

ATLAS DE GESTIÓN DE RIESGOS

SANTO DOMINGO ROAYAGA

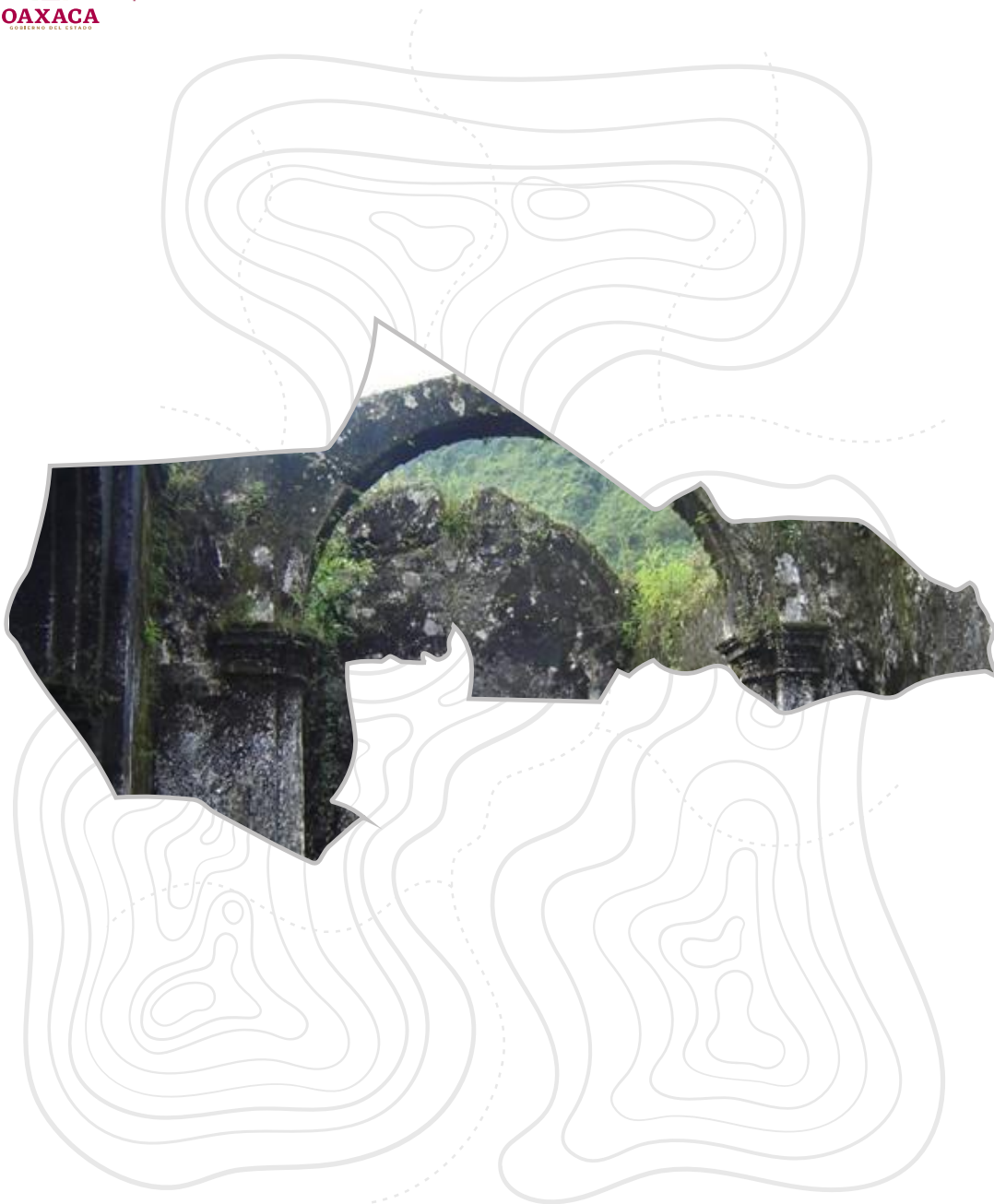
MARZO 2024



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	7
I.1 Introducción	7
I.2 Antecedentes.....	9
I.3 Justificación	14
I.3.1 Eventos perturbadores y Declaratorias	14
I.4 Objetivos.....	18
I.4.1 Objetivo General.....	18
I.4.2 Objetivos particulares.....	18
I.5 Metodología General	18
I.6 Marco Legal	22
I.6.1 Ámbito Internacional.....	22
I.6.2 Leyes federales.....	22
I.6.3 Leyes estatales	23
I.6.4 Normas Municipales.....	25
Capítulo II. Determinación de la zona de estudio.....	26
II.1 Ubicación y Colindancias.....	26
II.2 Superficie, localidades y población	27
II.3 Mapa Base (topográfico)	28
II.4 Modelo Digital de Elevación.....	29
Capítulo III. Caracterización de los elementos del medio natural	31
III.1 Fisiografía	31
III.1.1. Provincia fisiográfica	31
III.1.1.1. Subprovincia fisiográfica	33
III.2. Geomorfología	34
III.2.1. Sistema de topoformas	34
III.3. Geología	35
III.3.2. Relieve.....	36
III.3.3. Fallas y fracturas.....	37
III.4. Edafología.....	39
III.5. Hidrografía	41
III.5.1. Cuencas, subcuencas y microcuencas.....	43



III.5.1.1. Cuencas.....	44
III.6. Clima	45
III.6.1. Temperatura.....	46
III.6.2. Precipitación.....	48
III.6.3 Evapotranspiración	50
III.6.4 Vulnerabilidad ante el cambio climático	52
III.7. Uso de suelo y vegetación	53
III.7.1. Uso de suelo y vegetación	54
III.7.2. Uso de suelo	55
III.7.3. Vegetación	57
III.8. Áreas Naturales Protegidas	58
Capítulo IV. Caracterización de los elementos demográficos, sociales, económicos y de equipamiento.....	59
IV.1 Dinámica demográfica.....	59
IV.1.1 Distribución de población del municipio y por localidad	59
IV.2 Condiciones sociales y económicas	62
IV.2.1 Población con discapacidades.....	62
IV.2.2 Lenguas indígenas.....	64
IV.2.3 Servicios de salud	66
IV.3 Empleos e ingresos.....	67
IV.3.1 Población económicamente activa (PEA)	67
IV.3.2 Sectores productivos	70
IV.3.2.1. Sector primario	70
IV.3.2.2. Sector secundario.....	74
IV.3.2.3. Sector terciario	74
IV.3.2.4. Centralidades económicas	74
IV.4 Pobreza y marginación.....	76
IV.5 Inventario de bienes expuestos. Equipamiento e infraestructura estratégica	78
IV.5.1 Vivienda	78
IV.5.2 Equipamiento e infraestructura.....	80
Capítulo V. Identificación de peligros, vulnerabilidad, exposición y riesgos ante fenómenos de origen natural y antropogénicos.....	87
V.1 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos geológicos.....	87
V.1.1 Inestabilidad de Laderas.....	87



V.1.2 Sismo	122
V.1.3 Tsunami *	147
V.1.4 Vulcanismo.....	147
V.1.5 Hundimientos (Subsidencia) y agrietamiento del terreno	156
V.2 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos hidrometeorológicos	168
V.2.1 Inundaciones pluviales	178
V.2.2 Inundaciones fluviales *	190
V.2.3 Inundaciones costeras *	190
V.2.4 Inundaciones lacustres *	190
V.2.5 Tormentas de granizo	191
V.2.6 Nevadas	201
V.2.7 Tormentas eléctricas.....	203
V.2.8 Sequías.....	215
V.2.9 Ondas cálidas.....	218
V.2.10 Ondas gélidas	231
V.2.11 Heladas	240
V.2.12 Tornados	246
V.3 Peligros, susceptibilidad y amenazas por fenómenos químico-tecnológicos	248
V.3.1 Sustancias peligrosas.....	251
V.3.2 Incendios forestales	255
V.4 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos sanitario-ecológicos.....	257
V.4.1 Contaminación del suelo, aire y agua.....	257
V.4.2 Epidemias y plagas	265
V.5 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos socio-organizativos	278
V.5.1. Concentración masiva de población	280
V.5.2 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica.....	281
V.6. Vulnerabilidad social del Municipio.....	283
V.6.1 Vulnerabilidad Social del Municipio.....	287
V.7 Grado de exposición del Municipio.....	290
V.8 Riesgos por fenómenos geológicos.....	293
V.8.1 Inestabilidad de Laderas	294
V.8.2 Sismos.....	318
V.8.3 Tsunami *	324



V.8.4 Hundimientos por fallas y fracturas, Subsistencia y agrietamiento del terreno.....	324
V.9 Riesgos por fenómenos hidrometeorológicos.....	328
V.9.1 Inundaciones.....	328
V.9.2 Ciclones tropicales.....	338
V.9.3 Tormentas eléctricas.....	339
V.9.4 Ondas gélidas.....	349
V.9.5 Ondas cálidas.....	367
V.9.6 Riesgo por sequías en el municipio	377
V.9.7 Tornados (vientos fuertes).....	378
V.10 Riesgos por fenómenos químico-tecnológicos.....	380
V.10.1 Sustancias peligrosas.....	380
V.10.2 Riesgo por incendios forestales	383
V.11 Riesgos por fenómenos sanitario-ecológicos	384
V.11.1 Contaminación del suelo, aire y agua	384
V.11.2 Epidemias y plagas.....	384
V.12 Riesgos por fenómenos socio-organizativos	393
V.12.1. Concentración masiva de población *	393
V.12.2 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica	393
Capítulo VI. Reducción de Riesgos de Desastres.....	395
VI.1 Enfoque para la Reducción de Riesgos de Desastres	397
VI.2 Análisis de los principales riesgos identificados cartográficamente.....	399
VI.2.1 Nivel de Riesgos identificados cartográficamente	399
VI.1.2 Posibles estrategias a implementar para la reducción de riesgos identificados en el territorio.....	405
VI.3 Análisis de la percepción del nivel de riesgo de la población	409
VI.3.1 Actores relevantes del municipio que participaron en el análisis de percepción del riesgo.....	409
VI.3.2 Memoria histórica de eventos perturbadores que han impactado al territorio	411
VI.3.3 Identificación y priorización de amenazas y vulnerabilidades en el municipio.....	413
VI.3.4 Definición de posibles acciones a implementar para la Reducción de Riesgos en el municipio	415
VI.3.5 Análisis de la percepción del grado de peligro.....	419
VI.3.6 Análisis de la percepción del grado de vulnerabilidad.....	423
VI.3.7 Análisis de la percepción del grado de Riesgo	426



VI.3.8 Acciones para Gestionar y Reducir el Riesgo de Desastres.	429
VI.4 Conclusiones y recomendaciones	433
VI.4.1 Conclusiones.....	433
VI.4.2 Recomendaciones de vulnerabilidades, problemáticas y riesgos que es importante retomar para el Ordenamiento Territorial y Urbano.....	434
VI.4.3 Recomendaciones de proyectos y estudios que se requieren para mejorar el conocimiento del territorio.....	434
Glosario	435
Índice de tablas, mapas, gráficas e ilustraciones.....	438
Bibliografía	451



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.

Para la elaboración del presente instrumento, se consideró la información contenida en fuentes federales oficiales como la disponible del INEGI, CONAGUA, la generada por el Servicio Meteorológico Nacional, y la que forma parte del Atlas de Riesgos Nacional a cargo de CENAPRED. Se incluyeron datos de algunas fuentes del Gobierno del Estado, tales como los Atlas de Riesgos del Estado de Oaxaca, fichas técnicas de SISPLADE y del Atlas de Género de Oaxaca, entre otros. Así mismo, se revisaron los antecedentes de las declaratorias por la ocurrencia de fenómenos naturales que han afectado al municipio.

Se puede decir que los desastres en un territorio ponen en evidencia una 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 los desastres, es necesario elaborar un análisis respecto de las características físicas del territorio, los peligros a los que está expuesto y la vulnerabilidad física y social, de manera que le permitan a la población en general y a las autoridades, contar con los elementos 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 de su territorio 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 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, hidrometeorológicos 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. Además, al final se encuentra un apartado que se enfoca en un glosario de términos empleados y otro 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

Santo Domingo Roayaga toma su primer nombre en honor de Santo Domingo de Guzmán, santo de la religión católica, que es el patrono del pueblo. Por otro lado, Roayaga o Roayaga, en zapoteco de *Roa* "orilla" y *Yaga* "arboleda", quiere decir "orilla de la arboleda", haciendo alusión que el pueblo se encuentra rodeado por la arboleda del bosque.

Antes de la conquista al reino de Zaachila, un grupo de indígenas zapotecas se dieron a la tarea de buscar otras tierras más productivas que las del Valle de Oaxaca. Salieron de su comunidad natal alrededor de diez familias indígenas guiadas por el zapoteco Zaachila, con la esperanza de llegar a conquistar otras tierras más redituables. Entre los años 1386 a 1420, en sus andanzas lograron internarse en la sierra norte del estado (México, 2024).

Aproximadamente de 1386 a 1420, se asentaron en un lugar denominado San Miguel Yaduby, que quiere decir en zapoteco "Cerro de Plumas". En este lugar estuvieron aproximadamente diez años y por falta de comunicación y por las tierras accidentadas, emigraron hacia el sur poniente, de donde originalmente habían arribado. Estos habitantes bautizaron el lugar como Thussi (actualmente San Juan Thussi). En este lugar se establecieron otros diez años más y por sus costumbres religiosas, tuvieron la necesidad de construir un templo para adorar a sus ídolos o dioses que en esa época tenían. Actualmente existen algunos vestigios conocidos como paredones (México, 2024).

En este asentamiento acechaba el águila real, animal que se apoderaba de los niños para comérselos. Esta situación los hacía sufrir constantemente y debido a ello, los ahí asentados se vieron obligados a emigrar nuevamente. De esta manera llegaron al lugar que actualmente se llama *Ya Cha shu*, que quiere decir "Cerro de Paredones", como resultado de las construcciones que ahí se realizaron. Aquí se establecieron cerca de veinte años, sufriendo por la falta de agua. Para esto, en Ya Cha Shu existían de 12 a 15 familias, quienes habían descombrado el bosque situado a unos quince minutos. Esto lo hacían en conjunto, practicando lo que hoy en día se llama tequio (México, 2024).

Fue entonces como se dieron cuenta que el lugar estaba mejor, porque tenía todas las condiciones para habitarlo, por lo que empezaron a construir sus chozas y al poco tiempo se trasladaron para asentarse de manera definitiva. Es por eso que el pueblo quedó rodeado por el bosque (México, 2024).

Para el 15 de marzo de 1825, mediante el decreto Número 47 de la Ley de División y Arreglo de los Partidos que componen el Estado Libre de Oaxaca, se le da la categoría oficial de pueblo únicamente con el nombre de Roayaga. Para el 18 de noviembre de



1844, mediante la División Permanente del Territorio del Departamento (artículo 4o.), se le otorga el nombre de Santo Domingo Roayaga. Posteriormente, la comunidad recibe la categoría de Ayuntamiento de acuerdo a la División Política, Judicial, Municipal y Estadística del Estado Libre y Soberano de Oaxaca, el 23 de octubre de 1981 (INEGI, Evolución histórica de los municipios de México de 1810 a 2020 - Oaxaca, 2023).

De acuerdo al censo de población del INEGI (2020), la población total del municipio de Santo Domingo Roayaga es de 941 personas, distribuida en 47.8% hombres y 52.2% mujeres. Cuenta con tres localidades rurales, siendo Santo Domingo Roayaga la localidad más poblada, con 505 habitantes, seguido de Tornaguía, con 434 habitantes y Abajo del Pueblo con 2 habitantes (INEGI, Panorama sociodemográfico de Oaxaca. Censo de Población y Vivienda 2020, 2021). El 61% de la población se encuentra en situación de pobreza extrema y presenta los grados de marginación y rezago social **muy alto** en la escala de CONEVAL.

Antecedentes Agrarios

Dentro del territorio del municipio de Santo Domingo Roayaga se encuentran dos núcleos agrarios, ambos sin datos de certificación y catalogados de tipo comunidad. Uno de esos núcleos se identifica con el mismo nombre del municipio, “Santo Domingo Roayaga”, mismo que fue dotado de una superficie de 7,527.8 hectáreas por la vía de RTBC (Reconocimiento y Titulación de Bienes Comunales), con fecha de Resolución Presidencial del 29 de abril de 1996, y ejecutada el 09 de septiembre de 2013. No se cuenta con el número de comuneros que aglutina. El otro núcleo se identifica como Santa María Tonaguía, que fue dotado de una superficie de 1,656.4 hectáreas por la vía de RTBC, con fecha de Resolución Presidencial del 07 de agosto de 1985, y ejecutada el 09 de diciembre de 1985. De la misma manera, no se cuenta con el número de comuneros que forman parte de este núcleo (RAN, 2024).

En el caso del núcleo rural Santo Domingo Roayaga, su órgano de representación no se encuentra vigente, ya que causó vencimiento el 09 de noviembre de 2014; en el caso del núcleo rural de Santa María Tonaguía, el período de vencimiento de su órgano de representación es el 29 de octubre de 2025. En este caso, su renovación es cada 3 años, tal como lo señala la Ley Agraria vigente.

Cultura y Patrimonio

Del total de población del municipio, el 96.8% se considera indígena, mientras que el 1.6% se considera afrodescendiente. Así mismo, el panorama sociodemográfico indica que la población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena es de 847 personas, que corresponden al 90% respecto de total de la población. De las 10 lenguas indígenas que se hablan en el municipio, las más comunes son el zapoteco, con 442 y el mixe, que es hablado por 403 habitantes, lo que representa el 47% y 43% respectivamente. Cabe hacer mención que, del total de los hablantes de la lengua



indígena, el 6.4% no hablan el español (INEGI, Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE), 2024).

Santo Domingo Roayaga ostenta un patrimonio cultural intangible; su lengua zapoteca y mixe forman parte del patrimonio cultural inmaterial de México (Secretaría de Cultura, SIC México, 2024). La medicina tradicional, artesanías, vestimenta original, ritos, costumbres y tradiciones siguen vigentes y es de resaltar que en la asamblea comunitaria, se ha tenido el consenso para preservar y transmitir sus danzas autóctonas a las nuevas generaciones, ya que son legado de sus ancestros que los identifican como cultura étnica (Roayaga, 2023). Su lengua zapoteca aún se conserva tanto en adultos como en los niños en sus interacciones cotidianas; un porcentaje menor hablan el castellano exclusivamente cuando se dirigen a personas ajenas a la comunidad.

Las actividades productivas más comunes son las del sector primario con fines de autoconsumo. La escasa comercialización de estos bienes se da únicamente en el ámbito local. Los productos de cultivo más comunes son el frijol, maíz en grano y la caña de azúcar.

En Santo Domingo Roayaga se ha realizado el cultivo y comercialización de café en grano. De acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo 2023, se encuentran en el proceso de renovación de cafetales y búsqueda de mecanismos de producción sostenible para fortalecer esta actividad (Roayaga, 2023).

Forma de organización y autoridades

El ayuntamiento de Santo Domingo Roayaga es uno de los 417 municipios que se rigen por el Sistema Normativo Indígena, lo que lleva a resolver controversias, elección de autoridades y procedimientos de acuerdo con los usos y costumbres de la comunidad.

La elección de la autoridad se da en asamblea de elección, que se realiza cada año. Los habitantes de la agencia municipal no pueden votar ni ser votados; se eligen presidente municipal, un síndico y un cabildo integrado por seis regidores, de los cuales cuatro deben ser ocupados por mujeres. La duración de los cargos municipales es de un año (IEEPCO, 2022-2023).



Tabla 1. Principales actividades económicas en el municipio (SEFIN, 2008).

Sector	Actividad productiva	Impactos económicos	Impactos sociales
Primario	Cultivo de Maíz y frijol	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de empleo a personas de la comunidad permitiendo reducir el desempleo y aumentar los ingresos de las familias locales. • Demanda de bienes y servicios como lo son compra de insumos agrícolas, semillas, fertilizantes y herramientas, así como del empleo de servicios de transporte, almacenamiento y comercialización. • Se mejora la seguridad alimentaria de la población al proporcionar una fuente de alimentos básicos y reduciendo la dependencia de la población a alimentos importados o costosos. • Ayuda a desarrollar mejores técnicas de cultivo hasta habilidades comerciales y de gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el acceso de la población local a alimentos nutritivos, especialmente si se promueve el consumo de los productos cultivados localmente. • Fortalece la seguridad alimentaria de la comunidad al proporcionar una fuente confiable de alimentos frescos y nutritivos, lo que a su vez puede mejorar la salud y el bienestar de la población.
	Producción de agave	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de una cantidad significativa de empleo durante las etapas de producción, distribución, comercialización y turismo relacionado con esta bebida. 	
Secundario	Construcción	Estas actividades pueden contribuir la población económicamente, sobre todo aquellas que se llevan en países extranjeros, que producen remesas y una mayor entrada económica.	En el caso de esta actividad no se afectan los recursos naturales presentes en la comunidad, dado que la mayoría son llevados a cabo en otros lugares lejos del municipio.
Terciario	Comercio y servicio	En cuanto a las actividades de comercio y servicio la comunidad cuenta con misceláneas las cuales abastecen a la población de productos básicos.	Esta actividad no afecta directamente a la población sin embargo genera residuos que pueden contaminar el ambiente de la comunidad.

Infraestructura

La infraestructura con la que cuenta el municipio de Santo Domingo Roayaga se reduce al palacio municipal de la cabecera y agencia, instalaciones educativas de los niveles preescolar, primaria y telesecundaria, drenaje pluvial y sanitario, muy pocas calles pavimentadas y alumbrado público (Roayaga, 2023).



Actividades productivas

De la población económicamente activa de Santo Domingo Roayaga, se dedica a las actividades de producción primaria relacionadas con la agricultura, siendo la siembra de maíz, frijol y caña de azúcar. mientras que la actividad pecuaria se desarrolla solo para autoconsumo en la crianza de aves de corral, ganado bovino y porcino.

Es de especial atención la producción de café en grano, ya que se encuentra en un período de renovación de cafetales (Roayaga, 2023).

Antecedentes de planeación

En el municipio de Santo Domingo Roayaga no hay antecedentes de una planeación, ya que la urbanización no planeada tiene un efecto directo sobre el suelo, con la aparición de nuevos asentamientos humanos en zonas no aptas para el desarrollo urbano. Por su localización geográfica de accidentada orografía, limita la planeación ordenada de viviendas e infraestructura. Muchas de ellas se ubican en zonas de riesgo y se da por la falta de un instrumento de planeación que regule el territorio. En el ámbito ambiental la contaminación está afectando la salud de sus habitantes y abonando al cambio climático por la quema y deposito a cielo abierto de la basura.

En el municipio de Santo Domingo Roayaga, el estado físico de la infraestructura carretera y vialidades es variado. Existen dos carreteras que llegan a la cabecera municipal; una pasa por la región mixe tipo pavimentada y en buen estado hasta el entronque con el municipio Totontepec Villa de Morelos Mixe y continúa al distrito de Villa Alta; la otra ruta es a través del municipio de Talea de Castro, carretera en malas condiciones que presenta algunos tramos pavimentados (Roayaga, 2023).

Adicionalmente, existe una carretera de terracería que conecta al distrito de San Ildefonso Villa Alta y una más que conecta a la agencia municipal de Santa María Tonaguía. Esta última tiene baches y le hacen falta cunetas y alcantarillas. En general la infraestructura carretera local es deficiente y en muy malas condiciones, y por ser núcleos de población muy pequeños (asentamientos humanos dispersos), dificulta una adecuada prestación de los servicios públicos básicos, comunicación y desarrollo urbano en general, con un alto rezago de drenaje, pavimentación y la falta de infraestructura pública.

Atlas Municipal de Riesgos

El municipio de Santo Domingo Roayaga no cuenta con un Atlas Municipal de Riesgos, siendo uno de los 417 municipios sin este documento de planeación.



I.3 Justificación

En el estado de Oaxaca los desastres naturales han sido recurrentes, como lo muestran las declaratorias de emergencia y desastres naturales con registros en distintos años. El municipio de Santo Domingo Roayaga pertenece a la región sierra Juárez del estado de Oaxaca y es de los que no cuenta con ARM y POT. Ha tenido 10 declaratorias oficiales por daños debido a la presencia de agentes perturbadores comprendidos en el periodo del año 2000 al 2018 (CENAPRED, Sistema de Consulta de Declaratorias, 2024).

Los peligros a los que está expuesto el municipio de Santo Domingo Roayaga se encuentran condicionados por la topografía, clima, geología y por su ubicación geográfica, donde 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.

Contar con un Atlas de Riesgo dinámico integral representa tener un instrumento de prevención, mitigación y respuesta eficiente en el ordenamiento territorial. A partir de conocer las características e identificados los peligros, vulnerabilidad y riesgo de eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y cómo estos inciden en el municipio de Santo Domingo Roayaga, se puede ayudar a fortalecer la orientación de políticas públicas a fin de prevenir y mitigar daños a la población, causado por fenómenos perturbadores de origen natural o antropogénico.

I.3.1 Eventos perturbadores y Declaratorias

En el estado los desastres naturales han sido recurrentes, como lo muestran las declaratorias de emergencia y desastres naturales en distintos años.

Debido a su ubicación geográfica, el municipio ha sido susceptible de tormentas eléctricas en muy alto grado de peligro que han ocasionado que los techos de lámina se desprendan de las viviendas. A pesar de que no han tenido declaratorias de emergencia, debido a este fenómeno meteorológico el impacto económico y social ha sido fuerte. Adicionalmente, la abundante lluvia de los ciclones tropicales ha causado afectaciones ocasionando serios problemas de índole económica y de autosuficiencia alimentaria; han sido de los fenómenos que más ha afectado al municipio y que haya sido considerado dentro de la declaratoria de emergencia de los municipios afectados del estado de Oaxaca.



Tabla 2. Grado de peligro por fenómenos naturales en Santo Domingo Roayaga

Fenómeno Perturbador	Grado de Peligro	Declaratorias	
		Desastre	Emergencia
Sequía	Medio	Ninguna	Ninguna
Onda de Calor	Alto	Ninguna	Ninguna
Bajas Temperaturas	Bajo	Ninguna	Ninguna
Tormenta Eléctrica	Muy Alto	Ninguna	Ninguna
Ciclón Tropical	Muy Bajo	1	3
Nevada	Muy Bajo	Ninguna	Ninguna
Granizada	Bajo	Ninguna	Ninguna
Tornado	Sin Tornado	Ninguna	Ninguna

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CENAPRED, Información básica de peligros naturales a nivel Municipal Santo Domingo Roayaga, 2021

Derivado de su ubicación geográfica y a lluvias severas presentadas, el municipio ha sufrido estragos por fenómenos hidrometeorológicos. Tal es el caso de tres declaratorias de emergencia por lluvia severa e inundación fluvial y pluvial. La tabla reporta el fenómeno perturbador de inundación con un grado de peligro bajo y vulnerabilidad media.

Tabla 3. Grado de peligro por inundaciones en Santo Domingo Roayaga

Inundaciones			
Fenómeno Perturbador	Grado de Peligro	Nivel de Vulnerabilidad	Declaratorias
Inundaciones	Bajo	Medio	3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CENAPRED, Información básica de peligros naturales a nivel Municipal Santo Domingo Roayaga, 2021

Inestabilidad de laderas

En el municipio es muy recurrente que se presenten los caídos o derrumbes, deslizamientos y flujos. 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 ocasionando inestabilidad. En la tabla se reporta la susceptibilidad como **alta** para el municipio, con un 76% del total de la superficie del territorio municipal.

Tabla 4. Grado de susceptibilidad por inestabilidad de laderas en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Inestabilidad de laderas		
Susceptibilidad	Área en km ²	Porcentaje
Muy Baja	4.18	6.86 %
Baja	0.0	0.0 %
Media	10.37	17.04 %
Alta	46.25	76.03 %
Muy Alta	0.04	0.07 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CENAPRED, Información básica de peligros naturales a nivel Municipal Santo Domingo Roayaga, 2021



Sismos

Los efectos de sismos representan un porcentaje importante en la ocurrencia de deslizamientos de laderas (taludes naturales), principalmente en suelos sensitivos. Podrían conducir a la falla si los movimientos sísmicos son de suficiente magnitud y duración y el municipio está expuesto a este fenómeno por su ubicación en zona C, de acuerdo con la regionalización sísmica de CFE (CFE, 2015). En la tabla podemos observar que el municipio se halla en una zona de registro de sismos de forma frecuente.

Tabla 5. Grado de peligro por sismo en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Sismos	
Zona	C
Efecto de Sitio	Sin comentarios
Deslizamiento por sismo	En este municipio hay peligro de deslizamiento por sismo
Características	La zona C, de sismicidad alta, se caracteriza por ser una región en donde se registran sismos de forma frecuente.
Observaciones	Sin comentarios

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CENAPRED, Información básica de peligros naturales a nivel Municipal Santo Domingo Roayaga, 2021

Declaratoria por desastre

El municipio ha tenido cuatro declaratorias por desastre como se puede leer en la tabla, de las cuales una fue por fenómenos geológicos de tipo sísmico (2017) (CENAPRED, Sistema de Consulta de Declaratorias, 2024), y tres por fenómenos hidrometeorológicos, causando lluvias extremas (2005), huracán "Stan" (2005) y ciclón tropical Mathew (2010) (CENAPRED, Sistema de Consulta de Declaratorias, 2024).

Tabla 6. Declaratoria por desastre en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Tipo declaratoria	Clasificación Fenómeno	Tipo Fenómeno	Fecha Publicación	Fecha Inicio	Fecha Fin	Observaciones
Desastre	Geológico	Sismo	14/09/2017	07/09/2017	07/09/2017	Sismo 8.2
Desastre	Hidrometeorológico	Lluvias	12/10/2010	25/09/2010	27/09/2010	Ciclón tropical Mathew
Desastre	Hidrometeorológico	Ciclón Tropical	11/11/2005	03/10/2005	05/10/2005	Huracán "Stan"
Desastre	Hidrometeorológico	Lluvias	27/09/2005	19/08/2005	22/08/2005	Lluvias extremas

Derivado de lo anterior se determina que el municipio ha sufrido mayormente afectación por fenómenos de lluvias y tormentas, aunque no se cuenta con información que señale o cuantifique daños materiales y/o pérdidas humanas.



Declaratoria por emergencia

Se han presentado cinco declaratorias de tipo emergencia; en la tabla se lee que todas ellas han sido por fenómenos hidrometeorológicos; dos de tipo ciclón tropical, con la onda tropical No. 29 (2005), y tormentas tropicales "José" (2005) y "Rosa" (2000) (CENAPRED, Sistema de Consulta de Declaratorias, 2024). Dos fueron de tipo lluvia con ciclón tropical Mathew (2010) y lluvia severa (2018) (CENAPRED, Sistema de Consulta de Declaratorias, 2024), y una por helada severa (2017) (CENAPRED, Sistema de Consulta de Declaratorias, 2024).

Tabla 7. Declaratorias por emergencia en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Tipo declaratoria	Clasificación Fenómeno	Tipo Fenómeno	Fecha Publicación	Fecha Inicio	Fecha Fin	Observaciones
Emergencia	Hidrometeorológico	Lluvias	02/11/2018	19/10/2018	20/10/2018	Lluvia severa
Emergencia	Hidrometeorológico	Heladas	03/01/2018	09/12/2017	12/12/2017	Helada severa
Emergencia	Hidrometeorológico	Lluvias	13/10/2010	25/09/2010	27/09/2010	Ciclón tropical Mathew
Emergencia	Hidrometeorológico	Ciclón Tropical	07/09/2005	20/08/2005	22/08/2005	Onda tropical No. 29 y tormenta tropical "José"
Emergencia	Hidrometeorológico	Ciclón Tropical	10/11/2000	07/11/2000	22/08/2005	Tormenta tropical "Rosa"
Emergencia	Hidrometeorológico	Ciclón Tropical	10/11/2000	07/11/2000	10/08/2005	Tormenta tropical "Rosa"

Aproximadamente el 39.9% (113 viviendas), están construidas con muros de adobe con techos flexibles, por lo que se considera que tienen una vulnerabilidad **alta**. Además, el 38.1% (103 viviendas) de viviendas están construidas con muros de materiales débiles con techos flexibles consideradas con una vulnerabilidad **muy alta**. Ambas clasificaciones suman el 78 % del total de viviendas existentes en el municipio con esas vulnerabilidades, 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 (CENAPRED, Información básica de peligros naturales a nivel Municipal Santo Domingo Roayaga, 2021).

Con la elaboración del AMR como instrumento de planeación se potenciará el ordenamiento del territorio, generando centros de población sustentables y distribución espacial de zonas de riesgo bien delimitada y 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 medios de vida ante el embate de fenómenos perturbadores.

I.4.2 Objetivos particulares

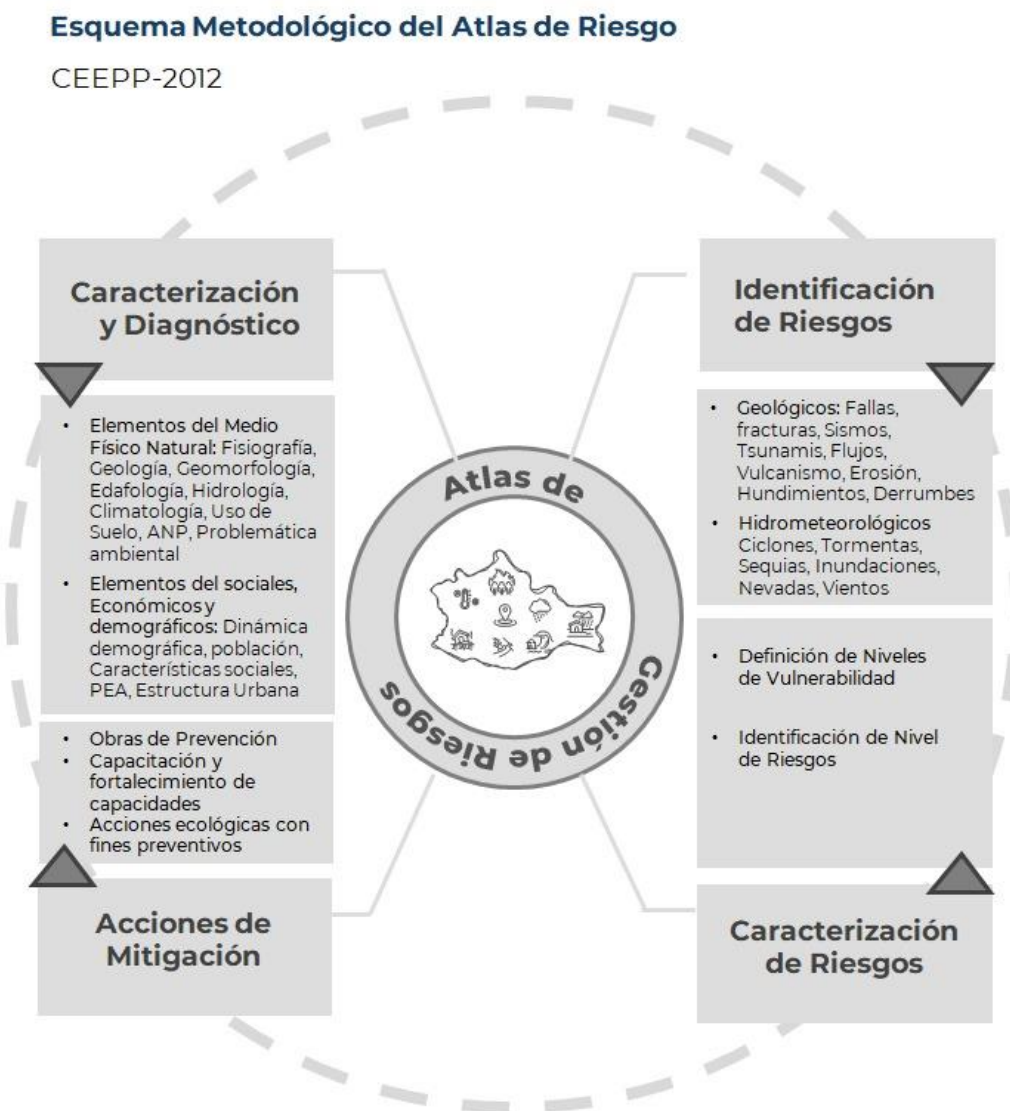
- Contar con un **documento cartográfico** y escrito que representa y zonifica cada uno de los fenómenos naturales y antropogénicos perturbadores de manera clara y precisa, así como las bases de datos homologadas para cada uno de los fenómenos perturbadores presentes en el municipio.
- Contar con un **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 1. 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 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 hidrometeorológicos y antropogénicos. Se definieron las áreas de vulnerabilidad física y social, así como 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. Se realizaron las siguientes actividades:

- Identificación y consulta documental de fuentes del municipio, hemerotecas, diversos archivos históricos 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 superpongan.

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 y 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; y 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.

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

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.



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 jurisdicción⁵. En su capítulo VII, que habla de la Seguridad Pública y Protección Civil Municipales, determina que *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**”*. 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.

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, cuando*

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



sea 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, 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:** *generar protocolos de prevención, reacción, atención y recuperación, capacitar a los municipios en materia de protección civil y gestión integral de riesgos y 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 Santo Domingo Roayaga se rige por el sistema de usos y costumbres, lo que ha limitado establecer reglamentos internos en distintas áreas del gobierno.

