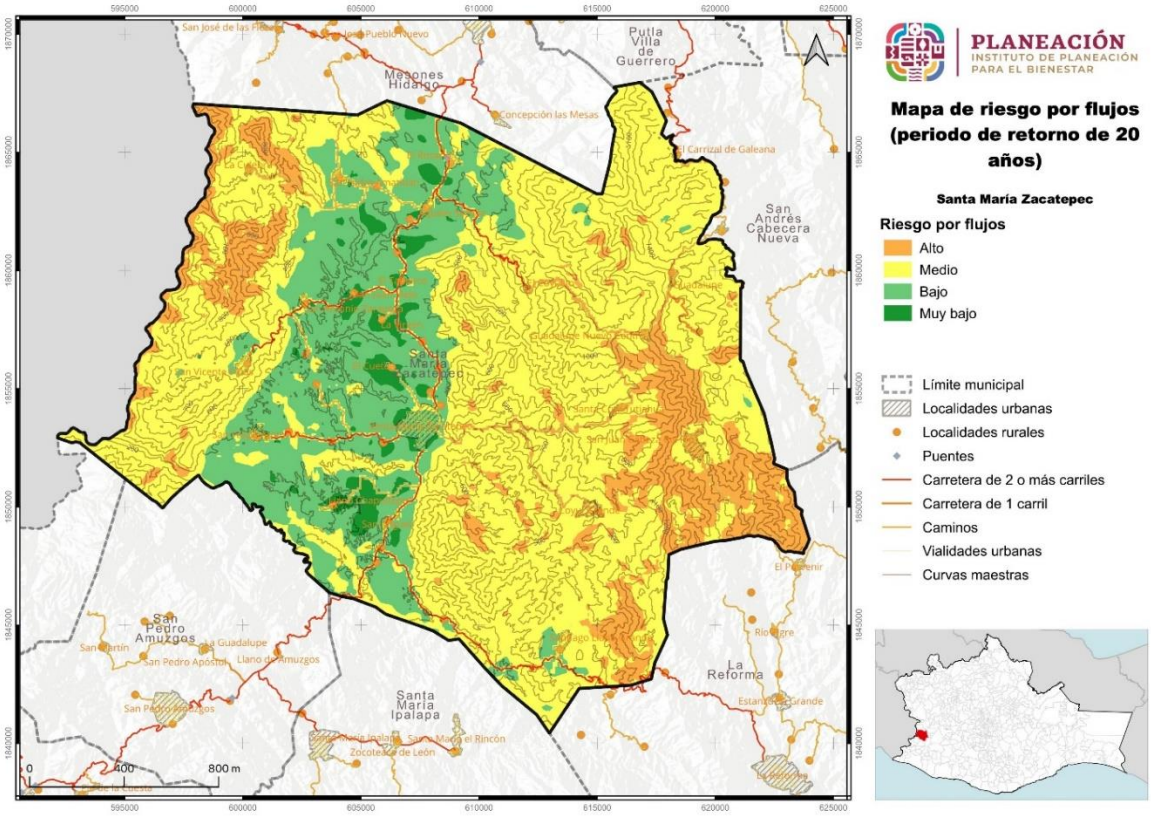
El riesgo alto abarca el 4.43% del total de su territorio; el riesgo medio se presenta en 64.94% del municipio; riesgo bajo existe en 24.28%; y muy bajo en el 6.35% de la superficie municipal.

l flujo de Detritos pone en algún nivel de riesgo todo el territorio municipal, destacando que las zonas con alto riesgo se ubican al noroeste del territorio, en las estribaciones de los cerros Cola de la Culebra y Cabeza de a Culebra y los límites con el estado de Guerrero, así como al sureste del municipio, en la sierra que corre desde Guadalupe Nuevo Centro hacia los límites con el municipio La Reforma.

Las zonas con riesgo medio son predominantes, con presencia en las zonas de serranía del poniente, que se encuentran de norte a sur, a todo lo largo del límite con Guerrero; así como en prácticamente toda la serranía de la zona oriente, donde se ubican las mayores elevaciones del municipio.

Las zonas con riesgo bajo y muy bajo a flujo de detritos, se encuentran en los lomeríos y valles de la franja central del municipio.

Mapa 160. Riesgo por flujos en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.17 Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 5 años

Considerando la probabilidad de ocurrencia de flujos de detritos en un período de retorno de cinco años, en magnitudes similares o superiores a las ya presentadas en el Municipio se consideran en alto riesgo 3,331.06 Ha; con riesgo medio 32,410.31 Ha, con riesgo bajo 12,096.88 Ha; y con muy bajo riesgo 2,218.74 Ha.

Tabla 209. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 5 años

Riesgo por flujos (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	3331.06	6.65
Medio	32410.31	64.75
Bajo	12096.88	24.17
Muy bajo	2218.74	4.43

Fuente: CentroGeo, 20

En términos de porcentaje, el 6.65% del territorio corresponde a superficie con riesgo alto a flujos por detritos, 64.75% del municipio se considera con riesgo medio, 24.17% a riesgo bajo y 4.43% riesgo muy bajo.

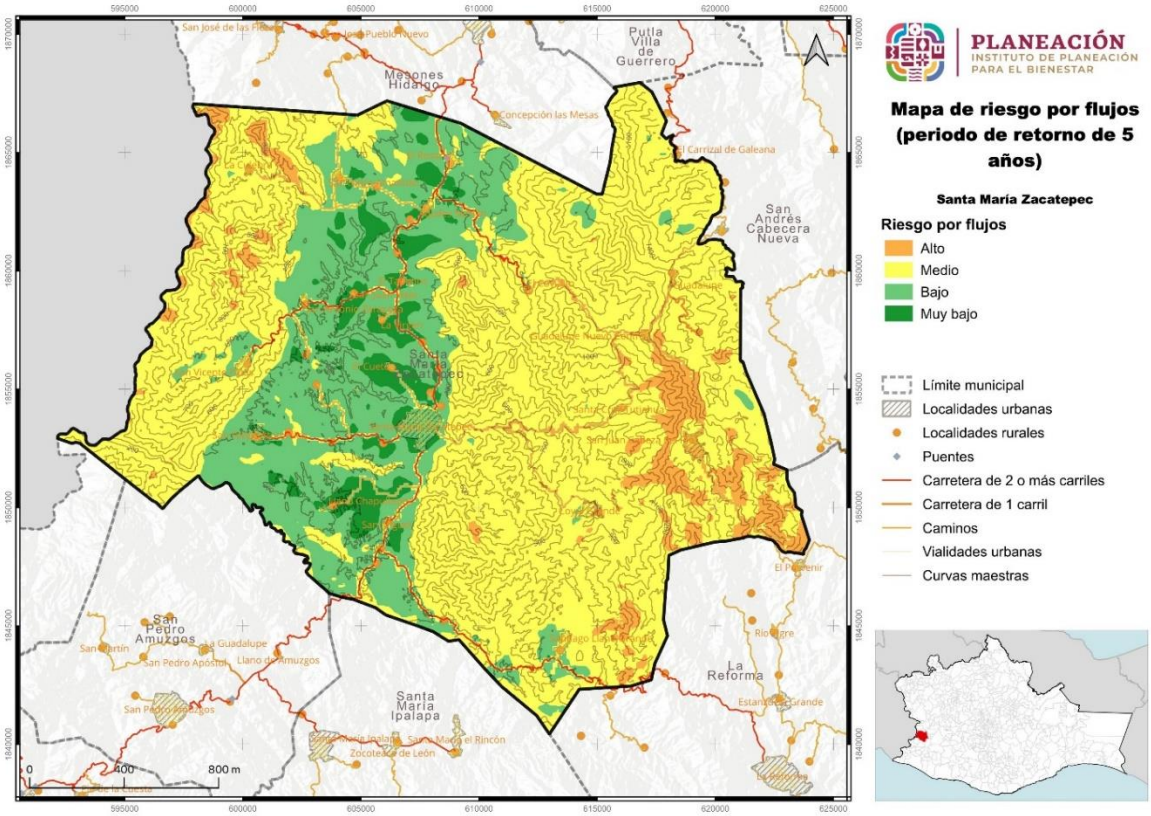
Para el periodo de retorno de 5 años el flujo de Detritos pone en alto riesgo a las localidades de Guadalupe, Guadalupe Nuevo Centro, San Juan Cabeza del Rio, así como áreas cercanas al Cerro cola de la Culebra y Cabeza de la Culebra, además de elevaciones donde nacen el rio blanco.

En el caso del riesgo medio por caída de detritos para este periodo de retorno se encuentran expuestas las localidades de la culebra, san Vicente Piñas, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, Santa Cruz Tutiahua, el Coyulito y el Limón Santa Ana.

En zonas de bajo riesgo se encuentras las localidades del Rosario, el Cangrejo, Tierra Colorada, Atotonilco, La Cabecera Municipal, las Palmas, Llano de Viuda, Estanzuelilla, San Marcos Nejapa y Santa Cruz de Rufino Tamayo

En zonas de muy bajo riesgo de flujo de detritos, se encuentran Aquiles Serdán el Tapanco, San Juan Viejo, La Virgen, El Cuete, Llano de Viuda y Llano Chapultepec y San Miguel.

Mapa 161. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 5 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.18 Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años

Para el período de retorno de 10 años, la mayor parte del municipio presenta un riesgo medio a flujos de detritos, ya que abarca 32,464.21 Ha; le siguen en superficie las zonas con riesgo bajo con 11,671.01 Ha, las zonas con riesgo alto que registran 4,186.07 Ha; y las zonas con riesgo muy bajo, que son 1,735.72 Ha.

Tabla 210. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años

Riesgo por flujos (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	4186.07	8.36
Medio	32464.21	64.85
Bajo	11671.01	23.32
Muy bajo	1735.72	3.47

Fuente: CentroGeo, 2024

Con respecto a los porcentajes que corresponden a cada una de las zonas de riesgo por flujo de detritos, en un período de retorno de 10 años, se tiene que el 64.85% del territorio corresponde a zonas de riesgo medio, 23.32% a zonas de riesgo bajo, 8.36% a zonas de riesgo alto y 3.47% a zonas de riesgo muy bajo.

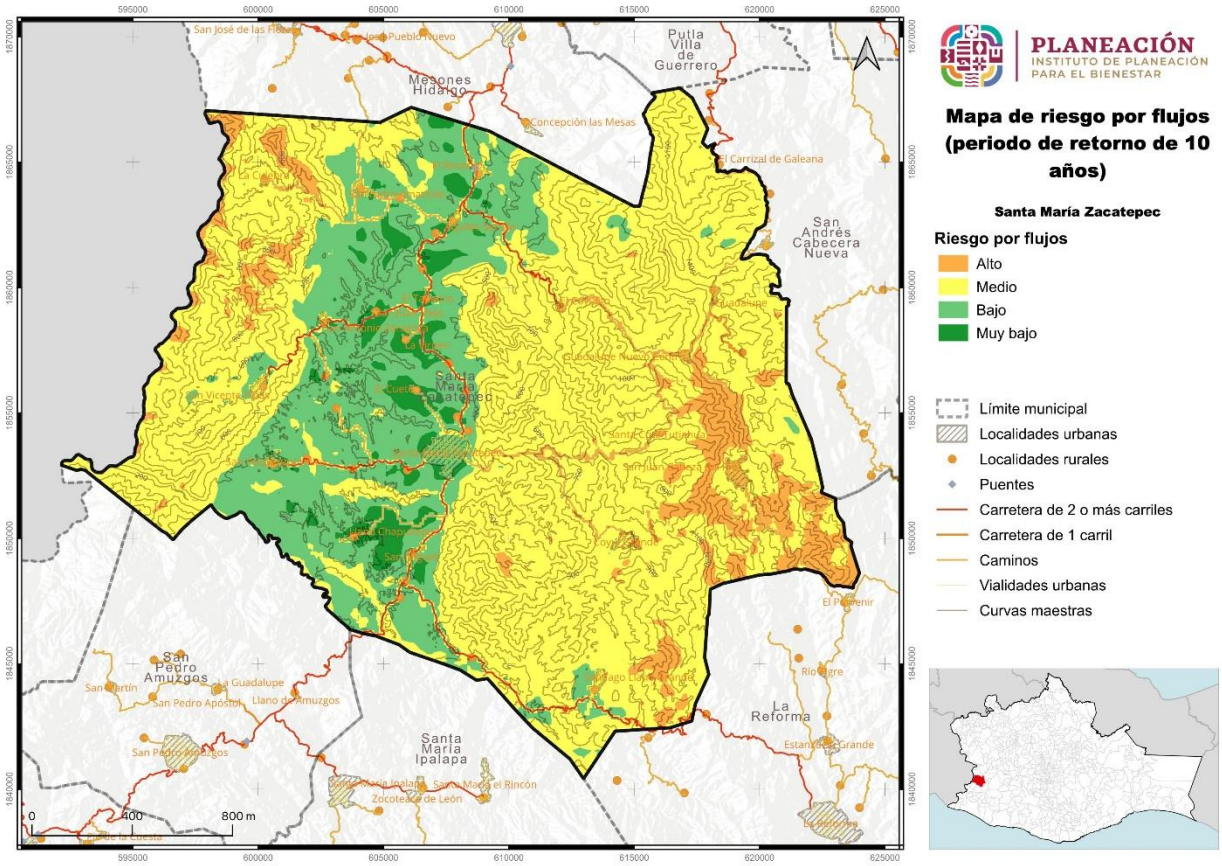
Para el periodo de retorno de 10 años por flujo de Detritos, amplía su nivel de riesgo alto en las estribaciones del cerro cabeza de la culebra, así como en las áreas aledañas a las comunidades de Guadalupe, Guadalupe Nuevo Centro, San Juan Cabeza del Rio y las partes altas de la sierra de la zona del sureste cercanas con el Municipio de la Reforma.

El riesgo medio por caída de detritos para este periodo de retorno sigue exponiendo a las localidades de la culebra, san Vicente Piñas, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, Santa Cruz Tutiahua, el Coyulito y el Limón Santa Ana, así como las laderas de las carreteras y caminos de todo el Municipio.

En zonas de bajo riesgo se encuentras las localidades del Rosario, el Cangrejo, Tierra Colorada, Atotonilco, La cabecera Municipal, las Palmas, Llano de Viuda, Estanzuelilla, San Marcos Nejapa y Santa Cruz de Rufino Tamayo

En zonas de muy bajo riesgo de flujo de detritos, se encuentran Aquiles Serdán el Tapanco, San Juan Viejo, La Virgen, El Cuete, Llano de Viuda y Llano Chapultepec y San Miguel.

Mapa 162. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.19 Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años

Para flujos en un periodo de retorno de lluvias de 20 años, el riesgo por flujos de detritos se incrementa respecto al período de retorno de 10 años, ya que el riesgo alto sube a 7,370.87 Ha; el riesgo medio se presenta en 30,208.63 Ha; el riesgo bajo 11,181.79 Ha; y el riesgo muy bajo en 1,295.69 Ha.

Tabla 211. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años

Riesgo por flujos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	7370.87	14.72
Medio	30208.63	60.35
Bajo	11181.79	22.34
Muy bajo	1295.69	2.59

Fuente: CentroGeo, 2024

La superficie con riesgo alto representa el 14.72% del total del territorio, el riesgo medio significa el 60.35%, el riesgo bajo el 22.34% y el riesgo muy bajo el 2.59% de la superficie municipal.

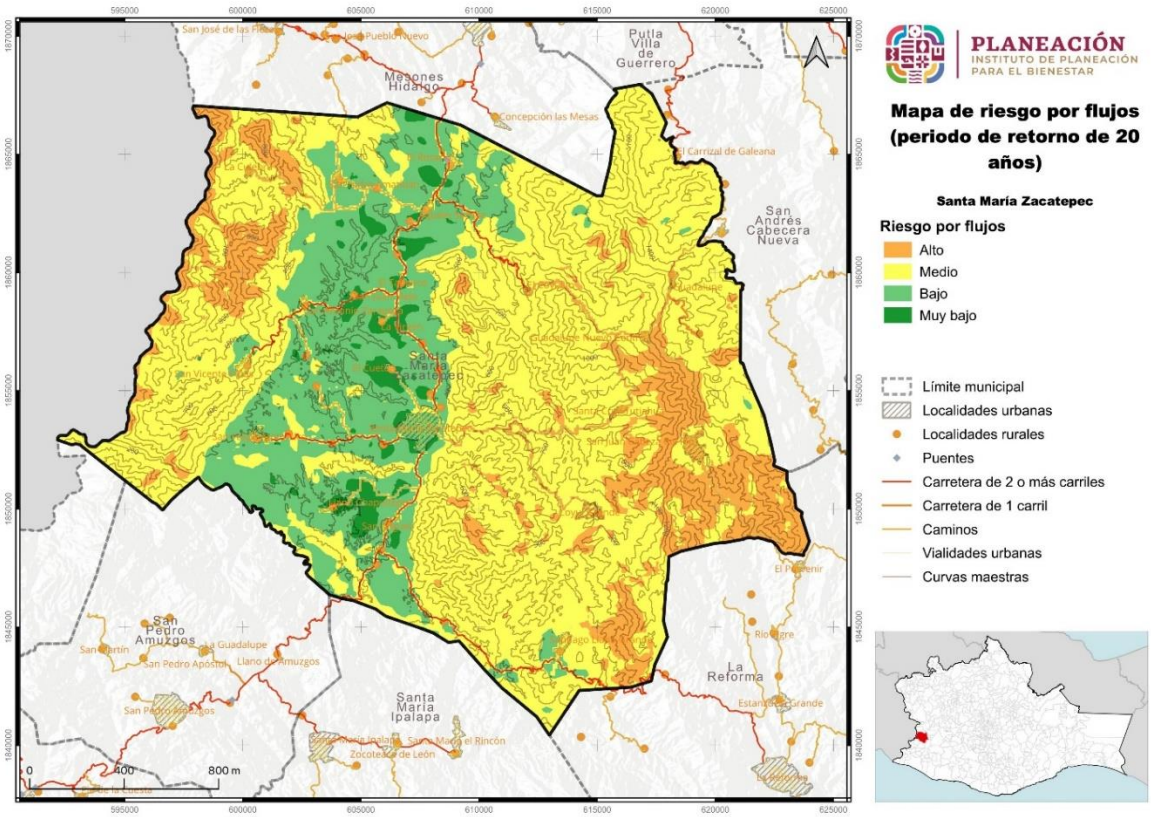
Las zonas con riesgo alto a fujo de detritos corresponden a zonas de serranía, en sus partes más elevadas como son, al poniente el Cerro Cola de la Culebra, el Cerro cabeza de la Culebra y el cerro la Ocotera y al oriente a estribaciones del Cerro Corral de Piedra y las Sierras que van de Norte a Sur y desde Guadalupe Nuevo Centro hasta las colindancias con el Municipio de la Reforma, incluyendo las zonas pobladas de la Culebra, San Juan Cabeza del Rio, Guadalupe Nuevo Centro y Guadalupe, además de todos los caminos de la zona oriente.

El territorio con riesgo medio es el que ocupa el mayor porcentaje en las zonas de sierra estando dentro de este en las localidades de San Vicente Piñas, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, Santa Cruz Tutiahua, el Coyulito y el Limón Santa Ana, así como las laderas de las carreteras y caminos de la zona centro y poniente del municipio.

En zonas de bajo riesgo se encuentras las localidades del Rosario, el Cangrejo, Tierra Colorada, Atotonilco, La cabecera Municipal, las Palmas, Llano de Viuda, Estanzuelilla, San Marcos Nejapa y Sata Cruz de Rufino Tamayo.

En zonas de muy bajo riesgo de flujo de detritos, se encuentran Aquiles Serdán el Tapanco, San Juan Viejo, La Virgen, El Cuete, Llano de Viuda y Llano Chapultepec y San Miguel.

Mapa 163. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.1.1.20 Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años

Si en un período de retorno de 50 años, ocurrieran flujos de arcillas y otros detritos de las superficies escarpadas del municipio, en magnitud similar o superior a las presentadas con anterioridad, entonces 11,517.5 Ha se considerarían en riesgo alto; 27,970.21 Ha en riesgo medio; 9,796.2 Ha en riesgo bajo y 773.1 Ha, en riesgo medio.

Tabla 212. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años

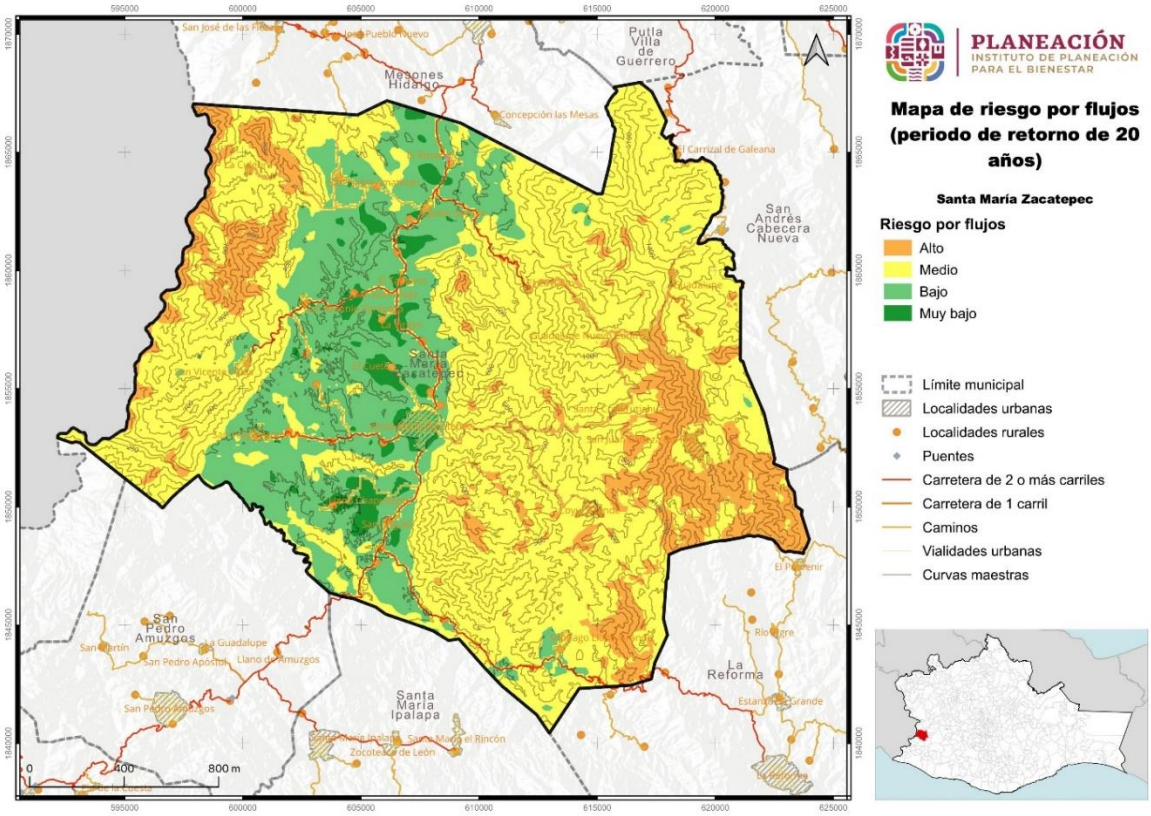
Riesgo por flujos (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	11517.5	23.01
Medio	27970.21	55.88
Bajo	9796.2	19.57
Muy bajo	773.1	1.54

Fuente: CentroGeo, 2024

Derivado de lo anterior, el 23.01% del territorio municipal se encontraría en riesgo alto, 55.88 % en riesgo medio, 19.57% en riesgo bajo y 1.54 % en riesgo muy bajo.

Las zonas con muy bajo y bajo riesgo a flujos se ubican en los lomeríos y valles de la franja central del municipio, que abarca desde los límites con Mesones Hidalgo hasta los límites con San Pedro Amuzgos y Santa María Ipalapa, quedando dentro de estas zonas las localidades de El Rosario, Aquiles Serdán, El Cangrejo, San Isidro Amatitlán, Tierra Colorada, El Tapanco, San Juan Viejo, La Virgen, Las Palmas, El Cuete, la Cabecera Municipal, Llano de Viuda, Llano Chapultepec, Estanzuelilla, San Felipe Atotonilco, Atotonilco, San Miguel, San Marcos Nejapa y Santa Cruz de Rufino Tamayo; las demás localidades queda dentro de las zonas de riesgo medio.

Mapa 164. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.2 Sismos

Los sismos son un fenómeno que afecta con frecuencia al municipio de Santa Lucía Miahuatlán, y ha causado afectaciones en las diferentes localidades del territorio, como grietas y fisuras en algunas edificaciones como el debilitamiento de viviendas con una inadecuada cimentación, tal es el caso de las grietas presentes en la iglesia de Santa Lucía Miahuatlán y casas de adobe con estructura que puede colapsar fácilmente en el Carrizal.

Para el desarrollo de este apartado, se realizaron las proyecciones correspondientes al riesgo por sismos para el municipio, indicando por cada periodo de retorno (PR) y a las categorías obtenidas, el porcentaje y la superficie correspondiente en que puede presentarse considerando la aceleración sísmica.

V.8.2.1 Riesgo por aceleración sísmica

El conocer solamente las magnitudes de los temblores, no da una idea clara del impacto que éstos producirían en una determinada región, ya que pueden presentarse a diferentes profundidades y distancias de los asentamientos humanos. Por su parte, los mapas de intensidades de Mercalli, describen de manera sencilla la distribución espacial de los efectos en el terreno y las construcciones, asociada a la ocurrencia de un evento en particular que, si bien permiten plantear un escenario a futuro, no indican cuál es la probabilidad de que ello ocurra nuevamente.

Por ello, es conveniente construir mapas de amenazas para conocer la distribución de las intensidades en términos de aceleración del terreno asociada a periodos de retorno, los cuales sirvan en el diseño de nuevas construcciones y modificación o refuerzo de obras civiles existentes (CENAPRED., 2021).

La aceleración sísmica es la medida de un terremoto más utilizada en ingeniería, y es el valor utilizado para establecer normativas sísmicas y zonas de riesgo sísmico. Durante un terremoto, el daño en los edificios y las infraestructuras está íntimamente relacionado con la velocidad y la aceleración símica, y no con la magnitud del temblor. En terremotos moderados, la aceleración es un indicador preciso del daño, mientras que en terremotos muy severos la velocidad sísmica adquiere una mayor importancia. (Nuclear Power Plats and Earthquakes, s.f.)

El riesgo por aceleración sísmica ocasiona riesgos importantes en el municipio, de tal manera que 13.32 Ha se encuentran expuestos a un nivel de riesgo muy alto; 2,576.77 Ha a un riesgo alto y 47,463.15 Ha a riesgo medio.

Lo anterior, implica la existencia de riesgo de daños a edificios e infraestructura en general, resultando de gran cuidado, los casos de los tramos dañados de la carretera y caminos, puentes en mal estado, así como viviendas construidas con materiales precarios y/o ubicadas en zonas de ladera.

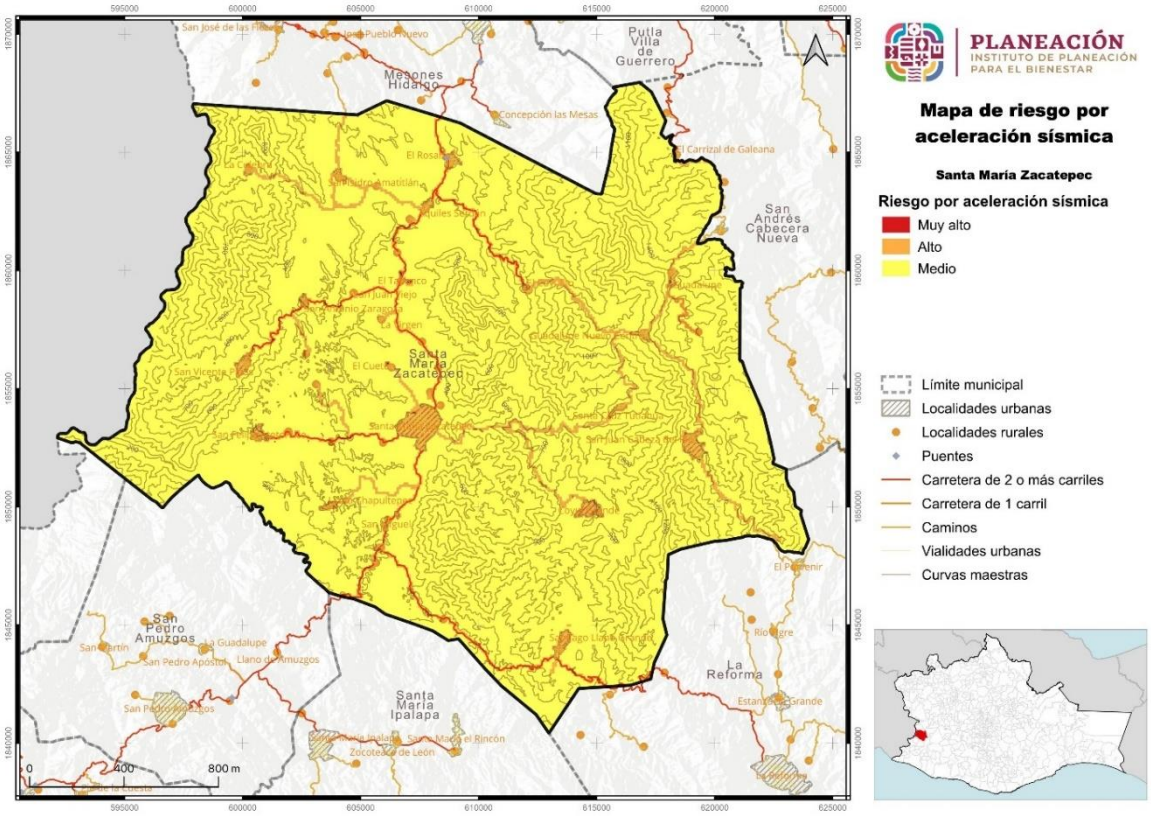
Tabla 213. Riesgo por aceleración sísmica

Riesgo por aceleración sísmica	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	13.32	0.03
Alto	2576.27	5.15
Medio	47463.15	94.82

Fuente: CentroGeo, 2024

Esa aceleración sísmica provoca muy alto riesgo en el 0.03% del territorio municipal; así mismo, alto riesgo en el 5.15% de la superficie municipal y un riesgo medio en el 94.82%.

Mapa 165. Riesgo por aceleración sísmica



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.2.2 Riesgo por sismo para un periodo de retorno de 10 años

El período de retorno por sismos de 10 años, se refiere a la estimación de los niveles de riesgo en el territorio municipal, considerando la probabilidad de ocurrencia del fenómeno 10 veces en un siglo, teniéndose que en 407.08 Ha, el riesgo será de categoría alta y en las restantes 49,645.65 Ha se tendrá un riesgo de nivel medio.

Tabla 214. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años

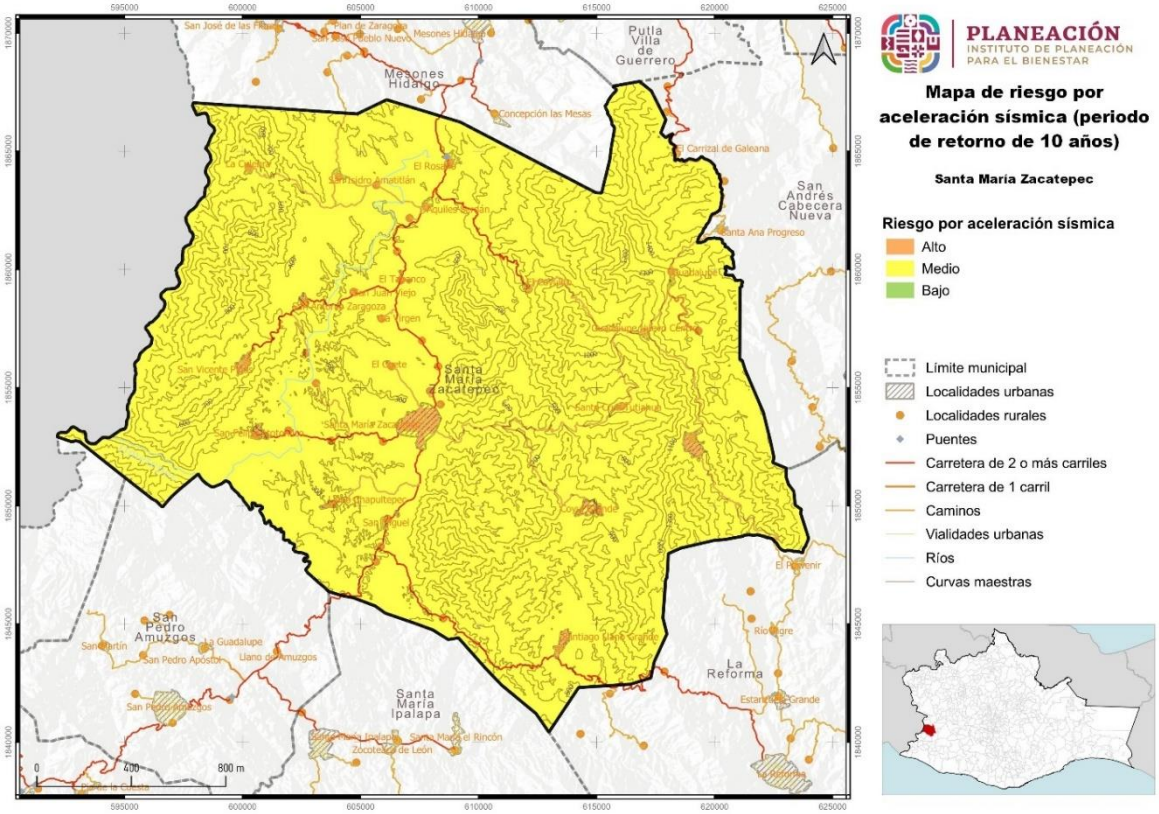
Riesgo por aceleración sísmica (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	407.08	0.81
Medio	49645.65	99.18
Bajo	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024

Las zonas con riesgo alto por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años representan el 0.81% del total del territorio municipal y las zonas con riesgo medio significan el 99.18%.

El riesgo alto se ubica en los núcleos de población, tanto el urbanos como rurales, así como también en carreteras y caminos del municipio y el riesgo medio abarca toda la demás superficie del municipio.

Mapa 166. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.2.3 Riesgo por sismo para un periodo de retorno de 100 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 100 años, considerando la probabilidad de ocurrencia del fenómeno una vez en un siglo, en magnitud similar o superior a las ya presentadas en Santa María Zacatepec, se tiene que 461.52 Ha se consideran en un nivel de riesgo alto y 49,588.49 Ha en un riesgo de nivel medio.

Tabla 215. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años

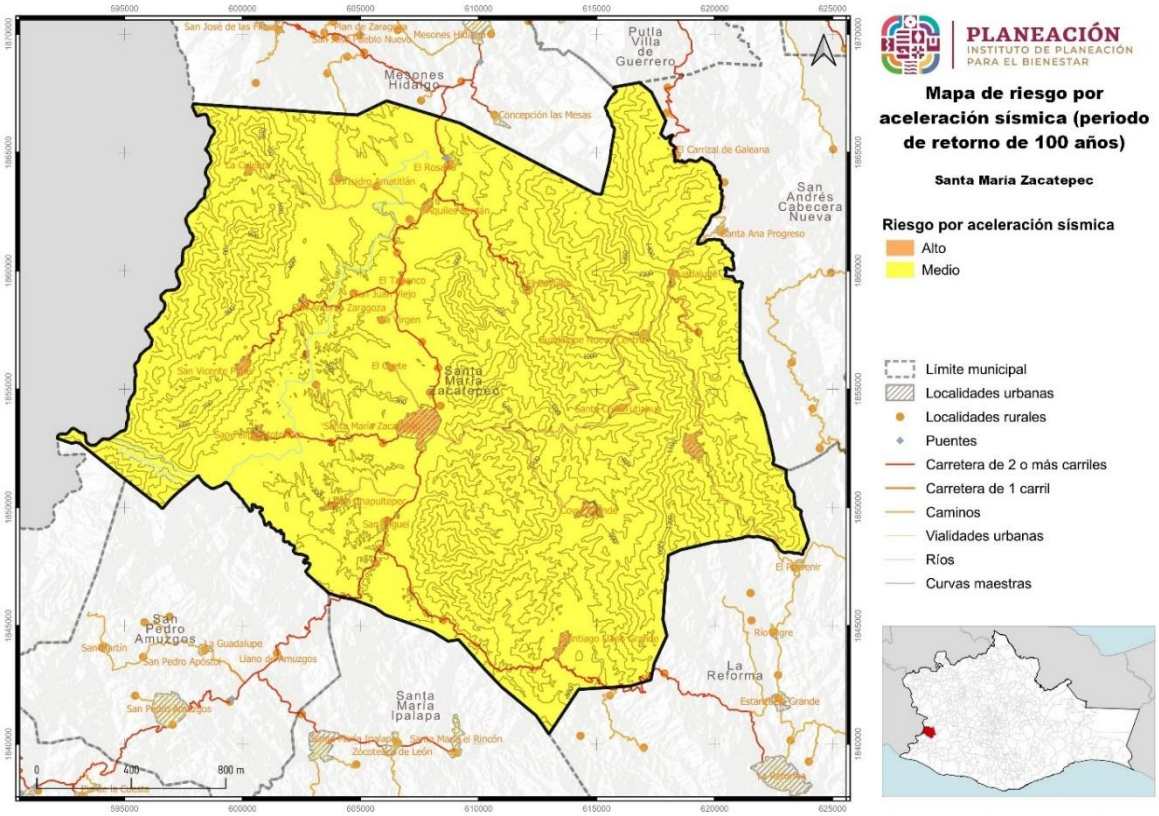
Riesgo por aceleración sísmica (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	461.52	0.92
Medio	49588.49	99.06
Bajo	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024

El mayor porcentaje del territorio presenta un nivel de riesgo medio ante la probable ocurrencia de sismos en un período de 100 años, ya que representa el 99.06%; quedando el restante 0.92% del territorio en riesgo alto.

Son los núcleos de población los que se consideran con riesgo alto, en virtud de los daños que el fenómeno puede causar a las personas y sus bienes, que se concentran en esos sitios; el riesgo medio abarca el demás territorio municipal.

Mapa 167. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.2.4 Riesgo por sismo para un periodo de retorno de 1000 años

Ante la probabilidad de ocurrencia de un sismo en Santa María Zacatepec, con intensidad similar o mayor a los ya presentados, en un período de retorno de 1,000 años, entonces se tendrían expuestas a un riesgo alto 461.52 Ha; y a un riesgo categoría media a 49,591.22 Ha.

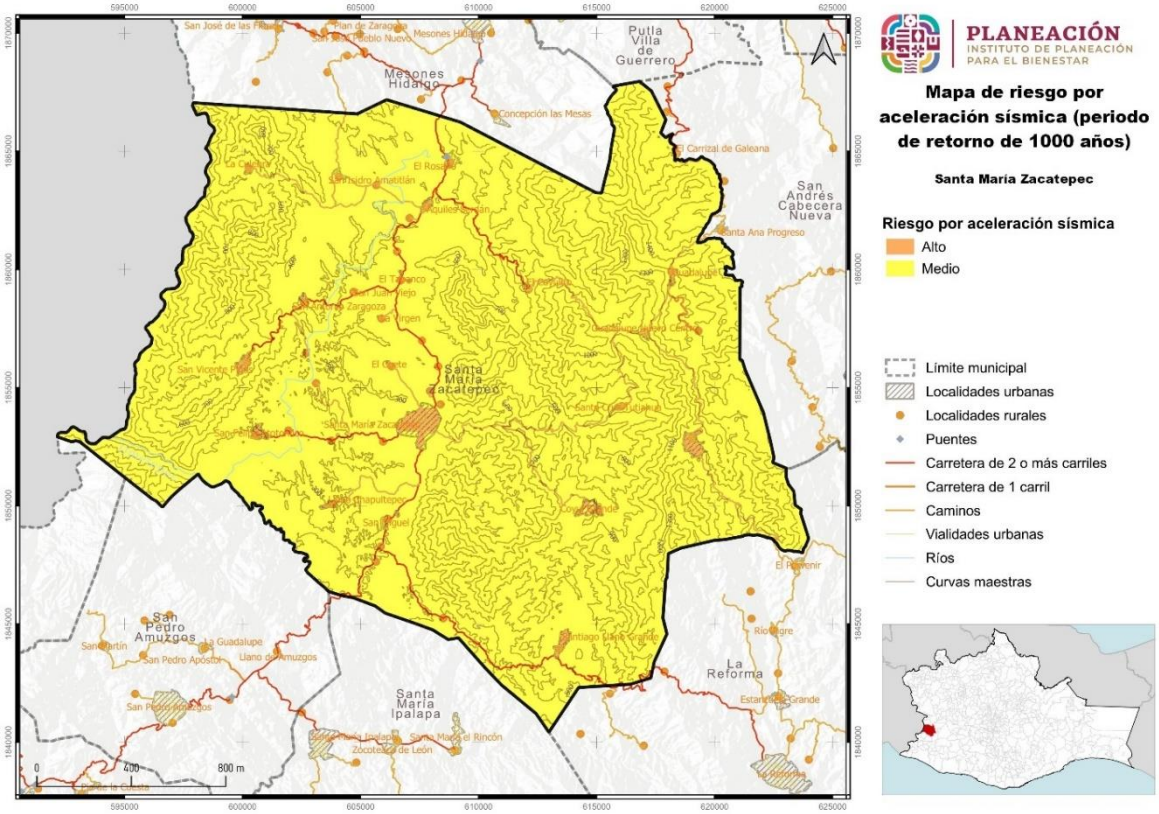
Tabla 216. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 1000 años

Riesgo por aceleración sísmica (PR 1000 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	461.52	0.92
Medio	49591.22	99.07
Bajo	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024

La superficie con riesgo alto a sismos en un período de retorno de mil años forma el 0.92% del total del territorio y la superficie con riesgo medio, significa el 99.07% del municipio. Son los núcleos de población, carreteras y caminos, los que se consideran con riesgo alto, en virtud de la exposición en la que se encuentran los habitantes, sus bienes y la infraestructura en general en esos sitios; el riesgo medio abarca el demás territorio municipal.

Mapa 168. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 1000 años



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.3 Tsunami*

En el Océano Pacífico se libera el 85% de la energía sísmica a lo largo del año y México está expuesto a esos tsunamis, como los que ocurren en las regiones Istmo y Costa del estado de Oaxaca; sin embargo, Santa María Zacatepec se encuentra a una distancia aproximada, en línea recta, de 66 Kms. de la costa, en dirección de Corralero, Santiago Pinotepa Nacional y de manera intermedia existen una serie de complejos montañosos que hacen prácticamente imposible la existencia de afectaciones de tsunamis en el territorio municipal.

Para el caso de los tsunamis, no se presenta ningún nivel de riesgo para el municipio de Santa María Zacatepec. Esto se debe principalmente a...

V.8.4 Riesgo por Vulcanismo*

Para el caso de actividad volcánica, no se presenta ninguna categoría de riesgo en el municipio de Santa María Zacatepec, esto debido la ausencia de volcanes activos o inactivos, al igual que localizarse en una zona de inexistente actividad volcánica.

V.8.5 Hundimientos por fallas y fracturas, subsidencia y agrietamiento del terreno

Las subsidencias, hundimientos y agrietamientos de los terrenos se deben principalmente a causas naturales como la desecación y la consolidación por peso propio, aunque la intervención humana los acelera, amplifica y/o modifica.

Las tasas de hundimiento son variables debido a que están supeditadas al espesor y características de los sedimentos, influyendo la tasa de extracción de agua subterránea y la recarga del acuífero (Tuxpan, 2018).

Son causales de la deformación del terreno; las cargas superficiales, la deformación natural, el hundimiento por extracción de agua y la contracción por desecación natural.

La superficie del territorio de Santa María Zacatepec, se encuentra expuesto en mayor medida a riesgo muy bajo por hundimientos, subsidencia de riesgo medio y riesgo medio por agrietamientos del suelo; sin embargo, existen áreas con muy alto y alto riesgo a subsidencia y alto riesgo a agrietamientos, las que son prioritarias de sujetar a acciones de prevención de dichos riesgos.

V.8.5.1 Riesgo por hundimientos del suelo en el municipio

La superficie del municipio de Santa María Zacatepec presenta tres niveles de riesgo por hundimientos causados por fallas y fracturas de sus suelos. En 15,493.65 Ha, el riesgo se considera medio; en 2,107.07 Ha, el riesgo se considera bajo y en 32,456.4 Ha, el riesgo es muy bajo.

Tabla 217. Riesgo por hundimientos del suelo en el municipio

Riesgo por hundimientos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	15493.65	30.95
Bajo	2107.07	4.21
Muy bajo	32456.4	64.84

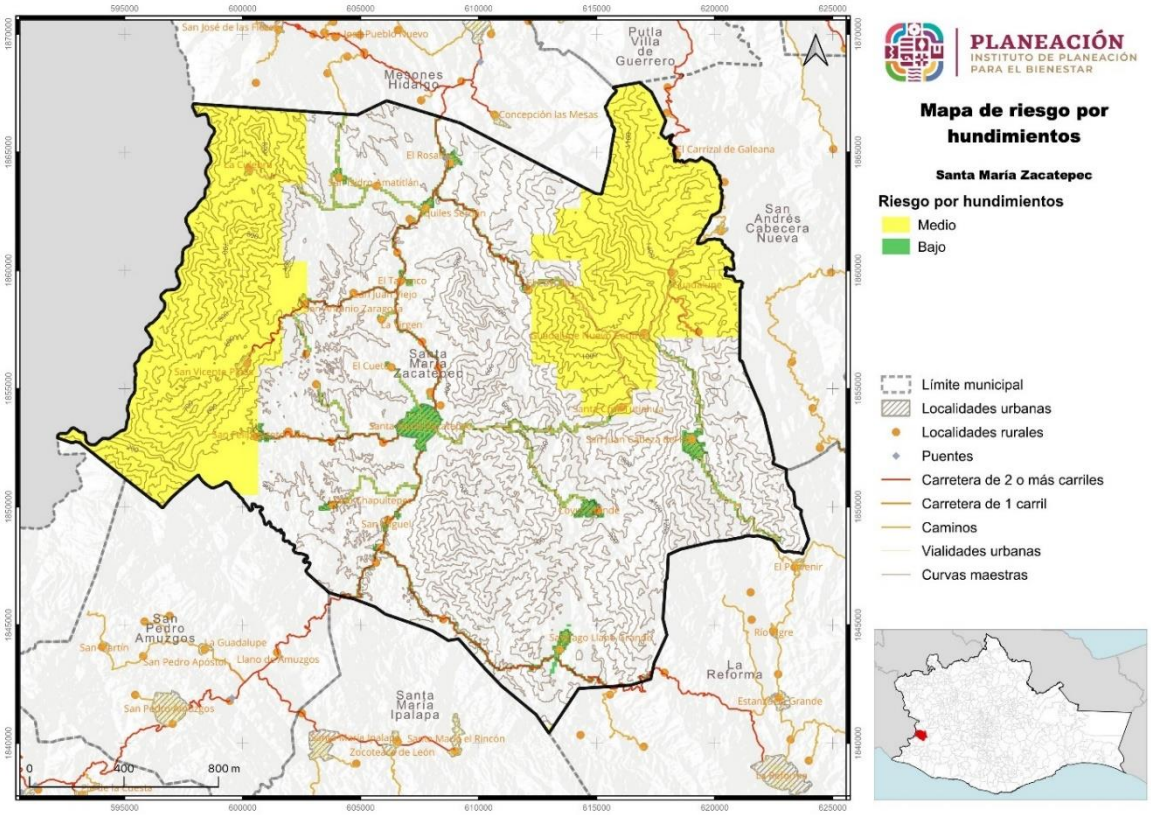
Fuente: CentroGeo, 2024

En el 30.95% del territorio el riesgo a hundimientos se establece en un nivel medio, en 4.21% de la superficie municipal el riesgo es bajo y en el 64.84% se tiene un nivel de riesgo muy bajo.

El riesgo medio abarca las zonas de sierra del municipio, al poniente toda una franja de norte a sur a todo lo largo de los límites con Guerrero quedando dentro de esta zona las localidades de la Culebra, San Antonio Zaragoza, San Vicente Piñas y San Felipe Atotonilco; la otra parte de la sierra que se considera con riesgo medio se ubica al noreste del municipio, limitando con Mesones Hidalgo, Putla Villa de Guerrero y al Sur con San Andrés cabecera nueva; quedan dentro de estas zonas las localidades de Guadalupe, el Limón santa Ana, Guadalupe Nuevo Centro y Santa Cruz Tutiahua.

Las zonas con bajo riesgo a hundimientos corresponden los núcleos de población que no se encuentran dentro de la zona de riesgo medio, así como los caminos que comunican a las comunidades del Municipio.

Mapa 169. Riesgo por hundimientos del suelo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.5.2 Riesgo por subsidencia de suelo en el municipio

El término genérico de subsidencia hace referencia al hundimiento paulatino de la corteza terrestre, continental o submarina. La subsidencia terrestre implica el asentamiento de la superficie en un área extensa debido a factores naturales o antropogénicas (Corapcioglu, 1984), aunque por lo general no ocasiona víctimas mortales, si puede afectar edificios, canales, conducciones, vías de comunicación y todo tipo de construcciones asentadas sobre el terreno que se deforma.

Los hundimientos por subsidencia representan riesgo muy alto en 2.9 Ha, del municipio; riesgo alto en 644.19 Ha; riesgo medio en 46, 814.95 Ha; y riesgo bajo en 2,594.98 Ha.

Tabla 218. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio

Riesgo por subsidencia	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	2.9	0.01
Alto	644.19	1.29
Medio	46814.95	93.52
Bajo	2594.98	5.18

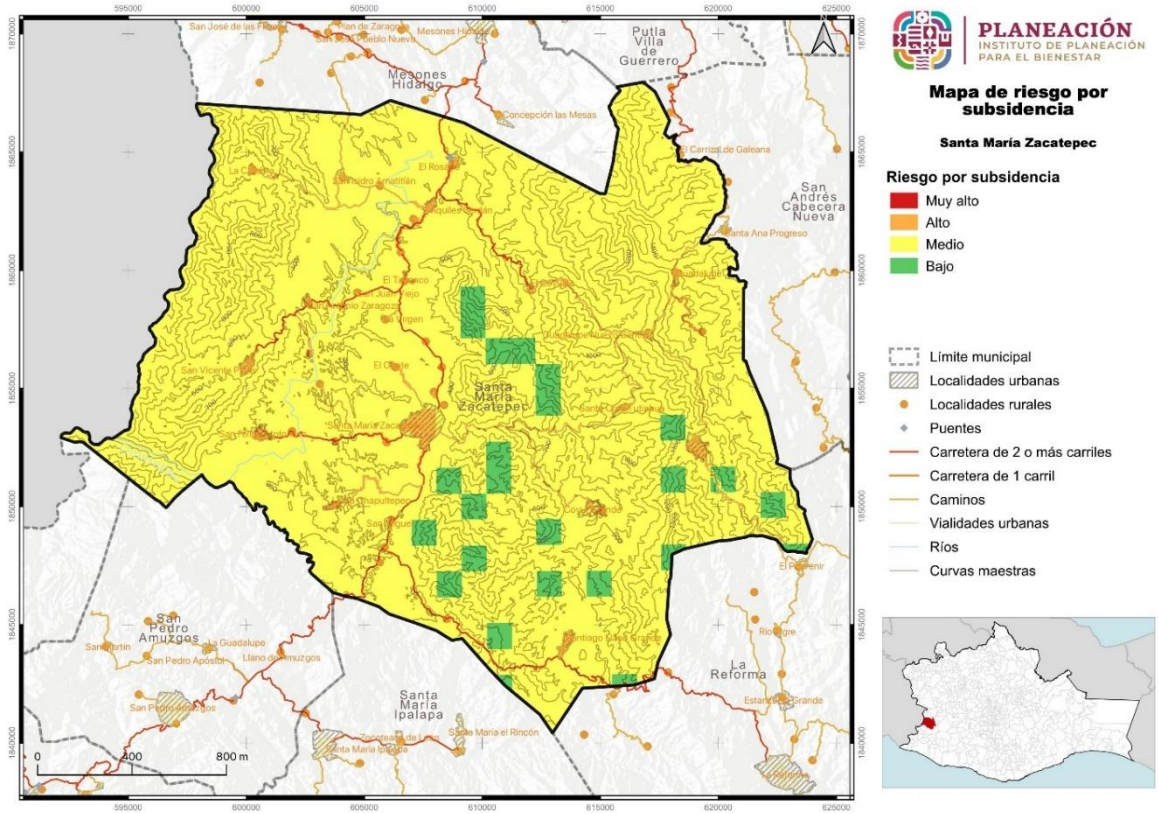
Fuente: CentroGeo, 2024

Respecto al porcentaje de la superficie municipal, que representa cada categoría de riesgo a hundimientos por subsidencia, se tiene que el riesgo muy alto abarca el 0.01%, riesgo alto el 1.29%, riesgo medio el 93.52% y el riesgo bajo el 5.18%.

El riesgo muy alto por subsidencia es probable de presentarse en las vías de comunicación carretera, debido al constante sometimiento a fuerzas superficiales por el paso vehicular, así como por la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua.

El riesgo medio se ubica en los núcleos poblacionales en virtud de la permanente intervención a la que están sujetos los suelos, con motivo de la realización de obras constructivas y servicios por parte de sus habitantes. El riesgo medio es el que predomina en el territorio municipal, abarcando prácticamente toda su superficie, a excepción de pequeñas áreas de riesgo bajo que se ubican de manera dispersa en cimas y estribaciones montañosas del centro sur y sureste del municipio.

Mapa 170. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.8.5.3 Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio

Los agrietamientos geológicos se visualizan como fisuras en el suelo que se profundizan hacia el subsuelo. El conjunto de grietas puede adquirir una forma lineal que puede extenderse por cientos de metros a pocos kilómetros. Suelen manifestarse junto con hundimientos del suelo, socavones, colapsos del subsuelo por licuefacción, corrimientos de tierra y oquedades.

481.48 Ha del territorio de Santa María Zacatepec se clasifican con riesgo alto por agrietamientos; siendo la superficie con riesgo medio la de mayor cobertura municipal, ya que abarca 19,374.54 Ha; el riesgo bajo se encuentra en 4,740.99 Ha y el riesgo muy bajo en 4,977.04 Ha.

Tabla 219. Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio

Riesgo por agrietamientos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	481.48	0.96
Medio	19374.54	38.7
Bajo	4740.99	9.47
Muy bajo	4977.04	9.94

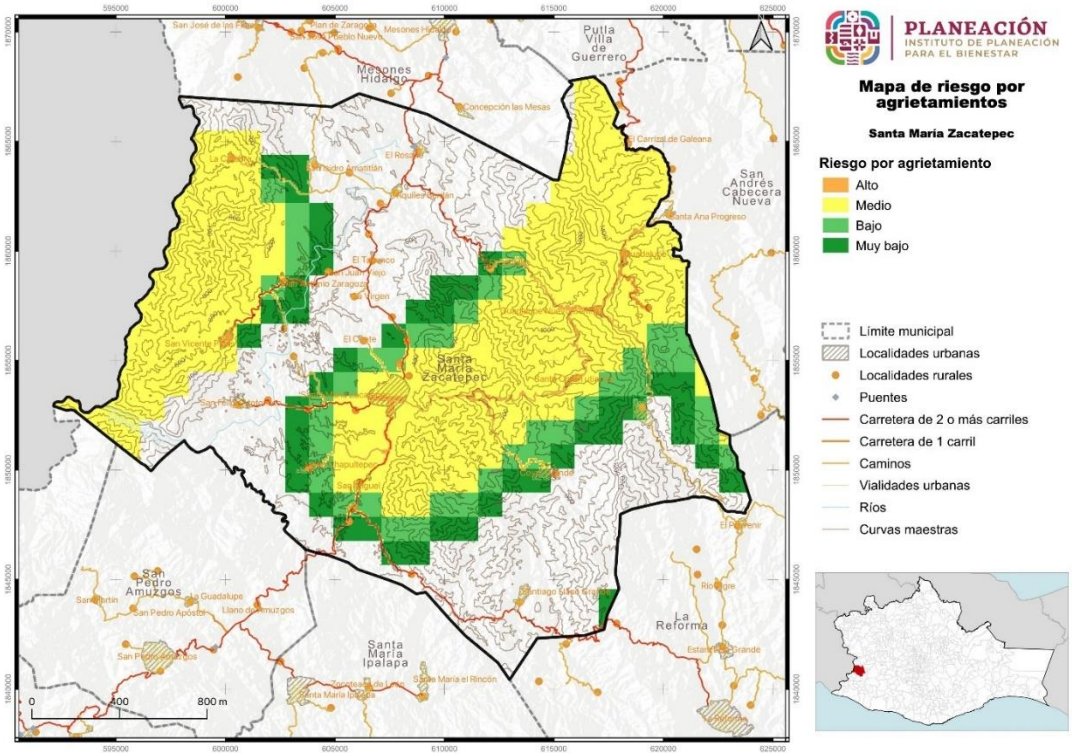
Fuente: CentroGeo, 2024

El 38.7% de la extensión territorial del municipio es ocupada por áreas con riesgo medio a agrietamientos, el 9.94% a riesgo muy bajo, el 9.47% a riesgo bajo y el 0.96% a riesgo alto.