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

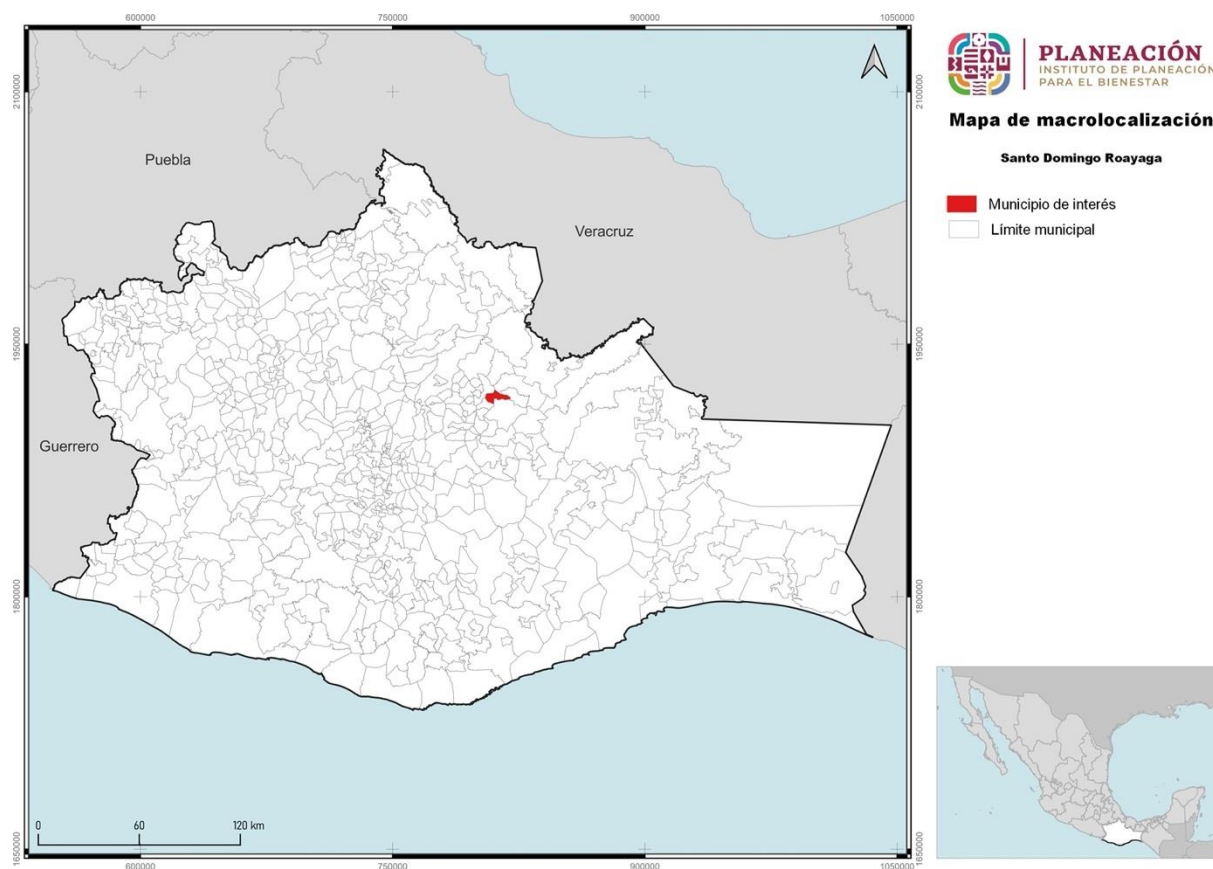


Capítulo II. Determinación de la zona de estudio

II.1 Ubicación y Colindancias

El municipio de Santo Domingo Roayaga se encuentra en el estado de Oaxaca y forma parte del distrito Villa Alta en la región Sierra Norte.

Mapa 1. Macrolocalización del municipio de Santo Domingo Roayaga

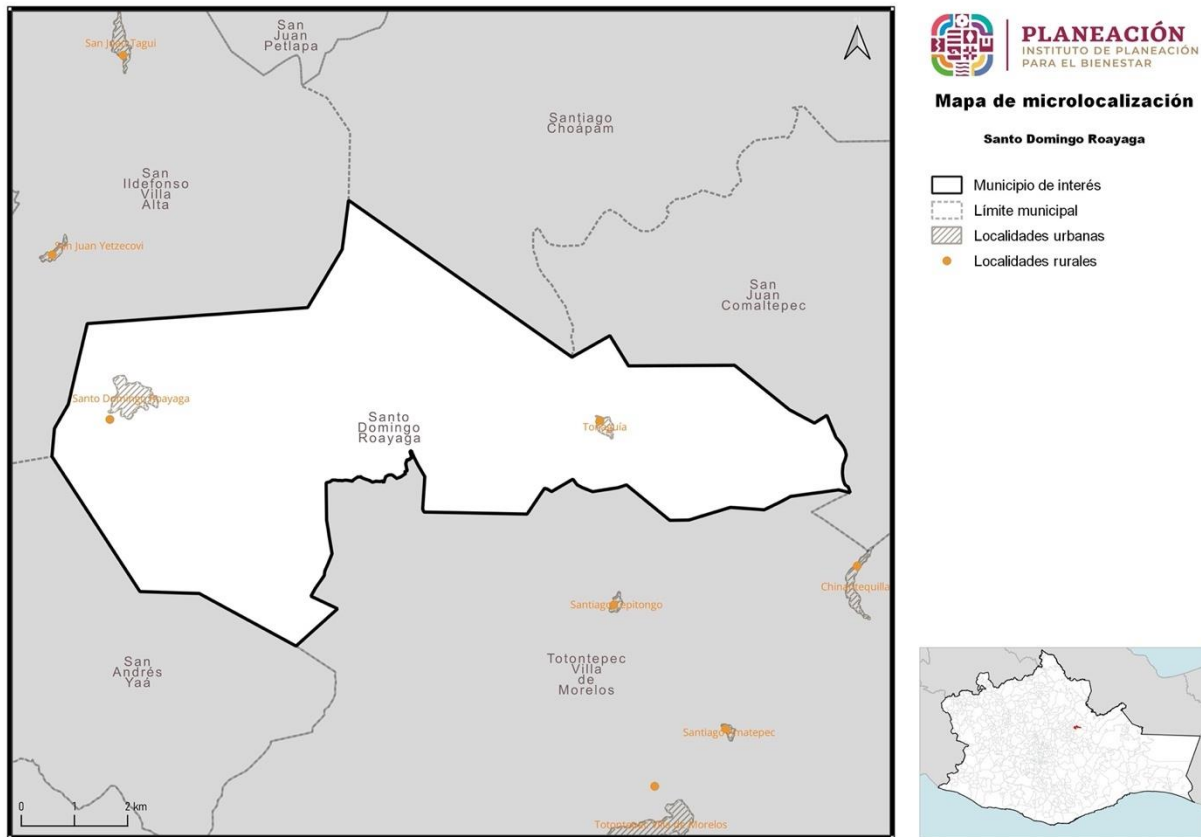


Fuente: CentroGeo, 2024

Se localiza entre los paralelos 17°17' y 17°23' de latitud norte; los meridianos 96°08' y 95°59' de longitud oeste y altitud entre 600 y 2,500 m.s.n.m.

Colinda al norte con los municipios de San Ildefonso Villa Alta, Santiago Choápam y San Juan Comaltepec; al este con los municipios de San Juan Comaltepec y Totontepec Villa de Morelos; al sur con los municipios de Totontepec Villa de Morelos y San Andrés Yaá y al oeste con los municipios de San Andrés Yaá y San Ildefonso Villa Alta.

Mapa 2. Microlocalización del municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

II.2 Superficie, localidades y población

Cuenta con 3 localidades y una superficie de 56.3 kilómetros cuadrados, que representa el 0.06% de la superficie estatal.

Tabla 8. Localidades del municipio de Santo Domingo Roayaga

Nombre Localidad
Santo Domingo Roayaga
Tonagüita
Abajo del Pueblo

Fuente: CentroGeo, 2024

En el año 2020 el total de la población fue de 941 personas, que equivalen al 0.02% del estado. La densidad de población por kilómetro cuadrado es de 16.7, 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 Santo Domingo Roayaga es 20514.

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 se 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, tienen 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:

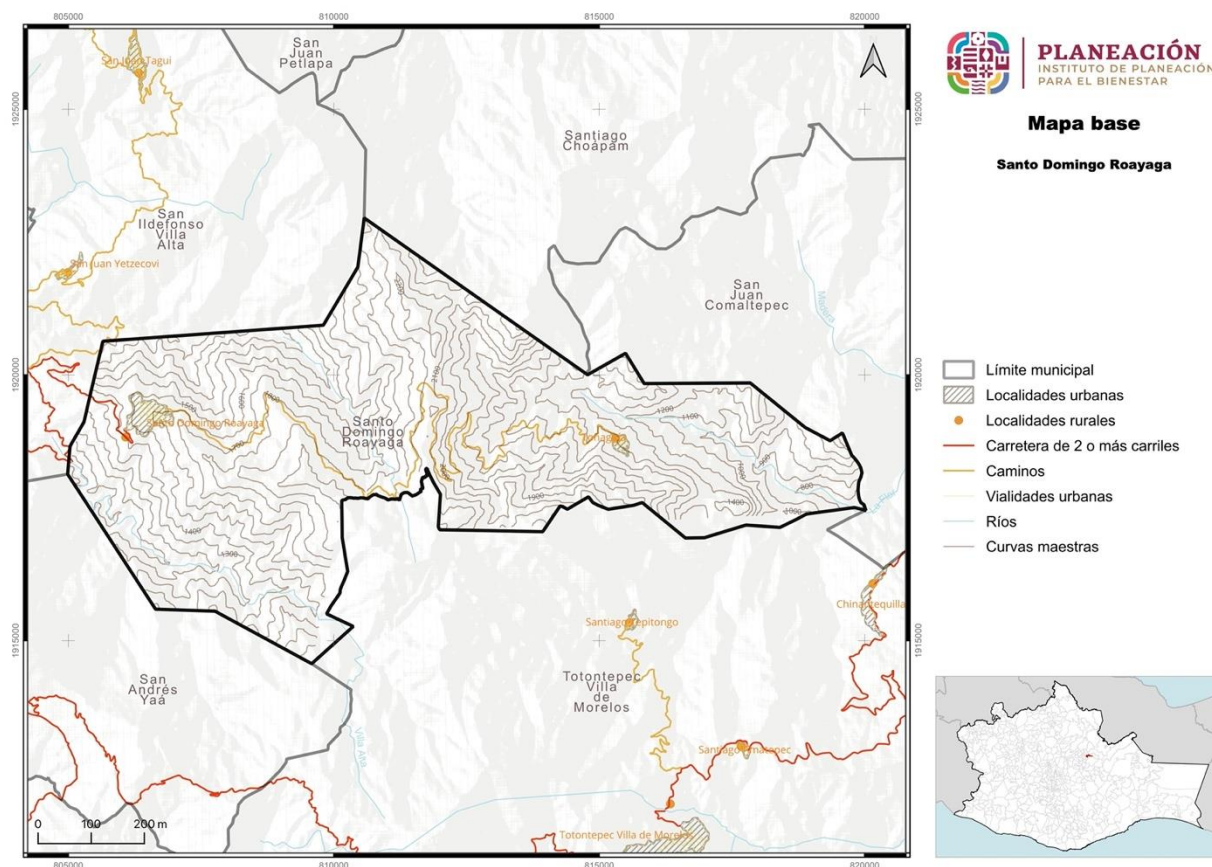
- Límite político-administrativo estatal: la fuente es el marco geoestadístico del 2020, la escala original es de 1:250,000 y la representación es por medio de polígonos.
- Límite político-administrativo municipal: la fuente es el marco geoestadístico del 2020, la escala original es de 1:250,000 y la 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 Transporte 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 y la representación es lineal.
- Los cuerpos de agua provienen del Sistema Nacional de Información del Agua de CONAGUA (SINA, v. 3.0), escala 1:250,000, la representación es lineal y 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, con representación lineal.

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

Mapa 3. Mapa Base del municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 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. Estas varían dependiendo del método que se emplea para generarlas 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 y 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, 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

La fisiografía expresa las formas del relieve, identificadas y definidas a partir del análisis integral de la información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica, representándolas en diferentes provincias y subprovincias en las que se ha dividido la zona, de acuerdo con su geología y topografía.

III.1.1. Provincia fisiográfica

Las provincias fisiográficas son regiones en las que el relieve es el resultado de la acción de un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico, lo mismo que un mismo o muy semejante tipo de suelo y de la vegetación que sustenta (Geografía I. N., Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México).

El municipio de Santo Domingo Roayaga está dentro de una sola provincia fisiográfica, la cual corresponde a la Sierra Madre del Sur, que es la provincia de mayor complejidad geológica. Los climas más comunes con los subhúmedos cálidos y semicálidos. Desde el punto de vista biogeográfico, en distintas regiones de la provincia existe amplia diversidad de comunidades vegetales, al grado de que ha sido reconocida como una de las regiones florísticas más ricas de México y del mundo. Esta fisiografía provoca que la totalidad del municipio esté en zona montañosa, abarcando una superficie de 5,633.8 ha, lo que condiciona el uso del suelo y la vegetación, así como los peligros a los cuales se encuentran expuestos los habitantes del municipio.

Tabla 9. Provincia fisiográfica donde se ubica el municipio de Santo Domingo Roayaga

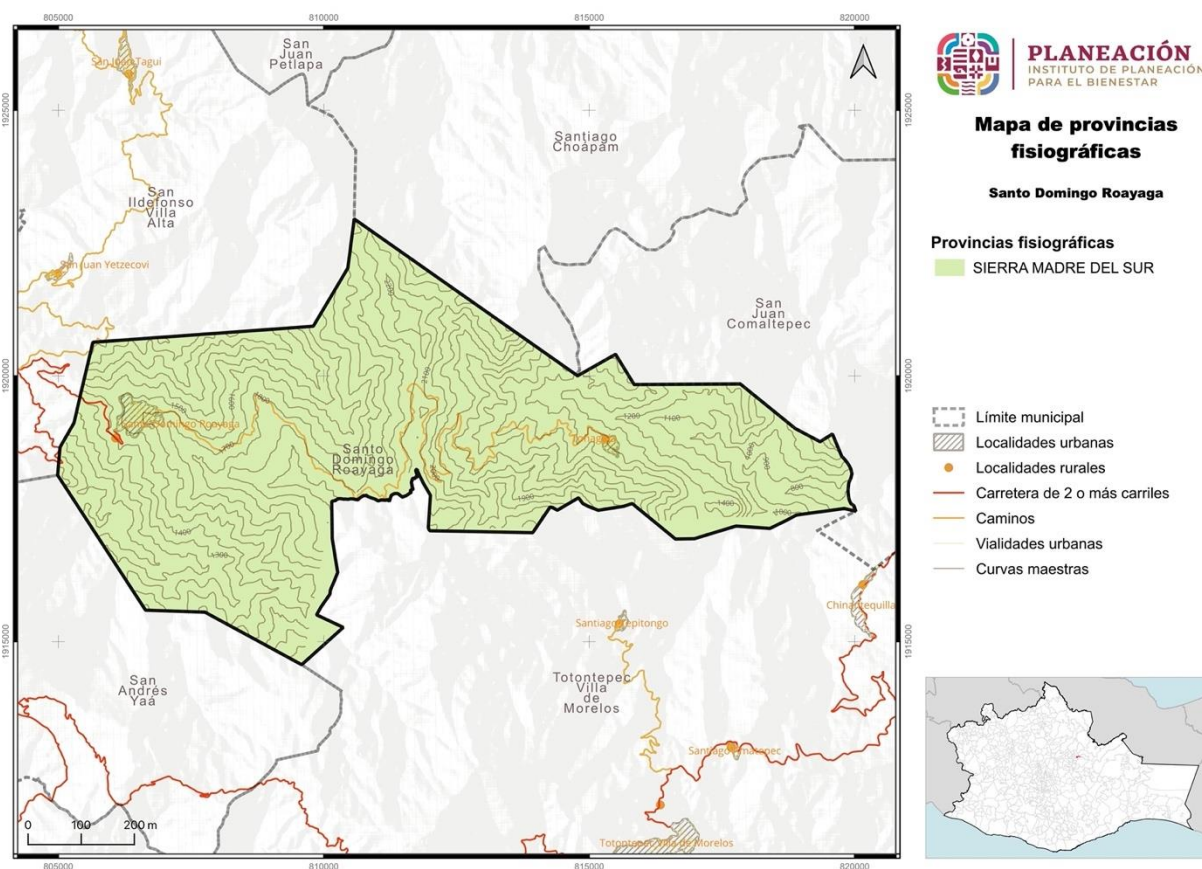
Entidad	Nombre	Área km ²	Área (ha)
Provincia	Sierra madre del Sur	56.34	5633.8

Fuente: CentroGeo, 2024

El relieve del terreno se encuentra a una altura promedio de 1,913 metros sobre el nivel del mar, llegando a alturas máximas de 2,500 m.s.n.m. y mínimas de 600 m.s.n.m. Se encuentra formado por la provincia Sierra Madre del Sur, que comprende 79.8% del territorio estatal, a través de fracciones de las subprovincias: Sierras Orientales, Cordillera Costera del Sur, Costas del Sur, Sierras Centrales de Oaxaca, Sierras y Valles de Oaxaca, así como la Mixteca Alta.

La condición de relieves altos con pendientes sumamente inclinadas favorece el arrastre de sedimentos y bloques desde zonas altas hasta las cañadas o cauces, siendo un peligro que debe tomarse en consideración.

Mapa 4. Provincia fisiográfica donde se ubica el municipio de Santo Domingo Roayaga

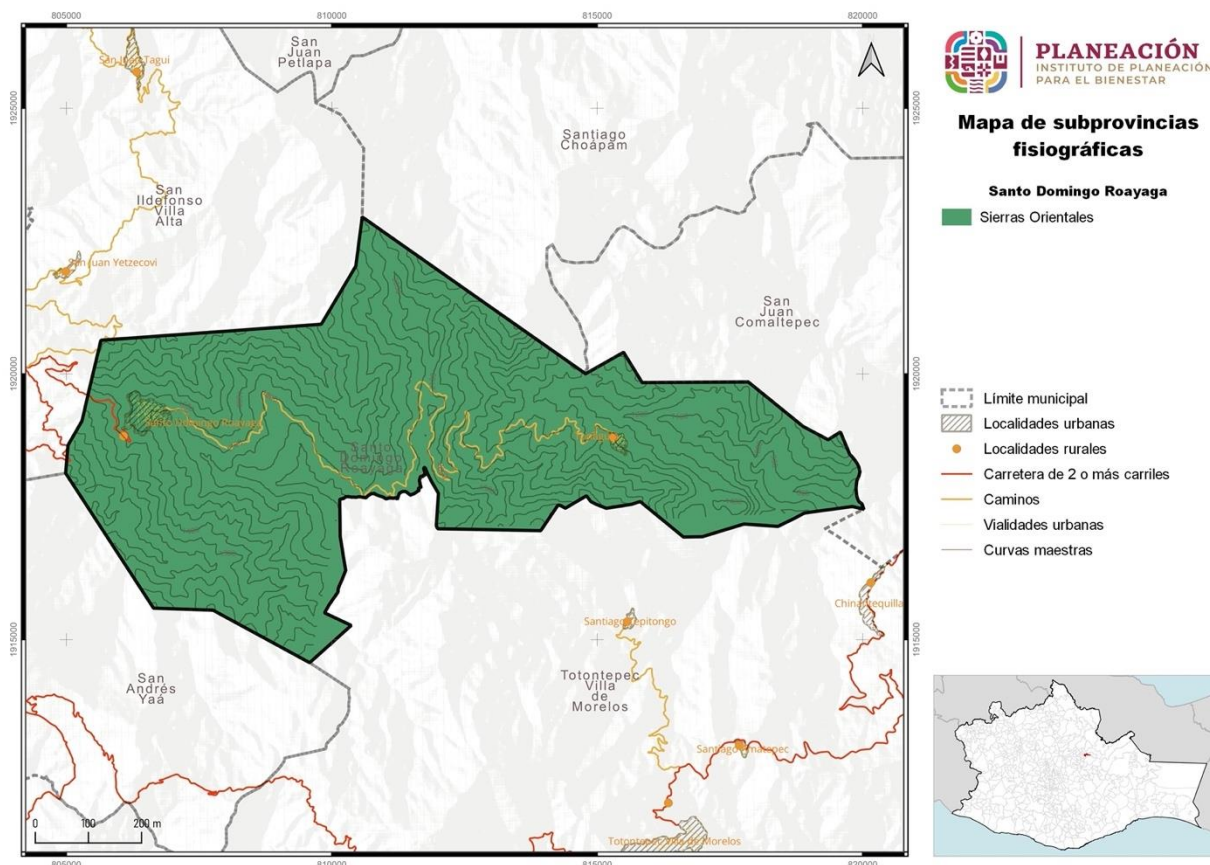


Fuente: CentroGeo, 2024

III.1.1.1. Subprovincia fisiográfica

Para su estudio, la provincia Sierra Madre del Sur se divide en 10 subprovincias fisiográficas. La totalidad del territorio (56.34 km²) del municipio de Santo Domingo Roayaga se localiza en la subprovincia fisiográfica denominada Sierras Orientales.

Mapa 5. Subprovincias fisiográficas donde se ubica el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Esta subprovincia montañosa forma el extremo oriental de la provincia Sierra Madre del Sur y comprende parte de los estados de Puebla, Veracruz-Llave y Oaxaca; se extiende en dirección noroeste-sureste desde la región de Orizaba, Veracruz, hasta las proximidades de Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca, de donde se prolonga hacia el occidente a la población de Santa María Ozolotepec. Es por tanto la parte sur la que está orientada en conformidad con los principales lineamientos estructurales de la provincia. Corresponde a la zona conocida regionalmente como Sierra Madre de Oaxaca, designada así porque gran parte se encuentra dentro de la entidad federativa mencionada.

Abarca 28.1% de la superficie del estado de Oaxaca, en territorio perteneciente a los distritos de Teotitlán, Tuxtepec, Cuicatlán, Etlá, Benemérito Distrito de Ixtlán de Juárez,

Villa Alta, Choápam, Centro, Tlacolula, Mixe, Juchitán, Yautepec, Tehuantepec y Miahuatlán (Geografía I. N., 2004).

Tabla 10. Proporción del territorio del municipio de Santo Domingo Roayaga en las subprovincias fisiográficas

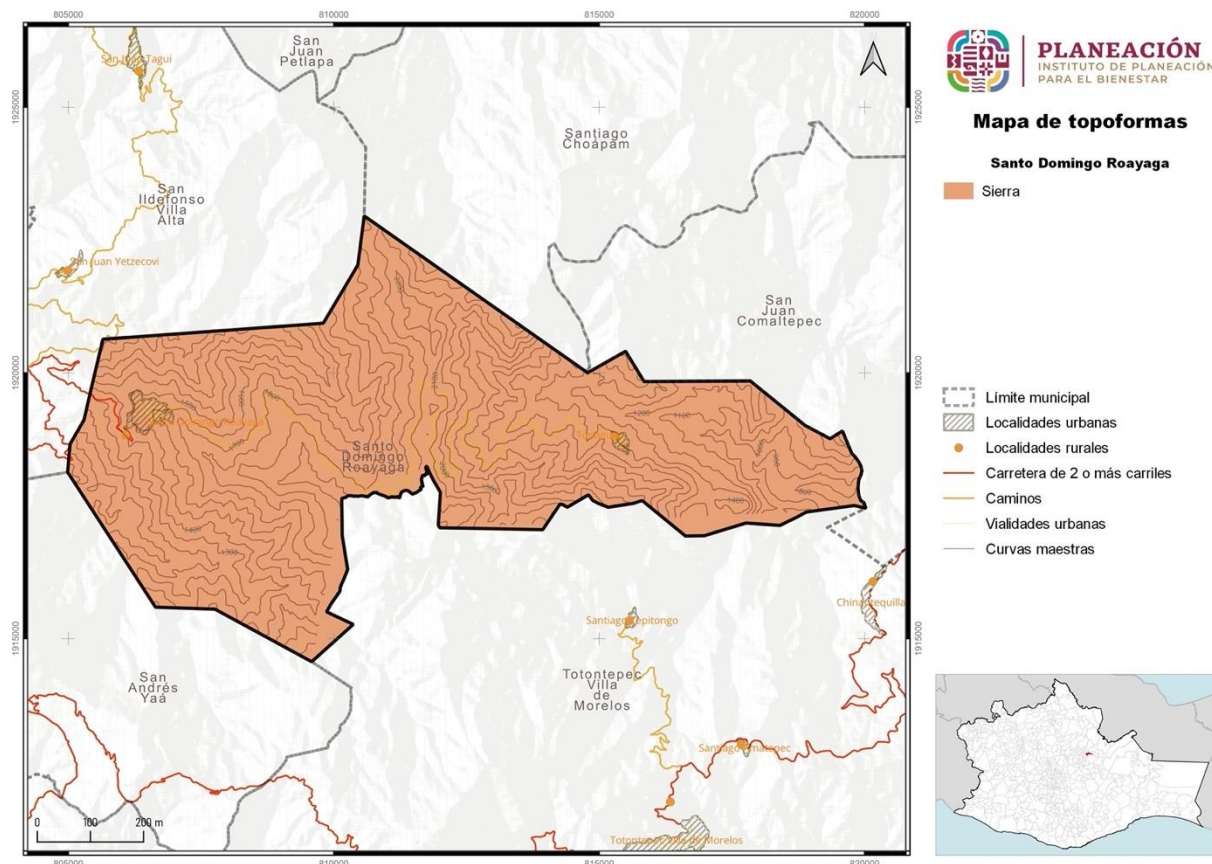
Entidad	Nombre	Área km ²	Área ha
Subprovincia	Sierras Orientales	56.3	5, 633.8

Fuente: CentroGeo, 2024

III.2. Geomorfología

III.2.1. Sistema de topoformas

Mapa 6. Sistema de topoformas presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Un sistema de topoformas es el conjunto de formas del terreno asociadas según algún patrón o patrones estructurales y/o degradativos (Instituto Nacional de Estadística, 2001), todo ello dentro de una subprovincia fisiográfica y su respectiva provincia.



La totalidad del territorio (56.3 km) de Santo Domingo Roayaga consta de un sistema de topoformas llamado sierra (línea de montañas), denominada específicamente Sierra Alta Compleja, con 5,633.8 ha.

Tabla 11. Sistema de topoformas presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Nombre	Descripción	Área km ²	Área (ha)
Sierra	Sierra alta compleja	56.3	5633.8

Fuente: CentroGeo, 2024

III.3. Geología

La litología es la parte de la geología que estudia las características de las rocas que aparecen constituyendo una determinada formación geológica, es decir una unidad litoestratigráfica, en la superficie del territorio, o también la caracterización de las rocas de una muestra concreta (Fundación Wikimedia, Wikipedia, 2024).

De acuerdo con lo anterior, las rocas del municipio de la cual está formado su territorio son esencialmente 3. Predomina en el 82.9%% del territorio municipal la roca metamórfica del complejo metamórfico de la era Mesozoica, formada entre el Jurásico superior y el Cretácico inferior.

El 13.2% del territorio de Santo Domingo Roayaga consta de roca tipo Extrusiva, compuesta por Toba andesítica-Toba riolítica del Cenozoico, formada en el periodo geológico del mioceno. Su distribución espacial se ubica en la parte sur del territorio municipal.

Con menor presencia existe roca de tipo sedimentaria compuesta por caliza del Mesozoico de una temporalidad entre el Albiano y el Cenomaniano que se distribuye en áreas aisladas al este del territorio municipal, en la colindancia con los municipios de San Juan Comaltepec y Totontepec Villa de Morelos, cubriendo únicamente el 3.8% de su extensión territorial.

Tabla 12. Geología del municipio de Santo Domingo Roayaga

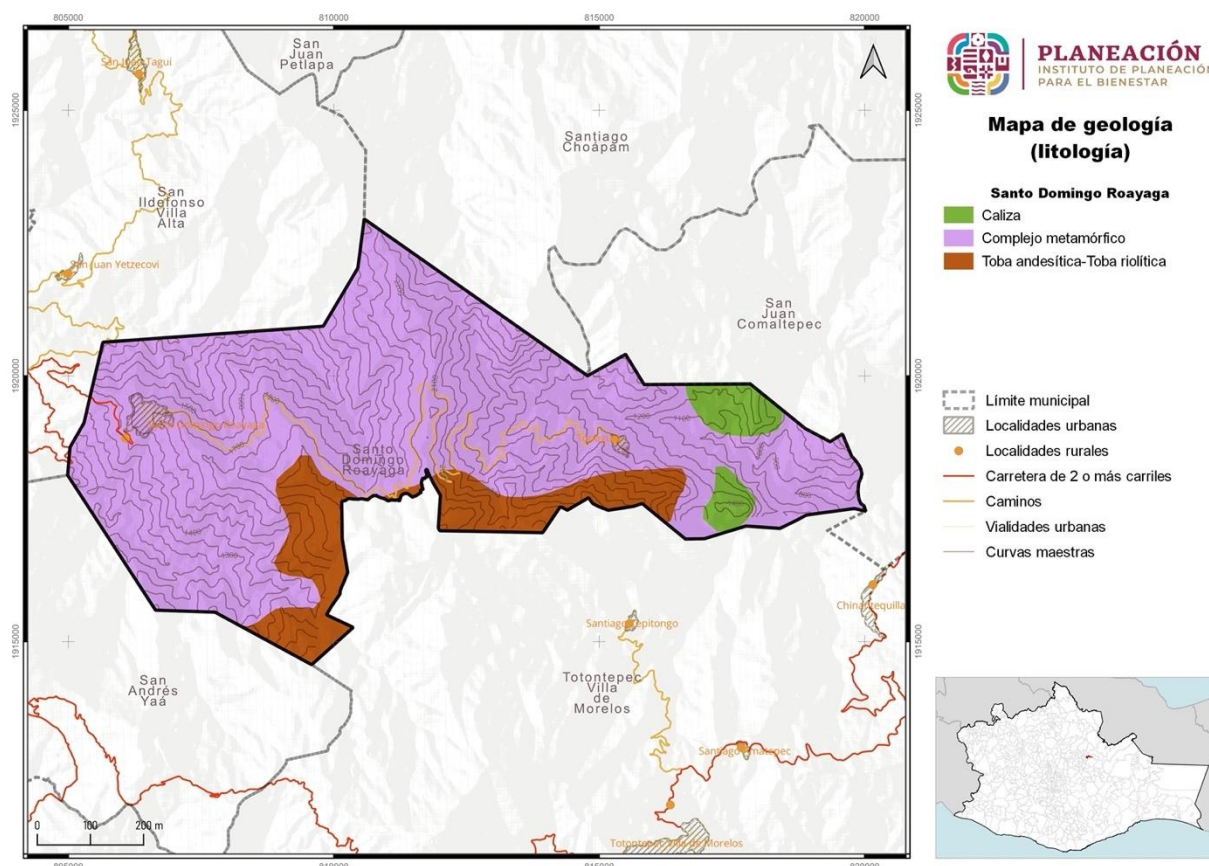
Era	Periodo geológico	Periodo geológico (final)	Litología	Tipo de roca	Clave (SGM)	Área km ²
-----	-------------------	---------------------------	-----------	--------------	-------------	----------------------



	(inicio)					
Cenozoico	Mioceno	Mioceno	Toba andesítica-Toba riolítica	Extrusiva	TmTA-TR	7.44
Mesozoico	Albiano	Cenomaniano	Caliza	Sedimentaria	KaceCz	2.2
Mesozoico	Jurásico superior	Cretácico inferior	Complejo metamórfico	Metamórfica	JsKiCM	46.73

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 7. Geología (litología) en el municipio de Santo Domingo Roayaga



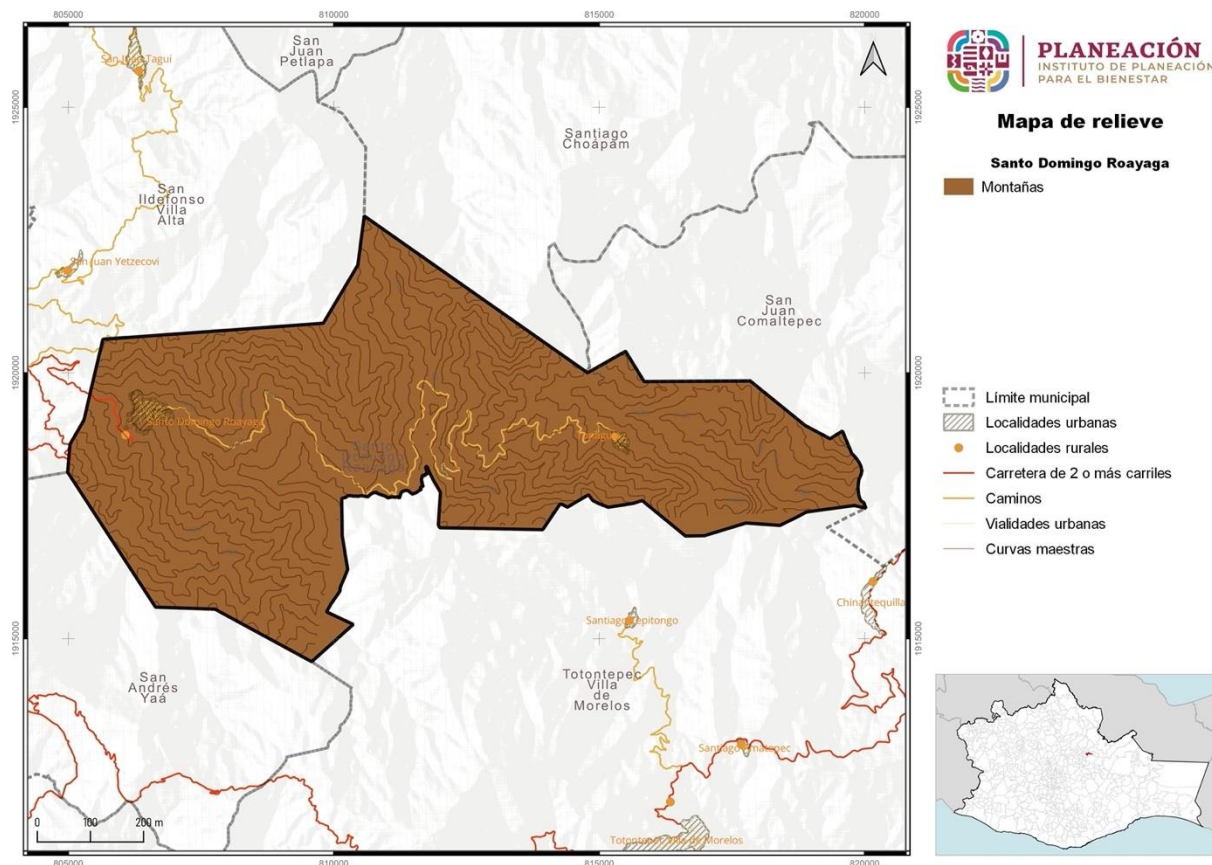
Fuente: CentroGeo, 2024

III.3.2. Relieve

La ubicación del territorio municipal dentro de la Sierra Madre del Sur en la denominada Sierra Madre de Oaxaca provoca que el relieve de todo el municipio

tenga una morfología de montañas con un clima húmedo teniendo presencia de montañas húmedas, bosque de coníferas y de latifoliadas., bosque mesófilo de montaña y bosque tropical, cubriendo el 100% de la superficie municipal.

Mapa 8. Litología superficial (relieve) del municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

III.3.3. Fallas y fracturas

La fractura es una discontinuidad geológica en las rocas o suelos y es a su vez la separación en dos o más partes de un cuerpo sólido bajo la acción de un esfuerzo con una correspondiente pérdida de cohesión bajo condiciones frágiles.

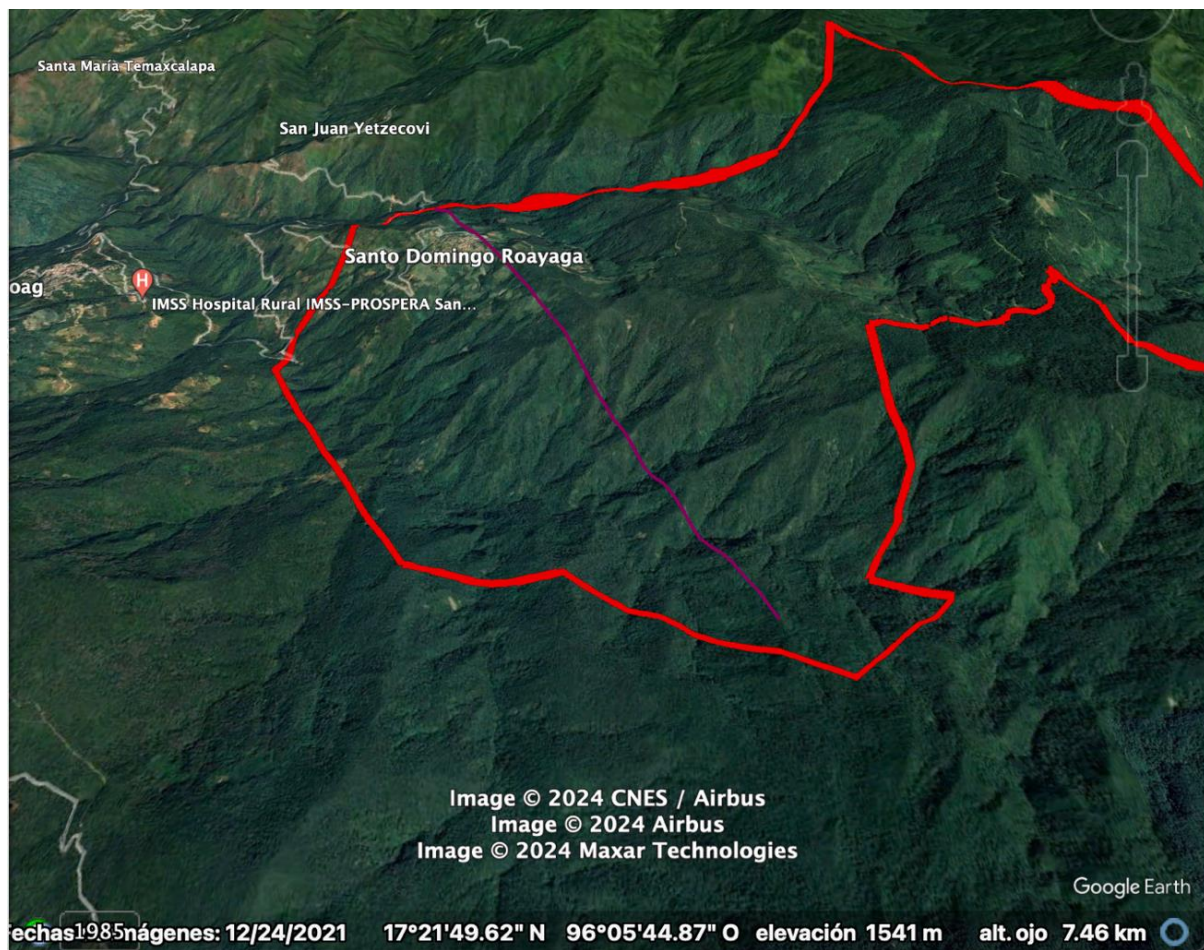
Tabla 13. Fallas y fracturas en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Tipo de entidad	Dirección	Longitud (m)
Fractura	Noroeste-Sureste	6375

Fuente: CentroGeo, 2024

La generación de una fractura ocurre cuando se libera la energía de deformación acumulada en algún suelo o roca como reacción a un cambio en las condiciones del equilibrio natural (Vásquez, 2017).