Son los núcleos poblacionales más habitados los expuestos a riesgo muy alto, aunque no en toda su superficie. Las áreas con riesgo medio corresponden a montañas y lomeríos de la parte este y oeste del municipio, en las que quedan inmersas las localidades de La Culebra, San Vicente Piñas, la Cabecera Municipal, San Miguel, Santa Cruz Tutiahua, Guadalupe Nuevo Centro, Guadalupe y El Limón Santa Ana.

Las zonas de riesgo bajo y muy bajo a agrietamientos, se encuentran rodeando las zonas con riesgo medio, abarcando los siguientes núcleos de población: San Juan Viejo, San Antonio Zaragoza, Llano Chapultepec, San Marcos Nejapa, Santa Cruz de Rufino Tamayo, Coyul Grande, San Juan Cabeza del Río y el Coyulito. Las demás localidades no se encuentran expuestas a ningún nivel de riesgo por agrietamientos.

Mapa 171. Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9 Riesgos por fenómenos hidrometereológicos

El funcionamiento de la atmósfera y la interacción de sus propiedades con las características fisiográficas de la superficie terrestre, origina un conjunto de procesos físicos que conocemos como fenómenos meteorológicos. ((MOUDS), s.f.).

Son fenómenos hidrometereológicos los ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres, tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad, heladas, sequías, ondas cálidas y gélidas y tornados, principalmente.

Los riesgos por fenómenos hidrometeorológicos están determinados, en su origen por la intensidad con la que se presentan en el municipio y en su desarrollo, por lo preparada que está la población para enfrentarlos.

Los fenómenos hidrometereológicos en Santa María Zacatepec, están definidos por su ubicación geográfica, que lo dotan de dos tipos de clima; el cálido subhúmedo Aw2, con temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C, así como precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con

índice P/T mayor de 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual y el Semicálido subhúmedo del grupo C (A)C(w2), con temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frio menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C y precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Para el desarrollo de este apartado, se realizaron las proyecciones correspondientes al riesgo por fenómenos hidrometeorológicos en el municipio, indicando a continuación por cada periodo de retorno (PR) y a las categorías obtenidas, el porcentaje y la superficie correspondiente en que puede presentarse, a lo que se sumaron las aportaciones realizadas por la población, en los talleres realizados en el seno de un concejo ciudadano, así como en entrevistas y encuentras aplicadas y recorridos efectuados en el territorio, por parte del personal al que se signaron estas tareas.

Respecto al nivel de susceptibilidad del territorio municipal de Santa María Zacatepec, a riegos por fenómenos hidrometereológicos, resulta lo siguiente:

- La mayor parte del territorio está sujeto riesgo medio por inundaciones pluviales.
- Predomina la superficie con riesgo medio a precipitaciones máximas, sin grandes cambios en los períodos de retorno.
- El riesgo del territorio a ciclones tropicales es bajo.
- Las superficies expuestas a riesgos alto y muy alto por tormentas eléctricas, se incrementan significativamente, en la medida que el período de retorno aumenta.
- Predomina el nivel de riesgo muy bajo, en el caso de las temperaturas mínimas, sin cambios a partir del período de retorno a 10 años.
- En las proyecciones de riesgos por tormentas de granizo, predomina la superficie con riesgo muy bajo, aunque para los períodos de retorno a 50 y 100 años, es superada por la superficie con riesgo bajo.
- El municipio está sujeto a muy bajo riesgo por nevadas y a riesgo medio por heladas.
- Respecto a las temperaturas máximas, prevalece el riesgo bajo sobre el riesgo medio, hasta el período de retorno de 10 años, para después revertirse esta situación y prevalecer el riesgo medio sobre el riesgo bajo, en los periodos de retorno a 25, 50 y 100 años.
- El riesgo por sequía en el municipio es de nivel medio, aunque existen áreas con riesgo alto.
- Los tornados y vientos fuertes ubican al municipio en un nivel muy bajo de riesgo, aunque existen áreas con riesgo bajo.

V.9.1 Inundaciones pluviales

Las inundaciones pluviales se generan cuando el agua de una lluvia local intensa, al precipitarse sobre una superficie plana o cóncava, es incapaz de desplazarse por sí misma, por tanto, permanece estancada por horas o días hasta que por infiltración y/o evaporación desaparece el cuerpo de agua, (Mexico, 2018).

V.9.1.1 Riesgo por inundaciones pluviales

De las 50,057.11 Ha totales del territorio, la mayor parte se ubica con riesgo medio por inundaciones pluviales esto es, 49,029.2 Ha; así mismo, 947.9 Ha se clasifican con riesgo muy bajo; 44.8 Ha con riesgo bajo y 13.32 Ha con riesgo alto.

Tabla 220. Riesgo por inundaciones pluviales en el municipio

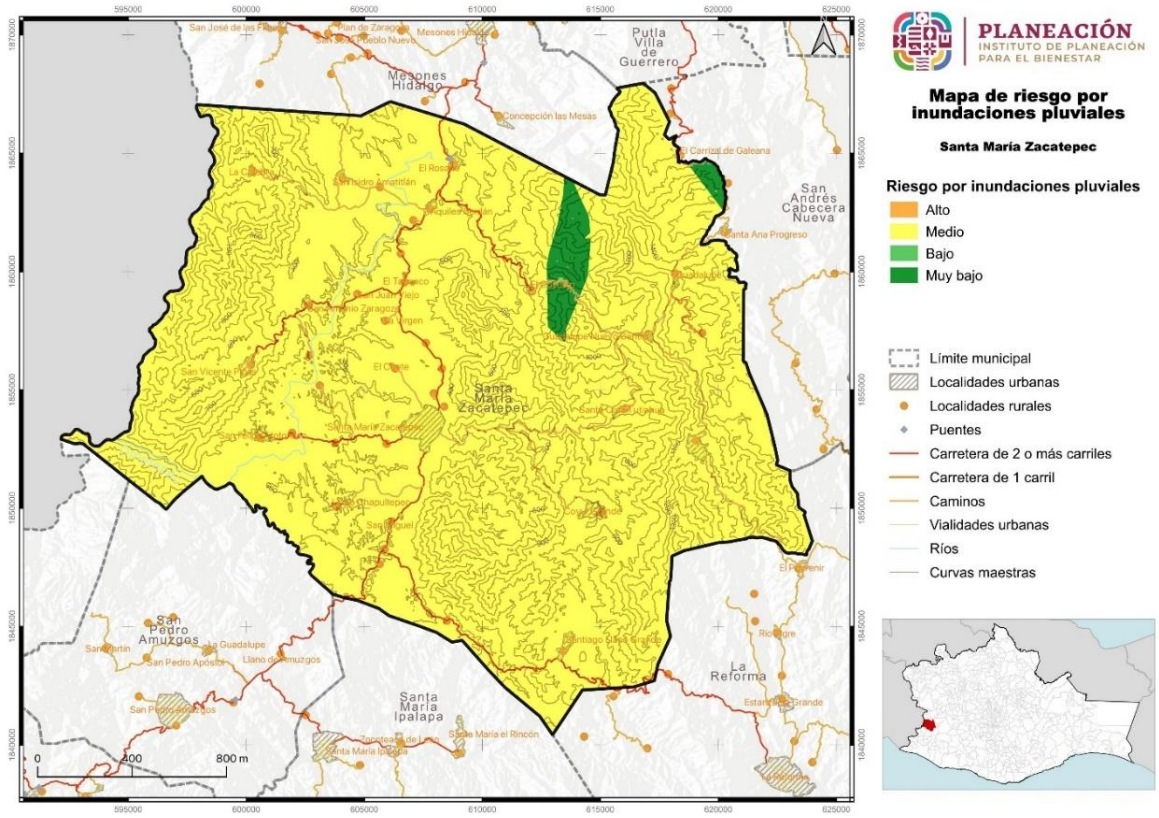
Riesgo por explosión inundaciones pluviales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	13.32	0.03
Medio	49029.2	97.95
Bajo	44.8	0.09
Muy bajo	947.98	1.89

Fuente: CentroGeo, 2024

El 97.95% del territorio municipal se ubica con riesgo medio a inundaciones pluviales, el 1.89% con riesgo muy bajo, 0.09% con riesgo bajo y 0.03% con riesgo alto.

Las zonas con alto nivel de riesgo a inundaciones son imperceptibles en el siguiente mapa, sin embargo, corresponden a las áreas más bajas de territorio; las zonas con riesgo medio, comprende prácticamente todo el territorio municipal, a excepción de las zonas con muy bajo riesgo, que se ubican en montañas del oriente del municipio, con alturas superiores a los 800 msnm y fuertes pendientes.

Mapa 172. Riesgo por inundaciones pluviales del suelo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.1.2 Riesgo por precipitación máxima

La precipitación máxima calculada para el municipio, se considera que podría llegar a más de 585 mm, situando en rango de muy alto riesgo a 13.32 Ha, de la superficie Municipal; así mismo, 2,576.27 Ha; estarían en un rango de alto riesgo y a 47,467.52 Ha, en rango de riesgo medio.

Tabla 221. Riesgo por precipitación máxima en el municipio

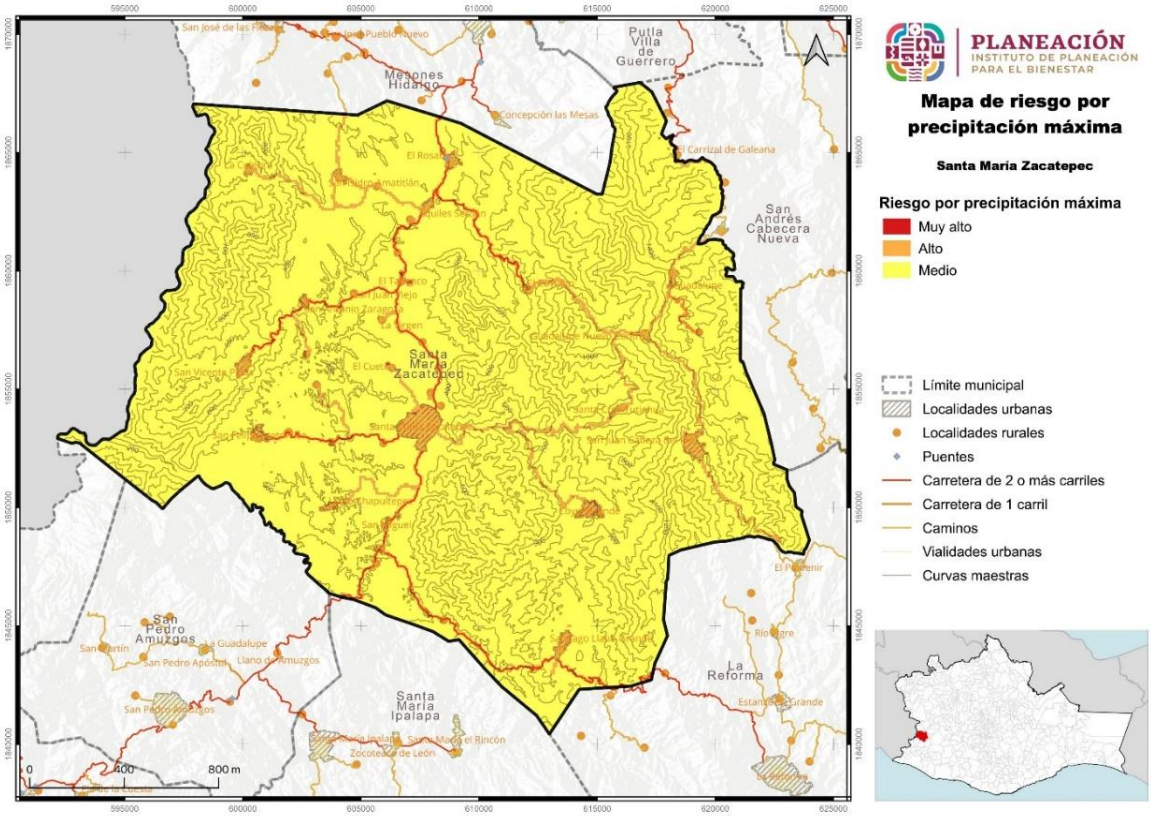
Riesgo por precipitación máxima	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	13.32	0.03
Alto	2576.27	5.15
Medio	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024 /2

El riesgo muy alto abarca el 0.03% del total de la superficie municipal, el riesgo alto comprende el 5.15% del Municipio en riesgo medio el 94.83%.

Solo algunas pequeñas áreas situadas em las localidades del Tapanco, El Cuete y la cabecera municipal se consideran zonas de alto muy alto riesgo a precipitaciones máximas; las zonas con alto riesgo a este fenómeno estas constituidas por los núcleos de población y las zonas con riesgo medio abarcan prácticamente todo el territorio del municipio.

Mapa 173. Riesgo por precipitación máxima en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.1.3 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 24 horas

Las lluvias para un período de retorno de 24 horas en el municipio, considerando la probabilidad que ocurran en intensidad igual o mayor a las presentadas en el Municipio, generarían un riesgo muy alto en 9.83 Ha; un riesgo alto en 2,130.77 Ha y un riesgo medio en 47,916.51 Ha.

Tabla 222. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 24 horas en el municipio

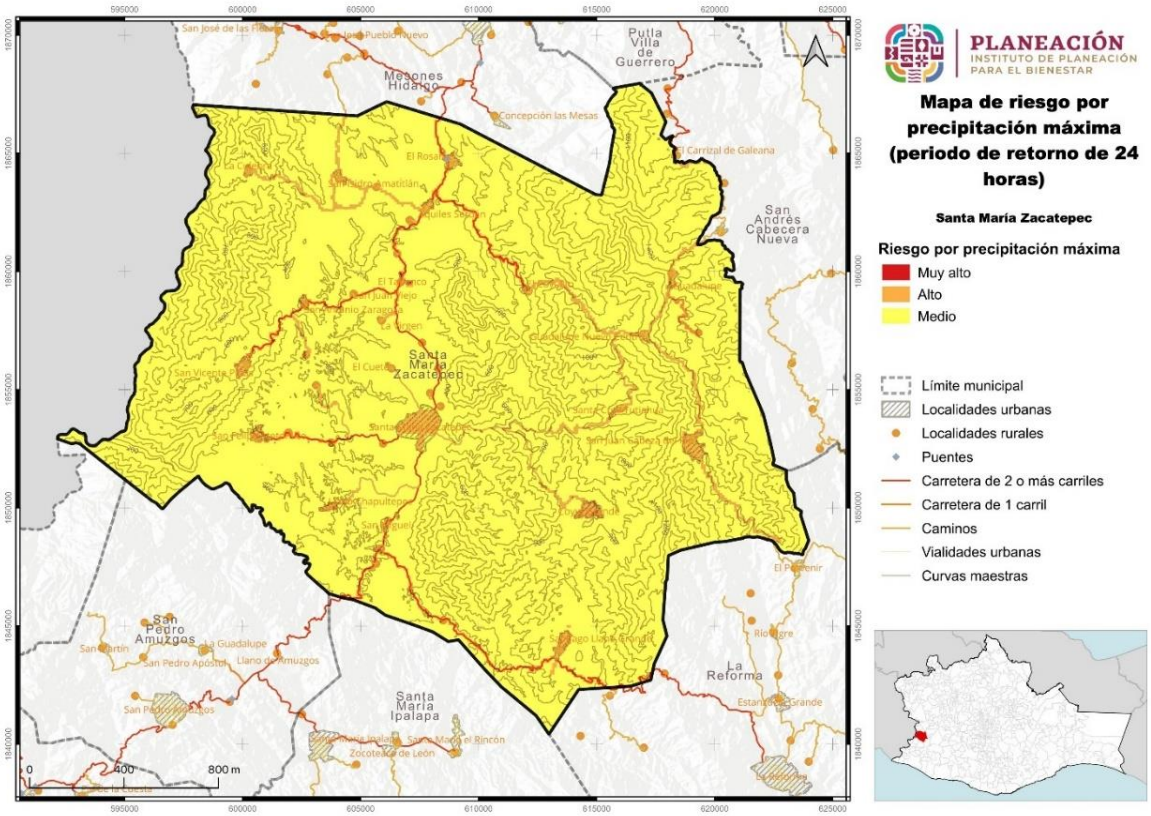
Riesgo por precipitación máxima (PR 24 horas)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	9.83	0.02
Alto	2130.77	4.26
Medio	47916.51	95.72

Fuente: CentroGeo, 2024

Para este periodo de retorno de 24 horas de precipitación máxima, el 0.02 del territorio municipal se considera con muy alto riesgo; en 4.26% con riesgo alto y el 95.72% con riesgo medio.

Aunque predominan las zonas consideradas con riesgo medio a precipitaciones máximas, los factores de vulnerabilidad y exposición sitúan a los núcleos de población e inclusive pequeñas áreas de las Localidades el Tapanco se consideran con un muy alto con riesgo a la ocurrencia de este fenómeno en un periodo de retorno de 24 hrs. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 24 horas en el municipio.

Mapa 174. Mapa de Riesgo por precipitación máxima (periodo de retorno de 24 horas)



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.1.4 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años

En caso de presentarse precipitaciones que rebasen las máximas registradas con anterioridad, en un periodo de retorno de dos años, entonces el riesgo en el territorio se distribuye de la siguiente manera: 9.83 Ha estarían expuestas a muy alto riesgo; 2,029.14 Ha tendrían un riesgo alto; 47,830.43 Ha a riesgo medio y 187.7 Ha, a riesgo bajo.

Tabla 223. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

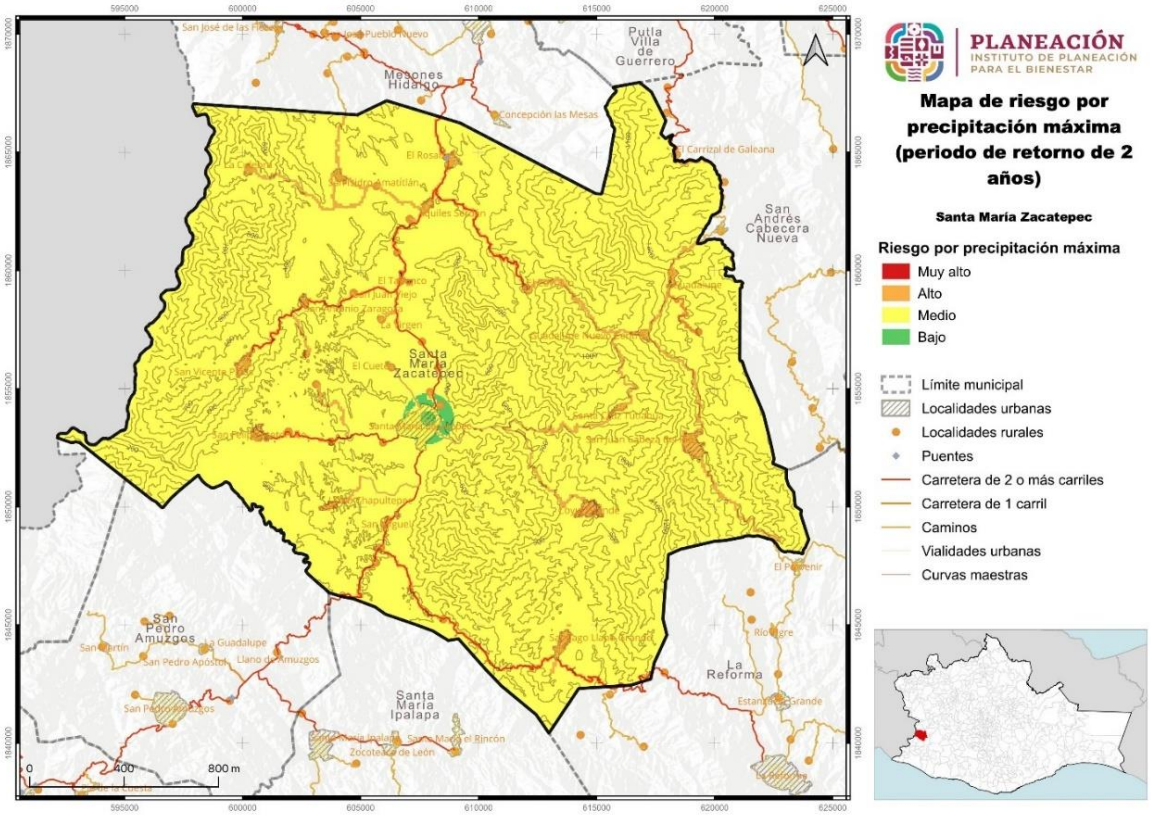
Riesgo por precipitación máxima (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	9.83	0.02
Alto	2029.14	4.05
Medio	47830.43	95.55
Bajo	187.7	0.37

Fuente: CentroGeo, 2024

Las áreas con riesgo muy alto constituyen el 0.02% del territorio, el riesgo alto se ubica en el 4.05% del municipio, riesgo medio el 95.55% y riesgo bajo el en 0.37% d la superficie municipal.

Prácticamente toda el área del municipio está sujeta a riesgo medio por precipitaciones máximas en un período de retorno de dos años, interesando destacar que, los núcleos de población, por su vulnerabilidad se consideran con riesgo alto, salvo la cabecera municipal que se mantiene con riesgo medio. Las zonas con riesgo bajo se encuentran rodeando la cabecera municipal, en sus límites noroeste, norte, noreste, este y suroeste.

Mapa 175. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.1.5 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años

Las estimaciones de los niveles de riesgo en el territorio municipal, por precipitaciones máximas en un periodo de retorno de cinco años, que igualen o rebasen las cantidades ya registradas con anterioridad, muestran que 12.56 Ha, tendrían riesgo muy alto; 2,424.65 Ha, estarían bajo riesgo alto; y 47,619.9 Ha, en riesgo medio.

Tabla 224. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

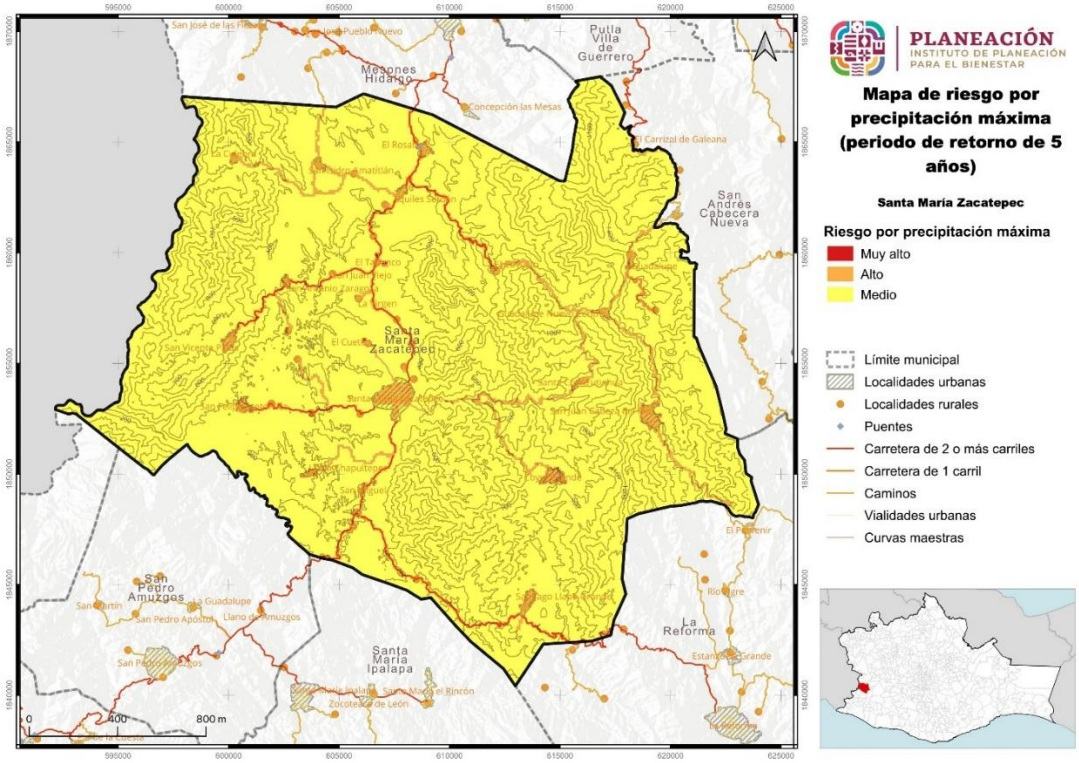
Riesgo por precipitación máxima (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	12.56	0.03
Alto	2424.65	4.84
Medio	47619.9	95.13

Fuente: CentroGeo, 2024

De lo anterior se deriva que el 95.13% de la superficie municipal se ubica con riesgo medio a precipitaciones máximas en un período de retorno de cinco años, 4.84% del municipio a un riesgo alto y 0.03% a riesgo muy alto.

El 95.55% del área del municipio está sujeta a riesgo medio por precipitaciones máximas en un período de retorno de cinco años, remarcándose que la clasificación de los núcleos poblacionales como zonas con riesgo alto, se debe al nivel de peligro y vulnerabilidad a que están expuestos sus habitantes.

Mapa 176. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.1.6 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años

Considerando un periodo de retorno de 10 años para precipitaciones máximas, bajo la probabilidad que se presenten lluvias iguales o más intensas que las ya registradas en el municipio, el área expuesta a muy alto riesgo por este fenómeno, comprendería 13.32 Ha; la zona con alto riesgo seria de 2,572.14 Ha y las zonas con riesgo medio integrarían 47,471.65 Ha.

Tabla 225. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

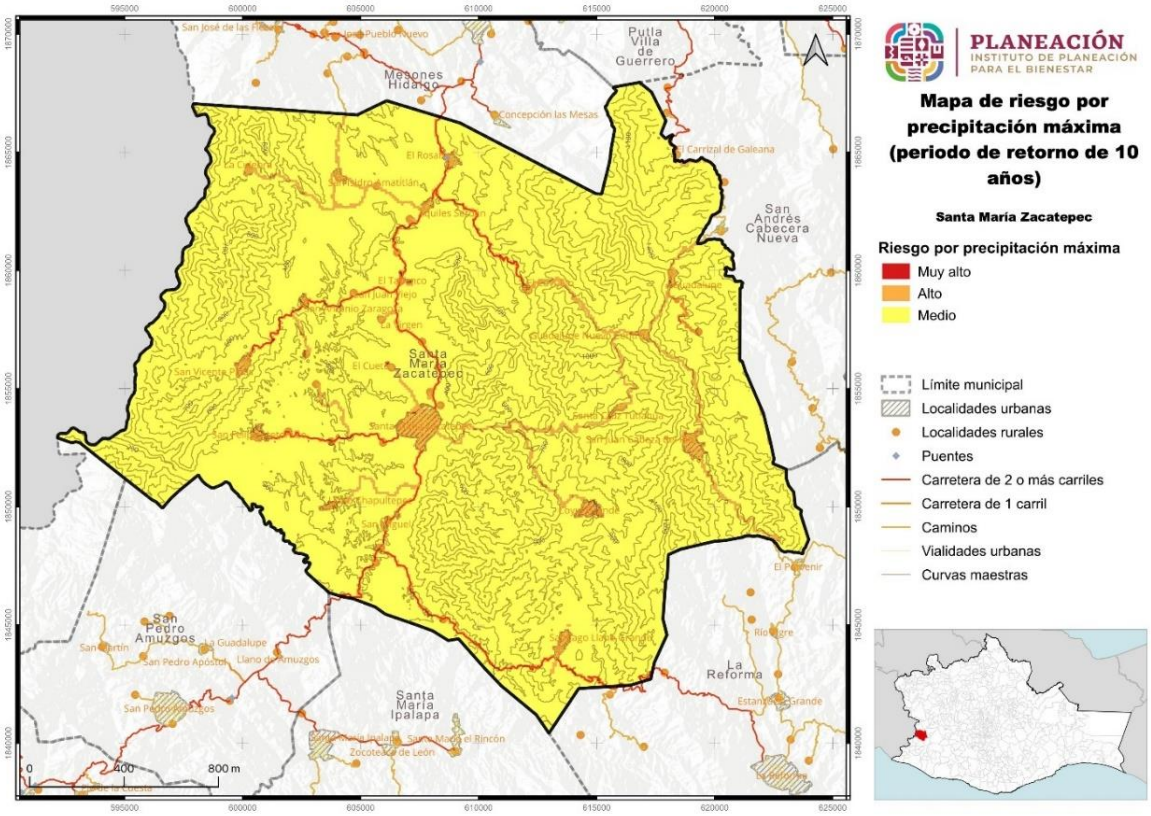
Riesgo por precipitación máxima (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	13.32	0.03
Alto	2572.14	5.14
Medio	47471.65	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

De manera similar a los períodos de retorno anteriores, la mayor parte de la superficie del municipio se encuentra en la categoría de riesgo medio a precipitaciones máximas en este período de retorno, siendo ahora el 94.83%, para dejar a las zonas con riesgo alto en el 5.14% del área municipal y a las zonas con riesgo muy alto, en solo al 0.03% del municipio.

Para este periodo de retorno de 10 años, por precipitación máxima, aunque la mayor parte del municipio se ubica en riesgo medio, se registra un ligero incremento de zonas con riesgo alto, en referencia al período de retorno anterior (a cinco años), lo que se visualiza en los núcleos poblacionales, dado los niveles de peligro y vulnerabilidad a los que están expuestos sus habitantes.

Mapa 177. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.1.7 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años

Para peligros por precipitación máxima en un período de retorno por 25 años, con probabilidad de ocurrencia de lluvias intensas que rebasen los volúmenes ya registrados anteriormente, se establecen categorías de riesgo por este fenómeno alto en 2,576.27 Ha; medio en 47,467.52 Ha; y muy alto en 13.32 Ha.

Tabla 226. . Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

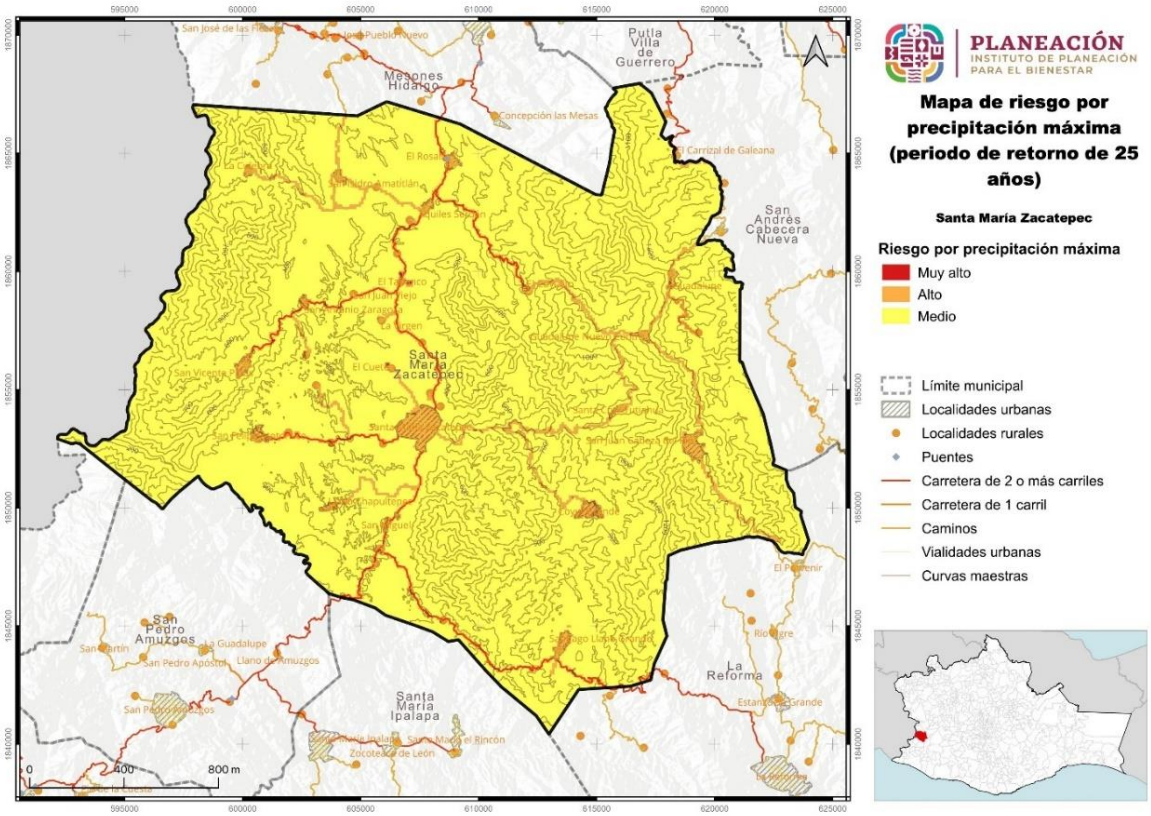
Riesgo por precipitación máxima (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	13.32	0.03
Alto	2576.27	5.15
Medio	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

En términos de porcentaje se tiene que el 94.83% del municipio estaría expuesto a riesgo medio, 5.15% a riesgo alto y 0.03% a riesgo muy alto.

Para el período de retorno de 25 años, considerando probabilidad de precipitación máxima igual o superior a los ocurridos en el territorio, la mayor parte del municipio se mantiene en riesgo medio, así como los núcleos de población el riesgo alto.

Mapa 178. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.1.8 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años

Las estimaciones de superficie con riesgos por precipitaciones máximas en un período de retorno de 50 años, sitúan a 13.32 Ha, en riesgo muy alto; a 2,576.27 Ha, en riesgo alto y a 47,467.52 Ha, en riesgo medio.

Tabla 227. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

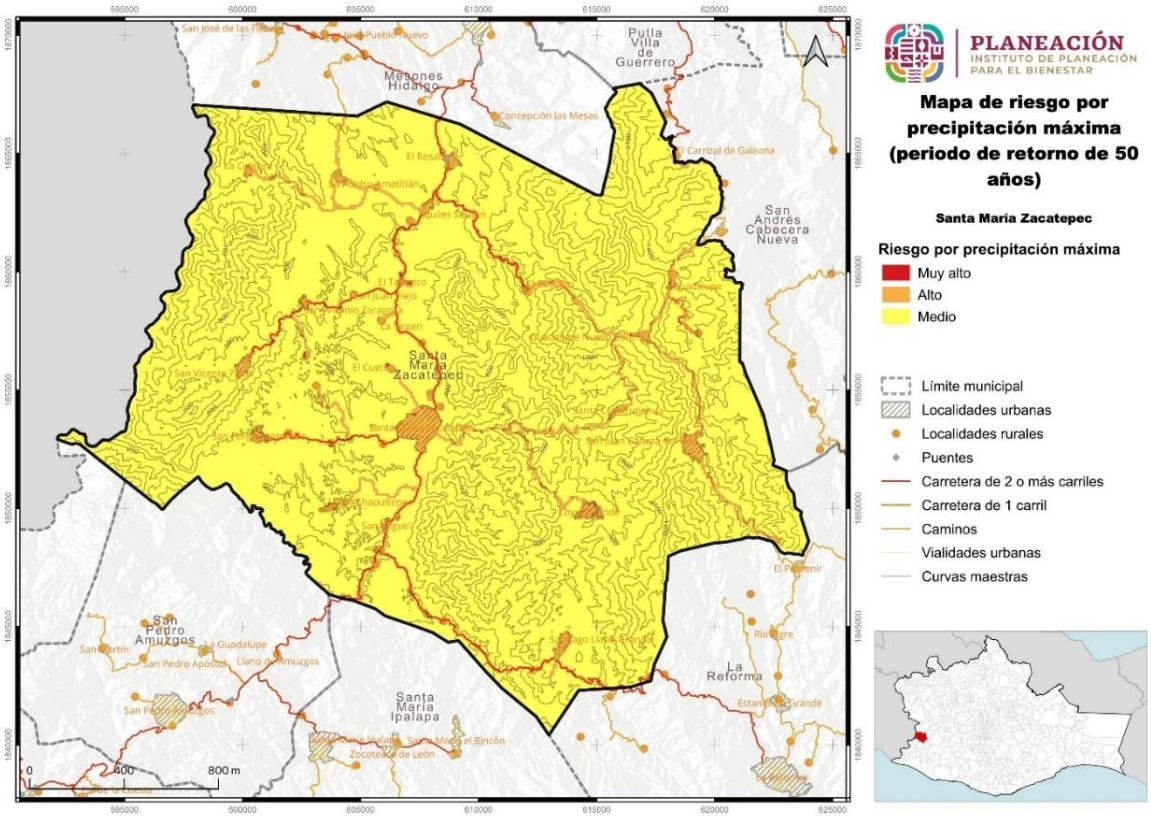
Riesgo por precipitación máxima (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	13.32	0.03
Alto	2576.27	5.15
Medio	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

En este período de retorno a 50 años, se mantiene la distribución porcentual registrada en la proyección del período de retorno anterior (a 25 años), respecto de los niveles de riesgo en el territorio, de tal manera que la mayor parte de la superficie del municipio se encuentra en la categoría de riesgo medio a precipitaciones máximas, en 94.83%; así como 5.15% de zonas con riesgo alto y 0.03% con riesgo muy alto.

Los niveles de riesgo en el territorio municipal se mantienen de manera similar que, para el período de 25 años, la mayor parte en riesgo medio y las zonas urbanizadas del municipio en riesgo alto.

Mapa 179. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.2 Riesgo por inundaciones fluviales*

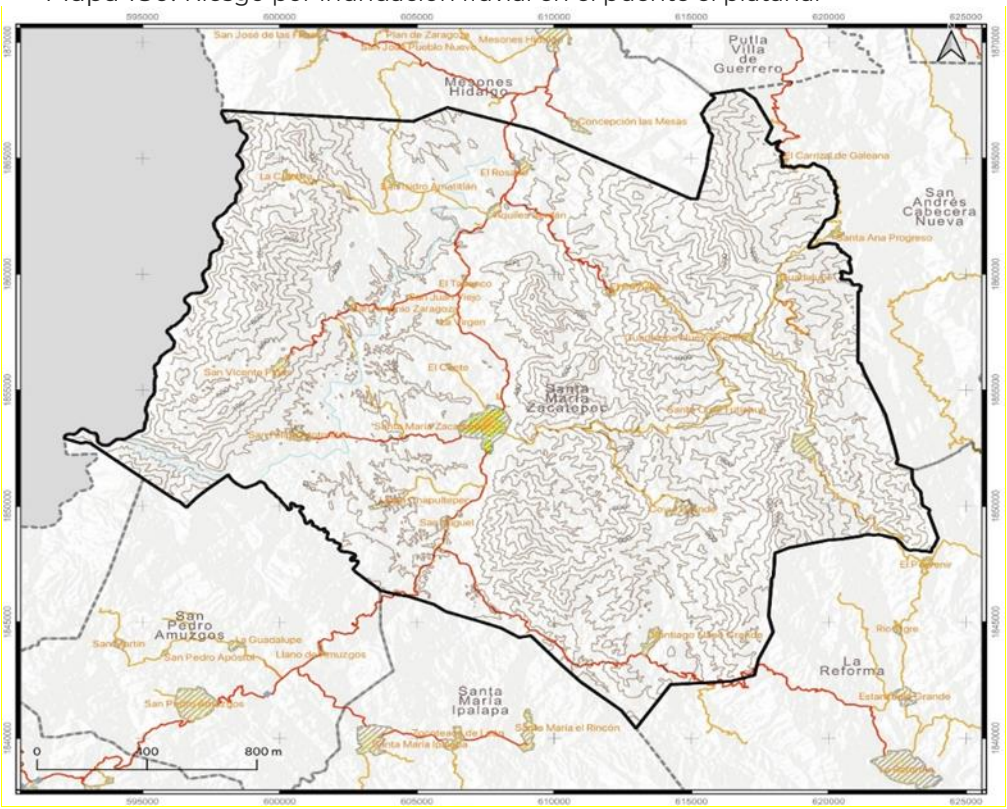
Una inundación se entiende como la presencia de agua en zonas donde normalmente no se encuentra que, de manera general, provoca afectaciones a la población. Se denomina fluvial cuando es ocasionado por el desbordamiento de un cauce, desfogue de presas o falla de infraestructura hidráulica y pluvial cuando existe acumulación de agua en las zonas urbanas por incapacidad de drenaje o el

incremento de ésta en cuerpos de agua de origen lacustre y costero debido a la presencia de ciclones tropicales o tsunamis.

En el municipio existen ríos y arroyos que facilitan la conducción natural del agua, como son el Arroyo Cuesta del Muerto, Arroyo El Amate, Arroyo El Platanar, Arroyo El Salto, Arroyo El Tlacuache, Arroyo San Miguel, Río Atotonilco, Río Blanco, Río Grande, Río Los Amates, Río Mesones, Río Nejapa, Río Santa Catarina, Río Verde; sin embargo, en el área urbana existen riesgos de inundaciones que pueden afectar a la población, debido a falta de mantenimiento de la infraestructura hidráulica y los sistemas de drenaje que pueden disminuir la capacidad de desalojo de agua pluvial, de tal manera que una cantidad de precipitación menor al umbral precipitación acumulada en 12 horas calculado para Santa María Zacatepec, de 105.77 mm. podría generar afectaciones por inundación.

Aunque CONAGUA no tiene registrados puntos críticos de inundación, existen sitios en el municipio que padecen de inundaciones fluviales, dentro de los que destaca el caso del puente El Platanar, sobre el río del mismo nombre, donde las avenidas de las corrientes que ocurren en cada temporada de lluvias rebasan el Nivel de Agua Extraordinario Máximo, bloqueando el paso de la carretera federal 125 hacia San Pedro Amuzgos y Pinotepa Nacional.

Mapa 180. Riesgo por inundación fluvial en el puente el platanar



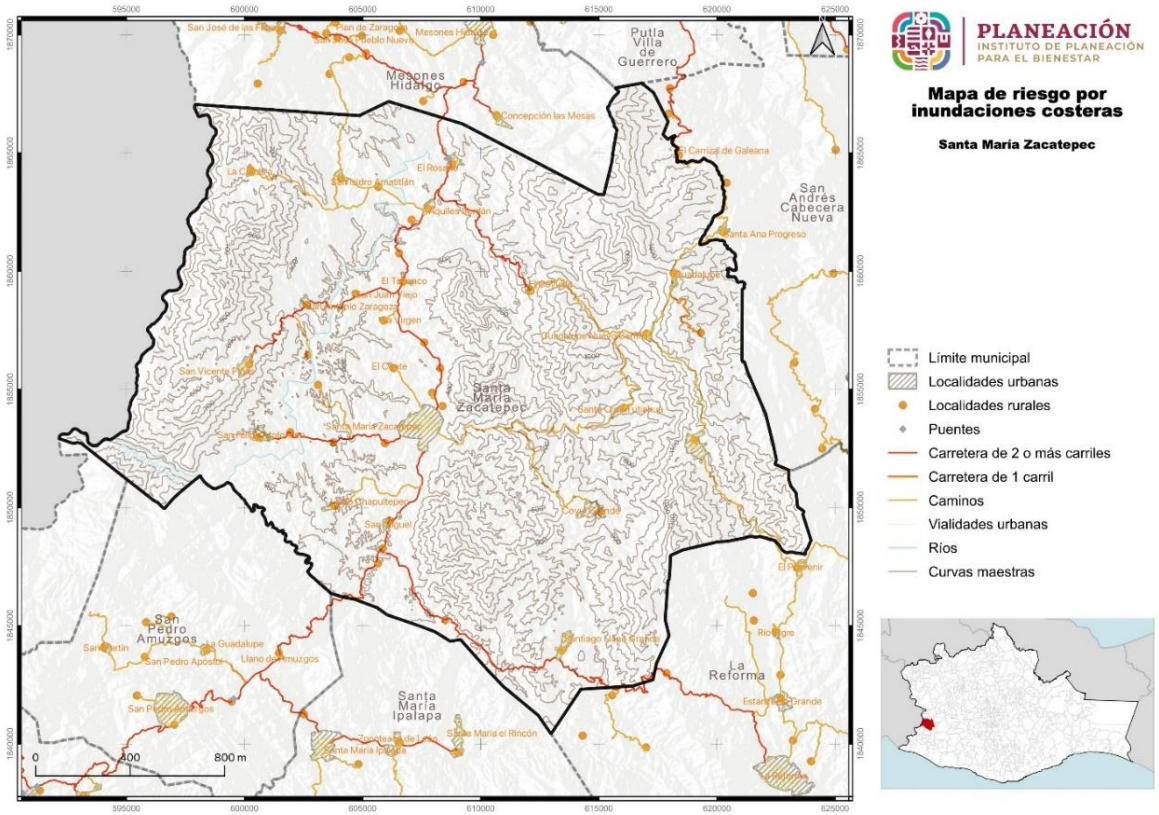
Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.3 Inundaciones costeras*

Se habla de inundaciones costeras cuando el agua del mar sube de nivel suficientemente para inundar infraestructuras y edificios y poner en peligro la seguridad de personas.

Santa María Zacatepec no cuenta con costas, se encuentra a 160 kms del litoral del Océano Pacífico, razón por la que la probabilidad de presencia de un fenómeno de inundación costera es prácticamente nula.

Mapa 181. Riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.4 Riesgo por inundaciones lacustres *

Este tipo de inundaciones se refieren al desbordamiento extraordinario de las masas de agua continentales o cuerpos lacustres en sus zonas adyacentes. El mayor riesgo se presenta cuando el hombre se establece en las áreas dejadas al descubierto por la masa de agua al descender su nivel, sufriendo afectaciones cuando el cuerpo lacustre recupera sus niveles originales y cubre nuevamente dichas áreas. (cgproteccioncivil.edomex.gob.mx)

El municipio no cuenta con lagunas u otro tipo de cuerpos de agua interiores ni dentro, ni cerca de su territorio, por lo que la probabilidad de inundaciones lacustres es nula.

V.9.5 Ciclones tropicales

Un ciclón tropical es un sistema giratorio, organizado por nubes y tormentas que se origina sobre aguas tropicales o subtropicales y tiene un centro de circulación cerrado en los niveles bajos de la atmósfera. Los ciclones tropicales rotan en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y se clasifican de la siguiente manera:

- Depresión Tropical. Un ciclón tropical con vientos máximos sostenidos de 38 mph (33 nudos) o menos.
- Tormenta Tropical. Un ciclón tropical con vientos máximos sostenidos de 39 a 73 mph (34 a 63 nudos).
- Huracán. Un ciclón tropical con vientos máximos sostenidos de 74 mph (64 nudos) o más fuertes. En el Pacifico Noroeste, los huracanes son llamados tifones; tormentas similares en el Océano Indico son llamadas ciclones.
- Huracán Intenso. Un ciclón tropical con vientos máximos sostenidos de 111 mph (96 nudos) o más fuertes, correspondiendo a las Categorías 3, 4 o 5 en la Escala de Vientos de Huracán de Saffir-Simpson.
- Un sistema post-tropical es un sistema que ya no posee suficientes características tropicales para ser considerado un ciclón tropical. Los ciclones post-tropicales todavía pueden producir lluvias intensas y vientos fuertes. (DEPARTAMENTO DE COMERCIO DE LOS EE.UU. Agencia Nacional del Oceáno y la Atmósfera, 2012).

V.9.5.1 Riesgo por ciclones tropicales en el municipio

Aun cuando en el municipio se han emitido dos declaratorias de desastre y tres declaratorias de emergencia por ciclones tropicales, el municipio es considerado con bajo grado de peligro ante la ocurrencia de este fenómeno. (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021).

El riesgo por ciclones tropicales en el municipio se clasifica con categoría baja en 50,043.74 Ha, del territorio y medio en 13.32 Ha.

Tabla 228. Riesgo por ciclones tropicales en el municipio

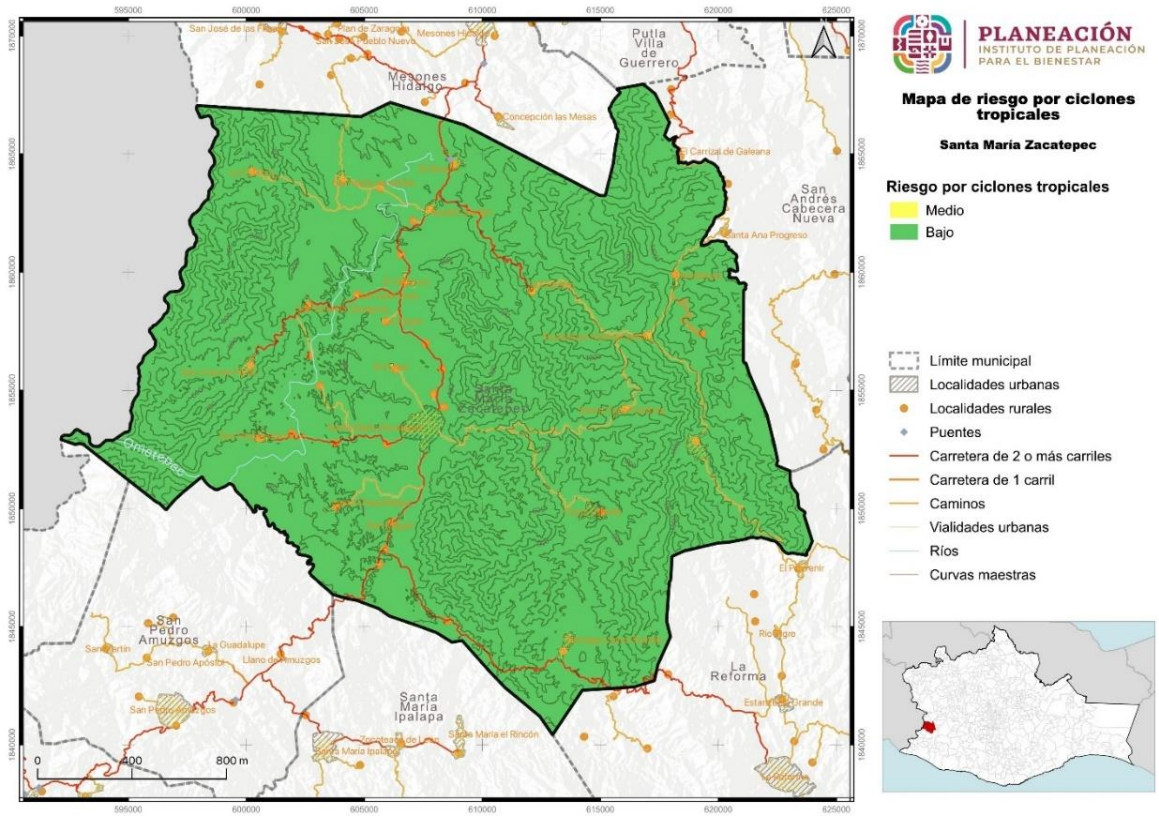
Riesgo por ciclones tropicales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	13.32	0.03
Bajo	50043.74	99.97

Fuente: CentroGeo, 2024

Respecto a la distribución porcentual de los riesgos, se tiene que el 99.97% de la superficie municipal está considerada con riesgo bajo a ciclones tropicales y el restante 0.03% se ubica con riesgo medio.

Como puede verse en el siguiente mapa el municipio de Santa maría Zacatepec se identifica con un riesgo bajo a ciclones tropicales.

Mapa 182. Riesgo por ciclones tropicales



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.6 Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas se producen en nubes cumulonimbos, las cuales se desarrollan en capas de aire de gran inestabilidad. En latitudes medias y altas, estas nubes llegan a grandes alturas, donde la temperatura es inferior a la de congelación; así, su parte superior está constituida por una mezcla de cristales de hielo y pequeñas gotas de agua. Las nubes de tormenta dan lugar a electro meteoros, que se definen como la manifestación visible o audible de la electricidad.

V.9.6.1 Riesgo por tormentas eléctricas

De manera focalizada, se tiene que el riesgo por tormentas eléctricas en Santa María Zacatepec se cataloga con rango alto en 13.32 Ha en rango medio 36,561.04 Ha y en rango bajo 13,482.75 Ha.

Tabla 229. Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio

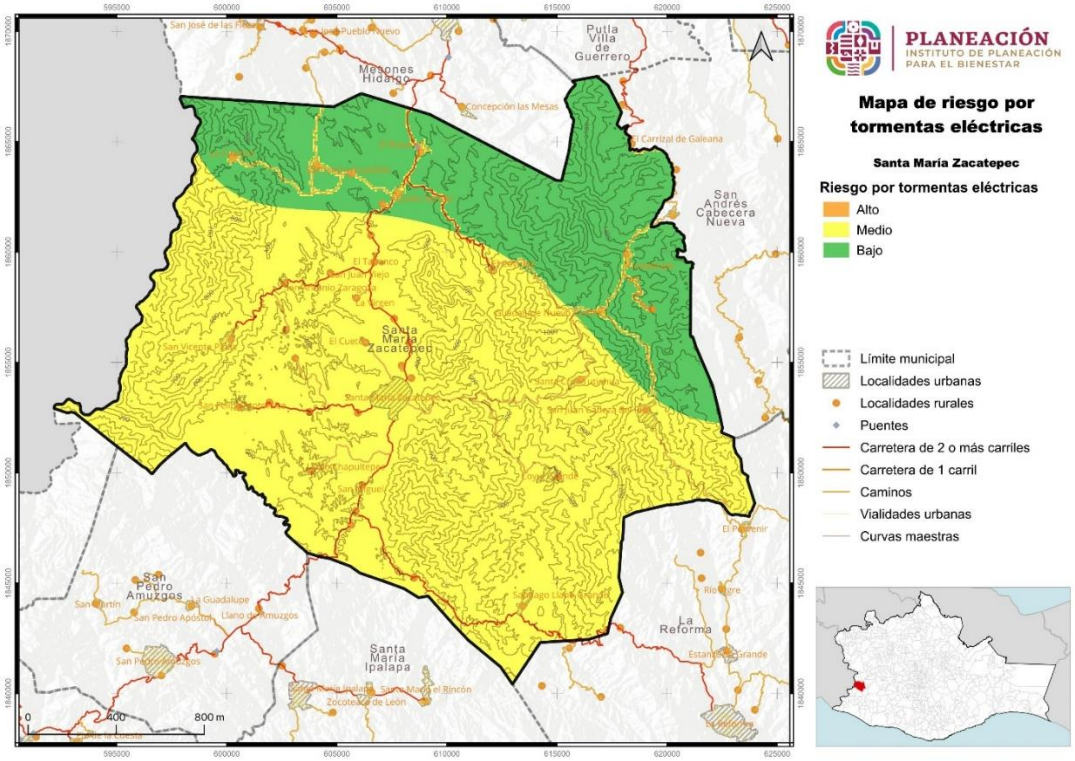
Riesgo por tormentas eléctricas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	13.32	0.03
Medio	36561.04	73.04
Bajo	13482.75	26.93

Fuente: CentroGeo, 2024 “

El riesgo por tormentas eléctricas en el municipio afecta con nivel de riesgo alto al 0.03% del territorio municipal, así como al 73.04% con riesgo medio y al 26.93% con riesgo bajo.

La zona con riesgo medio forma una línea desde las estribaciones del cerro cabeza de la culebra pasando por Tierra Colorada, El Coyul, Guadalupe Nuevo Centro y San Juan Cabeza del Rio hasta llegar al límite con San Andrés Cabecera Nueva, abarcando desde esa línea hasta los límites con San Juan Cacahuatepec, san Pedro amuzgos, santa María Ipalapa y la Reforma, la zona con riesgo bajo a tormentas eléctricas abarca toda la parte norte del territorio y una gran proporción de la zona este.

Mapa 183. Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.6.2 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años

Estimaciones con periodo de retorno de dos años con tormentas eléctricas, significan la probabilidad de ocurrencia del fenómeno 50 veces en un siglo, en magnitud igual o mayor a las que se han presentado en el municipio.

Considerando lo anterior, para el municipio de Santa María Zacatepec se considera que 63.44 Ha, presentan riesgo alto a tormentas eléctricas para dicho período; 14,447.96 Ha, riesgo bajo; 33,656.09 Ha, riesgo medio y 1,889.62 Ha, riesgo muy bajo.

Tabla 230. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

Riesgo por tormentas eléctricas (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	63.44	0.13
Medio	33656.09	67.24
Bajo	14447.96	28.86
Muy bajo	1889.62	3.77

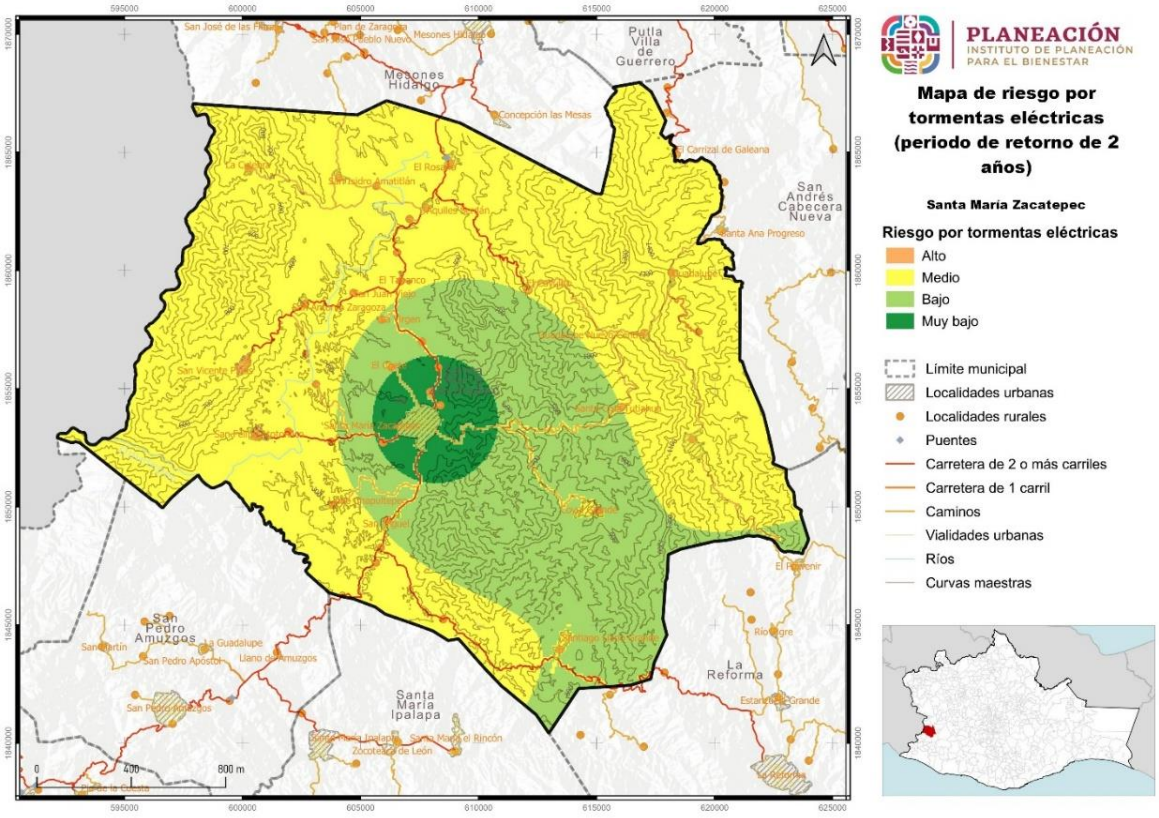
Fuente: CentroGeo, 2024

La mayor superficie del municipio, 67.24% se encuentra en riesgo medio, a las que le siguen por cobertura, el 28.86% de superficie en riesgo bajo, 3,77% en riesgo muy bajo y, por último, 0.13% en riesgo alto.

La zona con riesgo muy bajo a tormentas eléctricas en un periodo de dos años rodea la Cabecera Municipal en forma circular, teniendo como puntos de referencia su límite externo as localidades de Rancho San Pedro, Llano de Viuda, la desviación hacia el camino a Llano Chapultepec y las Mesas; la zona con por tormentas tropicales incluye la cabecera municipal y una área con forma ovoide que parte desde La Virgen y hacia el este y sureste recorre el Coyulito, Santa Cruz Tutiahua llegando hasta el límite con el Municipio de la reforma y hacia la parte oeste y suroeste, a partir de la Virgen pasa por las palmas, el Carnero, San Miguel avanzando hasta Santiago Llano Grande y llegar hasta el límite con Santa María Ipalapa.

La zona con riesgo medio a tormentas eléctricas en un periodo de retorno de 10 años abarca toda la demás superficie del territorio.

Mapa 184. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.6.3. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años

Respecto al riesgo por tormentas eléctricas, en un período de retorno de cinco años, en el que puede presentarse este fenómeno en magnitud igual o mayor, se prevén niveles de riesgo alto para 264.52 Ha; medio para 46,247.62 Ha; bajo para 2,498.31 Ha; y muy bajo para 1,046.65 Ha.

Tabla 231. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

Riesgo por tormentas eléctricas (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	264.52	0.53
Medio	46247.62	92.39
Bajo	2498.31	4.99
Muy bajo	1046.65	2.09

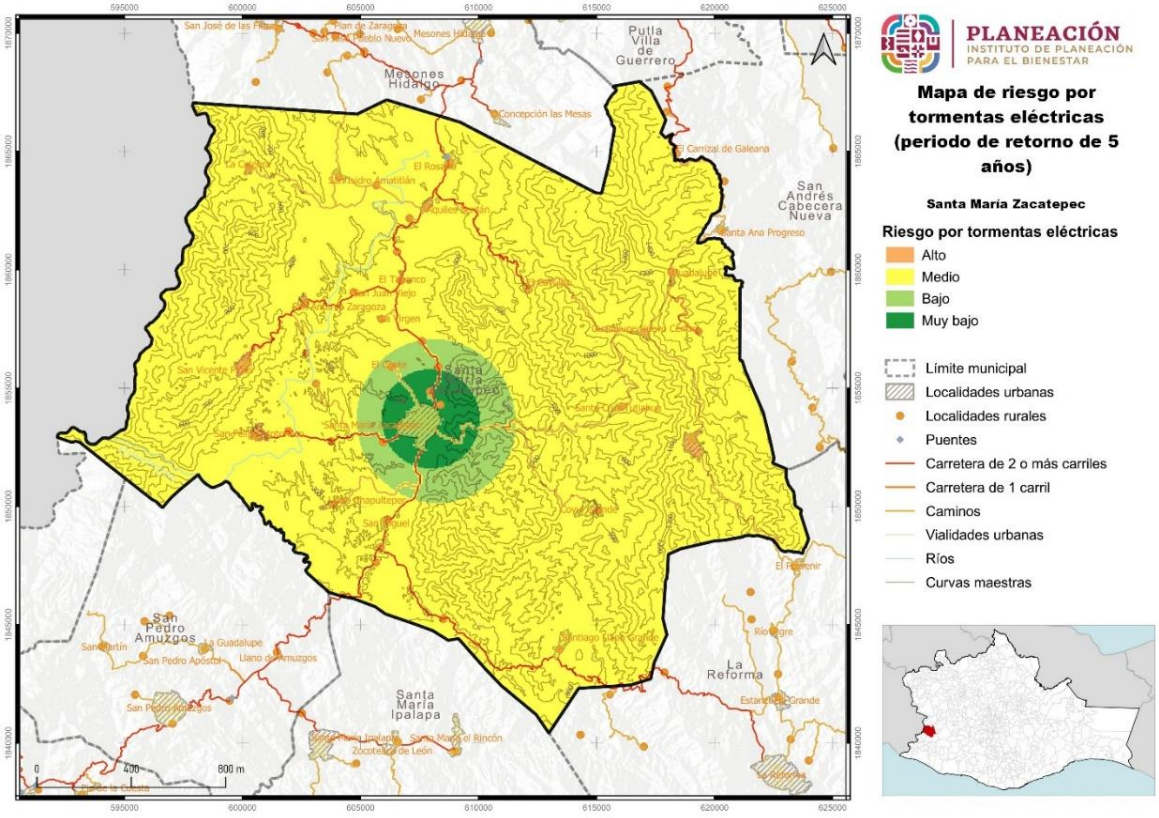
Fuente: CentroGeo, 2024

La mayoría de la superficie del municipio se cataloga con peligro medio a este fenómeno, en el período de retorno de cinco años, abarcando el 92.39%; así mismo, el

4.99% es ocupado por zonas con riesgo bajo, 2.09% por superficie con riesgo muy bajo y 0.53% pro zonas con riego alto a tormentas eléctricas.

La proyección del riesgo por tormentas eléctricas, para el período de retorno de cinco años, coloca a los núcleos de población como las zonas con riesgo alto a este fenómeno y a la mayor parte del territorio en zona de riesgo medio, salvo la zona central que se clasifica con peligros bajo y muy bajo; El Cuete, Llano de Viuda y Las Mesas son localidades ubicadas en zona de bajo riesgo y la cabecera municipal, Rancho San Pedro y Sesteadero en zona de muy bajo riesgo.

Mapa 185. Mapa de riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.6.4 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años

Para el período de retorno de 10 años, que implica la probabilidad de ocurrencia de tormentas eléctricas tan o más fuertes que las ocurridas en el municipio, en frecuencia de 10 veces en un siglo, se tiene que 978.88 Ha, presentan alto riesgo; 46,868.42, Ha riesgo medio; 1,671.4 Ha, bajo riesgo y 538.39 Ha, muy bajo riesgo.

Tabla 232. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

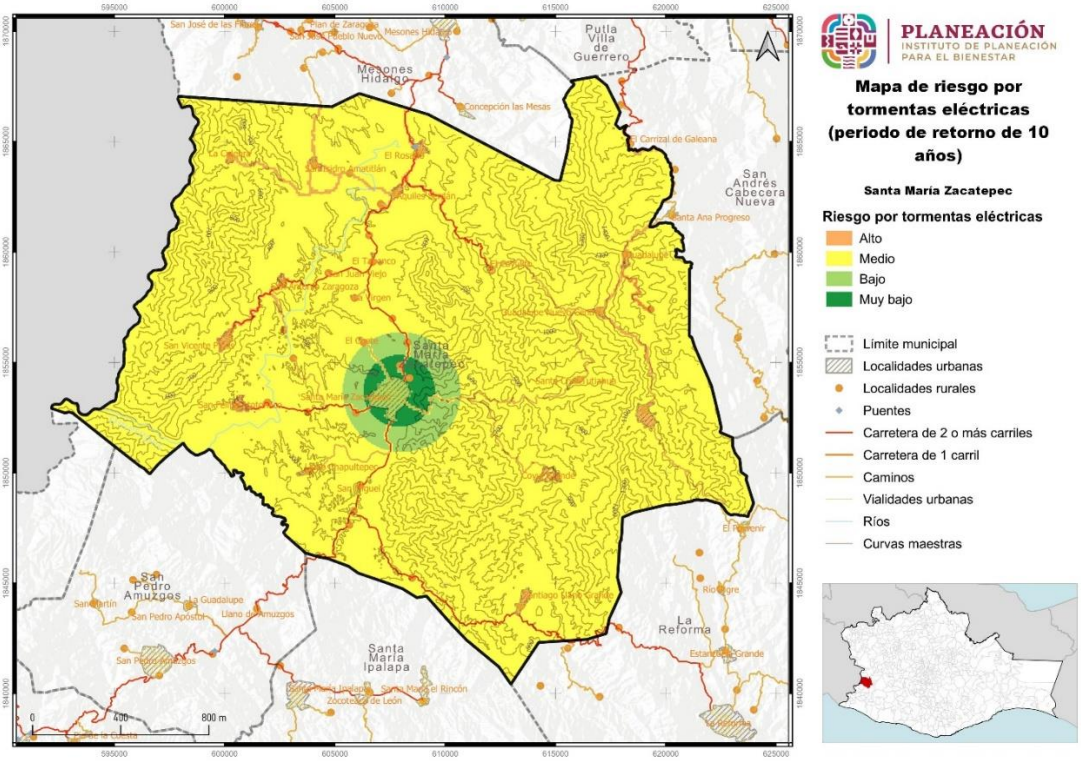
Riesgo por tormentas eléctricas (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	978.88	1.96
Medio	46868.42	93.63
Bajo	1671.4	3.34
Muy bajo	538.39	1.08

Fuente: CentroGeo, 2024

En términos porcentuales, los niveles de riesgo por tormentas eléctricas en un período de retorno de 10 años, quedan de la siguiente manera; 1.96% de la superficie municipal en riesgo alto, 3.34% en riesgo bajo, 93.63% en riesgo medio y 1.08% en riesgo muy bajo.

Como se mencionó anteriormente, a medida que la proyección de riesgo aumenta el período de retorno, los niveles de riesgo por tormentas eléctricas aumentan, así se tiene que el riesgo medio se incrementa para el período de 10 años, quedando reducidas las áreas con riesgo bajo y muy bajo a pequeños círculos en el centro de la población, las primeras abarcan las localidades de Llano de viuda, formando un anillo que rodea la zona con riesgo muy bajo. La zona con riesgo muy bajo incluye la cabecera municipal y Rancho San Pedro.

Mapa 186. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.6.5 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años

La probabilidad de ocurrencia de tormentas eléctricas de magnitud similar o mayor a las que se han presentado en el municipio, en un período de 25 años, determina nivel de muy alto en 8.02 Ha; riesgo alto en 1,748.83 Ha; riesgo medio en 46,826.79 Ha; bajo en 1,183.69 Ha y riesgo muy bajo en 289.76 Ha.

Tabla 233. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

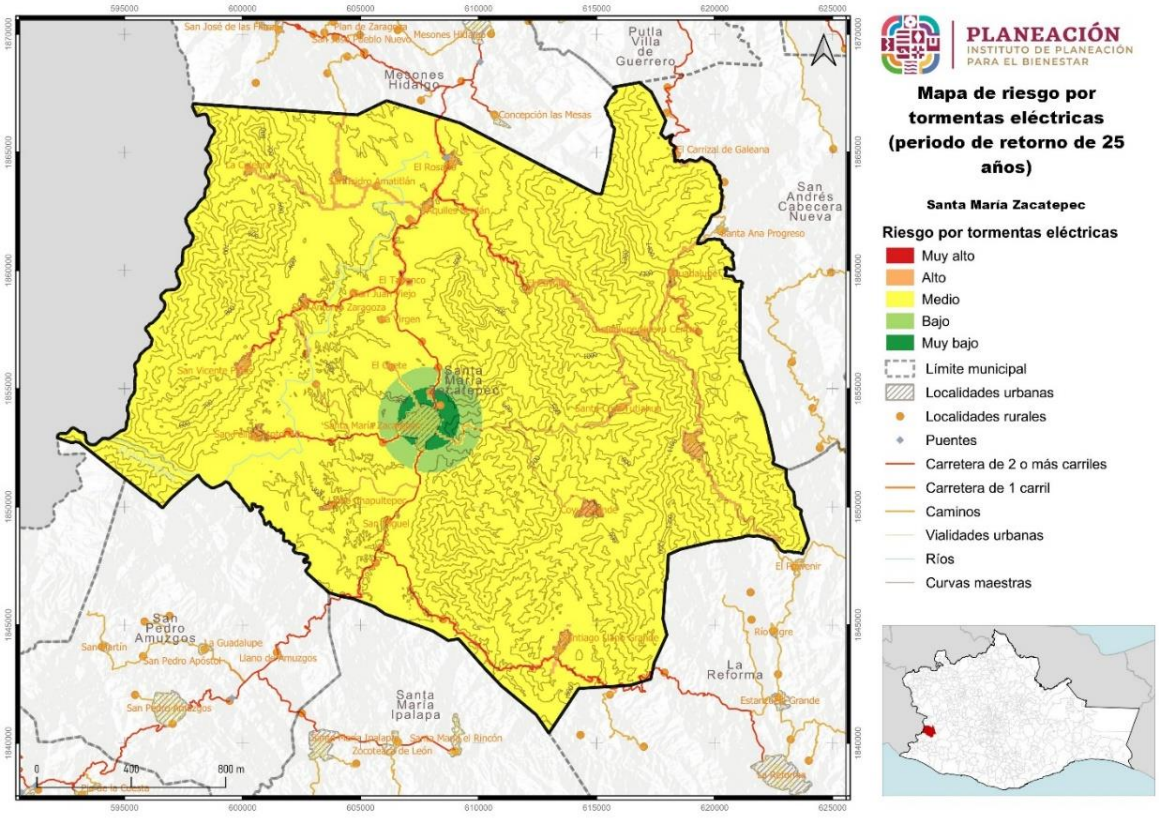
Riesgo por tormentas eléctricas (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	8.02	0.02
Alto	1748.83	3.49
Medio	46826.79	93.55
Bajo	1183.69	2.36
Muy bajo	289.76	0.58

Fuente: CentroGeo, 2024

En el 0.02% de la superficie municipal se registra un riesgo muy alto para tormentas eléctricas en el período de retorno de 25 años, en el 3.49% un riesgo ato, en el 93.55%, en el 93.55% riesgo medio, en el 2.36% riesgo bajo y en el 0.58% riesgo muy bajo.

Para el período de retorno de 25 años, de ocurrencia de tormentas eléctricas en magnitudes iguales o mayores a las registradas en el municipio, las áreas con bajo y muy bajo riesgo se reducen a una pequeña zona del centro del municipio, que abarcan y rodean la cabecera municipal. En la zona con riesgo bajo se encuentra la localidad de Llano de viuda, formando un anillo que rodea la zona con riesgo muy bajo. La zona con riesgo muy bajo incluye la Cabecera Municipal y Rancho San Pedro.

Mapa 187. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.6.6 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años

Los cálculos para el período de retorno de 50 años de tormentas eléctricas, arrojan datos, conforme el nivel de mayor a menor superficie con riesgo, de la forma siguiente: 47,044.26 Ha, representan riesgo medio; 1,925.11 Ha, registra un riesgo alto; en 928.33 Ha, presentan riesgo bajo; 149.56 Ha, tienen riesgo muy bajo y 9.83 Ha, riesgo muy alto.

Tabla 234. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

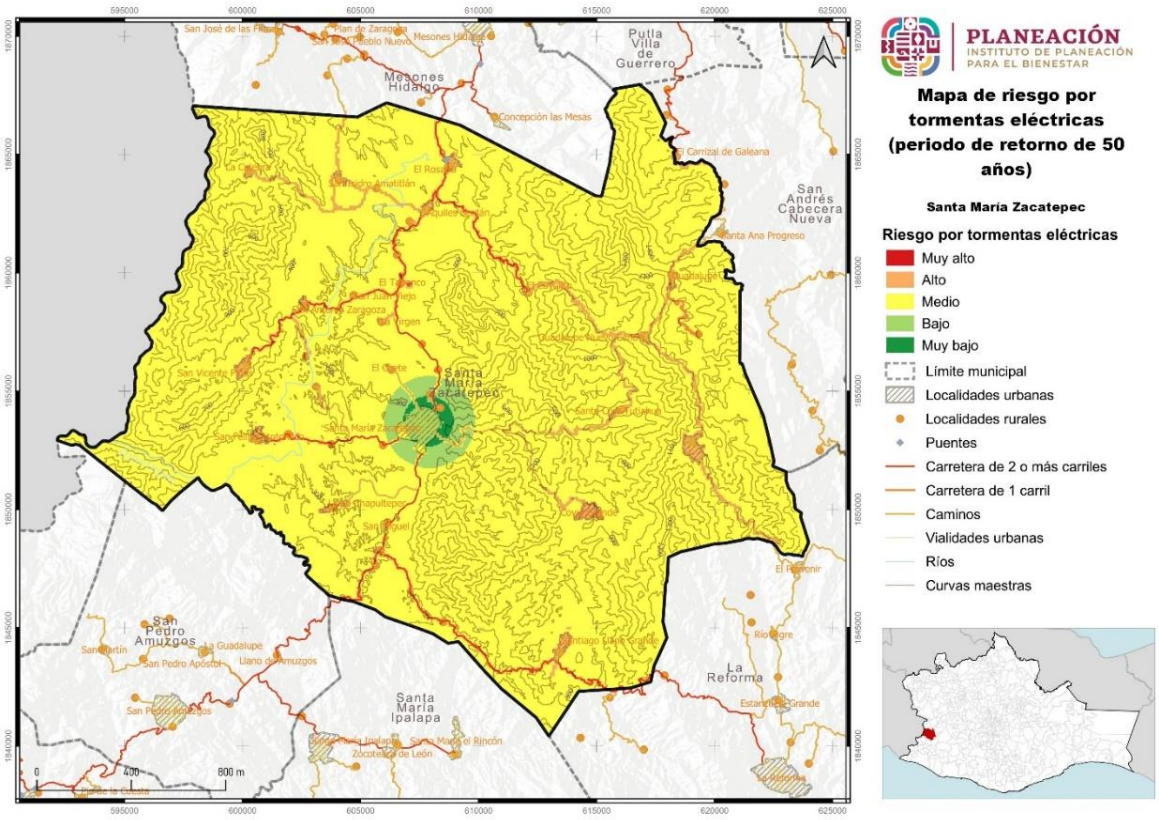
Riesgo por tormentas eléctricas (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	9.83	0.02
Alto	1925.11	3.85
Medio	47044.26	93.98
Bajo	928.33	1.85
Muy bajo	149.56	0.3

Fuente: CentroGeo, 2024

De la misma manera, partiendo del riesgo con mayor cobertura, en termios porcentuales, se tiene que el riesgo por tormentas eléctricas para un período de retorno de 50 años, abarca el 93.3% del territorio las zonas con iesgo medio, el 3,85% las zonas con riesgo alto el 1.85% las zonas con riesgo bajo el 0.3% las zonas con riesgo muy bajo y el 0.02% las zonas con riesgo muy alto.

A diferencia del período de retorno anterior (25 años), para este período de retorno de 50 años se reduce aún más el área de muy bajo riesgo, limitándose a rodear la cabecera municipal, localidad que ahora presenta un riesgo bajo a tormentas eléctricas. La demás superficie del territorio se cataloga con riesgo medio a este fenómeno hidrometereológico.

Mapa 188. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.6.7 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 100 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 100 años, el tiempo en el que Santa María Zacatepec puede ser afectado una vez en un siglo, por tormentas eléctricas de magnitud similar o mayor a las ya ocurridas en el municipio, se registra

nivel de riesgo muy alto en 9.83 Ha; riesgo alto en 2,000.32 Ha; riesgo medio en 47,226.33 Ha; riesgo bajo en 744.4 Ha; y riesgo muy bajo en 76.23 Ha.

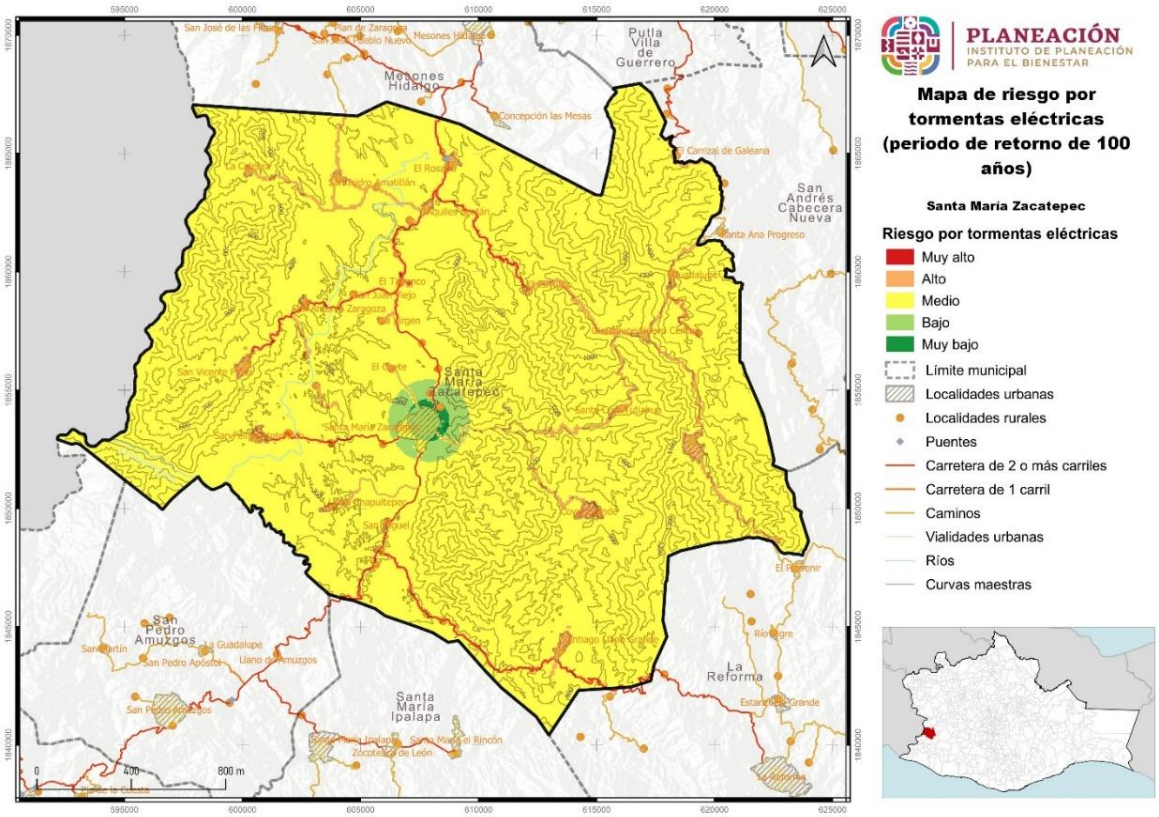
Tabla 235. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

Riesgo por tormentas eléctricas (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	9.83	0.02
Alto	2000.32	4
Medio	47226.33	94.34
Bajo	744.4	1.49
Muy bajo	76.23	0.15

Fuente: CentroGeo, 2024

El riesgo muy alto abarca el 0.02% del territorio municipal, el riesgo alto el 4.0%, el riesgo medio el 94.34%, el riesgo bajo el 1.49%, el riesgo muy bajo el 0.15%.

Mapa 189. Mapa de riesgo por tormentas eléctricas (periodo de retorno de 100 años)



Fuente: CentroGeo, 2024

Al igual que el período de retorno a 50 años, para este período de retorno de 100 años, el nivel de muy bajo riesgo se limita a una pequeña media luna que rodea la cabecera municipal. La zona de bajo riesgo forma un anillo en el centro de la población que abarca también la mayor parte de la cabecera municipal. La demás superficie del territorio se cataloga con riesgo medio.

V.9.7 Ondas gélidas

Las ondas gélidas se caracterizan por la entrada y permanencia de masas de aire frío extremo en una región, presentándose como un período de clima frío marcado e inusual, con caída brusca y significativa de la temperatura del aire cerca de la superficie, que persiste por debajo de los umbrales históricos

Las ondas u olas gélidas son eventos de muy baja temperatura, junto con los vientos secos y fríos del norte que provocan sensaciones térmicas excesivas en la gente, dando lugar a un clima que parece aún más frío de lo que es realmente.

V.9.7.1 Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 2 años

El riesgo por temperatura mínima, para un periodo de retorno de dos años, considerado la posibilidad de ocurrencia del fenómeno en niveles más extremos a los históricos en el municipio, se estima que 1,711.43 Ha, tendrían un nivel de riesgo medio; 30,036.17 Ha, un nivel de riesgo bajo y 18,309.52 Ha, un nivel de riesgo muy bajo.

Tabla 236. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

Riesgo por temperatura mínima (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	1711.43	3.42
Bajo	30036.17	60
Muy bajo	18309.52	36.58

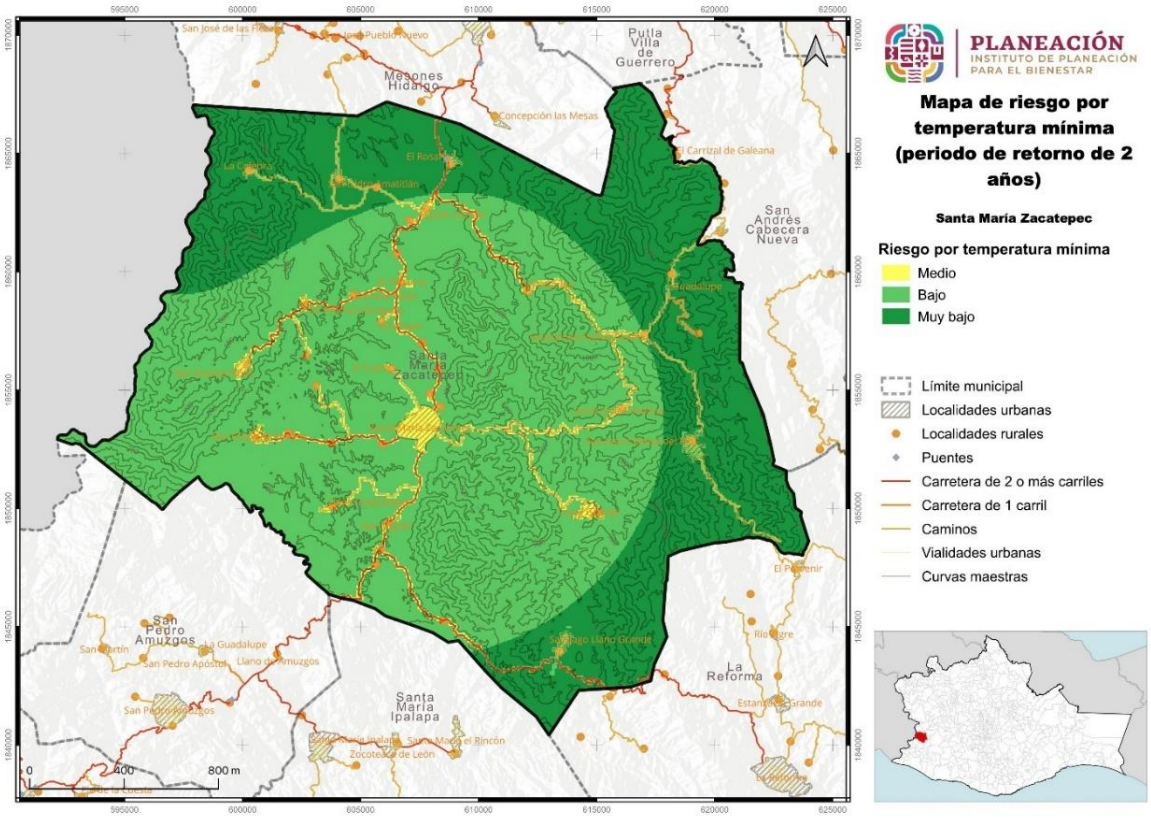
Fuente: CentroGeo, 2024

Respecto a la distribución porcentual de la superficie, según su nivel de riesgo a temperaturas mínimas, en un período de retorno de dos años, el 3.42% del territorio presentaría nivel de riesgo medio, el 60.0% nivel bajo y el 36.58% nivel muy bajo.

Las zonas con nivel medio a temperaturas mínimas se ubica en la cabecera municipal y demás núcleos de población, así como en las carreteras y caminos del territorio; las áreas con nivel de riesgo bajo forman un gran semicírculo que se extiende hacia el poniente, teniendo como puntos de referencia de sus límites los siguientes; al norte, el entronque del camino que comunica a El Coyulito con la carretera federal; al sur, llega hasta los límites con Santa María Ipalapa, San Pedro Amuzgos y San Juan

Cacahuatepec; al este, llega a la localidad de Guadalupe Nuevo Centro y al oeste, con los límites del estado de Guerrero. La zona con riesgo muy bajo, rodea la zona con riesgo bajo al norte, este y sur.

Mapa 190. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.7.2 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 5 años

Para un periodo de retorno de un quinquenio, de temperaturas mínimas en el municipio, con probabilidad que se presenten en forma similar o más extremas, se estima que 391.62 Ha, estarían en riesgo medio; 4,346.35 Ha, en riesgo bajo y 45,319.14 Ha, en riesgo muy bajo.

Tabla 237. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

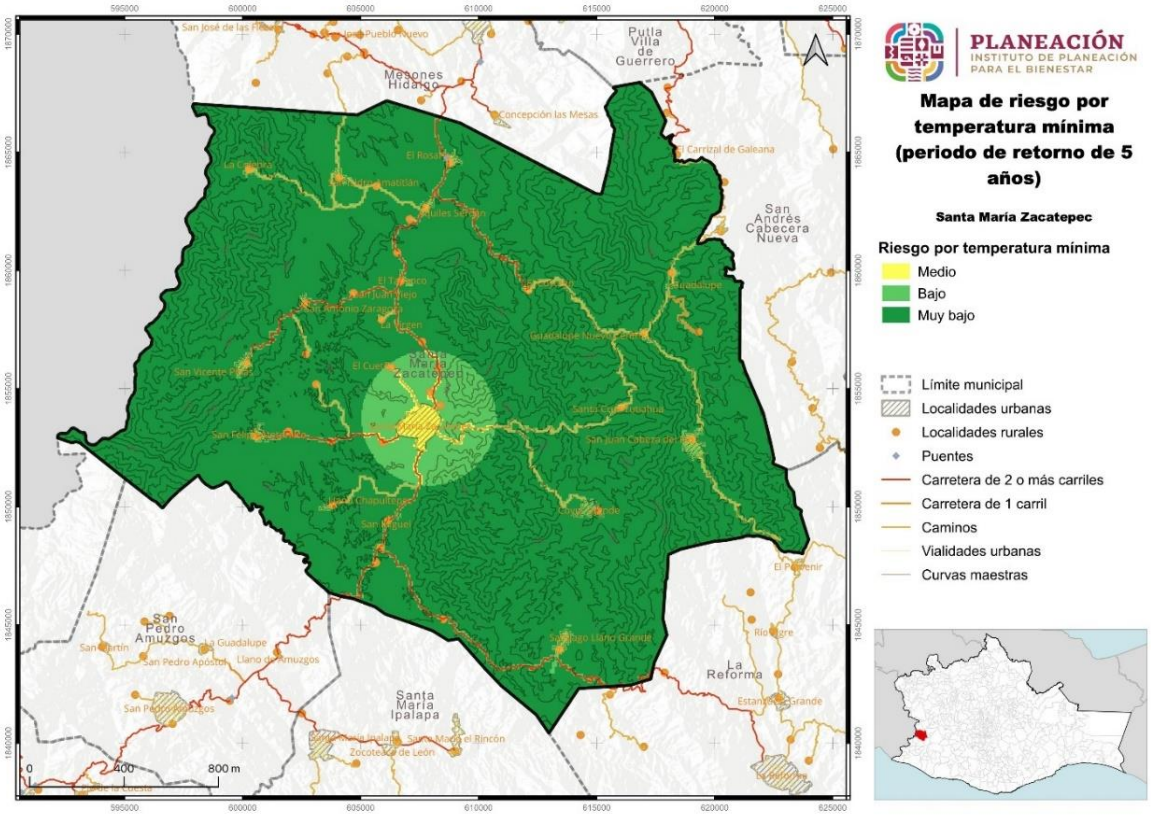
Riesgo por temperatura mínima (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	391.62	0.78
Bajo	4346.35	8.68
Muy bajo	45319.14	90.53

Fuente: CentroGeo, 2024

Por lo anterior, el 0.78% de la superficie del municipio se considera con riesgo medio, 8.68% con riesgo bajo y 90.53% con riesgo muy bajo.

Las zonas con nivel medio a temperaturas mínimas se ubican en la cabecera municipal y demás núcleos de población, así como en las carreteras y caminos del territorio; las áreas con nivel de riesgo bajo forman un círculo alrededor de la cabecera municipal abarcando las localidades de Llano de Viuda, Rancho San Pedro, El Cohete y Tres Arroyos; Las zonas con muy bajo riesgo rodean a toda el circulo con bajo riesgo.

Mapa 191. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.7.3 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 10 años

El peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio para un periodo de retorno de 10 años, lo que significa que puede presentarse 10 veces en un siglo presenta un nivel de riesgo bajo a temperaturas mínimas en 2,589.59 Ha, de riesgo muy bajo en 47,467.52 Ha.

Tabla 238. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

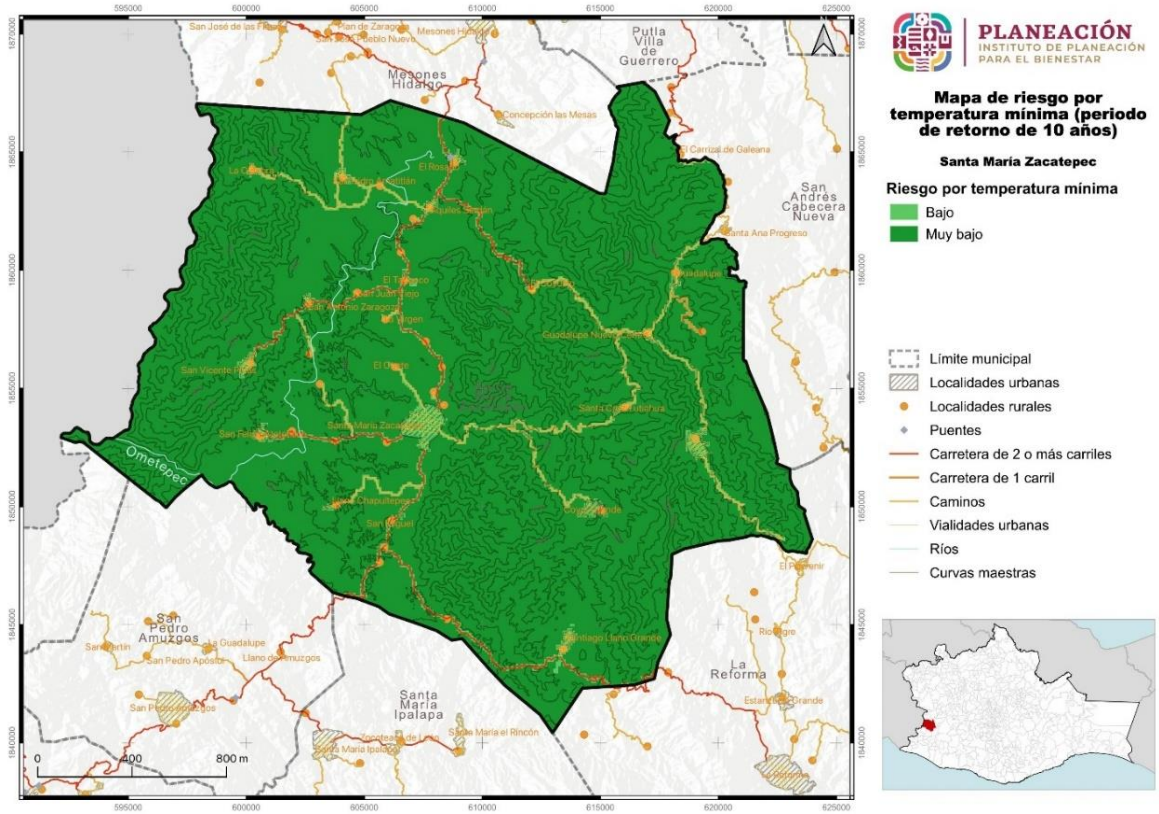
Riesgo por temperatura mínima (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

En términos porcentuales el riesgo bajo ocupa el 5.17% de la superficie total del municipio y el riesgo muy bajo el 94.83%.

El riesgo bajo a temperaturas mínimas, en el periodo de retorno de 10 años abarca los núcleos de población, así como las carreteras y caminos del municipio y el riego muy bajo se ubica en todo el territorio municipal.

Mapa 192. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.7.4 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 25 años

Considerando un periodo de retorno de 25 años, en que pueden presentarse temperaturas mínimas extremas fuera de lo histórico, en el Municipio de Santa María Zacatepec 2,589.59 Ha, estarían expuestas a un nivel de riego bajo y 47,467.52 Ha, a un nivel de riesgo muy bajo.

Tabla 239. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

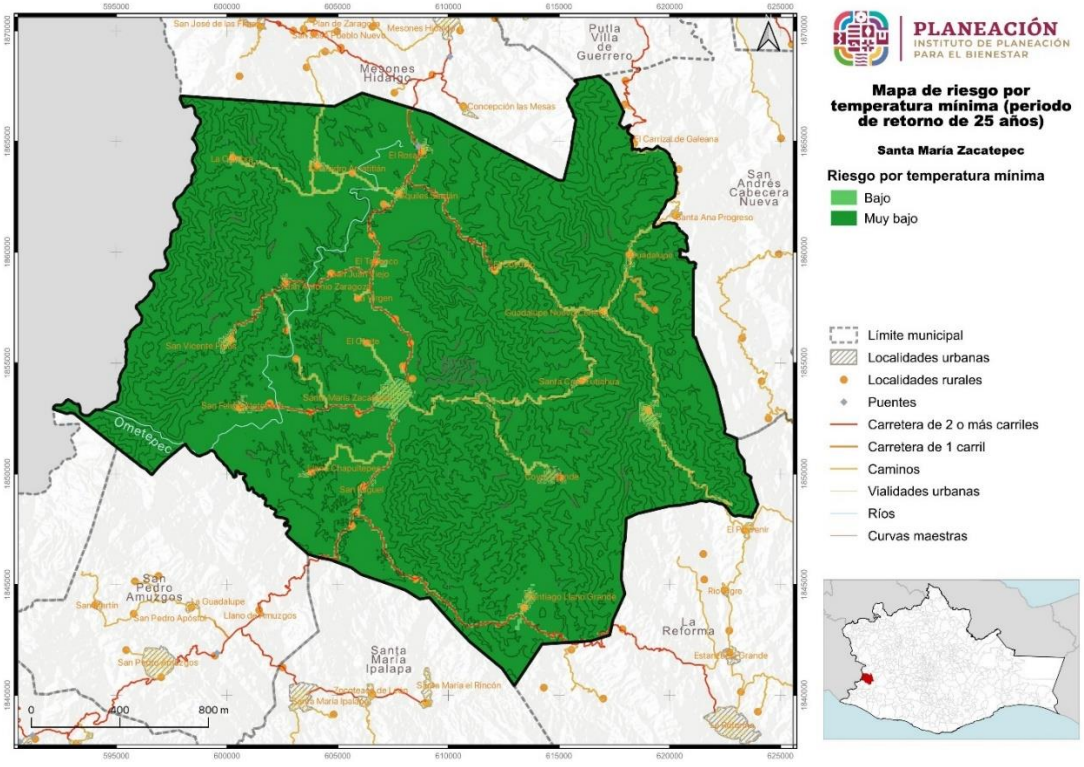
Riesgo por temperatura mínima (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

Derivado de lo anterior, se tiene que el 5.17% de la superficie del territorio estaría ocupado por áreas de bajo riesgo y 94.83% por áreas con muy bajo riesgo a temperaturas mínimas.

El riesgo bajo a temperaturas mínimas, en el periodo de retorno de 25 años abarca los núcleos de población, incluyendo la cabecera municipal, así como las carreteras y caminos del municipio y el riesgo muy bajo se ubica en todo el territorio municipal.

Mapa 193. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.7.5 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 50 años

El riesgo por temperaturas mínimas, para un periodo de retorno de 50 años, bajo la probabilidad de que se presenten temperaturas mínimas más extremas de la ya registradas en el municipio, coloca a 2,589.59 Ha, en situación de riesgo bajo y a 47,467,52 Ha, en riesgo muy bajo.

Tabla 240. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

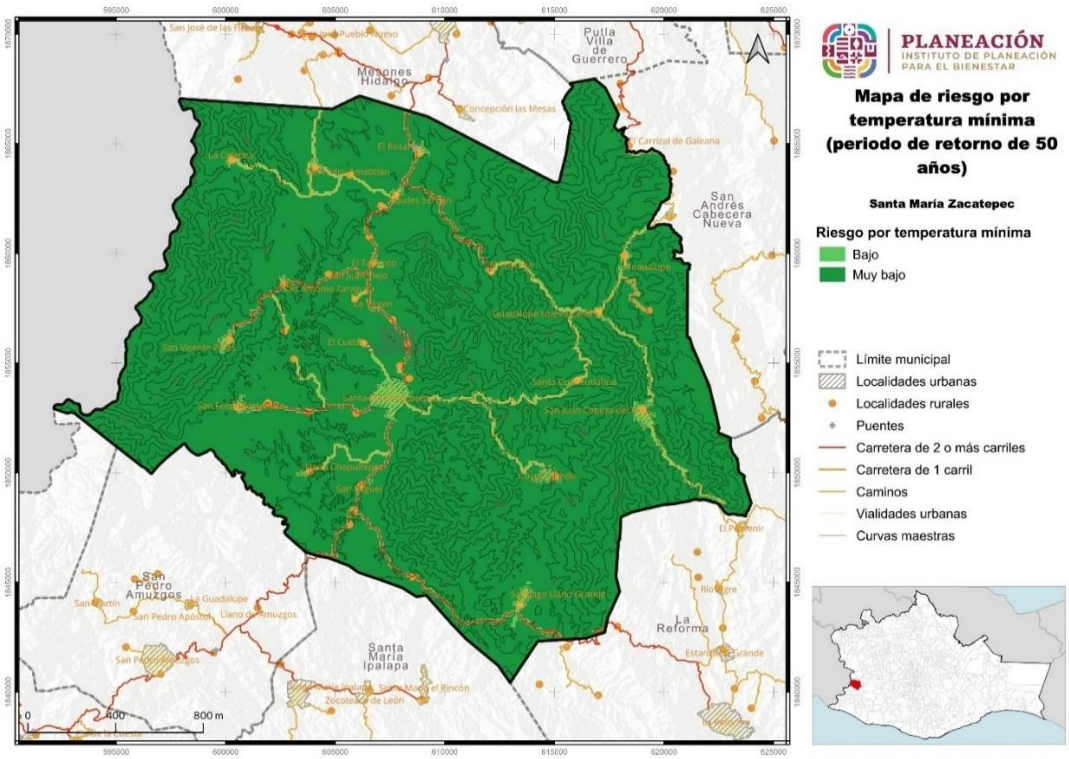
Riesgo por temperatura mínima (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

En términos porcentuales la superficie con riesgo bajo a temperatura mínimas, para un periodo de retorno de 50 años, con categoría de bajo riesgo es del 5.17% y para la categoría de riesgo muy bajo es del 94.83%.

El riesgo bajo a temperaturas mínimas, en el periodo de retorno de 50 años abarca todos los núcleos de población, así como las carreteras y caminos del municipio y el riesgo muy bajo se ubica en todo el territorio municipal.

Mapa 194. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.7.6 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 100 años

Para un periodo de retorno de 100 años, ante el peligro de temperaturas mínimas extremas que rebasen los valores mínimos históricos registrados en el Municipio se considera que 2,589.59 Ha, presenten un riesgo bajo y 47,467.52 Ha, presenten un riesgo muy bajo.

Tabla 241. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

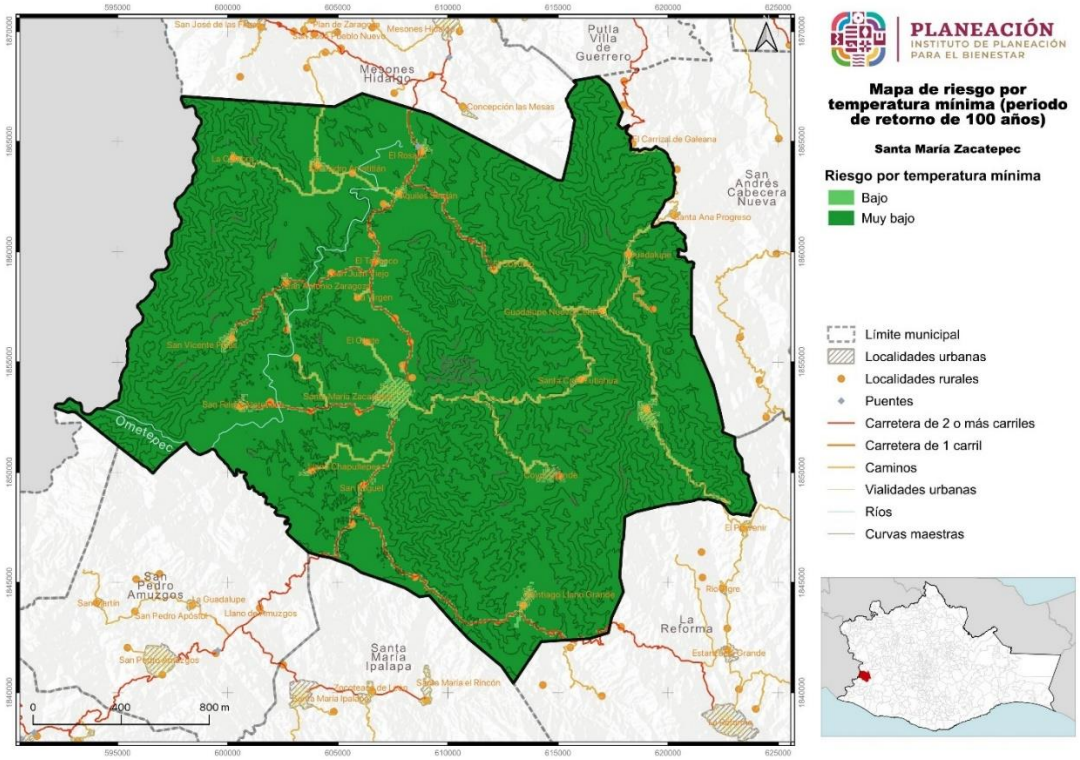
Riesgo por temperatura mínima (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

El porcentaje de superficie con riesgo bajo a temperaturas mínimas en el periodo de retorno de 100 años es de 5.17% y a para riego muy bajo, se tiene el 94.83%.

El riesgo bajo a temperaturas mínimas, en el periodo de retorno de 100 años abarca todos los núcleos de población, así como las carreteras y caminos del municipio y el riesgo muy bajo se ubica en todo el territorio municipal.

Mapa 195. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 100 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.8 Riesgo por granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo, y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo *cumulunimbus* son arrastrados por corrientes ascendentes de aire. Las piedras de granizo crecen por las colisiones sucesivas de estas partículas de agua a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido. Esta agua queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. Las piedras de granizo tienen diámetros que varían entre 2 mm y 13 cm, y las mayores pueden ser muy destructivas. A veces, varias piedras pueden solidificarse formando grandes masas pesadas de hielo y nieve.

En el Municipio se presenta riesgo medio por tormentas de granizo en 524.35 Ha; riesgo bajo en 12,484.28 Ha, y riesgo muy bajo en 37,048.49 Ha.

Tabla 242. Riesgo por tormentas de granizo en el municipio

Riesgo por granizo	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	524.35	1.05
Bajo	12484.28	24.94
Muy bajo	37048.49	74.01

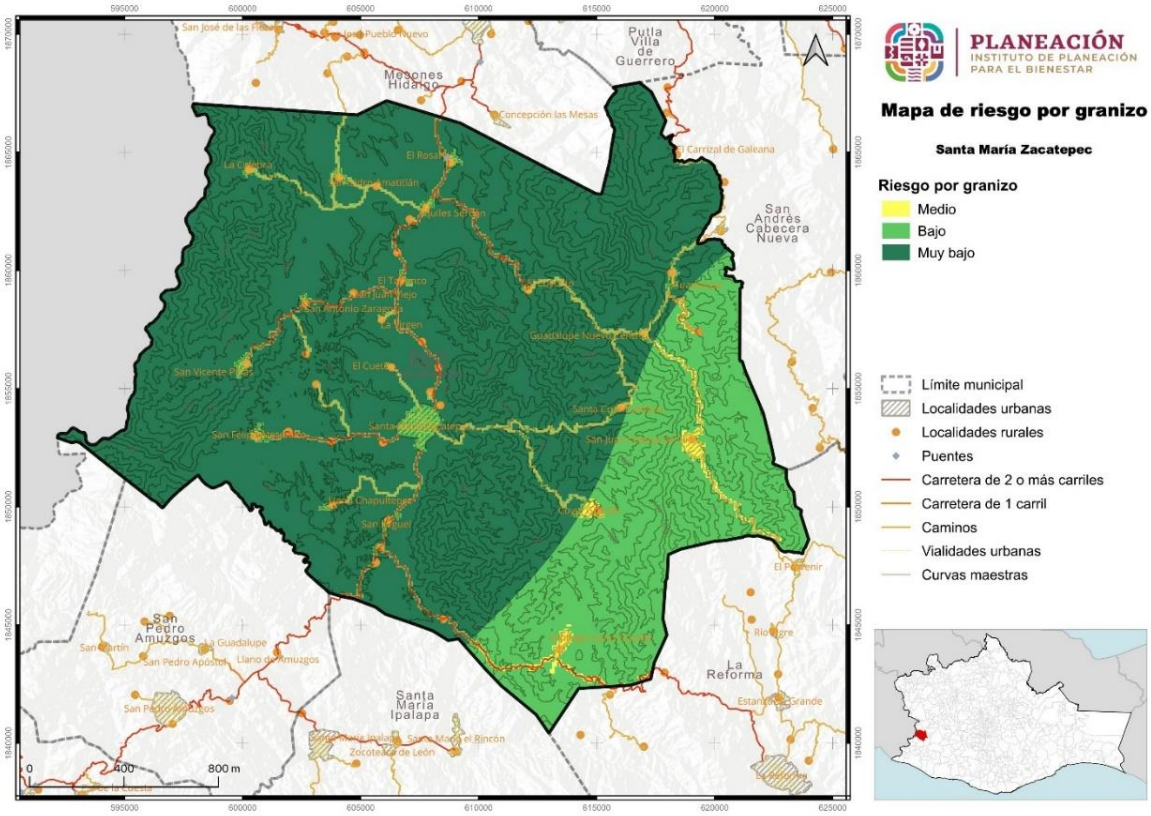
Fuente: CentroGeo, 2024

La superficie con riesgo por granizo en grado medio representa el 1.05% del territorio municipal, el riesgo bajo por granizo significa el 24.94% y el riesgo muy bajo en 74.01%.

El riesgo medio a granizo en Santa María Zacatepec abarca las localidades de San Juan Cabeza del Rio y Coyul Grande, así como los caminos que van de la Guadalupe a el Limón Santana y de Guadalupe Nuevo Centro hasta la localidad de porvenir que pertenece al municipio de la Reforma.

El bajo nivel de riesgo por granizo se presenta en los demás núcleos de población, carreteras y caminos del Municipio, asi como en una amplia franja situada al oriente del territorio que abarca desde San Andrés Cabecera Nueva y pasa cerca de las localidades de Guadalupe Nuevo Centro, Santa Cruz Tutiahua y Coyul Grande hasta llegar al limite con Santa María Ipalapa en las márgenes del Rio el Santo, colindando esta zona en su otro extremo con los Límites municipales de la Reforma y San Andrés Cabecera Nueva .

Mapa 196. Riesgo por tormentas de granizo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.8.1 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

Considerando la probabilidad que en el Municipio se presenten tormentas de Granizo en un periodo de retorno de 2 años, en magnitudes similares o mayores a la que ya se han presentado en el Municipio, entonces 2,589.59 Ha, estarían bajo en riesgo bajo ante la presencia de este fenómeno; y 47,467.52 Ha, estarían en riesgo muy bajo.