Mapa 9. Litología superficial (fallas y fracturas), de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

En el municipio de Santo Domingo Roayaga se localiza una fractura geológica en dirección noroeste-Sureste (de la colindancia con San Idelfonso Villa Alta en dirección a la colindancia con San Andrés Yaá y Totontepec Villa de Morelos), que atraviesa la mayor parte del territorio municipal.

III.4. Edafología

Una parte importante del territorio municipal de Santo Domingo Roayaga se encuentra cubierto por suelos de tipo **regosol**. También se localiza la presencia de suelos **acrisol**, **cambisol** y **luvisol**.

Los acrisol son suelos con arcillas de baja actividad y que no son fértiles en general para la agricultura. Son muy susceptibles a la erosión por deforestación. Los Acrisoles son representativos de zonas muy lluviosas como las sierras del sur de Chiapas, los bosques mesófilos y selvas altas de Oaxaca, así como las cumbres de la sierra de Nayarit.

Se caracterizan por sus colores rojos o amarillos claros con manchas rojas y por ser muy ácidos (pH generalmente debajo de 5.5), donde la mayoría de los nutrientes no son disponibles para la mayoría de los cultivos tradicionales, salvo el cacao, café y piña; por ello su uso más adecuado es forestal.

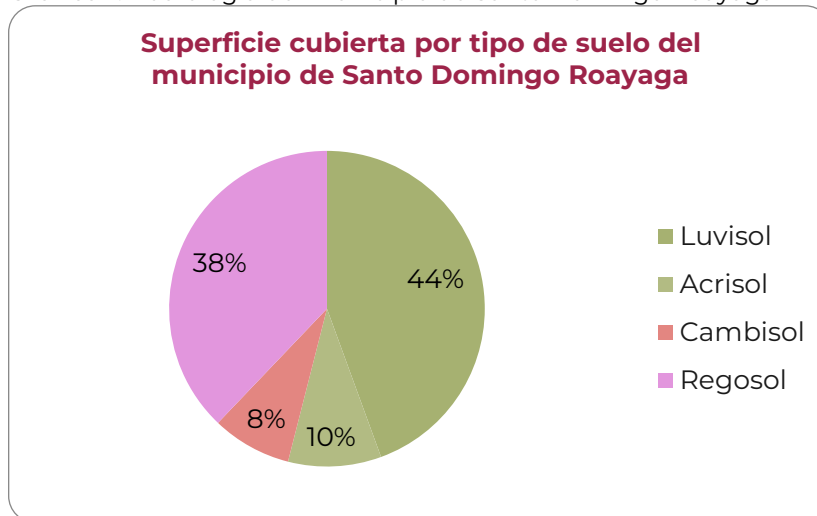
Los cambisol son jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas, de moderada a alta susceptibilidad a la erosión y buenos con fines agrícolas. En áreas templadas son muy productivos y los luvisol son comúnmente rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Son generalmente fértiles para la agricultura.

Tabla 14. Características de los diferentes tipos de suelo presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Suelo	Aptitud	Área (ha)
Luvisol	Arcillosos fértiles para la agricultura	2,503.2
Acrisol	Arcillosos de uso forestal	537.4
Cambisol	Jóvenes con poco desarrollo - agrícolas con métodos de riego	459.5
Regosol	Jóvenes con poco desarrollo - agrícolas con métodos de riego	2,133.6

Fuente: CentroGeo, 2024

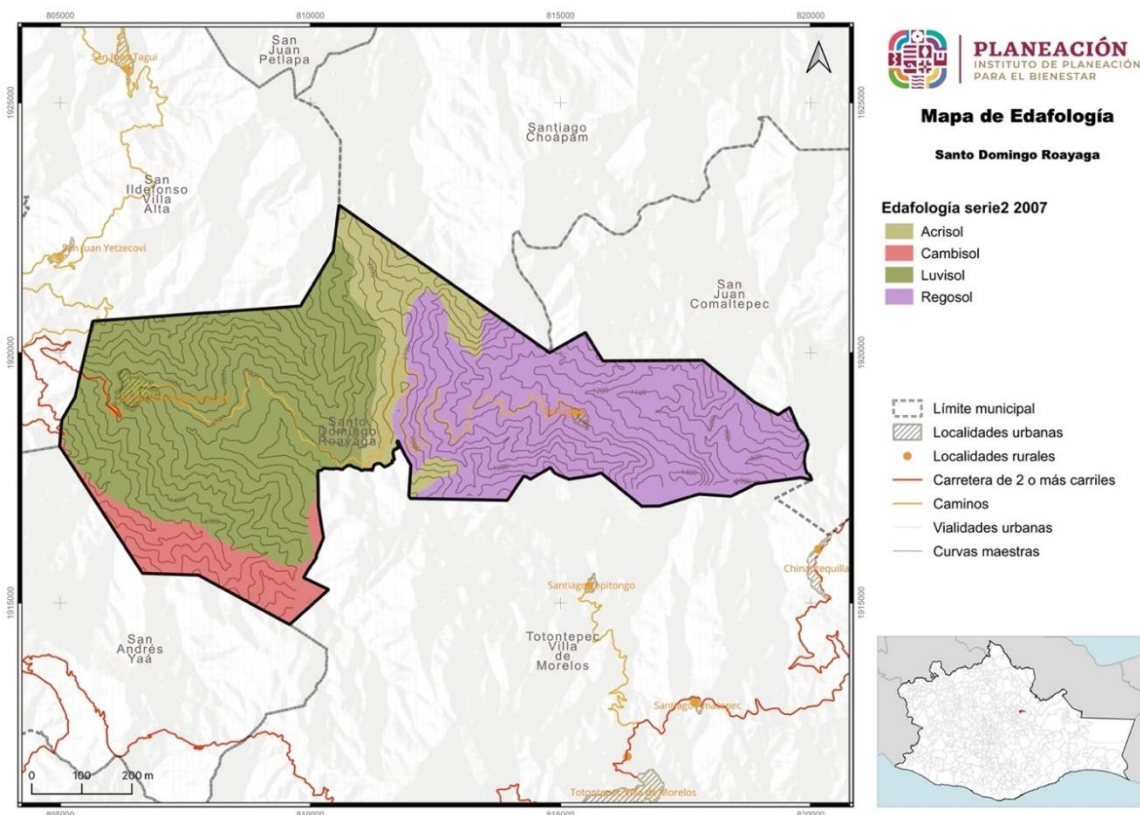
Gráfica 1. Edafología del municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Como se puede observar en la gráfica anterior y en el siguiente mapa, el municipio de Santo Domingo Roayaga cuenta con un territorio con un 44% de suelo tipo luvisol, 38% suelo tipo regosol, 10% de suelo tipo acrisol y con un 8% de suelo tipo cambisol.

Mapa 10. Edafología presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

III.5. Hidrografía

En el territorio municipal se observan 2 tipos de corrientes hídricas (ríos); debido a las características del relieve en el que predominan las montañas altas, la lluvia que se precipita escurre de forma rápida sobre las cañadas y valles y se da origen a ríos intermitentes que se activan o aumentan su caudal en época de lluvias. Este tipo de corrientes tienen una longitud de 73.1 km.

De la misma manera, se tiene presencia de corrientes hídricas perennes, que representan alrededor de una tercera parte de los ríos intermitentes, con 27.1 km. Los nombres de las corrientes hídricas perennes que se usan localmente para identificarlas son: Push, Neap, Roayaga y Mongo.

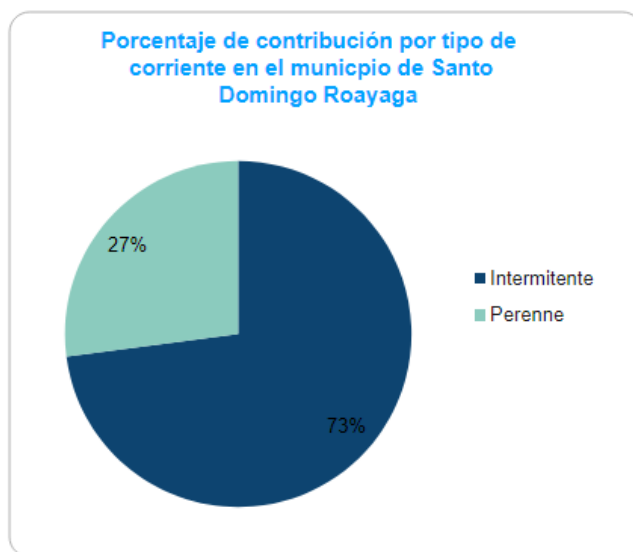
Tabla 15. Longitud de los afluentes con los que cuenta el municipio de Santo Domingo Roayaga

Tipo de corriente	Longitud (km)
Intermitente	73.1
Perenne	27.1

Fuente: CentroGeo, 2024

Los ríos intermitentes representan el 73% de las corrientes que tiene el municipio, en tanto que las corrientes hídricas perennes aportan el 27%, lo cual se puede apreciar en la siguiente gráfica:

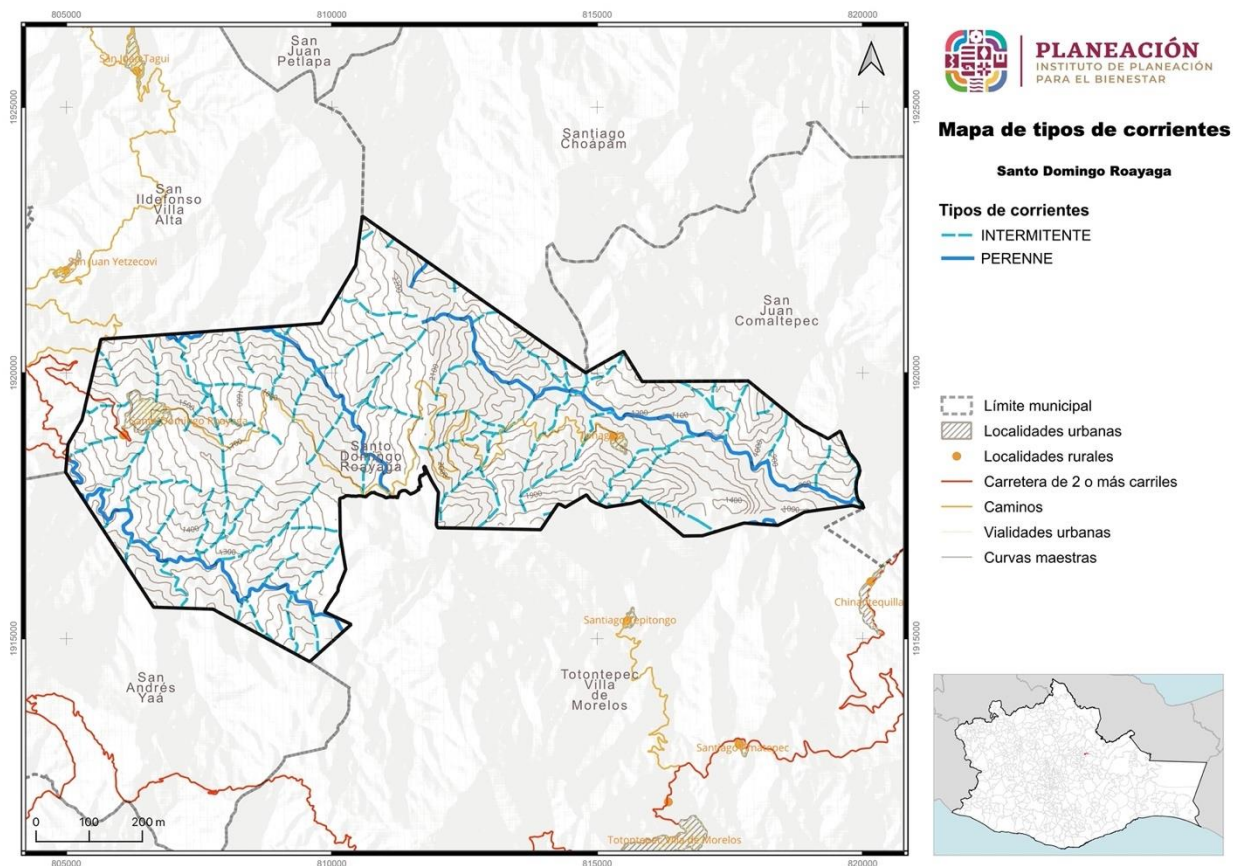
Gráfica 2. Porcentaje de contribución por tipo de corriente que cuenta el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Para mayor ilustración se presenta a continuación el mapa con la ubicación de las corrientes intermitentes y perennes en el municipio de Santo Domingo Roayaga.

Gráfica 3. Tipos de corriente en el municipio de Santo Domingo Roayaga



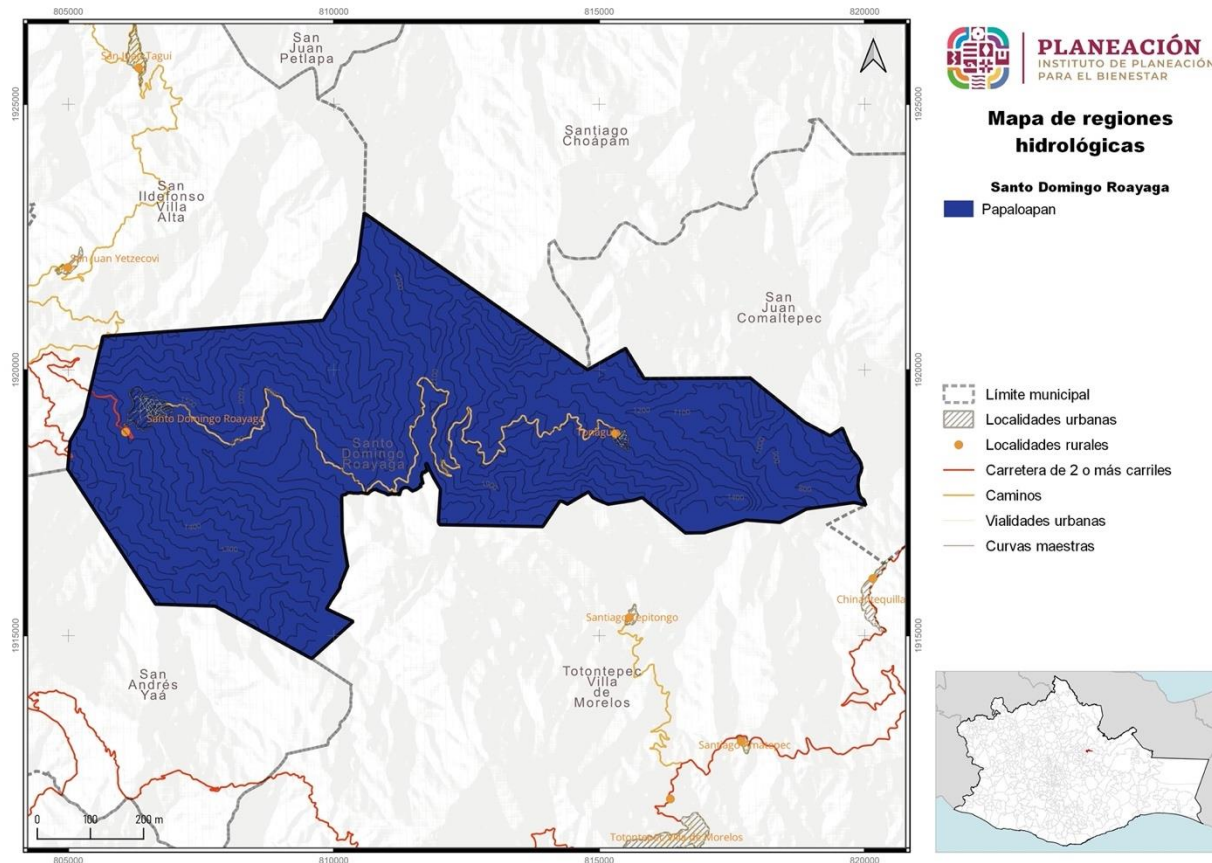
Fuente: CentroGeo, 2024

Es importante señalar que con la velocidad de los escurrimientos que dan origen a los ríos intermitentes, existe la posibilidad que el agua se desplace por las capas superficiales del terreno, incrementando la probabilidad de la ocurrencia de deslizamientos de laderas durante las precipitaciones, por lo que es importante mantener la presencia de vegetación que favorezca la infiltración del agua.

Las Regiones hidrológico-administrativas (RHA), están formadas por agrupaciones de cuencas, las cuales son consideradas las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos. La totalidad del territorio de Santo Domingo Roayaga se localiza en la RHA Golfo Centro, misma que está emplazada en el sureste del país y abarca el 80.4% del estado de Veracruz, el 34.4% de Oaxaca, el 41.4%, de Puebla y el 5.4% de Hidalgo.

Comprende una extensión continental de 105,080 km², ocupando el décimo lugar a nivel nacional, con el 5.4% de la superficie y administra 31 cuencas hidrográficas y 22 acuíferos. Se ubica dentro de la región hidrológica número 28- Papaloapan.

Mapa 11. Región hidrológica del municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

III.5.1. Cuencas, subcuencas y microcuencas

Cuenca hidrográfica es un concepto utilizado para designar un territorio, región o zona, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común. Es decir, que toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar.

Una cuenca es un territorio mayor a 50 mil hectáreas; las subcuencas cubren una superficie de cinco mil a 50 mil hectáreas; las microcuencas entre tres mil y cinco mil hectáreas y cuando las condiciones orográficas lo permiten, hay microcuencas menores a tres mil hectáreas (Alejandro S. Sánchez Vélez, 2003).

III.5.1.1. Cuencas

La totalidad del territorio municipal Santo Domingo Roayaga se localiza dentro de la región hidrológica número 28 – Papaloapan y en la subregión Río Papaloapan. Sin embargo, en la superficie municipal se localizan 2 cuencas hidrográficas.

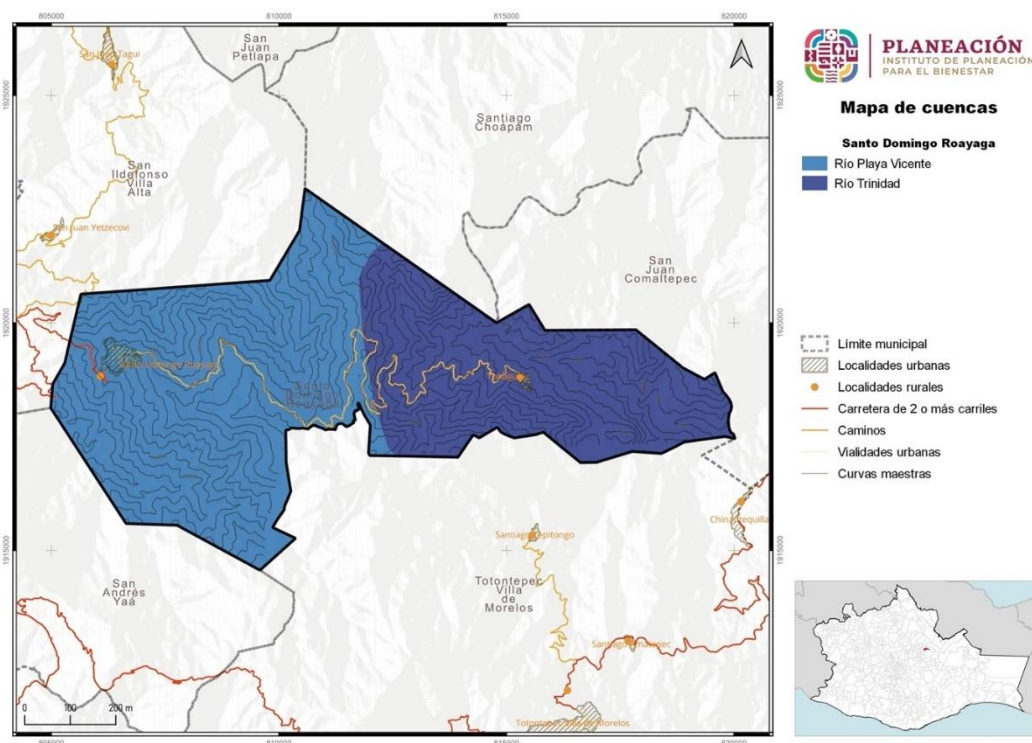
Predomina ligeramente la cuenca del Río Playa Vicente, que se localiza en la parte oeste del municipio y que va desde su nacimiento hasta la estación hidrométrica Azuet. Al este del territorio municipal se localiza la cuenca Río Trinidad, que va desde su nacimiento hasta las estaciones hidrométricas Bellaco y Achotal.

Tabla 16. Cuencas presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Cuenca	Descripción cuenca	Región hidrológica	Subregión	Región administrativa
Río Playa Vicente	Desde su nacimiento, hasta la EH Azuet	Papaloapan	Río Papaloapan	Golfo Centro
Río Trinidad	Desde su nacimiento, hasta las EH Bellaco y Achotal	Papaloapan	Río Papaloapan	Golfo Centro

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 12. Cuencas presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

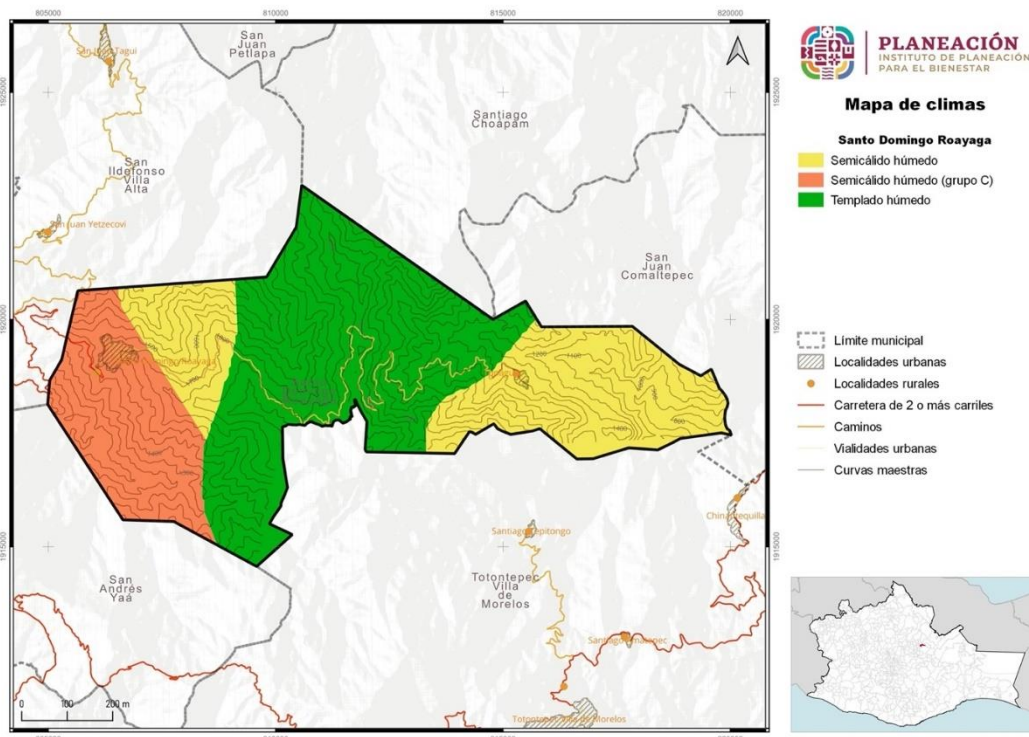
III.6. Clima

Existe presencia de 3 diferentes climas en el territorio municipal de Santo Domingo Roayaga, que se agrupan como climas templados, cuya característica de temperatura media anual es mayor de 18 °C, y la temperatura del mes más frío entre -3° y 18 °C (Geografía I. N., Diccionario de datos climáticos, 2001).

El clima más frío de los 3 que tienen presencia en el municipio es el del tipo C(f), que abarca la parte central del municipio (de este a oeste), con 26.7 km² en las partes más altas, en donde además de llover todo el año, el mes más caliente del año tiene temperaturas inferiores a los 22 °C y el mes de más frío puede llegar a temperaturas por debajo de los 0 °C.

Hacia el extremo este y oeste se presentan los climas ligeramente más cálidos, en donde las temperaturas del mes más caliente superan los 22 °C. El clima de tipo (A)C(fm), se localiza al extremo este del municipio y en una zona al oeste en la colindancia con San Idelfonso Villa Alta, cubriendo un área de 18.1 km², con lluvias en verano e invierno. En menor área (11.40 km²), y más al extremo oeste, se presenta el clima de tipo (A)C(m), en donde llueve principalmente en verano.

Mapa 13. Clima presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024



Tabla 1. Descripción de los climas presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Tipo clima	Descripción temperatura	Descripción precipitación
(A)C(fm)	Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18 °C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C	Precipitación del mes más seco mayor a 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor al 18% del total anual
(A)C(m)	Semicálido húmedo del grupo C, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C	Lluvias de verano, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual
C(f)	Templado, húmedo, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C y temperatura del mes más caliente bajo 22 °C	Precipitación en el mes más seco mayor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual

Fuente: CentroGeo, 2024

III.6.1. Temperatura

Las temperaturas presentes en el municipio van del templado al cálido. Las temperaturas templadas se presentan en las zonas de alta montaña y van aumentando conforme disminuye la altura, por lo que a los extremos este y oeste se presentan temperaturas más cálidas.

En el 47% del territorio municipal predominan las temperaturas entre los 16 y 18 °C, que se presentan en la parte central del municipio. Tan solo el 4% del territorio presenta temperaturas entre los 14 y 16 °C, las cuales se presentan en la parte central, pero a los extremos norte y sur.

El 31% del territorio presenta temperaturas entre los 18 y 20 °C y el 16% del territorio presenta temperaturas entre los 20 y 22° C.

En menor presencia, con el 2% del territorio, se tiene clima cálido con temperaturas entre los 22° y 24 °C. Esas zonas se localizan a los extremos este (colindando con San Juan Comaltepec) y oeste (colindando con San Idelfonso Villa Alta y San Andrés Yaá), en las partes más bajas del territorio.

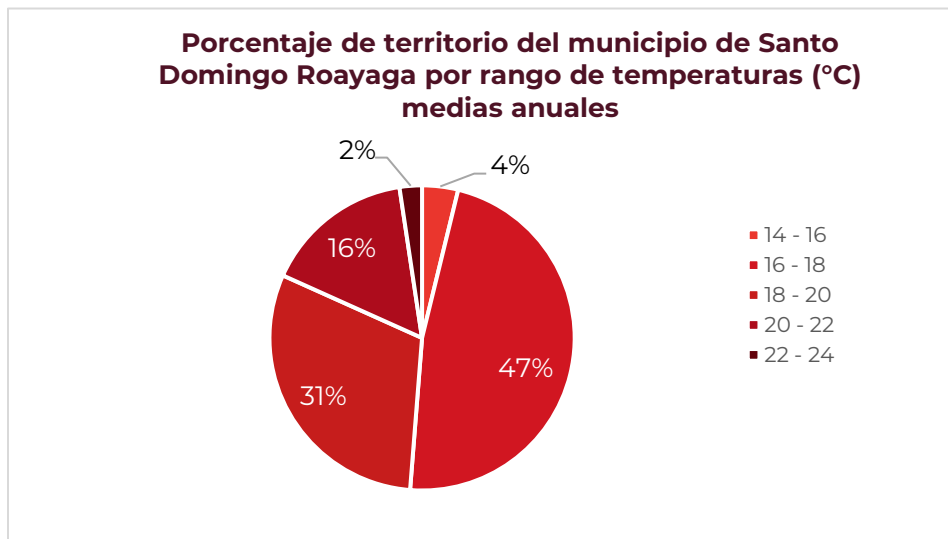


Tabla 2. Superficie de Santo Domingo Roayaga por rango de temperaturas (°C) medias anuales

Rango de temperatura (°C)	Hectáreas en el municipio
14 - 16	214.9
16 - 18	2,672.6
18 - 20	1,716.3
20 - 22	896.1
22 - 24	133.7

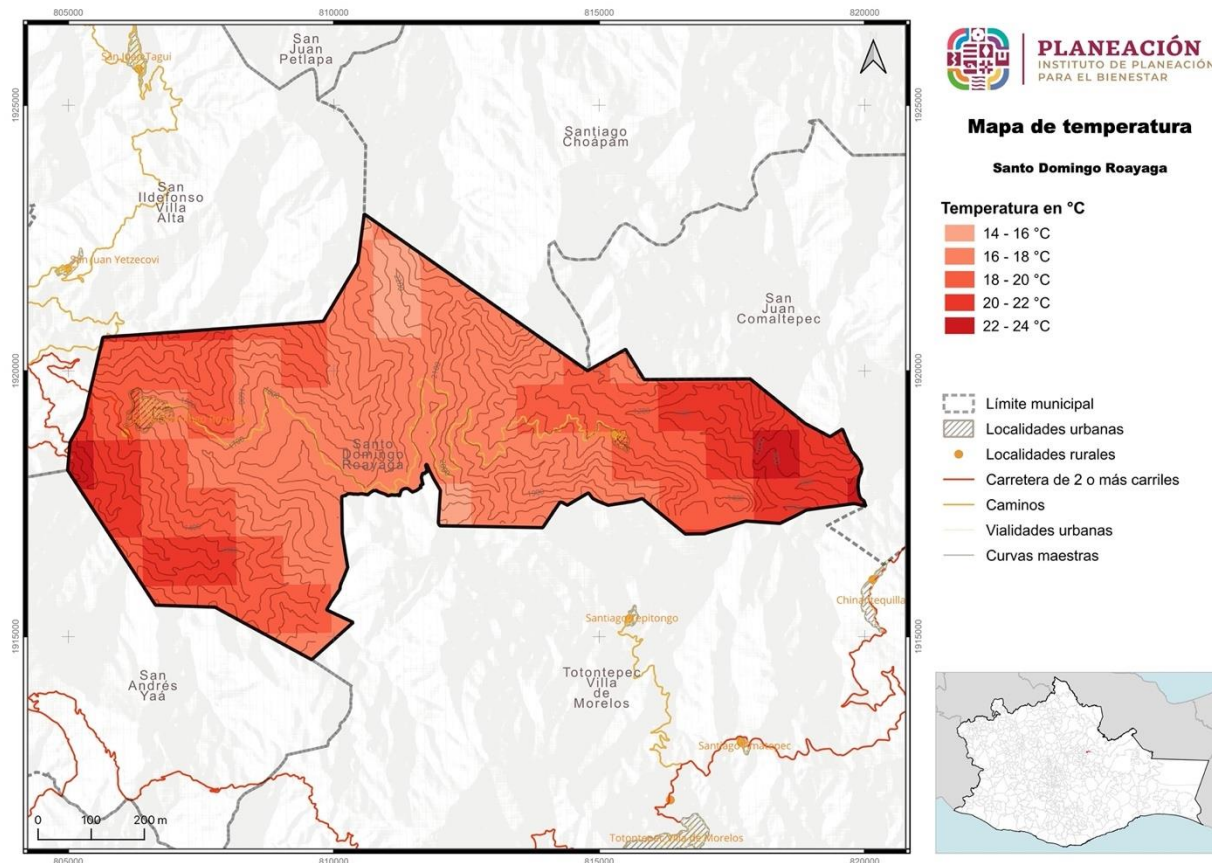
Fuente: CentroGeo, 2024

Gráfica 4. Temperaturas en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 14. Temperatura media anual presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

III.6.2. Precipitación

Los niveles de precipitación se relacionan con la morfología del territorio. En el municipio varían desde los 1,200 hasta los 3,000 mm al año, presentándose en 5 rangos de precipitación, de los cuales 3 son los predominantes.

Tabla 3. Superficie por rango de precipitación anual (mm) en el municipio de Santo Domingo Roayaga

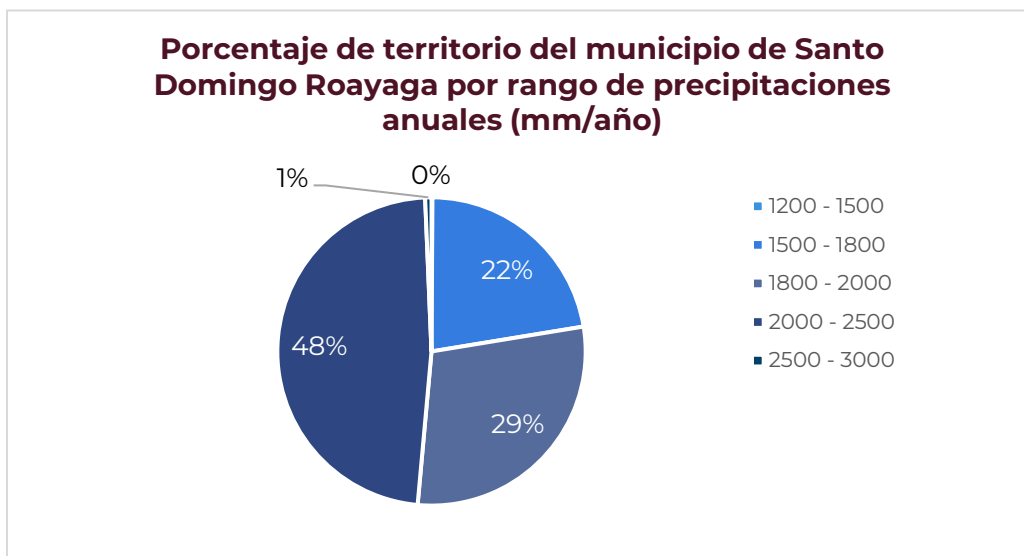
Precipitación anual (mm/año)	Hectáreas totales del municipio por categoría
1200 - 1500	5.6
1500 - 1800	1,257.3
1800 - 2000	1,635
2000 - 2500	2,698.6
2500 - 3000	37.2

Fuente: CentroGeo, 2024



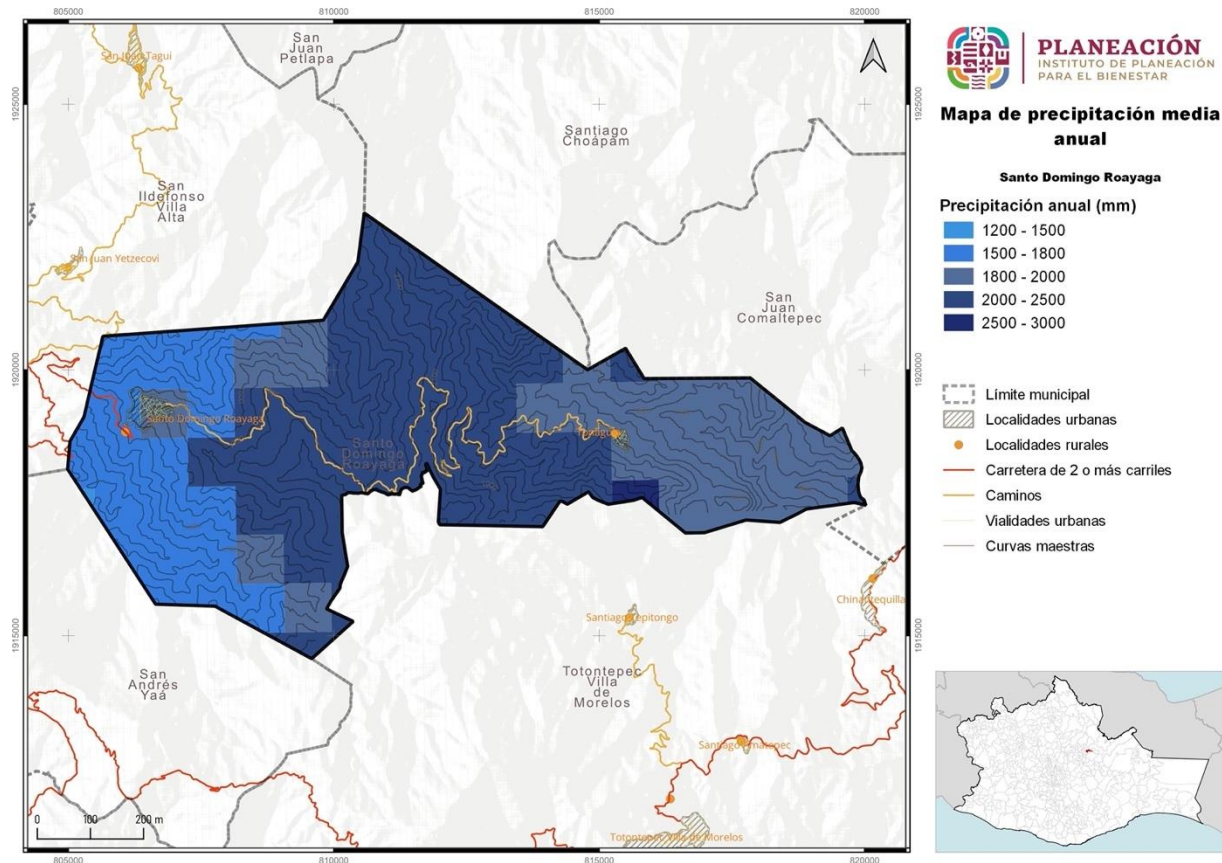
El rango de precipitación más común es el de los 2,000 - 2,500 mm al año, que cubre poco menos de la mitad del territorio municipal (48%), y se presenta en la parte central del territorio municipal. Con menor cobertura municipal (29%), se presentan precipitaciones en el rango de 1,800 – 2,000 mm al año, que se localizan en áreas hacia los extremos este y oeste del territorio municipal. Hacia el extremo oeste los niveles de precipitación bajan llegando a rangos de 1,500 a 1,800 mm al año cubriendo el 22% del territorio municipal.