Tabla 243. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

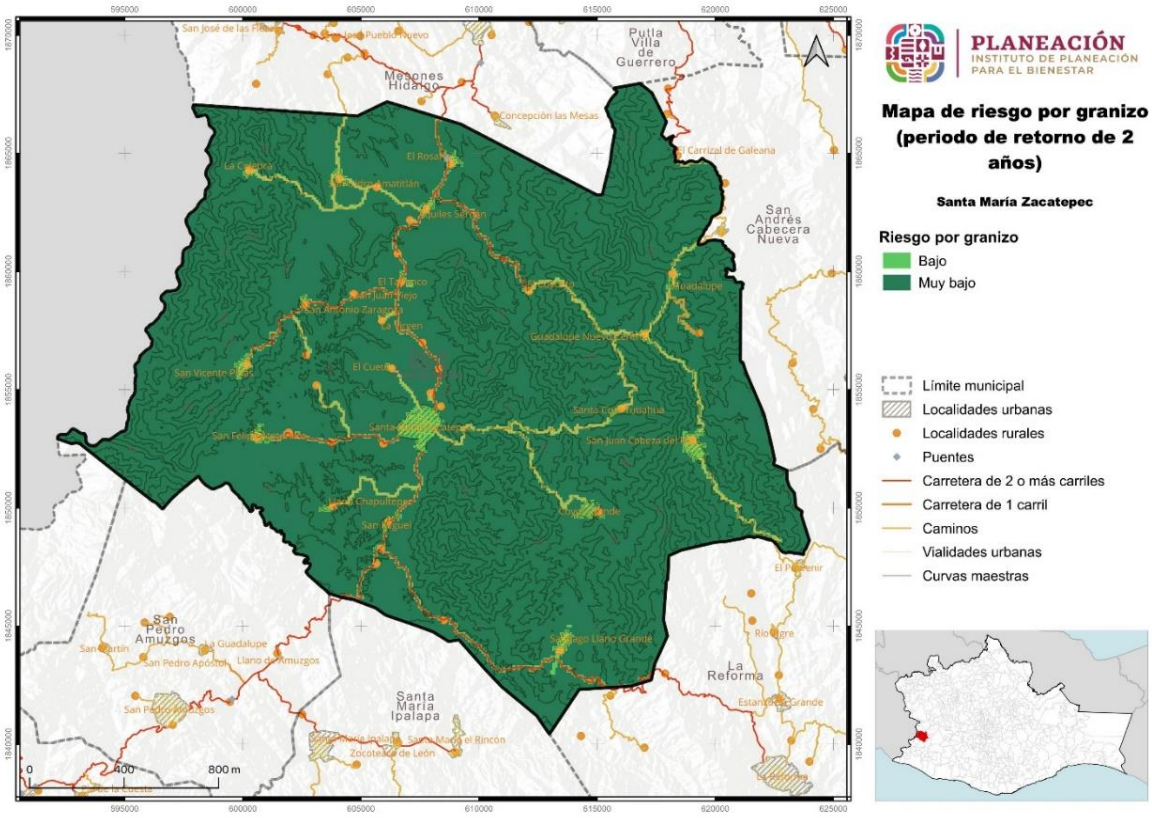
Riesgo por granizo (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

El riesgo por granizo en nivel bajo abarca el 5.17% de la superficie municipal y el riesgo muy bajo representa el 94.83% del municipio.

La zona con riesgo bajo por granizo en este periodo de retorno de 2 años se localiza en la cabecera municipal y demás núcleos de población y los caminos que los conectan; por otra parte, las zonas con riego muy bajo a granizo abarcan todo el territorio del municipio.

Mapa 197. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.8.2 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

El riesgo por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 5 años, con probabilidad que la intensidad del fenómeno sea igualado o excedido con respecto a los ya acontecidos en el Municipio, expone a riesgo bajo una superficie de 2,589.59 Ha, y a riesgo muy bajo 47,467.52 Ha.

Tabla 244. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

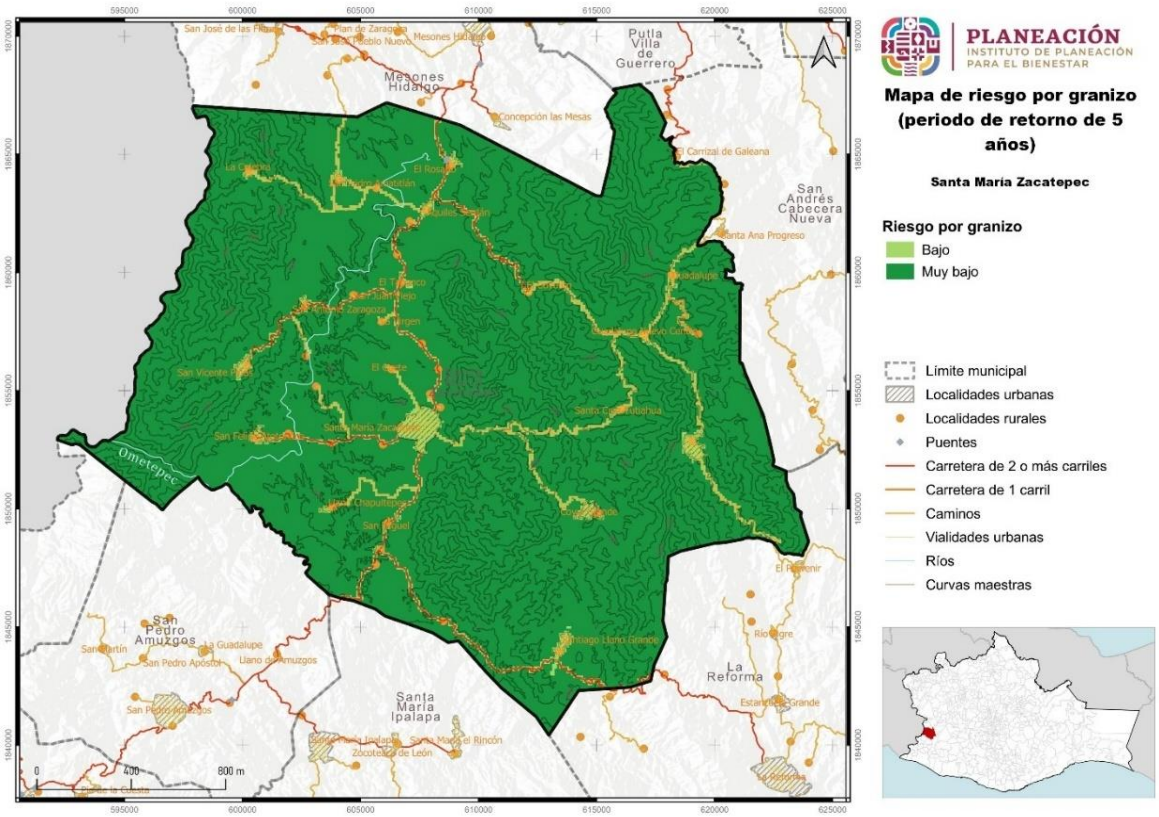
Riesgo por granizo (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

La probabilidad de ocurrencia de tormenta de granizo en un periodo de retorno de 5 años, con magnitud similar o superior a las ya ocurridas en el Municipio, ubican en un nivel de riesgo bajo al 5.17% del total de la superficie municipal y a un riesgo muy bajo al 94.83%.

La zona con riesgo bajo por granizo en este periodo de retorno de 5 años se localiza en la cabecera municipal y demás núcleos de población y los caminos que los conectan; por otra parte, las zonas con riesgo muy bajo a granizo abarcan todo el territorio del municipio.

Mapa 198. .Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.8.3 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

En un periodo de retorno 10 años, considerando la probabilidad de que se presenten tormentas de granizo de magnitud igual o mayor a las ocurridas históricamente en el municipio colocan a 2,589.59 Ha, en un nivel de riesgo bajo; y a 47,467.52 Ha, en un riesgo muy bajo a tormentas de granizo.

Tabla 245. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

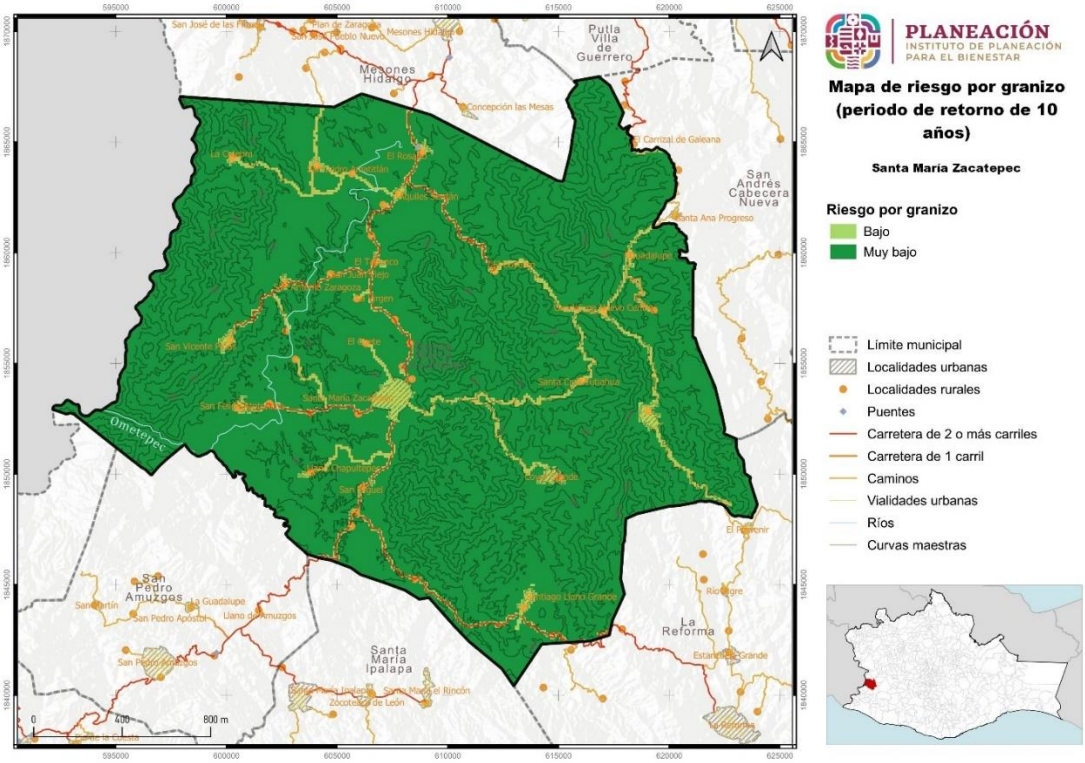
Riesgo por granizo (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

El porcentaje de superficie catalogada con riesgo bajo a tormentas de granizo es de 5.17% y la superficie sujeta a riesgo muy bajo representa el 94.83%

El porcentaje de superficie catalogada con riesgo bajo a tormentas de granizo es de 5.17% y la superficie sujeta a riesgo muy bajo representa el 94.83%.

Mapa 199. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.8.4 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

El peligro por tormenta de granizo en el municipio para un periodo de retorno de 25 años, con la probabilidad de que su magnitud sea igualada o excedida, califica el territorio con tres niveles d riesgo; el nivel de riesgo medio afectaría 276.11 Ha; el nivel de riesgo bajo a 12,383.91 Ha; y el nivel de riesgo muy bajo a 37,397.1 Ha.

Tabla 246. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

Riesgo por granizo (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	276.11	0.55
Bajo	12383.91	24.74
Muy bajo	37397.1	74.71

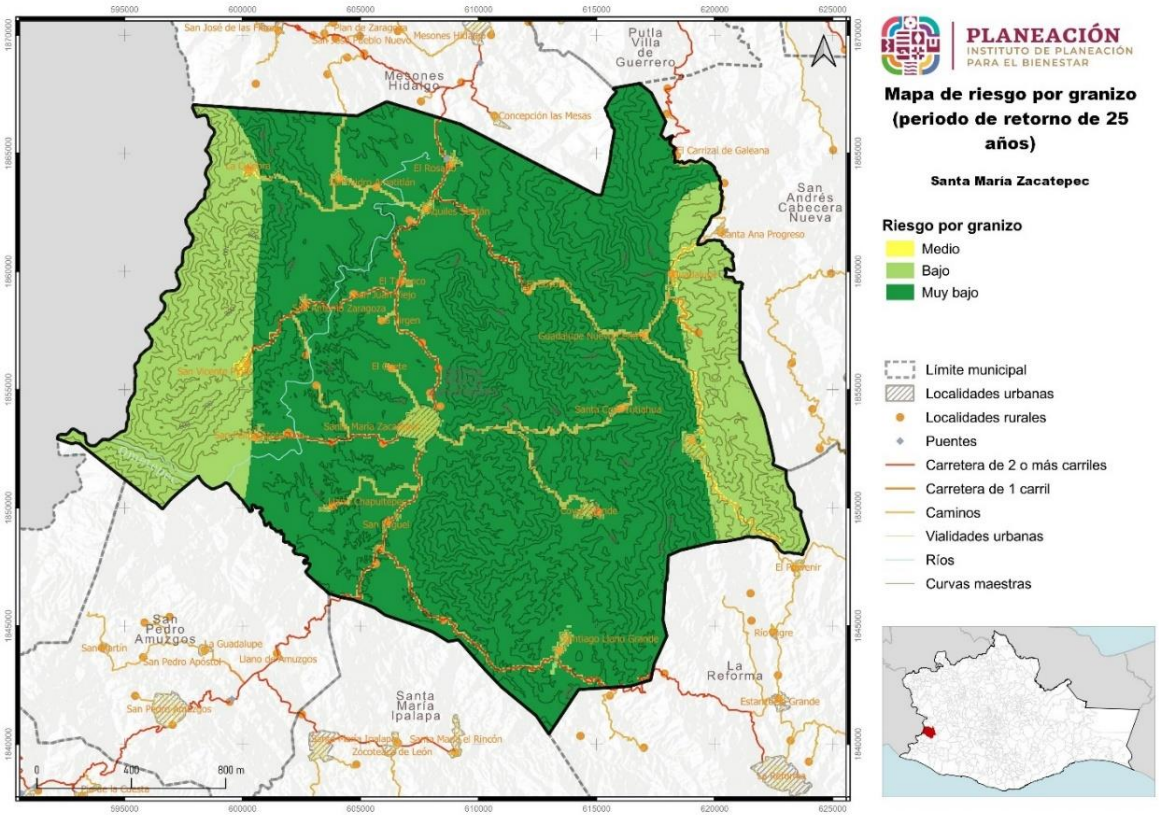
Fuente: CentroGeo, 2024

De lo anterior se deriva que el 0.55% del territorio registra un riesgo medio a tormentas de granizo, en este periodo de retorno de 25 años; así mismo, el 24.74% seria de riesgo bajo y el 74.71% de riesgo muy bajo.

En el periodo de retorno de 25 años ya a parecen áreas con riesgo medio que corresponde a las localidades de la Culebra y San Vicente Piñas, así como a los caminos que conectan a la Guadalupe con la Localidad de Santa Ana Progreso que pertenece a San Andrés Cabecera nueva además de los caminos que van hacia la limón santana y que conectan a San Juan Cabeza del Rio con la Localidad del el Porvenir que pertenece a la Reforma.

Las zonas con riesgo bajo a tormentas de granizo se ubican en franjas colocadas en os extremo oriente y poniente del Municipio y las zonas con muy bajo riesgo a este fenómeno ocupan parte de sierra, así como los lomeríos y valles en una amplia franja del centro del territorio.

Mapa 200. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.8.5 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

El peligro por tormenta de granizo en el municipio para un periodo de retorno de 5 décadas, considerando que en 50 años será igualado o excedido, la presencia de tormentas de granizo ubica en un nivel de riesgo medio a 1,798.45 Ha; en un nivel de riesgo bajo a 38,692.57 Ha, y en un nivel de riesgo muy bajo a 9,566.1 Ha.

Tabla 247. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

Riesgo por granizo (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	1798.45	3.59
Bajo	38692.57	77.3
Muy bajo	9566.1	19.11

Fuente: CentroGeo, 2024

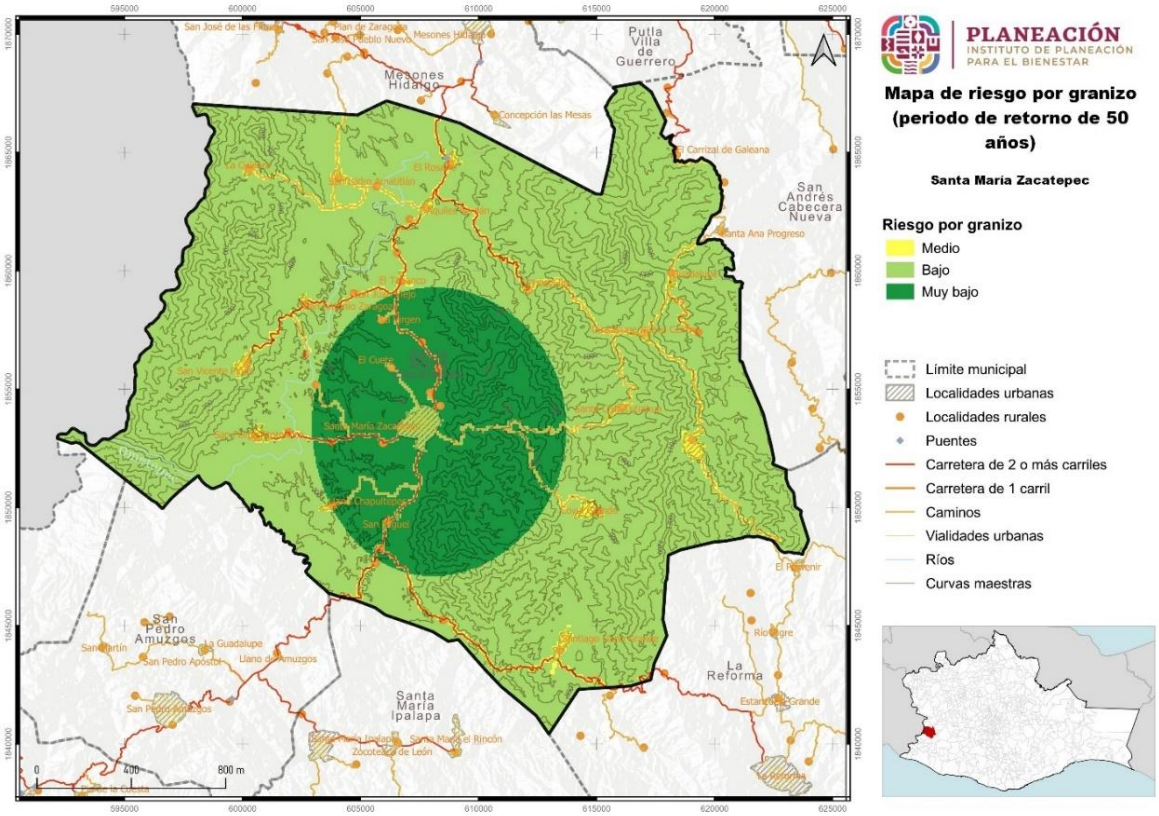
En términos de porcentaje el 3.59% de la superficie del municipio encuadra en un riesgo medio por tormentas de granizo en el periodo de retorno de 50 años, el 77.3% corresponde a un nivel de riesgo bajo y el 19.11% a un nivel de riesgo muy bajo.

El nivel de riesgo medio a tormentas de granizo se amplia a los núcleos de población del Rosario, San Isidro Amatlán, San Felipe Atotonilco, Llano Chapultepec, Santiago Llano Grande, Coyul Grande, San Juan Cabeza del Rio, Guadalupe Nuevo Centro y Guadalupe, así como a los caminos que las comunican.

Las zonas con riesgo muy bajo forma un círculo que abarca desde la Virgen hasta San Marcos Nejapa y desde Estanzuelilla hasta La Mesa.

La zona con riesgo bajo rodea a toda la zona con riesgo muy bajo e incluye la cabecera municipal y los caminos que parten de esta hacia El Cuete, Estanzuelilla, Llano Chapultepec, Coyul Grande y Santa Cruz Tutiahua, además de la carretera federal.

Mapa 201. . Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.8.6 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

El riesgo por tormenta de granizo, proyectado para un periodo de retorno de 100 años, bajo la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en magnitud similar o mayor a las ya presentadas con anterioridad en el municipio, se considera de riesgo medio en 2,097.9 Ha; de riesgo bajo en 44,161.18 Ha; y de riesgo medio en 2,097.9 Ha.

Tabla 248. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

Riesgo por granizo (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	2097.9	4.19
Bajo	44161.18	88.22
Muy bajo	3798.03	7.59

Fuente: CentroGeo, 2024

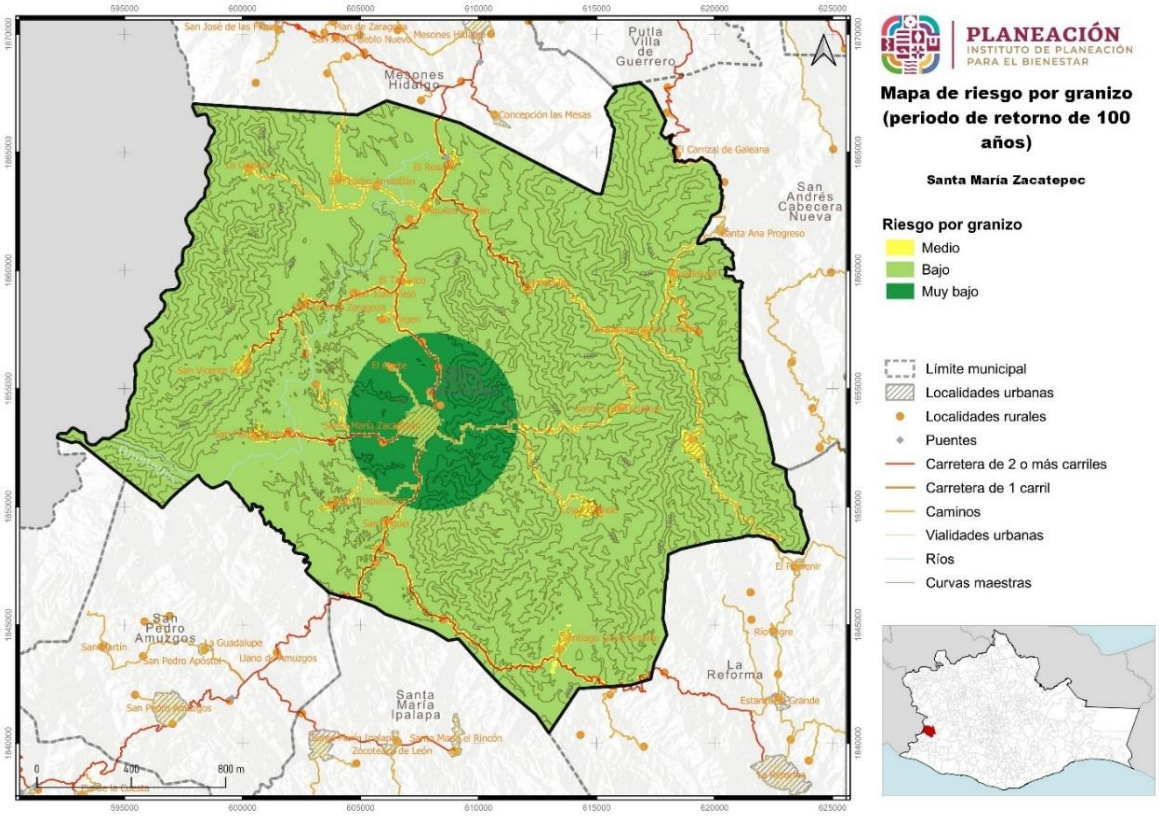
En números relativos, el riesgo por tormentas de granizo, en un período de retorno de 100 años, es de nivel medio en el 4.19% del territorio, de nivel bajo en el 88.22% del municipio y de nivel muy bajo en el 7.59%.

El riesgo medio por granizo, en el período de retorno de 100 años, estaría presente en los núcleos de población del municipio, con excepción de la cabecera municipal, así como en las carreteras y caminos de todo el territorio.

El riesgo muy bajo, se concentra en la parte central del municipio, formando un círculo alrededor de la cabecera municipal, quedando dentro de esta área las localidades de Tres Arroyos, El Cuete, Rancho San Pedro, Llano de la Viuda y Las Mesas.

La cabecera municipal se ubica en riesgo bajo, que es el nivel de riesgo que abarca la mayor parte del municipio y rodea el círculo que forma la zona con riesgo muy bajo.

Mapa 202. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.9 Riesgo por nevadas

Las tormentas de nieve son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de la solidificación del agua.

Las nevadas curren en invierno y son provocadas por masas de aire polar y frentes fríos, que ocasionalmente interactúan con corrientes en chorro, líneas de vaguadas y entrada de humedad de los océanos hacia la tierra.

Por la situación geográfica de nuestro estado, son pocas las zonas que registran nevadas, siendo más probables en montañas y sierras.

Como ya se mencionó anteriormente, en el municipio se encuentran elevaciones de hasta 1,600 msnm; sin embargo, por su ubicación geográfica, es poco susceptibles a riesgo por nevadas, de tal manera que en 47,467.52 Ha el riesgo se considera como muy bajo; y en las restantes 2,589.59 Ha como riesgo bajo.

Tabla 249. Riesgo por nevadas en el municipio

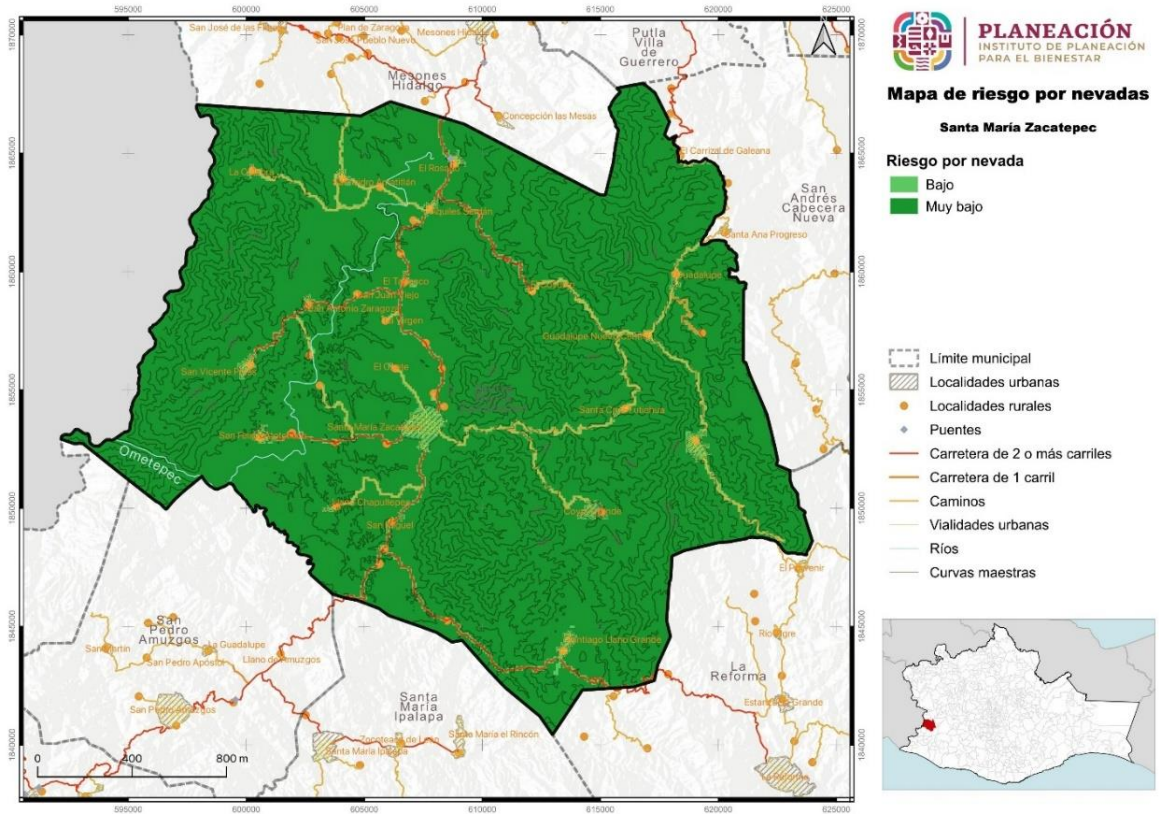
Riesgo por nevadas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

La mayor parte del territorio municipal, el 94.83% se considera con riesgo muy bajo y 5.17% a riesgo bajo a nevadas.

El riesgo bajo a nevadas se limita a las zonas pobladas del municipio, en virtud del nivel de peligro y vulnerabilidad a los que están expuestos su población; por otra parte, el riesgo muy bajo abarca todo el territorio municipal.

Mapa 203. Riesgo por nevadas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.10 Riesgo por heladas en el municipio

La helada es la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua 0°C (WMO, 1992). La cubierta de hielo es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas (Ascaso y Casasls, 1986).

Aun cuando geográficamente, Santa María Zacatepec se encuentra en la mixteca baja, entre las coordenadas 16° 38’ y 16° 54’ de latitud norte y 97° 50’ y 98° 09’ de longitud oeste, que lo ubica en una zona con climas cálido subhúmedo y semi cálido subhúmedo, presente montañas con hasta 1,600 msnm, que lo hacen susceptible a la presencia de heladas por advección, muy probablemente porque masas de aire frío bajan de las montañas hacia las cañadas y valles.

Por lo anterior, es entendible que existan 6.47 Ha, con riesgo muy alto a heladas; 735.28 Ha, a riesgo alto; 49,177.43 Ha, a riesgo medio y 75.78 Ha, a riesgo bajo.

Tabla 250. Riesgo por heladas en el municipio

Riesgo por heladas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	6.47	0.01
Alto	735.28	1.47
Medio	49177.43	98.24
Bajo	75.78	0.15

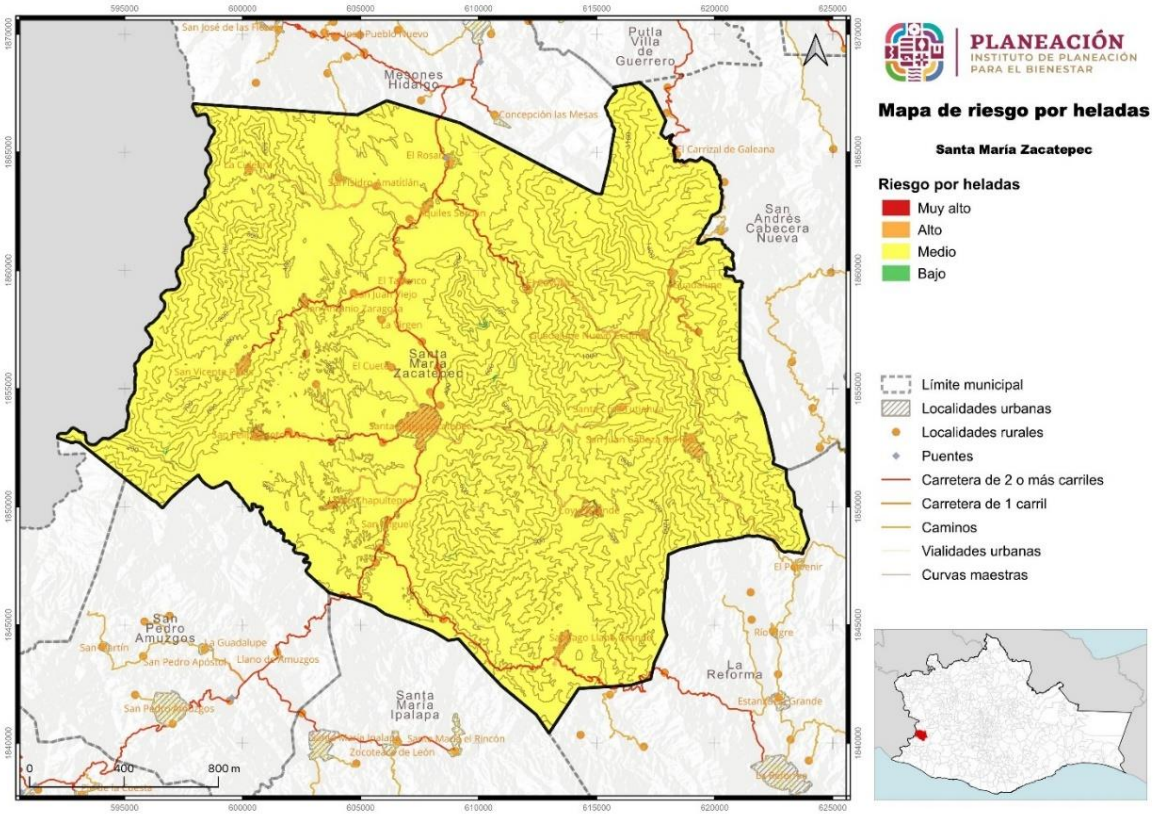
Fuente: CentroGeo, 2024

El 0.01% de la superficie que abarca el municipio, se considera con muy alto riesgo por heladas, 1.47% con riesgo alto, 98.24% con riesgo medio y 0.15% con riesgo bajo.

Las muy pequeñas áreas con riesgo muy alto por heladas se pueden encontrar en las localidades ubicadas en las zonas de montaña, tales como Guadalupe, Guadalupe Nuevo Centro y San Juan Cabeza del Río.

En riesgo alto se ubican la gran mayoría de los núcleos de población, incluyendo parte de la cabecera municipal; el riesgo medio abraca prácticamente todo el territorio y el riesgo bajo se ubica en muy pequeñas zonas de valles intermontanos ubicados al noreste de la cabecera municipal.

Mapa 204. Riesgo por heladas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.11 Ondas cálidas

La onda u ola de calor es un periodo de temperatura excesiva, casi siempre combinada con humedad, que se mantiene durante varios días consecutivos.

Las temperaturas máximas extremas que se presentan en un lugar son consecuencia de sistemas atmosféricos atípicos que se asientan en una región y pueden dar lugar en el verano a ondas cálidas. Generalmente las temperaturas extremas que se presentan son de una magnitud de dos a tres desviaciones estándar, respecto a los valores normales de temperaturas máximas.

V.9.11.1 Riesgo por temperaturas máximas

CENAPRED 2021 clasifica al municipio con grado de peligro por onda de calor muy bajo, en virtud que no se han presentado declaratorias de emergencia por onda de calor; sin embargo, en el año 2024 se ha dado la presencia extraordinaria de este fenómeno en el país, al que el territorio de Santa María Zacatepec no ha escapado. (CENAPRED, Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec, 2021).

El riesgo por temperaturas máximas en el municipio se clasifica en rangos de bajo a alto; de tal manera que el riesgo alto abarca una superficie de 280.66 Ha; el riesgo medio a 49,335.01 Ha; y el riesgo bajo a 441.43 Ha.

Tabla 251. Riesgo por temperaturas máximas en el municipio

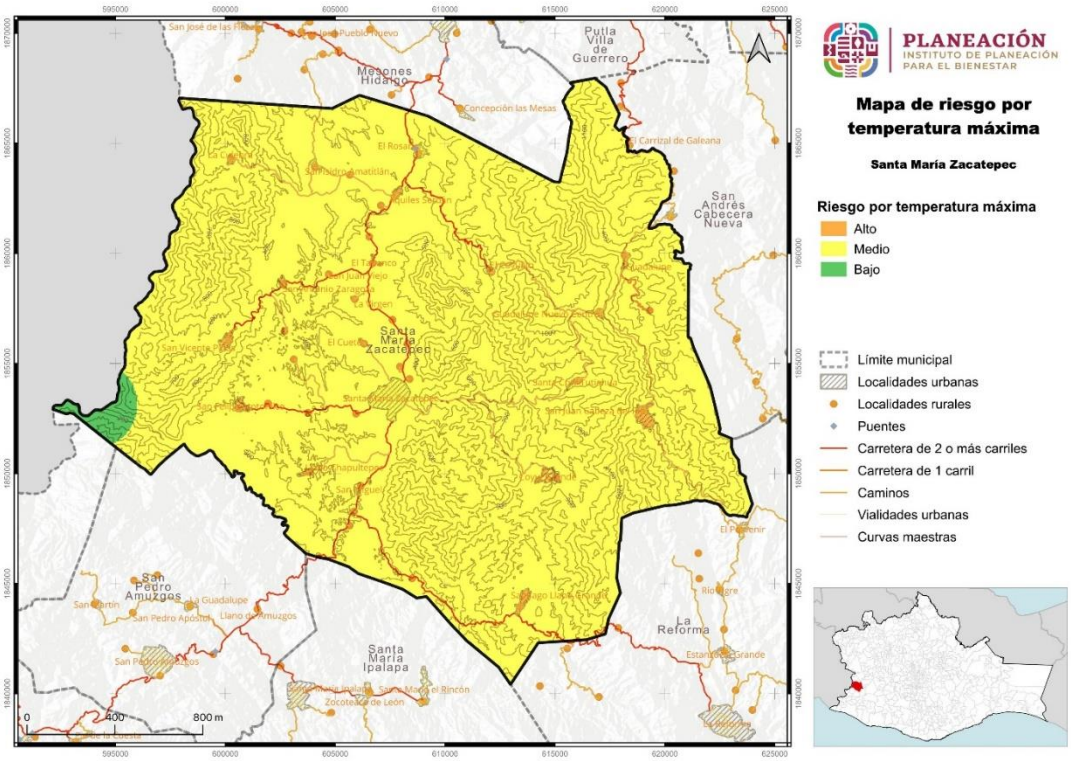
Riesgo por temperatura máxima	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	280.66	0.56
Medio	49335.01	98.56
Bajo	441.43	0.88

Fuente: CentroGeo, 2024

Por lo anterior, el porcentaje de superficie con riesgo alto es de 0.56% del total del territorio municipal, con riesgo medio se tiene al 98.56% y en riesgo bajo al 0.88%.

La gran mayoría de los núcleos de población se catalogan con riesgo muy alto, así como las carreteras que comunican a las localidades de la zona oriente del territorio; la gran mayoría de la superficie del municipio se ubica con riesgo medio a temperaturas máximas y la zona con riesgo bajo en el extremo suroeste, cercano a las márgenes del río Atotonilco, en colindancia con el estado de Guerrero.

Mapa 205. Riesgo por temperaturas máximas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.11.2 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

El riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de dos años, considerando la probabilidad de su ocurrencia en magnitud extrema, posiciona a 1,989.62 Ha, en situación de riesgo medio; a 41,924.02 Ha, a riesgo bajo y 6,143.46 Ha, a riesgo muy bajo.

Tabla 252. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

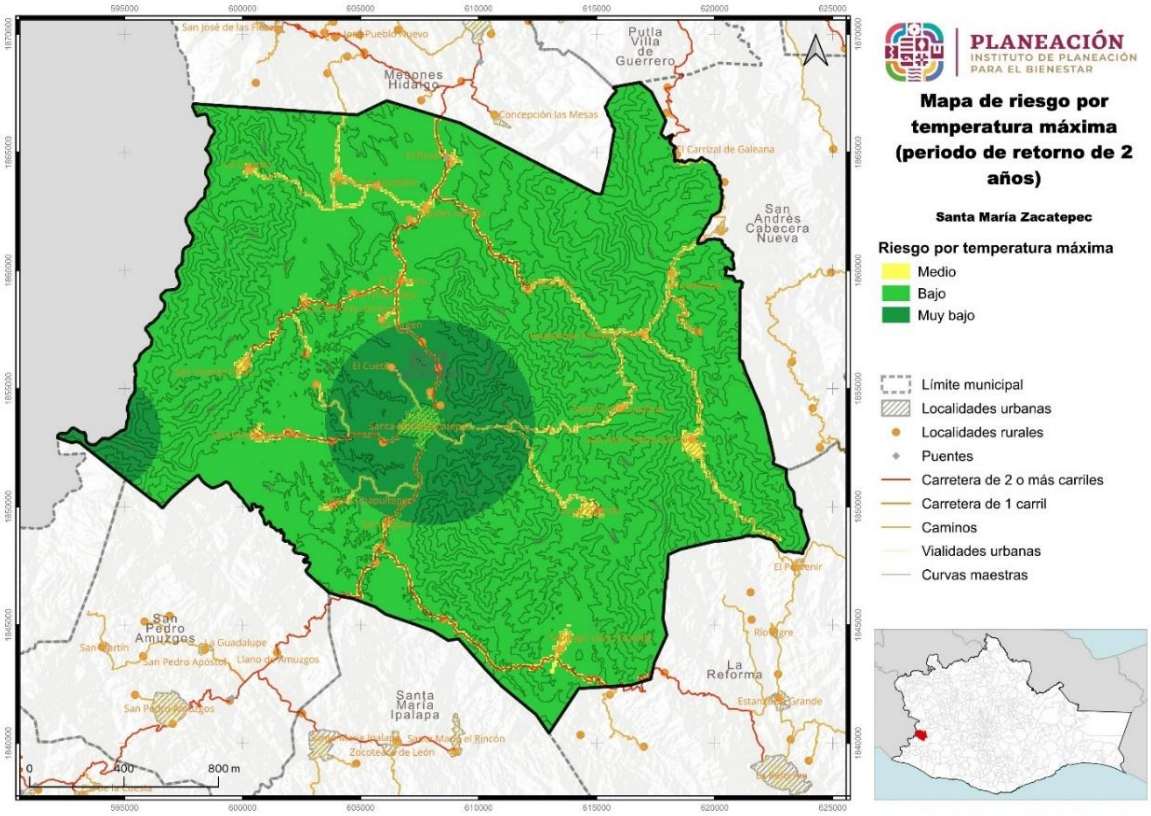
Riesgo por temperatura máxima (PR 2 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	1989.62	3.97
Bajo	41924.02	83.75
Muy bajo	6143.46	12.27

Fuente: CentroGeo, 2024

Por lo anterior, el 3.97% de la superficie municipal se ubica con riesgo medio a temperaturas frías, 83.75% a riesgo bajo y 12.27% a riesgo muy bajo.

A excepción de la cabecera municipal, los demás núcleos de población se catalogan con riesgo medio, así como las carreteras y caminos que comunican a las localidades del territorio; el riesgo bajo es el que presenta la mayor parte del municipio, se encuentra en la cabecera municipal y rodeando las zonas con riesgo muy bajo; son dos las zonas con riesgo muy bajo, una de ellas forma un círculo alrededor de la cabecera municipal y otra se encuentra en el extremo suroeste del municipio, muy cerca de las márgenes del río Atotonilco, en colindancia con el estado de Guerrero.

Mapa 206. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.11.3 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 5 años

Para un periodo de retorno de cinco años, en el que existe la probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas extremas en el municipio, la superficie expuesta a riesgo medio es de 2,566.46 Ha; y la superficie expuesta a riesgo bajo es de 47,490.65 Ha.

Tabla 253. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

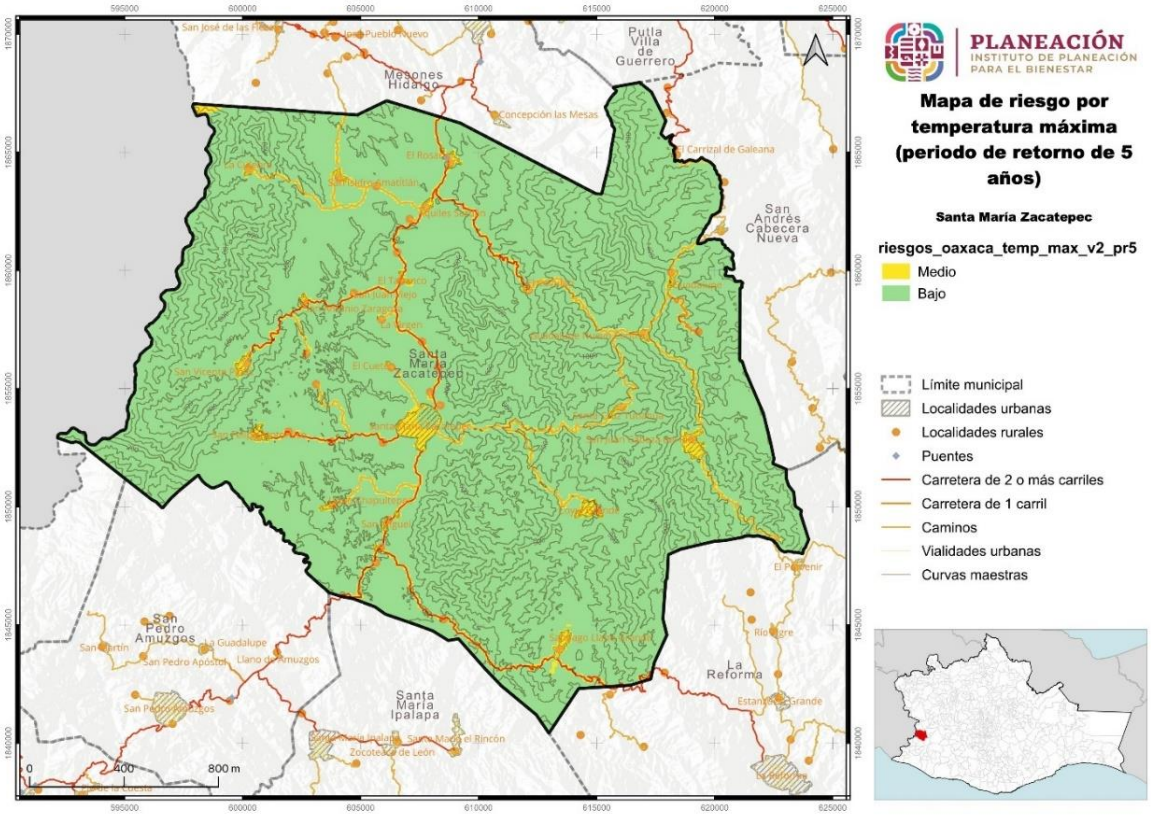
Riesgo por temperatura máxima (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	2566.46	5.13
Bajo	47490.65	94.87

Fuente: CentroGeo, 2024

Con base en lo anterior, se tiene un 5.13% de la superficie del municipio en riesgo medio a temperaturas máximas y un 94.87% a riesgo bajo.

El riesgo medio a temperaturas máximas se encuentra en los núcleos de población, carreteras y caminos del municipio, incluyendo una fracción del 60% de la cabecera municipal; por otra parte, el riesgo bajo abarca todo el territorio municipal, así como el 40% de la cabecera municipal.

Mapa 207. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.11.4 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 10 años

Para un periodo de retorno de 10 años, ante la probabilidad de ocurrencia de temperaturas máximas superiores a las ya presentadas en el Municipio, 12,852.04 Ha, quedan expuestas a un riesgo medio; y 37,205.07 Ha, a riesgo bajo.

Tabla 254. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

Riesgo por temperatura máxima (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	12852.04	25.67
Bajo	37205.07	74.33

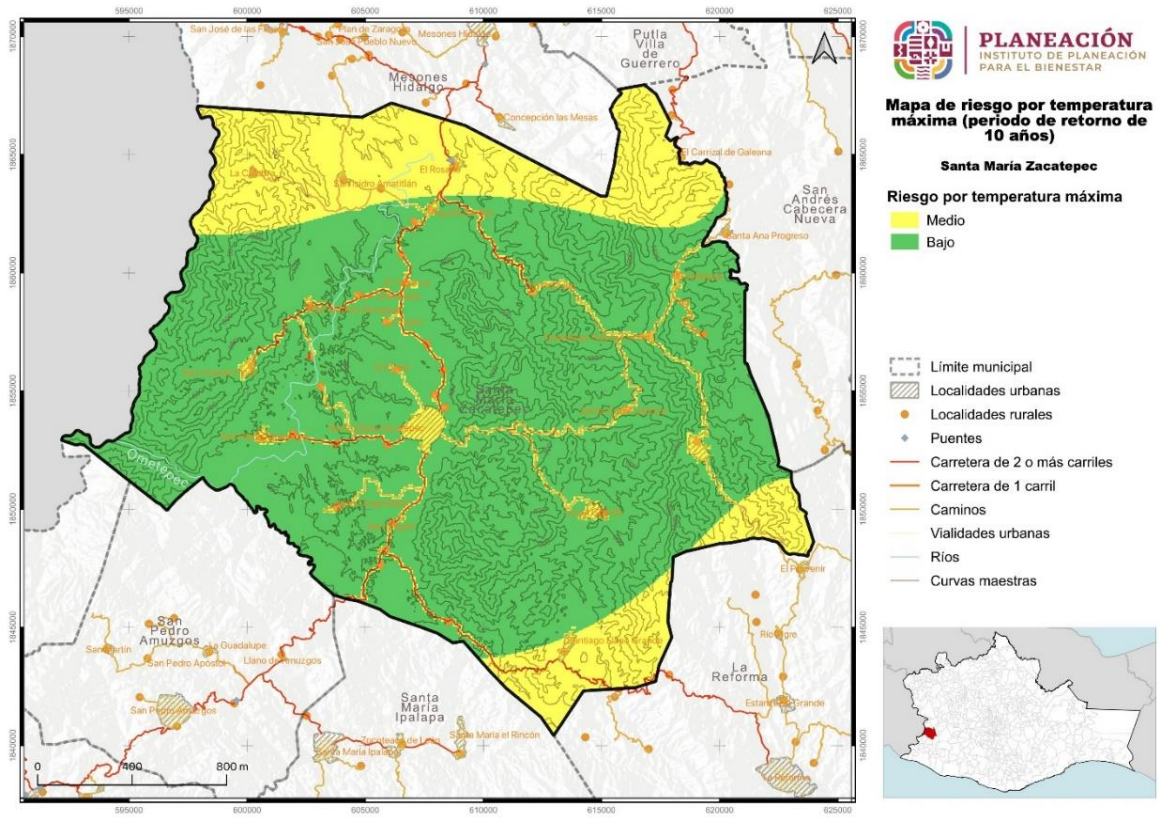
Fuente: CentroGeo, 2024

Los porcentajes del territorio municipal presentan en un 25.67% riesgo medio por temperaturas máximas y 74.33 % presentan riesgo bajo

La parte del territorio en el que se presenta riesgo medio por temperatura máxima en un periodo de retorno de 10 años, se ubica en dos franjas una al norte que colinda con Mesones Hidalgo, Putla Villa de Guerrero y San Andrés Cabecera Nueva y llega hasta el Cerro Cabeza de la Culebra pasando por la desviación hacia el Coyulito y llegando al este a la colindancia con San Andrés Cabecera Nueva; la otra franja abarca la zona sureste del territorio desde el lindero con Santa María Ipalapa hasta el puto trino que se forma con la Reforma de San Andrés Cabecera Nueva, así también incluye los núcleos d población, carreteras y caminos del municipio.

La zona con riesgo bajo por temperaturas máximas abarca la demás parte del territorio.

Mapa 208. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.11.5 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 25 años

Para el periodo de retorno de 25 años, las áreas en las que se considera que las temperaturas máximas registradas pueden ser igualadas o superadas, alcanzan un nivel de peligro alto en 8.02 Ha; un nivel de periodo medio en 37,512.72 Ha; y un nivel de peligro bajo en 12,536.38 Ha.

Tabla 255. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

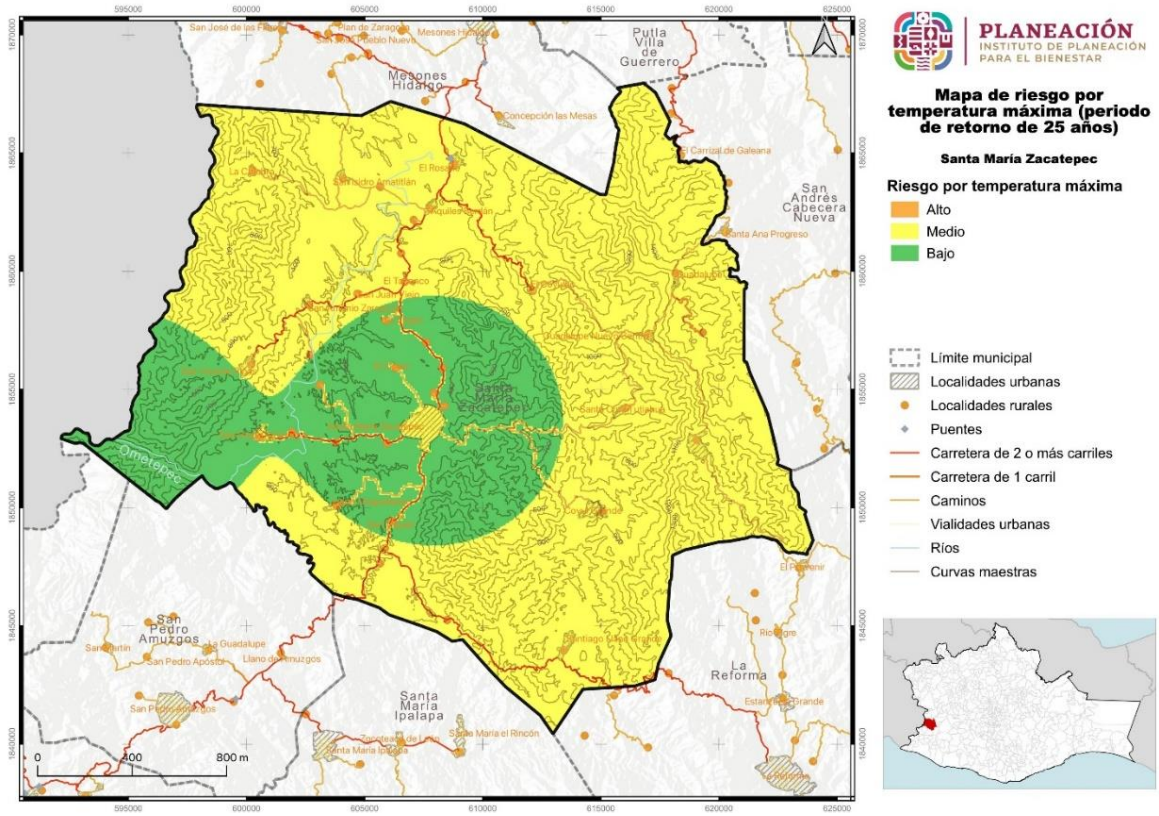
Riesgo por temperatura máxima (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	8.02	0.02
Medio	37512.72	74.94
Bajo	12536.38	25.04

Fuente: CentroGeo, 2024

El porcentaje de superficie con riesgo alto por temperatura máxima es de 0.02% del territorio, con riesgo medio se tiene el 74.94% y con riesgo bajo el 25.04%.

La zona con riesgo bajo forma un círculo en el centro del municipio extendiéndose en forma de franja hacia el poniente, donde se abre en abanico hasta tocar los límites con el estado de Guerrero por un lado y con San Juan Cacahuatepec por el otro; las localidades que quedan dentro de esta zona, además de la cabecera municipal son; El Cuete, La Virgen, San Felipe Atotonilco, Llano Chapultepec y San Miguel, aunque estos centros de población quedan marcados con un nivel de riesgo medio. La zona con riesgo medio abarca el resto del territorio, tanto al norte, como al este y sur del municipio.

Mapa 209. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.11.6 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 50 años

Considerando la probabilidad de retorno de temperaturas máximas extremas en un período de 50 años, se considera que serían afectadas 9.83 Ha, situándolas en riesgo alto; así mismo, 45,690.26 Ha, presentarían riesgo medio y 4,357.01 Ha, un riesgo bajo.

Tabla 256. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

Riesgo por temperatura máxima (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	9.83	0.02
Medio	45690.26	91.28
Bajo	4357.01	8.7

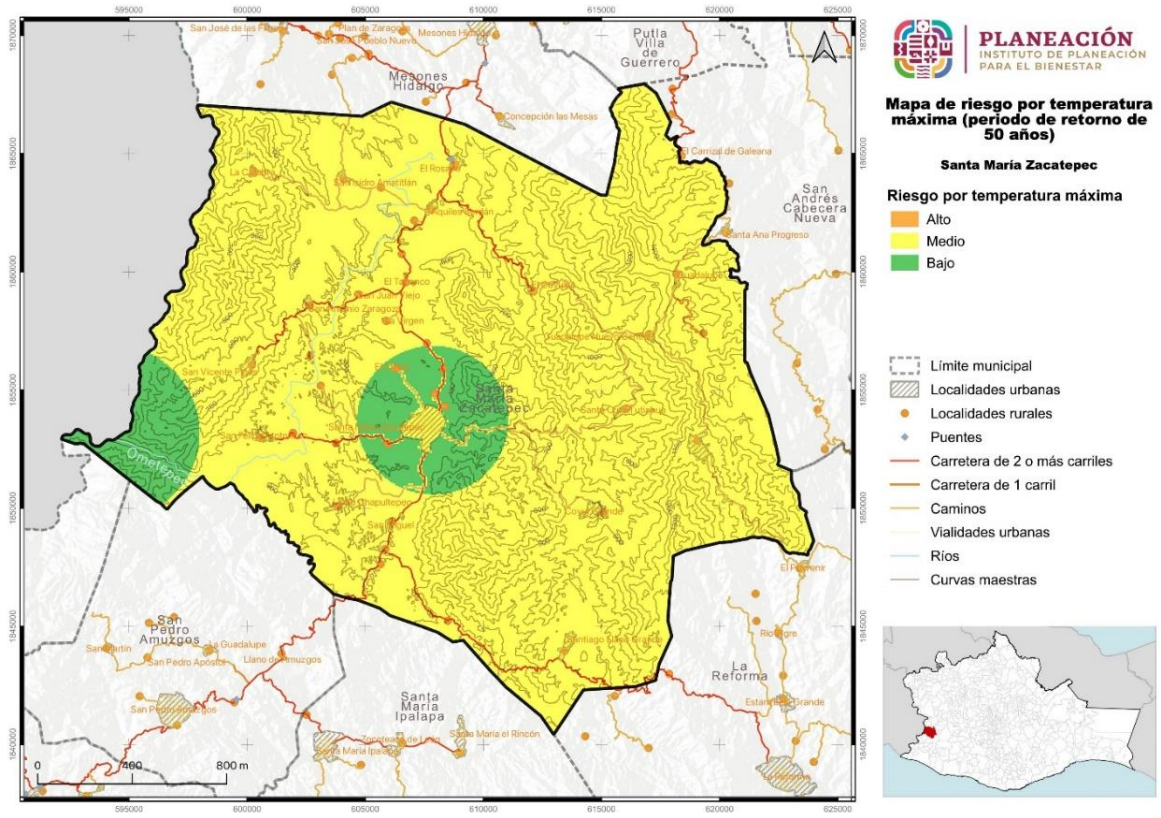
Fuente: CentroGeo, 2024

El riesgo por temperatura máxima en un período de 50 años, ubican al 0.02% el territorio en riesgo alto, al 91.28% en riesgo medio y al 8.7% en riesgo bajo.

La superficie susceptible de riesgo alto se ubica en el extremo noroeste del territorio, en el punto trino que forma el municipio con Mesones Hidalgo y el estado de Guerrero.

La zona con peligro medio abarca la mayor parte de la superficie municipal, donde quedan inmersas la gran mayoría de localidades del municipio, excepto Llano de Viuda, Rancho San Pedro y El Cuete, que se ubican dentro de la zona con bajo riesgo a temperaturas máximas extremas en un escenario de retorno de 50 años de estos fenómenos. Otra parte con peligro bajo se ubica en el extremo suroeste del municipio, colindando con el estado de Guerrero y los municipios de San Juan Cacahuatepec y San Pedro Amuzgos.

Mapa 210. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.11.7 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno por 100 años

El peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio, para un periodo de retorno de 100 años, considerando la probabilidad que sea igualado o excedido, deja expuesta una de 154.7 Ha, a riesgo alto; una superficie de 49,091.09 Ha, a riesgo medio y 811.32 Ha, a riesgo bajo.

Tabla 257. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

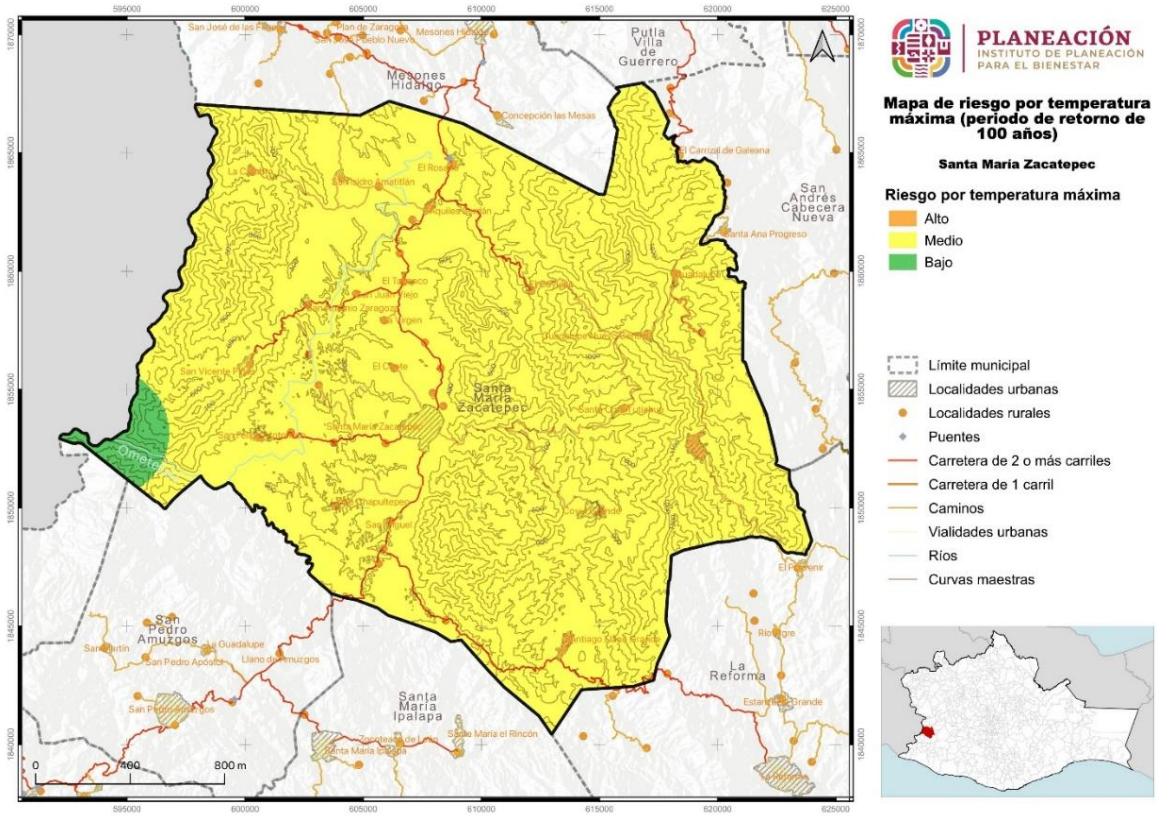
Riesgo por temperatura máxima (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	154.7	0.31
Medio	49091.09	98.07
Bajo	811.32	1.62

Fuente: CentroGeo, 2024

Los porcentajes de superficie con riesgo a temperaturas máximas, en un período de retorno de 100 años, es del 0.31% en las zonas con riesgo alto, 98.07% en zonas con riesgo medio y de 1.62% en zonas de riesgo bajo.

La mayor parte del territorio queda expuesto a riesgo medio por temperaturas máximas, en un período de retorno de 100 año y solo una zona ubicada al poniente del municipio, que abarca el Punto Trino formado con San Juan Cacahuatepec y San Pedro Amuzgos, se cataloga con riesgo bajo.

Gráfica 31. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.12 Riesgo por sequías

La sequía se define como precipitaciones por debajo del promedio, durante varios meses o años, considerándose un fenómeno recurrente en el país. No debe confundirse con la escasez de agua, que se refiere a la insuficiencia de agua para cubrir la demanda de la población. (CONAGUA, ¿Que es la sequia?)

La sequía es un fenómeno natural que afecta la disponibilidad de recursos hídricos esenciales para la vida y el desarrollo humano y que se vuelve una situación crítica, en la medida que el cambio climático se intensifica y la demanda de agua aumenta debido al crecimiento de la población y la expansión de actividades económicas.

El riesgo por sequía en el municipio se encuentra en nivel alto en 363.71 Ha; en riesgo medio en 49,614.03 Ha; y en riesgo bajo en 30.12 Ha.

Tabla 258. Riesgo por sequías en el municipio

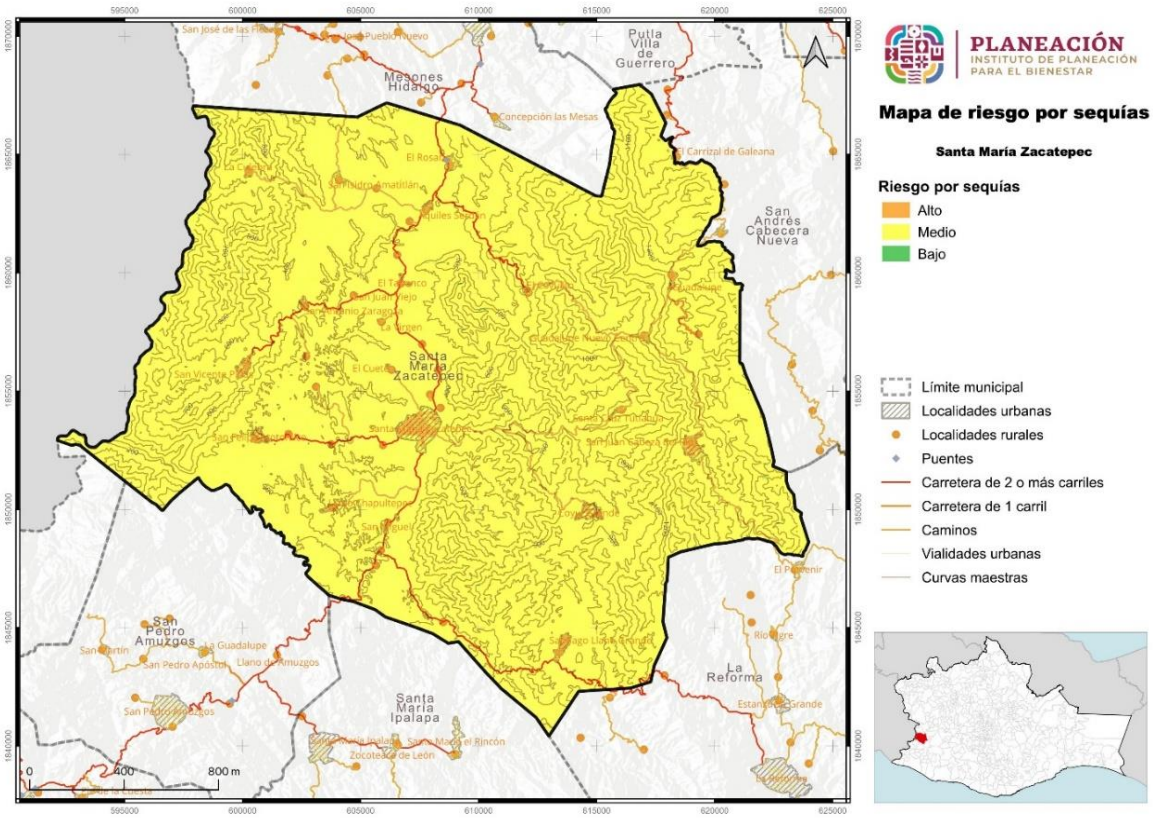
Riesgo por sequía	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	363.71	0.73
Medio	49614.03	99.11
Bajo	30.12	0.06

Fuente: CentroGeo, 2024

La proporción de superficies con riesgo de sequía en el territorio, se distribuye en 0.73% de zonas con riesgo alto; 99.11% con riesgo medio; y 0.06% con riesgo bajo.

Las áreas catalogadas con riesgo alto a sequías son imperceptibles en el mapa, en virtud de su tamaño pequeño; las zonas con amenaza media representan la mayoría de la superficie, que abarcan tanto áreas de sierra, montaña, lomeríos y valles, así como los núcleos de población del municipio, de la misma manera que las zonas con riesgo alto, las zonas con riesgo bajo son imperceptibles en el mapa, debido a su poca superficie.

Mapa 211. Riesgo por sequías en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.9.13 Riesgo por tornados en el municipio

Los tornados son un fenómeno violento formado por un vórtice de alta velocidad o un embudo formado por fuertes corrientes de una nube de tormenta. Cuando la base del vórtice toca el suelo, se produce una senda de destrucción concentrada sin igual en la naturaleza.

No se tiene reportes de ocurrencia de fenómenos de este tipo en el municipio; sin embargo, no se descarta la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno, por lo que 2,589.59 Ha, están consideradas con riesgo bajo; y 47,467.52 Ha, con riesgo muy bajo.

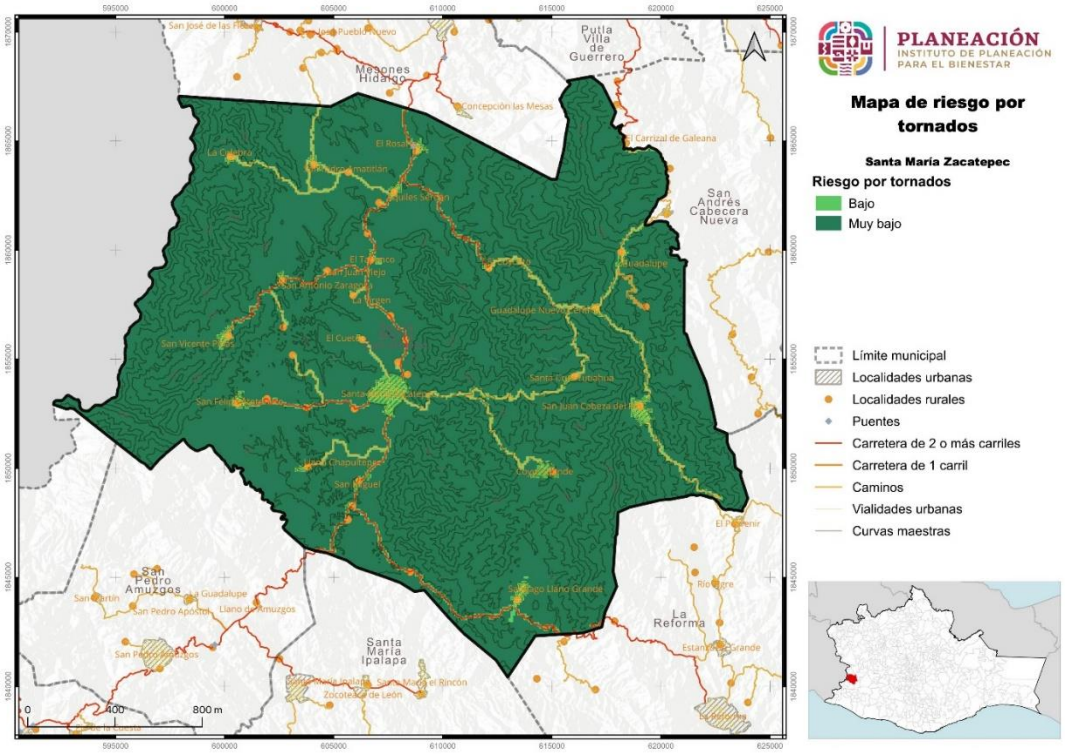
Tabla 259. Riesgo por tornados en el municipio

Riesgo por tornados	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

El 5.17% de la superficie del municipio está catalogada con bajo riesgo a tornados y 94.83% a un nivel de riesgo muy bajo. Son los núcleos de población los que se califican con bajo riesgo a tornados y el resto del municipio con muy bajo nivel de riesgo.

Mapa 212. Riesgo por tornados en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.10 Riesgos por fenómenos químico-tecnológicos

Para el desarrollo de este apartado, se realizaron las proyecciones correspondientes al riesgo por fenómenos químico-tecnológicos para el municipio, indicando por cada periodo de retorno (PR) y a las categorías obtenidas, el porcentaje y la superficie correspondiente en que puede presentarse.

A lo anterior, se sumó la información recabada en el municipio relacionada con este tipo de riesgos, misma que quedó registrada en la plataforma electrónica creada para este fin.

El mayor riesgo por fenómenos químico-tecnológicos para el municipio de Santa María Zacatepec está representado por los incendios forestales, ya que las causas son variadas, tanto por malas prácticas agropecuarias, como también por corto de cables de alta tensión e incendios que se inician en el tiradero municipal y en basureros de municipios circunvecinos.

Por otra parte, el mal estado de la carretera federal y caminos del interior del municipio, mantiene en riesgo permanente a la población ante la probabilidad de explosiones de combustible.

La explosión en pequeños comercios, aunque abarca superficies menores a los otros riesgos de naturaleza químico-tecnológica, representan un riesgo con peores consecuencias para la población, debido a los sitios de probable ocurrencia, que se refiere a negocios ubicados en las zonas urbanizadas.

V.10.1 Sustancias peligrosas

Sustancias peligrosas son aquellas que, por su naturaleza, tienen el potencial de producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal, a los bienes y/o al medio ambiente, que pueden generar situaciones de alto riesgo y peligro para la salud y seguridad de toda la comunidad. (UNAM, s.f.).

V.10.1.1 Riesgo por explosión de combustible en calles

El riesgo por explosiones de combustibles en calles del municipio, está representado por los vehículos que transportan combustibles y por todos los vehículos automotores que transitan por la Carretera Federal y caminos circunvecinos, ya que las malas condiciones de estas vías de comunicación significan un peligro permanente en el municipio.

Por lo anterior, 13.32 Ha, se registran con un muy alto nivel de riesgo; 984.77 Ha, con un riesgo alto; 3,647.13 Ha, con riesgo medio; 3,449.31 Ha, con riesgo bajo; y 4,003.98 Ha, con riesgo muy bajo.

Tabla 260. Riesgo por explosión de combustible en calles en el municipio

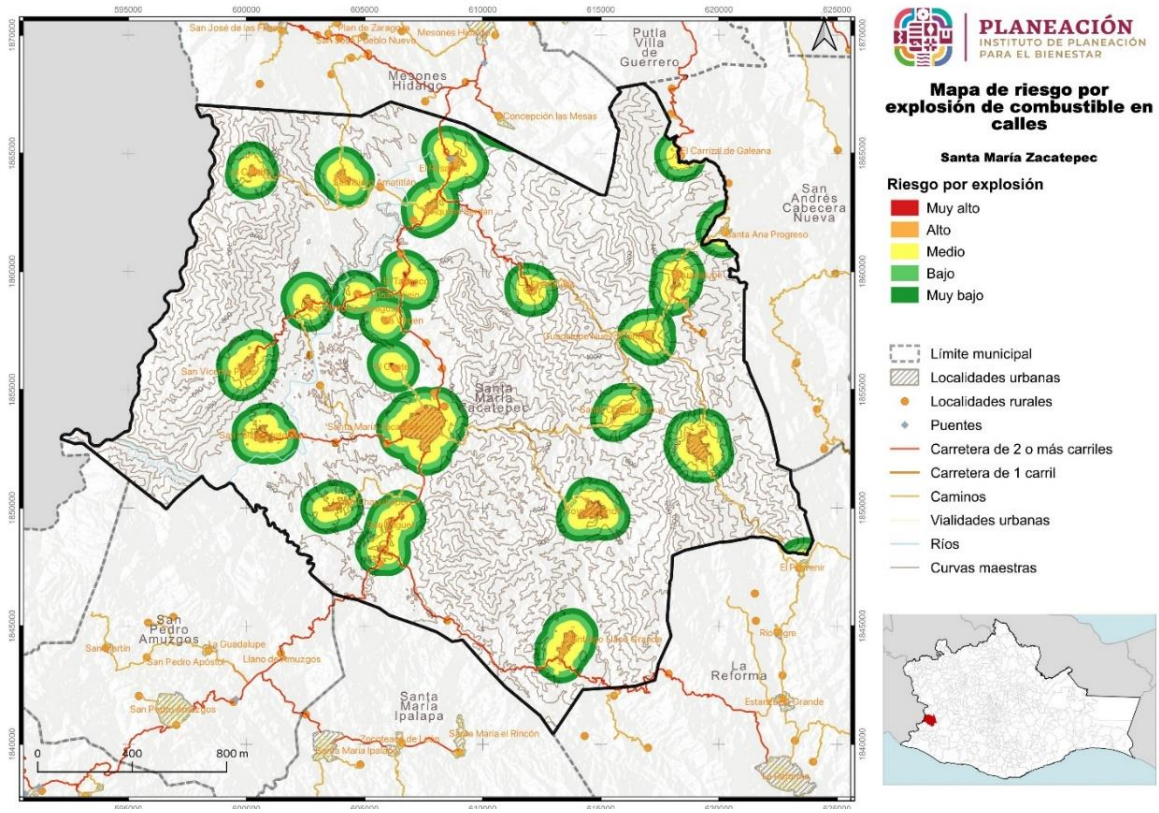
Riesgo por explosión de combustible en calles	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	13.32	0.03
Alto	984.77	1.97
Medio	3647.13	7.28
Bajo	3449.31	6.89
Muy bajo	4003.98	7.99

Fuente: CentroGeo, 2024

En porcentajes se tiene que, el 0.03% del territorio municipal presenta muy alto riesgo a explosiones de combustible en calles, el 1.97% riesgo alto, el 7.28% riesgo medio, el 6.89% riesgo bajo y el 7.99% riesgo muy bajo.

Como es lógico, los sitios en los que se proyecta el riesgo por explosiones, son las carreteras y caminos del municipio, teniéndose que en todos los casos, se ubican cerca de los núcleos de población, mostrándose en cada sitio de probable explosión, los diferentes gradientes de riesgo; en el centro de origen de la explosión, el nivel de riesgo es muy alto, ya que se está expuesto al impacto violento de la energía liberada y en la medida que se aleja del centro de la explosión, el riesgo disminuye, sin dejar de ser grave, ya que se puede estar expuesto al fuego, gases y temperaturas que se expanden a velocidades y distancias variables.

Mapa 213. Riesgo por explosión de combustible en calles en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.10.2 Riesgo por explosión de gas en pequeños comercios

En el municipio, principalmente en la cabecera municipal, se cuenta con comercios que utilizan gas para el desarrollo de su actividad económica, como es el caso de tortillerías, panaderías, restaurantes, comedores, hoteles; sin embargo, el peligro es mayor, en los expendios clandestinos de gasolina, que se ubican principalmente en las localidades rurales.

El riesgo por explosiones de pequeños comercios se estima alto en 37.42 Ha, del municipio; con riesgo medio en 55.42 Ha; con riesgo bajo en 28.56 Ha; y con riesgo muy bajo en 0.89 Ha.

Tabla 261. Riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio

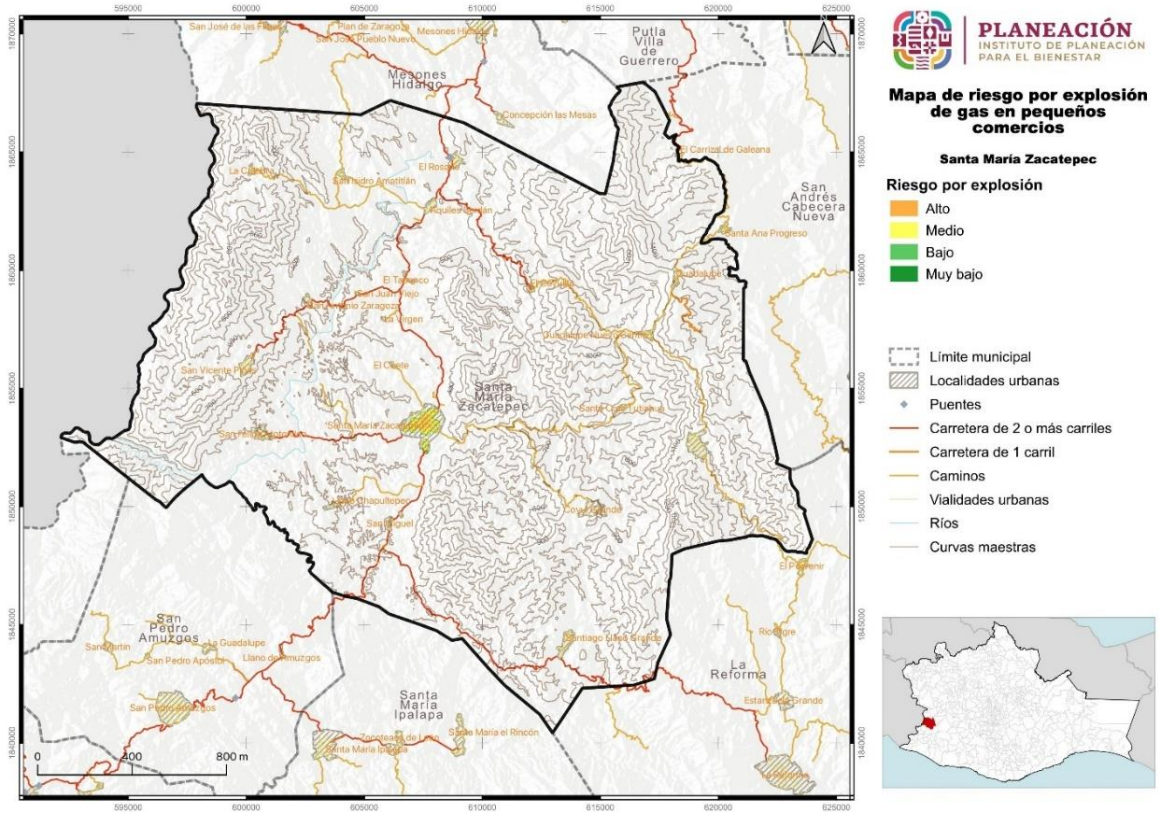
Riesgo por explosión en pequeños comercios	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	37.42	0.07
Medio	55.42	0.11
Bajo	28.56	0.06
Muy bajo	0.89	0

Fuente: CentroGeo, 2024

De lo anterior se deriva un porcentaje de 0.07% de superficie del municipio con riesgo alto por explosiones de pequeños comercios, así como 0.11% con riesgo medio, 0.06% con riesgo bajo y un muy bajo porcentaje por riesgo muy bajo.

Las 122.29 Ha, con algún nivel de riego por explosiones de pequeños comercios en el municipio, se ubica en los núcleos de población, principalmente en la cabecera municipal.

Mapa 214. Mapa de Riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.10.2 Riesgo por incendios forestales

Un incendio forestal se refiere al fuego que se propaga libremente con efecto no deseado para la vegetación y sin estar sujeto a control humano, causado por accidentes, negligencia, intencionalmente o de forma natural.

En el municipio han ocurrido incendios forestales en los años 2006, 2013, 2014, 2015, 2016, 2021 y 2022, que se atribuyen a altas temperaturas y pérdida de control en las quemas agropecuarias, aunque también se han presentado incendios por

cortocircuito de cables de alta y mediana tensión, así como por quema intencional del tiradero municipal.

El riesgo por incendios forestales en el municipio presenta un nivel alto en 141.14 Ha, del territorio municipal; riesgo medio en 49,699.23 Ha; y riesgo bajo en 165.57 Ha.

Tabla 262. Riesgo por incendios forestales en el municipio

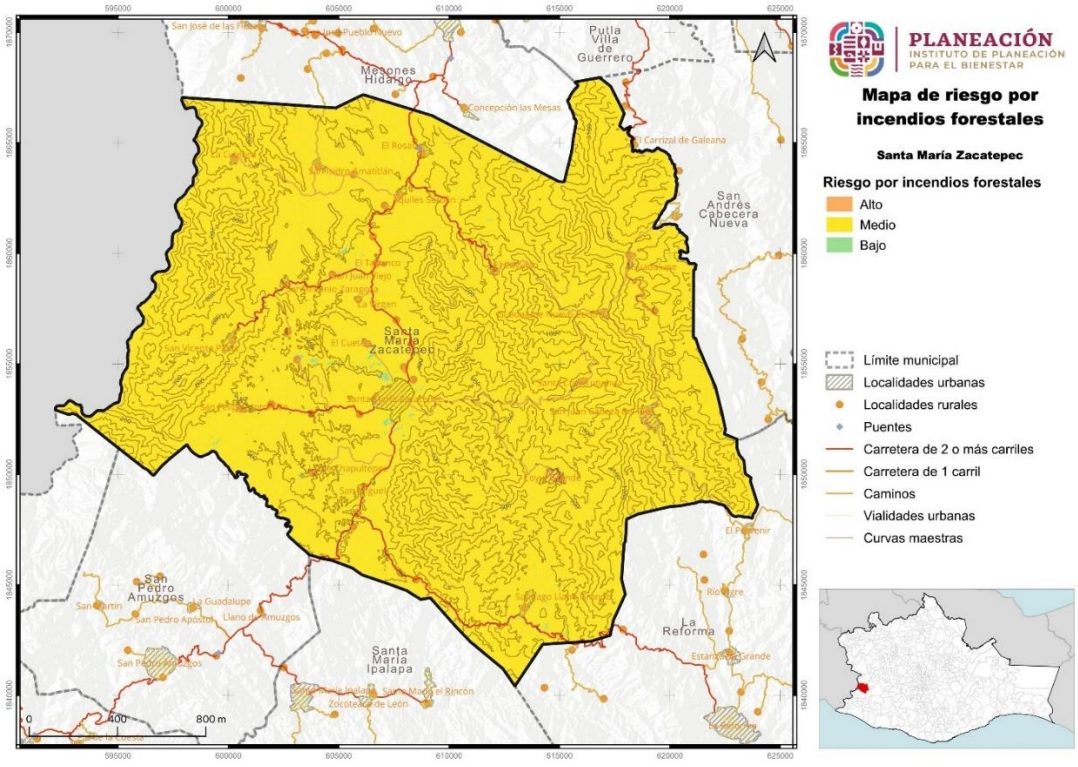
Riesgo por incendios forestales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	141.14	0.28
Medio	49699.23	99.29
Bajo	165.57	0.33

Fuente: CentroGeo, 2024

El porcentaje de territorio municipal con probable afectación por incendios forestales, ubica con un riesgo alto al 0.28% de la superficie municipal, con un riesgo medio al 99.29% y con riesgo bajo al 0.33%.

Aunque las zonas más sensibles a incendios forestales son las cubiertas por bosque de pino y pino-encino, el riesgo a este fenómeno se mantiene presente, en grado de riesgo medio, en toda la superficie del territorio municipal, incluyendo las áreas de vegetación secundaria arbórea y arbustiva, así como de pastizales y de uso agrícola, sin quedar fuera las zonas urbanizadas.

Mapa 215. Riesgo por incendios forestales en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11 Riesgos por fenómenos sanitario-ecológicos

V.11.1 Contaminación del suelo, aire y agua

Se entiende por contaminación la presencia de sustancias materiales o formas de energía (ruido, calor, etc.) no deseables en el aire, agua o suelo, en concentraciones que pueden afectar la salud y bienestar de las personas, así como el uso de lo contaminado. La contaminación del aire, agua y suelo están muy relacionadas entre sí y no se pueden separar, ya que los contaminantes pasan fácilmente de un medio a otro, lo que complica este tipo de riesgos.

V.11.1.1 Riesgo por contaminación del agua

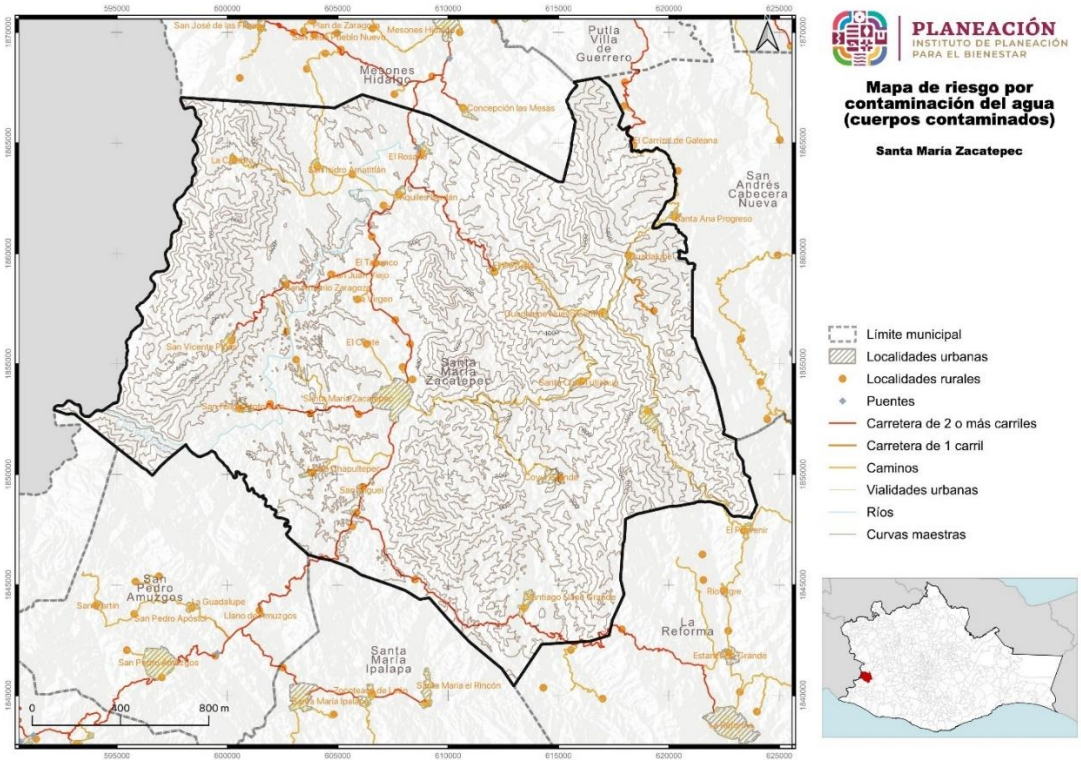
En el territorio de Santa María Zacatepec se encuentran diversas subcuencas y microcuencas hidrológicas y un sistema hidrológico extenso, con importantes escurrimientos de los que se abastecen las necesidades para la agricultura, la vida urbana y la población, de las que se abastece la población para cubrir sus necesidades.

La población considera que el agua que consume es limpia, por proceder de ríos y manantiales ubicados en zonas altas del territorio; sin embargo, no se realiza el control de su calidad y ya se observan afectaciones a la cubierta vegetal y contaminación y contaminación derivada de la vida urbana.

El agua para consumo doméstico proviene de 127 fuentes de abastecimiento, 45 manantiales, 41 ríos y 41 sitios catalogados como otras fuentes. (INEGI, Anuario Estadistico y Geografico de Oaxaca., 2017).

Puede considerarse que actualmente en el municipio no existen cuerpos de agua bajo amenaza o riesgos graves de contaminación, aunque deben realizarse estudios bioquímicos para conocer la calidad del agua.

Mapa 216. Riesgo por contaminación del agua en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2 Epidemias y plagas

Una epidemia se define como el incremento inusual de casos por enfermedad infecciosa en un tiempo corto y una plaga se identifica por el crecimiento de la población de una especie determinada que sobrepasa el umbral de tolerancia y puede provocar problemas sanitarios o ambientales.

Los riesgos causados por plagas y enfermedades, en el caso de la mayoría de las plagas y enfermedades se catalogan en un nivel medio en relación a la superficie afectada salvo los casos de Sphaeropsis y Ocoaxo en los que el riego se reduce a un nivel bajo.

Aun con lo anterior, por la naturaleza biológica de estas plagas y la escasa inversión que se realiza para su prevención y control las poblaciones pueden dispararse de manera repentina.

V.11.2.1 Riesgo por plagas de plantas parásitas

Los principales muérdagos que afectan a los bosques del estado de Oaxaca, se encuentran dentro de las ordenes: Santales, Familia: Loranthaceae y Viscaceae y los géneros Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus, Struthanthus y Arceuthobium.

Los muérdagos enanos del género Arceuthobium son responsables de la pérdida anual de hasta 1.04 m3/año/ha de bosques (Vázquez, 1993). Son plantas pequeñas, de menos de 30 cm, aunque las hay de más de un metro de altura.

La amenaza por plantas parásitas se encuentra presente en un grado alto en 0.02 Ha de los bosques de Santa María Zacatepec; y en grado medio en 31,930.21 Ha.

Tabla 263. Riesgo por plagas de plantas parásitas en el municipio

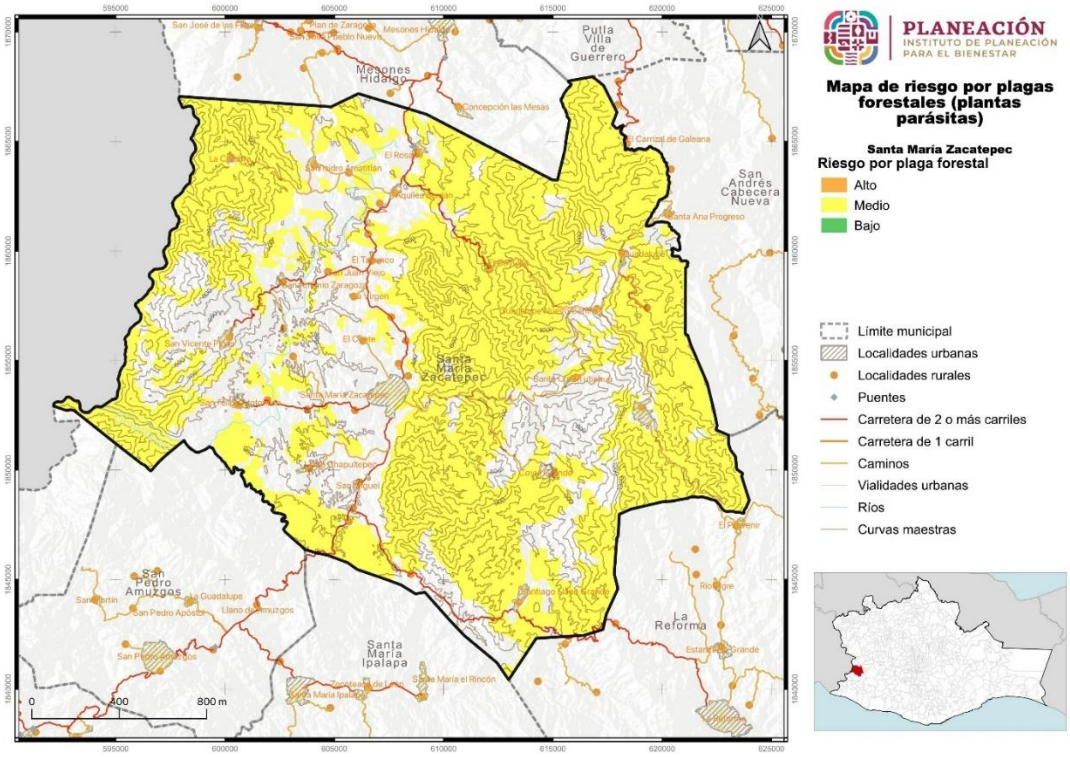
Riesgo por plagas de plantas parásitas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	0.02	0
Medio	31930.21	63.79
Bajo	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024

El riesgo por plantas parasitas es principalmente de nivel medio y afecta al 63.79% del territorio municipal.

Las áreas forestales por afectación por plantas parasitas corresponden a vegetación secundaria arbórea y arbustiva, así como a bosques de pino y pino encino que se ubican tanto al oriente como al poniente del territorio municipal.

Mapa 217. Riesgo por plagas de plantas parásitas en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.2 Riesgo por plaga (defoliador)

Los defoliadores más importantes que constituyen plagas forestales sumamente dañinas, son del Orden Lepidóptera (Familias Arctiidae, Geometridae, Lasiocapidae, Saturniidae, Nymphalidae y Pieridae) y del Orden Hymenoptera (Familias Diprionidae y Formicidae). Otros defoliadores son el Zadiprion falsus y el Zadiprion howdeni.

Los defoliadores producen una reducción de la superficie fotosintética, alteraciones de la transpiración y translocación de nutrimentos, siendo estos daños directamente proporcionales a la densidad poblacional (Bauerle et al., 1997; Arguedas, 2006). Los árboles recientemente defoliados presentan una coloración rojiza-grisácea, debido a que las larvas no consumen los tocones de las acículas ni las vainas, al ir muriendo estos fragmentos de hojas, se secan y su coloración se torna café rojizo, al desprenderse de las ramas estas quedan desnudas lo que le da la apariencia de estar muertos (Solórzano, 1977; Gauna, 1988).

Las plagas defoliadoras representan un riesgo alto para 0.01 Ha; y un riesgo medio en 17,007.04 Ha.

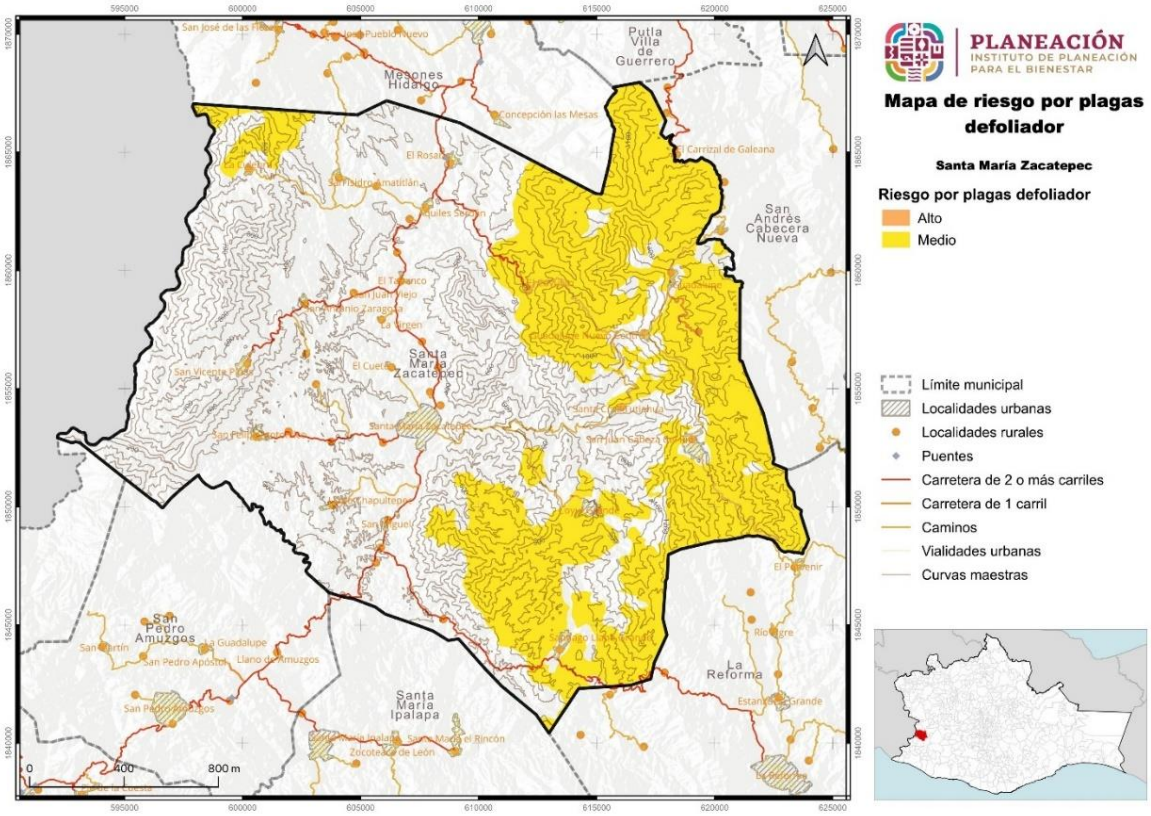
Tabla 264. Riesgo por plaga de defoliador en el municipio

Riesgo por plagas defoliador	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	0.01	0
Medio	17007.64	33.98

Fuente: CentroGeo, 2024

El riesgo medio por plagas defoliadoras afecta al 33.98% del territorio municipal. El área con riego medio al ataque de plagas defoliadoras se ubica principalmente en la masa forestal del oriente del territorio actualmente ocupada por poblaciones de pino de pino encino y vegetación secundaria arbórea, así como también una muy pequeña área que se encuentra entre el Cerro Cola de La Culebra y Mesones Hidalgo.

Mapa 218. Riesgo por plaga defoliador en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.3 Riesgo por plaga (descortezador)

Los descortezadores son escarabajos de los géneros Dendroctonus e Ips (Coleóptera: Curculionidae) que afectan árboles individuales, grupos compactos y masas forestales de cientos de hectáreas (Billings et al., 1996).

Los escarabajos descortezadores del género Dendroctonus, son los más destructivos en los bosques de coníferas ya que acaban matando a los árboles, pudiendo permanecer por años en los bosques.

Son susceptibles a riesgo alto por ataque de descortezadores 15170 Ha; y a riesgo medio 1846 Ha.

Tabla 265. Riesgo por plaga de descortezador en el municipio

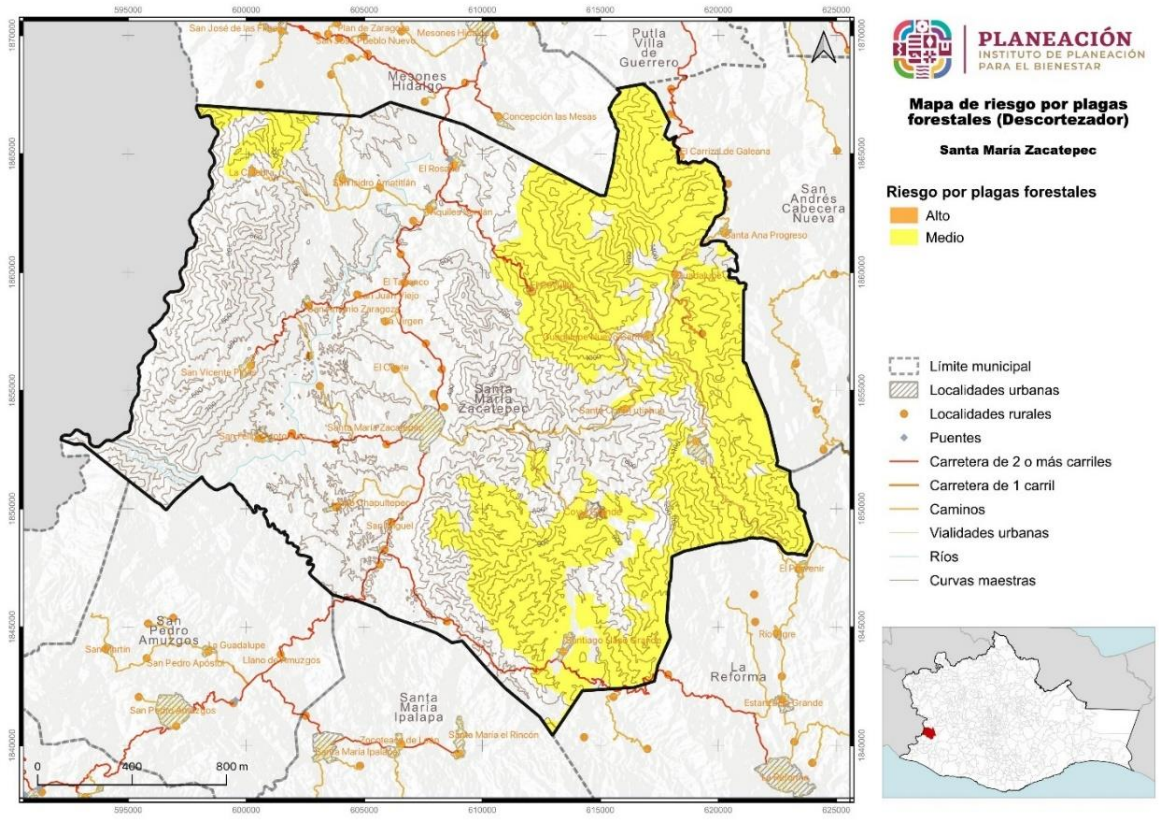
Riesgo por plaga descortezador	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alta	15170	30.31
Media	1846	3.69

Fuente: CentroGeo, 2024 /3

El 3.69% del territorio municipal presenta riesgo medio por plagas de descortezadores forestales y el 30.31% presenta riesgo alto a estas plagas.

El área con riesgo medio al ataque de plagas descortezadoras se ubica principalmente en la masa forestal del oriente del territorio, actualmente ocupada por poblaciones de pino, de pino encino y vegetación secundaria arbórea, así como también en una pequeña área que se encuentra entre el cerro cola de la culebra y Mesones Hidalgo.

Mapa 219. Riesgo por plaga descortezador en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.4 Riesgo por plaga (xyleborus)

Xyleborus es un género de escarabajos barrenadores que generan daños económicos importante a las empresas forestales, aunque su actividad principal se realiza en arboles muertos, moribundos, débiles o trocería recién cortada (Equihua & Burgos 2002). Se caracterizan por sr ambrosiales, debido a que llevan consigo hongos que se cultivan en el interior de las galerías y les sirven de alimento a ellos mismos (Rangel et al. 2012).

El escarabajo Xyleborus, representa un riesgo alto para 468.85 Ha; y un riesgo medio para 31,461.39 Ha.

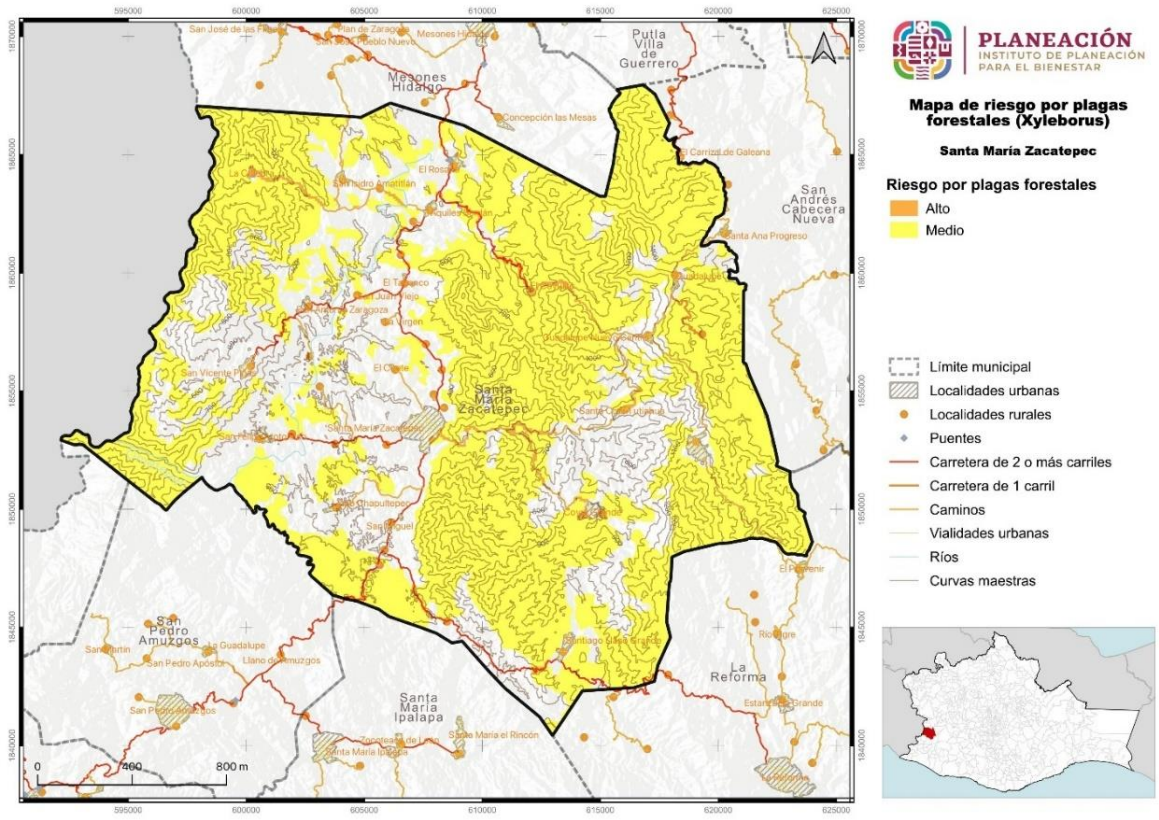
Tabla 266. Riesgo por plaga de xyleborus en el municipio

Riesgo por plaga xyleborus	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	468.85	0.94
Medio	31461.39	62.85

Fuente: CentroGeo, 2024

El 62.85% del territorio Municipal se encuentra en riesgo medio al ataque de Xyleborus y el 0.94% en un riesgo alto. Xyleborus representa una amenaza media para las zonas de vegetación secundaria arbórea y arbustiva, así como para os bosques de pino y pino encino de todo el territorio municipal.

Mapa 220. Riesgo por plaga xyleborus en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.5 Riesgo por plaga (sphaeropsis)

La familia de hongos Sphaerosis, son las de mayor peligro para los bosques de Pino del estado de Oaxaca ya que ocasionan defoliaciones severas que retrasan el crecimiento de los árboles.

En el municipio 16,160.52 Ha, se encuentran en riesgo bajo por ataque de Sphaerosis; y 468.34 Ha, en riesgo medio.

Tabla 267. Riesgo por plaga de Sphaeropsis en el municipio

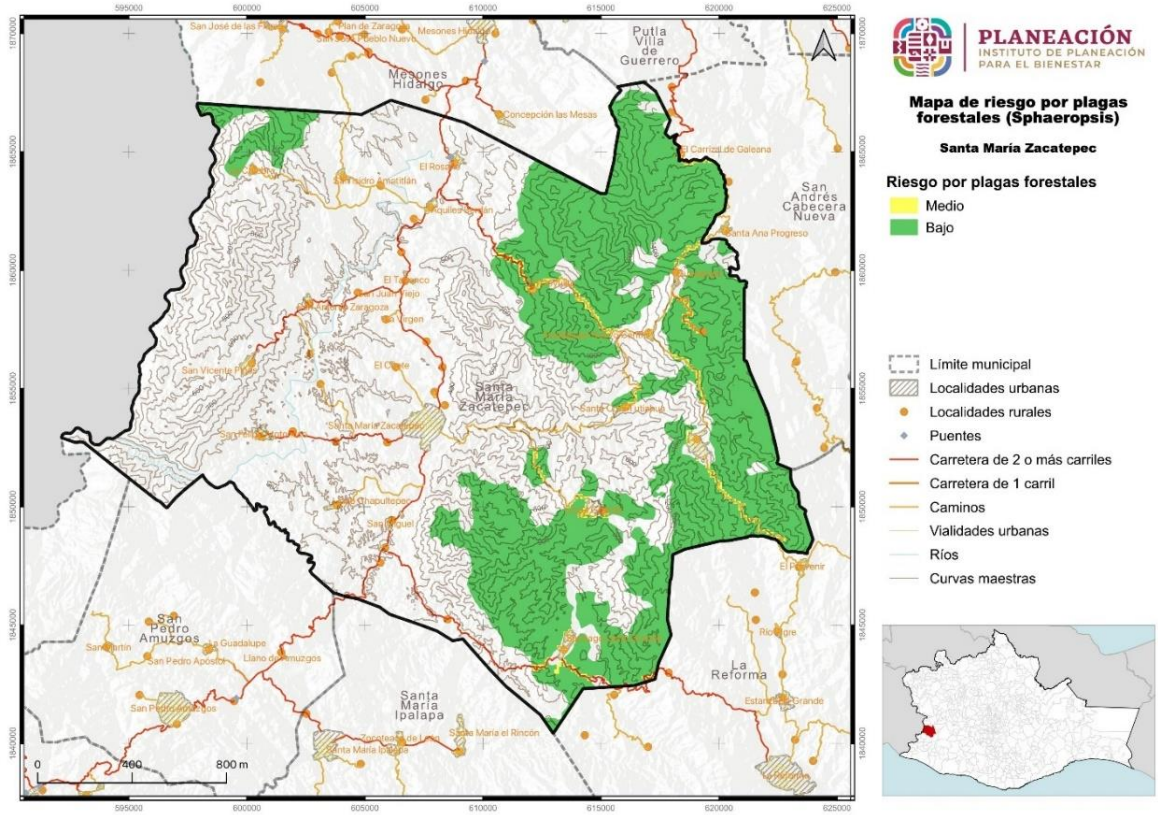
Riesgo por plagas sphaeropsis	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	468.34	0.94
Bajo	16160.52	32.28

Fuente: CentroGeo, 2024

El 32.28% del territorio Municipal se encuentra en riesgo bajo por ataque de Sphaerosis y el 0.94% a riesgo medio por ataque de esta enfermedad.