Gráfica 5. Precipitaciones anuales en el territorio del municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 15. Precipitación media anual presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

III.6.3 Evapotranspiración

La evapotranspiración se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Se expresa en milímetros por unidad de tiempo. La evaporación es el mecanismo por el cual el agua es devuelta a la atmósfera en forma de vapor; en su sentido más amplio, lo anterior condicionado por el tipo de vegetación y clima del lugar (Fundación wikimedia, 2024).



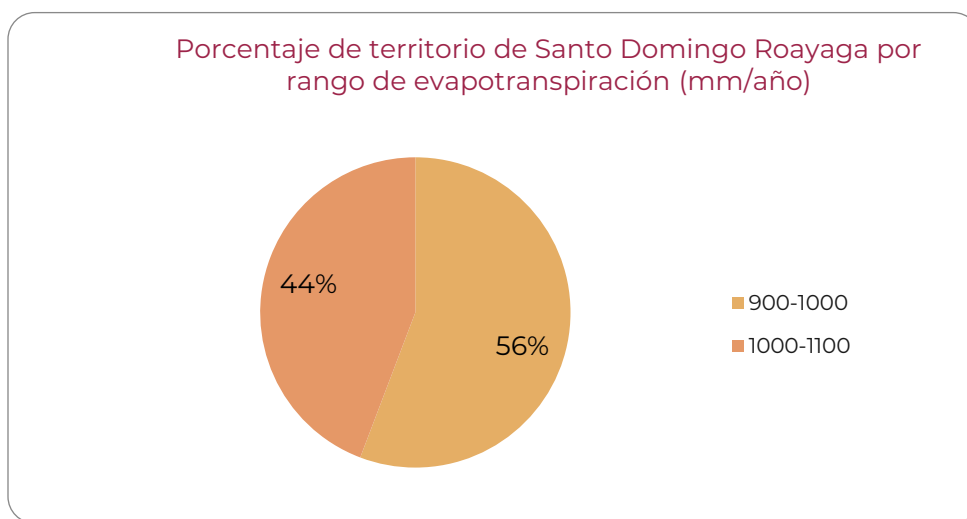
En el municipio se presentan 2 rangos de evapotranspiración. Al oeste, con mayor presencia, el rango que oscila entre 900-1,000, y cubre una extensión del 56% del territorio municipal, con 3, 142 ha; en la parte este del territorio el rango es de 1,000-1,100 y cubre una extensión de 2,491 ha, que representa el 44% del territorio.

Tabla 4. Evapotranspiración (mm/año) en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Valor	Rango (mm/año)	Hectáreas totales del municipio por categoría
10	900-1000	3,142.62
11	1000-1100	2,491.25

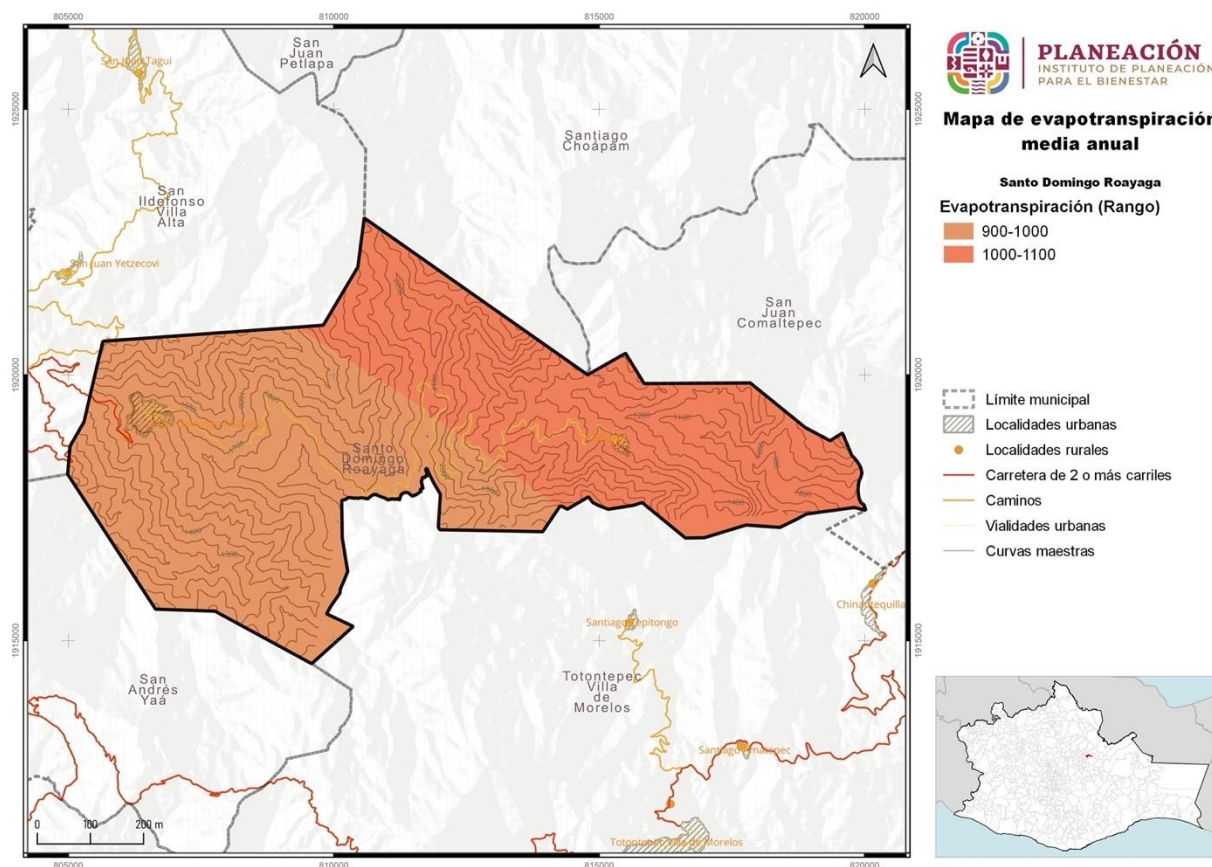
Fuente: CentroGeo, 2024

Gráfica 6. Precipitaciones anuales en el territorio del municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 16. Evapotranspiración medial anual presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

III.6.4 Vulnerabilidad ante el cambio climático

Los fenómenos naturales ocurren en la superficie de manera constante en el tiempo, pero variable en cuanto a magnitud. Un fenómeno se convierte en peligro natural cuando altera parcial o totalmente algún aspecto físico de un territorio, mismo en donde se encuentra asentada la población. De esta manera cualquier fenómeno natural que ocurra en los sistemas atmosférico, biótico, litosférico, hidrológico, etc., o entre ellos, y presente una probabilidad de afectación del ser humano y sus actividades, debe ser considerado peligro.

A lo largo de la historia del poblamiento de un territorio, la sociedad ha estado expuesta a diferentes fenómenos naturales y algunos de estos han causado algún tipo de daño o afectación a la infraestructura, actividades o en las vidas mismas de la



población (M.M, Campos - Vargas., Toscana Aparicio, A., Monroy Gaytán, F., Reyes López, H.A., 2010).

La vulnerabilidad ante el cambio climático está definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos (Climático, 2024).

Santo Domingo Roayaga se encuentra en el lugar 28 en el orden de los municipios más vulnerables del estado de Oaxaca, lo que lo ubica dentro de los 50 municipios más vulnerable del estado, con una vulnerabilidad actual del 1.11 y una probabilidad que 9 de cada 10 veces que haya precipitaciones intensas, prolongadas y se presenten deslaves; la proporción de la población que está expuesta a afectaciones por deslaves es del 75%.

Tabla 5. Vulnerabilidad ante el cambio climático del municipio de Santo Domingo Roayaga

Orden de vulnerabilidad estatal	Índice de vulnerabilidad actual	Probabilidad potencial de deslaves actual	Población susceptible a deslaves
28	1.11	0.97	75%

Fuente: CentroGeo, 2024

El municipio no se encuentra en la priorización de acuerdo con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC, 2021). Sin embargo, la población se encuentra con una susceptibilidad **alta**, por lo que es recomendable tomar las previsiones necesarias.

III.7. Uso de suelo y vegetación

El uso del suelo está determinado precisamente por la vegetación natural del mismo: bosques, selvas y matorrales, que constituyen la categoría “primaria”.

En las regiones donde una porción de la comunidad biológica ha sido explotada parcialmente o bien se está recuperando después de su remoción, la vegetación es calificada como “perturbada” o “secundaria” respectivamente.

Se conoce como “cobertura antrópica” a aquellos lugares donde la vegetación ya es totalmente diferente de la original al ser modificada por el hombre; dentro de esta categoría se incluyen diferentes tipos de cubierta: agrícola, ganadera o urbana (SEMARNAT D. G., 2024).



III.7.1. Uso de suelo y vegetación

En el municipio de Santo Domingo Roayaga se tienen las siguientes dimensiones conforme al uso de suelo y vegetación:

Tabla 6. Uso de suelo y vegetación en el municipio de Santo Domingo Roayaga.

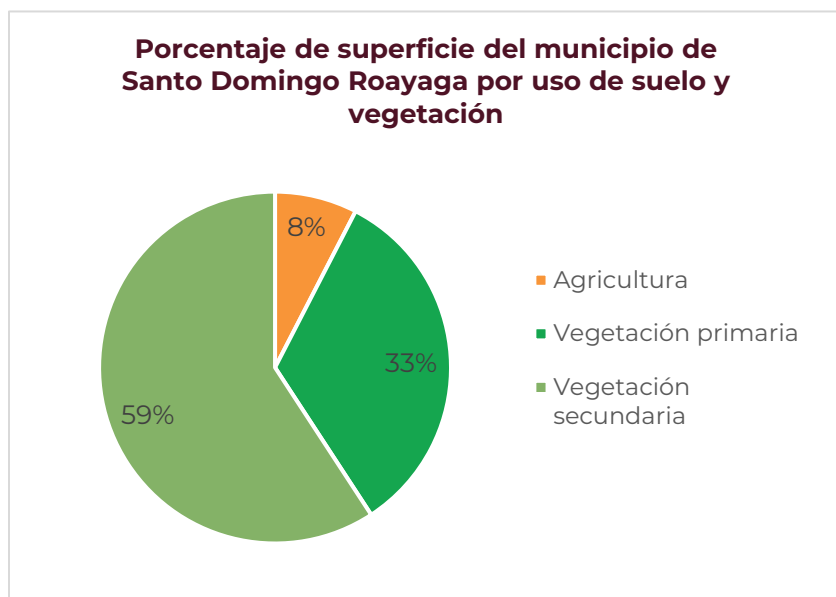
Uso de suelo y vegetación	Área (km ²)	Área (ha)
Agricultura	4.2	426.4
Vegetación primaria	18.7	1,870.9
Vegetación secundaria	33.3	3,336.4

Fuente: CentroGeo, 2024

El territorio del municipio consta de 3 tipos de usos de suelo y vegetación, predominando la vegetación secundaria con un 59% de la superficie (en las zonas este y oeste del municipio), y la primaria con un 33% de la superficie del municipio, en la parte central y de mayor altitud en el territorio municipal.

El área utilizada por la agricultura se le puede considerar de cobertura antrópica, ya que la vegetación primaria de esa zona fue modificada, siendo tan solo el 8% de la superficie del municipio en mención.

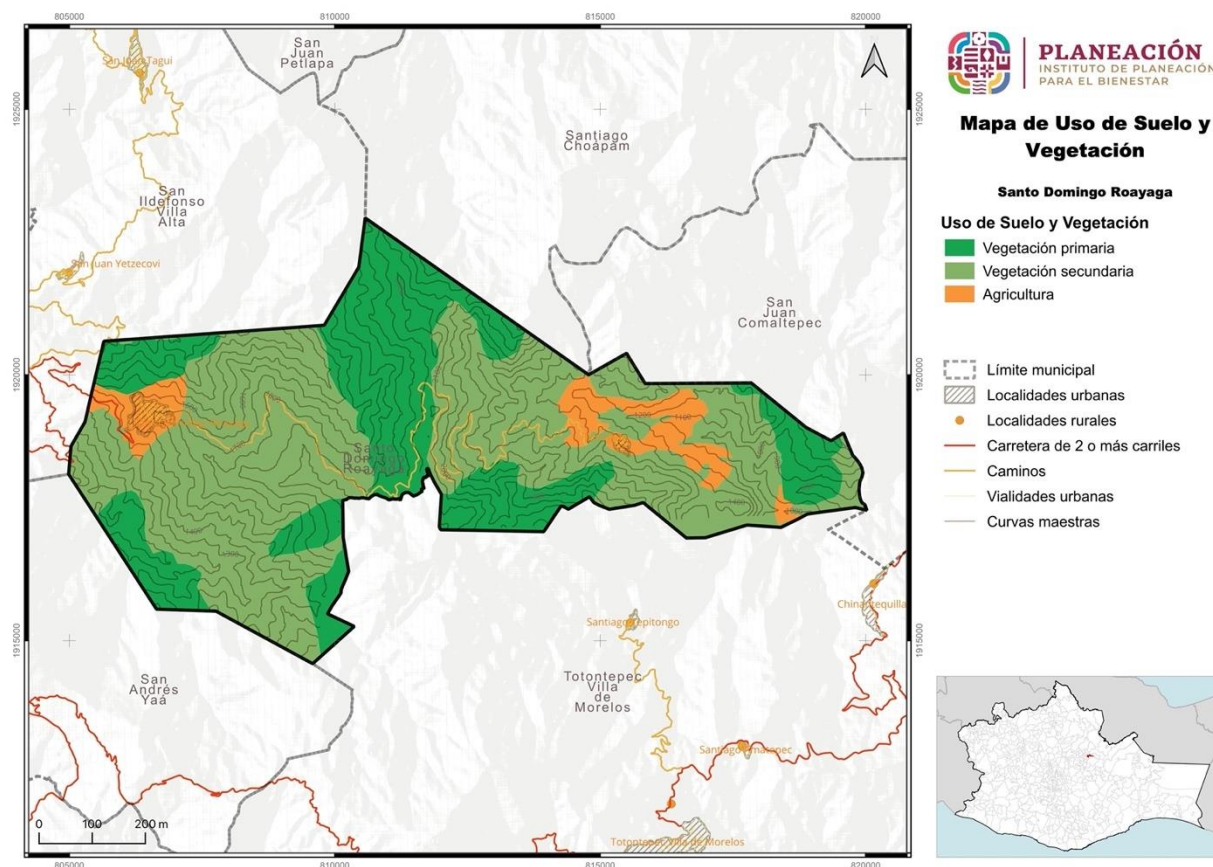
Gráfica 7. Porcentaje de superficie del municipio de Santo Domingo Roayaga por uso de suelo y vegetación



Fuente: CentroGeo, 2024



Mapa 17. Uso de suelo y vegetación en el municipio de Santo Domingo Roayaga

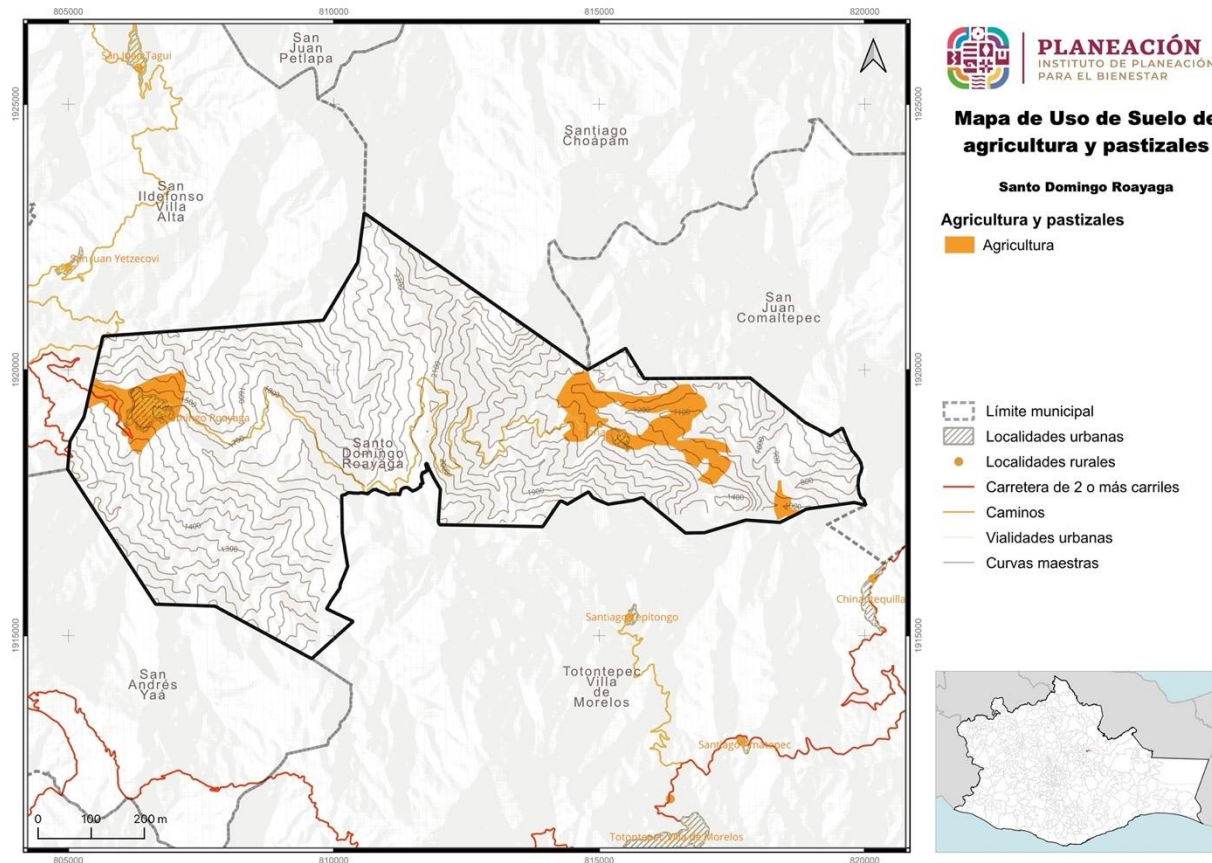


Fuente: CentroGeo, 2024

III.7.2. Uso de suelo

El uso del suelo comprende "las acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla"; abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en terreno agrícola: campos cultivables, pastizales o asentamientos humanos (Fundación Wikimedia, Usos de suelo, 2024).

Mapa 18. Uso de suelo en Santo Domingo Roayaga



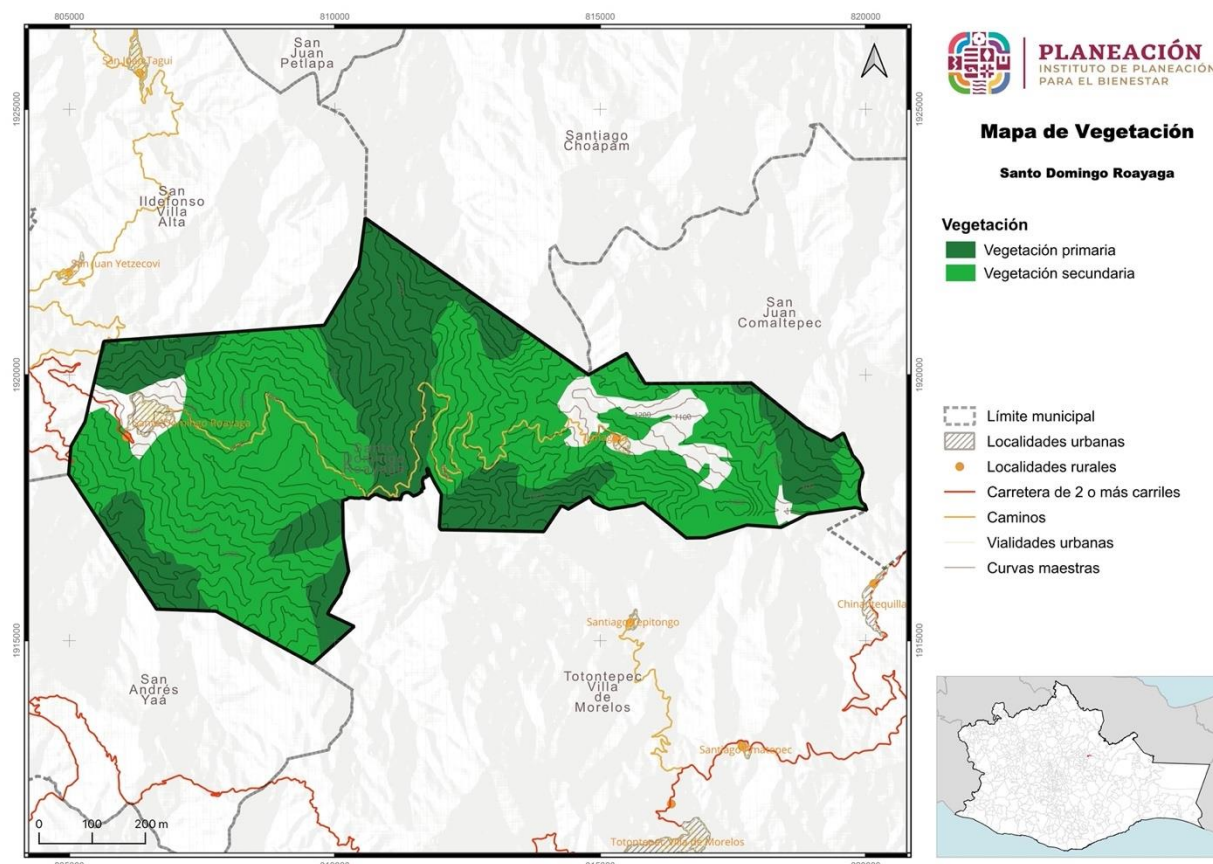
Fuente: CentroGeo, 2024

En el municipio solo existe un uso de suelo definido, catalogado como de agricultura de temporal, que cubre una extensión de 4.26 km². Se localiza esencialmente en o cerca de las zonas habitadas. La extensión mayor se localiza cerca de la agencia municipal de Tonaguía; de igual manera, hay presencia de este uso de suelo en un área aislada al sureste del territorio municipal en la colindancia con el municipio de Totontepec Villa de Morelos.

La vegetación primaria es aquella que no ha sufrido cambios significativos por las actividades humanas o perturbaciones naturales, y la vegetación secundaria es cuando una vegetación natural ha sido eliminada o alterada por diversos factores humanos o naturales, y se regenera en una cubierta vegetal con estructura y composición florística heterogénea.

III.7.3. Vegetación

Mapa 19. Vegetación en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

En el territorio municipal la vegetación secundaria es la predominante, donde sobresalen los del tipo vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña que pertenecen a la clase bosque mesófilo de montaña secundario. En menor medida se tiene presencia de vegetación de clase bosque de coníferas y bosque de coníferas-latifoliadas, en la modalidad de pino y pino-encino respectivamente.

La presencia de esta vegetación es un indicativo del uso y degradación de la vegetación primaria, de la cual aún existe el 33% del territorio municipal. Esta vegetación primaria está formada principalmente por bosque mesófilo de montaña, que se localiza en zonas aisladas en la parte central del municipio de este a oeste y se



complementa de bosque de coníferas en su modalidad de bosque de pino y bosque de coníferas-latifoliadas, en su modalidad de bosque de pino-encino en los extremos este y oeste de la demarcación municipal.

III.8. Áreas Naturales Protegidas

En el territorio municipal de Santo Domingo Roayaga no se cuentan con Áreas Naturales Protegidas (ANP), por ningún nivel de gobierno.



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

IV.1 Dinámica demográfica

IV.1.1 Distribución de población del municipio y por localidad

De acuerdo a los lineamientos del INEGI 2020 (INEGI, Manual de cartografía. Censo de Población y Vivienda 2020, 2022), el predominio demográfico del municipio de Santo Domingo Roayaga es rural, ya que el número de habitantes en cada una de las 3 localidades es menor a 2,500 personas.

Aunque la localidad de Santo Domingo Roayaga está catalogada como urbana, se debe a su característica de cabecera municipal y no por el número de habitantes.

La población total del municipio es de 941 habitantes como se presenta en la siguiente tabla:

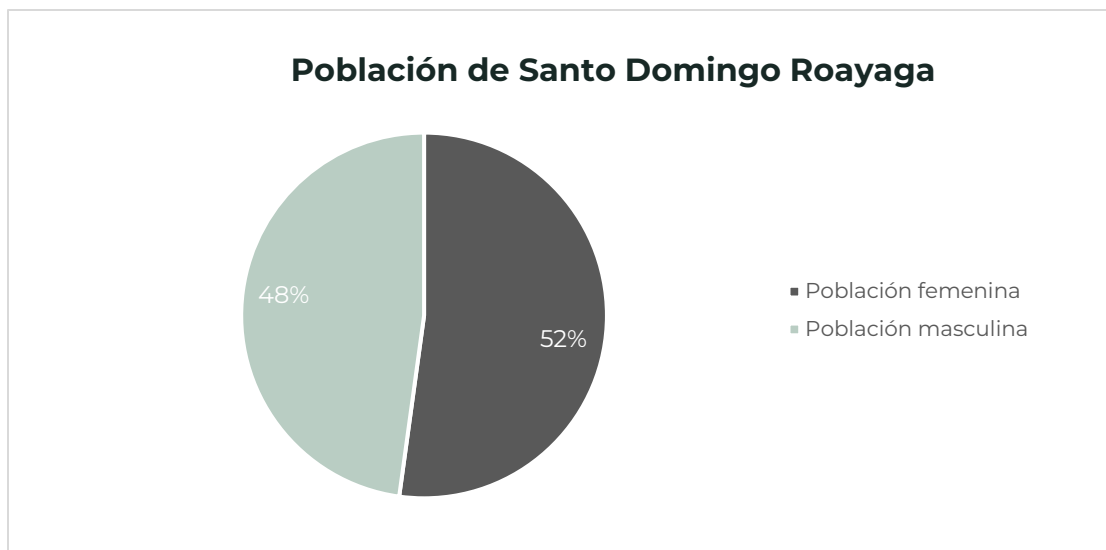
Tabla 7. Población total del municipio de Santo Domingo Roayaga

Nombre del Municipio	Población Total	Población Femenina	Población Masculina
Santo Domingo Roayaga	941	491	450

Fuente: CentroGeo, 2024

De lo anterior se observa que, de los 941 habitantes, el 52.1% es de mujeres y el 47.8% de hombres, como se presenta en la siguiente gráfica.

Imagen 2. Población total en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

La mayor parte de la población se concentra en la cabecera municipal con 505 habitantes. En Tonaguía se concentran 343 personas, siendo la localidad Abajo del Pueblo la de menor número de habitantes, con 2 personas.

Tabla 8. Población del municipio de Santo Domingo Roayaga por localidad

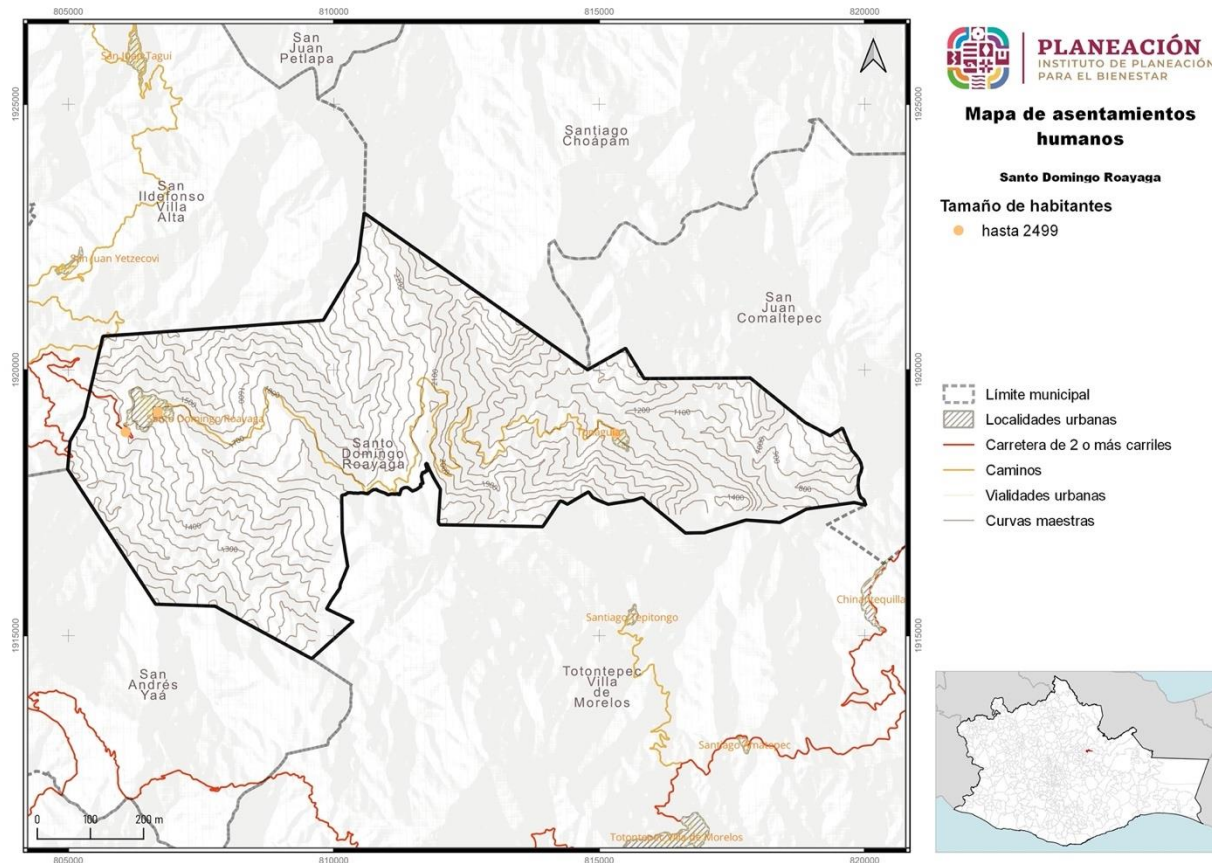
Localidad	Total	Mujeres	Hombres
Santo Domingo Roayaga	505	266	239
Tonaguía	434	224	210
Abajo del Pueblo	2	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024

La proporción entre hombres y mujeres que se observa a nivel municipal es muy similar a la distribución en la cabecera municipal, con el 52.6% de mujeres y el 47.3% de hombres, y en la localidad de Tonaguía, donde el promedio es de 51.6% mujeres y 48.3% hombres.

El crecimiento de la población ha mostrado tendencias opuestas entre los ejercicios censales anteriores, ya que, en el año 2000, el municipio de Santo Domingo Roayaga contaba con una población de 950 personas, siendo que para el año 2010 eran 997 habitantes, lo que significó un crecimiento del 4.9% en la población total. Sin embargo, para el ejercicio censal 2020, el municipio contaba con 941 personas, lo que representa un decremento de 5.6% en su población.

Mapa 20. Asentamientos humanos por tamaño de localidad en Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Los principales grupos quinquenales en los que se distribuye la población van de los 0 a los 24 años, donde se concentra el 50% de la población. Dentro de esos rangos, el que agrupa mayor número de habitantes es el de los 5 a 9 años, con 103 personas, que representan aproximadamente el 11% de la población total del municipio, seguido del rango entre los 10 y 14 años con 102 personas, que representan el 10.8% de la población total municipal.

Finalmente, los efectos de la mayor esperanza de vida y el impacto de la transición demográfica en su conjunto muestran que la mayor parte de la población se concentra en los grupos de menor edad, para disminuir gradualmente hacia los grupos de edad más avanzada, teniendo incluso 35 personas que representan el 3.7%, distribuidas en tres grupos quinquenales que superan la esperanza vida en el estado el estado de Oaxaca, que es de 73.3 años para el 2024.



Tabla 9. Distribución de la población por rango de edad en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Rango de edad (años)	Población
00-04	85
05-09	103
10-14	102
15-19	91
20-24	82
25-29	72
30-34	68
35-39	63
40-44	50
45-49	40
50-54	40
55-59	30
60-64	29
65-69	29
70-74	22
75-79	19
80-84	12
85 y más	4

Fuente: Elaboración propia con información de Data México, 2024

IV.2 Condiciones sociales y económicas

IV.2.1 Población con discapacidades

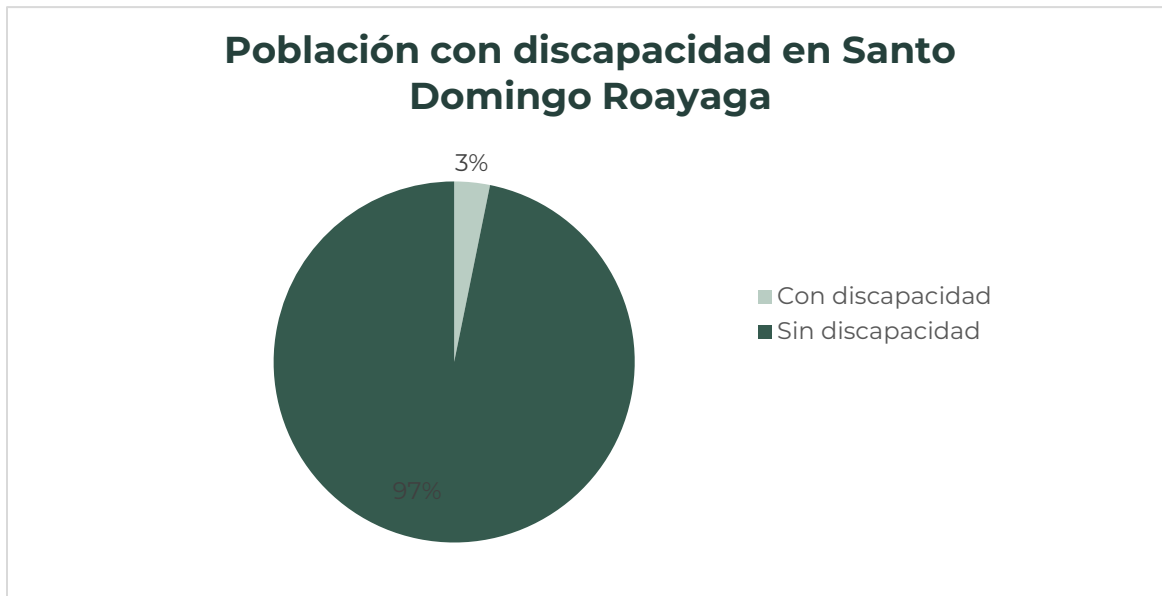
El municipio de Santo Domingo Roayaga tiene registradas 30 personas con algún tipo de discapacidad, que representan el 3.1% de la población total.

Tabla 10. Población con alguna discapacidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Población total	Población con discapacidad
Santo Domingo Roayaga	941	30

Fuente: CentroGeo, 2024

Gráfica 8. Porcentaje de población con alguna discapacidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Las discapacidades más comunes en el municipio de Santo Domingo Roayaga, según el censo de población y vivienda 2020, son la discapacidad visual, que afecta a 12 personas, la discapacidad para comunicarse, afectando a 10 personas y la discapacidad física, que la padecen 9 personas.

De las personas con algún tipo de discapacidad, la mayoría se concentran en la cabecera municipal, con 18 personas, que representan 58.% del total de personas discapacitadas en el municipio y el 3.5% del total de habitantes de esa comunidad.

Tabla 11. Distribución de habitantes con discapacidad por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Localidad	Población total	Población con discapacidad
Total	941	30
Santo Domingo Roayaga	505	18
Tonaguía	434	12
Abajo del Pueblo	2	-

Fuente: CentroGeo, 2024

IV.2.2 Lenguas indígenas

De acuerdo al censo de población y vivienda 2020 y refiriéndose al grupo de personas de 3 años y más, en el estado de Oaxaca, de cada 100 habitantes, 69 se consideran indígenas. Para el caso del municipio de Santo Domingo Roayaga existen 862 personas de ese rango de edad que se consideran indígenas, lo que representa el 91.6% de la población total municipal en el rango de edad mencionado, de los cuales el 47.9% son hombres y 52.% mujeres.

En el rubro de hablantes de alguna lengua indígena, 847 personas de 3 años o más hablan alguna lengua indígena, que representan el 90% de la población total. Dicha población se compone de 443 mujeres y 404 hombres.