Los bosques de pino y pino encino del oriente del municipio son los que se encuentran en riesgo por la presencia de esta enfermedad, así como vegetación secundaria arbórea que se reparte en el este, sureste y pequeñas áreas del noroeste del territorio municipal.

Mapa 221. Mapa de Riesgo por plaga Sphaeropsis en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.6 Riesgo por plaga (ocoaxo)

Otros insectos defoliadores de los pinos, pertenecen al género *Ocoaxo,* que se alimentan de la savia de las acículas de *Pinus* spp, *P. patula* Schiede ex Schltdl. et. Cham., *P. pseudostrobus* Lindl. y *P. oaxacana* Mirov., *Ocoaxo assimilis,* provocando clorosis y su eventual caída.

La superficie boscosa del municipio que presenta riesgo medio por ataque de esta plaga tiene una extensión de 468.34 Ha; y la extensión con riesgo bajo a esta plaga es de 16,189.19 Ha.

Tabla 268. Riesgo por plaga de Ocoaxo en el municipio

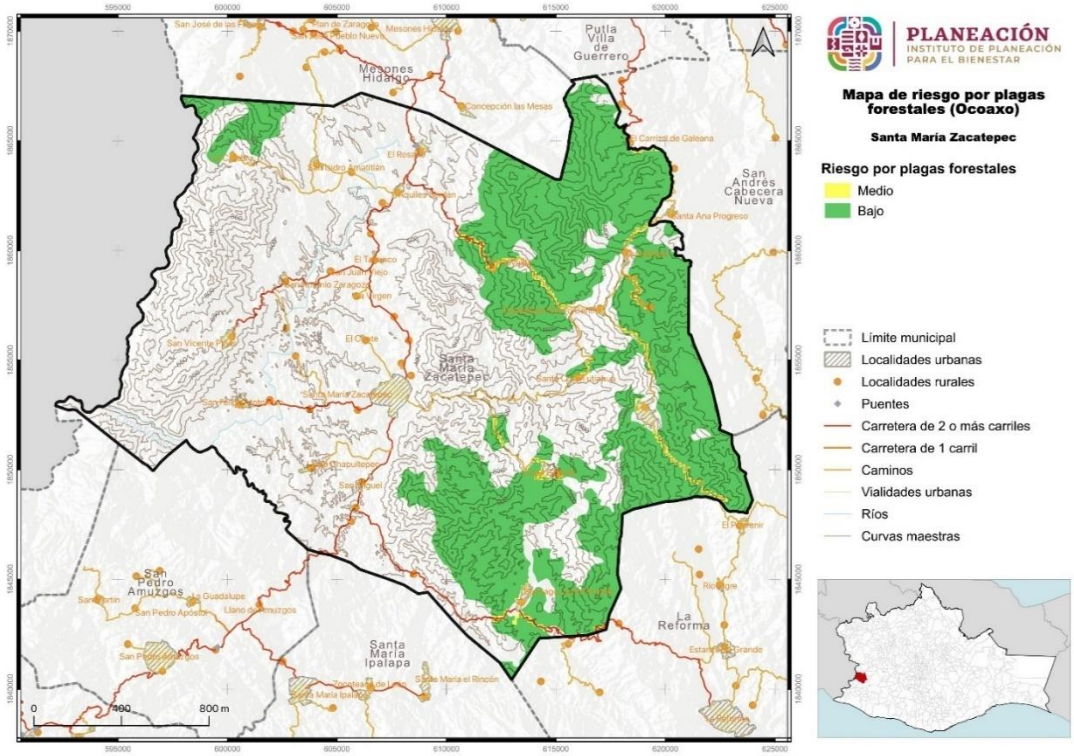
Riesgo por plagas ocoaxo	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	468.34	0.94
Bajo	16189.19	32.34

Fuente: CentroGeo, 2024

La superficie con riesgo bajo a la plaga de Ocoaxo, representa el 32.34% del territorio municipal y la superficie con riesgo medio representa el 0.94%.

Las zonas amenazadas por Ocoaxo se ubican principalmente en zonas de pino y pino encino del oriente del municipio, así como en zonas de vegetación secundaria arbórea del sureste y noroeste del territorio, aunque el nivel de riesgo es bajo.

Mapa 222. Mapa de Riesgo por plaga Ocoaxo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.7 Riesgo por plaga (Euwallacea)

Euwallacea sp. es un escarabajo que daña la corteza de sus huéspedes, que convive con el hongo simbionte Euwallacea, que es considerado de alta patogenicidad. Es una plaga exótica cuarentenada; la actividad de actividad de este insecto con su hongo simbionte pone en riesgo la cobertura vegetal del municipio, pudiendo alterar el ecosistema y los servicios ambientales asociados.

El riesgo por Euwallacea se considera de nivel alto en 3.72 Ha; y con nivel medio en 31,926.53 Ha.

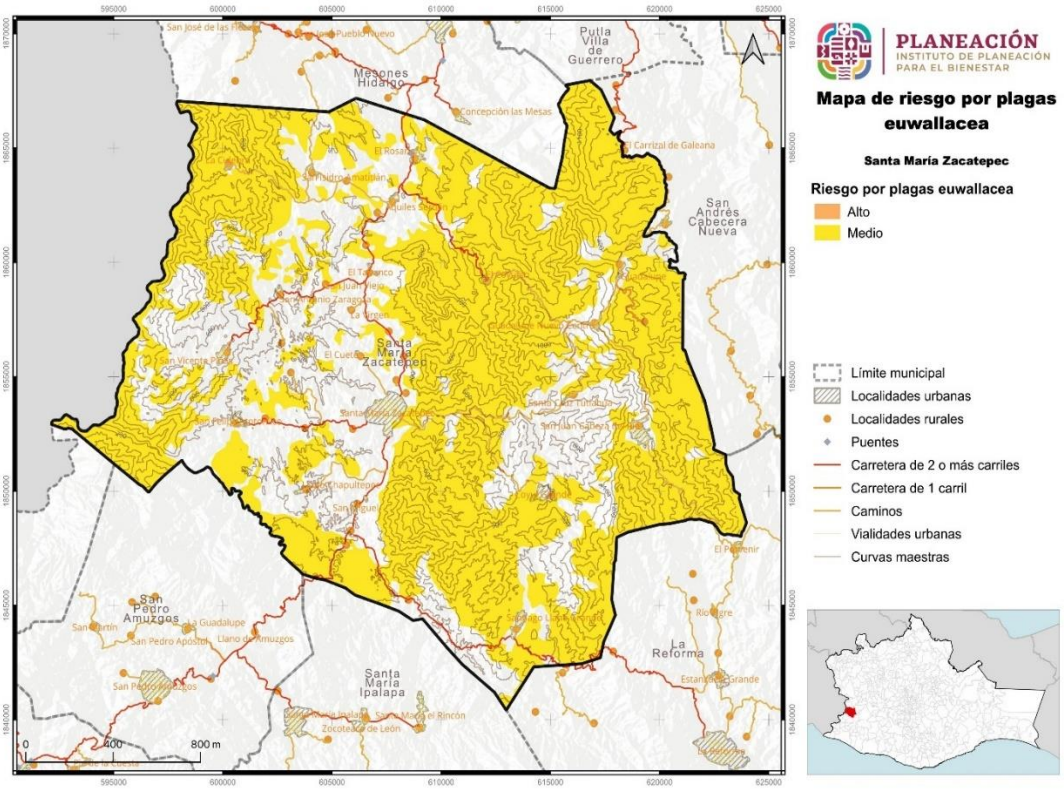
Tabla 269. Riesgo por plaga de Euwallacea en el municipio

Riesgo por plagas euwallacea	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	3.72	0.01
Medio	31926.53	63.78

Fuente: CentroGeo, 2024

Euwallacea genera riesgo medio por daños al bosque en el 63.78% del territorio municipal. Las zonas amenazadas por Euwallacea se ubican en los bosques de pino, pino encino, así como en la vegetación secundaria arbórea y arbustiva de todo el territorio municipal, aunque su nivel de riesgo es considerado de nivel medio.

Mapa 223. Riesgo por plaga Euwallacea en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.8 Riesgo por plaga (euplatypus coptoborus)

Los géneros Euplatypus y Coptoborus corresponden a barrenadores con alto poder destructivo, con capacidad para matar arboles sanos que presenten estrés. Su presencia se nota por muerte del árbol, marchitez de la copa, muerte de ramas, exudados en el fuste y ramas, manchas color negro/marrón brillante, presencia de aserrín en tronco y ramas, presencia de gomosis en fuste y ramas, presencia de galerías que comienzan desde la corteza del árbol hasta la albura y finalmente hasta el duramen. (Medio Ambiente, s.f.)

Los daños se perciben por la presencia de polvo blanco, astillas y perforaciones cerca de la base de los robles infestados, marchitamiento del follaje, decoloración interna de tallos y presencia de excremento. Provoca muerte regresiva.

En el caso de Coptoborus pseudotenuis se trata de Escarabajo polífagos, cuyos daños se notan por se notan por marchitez de la copa, muerte de ramas, manchas color negro/marrón brillante, presencia de aserrín en tronco y ramas, presencia de orificios de entrada de insectos barrenadores, exudados en el fuste y ramas, presencia de gomosis en fuste y ramas, el cambium presenta orificios, los cuales se dirigen hacia la albura y duramen de forma perpendicular y horizontal. (Medio Ambiente, Euplatypus spp., s.f.)

Los escarabajos de los géneros Euplatypus y Coptoborus representan riesgos de nivel bajo en 1100.76 Ha; y de nivel medio en 2,077.8 Ha.

Tabla 270. Riesgo por plaga de euplatypus coptoborus en el municipio

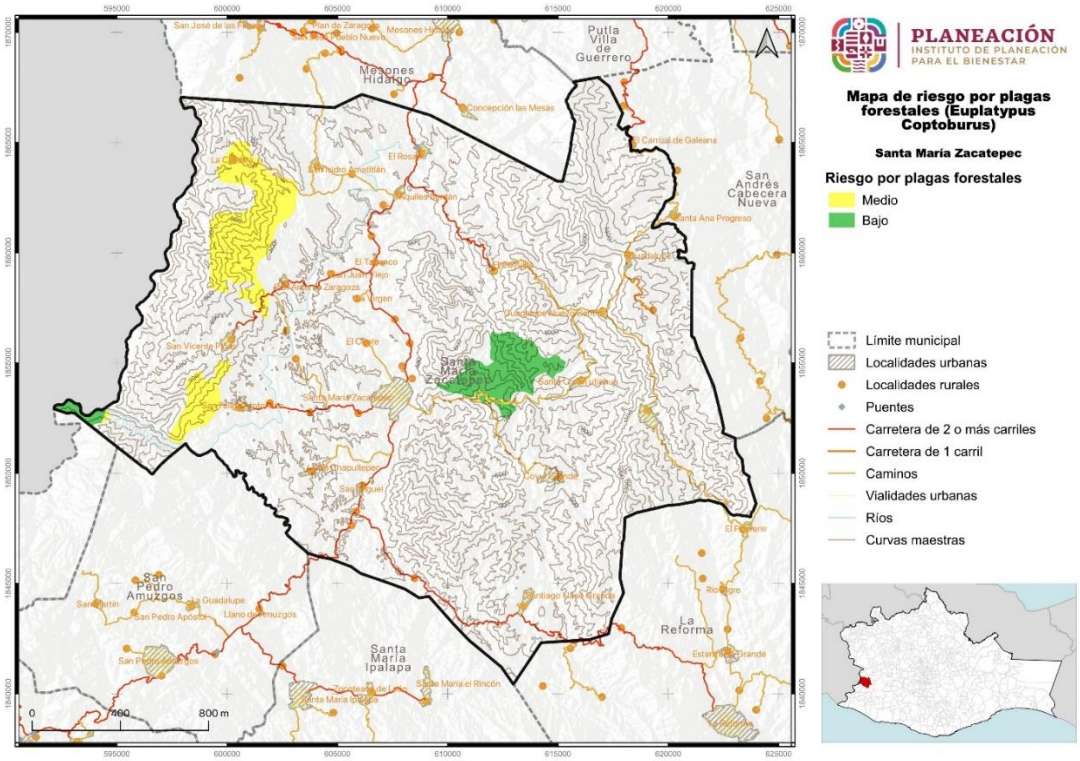
Riesgo por plaga euplatypus coptoborus	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Media	2077.8	4.15
Baja	1100.76	2.2

Fuente: CentroGeo, 2024

El 4.15% de la superficie forestal considerada como prioritaria en el municipio esta expuesta a un riesgo medio a estas plagas y el 2.2% a un riesgo bajo.

La amenaza por estas plagas en su nivel medio se presenta en la zona oriente y suroriente del territorio, en áreas cubiertas por vegetación secundaria arbustiva, en estribaciones de los cerros Cola de la Culebra, Cabeza de la Culebra, La Ocotera y El Papalote; la amenaza considerada como baja se ubica en zonas de vegetación secundaria arbórea, principalmente en El Cerro de Las Mesas.

Mapa 224. Riesgo por plaga euplatypus coptoborus en el municipio



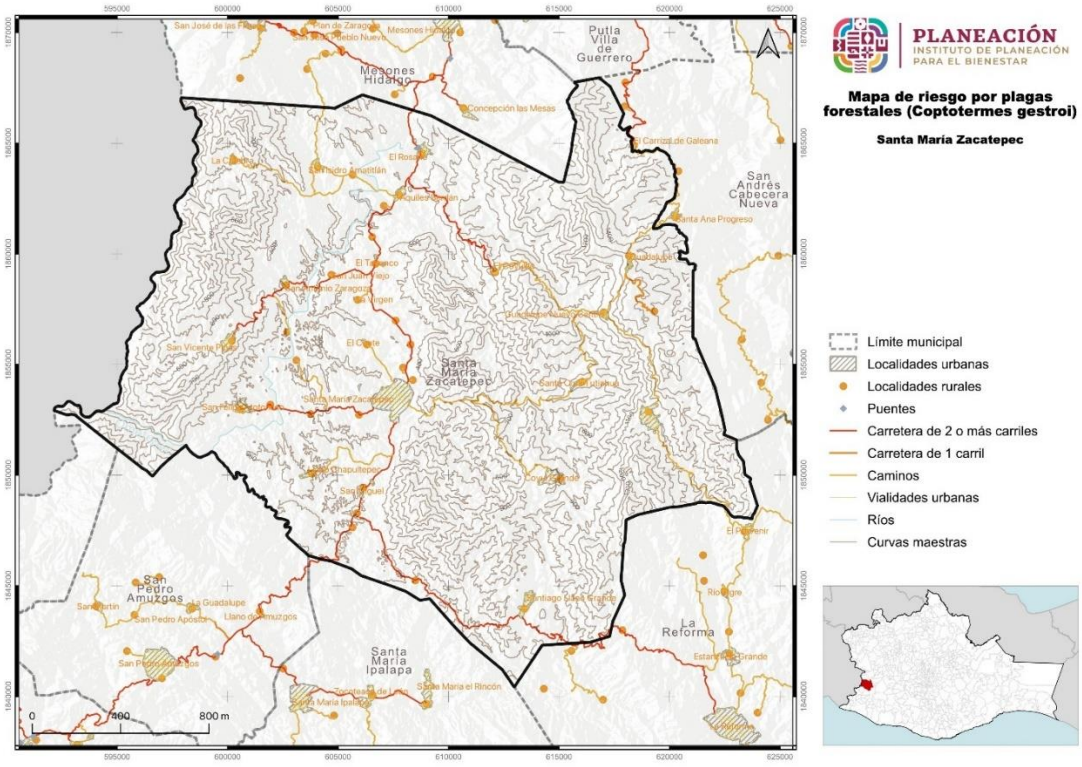
Fuente: CentroGeo, 2024

V.11.2.9 Riesgo por plaga (Coptotermes gestroi)

El Coptotermes gestroi es una plaga agrícola y forestal. Se alimenta de madera, raíces de plantas y materiales de celulosa como papel y cartón, Prefiere un hábitat húmedo y excava árboles vivos o muertos para construir una colonia debajo del suelo, los obreros atraviesan el suelo hasta los edificios cercanos en busca de alimentos, es decir, madera y productos de madera. (CONAFORT, 2013)

En el territorio municipal no se registra ningún tipo de riesgo por esta plaga.

Mapa 225. Riesgo por plaga Coptotermes en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

V.12 Riesgos por fenómenos socio-organizativos

La Ley General de Protección Civil define como fenómeno sociorganizativo como Agente perturbador que se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población (Secretaría de Gobernación, 2012). (Mexico C. n., 2017)

V.12.1 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica

Los servicios básicos se consideran afectados por la suspensión o disminución de sus funciones considerando como los más indispensables los servicios de agua potable, energía eléctrica, transporte, abasto, etc.

En el desarrollo de este apartado, se realizaron las proyecciones correspondientes al riesgo por interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica (ocurrencia de accidentes), indicando por cada periodo de retorno (PR) y a las

categorías obtenidas, el porcentaje y la superficie correspondiente en que puede presentarse.

Dentro de los fenómenos socio organizativos el que presenta riesgos para el municipio se refiere al de ocurrencia de accidentes, mismo que se considera afecta a todo el territorio en diferente nivel de riesgo.

V.12.2.1 Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos

Dentro de los peligros que de manera reiterada se mencionaron en los talleres del Consejo Ciudadano y que motivo visitas especiales para su corroboración, destaco la afectación que presenta la carretera federal 125, que conecta Puta Villa de Guerrero con el Municipio y llega hasta Pinotepa Nacional, ya que presenta áreas socavadas que avanzan en tamaño de manera permanente por el paso de vehículos, daños que se agravan en la temporada de lluvias, situación que también está presente en otras carreteras y caminos que conectan a las localidades del municipio.

Estas condiciones de las vías de comunicación terrestres generan un riesgo permanente para la ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio.

El territorio municipal está expuesto a un nivel de riesgo bajo, a accidentes automovilísticos en 2,589.59 Ha; y a un nivel de riesgo muy bajo en 47,467.52 Ha.

Tabla 271. Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio

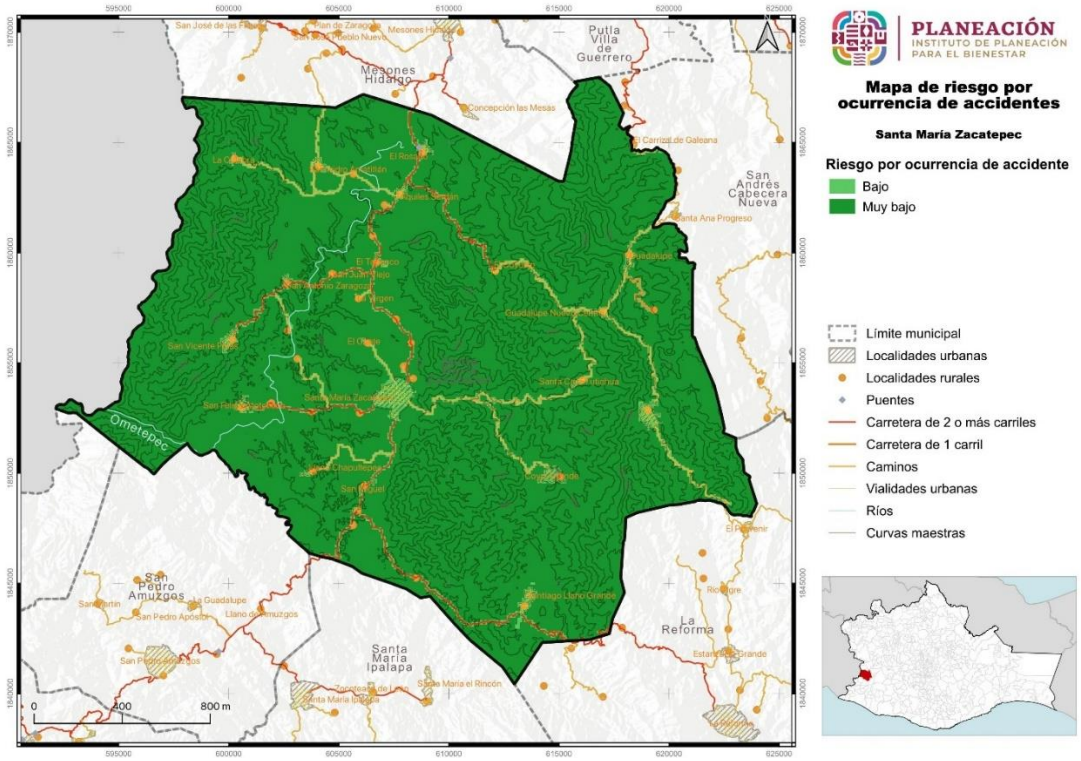
Riesgo por ocurrencias de accidentes	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	2589.59	5.17
Muy bajo	47467.52	94.83

Fuente: CentroGeo, 2024

El 94.83% del territorio Municipal presenta riesgo muy bajo por ocurrencia de accidentes automovilísticos y el 5.17% presenta riesgo de nivel bajo.

El riesgo por ocurrencia de accidentes a un nivel bajo se considera presente en los núcleos de población del Municipio, de tal manera que el riesgo muy bajo se ubica en todo el territorio municipal.

Mapa 226. Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Capítulo VI. Gestión de Riesgos de Desastres

asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y, por lo tanto, **está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro**, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.

La propuesta del presente Atlas sugiere reemplazar las ideas predominantes en torno a asumir que los peligros tiene su origen exclusivamente en la naturaleza, por el hecho de que, además de reconocer el origen natural de dichos peligros, se debe poner foco en el papel de la intervención humana para reducir el riesgo. Para ello, se desarrollaron herramientas que facilitan la reflexión respecto de los patrones que causan o incrementan los riesgos, como los que resultan en la modificación del entorno, por ejemplo, los cambios en la cobertura del suelo con su impacto directo en la permeabilidad del mismo; o la de asentarse en sitios con evidentes atractivos económicamente pero con serios peligros naturales; o incluso la falta de definición de políticas públicas para prevenir y mitigar los riesgos y sus efectos; que en ocasiones es causada principalmente por el desconocimiento de las autoridades o la falta de instrumentos que permitan tener un mayor conocimiento de su propio territorio.

El presente instrumento retoma la Estrategia Municipal de Gestión Integral de Riesgos de Desastres (EMUGIRDE) (ONU-Habitat, SEDATU, SGIRyPCCDMX, 2019) misma que traduce el marco normativo nacional de la Gestión Integral de Riesgos de Desastre en pasos aplicables por las Administraciones de municipios mexicanos. Tomando como base la Ley General de Protección Civil (LGPC, 2023)[12], la Gestión Integral de Riesgos es "*el conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad*. El proceso de gestión involucra las etapas de identificación de riesgos, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción.

[12] LGPC; Artículo 2, fracción XXVIII

Imagen 15. Etapas de la Gestión Integral de Riesgos de Desastres



Fuete: ONU-Hábitat con base en CENAPRED y SEGOB, 2017 (ONU-Habitat, SEDATU, SGIRyPCCDMX, 2019)

Si bien la elaboración de una Estrategia Municipal de Gestión Integral de Riesgos de Desastres (EMUGIRDE) no está establecida en ningún reglamento, se eligió para la elaboración del presente documento porque apunta a organizar de forma coherente las acciones y programas obligatorios de los gobiernos municipales de México con una coherencia y progresividad para lograr territorios y sociedades más resilientes.

En este contexto, y toda vez que el papel de los gobiernos municipales en materia de Gestión Integral de Riesgos de Desastres es clave por su estrecha vinculación con la gestión de los usos del suelo, la planificación urbana, los reglamentos de construcción, la infraestructura y los servicios básicos, los diversos programas de protección civil y de contingencia, así como la preparación del personal municipal y de la población ante escenarios de desastres.

El presente Atlas de Riesgos pretende fortalecer la gestión de la ocurrencia de fenómenos perturbadores y forma parte de las primeras dos etapas que se refieren a identificar los riesgos, al *reconocer y valorar las pérdidas o daños probables sobre los agentes afectables y su distribución geográfica, a través del análisis de los peligros y la vulnerabilidad* (LGPC, 2023).

En este apartado se muestran los resultados de la identificación que se obtuvieron a través, por un lado, de la recopilación y análisis de la información disponible con base en la Guía de Contenido Mínimo para la elaboración de Atlas de Riesgos (SEGOB, CENAPRED, 2016); y por el otro, de la adaptación de la metodología de la Guía para la Elaboración del Plan Municipal de Reducción de Riesgos de Desastre (CEPCO-PNUD,

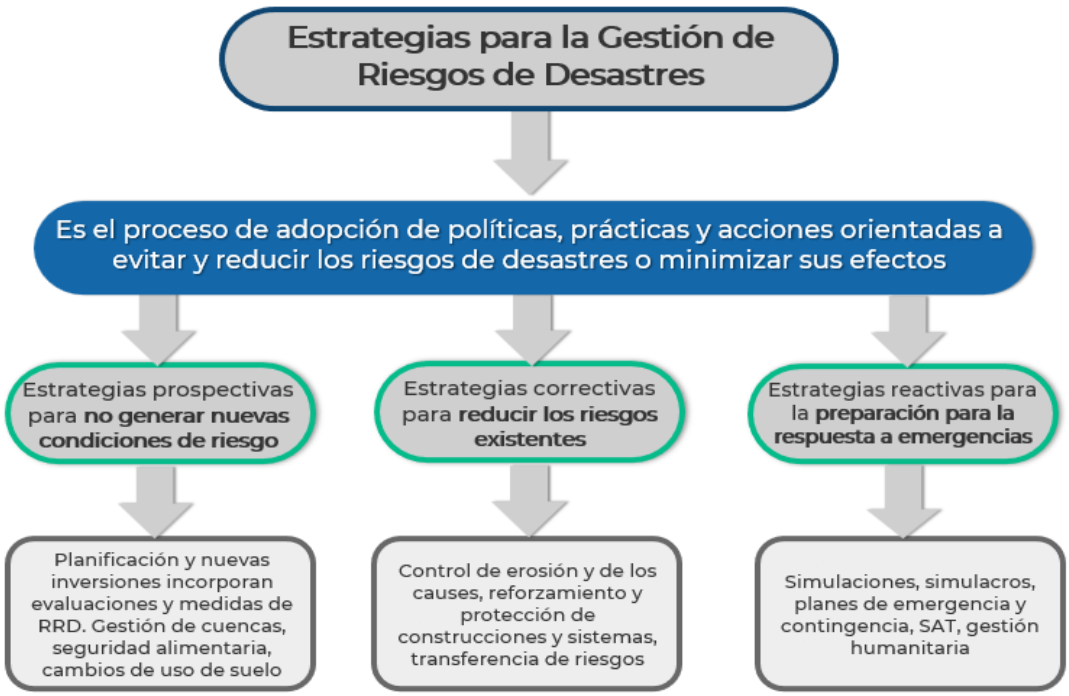
2022) mediante el cual se documentó el registro histórico de desastres que afectaron al municipio y las principales zonas afectadas, el conocimiento empírico de las principales amenazas que afectan el territorio y las posibles consecuencias de los desastres geológicos e hidrometereológicos potenciales en el territorio.

VI.1 Enfoque para la Reducción de Riesgos de Desastres

Las estrategias para la Reducción de Riesgos de Desastres que se proponen en el presente instrumento se refieren a las etapas de prever, mitigar y preparar; se refieren a la adopción de políticas, prácticas y/o acciones orientadas a evitar y reducir los riesgos de desastres o minimizar sus efectos.

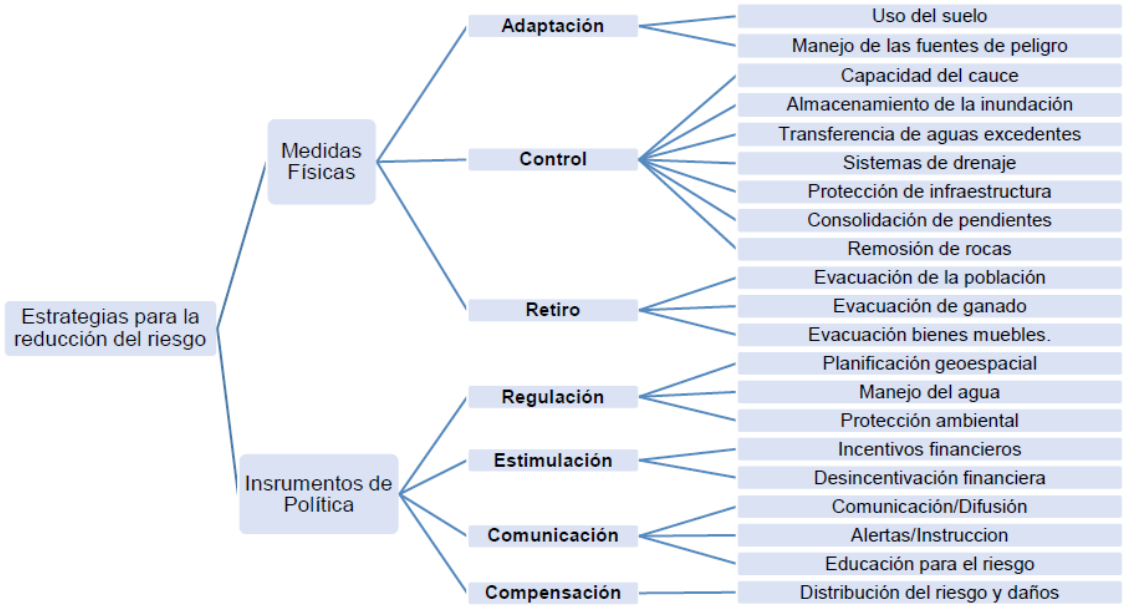
Como se puede ver en la siguiente imagen, se identificaron estrategias prospectivas, que son aquellas que se implementan para no generar nuevas condiciones de riesgo, como lo puede ser limitar los cambios de usos de suelo o evitar la construcción de infraestructura en zonas de riesgo de inundación o deslave; estrategias correctivas que se enfocan en reducir los riesgos existentes, en este caso podrían ser el reforzamiento de bordos de los cauces de los ríos; y finalmente estrategias reactivas, cuyo foco es preparar a la población y a las autoridades para la respuesta a las emergencias como la implementación de simulacros, o la instalación de sistemas de alerta temprana.

Imagen 16. Estrategias para la Gestión de Riesgos de Desastres



Adicional a la clasificación anterior, se consideró la propuesta de clasificación de Hutter, G. en (Atlas de Riesgos del municipio de Saltillo, Coahuila, 2014)), quien propone agrupar las estrategias para la reducción de riesgos en dos categorías: medidas físicas e instrumentos de política; mismas que desagrega en subcategorías y que finalmente se desagregan en acciones específicas, mismas que pueden ocurrir a lo largo de una o varias administraciones y cuyo objetivo final es la de disminuir el riesgo de la población y los demás sistemas expuestos ante los distintos peligros presentes en el territorio municipal.

Imagen 17. Clasificación de la medidas e instrumentos de mitigación



VI.2 Análisis de los principales riesgos identificados cartográficamente.

VI.2.1 Nivel de Riesgos identificados cartográficamente

El presente Atlas se elaboró con la finalidad poner a disposición de los tomadores de decisiones, la información relacionada con los fenómenos perturbadores que ponen en riesgo al municipio, su población y demás ocupantes del territorio.

Sismos

Los riesgos analizados, a partir de la cartografía disponible, inició con aquellos fenómenos que resultaban de mayor preocupación para la población, como es el caso de los sismos, habiéndose observado que, aun cuando se presentan con gran frecuencia, la mayoría de las veces en niveles imperceptibles, la mayor parte del municipio, 94.82% del territorio municipal, está considerando con nivel de riesgo medio.

Fenómenos hidrometereológicos

El análisis de los riesgos por fenómenos hidrometereológicos abarcó las inundaciones, las precipitaciones máximas, los ciclones tropicales, las tormentas eléctricas, las temperaturas mínimas, tormentas de granizo, nevadas, heladas, temperaturas máximas, sequías y tornados.

Considerando la superficie del territorio municipal que cada nivel de riesgo abarca, se tiene con riego medio a las inundaciones pluviales, precipitaciones máximas, tormentas eléctricas, heladas, temperaturas máximas y sequías; con nivel de riesgo bajo se tiene a los ciclones tropicales y temperaturas mínimas y con nivel de riesgo muy bajo a tormentas de granizo, nevadas y tornados.

Incendios Forestales

Los incendios forestales se revisaron integralmente con los otros fenómenos químico-tecnológicos, como son las explosiones de combustible en calles y la explosión de combustibles en pequeños comercios, de lo que resulta que la mayor superficie del territorio se considera con riesgo medio por incendios forestales.

En el caso de las explosiones de combustible en calles, el cálculo de superficies se basó en las áreas ocupadas por calles, caminos y carreteras y para explosiones en pequeños comercios, se basó en el área de las zonas urbanizadas, por lo que, bajo esa consideración, se tiene que la mayor superficie queda registrada con niveles de riesgo medio, para ambos fenómenos.

Fenómenos Geológicos

Un problema considerado sumamente peligroso por la población corresponde a los daños que presenta la carretera federal 125, que se identifican como socavones, aunque ya revisada las características del fenómeno se concluyó que corresponden a subsidencias.
Por lo anterior, se procedió a revisar los riesgos por fenómenos geológicos, encontrándose que tanto los deslizamientos, como los derrumbes, caída de detritos y flujos, tienen una incidencia en la mayoría del territorio municipal, con niveles de riesgo medio.
Cabe resaltar que, en la medida que se amplía el período de retorno, los niveles de riesgo se incrementan para todos los fenómenos geológicos mencionados anteriormente, de tal manera que, en períodos de retorno de 50 años, los porcentajes de aumento de la superficie, hasta niveles de riesgo alto, son del 364.65% para deslizamientos, del 199.47% para derrumbes, 617.83% para caída de detritos y 518.86% para flujos.
En lo que se refiere a subsidencias, se tiene que el 93.52% del territorio municipal es susceptible a un nivel de riesgo medio, situación que es similar para los hundimientos y agrietamientos.

Otros riesgos

También se revisó el tema de la contaminación del agua, que llevó a la conclusión de que no es considerado como un riesgo, aunque deben realizarse los análisis fisicoquímicos respectivos para asegurarse de ello.

Otros riesgos revisados fueron los ocasionados por plagas forestales, destacado que la mayor parte de la superficie que afectan se encuentra en riesgo medio, tanto en el caso de las plantas parásitas, defoliadores, descortezadores y barrenadores.

Por último, se analizó el riesgo por ocurrencia de accidentes, el que, según la información cartográfica disponible, presenta un nivel de riesgo muy bajo.

Tabla 272. Resumen del nivel de riesgos de los fenómenos perturbadores que amenazan al municipio

Tipo de Fenómeno	Fenómeno	Nivel de Riesgo Predominante
Geológicos	Sismos	Medio
	Deslizamientos	Medio
	Derrumbes	Medio
	Caída de detritos	Medio
	Flujos	Medio
	Subsidencias	Medio

Tipo de Fenómeno	Fenómeno	Nivel de Riesgo Predominante
	Hundimientos	Medio
	agrietamientos	Medio
Hidrometereológicos	Inundaciones pluviales	Medio
	Precipitaciones máximas	Medio
	Ciclones tropicales	Bajo
	Tormentas eléctricas	Medio
	Temperaturas mínimas	Bajo
	Tormentas de granizo	Muy bajo
	Nevadas	Muy Bajo
	Heladas	Medio
	Temperaturas máximas	Medio
	Sequías	Medio
	Tornados	Muy bajo
Químico-Tecnológicos	Incendios forestales	Medio
	Explosión de combustible en calles	Medio
	Explosión de combustible en pequeños comercios	Medio
Sanitario-Ecológicos	Plagas forestales	Medio
Socio-organizativos	Accidentes	Muy bajo

Fuente Elaboración propia

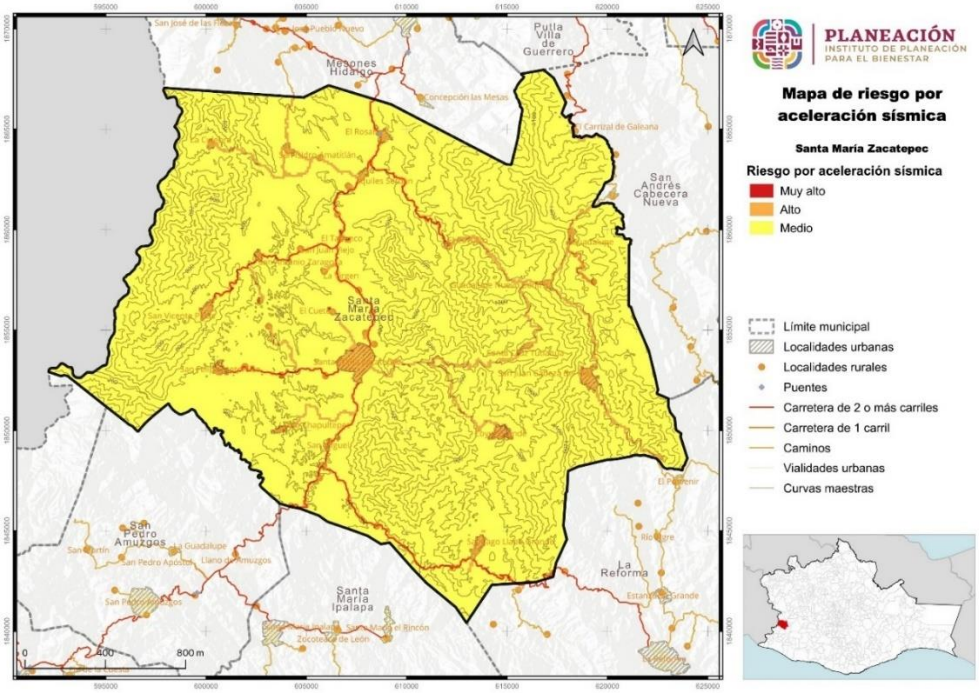
De los riesgos analizados, se consideran como más importantes, por el nivel de riesgo que ocasionan y el nivel de afectación de la población, sus bienes y la infraestructura en general:

Sismos

En el análisis de los riesgos por sismos, fenómeno que causa mayor preocupación en la población, ya que se constató que son más frecuentes de lo previsto, se pudo observar que la mayor parte del territorio está sometido a un riesgo medio, incluidas sierras, montañas, lomeríos y valles; sin embargo, los núcleos de población se ubican

con riesgo alto, dado que existe mayor vulnerabilidad y exposición en las zonas pobladas, así como en carreteras y caminos.

Mapa 227. Mapa I. Riesgo por aceleración sísmica en el municipio.



Fuente: CentroGeo, 2024

Fenómenos Geológicos

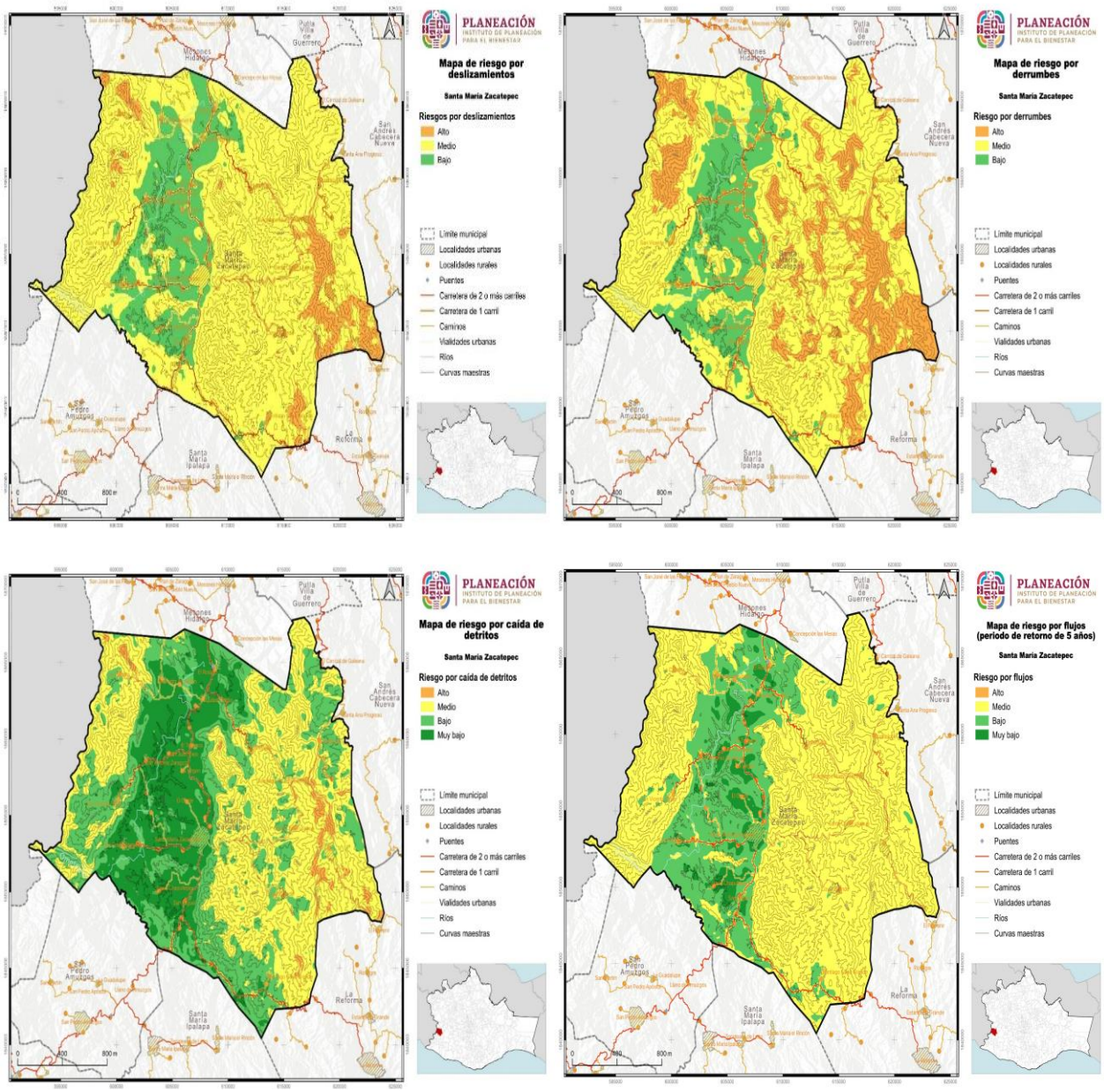
Inestabilidad de laderas. Al analizar los riesgos por inestabilidad de laderas, se pudieron encontrar las siguientes coincidencias:

- Las zonas con nivel de riesgo medio, tanto por deslizamientos, como por derrumbes, caída de detritos y flujos, ocupan mayor superficie en el territorio municipal, respecto a los otros niveles de riesgo.
- Los lomeríos y valles que ocupan de norte a sur la franja central del municipio son las zonas donde el riesgo por fenómenos asociados a la inestabilidad de laderas se presenta en niveles bajo y muy bajo.
- Los cerros Cola de la Culebra y Cabeza de la Culebra, ubicados al noroeste del municipio, presentan riesgo alto por deslizamientos y derrumbes y en menor superficie por caída de detritos.
- -La región de sierra del sureste, por la que atraviesa el camino desde Guadalupe Zacatepec hasta la localidad de El Porvenir, perteneciente al municipio de La Reforma, presenta riesgo alto a deslizamientos y derrumbes y en menor superficie a caída de detritos.
- Superficies importantes de los núcleos de población de La Culebra, San Vicente Piñas, Santiago Llano Grande, San Juan Cabeza del Río, Santa Cruz Tutiahua,

Guadalupe Nuevo Centro y Guadalupe Zacatepec, presentan riesgo alto a deslizamiento y derrumbes, así como riesgo medio a caída de detritos y flujos.

- La cabecera municipal presenta riesgo medio a deslizamientos y derrumbes y riesgo bajo a caída de detritos y flujos.

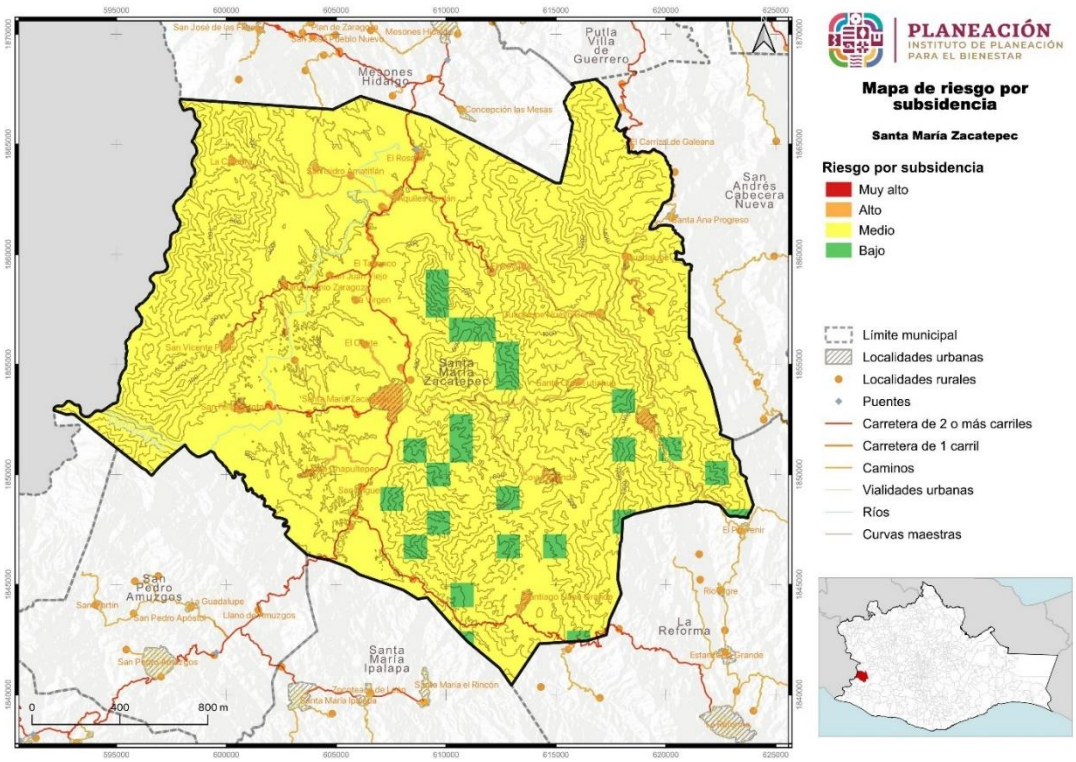
Mapa 228. . Zonas con riesgo a inestabilidad de laderas.



Fuente: CentroGeo, 2024

Subsidencia. Preocupa a la población, el muy alto riesgo que ocasionan las subsidencias en carreteras y caminos del municipio, así como la subsidencia con grado de peligro alto con que se ubica a los núcleos de población, aunque la mayor parte de la superficie del territorio se ubica con riesgo de nivel medio.

Mapa 229. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio



Fuente: CentroGeo, 2024

Fenómenos Hidrometereológicos

Respecto al nivel de susceptibilidad del territorio municipal de Santa María Zacatepec, a riegos por fenómenos hidrometereológicos, resulta lo siguiente:

- La mayor parte del territorio está sujeto riesgo medio por inundaciones pluviales.
- Predomina la superficie con riesgo medio a precipitaciones máximas, sin grandes cambios en los períodos de retorno.
- El riesgo del territorio a ciclones tropicales es bajo.
- Las superficies expuestas a riesgos alto y muy alto por tormentas eléctricas se incrementan significativamente, en la medida que el período de retorno aumenta.

- Predomina el nivel de riesgo muy bajo, en el caso de las temperaturas mínimas, sin cambios a partir del período de retorno a 10 años.
- En las proyecciones de riesgos por tormentas de granizo, predomina la superficie con riesgo muy bajo, aunque para los períodos de retorno a 50 y 100 años, es superada por la superficie con riesgo bajo.
- El municipio está sujeto a muy bajo riesgo por nevadas y a riesgo medio por heladas.
- Respecto a las temperaturas máximas, prevalece el riesgo bajo sobre el riesgo medio, hasta el período de retorno de 10 años, para después revertirse esta situación y prevalecer el riesgo medio sobre el riesgo bajo, en los periodos de retorno a 25, 50 y 100 años.
- El riesgo por sequía en el municipio es de nivel medio, aunque existen áreas con riesgo alto.
- Los tornados y vientos fuertes ubican al municipio en un nivel muy bajo de riesgo, aunque existen áreas con riesgo bajo.

De los fenómenos hidrometereológicos, se resaltan como más importantes, los relacionados con lluvias intensas, calores extremos, sequía e inundaciones fluviales, por lo frecuente de su ocurrencia en el municipio.

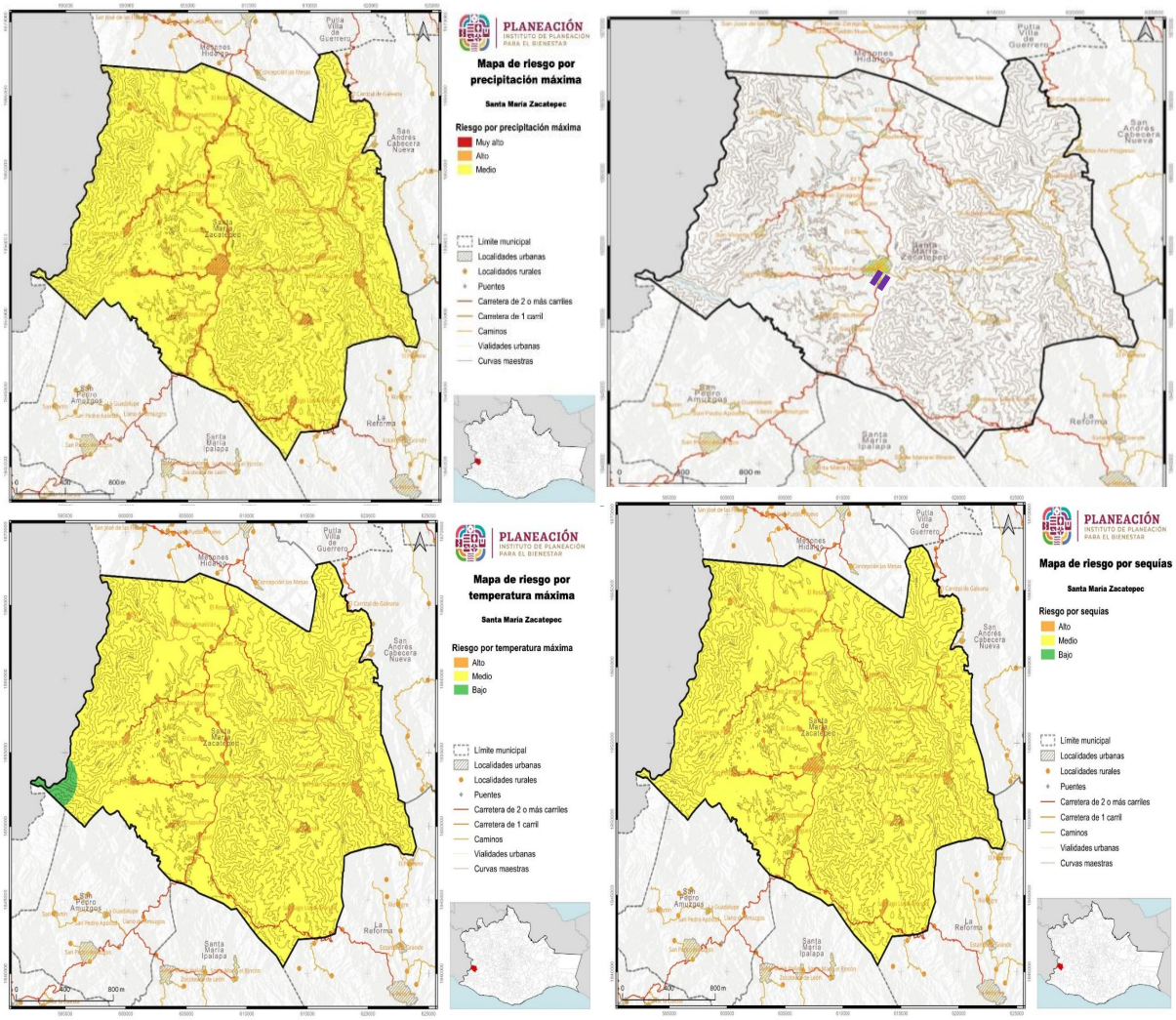
Precipitaciones máximas (lluvias intensas). La ocurrencia de este fenómeno en cantidades extremas ha ocasionado derrumbe y desbordamiento de ríos, cuando vienen acompañadas de vientos fuertes, dañan viviendas y cultivos. En las localidades de El Tapanco, El Cuete y la cabecera municipal se registran pequeñas áreas expuestas a riesgo muy alto, aunque la gran mayoría del municipio se ubica con riesgo medio.

Inundaciones fluviales. Aunque CONAGUA no tiene registrados puntos críticos de inundación, existen sitios en el municipio que padecen de inundaciones fluviales, como es especialmente el caso del puente El Platanar, sobre el río del mismo nombre, donde las avenidas de las corrientes que ocurren en cada temporada de lluvias rebasan el Nivel de Agua Extraordinario Máximo, bloqueando el paso de la carretera federal 125 hacia San Pedro Amuzgos y Pinotepa Nacional.

Temperaturas máximas (calor). El riesgo alto se refleja en los núcleos de población y carreteras que comunican a las localidades de la zona oriente del territorio y el riesgo con nivel medio en la gran mayoría de la superficie del municipio, habiendo zonas del extremo sureste, en la colindancia con Guerrero con riesgo bajo.

Sequía. Las zonas con amenaza media representan la mayor parte de la superficie, que incluye sierras, montaña, lomeríos y valles, así como los núcleos de población del municipio.

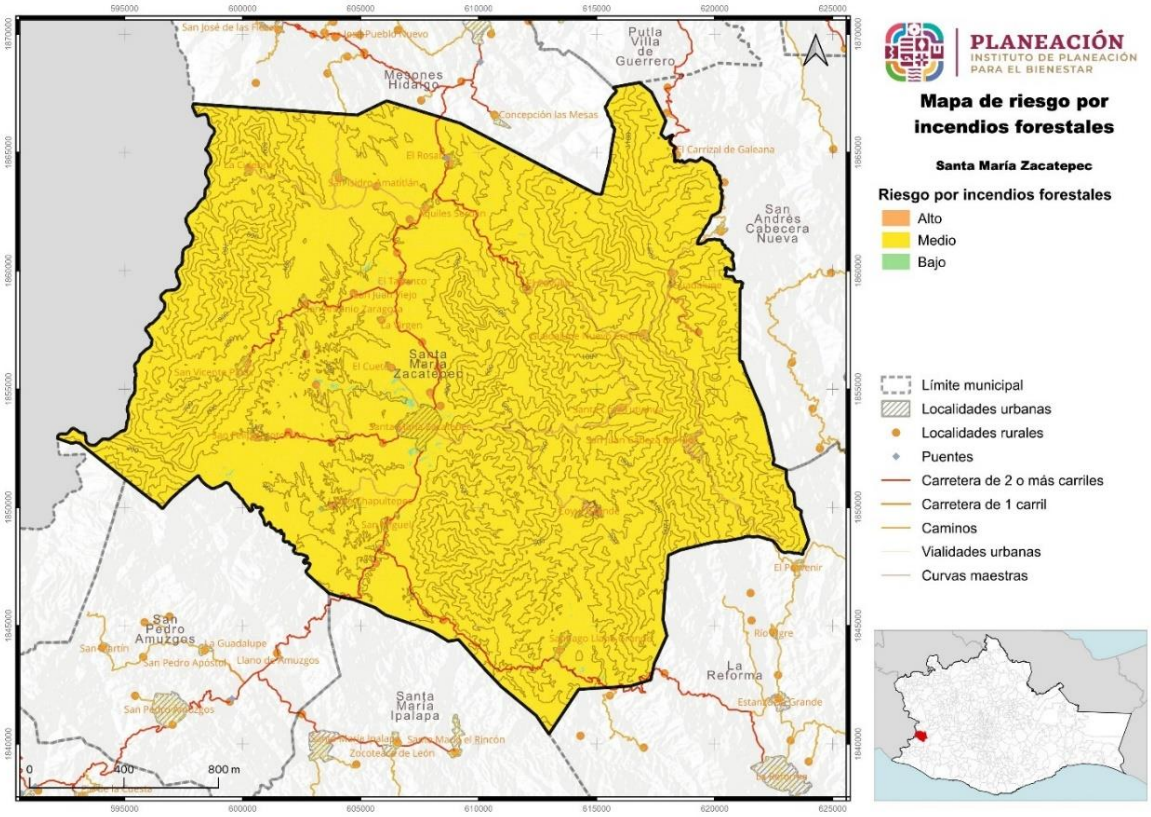
Mapa 230. Fenómenos hidrometereológicos más importantes



Fuente: CentroGeo, 2024

Incendios Forestales. Aunque las zonas más sensibles a incendios forestales son las cubiertas por bosque de pino y pino-encino, el riesgo a este fenómeno se mantiene presente, en grado de riesgo medio, en toda la superficie del territorio municipal, incluyendo las áreas de vegetación secundaria arbórea y arbustiva, así como de pastizales y de uso agrícola, sin quedar fuera las zonas urbanizadas.