Tabla 12. Población hablante de alguna lengua indígena en el municipio de Santo Domingo Roayaga por sexo

Municipio	Población total	Hablantes de lengua indígena	Mujeres hablantes de lengua indígena	Hombres hablantes de lengua indígena
Santo Domingo Roayaga	941	845	442	403

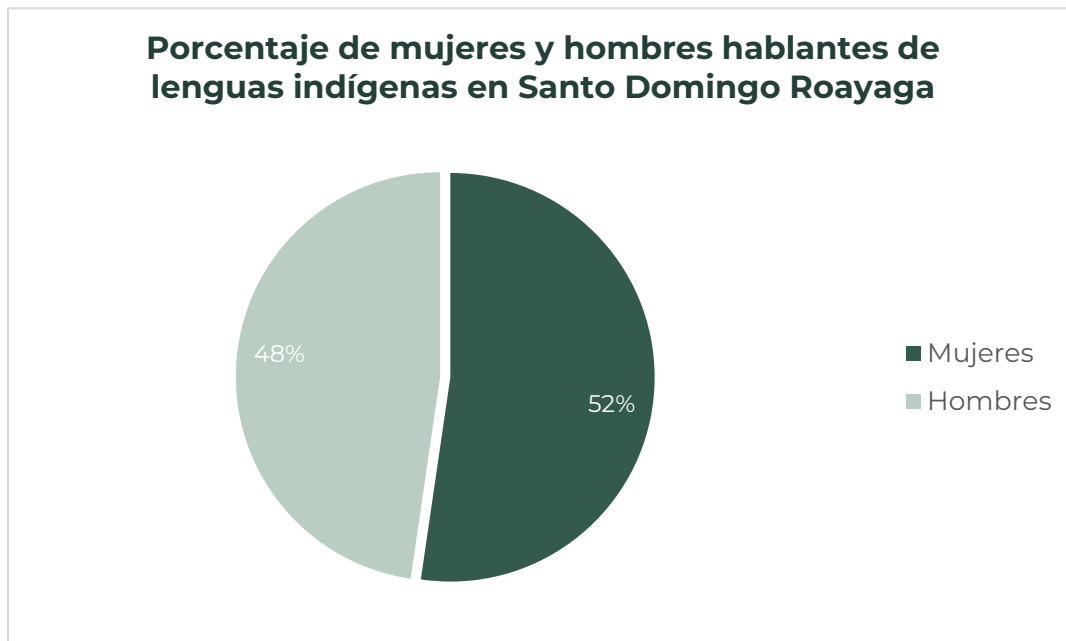
Fuente: CentroGeo, 2024

De las personas que hablan alguna lengua indígena, es mayor el número de mujeres hablantes con el 52%, siendo que el 48% lo componen hombres hablantes de su lengua materna, estadística que se representa en la siguiente gráfica.

La distribución de las personas hablantes de alguna lengua indígena en el municipio de Santo Domingo Roayaga por localidad nos muestra que de las 3 localidades que conforman el municipio, en Tonaguía es mayor la proporción de hablantes, con el 92.6% con respecto a la población de la misma localidad, seguida de la cabecera municipal, con el 87.7% con respecto a la población de la misma localidad.

Del segmento de personas hablantes de alguna lengua indígena, es en la cabecera municipal donde es mayor la proporción de mujeres, con el 53.9%, mientras que en Tonaguía es en donde menos mujeres lo hacen, ya que son el 50.5%, caso inverso en lo que respecta a los hombres, ya que en Tonaguía el 49.5% hablan alguna lengua indígena, mientras que en la cabecera es el 46% quienes lo hacen. De la localidad Abajo del Pueblo con la información existente no es posible detallar la segmentación por sexo.

Gráfica 9. Distribución de la población femenina y masculina que habla alguna lengua indígena en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

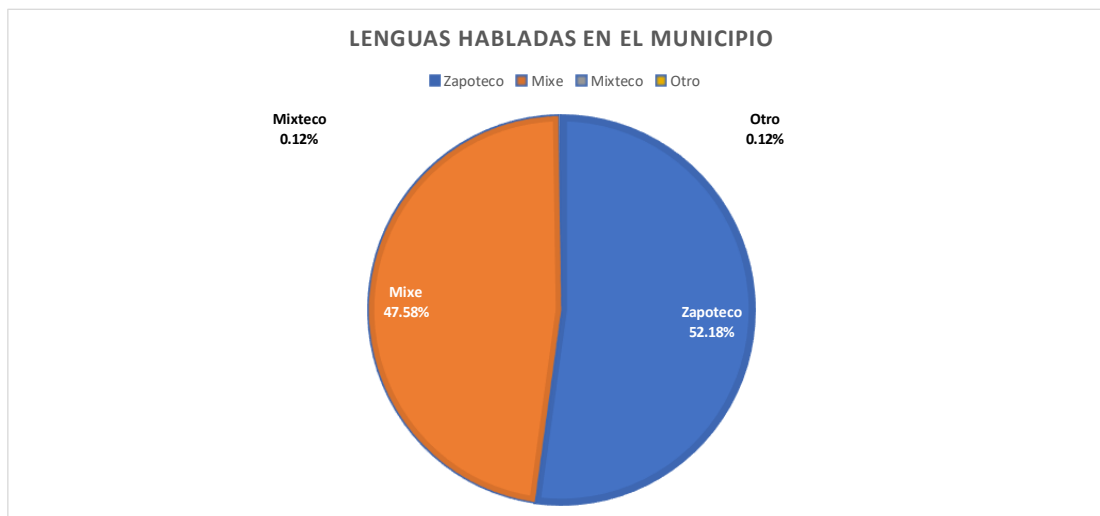
Tabla 13. Población hablante de alguna lengua indígena por sexo y localidad del municipio de Santo Domingo Roayaga

Localidad	Población total	Hablantes de lengua indígena	Mujeres hablantes de lengua indígena	Hombres hablantes de lengua indígena
Total	941	845	442	403
Santo Domingo Roayaga	505	443	239	204
Tonaguía	434	402	203	199
Abajo del Pueblo	2	-	-	-

Fuente: CentroGeo, 2024

La lengua zapoteca es patrimonio cultural inmaterial de Oaxaca (Secretaría de Cultura, Sistema de Información Cultural México, 2024), y es la lengua más hablada en el territorio municipal de Santo Domingo Roayaga, con el 52.1% de personas, seguida del mixe, con el 47.5% de hablantes.

Gráfica 10. Lenguas habladas en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

IV.2.3 Servicios de salud

De acuerdo con el censo de población y vivienda 2020, en el municipio de Santo Domingo Roayaga 547 personas, que representan el 58% de la población total del municipio, cuentan con servicios de salud.

Las tres principales instituciones gubernamentales a las que se encuentran afiliados son el Instituto de Salud para el Bienestar, que afilia a 335 personas, que representan el 61% y el IMSS Bienestar, que da atención 201 personas que representan aproximadamente el 37% de personas, seguidos del ISSSTE, que da atención a 7 personas, con 1.2% de cobertura de la población.

Tabla 14. Distribución de habitantes con servicios de salud en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Localidad	Población total	Población derechohabiente	IMSS	ISSSTE	ISSSTE estatal	Pemex, Defensa, Marina	Instituto de Salud Bienestar (INSABI)	IMSS Bienestar	Servicio privado	Otra
Total	941	547	4	7	0	0	335	201	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024



En la siguiente gráfica se muestra que de todas las Instituciones que dan cobertura en materia de salud, son 2 las que encabezan la atención, habiendo una diferencia entre ellas de 24.7%, siendo la principal el Instituto de Salud para el Bienestar, seguido del IMSS Bienestar

La distribución de la población con cobertura en servicios de salud de acuerdo con cada población es variada. En el caso de la cabecera municipal, predominan dos dependencias: el Instituto de Salud para el Bienestar, que atiende a 326 personas y representan el 86.02% de los afiliados en la localidad, y el IMSS-Bienestar, que atiende a 42 personas, representando el 11%, aunque con escasa proporción también existen afiliados al IMSS e ISSSTE. En el caso de la localidad Tonaguía, el Instituto de Salud para el Bienestar atiende al 5.3%, mientras que el IMSS Bienestar el 94.6%. No se cuenta con cobertura de ninguna otra dependencia relacionada a los servicios de salud.

Tabla 15. Distribución de habitantes con servicios de salud por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga

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	941	547	4	7	0	0	335	201	0	0	58 %
Santo Domingo Roayaga	505	379	4	7	0	0	326	42	0	0	75%
Tonaguía	434	168	0	0	0	0	9	159	0	0	39%
Abajo del Pueblo	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%

Fuente: CentroGeo, 2024

IV.3 Empleos e ingresos

IV.3.1 Población económicamente activa (PEA)

En lo relativo a las personas de 15 y más años de edad que tuvieron vínculo con actividades remuneradas (INEGI, Glosario, 2024), denominadas Población Económicamente Activa (PEA), el municipio de Santo Domingo Roayaga cuenta con 302 personas que representan el 32% de la población total. Ese segmento de la



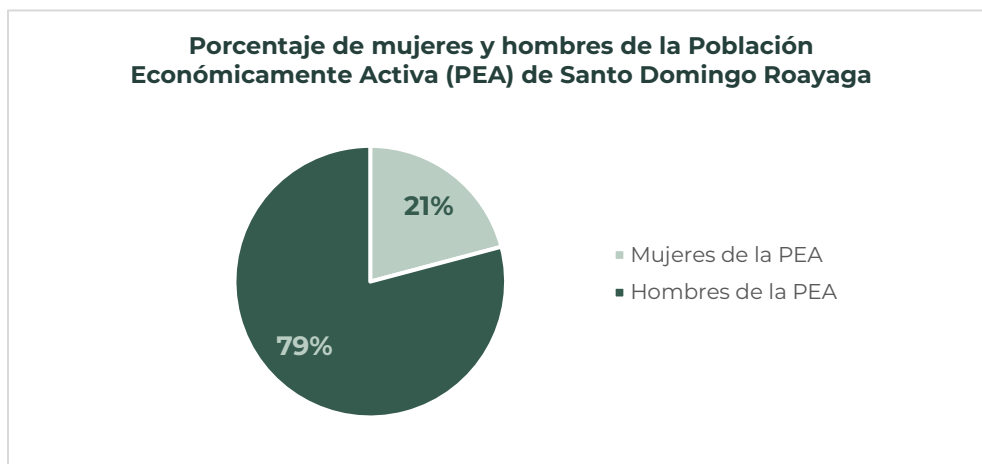
población está compuesto por 239 hombres y 63 mujeres, que representan el 79% y 21% respectivamente.

Tabla 16. Población económicamente activa en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Población total	Población Económicament e Activa (PEA)	Hombres de la PEA	Mujeres de la PEA	Población No Económicament e Activa
Santo Domingo Roayaga	941	302	239	63	639

Fuente: CentroGeo, 2024

Gráfica 11. Población económicamente activa en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

De acuerdo con la distribución por localidad, es en la cabecera municipal donde es mayor la proporción de PEA, con el 57%, seguida de Tonaguía con el 43%. En ambos casos es mayor la proporción de hombres en ese segmento, sin embargo, la localidad que encabeza dicho rubro es Tonaguía, en donde los hombres representan el 86% de la PEA en la localidad, mientras que en la cabecera municipal la proporción de hombres es del 74%. La proporción de mujeres de la PEA es del 14% en Tonaguía y 26% en la cabecera municipal.



Tabla 17. Población Económicamente Activa (PEA) por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Población total	Población Económicament e Activa (PEA)	Hombres de la PEA	Mujeres de la PEA	Población No Económicament e Activa
Total Santo Domingo Roayaga	941	302	239	63	639
Localidad	Población total	Población Económicament e Activa (PEA)	Hombres de la PEA	Mujeres de la PEA	Población No Económicament e Activa
Santo Domingo Roayaga	505	172	127	45	333
Tonaguía	434	130	112	18	304
Abajo del Pueblo	2	0	0	0	2

Fuente: CentroGeo, 2024

En lo referente a las personas de 15 y más años que en la semana de referencia realizaron alguna actividad económica durante al menos una hora, denominados la población ocupada (INEGI, Glosario, 2024), se contabilizaron 297 personas, que representan el 98% de la Población Económicamente Activa (PEA) y únicamente 5 personas fueron catalogadas como desocupadas.

Tabla 18. Población ocupada en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA ocupada	PEA desocupada
Santo Domingo Roayaga	941	302	297	5

Fuente: CentroGeo, 2024

A nivel localidad, la población ocupada en la cabecera municipal es de 169 personas, que son el 98.2% de la PEA y que representan el 33.4% de la población total de la localidad, mientras que en Tonaguía es de 128 personas que suman el 98.4% de su PEA y que representan el 29.4% del total de habitantes de la localidad.



Tabla 19. Población económicamente activa, ocupada y desocupada, por localidad del municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA ocupada	PEA desocupada
Santo Domingo Roayaga	941	302	297	5
Localidad	Población total	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA ocupada	PEA desocupada
Santo Domingo Roayaga	505	172	169	3
Tonaguía	434	130	128	2
Abajo del Pueblo	2	0	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024

IV.3.2 Sectores productivos

Los censos económicos que se levantan cada cinco años en el país captan y difunden información sobre la actividad económica de los sectores secundario y terciario de la economía y de los establecimientos ubicados en áreas urbanas y de establecimientos mayores en algunas áreas rurales.

Existen tres actividades: Las actividades primarias comprenden el aprovechamiento directo de los recursos naturales como el suelo, la fauna y la vegetación. Algunos ejemplos son la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura, que consiste en el aprovechamiento forestal.

Por otro lado, las actividades secundarias abarcan la industria en todas sus variantes y las tareas destinadas al procesamiento de los productos obtenidos en las actividades primarias. Los productos provenientes de las actividades económicas primarias y secundarias son transportados y comercializados para su consumo en nuestros hogares. Este proceso implica una serie de actividades de transporte y comercialización que pertenecen a las actividades terciarias de la economía.

IV.3.2.1. Sector primario

Las principales actividades agrícolas son la siembra de maíz blanco y amarillo, frijol, cítricos como naranja y limón, manzana, caña de azúcar y en menor medida el café, que se busca incrementar su producción. Las cosechas son de temporal.



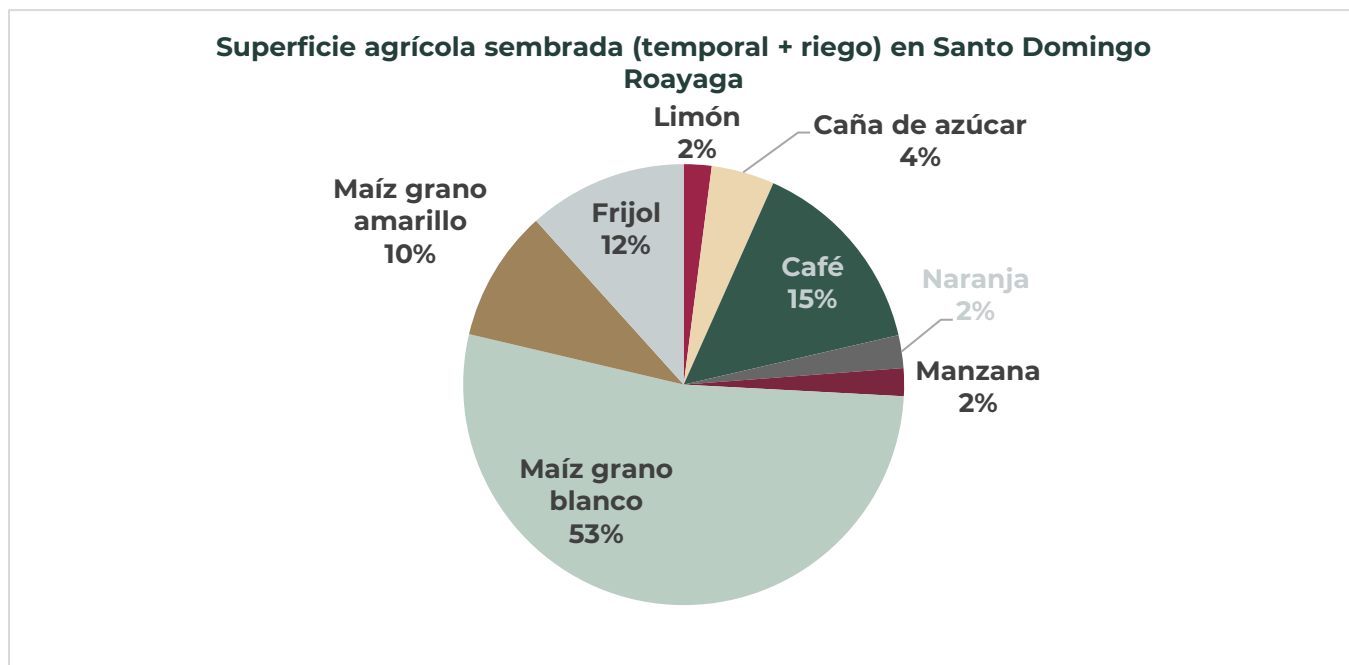
Tabla 20. Unidades de producción agropecuarias en el municipio de Santo Domingo Roayaga

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 cosechada (ha)	Toneladas cosechadas de riego
Santo Domingo Roayaga	277	269.9	223.3	276	269.7	223.0	1	0.3	0.3	0.3
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 cosechada (ha)	Toneladas cosechadas de riego
Limón	9	5.5	0.0	9	5.5	0.0	0	0.0	0.0	0.0
Caña de azúcar	13	12.5	9.0	13	12.5	9.0	0	0.0	0.0	0.0
Café	39	39.8	18.3	39	39.8	18.3	0	0.0	0.0	0.0
Naranja	12	6.5	0.0	12	6.5	0.0	0	0.0	0.0	0.0
Manzana	11	5.5	0.5	11	5.5	0.5	0	0.0	0.0	0.0
Maíz grano blanco	109	142.6	138.0	109	142.6	138.0	0	0.0	0.0	0.0
Maíz grano amarillo	60	26.1	26.1	59	25.8	25.8	1	0.3	0.3	0.3
Frijol	24	31.5	31.5	24	31.5	31.5	0	0.0	0.0	0.0

Fuente: CentroGeo, 2024

En relación a las unidades de producción agropecuaria, para el temporal en mención se puede observar que la superficie sembrada de maíz blanco predomina con un 53%. Le sigue la plantación de café en un 15% y el frijol con un 12%.

Gráfica 12. Porcentaje de superficie agrícola sembrada en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

La producción pecuaria del municipio de Santo Domingo Roayaga se enfoca en carne de ave, huevo, ganado en pie de ave, carne de bovino, ganado en pie de bovino, leche de bovino, carne caprina, ganado en pie de caprino, carne de guajolote, ganado en pie de guajolote, carne de ovino, ganado en pie de ovino, carne de porcino y ganado en pie de porcino.

De lo anterior se obtiene mayor cantidad en especie de ganado en pie de porcino y bovino, sin embargo, a la hora que se monetiza, el valor de la producción de la carne de porcino es mayor.

Tabla 21. Producción pecuaria 2022 en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Especie	Producto	Producción (toneladas, miles de litros)	Precio (pesos/kg)	Valor de la Producción (miles de pesos)
Ave	Carne	2.4	32.2	77.7
Ave	Huevo plato	3.8	31.4	119

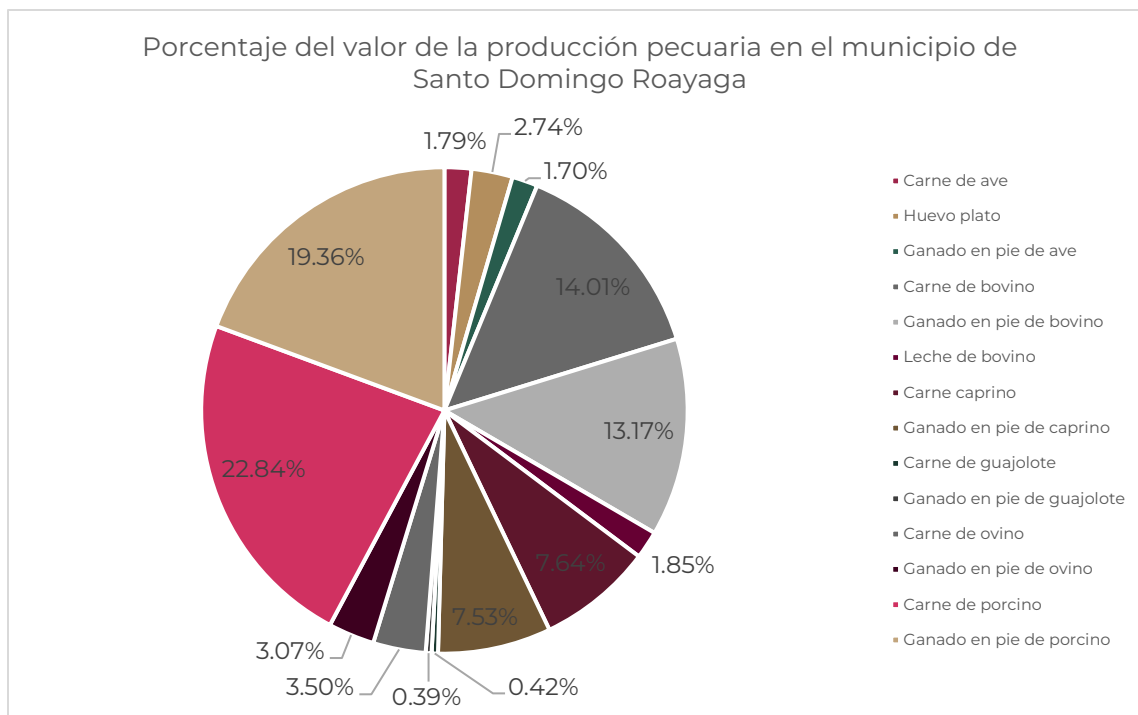


Especie	Producto	Producción (toneladas, miles de litros)	Precio (pesos/kg)	Valor de la Producción (miles de pesos)
Ave	Ganado en pie	3.1	23.6	74.1
Bovino	Carne	12.3	49.6	608.9
Bovino	Ganado en pie	24.2	23.7	572.3
Bovino	Leche	10.5	7.6	80.3
Caprino	Carne	5.2	64.3	332.3
Caprino	Ganado en pie	9.9	33	327.3
Guajolote	Carne	0.3	68.2	18.3
Guajolote	Ganado en pie	0.4	46.2	17
Ovino	Carne	2.1	72.3	152
Ovino	Ganado en pie	3.8	35	133.6
Porcino	Carne	20.4	48.6	992.8
Porcino	Ganado en pie	27	31.1	841.5
	Total	125.4		4,347

Fuente: Elaboración propia con datos del SADER, 2023

Con relación a la producción pecuaria, en el municipio de Santo Domingo Roayaga la carne de porcino es la que más ingresos representa, con un 23%, seguido del ganado en pie de porcino con 19%, el tercer lugar es para la carne de bovino, con 14% y la carne en pie de bovino equivale al 13%.

Gráfica 13. Porcentaje del valor de la producción pecuaria en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: Elaboración propia con datos del SADER, 2023

IV.3.2.2. Sector secundario

Según el Plan de Desarrollo Santo Domingo Roayaga 2023, *“este sector se divide principalmente en construcción, industria manufacturera y electricidad, gas y agua”*. Existen carpintería, panadería, tortillería, sastrería y un taller de artesanía.

IV.3.2.3. Sector terciario

Para el caso del sector terciario el Plan de Desarrollo Santo Domingo Roayaga, 2023, se afirma que: *“se dedican a diversos tipos de comercio al por menor, como farmacias, tiendas de abarrotes, papelerías, semillas, granos, ropa, regalos, productos naturistas, flores, peleterías, frutas y verduras, entre otros”*. En la localidad existen 13 tiendas de abarrotes en la cabecera y 4 en la agencia, 2 papelerías, 1 venta de semillas y granos, 1 de ropa, 1 de regalos, 1 de productos naturistas, 1 de flores, 1 paleterías, 3 fruterías.

IV.3.2.4. Centralidades económicas

El análisis de las centralidades económicas del municipio consiste en determinar la concentración de las actividades económicas en territorios específicos e identificar la estructura y conectividad que conforman a partir de las infraestructuras de transporte, energética y urbana disponibles en la demarcación.

Tabla 22. Centralidades de las actividades económicas en el municipio de Santo Domingo Roayaga

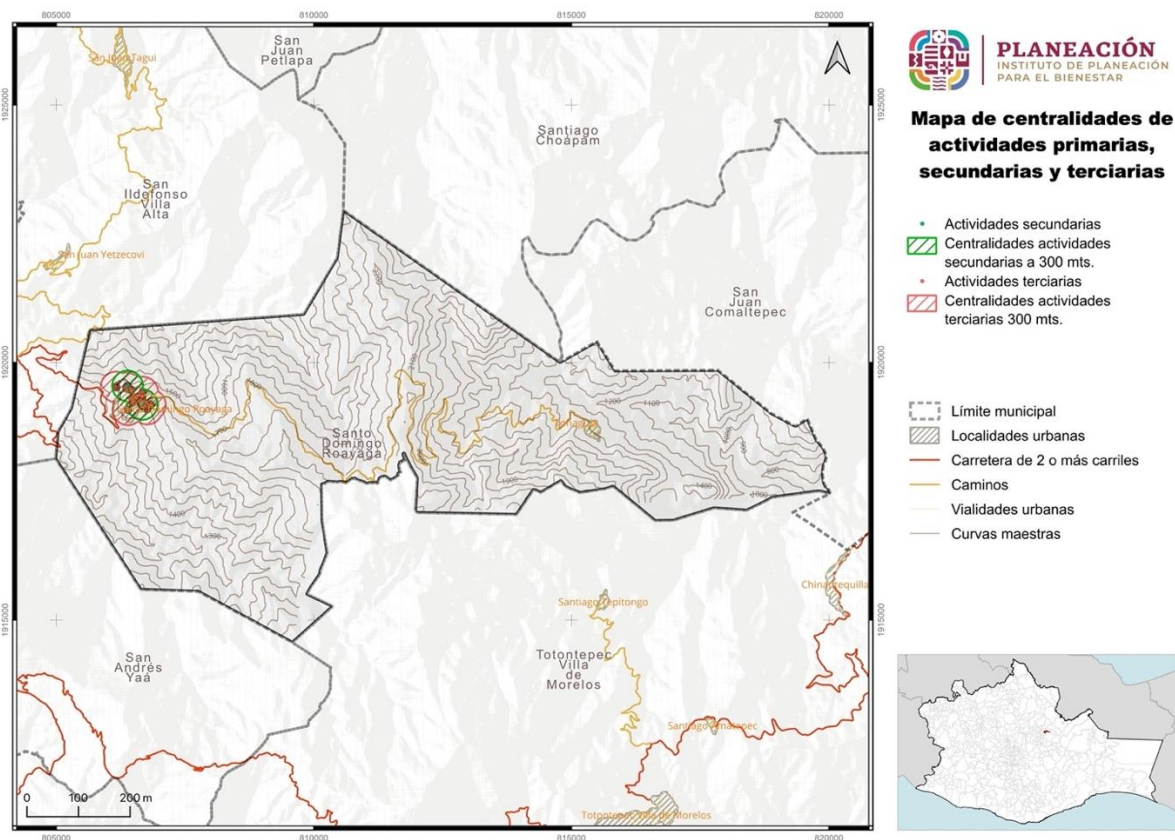
Sector productivo	Número de actividades
Secundario	2
Terciario	26

Fuente: CentroGeo, 2024

Se identifican los niveles de importancia económica de los municipios en la medida que poseen una alta correlación positiva con la concentración territorial de la población, ayudando a identificar los municipios que se desempeñan como lugares centrales dentro de la demarcación.

Para el caso del municipio, principalmente se enfoca en actividades terciarias y solo existe un polo económico ubicado al este del territorio.

Mapa 21. Centralidades económicas en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

IV.4 Pobreza y marginación

El índice de marginación está concebido con el interés particular de ser una medida que dé cuenta de las carencias que padece la población.

Se construyen indicadores de déficit capaces de describir la situación en que se encuentran las personas que residen en las entidades y municipios que componen el territorio. A través de dichos indicadores, se contribuye a una reflexión tónica sobre las deficiencias que reflejan cada uno de estos.

La vulnerabilidad social asociada a los desastres naturales se define como *“el conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de la misma frente a un fenómeno y la percepción local del riesgo de la población”* (CIUDADANA, Versión electrónica, 2021).

La categorización de vulnerabilidad para el municipio de Santo Domingo Roayaga es **muy alta**, teniendo como precepto que es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre. Su grado de resiliencia es **muy bajo** tomando en consideración que es difícil adaptarse a las situaciones adversas.

Tabla 23. Grado de vulnerabilidad social y resiliencia del municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Grado de vulnerabilidad social (2010)	Grado de resiliencia (2015)
Santo Domingo Roayaga	Muy alto	Muy bajo

Fuente: CentroGeo, 2024

De acuerdo con la definición del CONEVAL, el Índice de Rezago Social (IRS), es una medida que agrega en un solo índice variables de educación, acceso a servicios de salud, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y activos en el hogar.

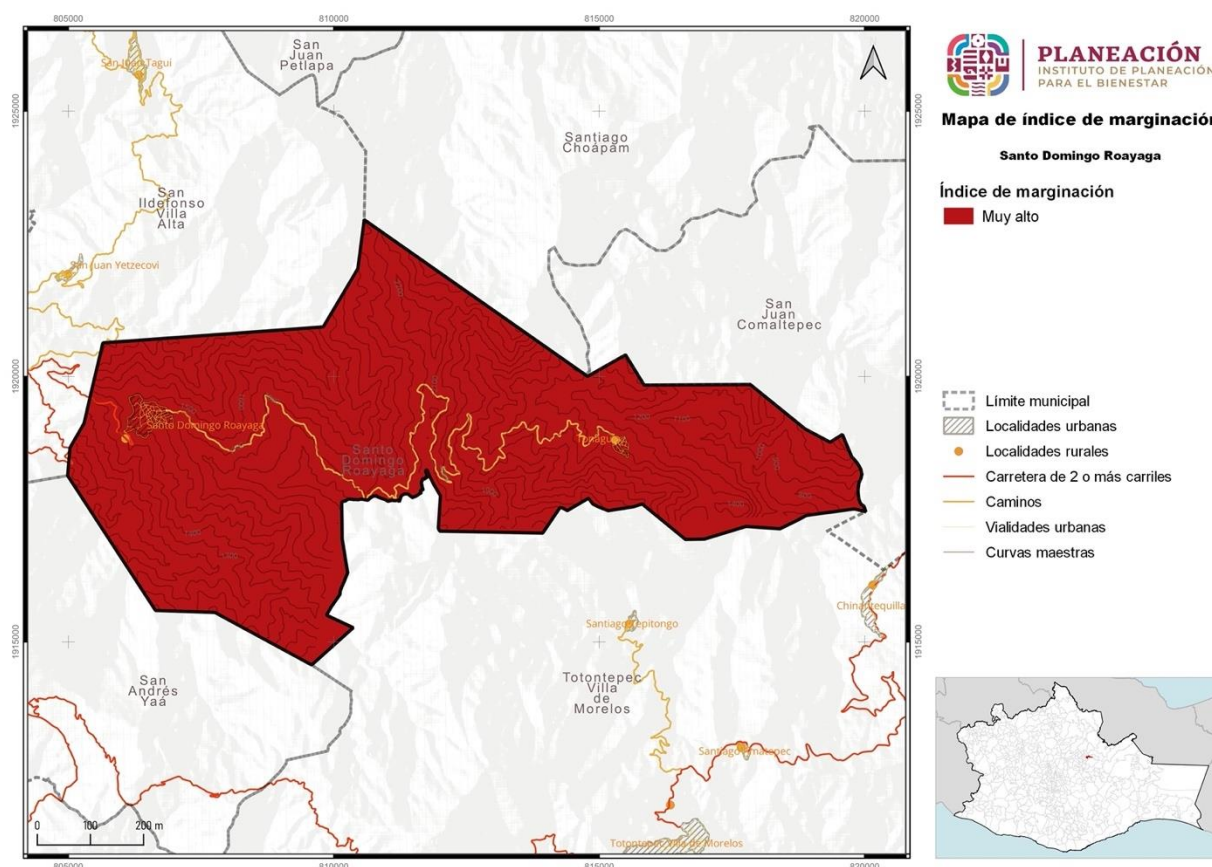
Tabla 24. Índice y grado de rezago social del municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Población total	Índice de rezago social	Grado de rezago social
Santo Domingo Roayaga	941	2.37	Muy alto

Fuente: CentroGeo, 2024

No se trata de una medición de pobreza, ya que no incluye los indicadores de ingreso, seguridad social y alimentación (estas variables no están explícitas en los Censos de Población y Vivienda), que señala la Ley General de Desarrollo Social. El IRS del municipio de Santo Domingo Roayaga es de 2.37, que lo ubica en grado **muy alto**.

Mapa 22. Índice de marginación en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

IV.5 Inventario de bienes expuestos.

Equipamiento e infraestructura estratégica

IV.5.1 Vivienda

De acuerdo con la definición del INEGI, una vivienda es un espacio delimitado por paredes y techos de cualquier material. Se construye para que las personas vivan ahí, duerman, preparen alimentos, los consuman y se protejan del medio ambiente. Se consideran habitadas cuando se usan para la habitación de personas al momento de realizar la entrevista censal.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, en el municipio de Santo Domingo Roayaga hay 408 viviendas, de las cuales 248 se encuentran habitadas y representan el 60.7% de las viviendas existentes.

La distribución de viviendas por localidad sigue el mismo patrón que el número de habitantes. La mayor parte tanto de viviendas totales como de viviendas habitadas se concentra en Santo Domingo Roayaga, seguido de Tonaguía y Abajo del Pueblo.

Sin embargo, la proporción de viviendas habitadas respecto del total de viviendas por localidad es mayor en Tonaguía, con 80.8%, seguido de la cabecera municipal con 50.7% y por último Abajo del Pueblo, con el 20% de viviendas habitadas.

Tabla 25. Distribución de viviendas habitadas total y por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Municipio	Población	Viviendas totales	Viviendas habitadas
Santo Domingo Roayaga	941	408	248
Nombre localidad	Población	Viviendas totales	Viviendas habitadas
Santo Domingo Roayaga	505	262	133
Tonaguía	434	141	114
Abajo del Pueblo	2	5	1

Fuente: CentroGeo, 2024

El hacinamiento corresponde a una relación en la que existen, en promedio, dos o más personas por habitación en la vivienda (PUEC-UNAM, 2012). En propuestas más recientes, ONU-Hábitat establece que el hacinamiento se presenta cuando, en



promedio, hay 2.5 personas o más por cada dormitorio en la vivienda (a diferencia del CPI, donde el cálculo se realiza por cuarto).

Con esta medición, se estima que 22.5% de las viviendas en México se encuentran en condiciones de hacinamiento, un porcentaje mucho mayor al estimado por la CONAVI.

En las localidades del municipio de Santo Domingo Roayaga, se considera que no hay hacinamiento, ya que los promedios de ocupantes por cuartos del 1.5 en Tonaguía y del 1.2 en la cabecera municipal.

El desarrollo urbano y la vivienda digna dependen en gran medida de la calidad de las construcciones y la gestión social de materiales. Según (INEGI, 2020), Santo Domingo Roayaga cuenta con 408 viviendas, de las cuales 248 estaban habitadas. De ese número, 146 viviendas aún tienen piso de tierra (59%), mientras que 99 viviendas, que representan el 39.9%, tienen piso de algún material diferente a la tierra. El 61.6% de las viviendas habitadas tienen 1 dormitorio y el 37.5% cuentan con 2 o más dormitorios. Respecto de los servicios básicos, solo 9 viviendas no cuentan con energía eléctrica, 122 viviendas carecen del servicio de drenaje, mientras que, en lo referente al agua potable, al momento del evento censal se contaba con una cobertura al 100%.

Tabla 26. Servicios dentro de la vivienda por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga

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
Santo Domingo Roayaga	941	408	248	146	99	152	93	9	2	122
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
Santo Domingo Roayaga	505	262	133	57	74	70	61	4	1	15
Tonaguía	434	141	114	89	25	82	32	5	1	107
Abajo del Pueblo	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: CentroGeo, 2024



Del total de viviendas con piso de tierra respecto de las viviendas habitadas, la mayor proporción se tiene en Tonaguía con el 78%, seguida de Santo Domingo Roayaga con el 42.8%. Respecto del número de cuartos por vivienda, en las dos localidades de las que se tiene información es mayor la proporción de las viviendas con 1 cuarto, siendo superior en Tonaguía con el 71.9% y del 52.6% para el caso de la cabecera municipal. En lo referente a las viviendas sin drenaje, la proporción mayor se concentra en Tonaguía con el 93.8%, mientras que para la cabecera municipal la proporción de viviendas sin drenaje respecto de las viviendas habitadas es solo del 11.2%.

IV.5.2 Equipamiento e infraestructura

Infraestructura de salud

En el ámbito de la salud, conforme al acuerdo por el que se emite el modelo de atención a la salud para el bienestar (Mas-Bienestar), publicado en el DOF el 25/10/2022, el Primer Nivel de Atención (PNA), se refiere a la provisión de servicios integrados y accesibles por parte de personal de salud y en el contexto de la familia y la comunidad, con la intención de resolver la mayoría de las necesidades de salud de los individuos y con el establecimiento de una relación sostenida con las personas que reciben esos servicios.

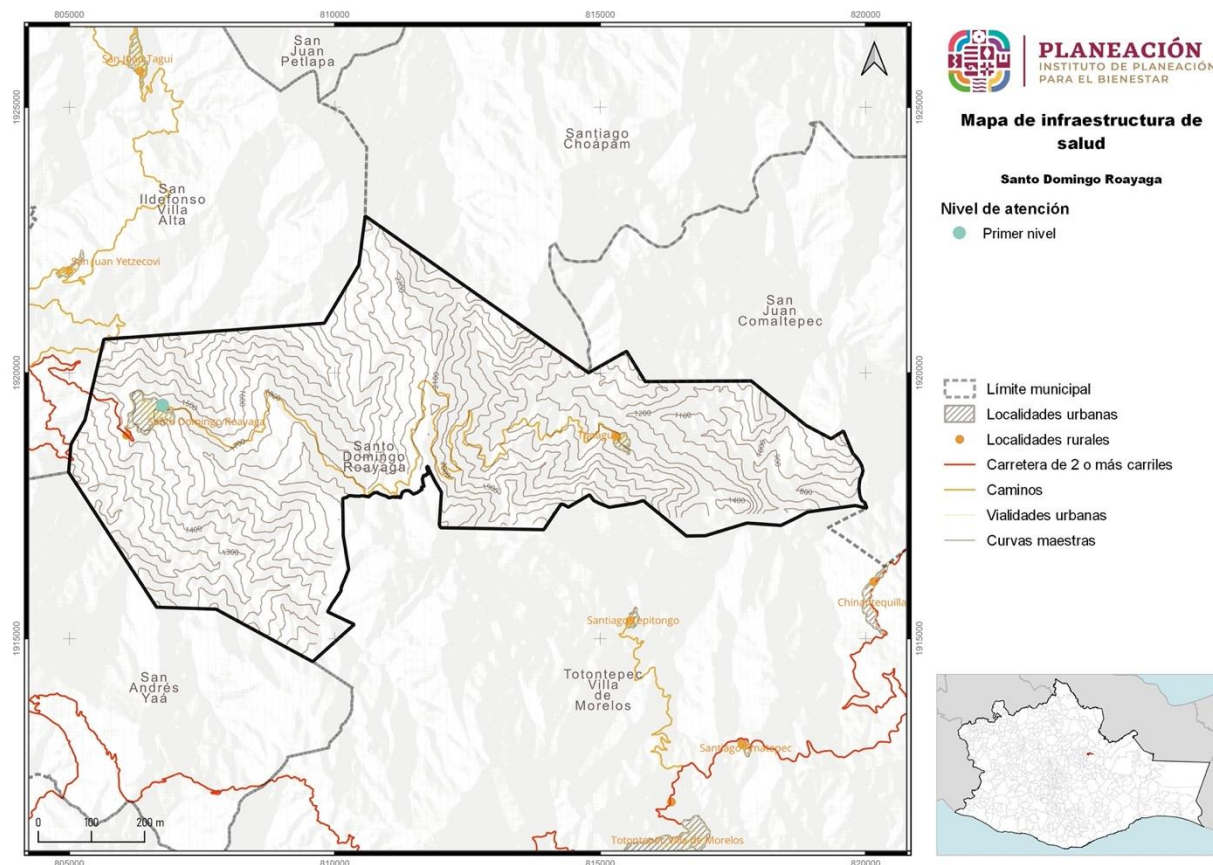
En el municipio de Santo Domingo Roayaga existe únicamente una clínica de salud de primer nivel para la atención de la población en general, misma que se encuentra a cargo de la Secretaría de Salud.