Mapa 231. Fenómenos hidrometereológicos más importantes



Fuente: CentroGeo, 2024

Tabla 273. Principales riesgos que amenazan al municipio

Tipo de Fenómeno	Fenómeno	Nivel de Riesgo Predominante
Geológicos	Sismos	Medio
	Derrumbes	Medio
	Subsidencias	Medio
Hidrometereológicos	Inundaciones pluviales	Medio
	Precipitaciones máximas	Medio
	Temperaturas máximas	Medio
	Sequías	Medio
Químico-Tecnológicos	Incendios forestales	Medio

Fuente: Elaboración propia

VI.2.2 Posibles estrategias a implementar para la reducción de riesgos identificados en el territorio.

Una vez calificado el nivel de riesgo de cada fenómeno, se revisaron las posibles vulnerabilidades que pudieran aumentar el riesgo y se anotaron algunas acciones para su atención, con la finalidad de facilitar la identificación posterior de metas y responsabilidades.

El análisis de los riesgos se realizó en diferentes sesiones del Concejo ciudadano, dándose casos en los que el tema en turno no se concluía en una sesión, por lo que se formó una Comisión de Análisis de Riesgos para concluir cada tarea y después llevar los resultados a validación del pleno del concejo.

Tabla 274. Riesgos, vulnerabilidades y acciones para su atención.

Riesgo	Vulnerabilidad	Acciones para reducción del riesgo
Sismos (Riesgo muy Alto)	Viviendas construidas con materiales endebles	Buscar apoyos para mejorar los materiales de construcción de las viviendas
	Viviendas construidas en zonas propensas a derrumbes.	Reglamentar la construcción de viviendas para que no se construya en zonas de riesgo.
	No se conoce como actuar ante un sismo	Elaborar y operar un programa de divulgación y capacitación, que incluya simulacros de evacuación
Derrumbes (Riesgo Alto)	Caminos con taludes inestables y sin protección	Dar mantenimiento a carreteras y caminos en arroyo vehicular, cunetas y taludes. Reforestar lomas y cerros por donde pasan las carreteras y caminos
Hundimientos (Riesgo Medio)	Socavones no visibles, tapados con hierba	Limpieza y señalización de socavones
Huracanes, tormentas, Lluvias severas, (Riesgo Alto)	Viviendas construidas en orillas de ríos y faldas de cerros	Reglamentar la construcción de viviendas para que no se construya en zonas de riesgo.
	Viviendas construidas con materiales endebles	Buscar apoyos para mejorar los materiales de construcción de las viviendas
Inundaciones (Riesgo Medio)	Puentes muy bajos que son rebasados por los volúmenes de agua del rio El Platanar	Reforzar la gestión para la reconstrucción del puente
Sequía (Riesgo Medio)	Sistema de agua potable con fallas	Rehabilitación de sistema de agua potable

Riesgo	Vulnerabilidad	Acciones para reducción del riesgo
Incendios Forestales (Riesgo Alto)	Costumbre de quema de maleza seca para siembra de milpa y pasto	Prohibir la quema, como ya se está haciendo

Fuente: Elaboración propia

Una vez trabajado el análisis y propuesta de acciones para la atención de cada uno de los diferentes riesgos por parte de la Comisión de Análisis de Riesgos y validados los resultados por el pleno del Concejo ciudadano, se organizó la información conforme la clasificación de Hutter.

Tabla 275. Medidas, instrumentos y acciones para la Reducción de Riesgos en el municipio

Estrategia	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas							
		Sismos	Derrumbes	Subsidencia	Precipitaciones Máximas	Inundaciones	Temperaturas máximas	Sequía	Incendios
Medidas Físicas	Adaptación	Realizar un estudio específico para evaluar riesgos de la infraestructura estratégica	Realizar un estudio específico para evaluar riesgos de la infraestructura estratégica	Realizar un estudio específico para evaluar riesgos de la infraestructura estratégica	Realizar un estudio específico para evaluar riesgos de la infraestructura estratégica	Realizar un estudio específico para evaluar riesgos de la infraestructura estratégica			Habilitar servicio social de guardabosques
					Instalar una estación climatológica (Gestionar apoyos)	Instalar una estación climatológica (Gestionar apoyos)	Instalar una estación climatológica (Gestionar apoyos)	Instalar una estación climatológica (Gestionar apoyos)	Mejorar el equipamiento de la brigada contra incendios
	Control	Asignar recursos municipales para mejoramiento de viviendas	Asignar recursos municipales para mejoramiento de viviendas	Asignar recursos municipales para mejoramiento de viviendas	Asignar recursos municipales para mejoramiento de viviendas	Asignar recursos municipales para mejoramiento de viviendas	Asignar recursos para infraestructura para manejo eficiente del agua.	Asignar recursos para infraestructura para manejo eficiente del agua.	Operar un programa de prevención y control de incendios (Gestión de apoyos)
		Operar un Programa de mejoramiento de vivienda (Gestión de recursos)	Operar un Programa de mejoramiento de vivienda (Gestión de recursos)	Operar un Programa de mejoramiento de vivienda (Gestión de recursos)	Operar un Programa de mejoramiento de vivienda (Gestión de recursos)	Operar un Programa de mejoramiento de vivienda (Gestión de recursos)	Operar un Programa de reforestación (Gestión de apoyos)	Operar un Programa de reforestación (Gestión de apoyos)	Operar un Programa de manejo forestal (Gestión de apoyos)
		Estabilizar taludes de carreteras, caminos y núcleos de población (Gestión de mezcla de recursos)	Estabilizar taludes de carreteras, caminos y núcleos de población (Gestión de mezcla de recursos)	Estabilizar taludes de carreteras, caminos y núcleos de población (Gestión de mezcla de recursos)	Estabilizar taludes de carreteras, caminos y núcleos de población (Gestión de mezcla de recursos)	Estabilizar taludes de carreteras, caminos y núcleos de población (Gestión de mezcla de recursos)	Operar un Programa de contingencias para abasto de agua a la población	Operar un Programa de contingencias para abasto de agua a la población	
			Operar un Programa de mantenimiento de caminos (Gestión de mezcla de recursos)	Operar un Programa de mantenimiento de caminos (Gestión de mezcla de recursos)					Apoyar al Comisariado de Bienes Comunales en la construcción de brechas cortafuegos
			Rehabilitar y dar mantenimiento a la carretera	Rehabilitar y dar mantenimiento a la carretera	Rehabilitar y dar mantenimiento a la carretera federal	Reconstruir el puente El Platanar			Levantar líneas de alta y media tensión (Reforzar

Estrategia	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas							
		Sismos	Derrumbes	Subsidencia	Precipitaciones Máximas	Inundaciones	Temperaturas máximas	Sequía	Incendios
			federal (Reforzar gestión ante la SICT)	federal (Reforzar gestión ante la SICT)	(Reforzar gestión ante la SICT)	(Reforzar gestión ante la SICT)			gestión ante la CFE)
	Retiro	Habilitar refugios e institucionalizarlos	Habilitar refugios e institucionalizarlos	Habilitar refugios e institucionalizarlos	Habilitar refugios e institucionalizarlos	Habilitar refugios e institucionalizarlos			Apoyar al Comisariado de Bienes Comunales para operar un programa de aprovechamiento de madera muerta
Instrumentos de Políticas	Regulación	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos	Elaborar el Plan Municipal de reducción de riesgos
		Elaborar el reglamento de Protección Civil	Elaborar el reglamento de Protección Civil	Elaborar el reglamento de Protección Civil	Elaborar el reglamento de Protección Civil	Elaborar el reglamento de Protección Civil			Elaborar el reglamento de Protección Civil
		Elaborar el reglamento municipal de construcción	Elaborar el reglamento municipal de construcción	Elaborar el reglamento municipal de construcción	Elaborar el reglamento municipal de construcción	Elaborar el reglamento municipal de construcción	Elaborar el reglamento para el uso eficiente del agua	Elaborar el reglamento para el uso eficiente del agua	Elaborar el reglamento para control de quemas agropecuarias
	Incentivos y/o desincentivos	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.	Aplicar sanciones establecidas en los reglamentos municipales.
							Reducir pago de impuestos a personas que realicen un uso eficiente del gua	Reducir pago de impuestos a personas que realicen un uso eficiente del gua	Reducir pago de impuestos a personas que realicen tumba y pica en sus terrenos.
	Comunicación	Implementar un sistema de alerta temprana		Señalar los sitios de la carretera con socavones				Realizar estudios de calidad del agua	Implementar un sistema de alerta temprana
		Establecer un sistema de monitoreo permanente	Establecer un sistema de monitoreo estacional y alerta temprana.	Establecer un sistema de monitoreo permanente	Establecer un sistema de monitoreo estacional y alerta temprana.	Establecer un sistema de monitoreo estacional y alerta temprana.	Establecer un sistema de monitoreo estacional.	Establecer un sistema de monitoreo estacional.	Establecer un sistema de monitoreo permanente
		Mejorar la red de telefonía (Gestión ante compañías privadas)	Mejorar la red de telefonía (Gestión ante compañías privadas)	Mejorar la red de telefonía (Gestión ante compañías privadas)	Mejorar la red de telefonía (Gestión ante compañías privadas)	Mejorar la red de telefonía (Gestión ante compañías privadas)	Mejorar la red de telefonía (Gestión ante compañías privadas)		Mejorar la red de telefonía (Gestión ante compañías privadas)
		Desarrollar capacidades y competencias	Desarrollar capacidades y competencias	Desarrollar capacidades y competencias	Desarrollar capacidades y competencias	Desarrollar capacidades y competencias	Desarrollar capacidades y competencias	Desarrollar capacidades y competencias	Desarrollar capacidades y competencias
		Elaborar manuales de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difundir información sobre riesgos y protocolos de actuación.	Difundir información sobre riesgos y protocolos de actuación.	Difundir información sobre riesgos y protocolos de actuación.	Difundir información sobre riesgos y protocolos de actuación.	Difundir información sobre riesgos y protocolos de actuación.	Difundir información sobre riesgos y protocolos de actuación.	Difundir información sobre riesgos y protocolos de actuación.
		Realizar de simulacros de evacuación y respuesta	Realizar de simulacros de evacuación y respuesta	Realizar de simulacros de evacuación y respuesta	Realizar de simulacros de evacuación y respuesta	Realizar de simulacros de evacuación y respuesta			Realizar simulacros de manejo del fuego

Estrategia	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas							
		Sismos	Derrumbes	Subsidencia	Precipitaciones Máximas	Inundaciones	Temperaturas máximas	Sequía	Incendios
	Compensación						Reforzar acciones para el establecimiento de ADVC	acciones para el establecimiento de ADVC	Reforzar acciones para el establecimiento de ADVC
									Cobro por servicios ambientales (Gestión ante CONAFOR)

VI.3 Análisis de la percepción del nivel de riesgo de la población

La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones y las comunidades en riesgo y por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población.

La realidad empírica ha mostrado que los desastres afectan los procesos de desarrollo de un territorio, cuando una amenaza impacta las condiciones de vulnerabilidad preexistentes y muchas veces creadas por los vacíos que generamos en la transformación de nuestro entorno. Esta estrecha vinculación entre el desarrollo y la reducción de riesgos de desastres es mucho más clara a nivel de los municipios, tanto urbanos como rurales.

Congruente con esta realidad, para el acompañamiento en campo y el involucramiento de la población en la toma de decisiones y la gestión del riesgo se retomó el enfoque de Reducción de Riesgos de Desastre (RRD), entendida ahora como un conjunto de conceptos, metodologías, estrategias y enfoques que tienen la función de promover formas de desarrollo más sostenibles, resilientes y seguras, a través de la reducción y manejo de las condiciones de vulnerabilidad, para evitar o limitar el impacto adverso de fenómenos potencialmente peligrosos (EIRD-OIT, 2009a).

El análisis de los riesgos presentes en el municipio partió del intercambio de información conceptual sobre la gestión de riesgos entre los miembros del Concejo

Ciudadano, previamente constituido en el municipio, a fin de unificar definiciones y criterios para la identificación de peligros, vulnerabilidades y riesgos y avanzar hacia el diseño de propuestas de acción.

VI.3.1 Actores relevantes del municipio que participaron en el análisis de percepción del riesgo

El enfoque de Reducción de Riesgos de Desastres, parte de la premisa que los riesgos son procesos prevenibles y hasta cierto punto controlables, más que eventos inevitables, impredecibles o incontrolables, considerándose que la responsabilidad primaria de atender estos fenómenos es de las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno y de la sociedad organizada.

Es en ese orden de ideas, cobra relevancia la corresponsabilidad entre el sistema de Protección Civil municipal, el área dedicada a la planeación del desarrollo municipal y en su caso, la encargada del desarrollo urbano, para la toma de decisiones conjuntas, de tal manera que la reducción de los riesgos se aborden por un lado, con acciones de atención frente a fenómenos perturbadores y por otro, mediante la ordenación del uso y ocupación del territorio a través de acciones tales como la regulación de los usos de suelo, el otorgamiento de licencias de construcción o la reglamentación de las técnicas constructivas.

Para fomentar la participación social, el 6 de marzo de 2024 se instaló el Concejo Municipal de Ordenamiento Territorial y Urbano, como órgano de asesoría y consulta de carácter honorífico, en materia de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.

Los miembros del Concejo fueron 23 inicial y posteriormente se integraron otras cinco personas, quienes participaron en los trabajos de elaboración del Programa Municipal de ordenamiento Territorial y Urbano y el Atlas Municipal de Riesgos

Son integrantes del Concejo; el Presidente Municipal, quien lo preside; el Regidor de Obras, que actúa como suplente de la presidencia; el Director de Recursos Naturales del Ayuntamiento, quien funge como Secretario Técnico del Concejo, así como también la Síndica Municipal; la Secretaria Ministerial de la sindicatura; el Regidor de Hacienda; la Regidora de Salud; la Regidora de Educación; la Regidora de Desarrollo Social, los Alcaldes municipales, primero y segundo; la Representante del Centro de Salud; el Presidente de la Asociación Ganadera Local, la Representante del Barrio Primera Sección; el Secretario de Bienes Comunales; la Presidenta del DIF, la Titular de la Instancia Municipal de la Mujer, el Secretario Municipal, la Tesorera Municipal, el Director del Sistema de Agua Potable; el Director de Ligas Deportivas de Baloncesto del Ayuntamiento; el Director de Atención Ciudadana del ayuntamiento; un Extensionista Municipal; un Enfermero de Ayuntamiento, un Auxiliar de Protección Civil; además de los Directores de Ecología y de Protección Civil, quienes fueron

nombrados como Enlaces Municipales, para prestar apoyo técnico al Concejo en los trabajos de elaboración del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial y Urbano y el Atlas Municipal de Riesgos.

Por lo abundante de los temas tratados y lo nutrido de las intervenciones, para cada tema debieron dedicarse varias sesiones, ante lo que el Concejo acordó nombrar una Comisión de Análisis de Riesgos, para que concluyera cada tarea o en su caso, abordara primero los temas a tratar y presentara al pleno de Concejo los resultados de su análisis a fin de validarlos.

La Comisión de Análisis de Riesgos quedó conformada por el Secretario Técnico del Concejo y Director de Recursos Naturales del H. Ayuntamiento, a quien se asignó la coordinación de la Comisión, el Director de Ecología del H. Ayuntamiento y enlace municipal, quien se nombró como suplente del coordinador de la Comisión, así como el Director de Protección Civil del H. ayuntamiento y enlace municipal, los alcaldes primero y segundo del Ayuntamiento, el responsable del sistema de agua potable del Ayuntamiento, la responsable de la Instancia municipal de la mujer, la representante del Barrio Primera Sección y el Presidente de la Asociación Ganadera Local.

Previa convocatoria con por lo menos tres días de anticipación, en todas las sesiones del Concejo, se incluían como puntos del orden del día; I. Lista de asistencia, II. Declaración del quórum legal para sesionar, III. Lectura y aprobación del orden del día, IV. Lectura del acta de la sesión anterior, para efectos de aprobación, V. Tema(s) central(es) de la sesión, VI. En el caso de sesiones ordinarias, asuntos generales, VII. Revisión y ratificación de acuerdos adoptados en la sesión, VIII. Reporte del cumplimiento o avances de los acuerdos previos adoptados por el órgano colegiado y IX. Clausura de la sesión; lo anterior, conforme lo establecido en el artículo 26 del reglamento interno del Concejo.

Adicionalmente a las reuniones de concejo, se levantaron encuestas y se aplicaron entrevistas a actores importantes señalados por el propio Conejo, con la finalidad de abundar en temas específicos, relacionados con la historia, costumbres, media ambiente, educación, salud, asuntos agrarios y riesgos presentes en el municipio, lo que se complementó con recorridos en diferentes puntos del territorio.

Tabla 276. Lista de actores participantes en la gestión de riesgos

Nombre	Cargo	Función en el Consejo
C. Denis Guzmán Peláez	Presidente Municipal	Presidente
C. José Manuel López Ramírez	Regidor de Obras	Presidente Suplente
Ing. Miguel Ángel Vásquez Herrera	Director de Recursos Naturales	Secretario Técnico
Biol. Gerson Abdelhamid	Director de Ecología	Enlace Municipal

Nombre	Cargo	Función en el Consejo
C. Claudio Sierra Silvestre	Director de Protección Civil	Enlace Municipal
Profra. Soledad Herrera López	Síndica Municipal	Consejera
Lic. Marlenne Cruz Sierra	Secretaria Ministerial	Consejera
C. Marcelino Peláez García	Regidor de Hacienda	Consejero
Enf. Erika Cruz Fernández	Regidora de Salud	Consejera
Profra. Remedios Cuevas González	Regidora de Educación	Consejera
Ing. Elia Victoriano Quiroz	Regidora de Desarrollo Social	Consejera
C. Juan Rafael López	Alcalde Único	Consejero
C. Domingo Martínez Rafael	Alcalde segundo	Consejero
Enf. Verónica Sánchez Santiago	Representante del Centro de Salud	Consejera
C. Juan Martínez Nicolás	Presidente de la Asociación Ganadera Local	Consejero
Profra. Rosa Guzmán García	Representante del Barrio Primera Sección	Consejera
C. Ambrosio Mendoza Lorenzo	Secretario de Bienes Comunales	Consejero
C. Eumilce Vásquez Marroquín	Presidenta del DIF	Consejera
C. Paola Herrera Rojas	Titular de la Instancia Municipal de la Mujer	
Ing. Noé Nicolas Riaño	Secretario Municipal	Consejero
L.A.E. Wendy Rodríguez Peláez	Tesorera Municipal	Consejera
C. Artemio Osorio Miguel	Director del Sistema de Agua Potable	Consejero
C. Herminio Aparicio Bautista	Director de Ligas Deportivas de Baloncesto	Consejero
C. Antonio López Cruz	Director de Atención Ciudadana	Consejero
C. Miguel Galardo Gómez Sánchez	Extensionista municipal	Consejero
Enf. Erick Ramos Vásquez	Enfermero	Consejero
C. Luis Alberto González Solano	Auxiliar de Protección Civil	Consejero
C.Adrián Sánchez Arellanes	Auxiliar del sistema de Agua Potable	

Fuente Elaboración propia

VI.3.2 Memoria histórica de eventos adversos que han impactado al territorio

La identificación de los riesgos en el municipio se logró mediante la complementación de la información bibliográfica disponible, con las aportaciones realzadas en entrevistas, encuestas y talleres, que permitieron el reconocimiento, análisis y clasificación de los fenómenos perturbadores ocurridos en el municipio.

Sin duda alguna, los **sismos** son los fenómenos que más alarma causan en la población, ya que no se borra de la memoria el acontecido en el año 2012, por los daños que causó a viviendas y construcciones en general, así como por el estado de indefensión en que dejo a la población afectada, ante el sumamente escaso apoyo externo recibido para recuperarse.

Se reconoce que se presentan con frecuencia, por la relativa cercanía del municipio con la Costa del Océano Pacífico, área altamente sísmica, aunque por su baja intensidad no se perciben; también se reconoce no estar preparados para afrontar otro fenómeno similar al del año 2012, ya que no se cuenta con suficiente información y los recursos disponibles para protección civil municipal son escasos, limitándose a atender emergencias y eventualmente realizar simulacros.

Otros fenómenos naturales, considerados importantes son los **Huracanes**, que se caracterizados por lluvias intensas y ráfagas de viento, que se presentan durante el temporal. Han levantado las láminas de las casas ubicadas en lomeríos y en cañones donde corre más el aire. Se han presentado derrumbes en laderas de los caminos del municipio, especialmente en la carretera Federal 125. En 2021 ocasionó el arrastre de un puente y aunque no sea muy fuerte, provoca apagones que dañan los aparatos eléctricos. El puente Platanar, ubicado en la carretera federal, en la salida de la cabecera municipal hacia San Pedro Amuzgos, se inunda cuando llueve mucho e impide el paso a personas y vehículos.

La **Sequía** se ha vuelto cada vez más crítica, el agua se está escaseando y ya no abastece a la población. Existe una preocupación creciente a quedarse sin agua. La deforestación para sembrar pastos es una de las principales causas de la sequía.

Los **incendios forestales** están íntimamente relacionados con la sequía y el calor, a lo que se suman las quemas agrícolas, cortos circuitos de cables de alta tensión y quema de basura. Se habían presentad de manera recurrente en otros años, pero ahora ya se tiene más cuidado en la quema de la hierba seca para sembrar, por eso ya no hay tantos. Existe la iniciativa de la autoridad municipal, junto con el Comisariado de Bienes Comunales, de prohibir la quema para las siembras, lo que se está comunicando a todas las poblaciones, a través de las Direcciones de Protección Civil, Ecología y Recursos Naturales.

Existen socavones (**Subsidencia**) en las carreteras y caminos del municipio, preocupando de manera especial los ubicados en varios tramos de la carretera federal

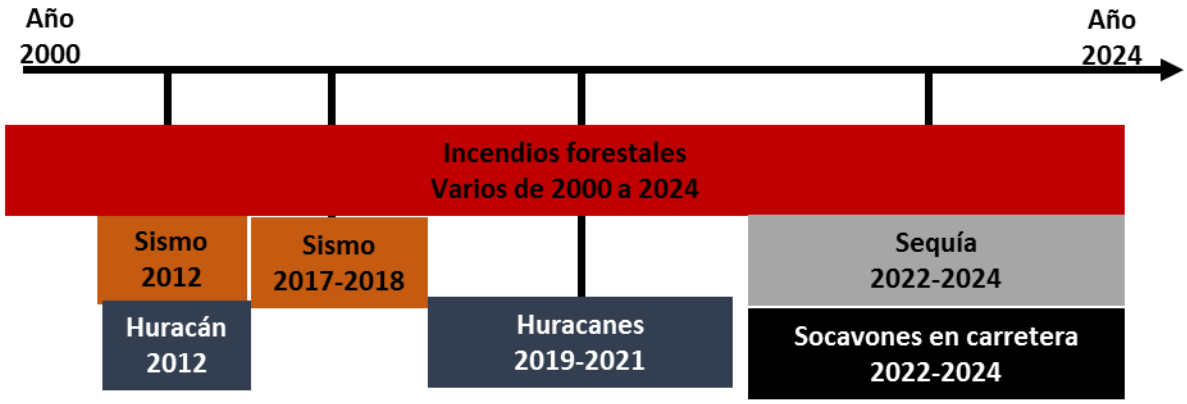
125, la más importante vía de comunicación terrestre del municipio, ya que lo une hacia el norte con Mesones Hidalgo, Putla Villa de Guerrero, Heroica Ciudad de Tlaxiaco y entronca con la carretera estatal no. 15 y hacia el Sur con San Pedro Amuzgos, San Juan Cacahuatepec, San Sebastián Ixcapa y Santiago Pinotepa Nacional, donde se une a la carretera federal no. 200

Se han hecho frecuentes las **descargas eléctricas** por cables de alta tensión de la red de distribución de energía eléctrica que pasan muy bajos por algunos solares de la cabecera municipal y tocan las copas de los árboles, que, aunque se han reportado a la CFE, hasta la fecha no ha habido respuesta. Hace 5 años murió electrocutado un joven, que estaba pintando el techo de su casa y por error tocó los cables de alta tensión

Aunque se considera con bajo nivel de riesgo, se reporta la presencia de **Abejas en viviendas**, en casas de la cabecera municipal, que se encuentran abandonadas, las abejas hacen sus colmenas y ya han picado a la gente que pasa por la calle, cerca de esas casas.

Complementando información de gabinete y de campo, se construyó una matriz, en orden cronológico sobre los principales eventos peligrosos ocurridos en el municipio.

Imagen 18. Línea de tiempo de impacto de eventos perturbadores



Fuente Elaboración propia

Una vez realizado el ejercicio de remembranza de eventos peligrosos ocurridos, se revisó la información acopiada sobre fenómenos registrados en el municipio, construyéndose la cronología de estos

Tabla 277. Cronología de eventos peligrosos

Fecha/año período	Evento	Descripción
1° de enero a 27 de marzo de 2006	Incendio Forestal	Evento poco recordado. Noticieros y periódicos informaron que, de 78 eventos registrados en el estado, solo dos incendios se reportaban activos, uno en Santa María Zacatepec y otro en San Miguel Chimalapas. En total, los incendios destruyeron cerca de 4,495 Has., 1,764 de pasto, 1,693 de vegetación, 378 de arbolado adulto y 660 Has de renuevo.
20 de marzo de 2012	Sismo.	Es el sismo más presente en la memoria colectiva de los habitantes de Zacatepec, debido a las afectaciones causadas en viviendas y otras construcciones. Información del CENAPRED reportó que la magnitud fue de 7.4 grados, habiéndose emitido **declaratoria de desastre** en 48 municipios. Hubo réplicas hasta el 30 de marzo de ese año. No se reconoce ayuda efectiva de los gobiernos estatal o federal para los damnificados.
15 al 17 de junio de 2012	Lluvia severa.	Se mencionan afectaciones por varios huracanes y lluvias intensas, sin precisar fechas de cada uno de ellos. En el Diario Oficial de la Federación de fecha 29/06/2012 (DOF) se publicó la **declaratoria de desastre** por las afectaciones derivadas del huracán, categoría II CARLOTTA, que causó inundaciones, daños por fuertes vientos, deslizamientos de tierra y derrumbes. En estos casos, la ayuda que presta el gobierno, consistente generalmente en dotación de láminas, siempre es tardía
2013	Incendio forestal	Evento poco recordado. El Anuario Estadístico Geográfico y Estadístico del Estado de Oaxaca. (AEGEEO) 2014, registró 12 incendios forestales en el municipio en 2013, los que afectaron 1,214 Has., 647 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico; 243 has. de arbolado adulto y renuevos y 325 Has. de arbustos.
2014	Incendio forestal	Evento poco recordado. El AEGEEO 2015, registró 14 incendios forestales en el municipio en 2014, que afectaron 137 Has., 98 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico; 9 has. de arbolado adulto y renuevos y 30 Has. de arbustos.
2015	Incendio forestal	Evento poco recordado. El AEGEEO 2016, registró 10 incendios forestales en el municipio en 2015, que afectaron 79 Has., 52 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico y 27 Has. de arbustos.
2016	Incendio forestal	Evento poco recordado. El AEGEEO 2017, registró 4 incendios forestales en el municipio en 2016, que afectaron 145 Has., 51 con especies herbáceas, incluyendo hojarascas y suelo orgánico; 31 has. de arbolado adulto y renuevos y 63 Has. de arbustos.
7 de septiembre de 2017	Sismo.	No se recuerda con precisión. El Diario Oficial de la Federación emitió **declaratoria de desastre** por ocurrencia de sismo magnitud 8.2 en 283 municipio de Oaxaca.
16 de febrero de 2018	Sismo	Revisando las notas periodísticas del sismo, se hizo memoria que en ese año estaba de presidente municipal el C. Denis Guzmán Peláez y que efectivamente, el desastre ocasionó el derrumbe de casas en la Cabecera municipal y afectaciones en viviendas de El Tapanco, La Culebra, Llano Grande, La Virgen, Las Palmas, El Cuete, Loma Chapultepec y Nejapa. La magnitud del sismo fue de 7.2 grados.

Fecha/año período	Evento	Descripción
19 de febrero de 2018	Sismo	Se reportó como una réplica del sismo del 16 de febrero del 2018 y se recordó porque en esa ocasión fue cuando se cayó en Jamiltepec el helicóptero en el que viajaban el gobernador y el jefe del ejército mexicano. La magnitud del sismo fue de 6.0 grados. La caída del helicóptero ocasionó la muerte de 13 personas.
28 de septiembre al 1° de octubre de 2019	Tormenta tropical	Se mencionan afectaciones por varios huracanes y tormentas, sin precisar fechas de cada uno de ellos. Se emitió **declaratoria de desastre** en 82 municipios de la entidad derivado de los efectos de la tormenta tropical "Narda".
2 de febrero de 2021	Incendio forestal	Sin recordarlos con precisión, se menciona varios incendios forestales. Notas periodísticas que anotaron como fuente a la CONAFOR, mencionaron 16 incendios forestales en Oaxaca en 2021, que aumentaron su extensión por la presencia de rachas de viento. Se informó que los incendios más grandes afectaron las comunidades de San Carlos Yautepec y Santa María Zacatepec.
8 de julio de 2021	Desbordamiento de río	Se mencionan afectaciones por varios huracanes y luvias intensas, sin precisar fechas de cada uno de ellos. En periódicos locales se informó de lluvias intermitentes y el aumento del nivel del agua, el Río Blanco llegó a su máxima capacidad y en algunos puntos se desbordó, registrándose afectaciones al puente de dicho Río.
30 de agosto de 2022	Lluvia intensa	Se mencionan afectaciones por varios huracanes y luvias intensas, sin precisar fechas de cada uno de ellos. Periódicos informaron sobre derrumbes y afectaciones en cultivos que dejaron las lluvias intensas. Diversos tramos carreteros también sufrieron daños, como fue el caso del tramo el Coyulito-Aquiles Serdán.
11 de septiembre de 2022	Lluvia intensa	Se mencionan afectaciones por varios huracanes y luvias intensas, sin precisar fechas de cada uno de ellos. En la página de Facebook del Ayuntamiento, se informó sobre derrumbes en todo el tramo carretero de Santa María Zacatepec.
2022	Incendio forestal	En el Plan Municipal de Desarrollo Municipal 2022-2024, se hizo mención de la ocurrencia de 10 incendios en el año 2022, atribuidos a las altas temperaturas y pérdida de control de las quemas como práctica agropecuaria. Ha habido incendios ocasionados por contacto de cables de alta tensión con árboles en la Joya.
22 y 23 de agosto de 2023.	Lluvias intensas.	Se mencionan afectaciones por varios huracanes y luvias intensas, sin precisar fechas de cada uno de ellos. Notas periodísticas informaron sobre fuertes lluvias, con rachas de viento y actividad eléctrica en San Pedro Amuzgos, Santa Cruz Itundujia y Santa María Zacatepec.
Todos los años	Sequía	Antes (hace 50 años), empezaban las lluvias entre el 25 y 30 de abril, el tres de mayo era seguro que llovía fuerte, ahora empiezan hasta julio y duran solo un mes. **Menos bosque=Menos lluvia**. Antes en Llano Grande se dejaba crecer el acahual después de cada siembra, ahora, la ganadería ha acabado con esa práctica. Antes no se usaban productos químicos en las actividades agropecuarias. La sequía se hace más prolongada cada año.

Fecha/año período	Evento	Descripción
Actualmente	Socavones	En la Carretera que comunica desde Putla hasta Pinotepa hay **deslaves bajo la carpeta asfáltica y derrumbes** ocasionados por las escorrentías de la luvia. Ya se han reportado a SCT, pero no ha habido respuesta.
Actualmente	Descargas eléctricas	Cables de alta tensión que pasan muy cerca de los árboles, de techos y balcones de las casas, que ya han ocasionado en otros años la muerte de un joven, así como incendios.
Actualmente	Abejas	Existen colmenas de abejas que se han refugiado en casas abandonadas de la cabecera municipal. Se desconoce si son abejas africanas, pero ponen en riesgo a niños y personas en general que transitan por las banquetas.

Fuente Elaboración propia

VI.3.3 Identificación y priorización de amenazas y vulnerabilidades en el municipio

Una vez identificados los fenómenos ocurridos en el municipio, se procedió al análisis de posibles vulnerabilidades que pudieran potenciar el peligro que representa cada evento.

Tabla 278. . Amenazas y vulnerabilidades identificadas por la población

Peligro/Amenaza	Vulnerabilidad
Sismos	Viviendas construidas con materiales endebles
	Viviendas construidas en zonas propensas a derrumbes.
	No se conoce como actuar ante un sismo
Derrumbes	Caminos con taludes inestables y sin protección
Subsidencia	Socavones no visibles, tapados con hierba
Huracanes, tormentas, Lluvias severas,	Viviendas construidas en orillas de ríos y faldas de cerros
	Viviendas construidas con materiales endebles
Inundaciones	Puentes muy bajos que son rebasados por los volúmenes de agua del rio El Platanar
Sequía	Sistema de agua potable con fallas
Incendios Forestales	Costumbre de quema de maleza seca para siembra de milpa y pasto

Fuente Elaboración propia

Posteriormente se sometió cada una de las amenazas al análisis de su nivel de importancia, a partir de la opinión de los miembros del concejo ciudadano, de tal

manera que se logró una primera priorización de carácter cualitativo, con base en la percepción de cada uno de los participantes.

La priorización de las amenazas colocó a los sismos en primer lugar con un nivel de muy alto; en segundo lugar, a los huracanes y eventos asociados como lluvia intensa y ráfagas de viento, quedando calificado como alto.

Los incendios forestales se posicionaron en el tercer lugar de la amenazas importantes, aunque actualmente ya se ha prohibido la quema para la siembra en el territorio municipal, se consideraron con un nivel alto, por el tamaño y vulnerabilidad de la superficie expuesta; en cuarto lugar se colocó la subsidencia, relacionada principalmente con socavones en la carretera, que ponen en peligro permanente a quienes transitan por ella, por lo que se calificó con nivel medio y la sequía, fenómeno cada vez más grave que se ha presentado varios años seguidos, quedo calificado en quinto lugar con nivel de amenaza medio, en virtud que el problema se debe en gran media al mal uso del recurso y no a la falta de agua en los manantiales, sin desconocerse que su nivel ha bajado significativamente.

Derivado del análisis de los huracanes y sus efectos, se analizó el caso de los derrumbes, ubicados en sexto lugar, en los que se incluyeron los ocasionados por lluvias y sismos, así como los que se presentan de manera natural, quedando en categoría de alto y las inundaciones, ocasionadas por la crecida de los ríos, se calificaron con el número siete y como amenaza de nivel medio.

Se mencionó como un peligro, la presencia de abejas, sin embargos se consideró un hecho aislado y poco frecuente, que deberá ser atendido en lo inmediato por la dirección de protección civil por considerarse con nivel de amenaza muy bajo.

Para facilitar la interpretación de la priorización de las amenazas, se aplicó una matriz de amenazas, mediante la cual se puede adicionar valor a los datos cualitativos, con base en el impacto y/o probabilidad de ocurrencia de los eventos peligrosos, explicando los criterios y valores para la calificación.

Imagen 19. Herramienta para priorización y escala de valoración para la amenaza

5 ROJO ALTO
3 AMARILLO MEDIO
1 VERDE BAJO

Amenazas	Calificación	Rojo	Amarillo	Verde	Total	Prioridad
Caída de ceniza	5 3 3 1	5	6	1	12	2
Sismos	1 3 3 3	0	9	1	10	3
Deslizamiento	5 3 5 5	15	3	0	18	1

Una vez realizado el ejercicio de calificación pudo priorizarse el nivel de prioridad de cada amenaza, resultando muchas coincidencias con la calificación cualitativa realizada con base en la percepción de los participantes.

Tabla 279. Valoración y priorización de las amenazas

Amenazas	Calificación	Prioridad
Sismos	105	1
Derrumbes	69	5
Subsidencia	75	4
Huracanes	99	2
Inundaciones	65	6
Sequía	89	3
Incendios forestales	89	3

VI.3.4 Definición de posibles acciones a implementar para la Reducción de amenazas en el municipio

Para la definición de propuestas dirigidas a la reducción de las amenazas, se propusieron acciones relacionadas directamente con las vulnerabilidades ya detectadas, a fin de facilitar el análisis, así como la identificación posterior de metas y responsabilidades.

Tabla 280. Riesgos, vulnerabilidades y acciones para su atención.

Amenaza	Vulnerabilidad	Acciones
Sismos	Viviendas construidas con materiales endebles	Buscar apoyos para mejorar los materiales de construcción de las viviendas
	Viviendas construidas en zonas propensas a derrumbes.	Reglamentar la construcción de viviendas para que no se construya en zonas de riesgo.
	No se conoce como actuar ante un sismo	Elaborar y operar un programa de divulgación y capacitación, que incluya simulacros de evacuación
2. Huracanes, tormentas, Lluvias severas,	Viviendas construidas en orillas de ríos y faldas de cerros	Reglamentar la construcción de viviendas para que no se construya en zonas de riesgo.
	Viviendas construidas con materiales endebles	Buscar apoyos para mejorar los materiales de construcción de las viviendas
3. Sequía	Sistema de agua potable con fallas	Rehabilitación de sistema de agua potable
4. Incendios Forestales	Costumbre de quema de maleza seca para siembra de milpa y pasto	Prohibir la quema, como ya se está haciendo
5. Subsidencia	Socavones no visibles, tapados con hierba	Limpieza y señalización de socavones
6. Derrumbes	Caminos con taludes inestables y sin protección	Dar mantenimiento a carreteras y caminos en arroyo vehicular, cunetas y taludes. Reforestar lomas y cerros por donde pasan las carreteras y caminos

Amenaza	Vulnerabilidad	Acciones
7. Inundaciones	Puentes muy bajos que son rebasados por los volúmenes de agua del rio El Platanar	Reforzar la gestión para la reconstrucción del puente

Fuente Elaboración propia

VI.3.5 Análisis de la percepción del grado de peligro

Para la determinación del grado de peligro, como se puede ver en la siguiente imagen, se analizaron los fenómenos perturbadores que podrían amenazar los sistemas expuestos del municipio a partir de analizar dos componentes, la frecuencia y la intensidad, para posteriormente hacer un cruce e identificar el valor final del peligro.

Imagen 20. Herramienta para el análisis de peligros

ANÁLISIS DE PELIGROS
(Incidencia respecto a la Localidad)

Necesario consultar Anexo 1. "Criterios de Evaluación de los factores de Peligro" **para la ponderación** de la frecuencia e intensidad:

Escala de ponderación:

0 "No se percibe" **1 "Muy Bajo" 2 "Bajo" 3 "Medio" 4 "Alto" 5 "Muy Alto"**

NOTA: Utilizar Matriz de Peligros para definir el Valor Final.

TIPO DE FENÓMENO ADVERSO	PELIGRO	Frecuencia (Ver "Tabla de Criterios de Evaluación" de los factores de peligro)	Intensidad (Ver "Tabla de Criterios de Evaluación" de los factores de peligro)	Valor Final (Ver la "Matriz de evaluación de peligros")
	Ver Tabla de Criterios de evaluación de los factores de peligro	Escala 0 - 5	Escala 0 - 5	Escala 0 - 5
1. GEOLÓGICOS	Sismos	1	5	1
	Tsunamis/ Maremotos	2	4	2
	Inestabilidad de Laderas	3	3	3
	Hundimiento	4	2	4
	Agrietamiento del Terreno	5	1	5
	Fallas geológicas			

La siguiente imagen muestra los criterios de criterios de evaluación de los factores de peligro, a partir de los que se asignaron los valores para cada fenómeno adverso que puede ocurrir en el municipio para cada uno de sus dos componentes: la frecuencia y la intensidad.

Imagen 21. Criterios de evaluación de los factores de peligros

PONDERACIÓN DE FRECUENCIA		PONDERACIÓN DE INTENSIDAD	
Frecuencia del evento de peligro	**Valor**	**Afectación del evento de peligro**	**Valor**
El evento se presenta **más de 2 veces al año**	5 = Frecuencia Muy Alta	Generación de **muertes** y lesionados, **graves pérdidas** económicas, daños ambientales, **inhabilitación de servicios básicos**, gran cantidad de infraestructura dañada, **declaratoria de desastre.**	5 = Intensidad Muy Alta
El evento se presenta **1 vez al año**	4 = Frecuencia Alta	Generación de **graves pérdidas** económicas, daños ambientales, **inhabilitación de servicios básicos,** gran cantidad de infraestructura dañada, **declaratoria de desastre. No generó muertes, pero sí lesionados**	4 = Intensidad Alta
El evento se ha presentado por lo menos **1 vez en un periodo de 2 a 7 años**	3 = Frecuencia Media	Generación de **pérdidas** económicas **considerables**, **daños puntuales** en la infraestructura, **suspensión de algunos servicios básicos**	3 = Intensidad Media
El evento se ha presentado por lo menos **1 vez en un periodo de 7 a 10 años**	2 = Frecuencia Baja	Generación de **pérdida**s económicas **menores**, **suspensión de algunos servicios básicos, sin daños** de consideración e**n la infraestructura**	2 = Intensidad Baja
El evento se presentó **1 vez hace más de 10 años**	1= Frecuencia Muy Baja	Únicamente generación de **daños mínimos en la infraestructura** que no comprometen su funcionamiento ni suponen pérdidas económicas importantes	1= Intensidad Muy Baja
No se percibe ocurrencia de eventos de esa naturaleza	0 = Sin ocurrencia	**No se perciben pérdidas o daños de esa naturaleza**	0 = Sin pérdidas o daños

Posteriormente, y para determinar el valor final del peligro se correlacionan los valores de frecuencia e intensidad y se establece el criterio, de acuerdo con la "Matriz de peligro" que se muestra en la siguiente imagen; obteniendo así el valor único para ambos criterios.

Imagen 22. Matriz de Peligro para realizar el cruce de frecuencia e intensidad para determinar el valor final de cada peligro

MATRIZ DE PELIGRO							
INTENSIDAD	5 = Intensidad Muy Alta	0	4 = Peligro Alto	5 = Peligro Muy Alto	5 = Peligro Muy Alto	5 = Peligro Muy Alto	5 = Peligro Muy Alto
	4 = Intensidad Alta	0	4 = Peligro Alto	4 = Peligro Alto	4 = Peligro Alto	4 = Peligro Alto	5 = Peligro Muy Alto
	3 =Intensidad Media	0	3 = Peligro Medio	3 = Peligro Medio	3 = Peligro Medio	3 = Peligro Medio	4 = Peligro Alto
	2 = Intensidad Baja	0	2 = Peligro Bajo	2 = Peligro Bajo	2 = Peligro Bajo	3 = Peligro Medio	3 = Peligro Medio
	1= Intensidad Muy Baja	0	1 = Peligro Muy Bajo	2 = Peligro Bajo	2 = Peligro Bajo	2 = Peligro Bajo	2 = Peligro Bajo
	0	0	1 = Peligro Muy Bajo	1 = Peligro Muy Bajo	1 = Peligro Muy Bajo	1 = Peligro Muy Bajo	1 = Peligro Muy Bajo
		0	1= Frecuencia Muy Baja	2 = Frecuencia Baja	3 = Frecuencia Media	4 = Frecuencia Alta	5 = Frecuencia Muy Alta
			FRECUENCIA				

Fuente Elaboración propia

Para determinar el grado de peligro del municipio, se hace la sumatoria de valores finales de cada fenómeno adverso y dicho valor se clasifica acorde al rango de valores que contempla cada grupo mencionado en 0-21 “Muy bajo”; 22-42 “Bajo”; 43-63 “Medio”; 64-84 “Alto”; 85-105 “Muy alto”.

Imagen 23. Criterios para determinar el valor final del peligro

3. QUÍMICO / TECNOLÓGICO	Fugas de Sustancias Peligrosas			
	Sustancias Peligrosas			
	Explosiones			
	Incendios			
GRADO DE PELIGRO. (Sumar 3 grupos de Fenómenos Adversos)				15
0-21 Muy bajo; 22-42 Bajo; 43-63 Medio; 64-84 Alto; 85-105 Muy alto				**Muy Bajo**

Fuente Elaboración propia

Aplicado la metodología y herramientas mencionadas, se establecieron y cuantificaron los peligros con base en su frecuencia e intensidad. Para determinar la frecuencia de los sismos, se consultaron páginas web que reportan diariamente la ocurrencia de este fenómeno hasta el nivel municipal, habiendo encontrado información sobre la ocurrencia de 15 sismos, magnitud 4.1 en los últimos 15 días.

El resultado del ejercicio califica a Santa María Zacatepec con bajo grado de peligro.

Imagen 24. Resultados del Análisis de Peligros del Municipio

TIPO DE FENÓMENO ADVERSO	PELIGRO	Frecuencia	Intensidad	Valor Final
		Escala 0 - 5	Escala 0 - 5	Escala 0 - 5
1. GEOLÓGICOS	Sismos	5	4	5
	Tsunamis/ Maremotos			
	Inestabilidad de Laderas	4	1	2
	Subsidencia	4	1	2
	Agrietamiento del Terreno			
	Fallas geológicas			
2. HIDROMETEOROLÓGICOS	Huracanes	1	3	3
	Lluvias Severas	4	3	3
	Vientos Fuertes	4	2	3
	Inundaciones	4	2	3
	Heladas			
	Sequias	4	3	3
	Mareas de tormenta			
	Tormentas Eléctricas			
	Granizada			
	Onda de Calor	4	0	1
3. QUÍMICO / TECNOLÓGICO	Fugas de Sustancias Peligrosas			
	Derrame de Sustancias Peligrosas			
	Explosiones			
	Incendios	3	4	4
GRADO DE PELIGRO. (Sumar 3 grupos de Fenómenos Adversos)				29
0-21 Muy bajo; 22-42 Bajo; 43-63 Medio; 64-84 Alto; 85-105 Muy alto				Bajo

Fuente Elaboración propia

VI.3.6 Análisis de la percepción del grado de vulnerabilidad

Para la determinación del grado de vulnerabilidad, se utilizó la tabla de "Análisis de Vulnerabilidades" que se puede ver en la siguiente imagen, la cual contiene los tipos de vulnerabilidad más relevantes que pueden incidir en las comunidades.

Imagen 25. Análisis de Vulnerabilidades

ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES (Caracterización de la localidad)			
Necesario Consultar los "Criterios de Evaluación de los factores de Vulnerabilidad" para la podneración de cada indicador Escala de ponderación: **0="No se percibe", 1="Muy Bajo", 2="Bajo", 3="Medio", 4="Alto", 5="Muy Alto"**			
TIPO DE VULNERABILIDAD	**VULNERABILIDAD**	**Descripción de la situación**	**Valor Final** *Escala 0-5*
1. FÍSICO AMBIENTAL	Ubicación de la localidad/Municipio	**Muy lejano** > 5 km	1
	Zonificación Sísmica	**Zona B**	2
	Pendiente General	**Terrenos ligéramente inclinados.** Pendientes entre 15° y 40°	3
	Tipo de Suelo en General	**Baja aptitud con tratamiento intensivo.** Suelo que puede mejorar con tratamieto complicado y de alto costo	4
	Caractarísticas de la Vivienda	Autoconstrucciones **sin calidad. Incumplimiento de los estándares** de calidad y para atender la emergecia y para prevenir o mitigar los riesgo	5
	Características de la Infraestructura	**Cumplimiento de la mayoría de los servicios básicos** para atender las necesidades de la población con relación a la educación, salud y movilidad, con deficiencias en la dotación de servicios relacionados como los de cultura y esparcimiento.	3
	Situación Ambiental de la Localidad		

Para cada grupo, y para cada una de las vulnerabilidades existen características específicas a las cuales se deberá asignar un valor que va de 0 a 5 con base en la tabla de asignación de valores a las vulnerabilidades cuyo ejemplo se puede ver en la siguiente imagen.

Imagen 26. Ejemplo de valores para la valoración de las Vulnerabilidades

VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	1 = Vulnerabilidad Muy Baja	2 = Vulnerabilidad Baja	3 = Vulnerabilidad Media	4 = Vulnerabilidad Alta	5 = Vulnerabilidad Muy Alta
Aplicación de la normativa	Existencia y aplicación de normas y reglamentos para la ordenación del territorio y atendión de emergencias y desastres	**Existencia de la totalidad de los instrumentos normativos en su versión actualizada** (reglamento de Protección civil, de bando de buen gobierno y de construcción) **y cumplimiento estricto** para la implementación de acciones para la atención y prevención de emergencias y desastres.	**Existencia de algunos de los instrumentos normativos, actualizados o no** (reglamento de Protección civil, de bando de buen gobierno y de construcción) **y cumplimiento estricto** para la implementación de acciones para la atención y prevención de emergencias y desastres.	**Existencia de la totalidad de instrumentos normativos, actualizados o no** (reglamento de Protección civil, de bando de buen gobierno y de construcción) **pero poco cumplimiento y aplicación** en la implementación de acciones para la atención y prevención de emergencias y desastres.	**Inexistencia algunos de los instrumentos normativos, falta de actualización de ellos** (reglamento de Protección civil, de bando de buen gobierno y de construcción)**o desconocimiento e inexistente aplicación** en la implementación de acciones para la atención y prevención de emergencias y desastres.	**Inexistencia algunos de los instrumentos normativos** (reglamento de Protección civil, de bando de buen gobierno y de construcción) o cualquier otro para la implementación de acciones para la atención y prevención de emergencias y desastres.
Organización en materia de Protección Civil y Reducción de Riesgos de Desastres	Nivel de organización de los cuerpos dedicados a la atención de los riesgos y emergencias.	**Área responsable de protección civil organizada, con suficiente personal capacitado y actualizado, así como con planes, programas y equipamiento adecuados para la atención de emergencia claros y difundidos:** puntos de reunión identificados, esquemas de coordinación claros, refugios temporales adecuados, grupos voluntarios integrados y programas de simulacros diseñados e implementados.	**Área responsable de protección civil organizada, con poco personal capacitado y actualizado, así como con planes, programas y equipamiento adecuado para la atención de emergencia claros pero no han sido difundidos y no son del conocimiento de la población:** puntos de reunión identificados, esquemas de coordinación claros, refugios temporales adecuados, grupos voluntarios integrados y programas de simulacros diseñados e implementados.	**Área responsable de protección civil organizada, con poco personal capacitado, algunos actualizados, y con planes, programas y equipamiento no actualizado o con deficiencias para la atención de emergencia claros pero no han sido difundidos y no son del conocimiento de la población:** puntos de reunión identificados, esquemas de coordinación claros, refugios temporales adecuados, grupos voluntarios integrados y programas de simulacros diseñados e implementados.	**Área responsable de protección civil organizada, con poco personal con deficiente capaciación y actualización y con deficiencias en los planes, programas y equipamieto para la atención de emergencia, que tampoco han sido difundidos y no son del conocimiento de la población:** puntos de reunión identificados, esquemas de coordinación claros, refugios temporales adecuados, grupos voluntarios integrados y programas de simulacros diseñados e implementados.	**No cuenta con un área responsable de protección civil y cuenta con deficiencias acciones y equipamieto para la atención de emergencia, que tampoco han sido difundidos y no son del conocimiento de la población:** puntos de reunión identificados, esquemas de coordinación claros, refugios temporales adecuados, grupos voluntarios integrados y programas de simulacros diseñados e implementados.

Para determinar el grado de vulnerabilidad del municipio, se hace la sumatoria de valores finales de cada factor de vulnerabilidad y dicho valor se clasifica acorde siguiente rango de valores: 0-15 “Muy bajo”; 16-30 “Bajo”; 31-45 “Medio”; 46-60 “Alto”; 61-75 “Muy alto”.

Imagen 27. Criterios para determinar el valor final de vulnerabilidad



Para calificar las vulnerabilidades, se revisaron a detalle los criterios de calificación, se elaboraron ejemplos y posteriormente se procedió a la calificación en plenaria.

Una vez corrido el ejercicio Santa María Zacatepec se clasifica con Alto Grado de vulnerabilidad.

Tabla 281. Resultados del Análisis de Peligros del Municipio

ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES			
TIPO DE VULNERABILIDAD	**VULNERABILIDAD**	**Descripción de la situación**	**Valor Final** *Escala 0-5*
1. FÍSICO AMBIENTAL	Ubicación de la localidad/Municipio	Cercano. >250 metros y hasta 1 km	4
	Zonificación Sísmica	Zona D. No localizado en la franja costera	4
	Pendiente General	Terrenos ligeramente inclinados. Pendientes entre 15° y 40°	3
	Tipo de Suelo en General	Media aptitud con tratamiento. Necesario tratamiento sencillo y de bajo costo	3
	Características de la Vivienda	Autoconstrucciones con aparente buena calidad. Cumplimiento aparente de los estándares de calidad y para atender la emergencia y para prevenir o mitigar los riesgos.	3
	Características de la Infraestructura	Cumplimiento de la mayoría de los servicios básicos para atender las necesidades de la población con relación a la educación, salud y movilidad, con deficiencias en la dotación de servicios relacionados como los de cultura y esparcimiento.	3
	Situación Ambiental de la Localidad	**Alto impacto ambiental con medidas correctivas.** Fuerte impacto por cambio radical en el uso del suelo, se requieren medidas correctivas para regenerar o aminorar el impacto. Implica una inversión importante para restaurar cobertura natural o artificial.	4

ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES			
TIPO DE VULNERABILIDAD	**VULNERABILIDAD**	**Descripción de la situación**	**Valor Final** *Escala 0-5*
2. SOCIO ECONÓ-MICA	Pobreza	**Alto nivel de pobreza.** Más del 80% de la población se encuentra en situación de pobreza o con carencias.	5
	Marginación	El municipio está considerado con un nivel de marginación **Alto.**	4
	Conocimientos sobre desastres	**Mínimo conocimiento de eventos y causas.** La población identifica parcialmente algunos eventos de emergencia y desastres en el sitio, pero no identifica o no ha reflexionado en las causas, por lo que no ha hecho nada para prevenir o mitigar los riesgos.	4
3. POLÍTICO ORGANIZATIVA	Organización de la población	**Organización parcial institucionalizada.** Algunos grupos autoridades están organizados, y tienen sus consejos (de protección civil, de ordenamiento territorial) instalados, pero no representan a la totalidad de las colonias, agencias y localidades, por lo que las decisiones y las acciones no representan o no incluyen a toda la población ni a todo el territorio.	3
	Coordinación interinstitucional	**Coordinación parcial entre las autoridades y la población en algunas fases.** Hay intervención coordinada entre algunas instituciones públicas, privadas y la población en las diferentes decisiones y acciones, pero hace falta el involucramiento de algunos actores importantes para atender las emergencias y desastres, y no se han implementado acciones para prevenir o mitigar los riesgos en el municipio.	4
	Aceptación de la población y de las autoridades para la elaboración de los instrumentos	**Media aceptación** de la elaboración de los instrumentos **con baja participación del ayuntamiento y alto nivel de interés y/o participación de la población.**	3
	Aplicación de la normativa	**Inexistencia algunos de los instrumentos normativos** (reglamento de Protección civil, de bando de buen gobierno y de construcción) o cualquier otro para la implementación de acciones para la atención y prevención de emergencias y desastres.	5
	Organización en materia de Protección Civil y Reducción de Riesgos de Desastres	**Área responsable de protección civil organizada, con poco personal con deficiente capacitación y actualización y con deficiencias en los planes, programas y equipamiento para la atención de emergencia, que tampoco han sido difundidos y no son del conocimiento de la población:** puntos de reunión identificados, esquemas de coordinación claros, refugios temporales adecuados, grupos	4

ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES			
TIPO DE VULNERABILIDAD	**VULNERABILIDAD**	**Descripción de la situación**	**Valor Final** *Escala 0-5*
		voluntarios integrados y programas de simulacros diseñados e implementados.	
1. GRADO DE VULNERABILIDAD (Sumar 3 factores de vulnerabilidad			**56**
0-15 =Muy Baja; 16-30=Baja; 31-45=Media; 46-60=Alta; 61-75=Muy Alta			**Alto**

Fuente Elaboración propia

VI.3.7 Análisis de la percepción del grado de Riesgo

Finalmente, para determinar el nivel de riesgo se utilizó la "Matriz de Riesgos" al cruzar: **el valor cualitativo de Peligro** obtenido anteriormente, y **el de vulnerabilidad,** para determinar el nivel de riesgo existente el área del territorio determinado.

Imagen 28. Criterios para determinar el valor final del Riesgo

	Resultado de análisis del nivel de peligro	15	Muy Bajo
	Resultado del grado de vulnerabilidad	18	Baja
2. Resultados del NIVEL DE RIESGO (ver Matriz de nivel de Riesgo)			Bajo

Imagen 29. Matriz de Riesgo para realizar el cruce del nivel de peligro y del nivel de vulnerabilidad para determinar el valor final del Riesgo

	MATRIZ DE RIESGO					
PELIGRO	**Peligro muy alto**	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo muy alto	Riesgo muy alto
	Peligro alto	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo muy alto
	Peligro medio	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto
	Peligro bajo	Riesgo muy bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo medio
	Peligro muy bajo	Riesgo muy bajo	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio
		Vulnerabilidad mu baja	**Vulnerabilidad baja**	**Vulnerabildiad media**	**Vulnerabilidad alta**	**Vulnerabilidad muy alta**
		VULNERABILIDAD				

Al realizar el cruzamiento del bajo nivel de peligro, con el alto grado de vulnerabilidad del municipio, se obtiene un nivel de riesgo de Medio

Tabla 282. Resultados del cálculo del Nivel de Riesgo

Resultado de análisis del nivel de peligro	29	Bajo
Resultado del grado de vulnerabilidad	56	Alta
2. Resultados del NIVEL DE RIESGO (ver Matriz de nivel de Riesgo)		**Medio**

Fuente Elaboración propia

VI.3.8 Acciones para Gestionar y Reducir el Riesgo de Desastres.

Para implementar estrategias de RRD, se considera que, **la Gestión Prospectiva** se retomará para llevarlo al proceso de Ordenamiento Territorial, y que, este instrumento servirá como base para **la Gestión Correctiva**, a partir de acciones de corto y mediano plazo que se decidan implementar ya sea con los propios recursos de los municipios, o bien, con la búsqueda y gestión de fuentes de financiamiento externas para reducir las vulnerabilidades existentes. Finalmente, **la Gestión Reactiva** que se refiere a la preparación antes, durante y después del impacto de eventos perturbadores.

Imagen 30. Fases del ciclo de gestión del riesgo que se atienden en este Instrumento

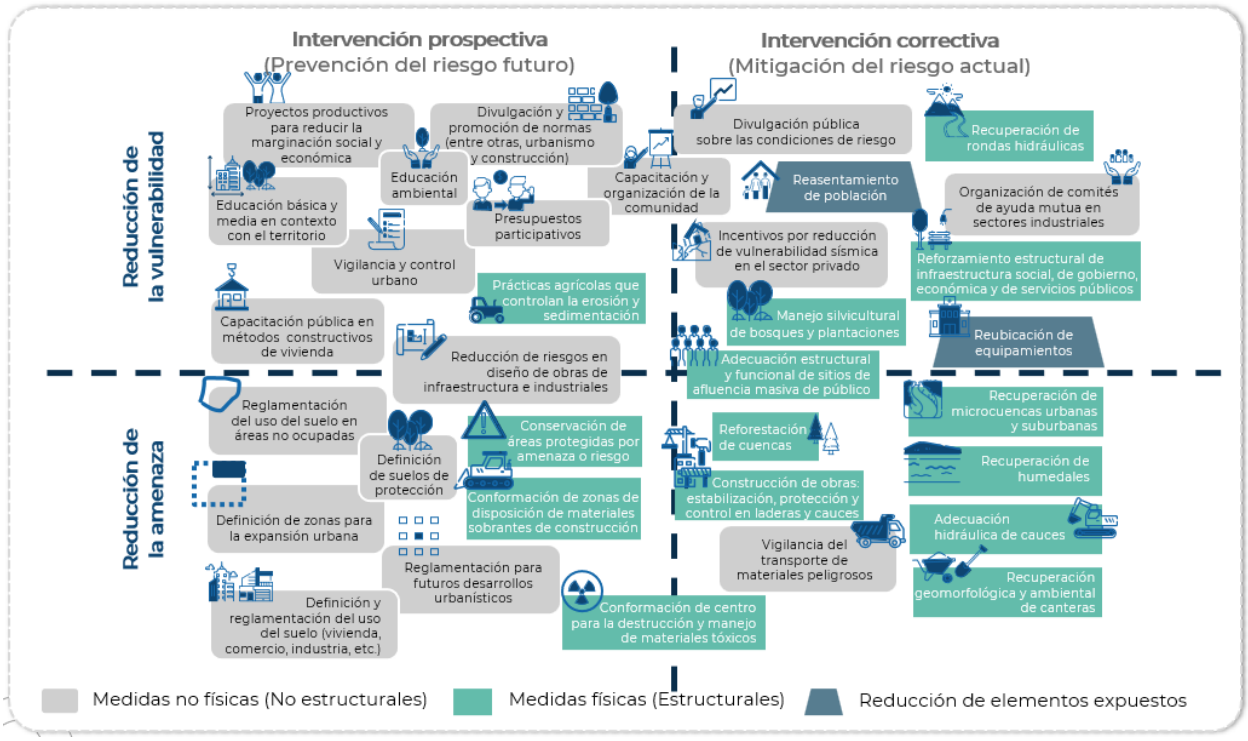


Fuente Elaboración propia

Las acciones que se podrían implementar para la Reducción de Riesgos de desastres pueden ser medidas físicas no estructurales, medidas físicas estructurales, o bien, medidas para a reducción de elementos expuestos. Una vez definidas las posibles medidas a implementar, se pueden clasificar en aquellas encaminadas a reducir la vulnerabilidad o las que podrían reducir la amenaza. Por otro lado, se pueden dividir en las que se definan bajo una Intervención Prospectiva para prevenir el riesgo futuro y las que se definan para mitigar el riesgo actual bajo un enfoque de intervención correctiva.

Esta clasificación se propuso con la finalidad de mapear las decisiones e identificar las de corto plazo que en la imagen se muestran del lado derecho, y las de largo plazo que en la imagen se muestran del lado izquierdo. Finalmente servirá para designar los responsables de la implementación de las acciones en el municipio.

Imagen 31. Mapeo de acciones para la reducción del riesgo que se atienden en este Instrumento



Fuente Elaboración propia

Con la finalidad de definir las posibles acciones o mecanismos a implementar para Reducir los Riesgos de Desastres, se retomó la tabla de resultados del taller 2 y se agregaron las vulnerabilidades que se identificaron en el taller 3 que hayan sido valoradas con calificaciones de medio, alto y muy alto. Y para cada una de las vulnerabilidades se determinaron posibles acciones a implementar para reducir dichas vulnerabilidades.

Tabla 283. Peligros, amenazas, vulnerabilidades y posibles acciones de Reducción de Riesgos identificadas por la población

Amenaza	Vulnerabilidad	Acciones	Responsable	Tipo de intervención
1. Sismos	Viviendas construidas con materiales endebles	Buscar apoyos para mejorar los materiales de construcción de las viviendas	Presidente municipal. Regidor de Obras	Correctiva física-estructural
	Viviendas construidas en zonas propensas a derrumbes.	Reglamentar la construcción de viviendas para que no se construya en zonas de riesgo.	Síndica municipal. Regidor de Obras.	Prospectiva no física
	No se conoce como actuar ante un sismo	Elaborar y operar un programa de divulgación y capacitación, que incluya simulacros de evacuación	Director de Protección Civil	Prospectiva no física
2. Huracanes, tormentas, Lluvias severas,	Viviendas construidas en orillas de ríos y faldas de cerros	Reglamentar la construcción de viviendas para que no se construya en zonas de riesgo.	Síndica municipal. Regidor de Obras.	Prospectiva no física
	Viviendas construidas con materiales endebles	Buscar apoyos para mejorar los materiales de construcción de las viviendas	Presidente municipal. Regidor de Obras	Correctiva física-estructural
3. Sequía	Sistema de agua potable con fallas	Rehabilitación de sistema de agua potable	Regidor de Obras. Director del sistema de agua potable.	Correctiva física-estructural
4. Incendios Forestales	Costumbre de quema de maleza seca para siembra de milpa y pasto	Prohibir la quema, como ya se está haciendo	Síndica Municipal. Director de Ecología	Prospectiva no física
5. Subsidencia	Socavones no visibles, tapados con hierba	Limpieza y señalización de socavones	Regidor de Obras. Director de Protección Civil	Prospectiva física
6. Derrumbes	Caminos con taludes inestables y sin protección	Dar mantenimiento a carreteras y caminos en arroyo vehicular, cunetas y taludes. Reforestar lomas y cerros por donde pasan las carreteras y caminos	Regidor de obras. Presidente Municipal.	Correctiva física-estructural
7. Inundaciones	Puentes muy bajos que son rebasados por los volúmenes de agua del rio El Platanar	Reforzar la gestión para la reconstrucción del puente	Presidente Municipal. Regidor de Obras. Director de Protección Civil.	Correctiva física-estructural

Amenaza	Vulnerabilidad	Acciones	Responsable	Tipo de intervención
8.Vientos fuertes	Viviendas construidas con materiales endebles	Buscar apoyos para mejorar los materiales de construcción de las viviendas	Presidente municipal. Regidor de Obras	Correctiva física-estructural
	Cultivos de porte alto	Rescate de variedades criollas de porte bajo	Director de Agricultura. Director de Recursos Naturales. Director de Ecología	Correctiva física-

Fuente Elaboración propia

VI.4 Conclusiones y recomendaciones

VI.4.1 Conclusiones

Por su ubicación geográfica y topografía, el municipio de San María Zacatepec se encuentra expuesto a fenómenos naturales que lo colocan en situación de riesgo permanente.

Riesgo medio por sismos en toda su superficie y con riesgo alto en sus núcleos de población, carreteras y caminos; laderas inestables en riesgo medio, tanto por deslizamiento, como por derrumbes, caída de detritos y flujos; alto riesgo por subsidencia en su principal vía de comunicación terrestre; susceptibilidad de todo su territorio a precipitaciones máximas e inundaciones pluviales que lo colocan en niveles de riesgo medio; riesgo por sequía de nivel medio con probabilidad de recrudecerse ante los fenómenos climatológicos del niño y la niña; exposición de sus zonas con pino, pino encino, vegetación secundaria arbórea y arbustiva, pastizales e inclusive áreas agropecuarias a incendios en nivel de riego medio.

Todo lo anterior expone un panorama generador de muy alta preocupación a las autoridades y habitantes en general del municipio; sin embargo, el cambio de visión sobre el hecho que los fenómenos naturales no constituyen la única causa de estas situaciones de riesgo y que la intervención humana ha contribuido en gran medida a ello, abre la posibilidad de actuación inmediata para incidir y disminuir la vulnerabilidad y exposición a la que por necesidad, desconocimiento o avaricia, se ha expuesto la población.

Varios autore mencionan que la mejor medida de mitigación que se puede implementar ante los peligros que representa la ocurrencia de fenómenos naturales,

es evitar asentarse en zonas de riesgo, lo que ahora no es posible en Sata María Zacatepec, por lo que debe recurrirse a otras estrategias y medidas de mitigación más viables de implementación en el corto y mediano plazo.

En este sentido, toda acción de gobierno destinada a disminuir los rezagos sociales, marginación y pobreza estará coadyuvando a disminuir los índices de vulnerabilidad de su población, las que deben acompañarse, de acciones transversales que aseguren la preservación del amplio patrimonio biocultural con que aún cuenta el territorio.

VI.4.2 Recomendaciones de vulnerabilidades, problemáticas y riesgos que es importante retomar para el Ordenamiento Territorial y Urbano

En la elaboración del presente Atlas Municipal de Riesgos, se mantuvo una amplia participación social, que fue fundamental para el intercambio de información en varios sentidos, entre los mismos miembros del concejo ciudadano, entre consultores y población y especialmente entre autoridades y sociedad civil, que contribuyó a un mayor acercamiento en favor del trabajo conjunto sobre un tema de interés común y responsabilidad compartida, que debe mantenerse e inclusive ampliarse y fortalecerse en los trabajos a realizar para la elaboración del Programa de Ordenamiento Territorial y Urbano.

En la comunidad existen personas con amplio conocimiento de su territorio y muy amplia disposición para aportar en la construcción de herramientas de planeación y ordenamiento municipal, lo que sumado al uso de información de alto valor técnico, como es el caso de la cartografía generada para el Atlas Municipal de Riesgos, permitió visualizar de manera clara, las zonas que se mantienen con bajos y muy bajos niveles de riesgo, aun en escenarios proyectados a muy largo plazo (períodos de retorno), que representan las zonas que más convienen a la actividad humana, para ampliarse y desarrollarse con más seguridad; sin embargo, este desarrollo humano debe acompañarse de orden para lograr un adecuado aprovechamiento de los recursos a intervenir, así como de acciones de mitigación de impactos, por ello, la combinación de conocimiento local, con información técnica confiable, debe ser una fórmula a mantener en todo momento.

Los núcleos de población, carreteras y caminos se identifican con un nivel de alto riesgo, ante la presencia de varios de los fenómenos analizados, por lo que deben ordenarse medidas e infraestructura para la protección de estas áreas.

Dividir el territorio de manera más específica, en polígono que diferencien el uso actual del suelo y sus aptitudes, puede permitir un diagnóstico a mayor detalle del municipio, que faciliten la generación de propuestas de política pública, obras, programas, proyectos y acciones más precisas y por ello más efectivas para el uso ordenado y sustentable de los recursos naturales del territorio.

VI.4.3 Recomendaciones de proyectos y estudios que se requieren para mejorar el conocimiento del territorio

Considerando que el acceso y disponibilidad de agua, más que la sequía, ha complicado de manera cada vez más creciente las actividades habituales de la población de Santa María Zacatepec, es necesario realizar trabajos técnicos completos de diagnóstico del sistema de captación, almacenamiento, tratamiento, distribución y uso del agua potable, a fin de desarrollar un programa ordenado y completo de rehabilitación, ampliación, mantenimiento y uso eficiente de dicho sistema, que incluya actividades de protección de las fuentes de abastecimiento. A la par de lo anterior, es conveniente elaborar un reglamento para el uso eficiente del agua, que incluya estímulos y sanciones para los usuarios

Así como esta acción, a continuación, se mencionan otras acciones específicas para la reducción de riesgos en el municipio, varias de las cuales se repiten para cada riesgo, lo que les otorga la transversalidad que caracteriza a las acciones estratégicas.

Tabla 284. Acciones específicas para la reducción de riesgos en el municipio

Riesgo	Acción específica
Sismos/Derrumbes/Subsidencia	Estudio específico de riesgos en la infraestructura estratégica
	Programas de mejoramiento de la vivienda dirigido a personas en situación de pobreza extrema
	Programa de mantenimiento de caminos y carreteras
	Programa Refugio Temporal Seguro implementado en todas las localidades.
	Plan Municipal de reducción de riesgos
	Reglamento Municipal de Protección Civil
	Reglamento municipal de construcción
	Establecer un sistema de monitoreo y alerta temprana
	Programa de Capacitación y desarrollo de competencias para la gestión integral de riesgos
Precipitaciones máximas/ inundaciones	Estudio específico de riesgos en la infraestructura estratégica
	Instalar una estación climatológica
	Programa Refugio temporal Seguro
	Plan Municipal de reducción de riesgos
	Reglamento de Protección Civil
	Sistema de monitoreo estacional y alerta temprana
	Programa de Capacitación y desarrollo de competencias para la gestión integral de riesgos
Temperaturas máximas /Sequias	Instalar una estación climatológica
	Programa de infraestructura hidráulica protección de manantiales y uso eficiente del agua.
	Plan Municipal de reducción de riesgos

Riesgo	Acción específica
Incendios Forestales	Reglamento para uso eficiente del agua
	Estudio de calidad del agua
	Programa de Capacitación y desarrollo de competencias para la gestión integral de riesgos
	Certificación de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación
Incendios Forestales	programa de prevención y control de incendios
	Programa de Aprovechamiento Forestal
	Construcción de brechas cortafuegos
	reglamento de Protección Civil
	Programa de Capacitación y desarrollo de competencias para la gestión integral de riesgos
	Certificación de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación
	Programa de pago por servicios ambientales
	Programa de Captura de Carbono

Fuente Elaboración propia

Glosario

Agente regulador: Lo constituyen las acciones, instrumentos, normas, obras y, en general, todo aquello destinado a proteger a las personas, bienes, infraestructura estratégica, planta productiva y el medio ambiente; a reducir los riesgos y a controlar y prevenir los efectos adversos de un fenómeno perturbador.

Afectado: Persona que ha sufrido en sí, en las personas que de ella dependen, o en sus propiedades y bienes, daños y pérdidas por efectos de un desastre con motivo de un fenómeno natural o antropogénico.

Atlas Estatal o Municipales de Riesgos: Sistema de información integral sobre la descripción de la naturaleza y desarrollo de fenómenos perturbadores, del estudio de la vulnerabilidad y grado de exposición de un sistema afectable, que permiten establecer el nivel del riesgo esperado, resultado de un análisis científico con enfoque geográfico espacial temporal, que facilita a este sistema ser una herramienta técnica de apoyo para la toma de decisiones que permitan reforzar la reducción de riesgos de desastres, enfocada al establecimiento de políticas de desarrollo sustentables y sostenibles en el Estado o en un municipio.

Auxilio: Respuesta de ayuda a las personas en riesgo o las víctimas de un siniestro, emergencia o desastre por parte de grupos especializados públicos o privados, o por las unidades internas de protección civil, así como las acciones para salvaguardar a los demás agentes afectables.

Cambio Climático: Cambio en el clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos comparables.

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Desastre: Interrupción y alteración severa e intensa que trastorna el funcionamiento normal de una comunidad o sociedad, provocado por un evento físico destructor, determinado por condiciones de vulnerabilidad latentes en la sociedad, que puede causar importantes pérdidas de vidas humanas, materiales, económicas, productivas o ambientales, que amenaza las formas de subsistencia y desarrollo de un determinado territorio, comunidad, grupo de personas y ecosistemas (EIRD-OIT, 2009a).

Emergencia: Fase inmediata después del impacto de un evento adverso, caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, zona o región; y las condiciones mínimas necesarias para la supervivencia y funcionamiento de la unidad social afectada no se satisfacen. Constituye una fase o componente de una condición de desastre, pero no es, per se, un desastre, ya que puede haber condiciones de emergencia sin un desastre (CEPREDENAC-PNUD, 2003).

Enfoque de Derechos. Compromiso por garantizar los derechos a todos los seres humanos, sin discriminación alguna, teniendo como principios la articulación con los estándares de derechos humanos, igualdad, no discriminación y atención a grupos en mayor situación de vulnerabilidad, rendición de cuentas, participación y empoderamiento (Naciones Unidas, 2003).

Mapa de percepción de Riesgos. Es un gráfico, un croquis, o una maqueta, en donde se identifican y se ubican las zonas, así como las personas en situación de vulnerabilidad que podrían verse afectadas si ocurriera un evento adverso en un territorio (EIRD-OPS).

Mitigación. Medidas estructurales y no estructurales de intervención, emprendidas con anticipación a la ocurrencia de un fenómeno o evento potencialmente destructor, para reducir o eliminar al máximo el impacto adverso (riesgo), en las poblaciones, estructuras físicas, medios de subsistencia, sociedad y ambiente (EIRD-OIT, 2009a).

Preparación. Es el proceso de organización y planificación anticipada, con el fin de brindar una respuesta y rehabilitación oportuna y eficaz, posterior al impacto de un evento adverso, buscando reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas, los bienes, servicios y medio ambiente (EIRD-OIT, 2009c).

Prevención. Son todas aquellas actividades, acciones y medidas (administrativas, legales, técnicas, organizativas, etc.), realizadas anticipadamente, con la intención de evitar que se presente un desastre, por medio de (i) la reducción de las vulnerabilidades existentes que nos hacen ser propensos a ser afectados por una amenaza, conocida también como gestión correctiva del riesgo o mitigación y de (ii) la consciente planeación de procesos de desarrollo con baja o nula vulnerabilidad, también llamada gestión prospectiva del riesgo (CEPREDENAC-PNUD, 2003), reduciendo así los riesgos de desastre.

Reconstrucción. Acciones relacionadas con volver a construir infraestructura y servicios, que debido a los daños que presentan, hacen inviable su rehabilitación. La reconstrucción se considera como una oportunidad para transformar la situación generadora del riesgo (y del desastre), es decir, reducir las vulnerabilidades previamente existentes y generar procesos de desarrollo más resilientes (EIRD-OIT, 2009a).

Recuperación. Proceso de restablecimiento de condiciones aceptables y sostenibles de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción de la infraestructura, bienes y servicios destruidos, interrumpidos o deteriorados en el área afectada, y la reactivación o impulso del desarrollo económico y social de la comunidad (CEPREDENAC-PNUD, 2003).

Reducción de Riesgo de Desastre. Marco conceptual de elementos, metodologías, estrategias y enfoques que tienen la función de promover formas de desarrollo más sostenibles, resilientes y seguras, a través de la reducción y manejo de las

condiciones de vulnerabilidad, para evitar o limitar el impacto adverso de fenómenos potencialmente peligrosos (EIRD-OIT, 2009a).

Rehabilitación. Medidas y acciones de carácter transitorio para restablecer los servicios vitales de funcionamiento e infraestructura básica, y mitigar los efectos de un desastre en una sociedad, de manera que pueda comenzar a funcionar en el más corto plazo posible, buscando la forma de contribuir a los procesos de recuperación, reconstrucción y desarrollo (EIRD-OIT, 2009a).

Resiliencia. Capacidad para adaptarse a una situación adversa, resistiendo y/o cambiando su forma de vida, con el fin de alcanzar y mantener un nivel aceptable en su funcionamiento y estructura. Se determina por el grado en el cual un sistema es capaz de soportar un cambio, de autoorganizarse para incrementar su capacidad de aprendizaje sobre desastres pasados y de adaptarse a una nueva situación, con el fin de lograr una mayor protección futura y mejorar las medidas de reducción de riesgos de desastre (EIRD-OIT, 2009a).

Riesgo. Probabilidad de que se presenten consecuencias negativas o pérdidas como resultado de la interacción entre amenazas y condiciones de vulnerabilidad a las cuales está expuesto una población y sus bienes (EIRD-OIT, 2009a).

Vulnerabilidad. Es la suma de las condiciones de fragilidad - debilidad intrínseca (interna), que aumenta la susceptibilidad de ser afectada por una amenaza en específico. Representa también las condiciones que imposibilitan o dificultan la recuperación autónoma posterior, es decir, la falta de resiliencia (CEPREDENAC-PNUD, 2003). Puede ser causada por prácticas sociales y culturales locales, o bien por políticas públicas incorrectas. Los factores de vulnerabilidad se deben evaluar específicamente frente a cada amenaza.

Índice de mapas

Mapa 1. Macrolocalización del municipio de Santa María Zacatepec en el estado de Oaxaca..29
Mapa 2. Colindancias del municipio de Santa María Zacatepec 30
Mapa 3. Localización de zonas urbanas y rurales del municipio de Santa María Zacatepec 31
Mapa 4. Mapa base del municipio de Santa María Zacatepec 34
Mapa 5. Provincia fisiográfica donde se ubica el municipio de Santa María Zacatepec 36
Mapa 6. Subprovincias fisiográficas donde se ubica el municipio de Santa María Zacatepec ..37
Mapa 7. Sistema de topoformas presente en el municipio de Santa María Zacatepec 39
Mapa 8. Geología (litología) de Santa María Zacatepec 42
Mapa 9. Relieve en el municipio de Santa María Zacatepec 43
Mapa 10. Edafología presente en el municipio de Santa María Zacatepec 46
Mapa 11. Tipos de corriente en el municipio de Santa María Zacatepec....47
Mapa 12. Región hidrológica en el municipio de Santa María Zacatepec 48
Mapa 13. Cuencas presentes en el municipio de Santa María Zacatepec 50
Mapa 14. Clima presente en el municipio de Santa María Zacatepec 52
Mapa 15. Distribución de temperaturas medias anuales (°C), en el municipio de Santa María Zacatepec 54
Mapa 16. Precipitación anual (mm/año) en el municipio de Santa María Zacatepec 56
Mapa 17. Evapotranspiración media anual (mm/año) presente en el municipio de Santa María Zacatepec 58
Mapa 18. Uso de suelo y vegetación en el municipio de Santa María Zacatepec.... 60
Mapa 19. Polígonos de uso de suelo y comunidades vegetales predominantes en el municipio 61
Mapa 20. Vegetación del municipio Santa María Zacatepec....63
Mapa 21. Asentamientos humanos por cantidad de población en el municipio....73
Mapa 22. Centralidades de actividades económicas de los sectores secundario y terciario del municipio....92
Mapa 23. Índice de marginación en el municipio Santa María Zacatepec 95
Mapa 24. Infraestructura para la salud del municipio de Santa María Zacatepec 104
Mapa 25. Infraestructura educativa en Santa María Zacatepec 106
Mapa 26. Infraestructura para el entretenimiento en el municipio de Santa María Zacatepec 107
Mapa 27. Infraestructura de comunicaciones y transporte en el municipio de Santa María Zacatepec 109
Mapa 28. Infraestructura estratégica para la seguridad alimentaria en el municipio 110
Mapa 29. Infraestructura estratégica institucional en Santa María Zacatepec 112
Mapa 30. Infraestructura estratégica de energía eléctrica del municipio 113
Mapa 31. Infraestructura para el abasto de combustibles en el municipio de Santa María Zacatepec 114
Mapa 32. Susceptibilidad a deslizamientos del territorio del municipio 135
Mapa 33. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de cinco años en el municipio 138
Mapa 34. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de diez años en el municipio 139

Mapa 35. Susceptibilidad a peligro por deslizamiento en un periodo de retorno de 20 años en el municipio 141
Mapa 36. Peligro por deslizamiento para un periodo de retorno de 50 años del municipio 143
Mapa 37. Susceptibilidad por derrumbes 145
Mapa 38. Peligro por derrumbes periodo de retorno 5 años 147
Mapa 39. Peligro por derrumbes periodo de retorno 10 años 149
Mapa 40. Peligro por derrumbes periodo de retorno 20 años 151
Mapa 41. Peligro por derrumbes periodo de retorno 50 años 152
Mapa 42. Susceptibilidad por caída de detritos 153
Mapa 43. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de cinco años. 155
Mapa 44. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 10 años. 156
Mapa 45. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 20 años. 158
Mapa 46. Susceptibilidad por caída de detritos en un período de retorno de 50 años. 159
Mapa 47. Susceptibilidad por flujos 162
Mapa 48. Peligro por flujos periodo de retorno 5 años 163
Mapa 49. Peligro por flujos periodo de retorno 10 años 165
Mapa 50. Peligro por flujos periodo de retorno 20 años 166
Mapa 51. Peligro por flujos periodo de retorno 50 años 168
Mapa 52. Placas Tectónicas y Tipos de Fallas. 170
Mapa 53. Regionalización sísmica de la República Mexicana. 173
Mapa 54. Regionalización sísmica del estado de Oaxaca. 174
Mapa 55. Regionalización sísmica 177
Mapa 56. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 10 años (CFE, 2010) 178
Mapa 57. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 100 años (CFE, 2010) 178
Mapa 58. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 500 años (CFE, 2010). 179
Mapa 59. Mapa de períodos de retorno para aceleraciones del 0.15 de g o mayores (CFE, 2010), la escala de lado derecho tiene valores en años. 180
Mapa 60. Epicentros del Municipio de Santa María Zacatepec 186
Mapa 61. Ubicación Santa María Zacatepec Regionalización sísmica 194
Mapa 62. Aceleración sísmica en el municipio para un periodo de retorno de 10 años. 196
Mapa 63. Áreas costeras susceptibles de afectación por tsunamis generados localmente para distancias hasta de miles de kilómetros 199
Mapa 64. Ubicación del municipio con respecto de la línea de costa 200
Mapa 65. Amenaza por afectación de tsunami 201
Mapa 66. Volcanes existente en la Repúblca Mexicana. 207
Mapa 67. Peligro / Amenaza por vulcanismo 213
Mapa 68. Susceptibilidad de subsidencia en el municipio 217
Mapa 69. Fracturas geológicas registradas en el municipio de Santa María Zacatepec. 219
Mapa 70. Susceptibilidad a hundimientos por fallas y fracturas en el municipio 221
Mapa 71. Susceptibilidad de subsidencia en el municipio 225
Mapa 72. Susceptibilidad por agrietamientos en el municipio 228
Mapa 73. Carta de niveles de erosión del estado de Oaxaca. 232
Mapa 74. Susceptibilidad por derrumbes en el municipio. 234
Mapa 75. Amenaza por inundaciones pluviales en el municipio 246
Mapa 76. Susceptibilidad por precipitación máxima en el municipio de Santa María Zacatepec 248

Mapa 77. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 24 horas....249
Mapa 78. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 2 años 251
Mapa 79. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 5 años 252
Mapa 80. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 10 años....253
Mapa 81. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 25 años....254
Mapa 82. Mapa de peligro por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años. 255
Mapa 83. Eventos de vientos fuertes y tormentas de granizo, por entidad federativa, de los principales fenómenos hidrometeorológicos de 2022. 260
Mapa 84. Amenaza por días con granizo en el municipio....262
Mapa 85. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 2 años. 263
Mapa 86. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 5 años 264
Mapa 87. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 10 años 265
Mapa 88. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 25 años 266
Mapa 89. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 50 años 267
Mapa 90. Peligro por tormenta de granizo en el municipio en un periodo de retorno de 100 años....268
Mapa 91. Grado de peligro por nevada en la República Mexicana 270
Mapa 92. Amenaza por nevadas en el municipio....271
Mapa 93. Peligro por descargas eléctricas de la República Mexicana 2020. 274
Mapa 94. Municipios con riesgo de tormentas eléctricas en el estado de Oaxaca. 275
Mapa 95. Amenaza por tormentas eléctricas en el municipio 276
Mapa 96. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años 277
Mapa 97. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años 279
Mapa 98. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años 280
Mapa 99. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años 282
Mapa 100. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años....283
Mapa 101. Peligro por tormentas eléctricas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años....285
Mapa 102. Monitor de Sequía de México al 15 de febrero de 2024....288
Mapa 103. Amenaza por sequías en el municipio....289
Mapa 104. Temperatura máxima promedio mensual (°C). Febrero 2024. 292
Mapa 105. Amenaza por temperaturas máximas....294

Mapa 106. Peligro por temperaturas máximas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años 295
Mapa 107. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años 296
Mapa 108. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años 297
Mapa 109. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años 299
Mapa 110. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años 300
Mapa 111. Índice de peligro por bajas temperaturas 303
Mapa 112. Distribución de la temperatura mínima extrema por municipio 304
Mapa 113. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años 305
Mapa 114. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años 306
Mapa 115. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años 307
Mapa 116. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años 308
Mapa 117. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años 309
Mapa 118. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años 310
Mapa 119. Número de días con heladas por municipio. 313
Mapa 120. Susceptibilidad por heladas en el municipio 314
Mapa 121. Amenaza por vientos fuertes y tornados en el municipio 316
Mapa 122. Amenaza por alberca de fuego (gasolineras) en el municipio 323
Mapa 123. Amenaza por explosión de vapores en el municipio 324
Mapa 124. Amenaza por explosión de combustibles en calles en el municipio 326
Mapa 125. Amenaza por explosión de combustibles en carreteras y caminos en el municipio 327
Mapa 126. Susceptibilidad por incendios forestales 332
Mapa 127. Amenaza por contaminación del agua 340
Mapa 128. Amenaza por contaminación del aire por fuentes móviles y fijas 342
Mapa 129. Amenaza por contaminación del aire 343
Mapa 130. Amenaza por plagas (áreas de atención), en el municipio 348
Mapa 131. Amenaza por plagas (plantas parásitas) en el municipio 350
Mapa 132. Amenazas por plagas forestales descortezadoras 352
Mapa 133. Amenazas por plagas forestales defoliadoras en el municipio 354
Mapa 134. Amenaza por plagas forestales (Ocoaxo) 356
Mapa 135. Amenaza por plagas (Xyleborus) en el municipio 358
Mapa 136. Amenaza por plagas (Euplatypus coptoborus) en el municipio 360
Mapa 137. Mapa de amenazas por plagas forestales 362
Mapa 138. Amenaza por plagas forestales (Sphaeropsis). 364
Mapa 139. Amenazas en recintos por concentraciones masivas de población 368
Mapa 140. Intensidad de afectación en carreteras 370
Mapa 141. Vulnerabilidad social en el Municipio 376
Mapa 142. Vulnerabilidad social en localidades rurales 377

Mapa 143. Vulnerabilidad social en localidades rurales 378
Mapa 144. Grado de exposición en el municipio 380
Mapa 145. Riesgo por deslizamientos en el municipio 383
Mapa 146. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años 385
Mapa 147. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años 386
Mapa 148. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años 388
Mapa 149. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años 390
Mapa 150. Riesgo por derrumbes en el municipio 391
Mapa 151. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años 393
Mapa 152. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años 394
Mapa 153. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años 396
Mapa 154. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años 397
Mapa 155. Riesgo por caída de detritos en el municipio 399
Mapa 156. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años 401
Mapa 157. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años 402
Mapa 158. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años 404
Mapa 159. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años 405
Mapa 160. Riesgo por flujos en el municipio 407
Mapa 161. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 5 años 408
Mapa 162. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años 410
Mapa 163. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años 411
Mapa 164. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años 413
Mapa 165. Riesgo por aceleración sísmica 415
Mapa 166. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años 416
Mapa 167. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años 417
Mapa 168. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 1000 años 418
Mapa 169. Riesgo por hundimientos del suelo en el municipio 421
Mapa 170. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio 422
Mapa 171. Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio 424
Mapa 172. Riesgo por inundaciones pluviales del suelo en el municipio 427
Mapa 173. Riesgo por precipitación máxima en el municipio 428
Mapa 174. Mapa de Riesgo por precipitación máxima (periodo de retorno de 24 horas) 429
Mapa 175. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio 431
Mapa 176. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio 432
Mapa 177. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio 433
Mapa 178. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio 435
Mapa 179. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio 436
Mapa 180. Riesgo por inundación fluvial en el puente el platanar 437
Mapa 181. Riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta en el municipio 438
Mapa 182. Riesgo por ciclones tropicales 440
Mapa 183. Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio 441
Mapa 184. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio 443

Mapa 185. Mapa de riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio 444
Mapa 186. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio 445
Mapa 187. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio 447
Mapa 188. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio 448
Mapa 189. Mapa de riesgo por tormentas eléctricas (periodo de retorno de 100 años) 449
Mapa 190. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio 451
Mapa 191. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio 452
Mapa 192. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio 453
Mapa 193. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio 454
Mapa 194. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio 455
Mapa 195. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 100 años en el municipio 456
Mapa 196. Riesgo por tormentas de granizo en el municipio 458
Mapa 197. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio 459
Mapa 198. .Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio 460
Mapa 199. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio 461
Mapa 200. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio 463
Mapa 201. . Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio 464
Mapa 202. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio 466
Mapa 203. Riesgo por nevadas en el municipio 467
Mapa 204. Riesgo por heladas en el municipio 469
Mapa 205. Riesgo por temperaturas máximas en el municipio 470
Mapa 206. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio 472
Mapa 207. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio 473
Mapa 208. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio 474
Mapa 209. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio 476
Mapa 210. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio 477
Mapa 211. Riesgo por sequías en el municipio 480
Mapa 212. Riesgo por tornados en el municipio 481

Mapa 213. Riesgo por explosión de combustible en calles en el municipio 484
Mapa 214. Mapa de Riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio 485
Mapa 215. Riesgo por incendios forestales en el municipio 486
Mapa 216. Riesgo por contaminación del agua en el municipio 488
Mapa 217. Riesgo por plagas de plantas parásitas en el municipio 489
Mapa 218. Riesgo por plaga defoliador en el municipio 491
Mapa 219. Riesgo por plaga descortezador en el municipio 492
Mapa 220. Riesgo por plaga xyleborus en el municipio 493
Mapa 221. Mapa de Riesgo por plaga Sphaeropsis en el municipio 494
Mapa 222. Mapa de Riesgo por plaga Ocoaxo en el municipio 495
Mapa 223. Riesgo por plaga Euwallacea en el municipio 496
Mapa 224. Riesgo por plaga euplatypus coptoborus en el municipio 498
Mapa 225. Riesgo por plaga Coptotermes en el municipio 499
Mapa 226. Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio 501
Mapa 227. Mapa I. Riesgo por aceleración sísmica en el municipio. 509
Mapa 228. . Zonas con riesgo a inestabilidad de laderas. 510
Mapa 229. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio 511
Mapa 230. Fenómenos hidrometereológicos más importantes 513
Mapa 231. Fenómenos hidrometereológicos más importantes 514

Bibliografía

A.C, C. s. (2014-2015). *Ordenamiento Territorial Comunitario Informe Final, Bienes Comunales de Sta. Ma. Zacatepec.* Sta Maria Zacatepec, Distrito de Putla de Guerrero, Oaxaca, 2016: Mpio de Sta. Ma. Zacatepec.

Agrario, R. N. (2024). *RAN.*

Bienestar, S. d. (2023). *Informe Anual sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social.* México: Bienestar.

CENAPRED. (2016). *Índice de Peligro por Inundación.* México: Subdirección de riesgos por inundación.

CENAPRED. (2020). *Identificación de peligro sísmico a nivel municipal.* México: CENAPRED.

CENAPRED. (2021). *Información básica de peligros naturales de San Martín Peras.* Ciudad de México: Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos.

CENAPRED. (2021). *Información básica de peligros naturales de Santa María Zacatepec.* Ciudad de México: Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos.

CENAPRED. (23 de Enero de 2024). *Sistema de Consulta de Declaratorias*. Obtenido de Sistema de Consulta de Declaratorias 2000-2023: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/#

CFE. (2015). *Manual de Diseño de Obras Civiles – Diseño por Sismo, CFE-IIE versión 2015.* México: CENAPRED.

Cisneros, C. M. (2006). *Tacuates. Pueblos Indigenas del Mexico Contemporaneo.* Santa María Zacatepec, Putla Oax.: Comisión Nacional para el desarrollo de los Pueblos Indígenas.

Cisneros, M. d. (2006). *Tacuates. Pueblos Indígenas del México Contemporáneo.* Mexico: CDI.

Civil, P. N. (05 de 12 de 2022). *dof.gob.mx*. Obtenido de www.dof.gob.mx: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673256&fecha=05/12/2022#gsc.tab=0

CNN. (19 de 02 de 2018). *cnnespanol.cnn.com*. Obtenido de CNN español: https://cnnespanol.cnn.com/2018/02/19/saldo-blanco-pero-danos-tras-el-sismo-de-72-en-mexico/

Colegio de Profesionales Forestales de Oaxaca, A. (2015). *"Estudio de Cuenca de Abasto para el Desarrollo Industrial Forestal Maderable de la Región Mixteca Sur, Estado de Oaxaca.* Oaxaca, Oaxaca.: SEMARNAT Y CONAFOR.

CONABIO. (s.f.). *www.conabio.gob.mx/web.* Obtenido de conabio.gob.mx: http://www.conabio.gob.mx/web/proyectos/pdf/2_PSPSB_sistemas_municipios.pdf

CONAFOR. (2015). *Estudio de Cuenca de Abasto para el desarrollo Industral Forestal Maderable de la region Mixteca Sur.* Oaxaca: CONAFOR.

CONAGUA. (2019). Obtenido de https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2019-Narda.pdf

CONAPO. (2011). Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/01Capitulo.pdf

CONEVAL. (2020). *Medición de la Pobreza, indicadores de Pobreza por Municipio.* México: CONEVAL.

CONEVAL. (s.f.). *Medición de la pobreza.* Obtenido de ¿Qué es el rezago social?: https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/paginas/que-es-el-indice-de-rezago-social.aspx

Contrareplica. (03 de 10 de 2019). Obtenido de https://www.contrareplica.mx/nota-Solicita-Oaxaca-declaratoria-de-desastre-para-122-municipios201931017

DESASTRES, c. n. (2015). *Atlas Nacional de Riesgo.* Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Metodologias/Resiliencia.pdf

DOF. (14 de 09 de 2017). Obtenido de https://www.oaxaca.gob.mx/semovi/wp-content/uploads/sites/34/2021/02/Declaratoria-de-desastre-natural-DOF-14-sep-2017.pdf

DOF. (Diferentes Fechas 2024). *Diario Oficial de la Federación.* México: DOF.

DOF.GOB.MX. (21 de 12 de 2015). *dof.gob.mx/nota_detalle.* Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5426919

Economia, S. F. (2023). *www.economia.gob.mx*. Obtenido de https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/santa-maria-zacatepec#population-and-housing

ECONOMISTA, E. (19 de 06 de 2012). Obtenido de https://www.eleconomista.com.mx/politica/Emiten-declaratoria-de-emergencia-para-municipios-afectados-por-Carlotta-20120618-0135.html

EMBARGO, S. (26 de 06 de 2012). *sinembargo.mx*. Obtenido de https://www.sinembargo.mx/26-06-2012/276841

(2009). *Estudio Regional Forestal de la Unidad de Manejo Forestal Mixteca-Norte.*

Etcetera.com.mx. (19 de 02 de 2018). Obtenido de https://etcetera.com.mx/nacional/solicita-oaxaca-declaratoria-de-emergencia-por-el-sismo-del-16-de-febrero/

Federacion, D. O. (29 de 06 de 2012). Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256876&fecha=29/06/2012#gsc.tab=0

Federacion, D. O. (05 de 12 de 2022). Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673256&fecha=05/12/2022#gsc.tab=0

FMAM, C. G. (Marzo de 2013). *proyectomixtecasustentableac.org.* Obtenido de https://proyectomixtecasustentableac.org/wp-content/uploads/2018/09/38-Caracterizaci%C3%B3n-biol%C3%B3gica-de-la-regi%C3%B3n-comprendida.pdf

Garza, S. M. (1998). *Breve historia de la protección civil en México. Los desastres naturales en México, una perspectiva multidisciplinaria (pp. 247-287).* México: CNR.

Geo, C. (2024). *Base de datos de Santa Ma. Jacatepec.* Mexico: Centro Geo.

https://www.facebook.com/zacatepec.oax/. (s.f.). Obtenido de https://www.facebook.com/zacatepec.oax/

IEEPCO. (2022-2023). *Ficha informativa municipal de San Martín Peras.* Oaxaca: Comisión Permanente de Sistemas Normativos.

INAFED. (2018). *Catálogo de programas, fondos y subsidios federales para entidades federativas.* México: SEGOB.

INEGI. (2004). *inegi.org.mx/contenidos/productos.* Obtenido de contenidos/productos: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224394/702825224394_6.pdf#[0,{%22name%22:%22Fit%22}]

INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda.* México: INEGI.

INEGI. (2017). *Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca.* México: INEGI.

INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda.* México: INEGI.

INEGI. (2020). *Censo INEGI*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

INEGI. (2020). *Compendio de información geográfica municipal.* Santa María Zacatepec: INEGI.

INEGI. (2020). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas.* México: INEGI.

INEGI. (03 de 12 de 2020). *ITER Principales resultados por Localidad.* México: INEGI. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_PersDiscap21.pdf

INEGI. (2020). *Panorama sociodemográfico de Oaxaca.* México: Censo de Población y Vivienda 2020.

INEGI. (2020). *Tabulados del Cuestionario Ampliado.* México: INEGI.

INEGI. (2022). *Censo Agropecuario.* México: INEGI.

INEGI. (27 de Enero de 2024). *Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades.* Obtenido de Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades: https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/

INEGI, G. E. (2014, 2015 y 2017). *Anuario Estadistico y Geografico de Oaxaca.* Oaxaca de Juarez, Oaxaca: Gob. Edo Oax - INEGI.

Legislativa, S. d. (15 de 02 de 2024). *sil.gobernacion.gob.mx*. Obtenido de http://sil.gobernacion.gob.mx/portal

Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos de desastres para el Edo. de Oaxaca. (art.160,162). (s.f.). Obtenido de Congreso Local de Oaxaca: ocs64.congresooaxaca.gob.mx/documents/legislacion_estatals/LEY+DE+PROTECCION+CIVIL+Y+GESTION+INTEGRAL+DE+RIESGOS+DE+DESASTRES+PARA+EL+ESTADO+DE+OAXACA+(Ref+dto+1287+Aprob+LXIV+Legis+22+ene+2020+PO+9+8a+s.pdf

Ley Orgánica Municipal del Edo. de Oaxaca, Congreso Local del Estado de Oaxaca. (s.f.). Obtenido de https://docs64.congresooaxaca.gob.mx/documents/legislacion_estatals/Ley_Organica_Municipal_(Ref_dto_2431_aprob_LXIV_Legis_17_mzo_2021_PO_24_6a_Secc_12_jun_2021).pdf

LGAHOTyDU. (28 de noviembre de 2021). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios*. México: Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2016. Recuperado el 05 de febrero de 2024, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_010621.pdf

LGCC. (15 de noviembre de 2023). Ley General de Cambio Climático. *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios*. Ciudad de México: Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de junio de 2012. Recuperado el 06 de febrero de 2024, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf

LGEEPA. (24 de enero de 2024). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. *Cámara de Diputados del Congreso de la Unión, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios*. Ciudad de México: Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Recuperado el 06 de febrero de 2024, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf

LGPC. (21 de diciembre de 2023). Ley General de Protección Civil. *Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General, Secrectaría de Servicios Parlamentarios*. México: Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 06 de junio de 2012. Recuperado el 05 de febrero de 2024, de https://www.ucol.mx/content/cms/13/file/federal/LEY_GRAL_DE_PROT_CIVIL.pdf

LOMEO. (17 de junio de 2021). Ley Orgánica Muicipal del Estado de Oaxaca. *H. Congreso del Estado y Soberano de Oaxaca, Dirección de Informática y Gaceta Parlamentariao*. Ciudad de México: Publicada en el Periódico Oficial del Órgano del Gobierno Consitucional del Estado Libre y Soberano de Oaxaca el 30 de noviembre de 2010. Recuperado el 06 de febrero de 2024, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC.pdf

LOTDUEO. (2020 de noviembre de 25). Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Oaxaca. *H. Congreso del Estado Libre y Soberano de Oaxaa LXIV Legistlatura Constitucional*. Oaxaca de Juárez: Decreto 1778 aprobado por la LXIV Legislatura en el Periódico Oficial 51 novena sección. Recuperado el 04 de febrero de 2024, de https://docs64.congresooaxaca.gob.mx/documents/legislacion_estatals/Ley+de+Ordenamiento+Territorial+y+Desarrollo+Urbano+para+el+Estado+de+Oaxaca+(Ref+dto+1778+aprob+LXIV+Legis+25+nov+2020+PO+51+9a+secc+19+dic+202.pdf

LPCGIRDEO. (29 de febrero de 2020). Ley de Protección Civil y Gestión Integral de Riesgos de Desastres para el Estado de Oaxaca. *H. Congreso del Estado Libre y Soberano de Oaxaca, LXIII Legislatura Constitucional. Centro de Información e Investigaciones Legislativas, Unidad de Investigaciones Legislativas*. Ciudad de México: Publicado originalmente bajo Decreto 667 en el Periódico Oficial, última Reforma: Decreto No. 1287 en el número 9 Octava Sección. Recuperado el 5 de febrero de 2024, de https://docs64.congresooaxaca.gob.mx/documents/legislacion_estatals/LEY+DE+PROTECCION+CIVIL+Y+GESTION+INTEGRAL+DE+RIESGOS+DE+DESASTRES+PARA+EL+ESTADO+DE+OAXACA+(Ref+dto+1287+Aprob+LXIV+Legis+22+ene+2020+PO+9+8a+s.pdf

Maskey, A. (1989). *El manejo popular de los desastres naturales. Estudios de vulnerabilidad y mitigación.* Lima: ITDG.

Maskrey, A. (1993). *Los Desastres No Son Naturales.* Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

Noticias, N. (04 de 03 de 2018). Obtenido de nvinoticias.com: https://www.nvinoticias.com/comunidad/nacional/pega-sismo-750-casas-en-zacatepec-oaxaca/25681

Noticias, N. (31 de 08 de 2022). Obtenido de https://www.nvinoticias.com/oaxaca/general/advierte-proteccion-civil-posible-desborde-de-rios-en-putla-y-tlaxiaco/135758

oaxaca.gob.mx. (06 de 10 de 2019). Obtenido de https://www.oaxaca.gob.mx/comunicacion/aprueba-federacion-declaratoria-de-desastre-en-82-municipios-de-oaxaca/

ONU. (2008). *O.N.U para la Agicultura y la Alimentación, Base referencia mundial del recurso suelo.* Roma: ONU.

ONU. (2015). *Marco Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030.* Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 05 de febrero de 2024, de https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

ONU; CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe.* Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 05 de febrero de 2024, de https://www.cedhnl.org.mx/bs/vih/secciones/planes-y-programas/Agenda-2030-y-los-ODS.pdf

paratodomexico.com/geografia-de-mexico. (2015-2018). *paratodomexico.com*. Obtenido de https://paratodomexico.com/geografia-de-mexico/relieve-de-mexico/index.html

PEDEO 2022-2028. (2022). *Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Oaxaca 2022-2028.* Oaxaca de Juárez. Recuperado el 01 de febrero de 2024, de http://www.ped.oaxaca.gob.mx/ped/

Pedro Montes Cruz, J. L. (2005). *Cartografía Geomorfológica Analítica de la Porción Norte de la Mixteca Alta, Oaxaca, México.* Ciudad Universitaria, México, D.F: Instituto de Geografia UNAM.

Peras, S. M. (2011-2013). *Plan Municipal de Desarrollo.* San Martín Peras, Juxtlahuaca, Oax.

Peras, S. M. (2019). *Plan Municipal de Prevención y Reducción de Riesgos de Desasatres.* Oaxaca: Protección Civil.

(2022-2024). *Plan de Desarrollo Municipal Sta. María Zacatepec, Oaxaca.* Sta. María Zacatepec, Oaxaca.

Plan de Desarrollo Municipal, P. S. (2020-2022). *Plan de Desarrollo Municipal, Honorable Ayuntamiento Constitucional de Santa María Zacatepec, Oaxaca.* Santa María Zacatepec, Oaxaca: Honorable Ayuntamiento Constitucional de Santa María Zacatepec.

Plan Municipal de Desarrollo, H. A. (2008-2010). *Plan Municipal de Desarrollo.* Sn. Fco. Tlapancingo, Oaxaca, México: H. Ayuntamiento Sn. Fco. Tlapancingo.

PROCESO. (29 de 3 de 2006). Obtenido de https://www.proceso.com.mx/nacional/2006/3/29/destruyen-78-incendios-forestales-4495-hectareas-en-oaxaca-42078.html

PROCESO. (4 de 4 de 2012). Obtenido de https://www.proceso.com.mx/reportajes/2012/4/4/oaxaca-miseria-al-descubierto-100926.html

Quadratin. (08 de 06 de 2021). Obtenido de https://oaxaca.quadratin.com.mx/lluvias-desbordan-el-rio-blanco-en-santa-maria-zacatepec/

Quadratin/CONAFOR. (05 de 02 de 2021). Obtenido de https://oaxaca.quadratin.com.mx/van-16-incendios-forestales-en-oaxaca-en-2021-conafor/

RAN. (2024). *Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA).* México: Desarrollo Territorial.

Riesgos, T. d. (2018). *Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos.* Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300387/Te_rminos_de_Referencia_Atlas.pdf

Rosario Ramírez Santiago, Q. O. (2022). *Estudio tipos de vegetación leñosa y su composición florística en el Geoparque Mundial.* UNESCO Mixteca Alta Oaxaca.

S.C.T. (s.f.). *S.C.T Génesis, identificación y uso de los suelos de México, Querétaro.* 1998.

SADER. (2023). *SIAP*. Obtenido de https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

SEDER. (2007). *Revista de Agronegocios.*

SEGOB, CENAPRED. (21 de diciembre de 2016). Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. *Secretaría de Gobernación, Centro nacional de Prevención de Desastres*. Ciudad de México: Publicado en el Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 15 de enero de 2024, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016#gsc.tab=0

Servicio Sismologico Nacional, U. (16 de 02 de 2018). Obtenido de http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2018/SSNMX_rep_esp_20180216_Oaxaca_M72.pdf

SGM.GOB.MX. (s.f.). *www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas.* Obtenido de https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Rocas-metamorficas.html

sil.gobernacion.gob.mx. (2019). Obtenido de http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/10/asun_3925530_20191003_1569966578.pdf

smokecurtain.wordpress.com. (2022). *Bosques de Pino Encino de la Sierra Madre de Oaxaca II.* https://smokecurtain.wordpress.com/2022/11/16/bosques-de-pino-encino-de-la-sierra-madre-de-oaxaca-ii/.

SSPC, CENAPRED. (2021). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica. *Secretaría de Seguridad Pública y* Ciudad de Mëxico: 1a edición, Noviembre de 2006. Recuperado el 20 de febrero de 2024, de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html

Universal, E. (07 de 10 de 2019). Obtenido de https://oaxaca.eluniversal.com.mx/estatal/07-10-2019/declara-segob-en-desastre-82-municipios-de-oaxaca-por-narda

UNIVERSAL, E. (30 de 08 de 2022). Obtenido de https://oaxaca.eluniversal.com.mx/estatal/dejan-lluvias-afectaciones-cultivos-y-derrumbes-en-comunidades-de-la-mixteca-y-la-sierra-sur

UNIVERSAL, E. (24 de 08 de 2023). Obtenido de https://oaxaca.eluniversal.com.mx/municipios/lluvias-dejan-danos-en-dos-regiones-de-oaxaca-nivel-del-rio-rebasa-puente-en-huatulco

www.oaxaca.gob.mx. (29 de 08 de 2022). Obtenido de https://www.oaxaca.gob.mx/comunicacion/atienden-unidades-municipales-y-delegaciones-regionales-de-proteccion-civil-afectaciones-por-lluvias/

Youtube. (07 de 12 de 2021). Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=rnwxcKGVEp8&ab_channel=PepeVel%C3%A1zquez

Zacatepec, H. A. (2022-2024). PMDS Plan Municipal de Desarrollo Sustentable. En H. A. Zacatepec. Sta. Ma. Zacatepec: H. Ayuntamiento