Tabla 27. Infraestructura de salud en las localidades de Santo Domingo Roayaga

Localidad	Clave institución	Nombre institución	Tipo establecimiento	Tipología	Nivel atención	Estatus
Santo Domingo Roayaga	SSA	Secretaría de Salud	De Consulta Externa	Urbano de 01 Núcleos Básicos	Primer Nivel	En Operación

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 23. Infraestructura de salud en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Infraestructura educativa

La posibilidad de que una persona acuda a la escuela significa la oportunidad de prepararse para enfrentar de mejor manera las distintas situaciones de vida, especialmente las que le permitan desarrollarse socialmente, como la actividad laboral.

El analfabetismo limita el desarrollo pleno de las personas y su participación en la sociedad, con repercusiones a lo largo de su ciclo de vida; afecta al entorno familiar, restringe el acceso a los beneficios del desarrollo y obstaculiza el ejercicio de los derechos humanos.

El analfabetismo incrementa la vulnerabilidad socioeconómica y cultural de las personas y condiciona la reproducción intergeneracional en las y los hijos.

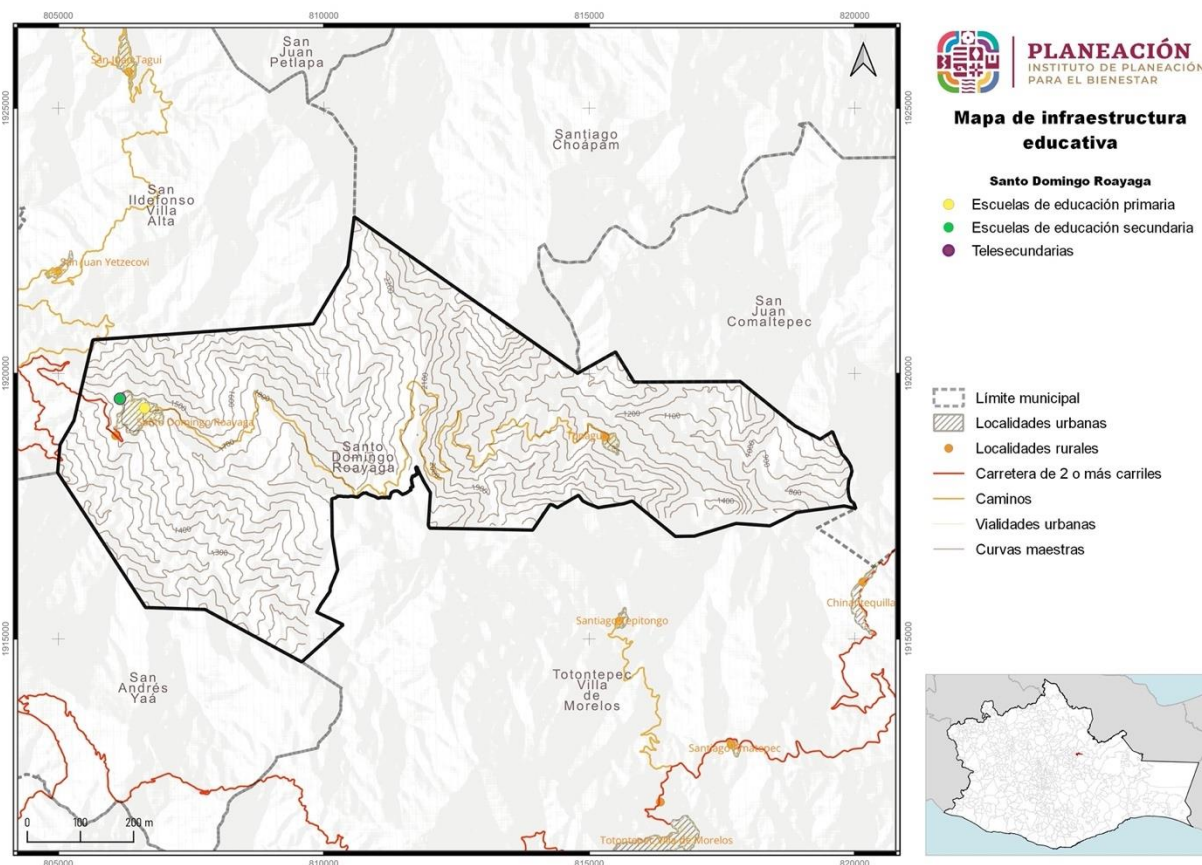
Los equipamientos de educación del municipio se distribuyen de la manera siguiente: en la cabecera municipal, la educación básica cuenta con: 1 institución de nivel



preescolar de tipo bilingüe, 1 de nivel primaria y 1 institución de nivel secundaria en la modalidad de telesecundaria, por lo que se contabilizan 3 instituciones educativas.

En la localidad de Tonaguía se cuenta con 1 institución de nivel preescolar de tipo bilingüe, 1 de nivel primaria y 1 institución de nivel secundaria en la modalidad de telesecundaria. Derivado de lo anterior, se contabilizan 6 instituciones educativas en la demarcación municipal (Pública, 2024), cuyas ubicaciones se muestran en el mapa.

Mapa 24. Infraestructura educativa en el municipio de Santo Domingo Roayaga

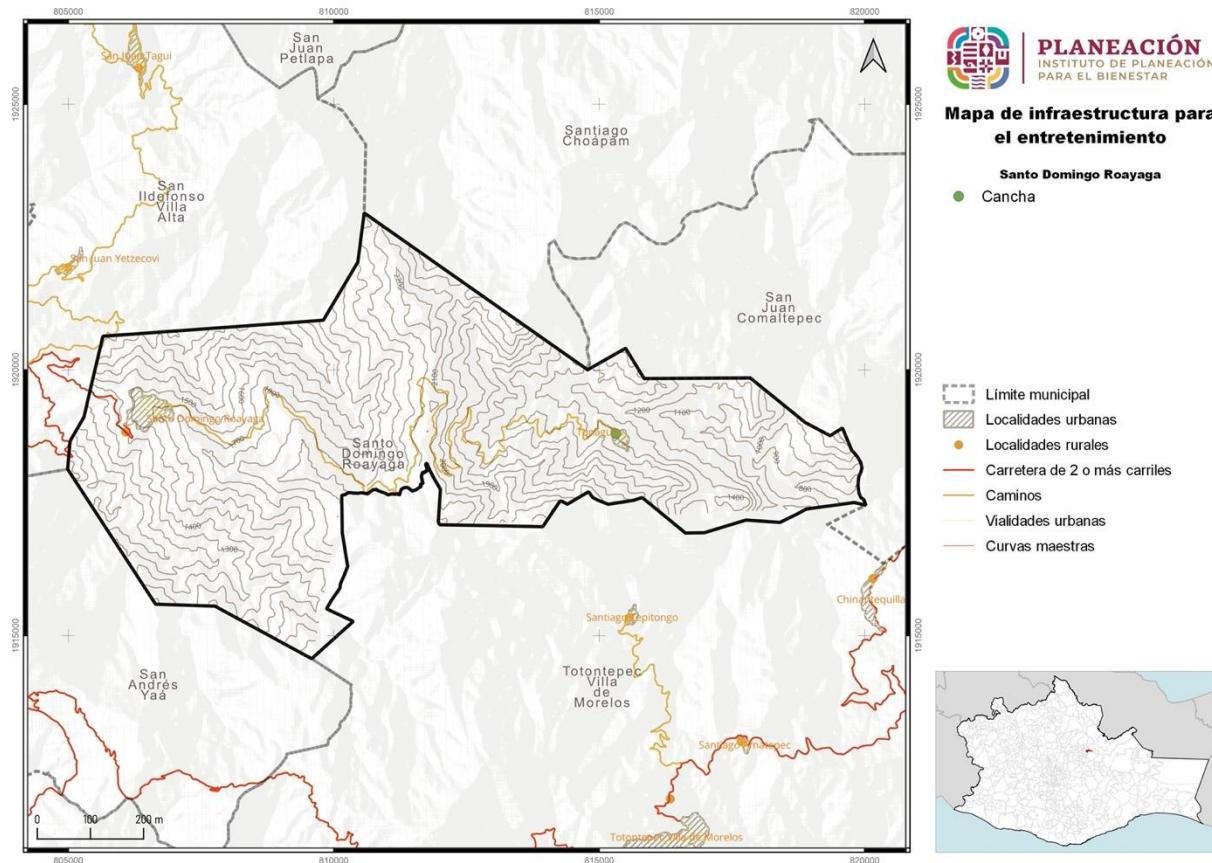


Fuente: CentroGeo, 2024

Infraestructura cultural y para el entretenimiento

La principal festividad de la población es el 4 de agosto, que se celebra el Santo Patono, Santo Domingo de Guzmán. Se celebran también el día de muertos y la navidad, con la tradición de la mayordomía.

Mapa 25. Infraestructura para el entretenimiento en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024

Sin embargo, no hay infraestructura o espacios para que se promuevan y enseñen las tradiciones ni las expresiones artísticas de las nuevas generaciones.

En cuanto al deporte, se cuenta con las canchas de la primaria y de la telesecundaria, que requieren de techados. La cancha de basquetbol está frente al Palacio Municipal. No se cuenta con otros espacios deportivos,

Infraestructura de comunicaciones y transporte

En lo referente a la infraestructura de comunicaciones y transportes, en el municipio de Santo Domingo Roayaga se distinguen 4 tipos de vialidades: calles, caminos, carreteras y veredas, diferenciando la última como de uso estrictamente peatonal, que normalmente no tiene un trazo definido.

La vialidad de mayor extensión en el territorio municipal es el camino, con 21.6 km, que contempla la vialidad que conecta a la cabecera municipal con Tonaguía, seguido de

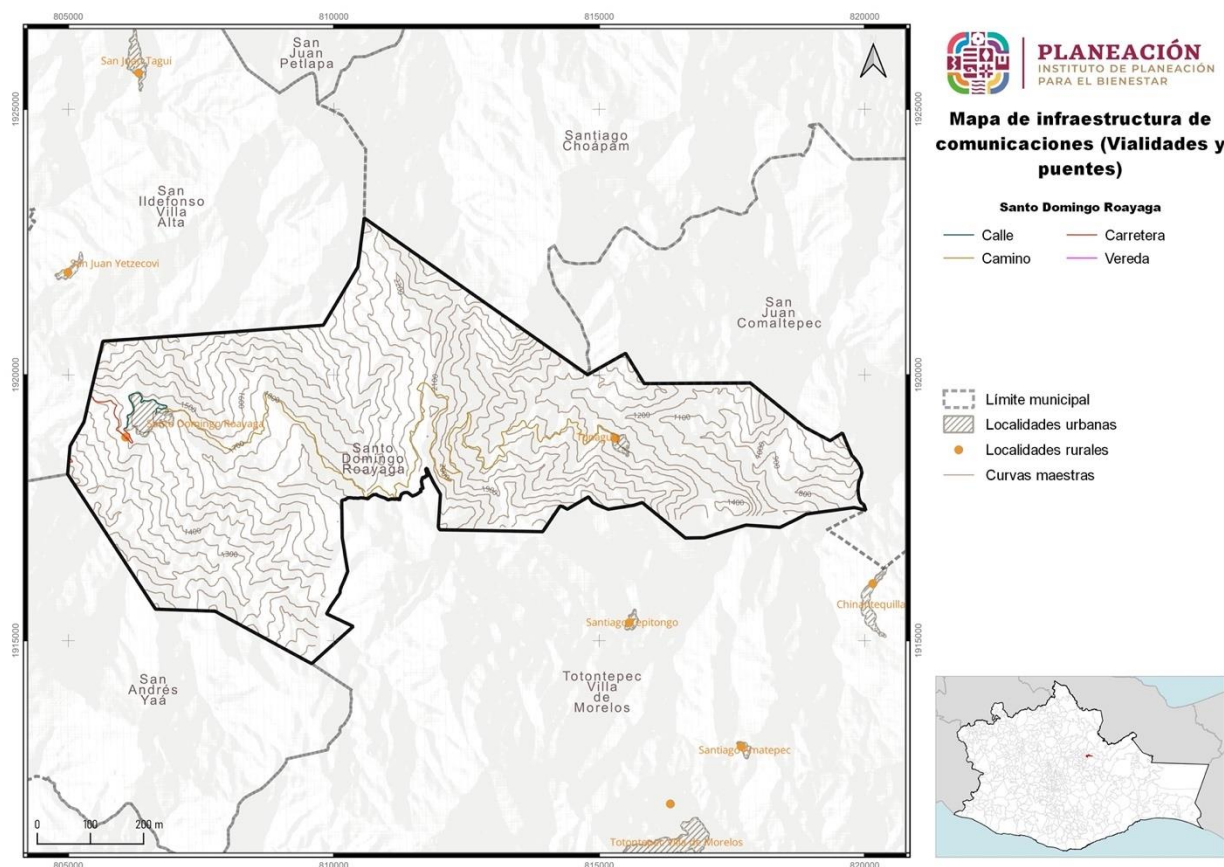
la carretera con 2. Km, que es la vialidad que viene del municipio de Villa Alta y que llega a la cabecera municipal. La siguiente vialidad es la calle, con 2. km y la vereda, que suma 0.02 km.

Tabla 28. Infraestructura de comunicaciones y transporte en el municipio de Santo Domingo Roayaga

Tipo de vialidad	Distancia (km)
Camino	21.6
Carretera	2
Calle	2
Vereda	0.02

Fuente: CentroGeo, 2024

Mapa 26. Infraestructura de comunicaciones y transporte en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024



Infraestructura de agua y saneamiento

Como ya se mencionó en el apartado de vivienda, en lo referente al agua potable entubada que llega a las viviendas, la cobertura es casi total, ya que faltan únicamente 2 viviendas con dicho servicio.

Por su parte, respecto de tratamiento de aguas residuales, aunque la cobertura de drenaje es de un poco más del 50% de las viviendas habitadas, no se cuenta con registros de plantas de tratamiento dentro del área del municipio.

En la demarcación municipal no se encuentran registradas plantas purificadoras de agua.

Infraestructura para la seguridad alimentaria

Dado que la seguridad alimentaria se da cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias y así poder llevar una vida activa y saludable, en el municipio únicamente se cuenta con una bodega de café con el objetivo de concentrar la producción local.

En la cabecera municipal se cuenta con una tienda DICONSA y al menos 13 tiendas de abarrotes. No hay una purificadora de agua local ni un mercado formal local.

Infraestructura estratégica institucional

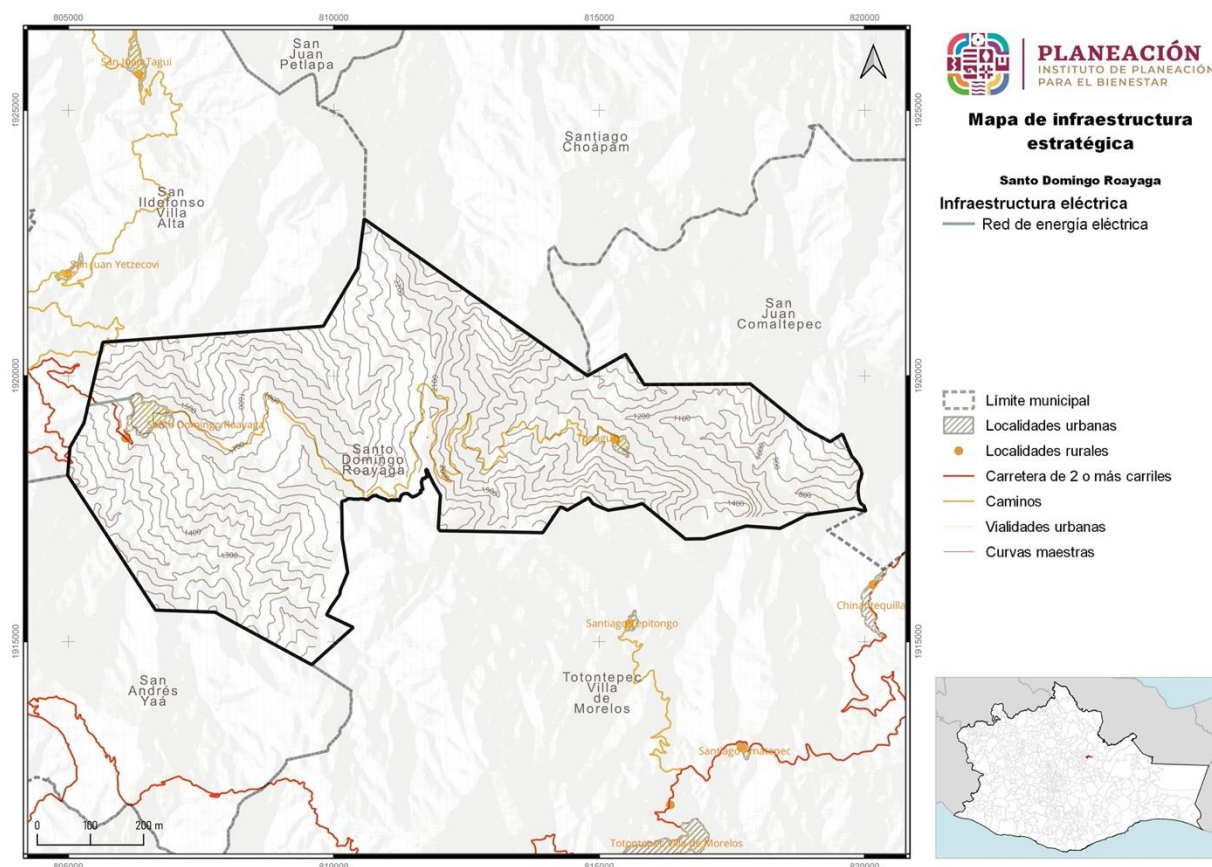
No se cuenta con antecedentes de esta Información en donde en eventos pasados haya existido presencia de instituciones estatales y federales o que la infraestructura municipal haya fungido como albergues ante la amenaza de fenómenos perturbadores.

En la actualidad no hay presencia de ninguna representación federal o estatal, sin embargo en el municipio se contabilizan 1 capilla religiosa, 1 iglesia y 1 palacio municipal que podrían ser utilizados como almacenes o como albergues en caso de alguna contingencia.

En el municipio de Santo Domingo Roayaga existe infraestructura o equipamiento establecido que puede poner en riesgo a la población, como la presencia de un punto de venta de combustible (gasolina y diésel) a granel.

En lo referente a las instalaciones para el suministro de energía eléctrica, la línea de transmisión eléctrica se localiza al este del territorio municipal. Va de la colindancia con el municipio de San Ildefonso Villa Alta a la cabecera municipal. De esta línea parte la red de distribución que da el suministro de dicho servicio a la comunidad.

Gráfica 14. Localización de infraestructura de energía eléctrica en el municipio de Santo Domingo Roayaga



Fuente: CentroGeo, 2024



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

V.1 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos geológicos

V.1.1 Inestabilidad de Laderas

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 1. 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
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 2. 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:

λ_{max} 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 3. Matrices para el cálculo de CI.

Parámetro	Pendiente	Geología	Fallas	Camino	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
Camino	1/4	1/4	1	1	2	2	3	1	0.0970



Parámetro	Pendiente	Geología	Fallas	Caminos	Carreteras	Edafología	Uso de suelo	Ríos	Promedio (peso específico)
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 4. 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 5. 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 1 y 50.

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

Parámetro	Peso Específico (A)	Suma de valores de multiplicación entre matrices (B)	Resultado de (B/A)
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

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (IC = (17.6263 - 8) / (8 - 1))$$

Cuyo resultado fue **1.3751799**

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

Tabla 6. 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*):

$$CR = CI/RI \quad CR = 1.3751799/1.41 \quad \mathbf{CR = 0.9753049}$$

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

Tabla 7. 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 8. 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 9. 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 10. 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 11. 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

$$CI = (\lambda \text{ max} - n) / (n - 1)) \text{ (IC = (5.1855 - 5) / (5 - 1))}$$

Cuyo resultado fue **0.0464**

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

Tabla 12. 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):

$$CR = CI/RI \quad CR = 0.0464 / 1.12 \quad \mathbf{CR = 0.041424299}$$

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

Tabla 13. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia

Tamaño de la matriz	Radio de Consistencia
3	$\leq 5\%$ (0.5)
4	$\leq 9\%$ (0.9)
5 o mayor	$\leq 10\%$ (.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 14. 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



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

Tabla 15. 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 16. 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 17. 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

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (IC = (5.3010 - 5) / (5 - 1))$$

Cuyo resultado fue **0.07527**

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

Tabla 18. 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*):

$$CR = CI/RI \quad CR = 0.07527/1.12 \quad \mathbf{CR = 0.0672022}$$

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

Tabla 19. 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% (1.0)

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 escombros (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 20. 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
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 21. 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 22. 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
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 23. 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 24. 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
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

$$CI = (\lambda \text{ max} - n) / (n - 1)) \quad (IC = (17.6263 - 8) / (8 - 1))$$

Cuyo resultado fue **1.3751799**

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

Tabla 25. 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*):

$$CR = CI/RI \quad CR = 1.3751799/1.41$$

$$CR = 0.9753049$$

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

Tabla 26. 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

Los deslizamientos, también conocidos como procesos de inestabilidad de laderas, son movimientos relativamente rápidos del talud, en los cuales, la masa de la roca se mueve a través de una o más superficies bien definidas y que definen la geometría del desplazamiento. Existen los siguientes tipos y subtipos:

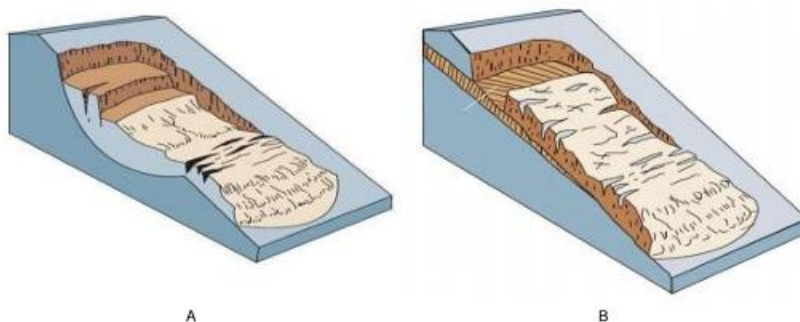
1. **Deslizamiento rotacional:** la falla se presenta por corte a través de una superficie de falla curva. Se puede presentar ya sea en rocas con fracturamiento denso y aleatorio, o bien con aquellas rocas que pueda que presenten fisionomía muy alterada.
2. **Deslizamiento traslacional:** la falla se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

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

2.2 **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.

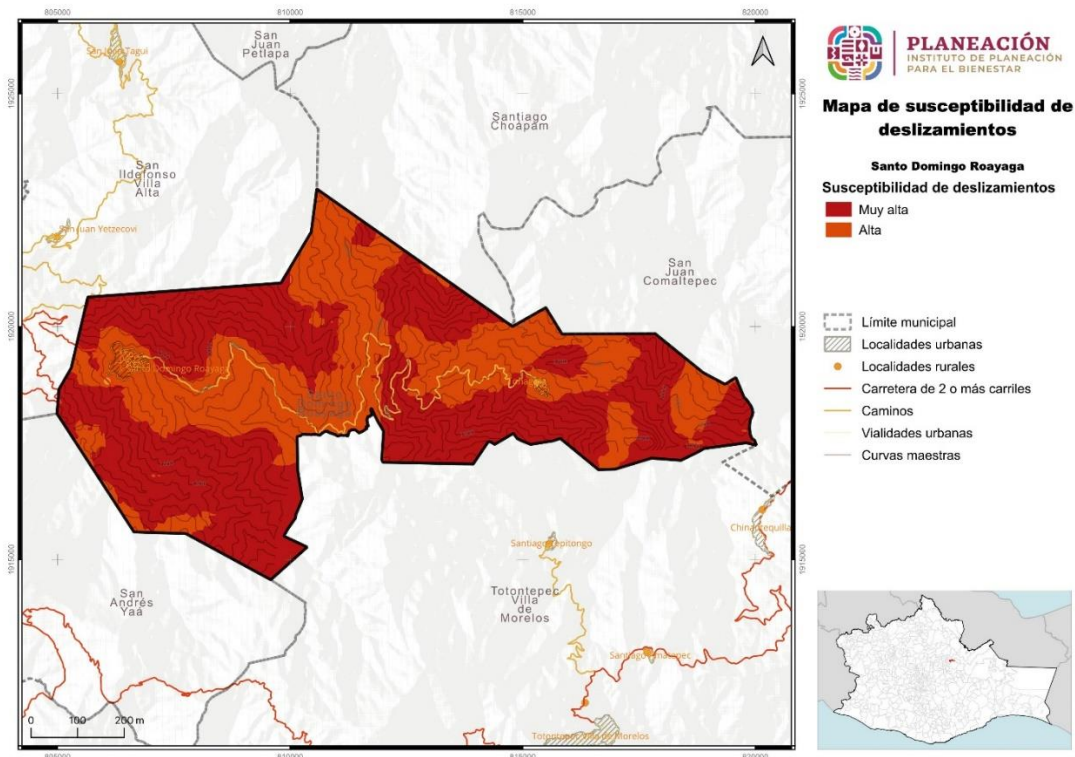
En la figura se muestra el mecanismo de potencial de falla A y B.

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



El Mapa de la susceptibilidad a la Inestabilidad de laderas indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones del terreno municipal para que pueda ocurrir inestabilidad, y se refiere únicamente a factores intrínsecos (condicionantes) de los materiales naturales de la ladera, sin considerar factores desencadenantes, como la precipitación o la sismicidad, el municipio de Santo Domingo Roayaga cuenta con una susceptibilidad **Alta** con un 41.18% (2316.39 hectáreas) y **Muy Alta** con 58.82% (3308.49 hectáreas) del territorio municipal.

Mapa 27. Peligro por deslizamientos.



En las curvas de nivel del mapa, en una superficie de 3308.49 hectáreas con peligro de susceptibilidad de deslizamiento en un grado Muy Alta.

Los criterios considerados para determinar las zonas susceptibles al mecanismo de volteo-deslizamiento, fueron los siguientes:

- 1) Zonas de terreno con pendiente entre 6° y 40° , considerando este último como la pendiente máxima para el municipio;
- 2) Las formaciones litológicas representadas por la geología del municipio, con una susceptibilidad definida de mayor a menor al mecanismo de volteo-deslizamiento;
- 3) La energía del relieve;
- 4) Longitud y cantidad de grietas en una superficie determinada;
- 5) Suma de la longitud de todos los cauces fluviales de una porción de la superficie terrestre dividida entre el área de la misma;
- 6) Precipitación total anual.



La pendiente es una de las variables de mayor importancia, por ser el principal detonante del mecanismo, asignándole una mayor intensidad al rango de pendiente de 15° a 30° intervalo donde el proceso se presenta como se observa en la tabla.

Tabla 27. Grado de intensidad

Rangos	Intensidad	Porcentaje
15° - 30°	Alta	60
30° - 45°	Media	20
6° - 15°	Baja	20
3° - 6°	-	0
0° - 3°	-	0
Total		100

Las categorías de intensidad se describen a continuación:

Muy Alta valores de pendiente de 15° a 30°; materiales geológicos de andesita, riolita-toba ácida y basalto; energía del relieve alta y muy alta; densidad de lineamiento de muy alta a baja; densidad de disección muy alta a baja; y, precipitación total anual media y alta.

Alta valores de pendiente de 6° a 45°; materiales geológicos esquisto, caliza, aluvial, andesita, basalto, basalto-brecha, riolita-toba ácida y toba ácida; energía del relieve muy alta y alta; densidad de lineamiento muy alta a baja; densidad de disección muy alta a baja, y, precipitación total anual de alta a baja.

Media valores diversos de pendiente; materiales geológicos andesita, basalto y toba ácida principalmente; energía del relieve principalmente media y alta; densidad de lineamiento de alta a baja; densidad de disección preponderó la densidad baja y media; y precipitación total de alta a baja.

Baja siendo la principal intensidad de pendiente baja; litología basalto y andesita; energía del relieve baja y media; densidad de lineamientos muy baja; densidad de disección media y baja; y precipitación total anual sin efectos por ser pendientes menores a 15°.

Muy Baja las categorías de bajas y muy bajas no cuentan con alguna variable definida de manera homogénea. Valores de pendiente baja; litología de basalto y arenisca principalmente; energía de relieve baja y media; densidad de lineamiento muy baja; densidad de disección muy baja y baja; y, precipitación anual sin efectos por ser pendientes menores a 15°.

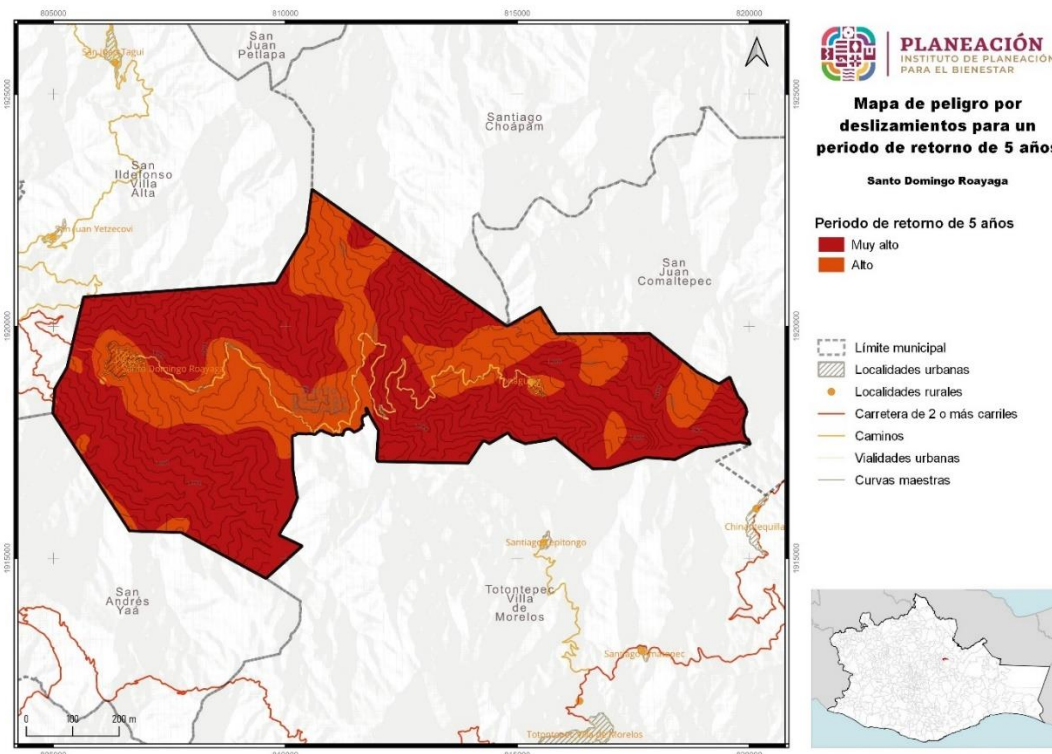


Con base en los resultados del estudio regional y las lluvias diarias máximas anuales, es posible obtener las lluvias de diseño para distintos periodos de retorno como las que se incluyen en la base de datos para los periodos de 5, 10, 20, 50 y 100 años. De igual forma, sólo representan un punto espacial de las cabeceras municipales y una duración de 24 horas.

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

Para peligros por deslizamiento en un periodo de retorno de lluvias de 5 años (**PR 5 años**) el municipio presenta un 67.91% (3825.75 hectáreas) con un nivel de Peligro **Muy Alto**, seguido de **Alto** con un 32.09% (1808.12 hectáreas) de su territorio municipal, como se presenta en el mapa correspondiente.

Mapa 28. Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años



cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

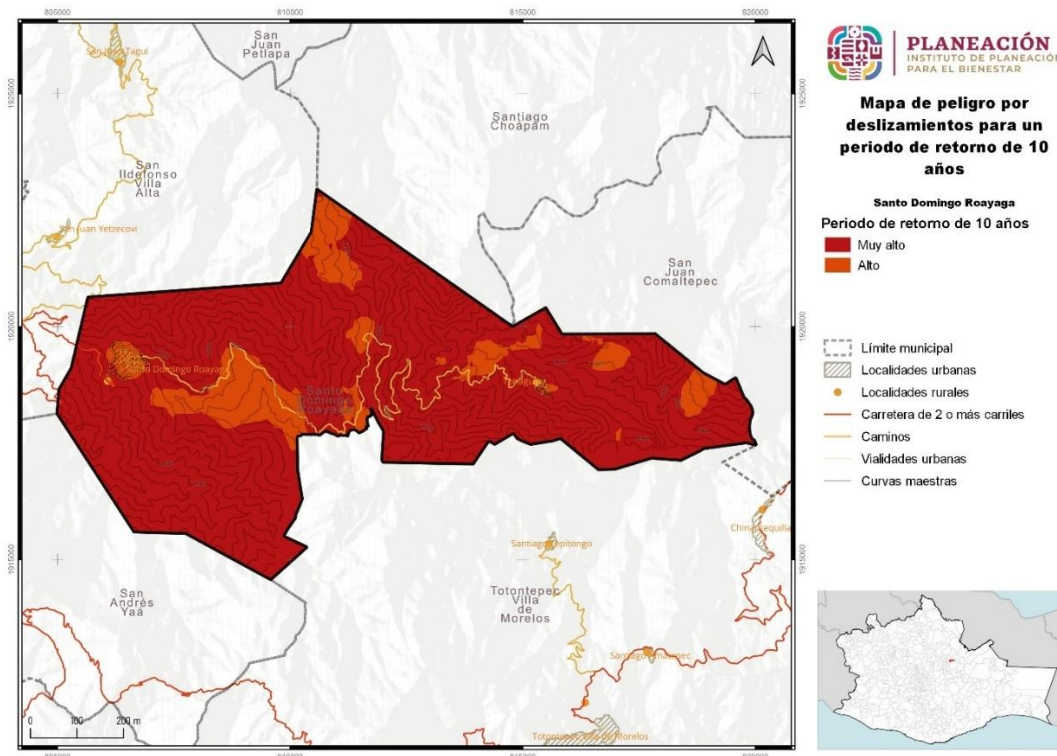


Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

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

Para peligros por derrumbes en un periodo de retorno de lluvias de 10 años (**PR 10 años**) el municipio presenta un 87.2% (4912.65 hectáreas) con un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de Alto con un 12.8% (721.22 hectáreas) de su territorio municipal, como se presenta en el mapa.

Mapa 29. Mapa de Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años



Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.



Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años, significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

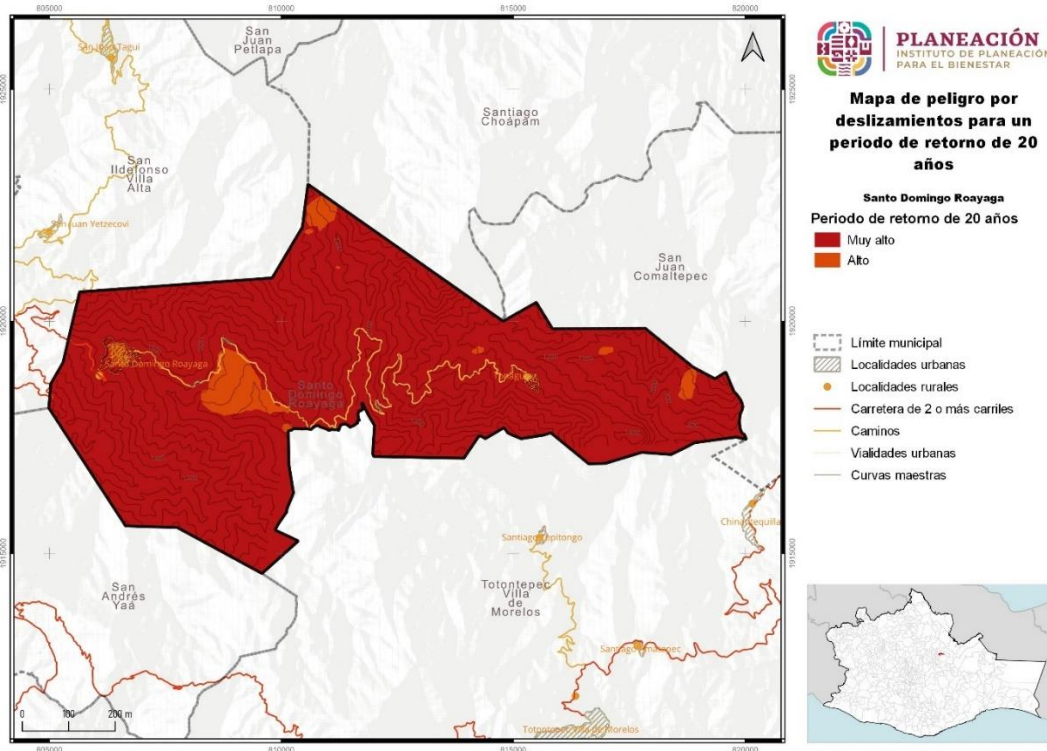
V.1.1.4 Peligro por Deslizamiento periodo de retorno de 20 años

Para peligros por derrumbes en un periodo de retorno de lluvias de 20 años **(PR 20 años)** el municipio presenta un 95.96% (5406.04 hectáreas) con un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de Alto con un 4.04% (227.85 hectáreas) de su territorio municipal.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 20 años significa que podrá ser afectada 5 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

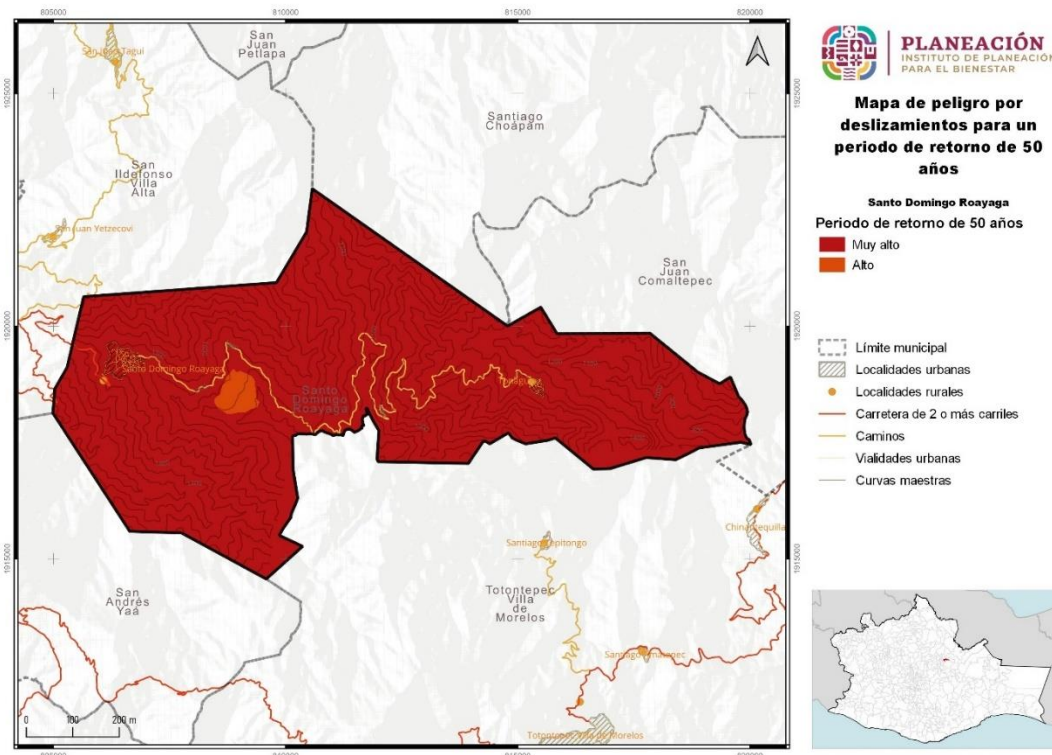
Mapa 30. Mapa de Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años



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

Para peligros por derrumbes en un periodo de retorno de lluvias de 50 años **(PR 50 años)** el municipio presenta un 98.89% (5571.44 hectáreas) con un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de Alto con un 1.11% (62.43 hectáreas) de su territorio municipal.

Mapa 31. Mapa de Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años



Cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años, significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.



Vulnerabilidad y Riesgo por deslizamiento de laderas

Se reconocieron algunas zonas propensas a presentar este tipo de procesos de remoción en masa, debido a que la población se asienta en las laderas de los cerros que presentan esta problemática.

De esta manera, el **RIESGO POR DESLIZAMIENTOS ES ALTA** en el Municipio de Santo Domingo Roayaga, debido a población expuesta en la zona urbana y rural.

V.1.1.6 Susceptibilidad por derrumbes y caídos

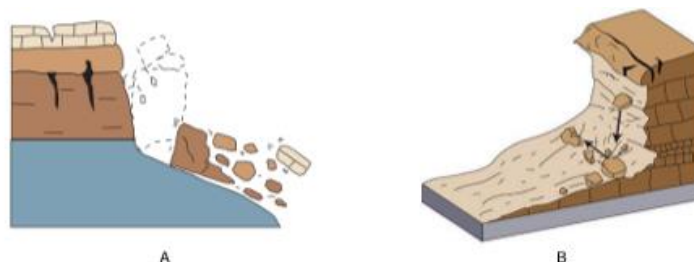
Los derrumbes son técnicamente conocidos por dos procesos llamados volteos y derrumbes, los cuales se explican brevemente a continuación y como se muestra en la figura.

1. **Volteos.** Este tipo de falla ocurre cuando la resultante de las fuerzas aplicadas a un bloque cae fuera del tercio medio en la base del mismo. El giro o volteo se produce alrededor de un punto de pivote. Este tipo de falla es común en masas rocosas con discontinuidades casi verticales.
 - **Volteo con flexión:** Se presenta cuando un sistema de discontinuidades orientado subverticalmente y con echado en contra del talud, delimita capas o columnas semicontinuas, donde la fuerza del peso induce un momento y los bloques tienden a flexionarse. Este mecanismo de falla puede ser inducido por erosión o excavaciones y alteraciones en la geometría del pie de un talud.
 - **Volteo de Bloques:** Este mecanismo de falla ocurre cuando se trata de bloques singulares que son divididos por discontinuidades muy espaciadas y con gran apertura.
2. **Caídos:** son movimientos que se refieren al descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaños y geometría variable, con fuerte pendiente de acantilados y son fuertemente influenciados por factores como la gravedad, la erosión y el agua. El movimiento puede incluir deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre. La separación y generación de bloques se produce a lo largo de una serie de discontinuidades como se muestran en las figuras A y B.
 - **Caída Primaria o desprendimiento:** Involucra material fresco que se ha separado del talud.
 - **Caída Secundaria o rodamiento:** Involucra material disgregado que ha quedado como un residuo del primario; es decir, material que se volverá a mover para depositarse en otros sitios.



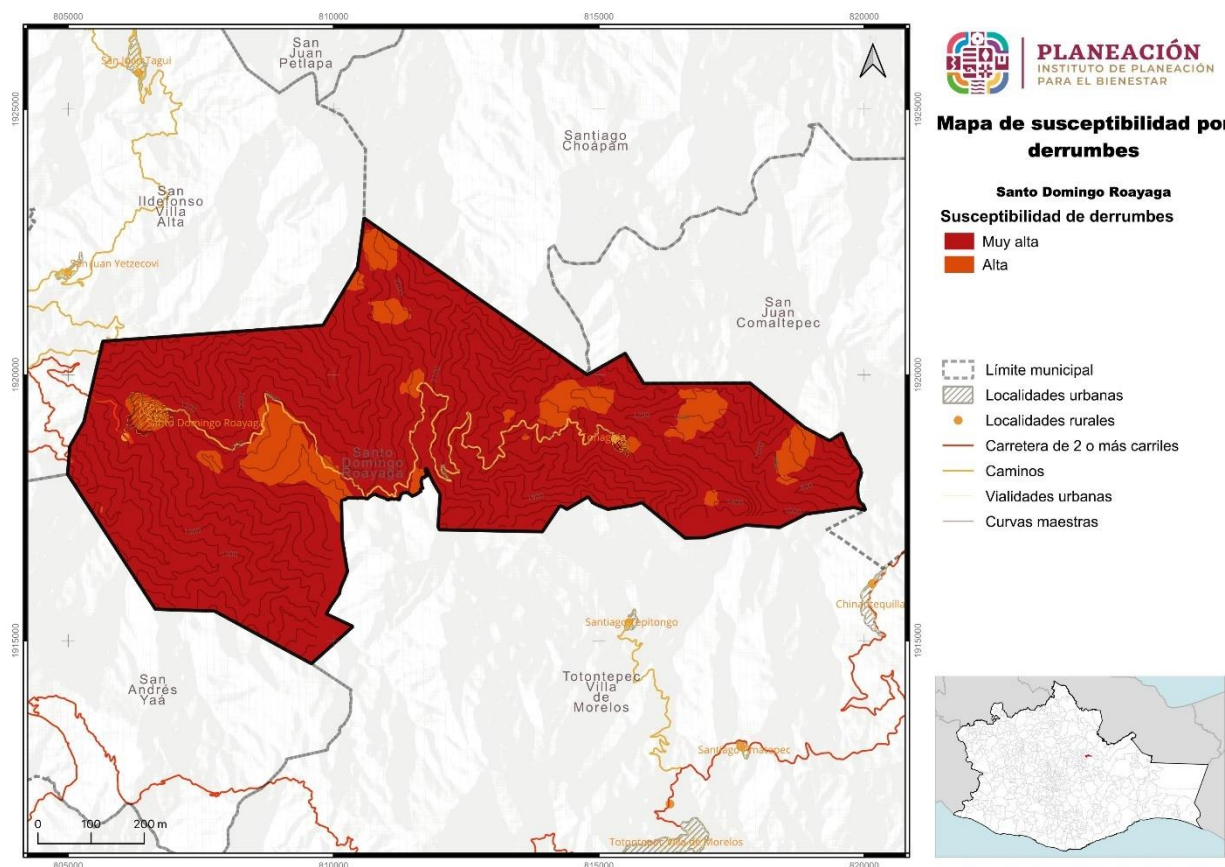
3. **Movimientos Complejos:** se refiere a la combinación de dos o más mecanismos de falla, identificados a lo largo del frente de un talud.

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



Uno de los sitios susceptibles a desarrollar procesos de remoción en masa por derrumbes se presenta en los cerros de la periferia del municipio, donde el escarpe afecta de manera directa a la población.

Mapa 32. Susceptibilidad por derrumbes

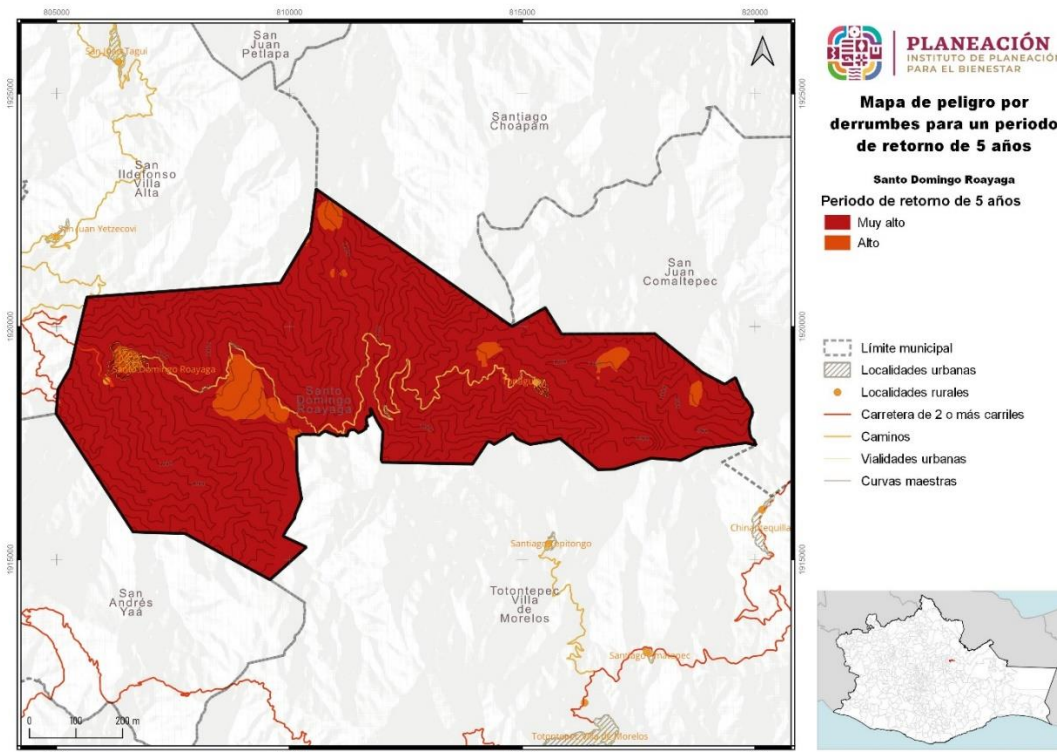


En el mapa se observa la susceptibilidad por derrumbes en casi el 95% del territorio municipal, la zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta, para Tonaguía su ubicación en la zona Muy Alta susceptibilidad.

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

Para peligros por derrumbes en un periodo de retorno de lluvias de 5 años (**PR 5 años**) el municipio presenta un 95.56% (5383.48 hectáreas) con un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de Alto con un 4.44% (250.39 hectáreas) de su territorio municipal.

Mapa 33. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años



En el mapa se observa la susceptibilidad por derrumbes casi el 96% del territorio municipal, la zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad **Alta**, para Tonaguía en la zona de **Alta a Muy Alta** susceptibilidad.

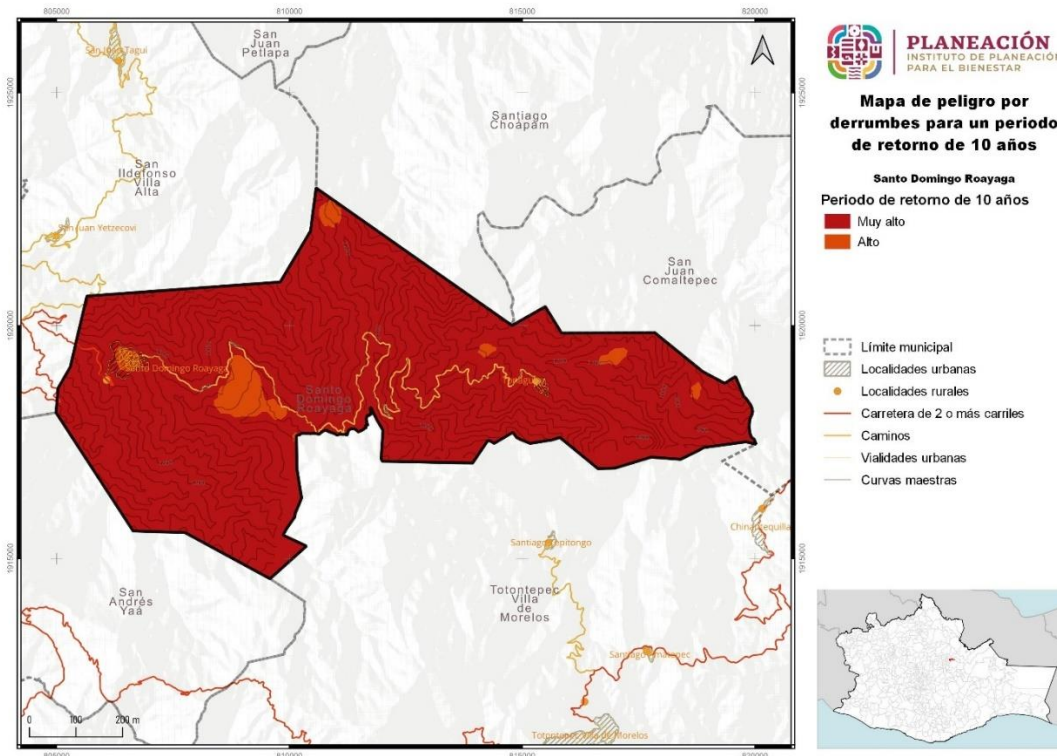
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

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

Para peligros por derrumbes en un periodo de retorno de lluvias de 10 años (**PR 10 años**) el municipio presenta un 96.8% (5453.6 hectáreas) con un nivel de Peligro **Muy Alto**, seguido de Alto con un 3.2% (180.27 hectáreas) de su territorio municipal.

Mapa 34. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años



En el mapa se observa la susceptibilidad por derrumbes casi el 96% del territorio municipal, la zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta, para Tonaguía en la zona Muy Alta susceptibilidad.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

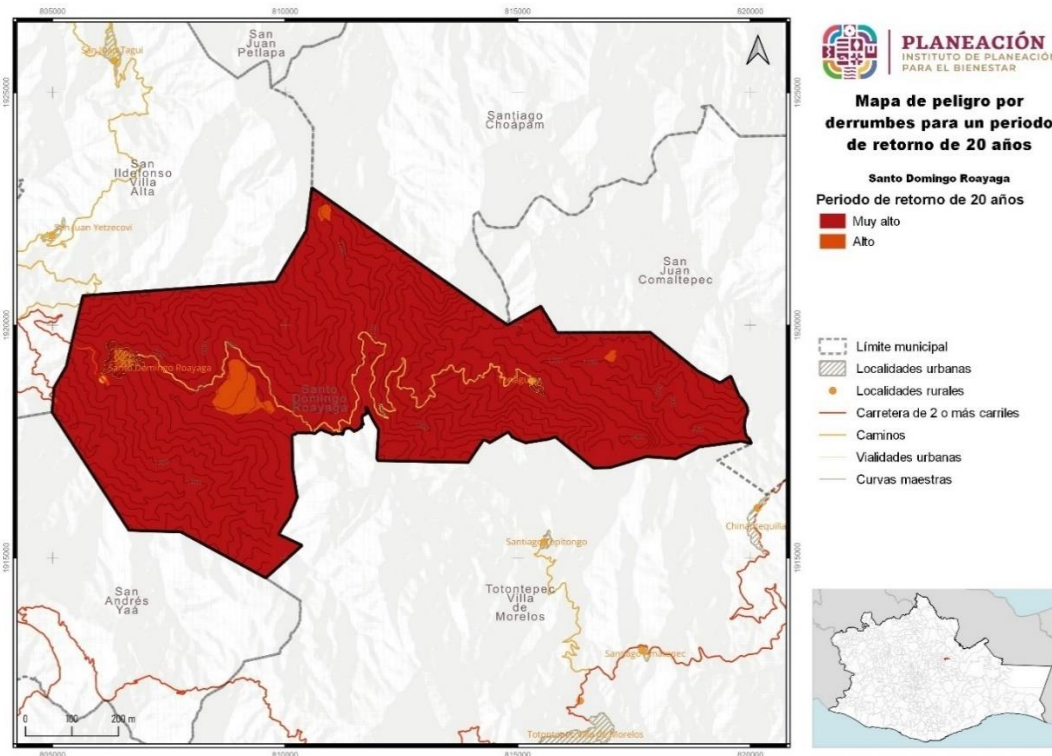


Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

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

Para peligros por derrumbes en un periodo de retorno de lluvias de 20 años **(PR 20 años)** el municipio presenta un 98.09% (5526.51 hectáreas) con un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de Alto con un 1.91% (107.36 hectáreas) de su territorio municipal.

Mapa 35. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años



En el mapa se observa la susceptibilidad por derrumbes casi el 98% del territorio municipal, la zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta a Muy Alta, para Tonahuá en la zona Muy Alta susceptibilidad.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.



Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 20 años significa que podrá ser afectada 5 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

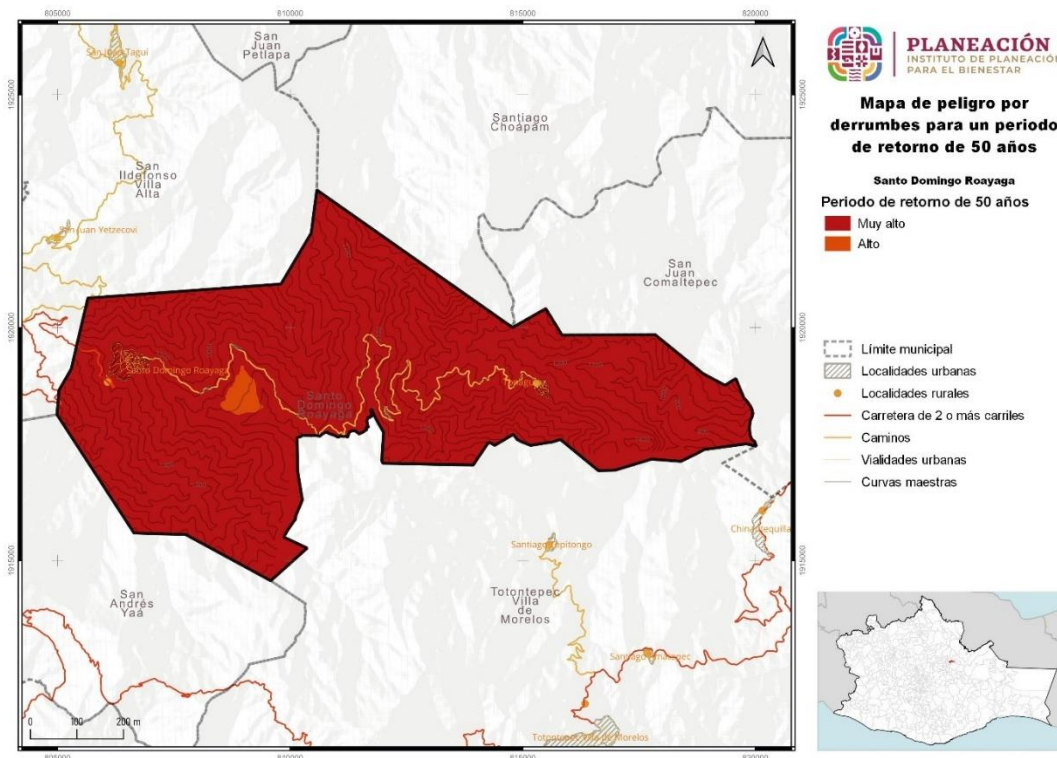
V.1.1.10 Peligro por Derrumbe periodo de retorno de 50 años

Para peligros por derrumbes en un periodo de retorno de lluvias de 50 años **(PR 50 años)** el municipio presenta un 99% (5577.53 hectáreas) con un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de Alto con un 1.0% (56.34 hectáreas) de su territorio municipal.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción y ordenamiento territorial.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de derrumbes en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

Mapa 36. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años





En el mapa se observa la susceptibilidad por derrumbes el 99% del territorio municipal, la zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Muy Alta, para Tonaguía en la zona de Muy Alta susceptibilidad.

Vulnerabilidad y riesgo por derrumbes

En el Municipio de Santo Domingo Roayaga se reconocieron zonas propensas a presentar este tipo de procesos de remoción en masa, que afectarían viviendas o infraestructura, debido a que la población se asienta en la parte de las laderas de los cerros cercanos. De esta manera, el **RIESGO POR DERRUMBES ES MUY ALTO** en general para el Municipio, debido a la presencia de población expuesta, como se observa en el mapa.

Caída de detritos

Este tipo también conocido como debris flows 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. La fuente de material se encuentra en los depósitos de ladera y de alteración, en el mapa se puede observar las curvas de nivel y donde se ubica la zona urbana de Santo Domingo Roayaga.

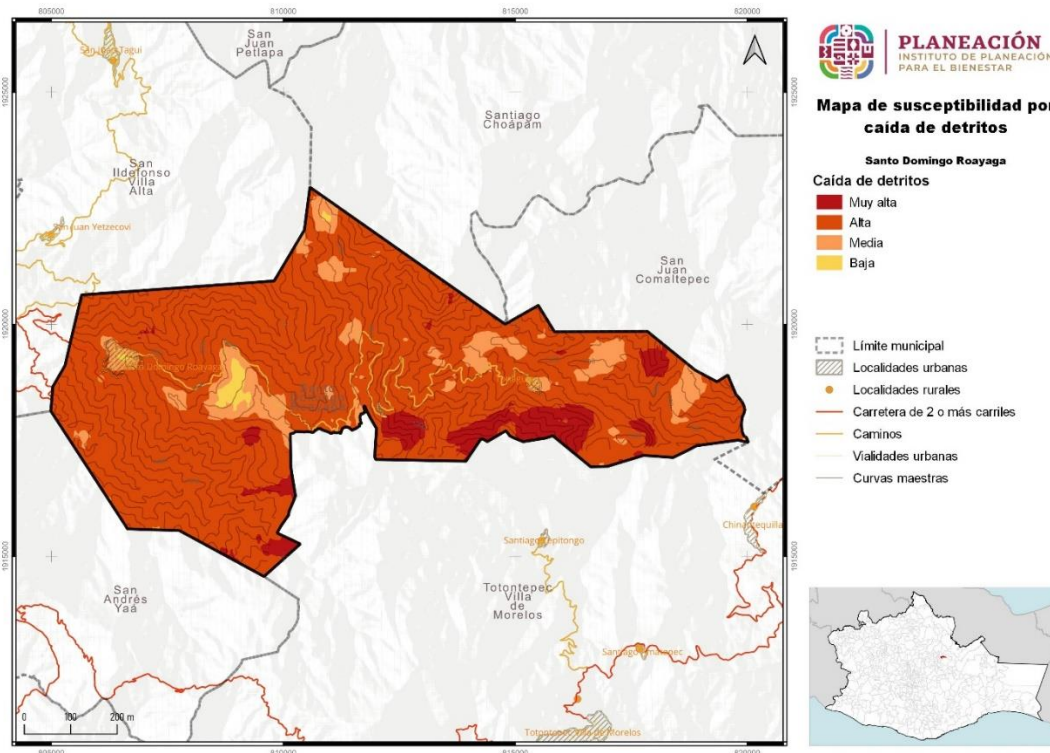
En las montañas podemos tener otra de las áreas de alimentación que son los depósitos aluviales correspondientes a anteriores etapas de actividad fluvial y en el municipio de Santo Domingo Roayaga presenta estas características con niveles de caída de detritos en una escala Baja en un 0.83% (46.75 hectáreas), Media con 9.02% (508.1 hectáreas), **Alta** con 83.37% (4696.94 hectáreas) y Muy Alta con 6.78% (382.03 hectáreas), como se muestra en el mapa.

La zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta en un 100% de la zona urbana, para Tonaguía está en la zona Media de susceptibilidad.

Vulnerabilidad y riesgo por detritos

En el Municipio de Santo Domingo Roayaga se reconocieron varias zonas propensas a presentar este tipo de procesos de remoción en masa, que afectarían viviendas o infraestructura, debido a que la población se asienta en la parte de las laderas de los cerros cercanos. De esta manera, el **RIESGO POR DETRITOS ES ALTO** en general para el Municipio.

Mapa 37. Mapa de susceptibilidad por detritos



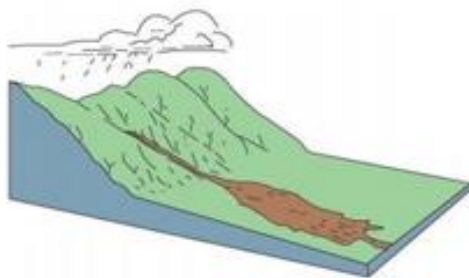
V.1.1.11 Susceptibilidad por flujos

Los Flujos son movimientos de detritos bajo 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 del 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 escombros y/o material re trabajado.

Avalancha. Son flujos extremadamente rápidos de detritos secos. Algunos deslizamientos o caídas de roca de gran magnitud se pueden convertir en avalanchas.

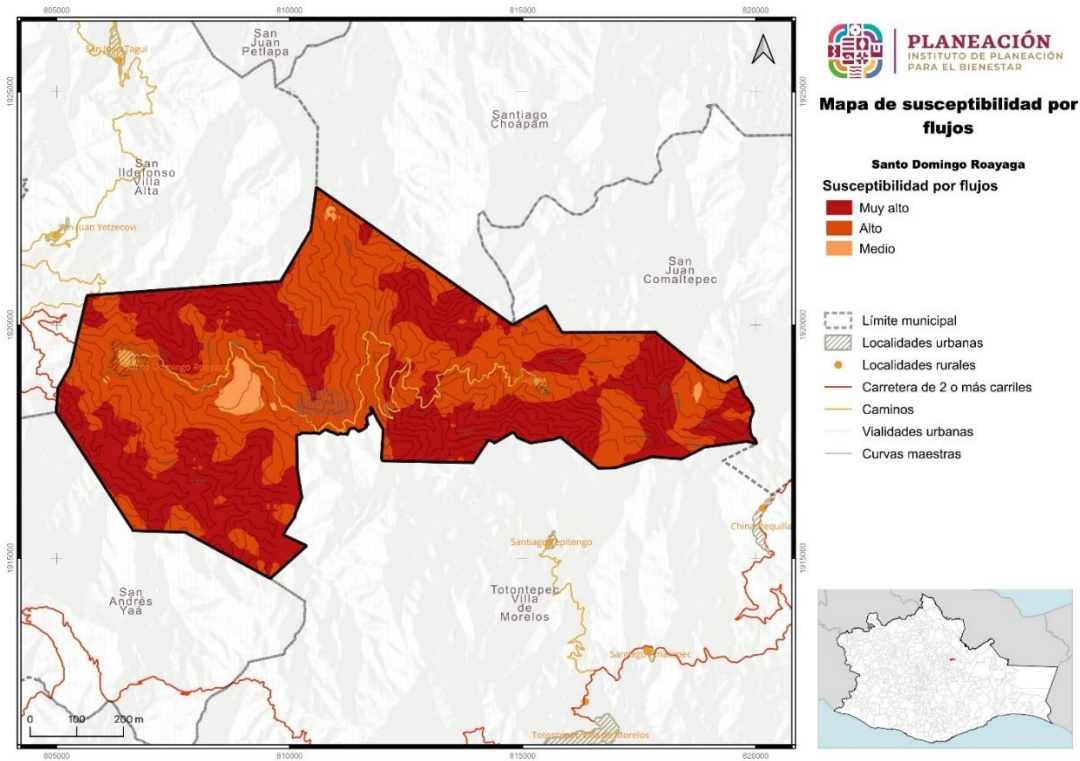
Imagen 5. Mecanismo potencial de Flujos



Peligro por Flujos

Entendida como la predisposición que tiene una ladera a desarrollar un proceso de remoción en masa, el análisis de susceptibilidad a flujos se presenta mediante una metodología de análisis espacial, basada en la asignación de puntajes para cada elemento que conforma cada una de las seis variables que componen el presente análisis. Posteriormente se ponderaron las variables de acuerdo con su importancia para detonar el proceso de flujos. Santo Domingo Roayaga presenta estas características con niveles de flujo en una escala Media con 1.83% (102.88 hectáreas), **Alta** con 51.76% (2911.22 hectáreas) y Muy Alta con 46.41% (2610.76 hectáreas), como se muestra en el mapa.

Mapa 38. Mapa susceptibilidad por flujos



Vulnerabilidad y riesgo por Flujos

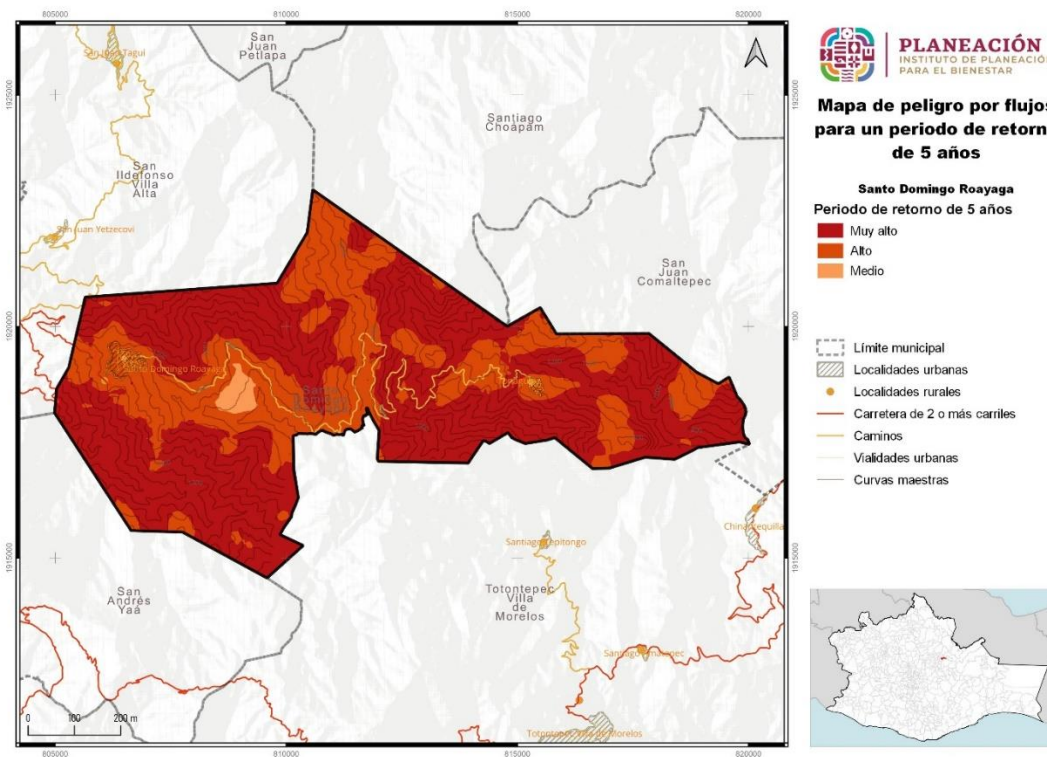
En el Municipio de Santo Domingo Roayaga se reconocieron algunas zonas propensas a presentar este tipo de procesos de remoción en masa, que afectarían edificaciones, viviendas o infraestructura, debido a que ocurrirían en las laderas de los cerros. De esta manera, el **RIESGO POR FLUJOS ES ALTO** en el Municipio de Santo Domingo Roayaga debido a la población expuesta.

V.1.1.12 Peligro por Flujos periodo de retorno de 5 años

Con base en los resultados del estudio regional y las lluvias diarias máximas anuales, es posible obtener las lluvias de diseño para distintos periodos de retorno como las que se incluyen en la base de datos para los periodos de 5, 10, 20, 50 y 100 años. De igual forma, sólo representan un punto espacial de las cabeceras municipales y una duración de 24 horas.

Para flujos en un periodo de retorno de lluvias de 5 años (**PR 5 años**), el municipio presenta más del 50% de su territorio un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de un nivel Alto, y finalmente con porcentaje mínimo de grado Medio en su territorio municipal.

Mapa 39. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 5 años





La zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta en un 100% de la zona urbana, para Tonaguía está en la zona Alta de susceptibilidad en un 100% de la zona rural.

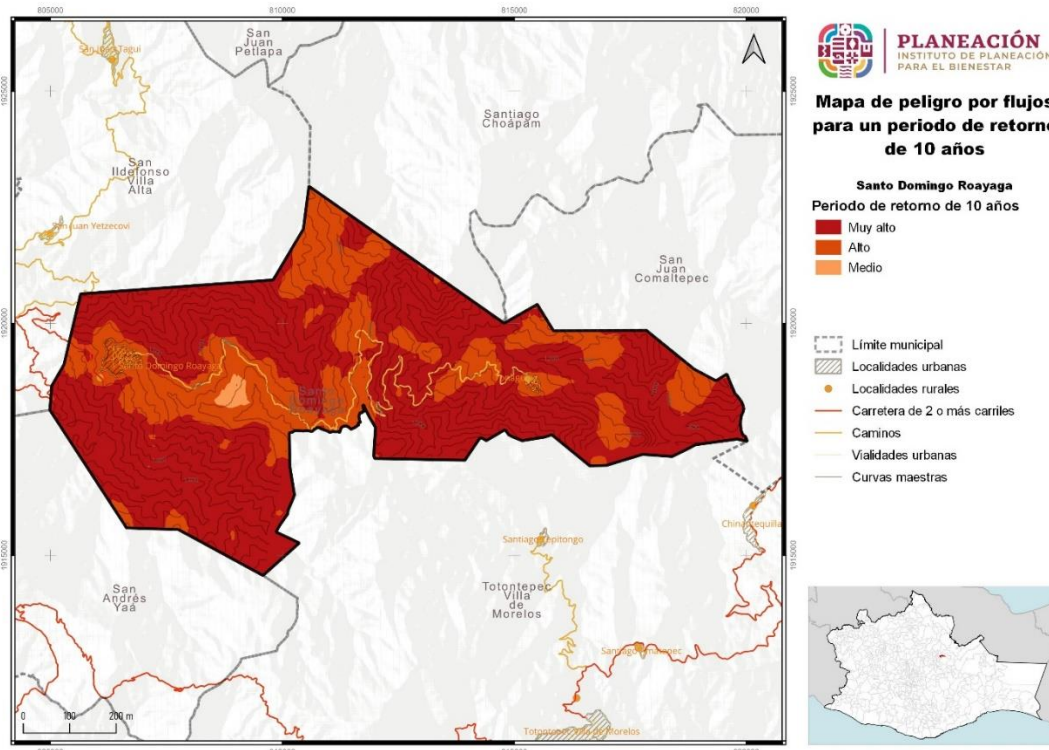
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años, significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de flujos en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.1.1.13 Peligro por flujos periodo de retorno de 10 años

Para flujos en un periodo de retorno de lluvias de 10 años **(PR 10 años)**, el municipio presenta más del 50% de su territorio un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de un nivel Alto, y finalmente con porcentaje mínimo de grado Medio en su territorio municipal.

Mapa 40. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 10 años





La zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta en un 100% de la zona urbana, para Tonaguía está en la zona Alta de susceptibilidad en un 100% de la zona rural.

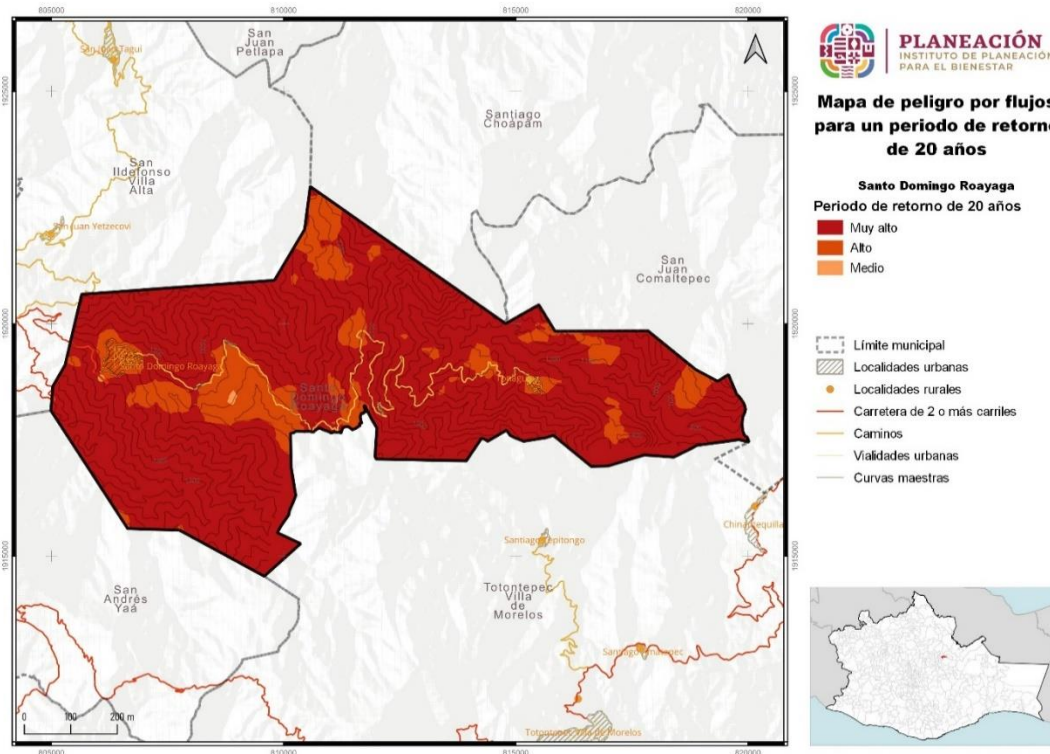
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años, significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de flujos en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.1.1.14 Peligro por Flujos periodo de retorno de 20 años

Para flujos en un periodo de retorno de lluvias de 20 años (**PR 20 años**), el municipio presenta más del 80% de su territorio un nivel de Peligro Muy Alto, seguido de un nivel Alto, y finalmente con porcentaje mínimo de grado Medio en su territorio municipal.

Mapa 41. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 20 años





La zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta en un 100% de la zona urbana, para Tonaguía está en la zona Alta de susceptibilidad en un 100% de la zona rural.

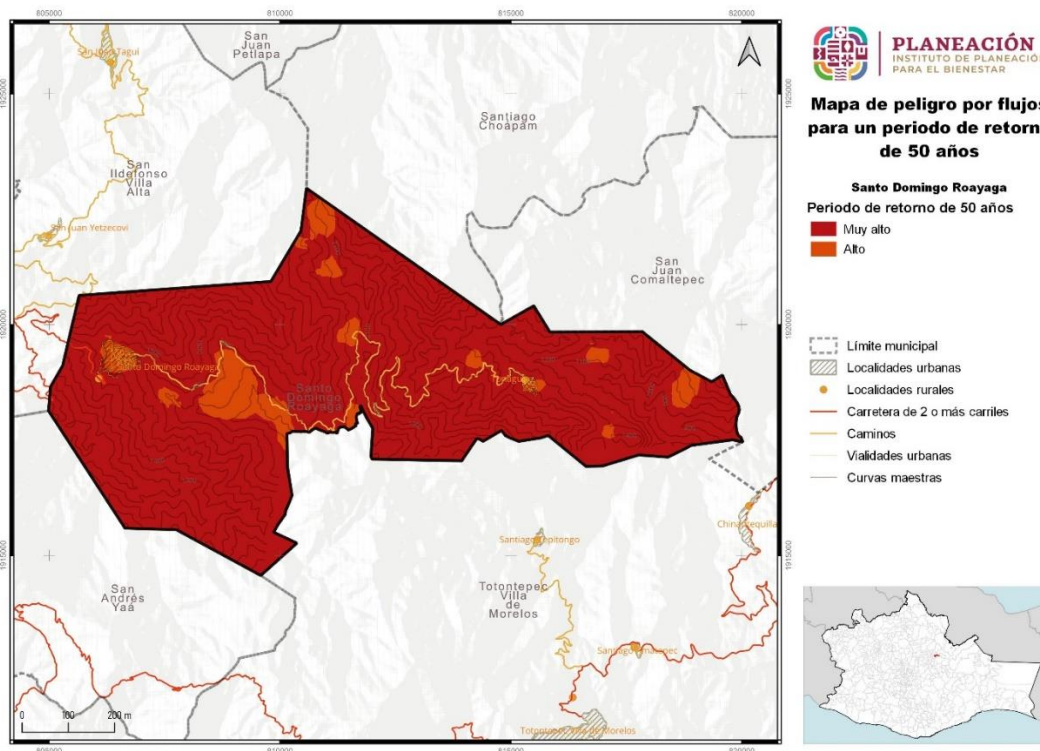
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 20 años significa que podrá ser afectada 5 veces en un siglo, a consecuencia de flujos en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.1.1.15 Peligro por flujos periodo de retorno de 50 años

Para flujos en un periodo de retorno de lluvias de 50 años (**PR 50 años**), el municipio presenta un 92.68% (5221.63 hectáreas) un nivel de Peligro **Muy Alto**, seguido de Alto con un 7.32% (412.24 hectáreas), de su territorio municipal.

Mapa 42. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 50 años





La zona urbana de Santo Domingo Roayaga se ubica en una zona de susceptibilidad Alta en un 100% de la zona urbana, para Tonaguía está en la zona Alta de susceptibilidad en un 100% de la zona rural; se observa que para este periodo de retorno aumenta cada vez más en el territorio la amenaza de peligro Muy Alto.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de flujos en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.1.2 Sismo

Es uno de los fenómenos derivados de la dinámica interna de la Tierra que se ha presentado a lo largo de la historia geológica. Los sismos no pueden predecirse, no existe un procedimiento confiable que establezca con claridad fecha y sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento. Sin embargo, se presentan en regiones definidas por los límites de placas a nivel regional y se cuenta con una estimación de las magnitudes máximas, en función de los antecedentes históricos y estudios geofísicos (CENAPRED, 2004:2006).

En el caso de la República Mexicana, ésta se localiza en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo llamada Cinturón de Fuego. De esta forma, la alta sismicidad que afecta al país se origina en la fosa Mesoamericana en el límite de las placas de Cocos y Rivera con Norteamérica, así como en el sistema de fallas de San Andrés en Baja California, y Polochic-Motagua en Chiapas (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Intensidad Sísmica

La intensidad de un sismo se refiere a un lugar determinado; se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y, en general, en el terreno natural.

En la tabla se muestra la escala de intensidad de Mercalli modificada abreviada. Para cada grado se presentan, de manera resumida, los principales efectos asociados.

Tabla 28. Escala de Intensidad de Mercalli Modificada Abreviada

Escala de Intensidad de Mercalli Modificada	
I	No sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos suspendidos pueden oscilar delicadamente.
III	Sentido muy claramente en interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, pero mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras corrientes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente; considerables en edificios corrientes sólidos con colapso parcial; grande en estructuras de construcción pobre. Paredes separadas de la estructura. Caída de chimeneas, rimeros de fábricas, columnas, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Eyección de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Conductores de automóviles entorpecidos.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunos edificios bien contruidos en madera, destruidos; la mayoría de las obras de estructura de ladrillo, destruidas junto con los cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel, deformadas. Objetos lanzados al aire.



Magnitud Sísmica

La magnitud de un sismo es un **número que busca caracterizar el tamaño de un sismo y la energía sísmica liberada**. Se mide en una escala logarítmica, de tal forma que cada unidad de magnitud corresponde a un incremento de raíz cuadrada de 1000, o bien, de aproximadamente 32 veces la energía liberada.

Trabajo de campo.

Consistió en realizar visitas a la cabecera municipal y barrio del municipio. El objetivo principal es describir las características geológicas de materiales, como: tipo de roca, fallas, fracturas, grado de alteración, resistencia, contenido de agua y cobertura de suelo; así como las características geomorfológicas como pendiente, elementos del relieve, valles, terrazas, densidad de drenaje y la identificación de los diferentes tipos de peligros geológicos y sus características. La información recabada fue georreferenciada mediante el uso del Kobo Toolbox.

Integración de la información.

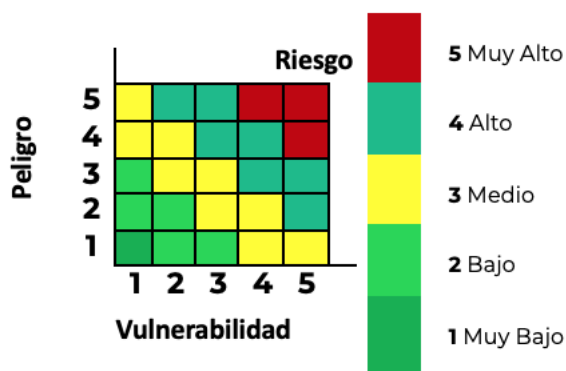
Con los datos obtenidos en campo y el cruce de los mapas temáticos de los factores condicionantes capaces de producir un peligro geológico, se elaboraron los mapas de peligros y susceptibilidad, estableciéndose los diferentes grados de ocurrencia de cada fenómeno. Asimismo, se realizó la interpretación de los datos y se obtuvieron parámetros estadísticos.

Para determinar las probabilidades de ocurrencia de distintos fenómenos en el Atlas, se obtuvieron datos de campo, bibliografía y cartografía temática, entrevistas con académicos, autoridades y actores locales del municipio.

Para mostrar los resultados de los estudios de peligro a nivel local se utilizaron mapas, encuestas; en estos mapas se identificaron los tipos e intensidades de los eventos que ocurrieron y pueden ocurrir plasmándolas en una línea de tiempo. Los mapas se integraron al SIG municipal, el cual tiene como objetivo difundir información sobre los problemas que se presentan en el municipio y tener una visión sistémica sobre la distribución geográfica de los riesgos y que pueda constituirse como una base de conocimiento, y un instrumento operativo para los programas y planes de Protección Civil (PC).

Para el estudio individual de cada riesgo, es importante explicar algunos conceptos generales sobre la medición del riesgo. El riesgo se calcula en función de una formulación probabilística, que se expresa de la manera que se describe a continuación.

Imagen 6. Matriz de Riesgo



$$Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad$$

$$R = P \times V$$

Peligro (P), probabilidad de ocurrencia de un evento de cierta intensidad, tal que pueda ocasionar daños en un sitio dado. **Vulnerabilidad (V)**, se expresa como una probabilidad de daño. Finalmente, **Riesgo** es el resultado de los dos factores más la exposición o valor.

Peligros Geológicos

Los fenómenos de origen geológico capaces de provocar daños se dividen en procesos geodinámicos externos e internos. Los externos afectan a la superficie terrestre mediante la erosión de transporte de suelos y rocas, inducidos por precipitaciones pluviales extremas, huracanes y tormentas tropicales. Los internos tienen su origen en fuerzas internas del planeta que provienen de la actividad sísmica, volcánica y tectónica de placas.

La magnitud e intensidad de todos estos fenómenos son factores decisivos para su clasificación en diferentes categorías de peligro y período de recurrencia.

A continuación, se hace una descripción de cada uno de los procesos capaces de provocar daños en el municipio.

Tabla 29. Resumen de los principales procesos geológicos capaces de provocar daños.

Procesos geodinámicos internos	<ul style="list-style-type: none"> • Terremotos (fallas, fracturas); • Vulcanismo (derrames de lava, caída de cenizas, flujos piro-plásticos, lahares y avalanchas de escombros).
Procesos geodinámicos externos	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción en masa (deslizamientos, flujos de lodo, derrumbes); • Hundimientos y subsidencia; • Licuefacción.

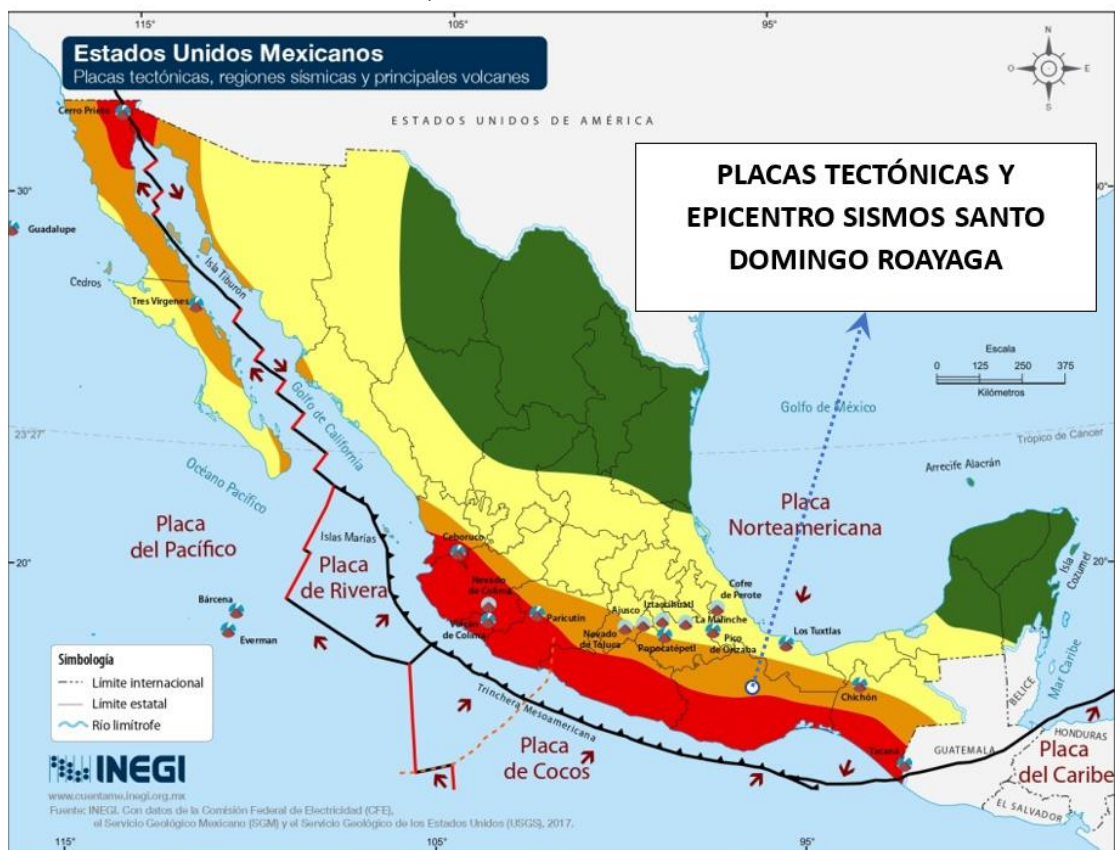
Sistemas Expuestos

De acuerdo con los postulados actuales sobre la teoría del riesgo, éste se compone de tres elementos: 1) Peligro, 2) Vulnerabilidad y 3) Exposición o Valor. El **peligro o amenaza** muestra la probabilidad que tiene un fenómeno a provocar una perturbación en la sociedad o en un ecosistema, como un terremoto, una erupción volcánica, un huracán, una inundación, una sequía o un deslizamiento de tierras; en tanto que la **vulnerabilidad** es la susceptibilidad o capacidad que tiene la población y su infraestructura para afrontar el peligro, y la **exposición o valor** refleja la posible pérdida potencial de vidas humanas y daños económicos o de la infraestructura. Estos tres elementos constituyen el riesgo. Se habla de un **“desastre”** cuando las autoridades y la población son rebasadas por el fenómeno, y el ambiente físico y antrópico tarda mucho tiempo para restablecer sus sistemas o procesos.

Placas Tectónicas detonadores de sismos en el Municipio

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, en la figura se muestra estas placas.

Mapa 43. Placas tectónicas



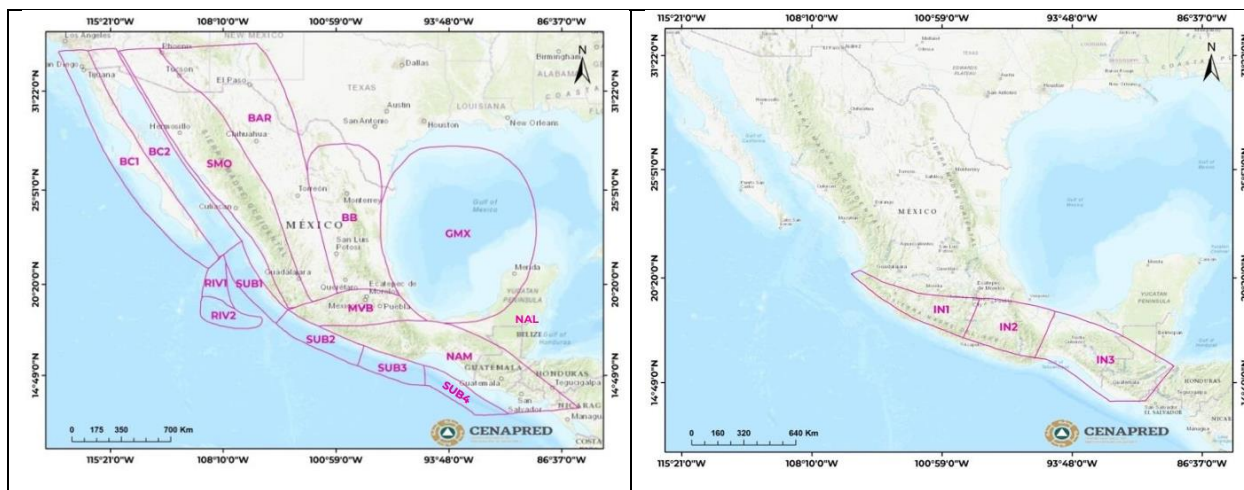
Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2015)

V.1.2.1. Peligro/amenaza por sismo

De acuerdo con el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2015), el territorio nacional se encuentra clasificado en cuatro zonas sísmicas: **A, B, C y D**, las cuales representan un nivel creciente de peligro. Esta clasificación del territorio permite conocer, en términos generales, el nivel de peligro sísmico que tiene un área determinada y se emplea en los reglamentos construcción para fijar los requisitos mínimos que deben seguir los proyectistas, diseñadores y constructores en las edificaciones y otras obras civiles, de tal manera que éstas resulten suficientemente seguras ante los efectos producidos por un sismo.

En México ocurren sismos de todos los tipos, aunque la profundidad máxima observada es menor que en otras zonas del mundo (e.g menor a 600 km). La figura muestra la regionalización sismo tectónica en la que se basa en manual de construcción de obras civiles de la Comisión Federal de Electricidad (F.R. Zúñiga, G. Suárez y A. Figueroa S. en prensa, 2011) dicha regionalización está siempre en proceso de actualización conforme se obtienen más y mejores datos, como se muestra en los mapas.

Imagen 7. Regionalización Sismo tectónica



Regionalización sismo tectónica de la República Mexicana. Sismos someros y Profundos.



Tabla 30. 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 (Pacífico-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 31. Regionalización sismotectónica de la República Mexicana-sismos intermedios

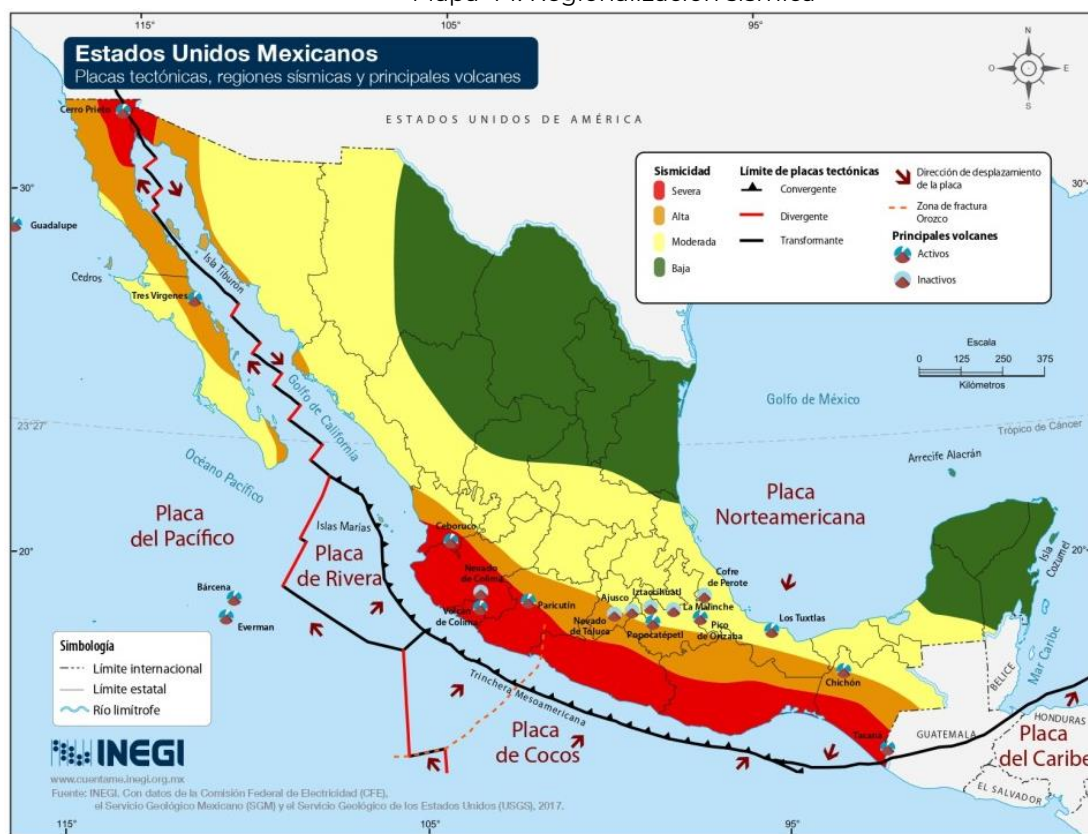
Región	Características
SISMOS INTERMEDIOS	
IN1	Zona de eventos intraplaca (Cocos) de profundidad intermedia (40 Km < h < 120 Km). Relacionados a la interface Cocos-NOAM
IN2	Zona de eventos intraplaca (Cocos) de profundidad intermedia. Relacionados a la zona de transición.
IN3	Zona de eventos intraplaca (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 ($40 \text{ km} < h < 260$ 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 ($40 \text{ km} \leq h < 460$ 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 Santo Domingo Roayaga, Oax., 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 44. Regionalización sísmica



Fuente: Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2015)



Mapas de aceleraciones para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

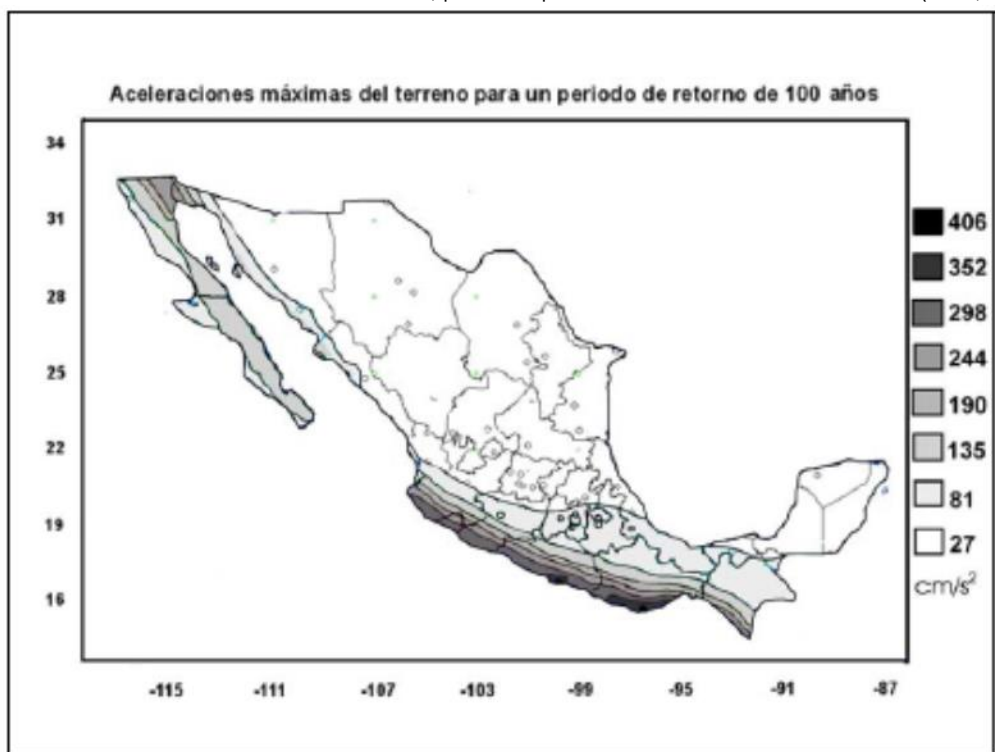
Estos mapas contienen información fundamental para especialistas de diseño de la construcción con un enfoque de protección civil, aportando información de niveles de peligro para un sitio dado en función de la vida útil de la mayoría de las construcciones e intensidades en términos de aceleración del 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 45. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 10 años (CFE, 2010)





Mapa 46. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 100 años (CFE, 2010)



Mapa 47. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 500 años (CFE, 2010).

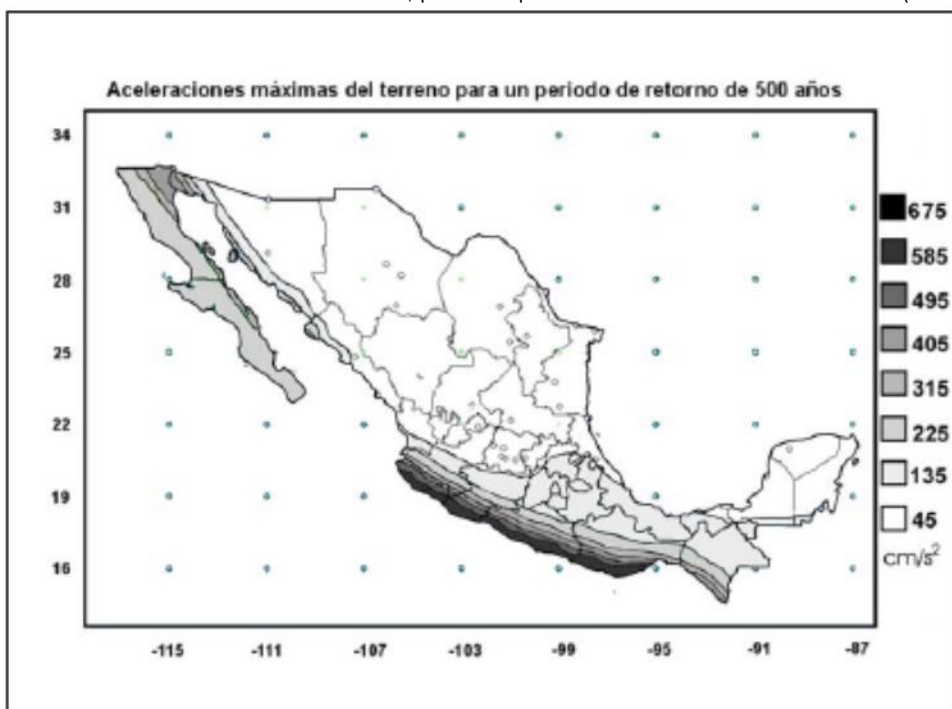




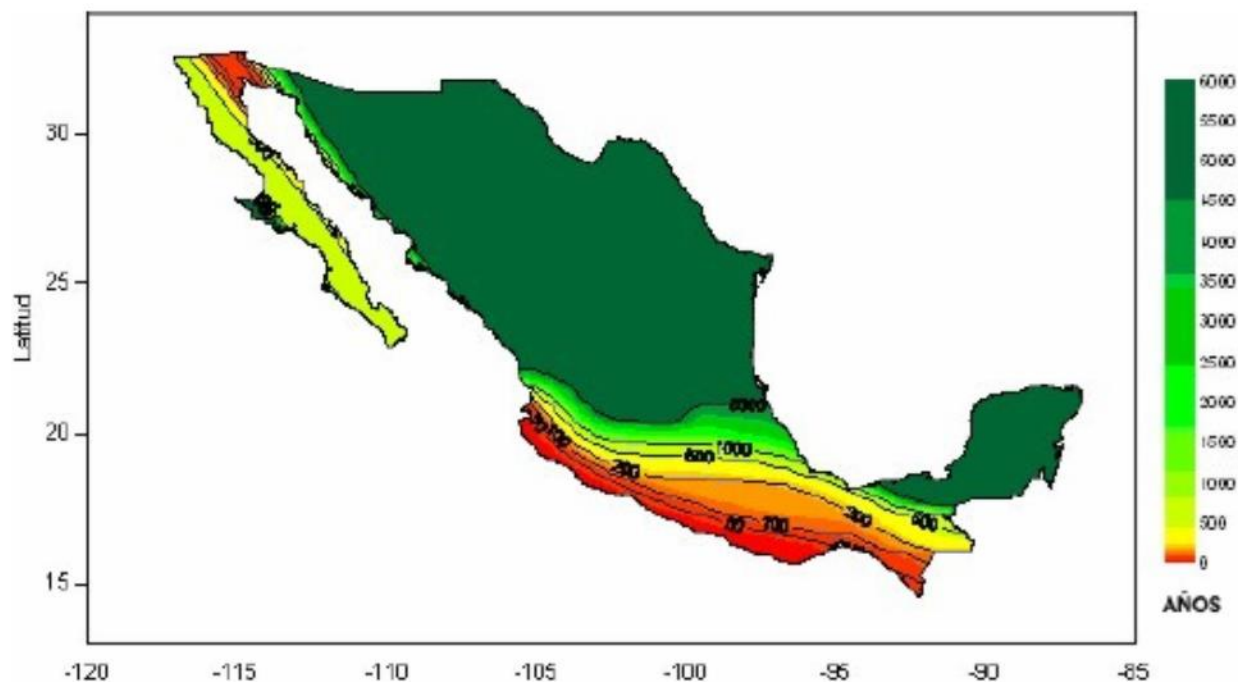
Tabla Valores de aceleración máxima del terreno, correspondientes a periodos de retorno de 10, 100 y 500 años para Santo Domingo Roayaga. Fuente: CENAPRED, 2014.

A máx. (Gal*) para Tr = 10 años	A máx. (Gal*) para Tr = 100 años	A máx. (Gal*) para Tr = 500 años
34	81	135

***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.

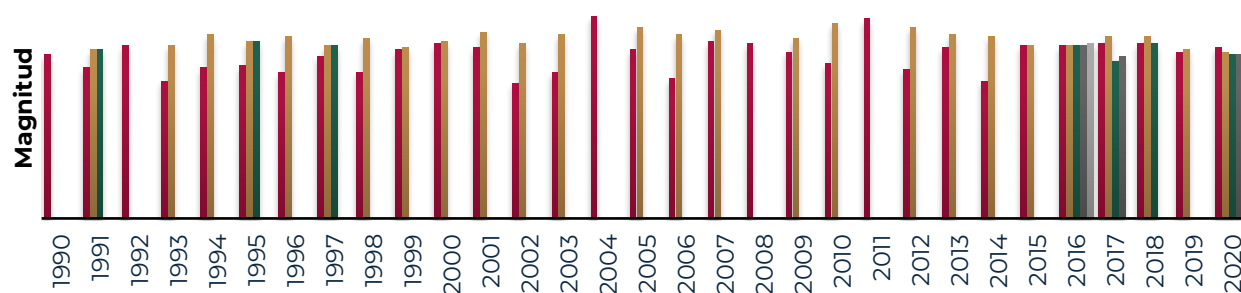
Mapa de periodos de retorno para aceleraciones del 0.15 de g o mayores (CFE, 2010), la escala de lado derecho tiene valores en años.



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); Ver figura.

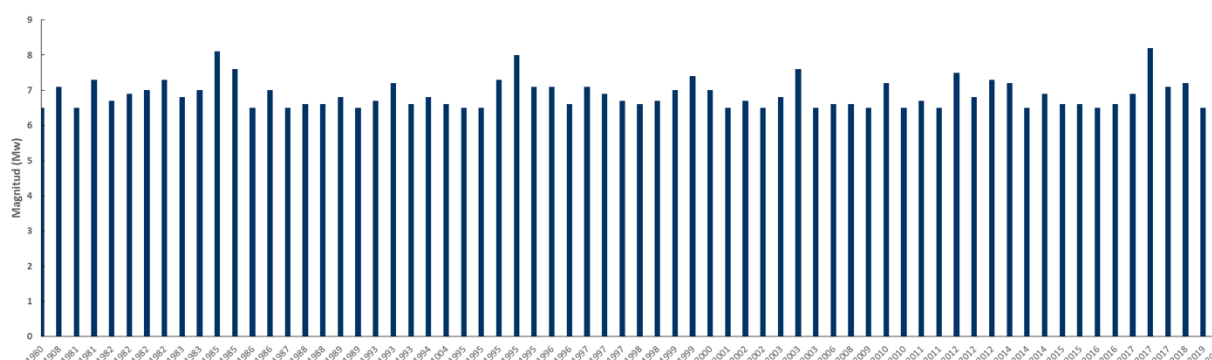


Sismos ocurridos de 1990-2020 (USGS, 2020).

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 Pacífico, 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.



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.- Magnitud 7.7 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.- Magnitud 8.1 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.- Magnitud 7.5 con epicentro en los estados de Colima y Jalisco. 61 muertos.
- 15 de junio 1999.- Magnitud 6.7 con epicentro en las costas del Pacífico. 18 muertos, más de 200 heridos y 16 mil damnificados.
- 30 de septiembre 1999.- Magnitud 7.4 Richter con epicentro en Oaxaca (sur). 39 muertos, 50 heridos y 250 mil damnificados.
- 21 de enero 2003.- Magnitud 7.6 Richter con epicentro en el estado de Colima (oeste). 30 muertos, 400 heridos y 30 mil damnificados.
- abril de 2010.- Magnitud 7.2 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.- Magnitud de 7.5 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.- Magnitud 7.2 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.- Magnitud 7.1 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.- Magnitud de 8.2 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.- Magnitud 7.1 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.- Magnitud 6.1 con epicentro en Unión Hidalgo (Oaxaca). 4 muertos, dos en Ciudad de México.



- 16 de febrero de 2018.- Magnitud 7.2 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.- Magnitud 7.5 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 con 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 Huajuapán 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 Huajuapán.

De acuerdo con el 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.

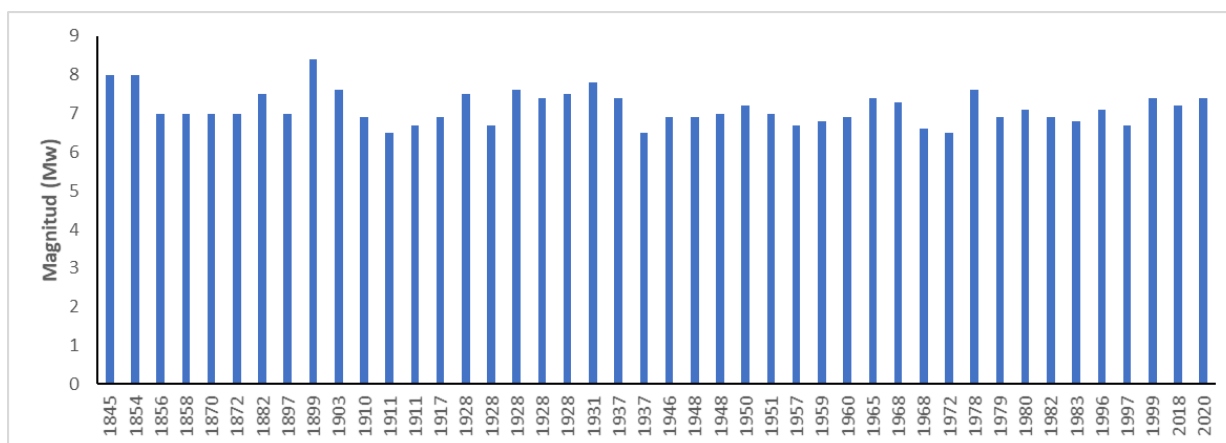
En el año 1999, dos sismos colapsaron el estado Oaxaqueño y dejaron decenas de personas muertas. El primer sismo de ese año Puebla – Oaxaca, dejando 15 personas muertas, 2 millones de personas damnificadas la mayor parte en Puebla, mientras que, para el estado, 7 mil 867 viviendas dañadas en Oaxaca, 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 de 1787, **M8.6**.

En la figura se muestra un registro histórico de sismos más significativos ocurridos en el estado.



Registro de terremotos más significativos en el Estado de Oaxaca.

Sismos ocurridos a nivel Municipal

El peligro sísmico en el municipio de Santo Domingo Roayaga, 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 estos, 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:

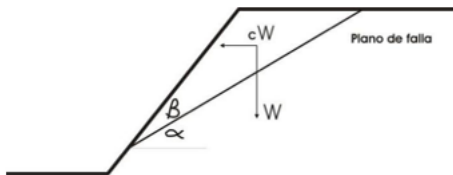
La primera fase consiste en definir las zonas sismogenéticas a través del estudio de la sismicidad global donde se ubica la ciudad, así como, de una investigación de los sismos históricos que han afectado la zona. **La segunda fase** consiste en investigar y definir las características de la geología, 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 32. Talud con las componentes del peso y empuje sísmico. Fuente: CFE.

Fuerza de la acción sísmica en taludes inestables		
Ecuación	Donde:	
1		
$FS = cW$	<p>W = Peso del macizo sobre el cual se considera aplicado el empuje sísmico.</p> <p>c = Proporción de la aceleración inducida por el sismo con respecto a la gravedad (g).</p>	

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 33. 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 $H > 13\text{m}$ o área total construida mayor que $A_c > 400\text{ m}^2$

- 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 $A_c < 400 m^2$
- 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 34. 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

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.



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 estas, y el aspecto o condición física aparente, de tal forma que edificaciones más viejas y 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

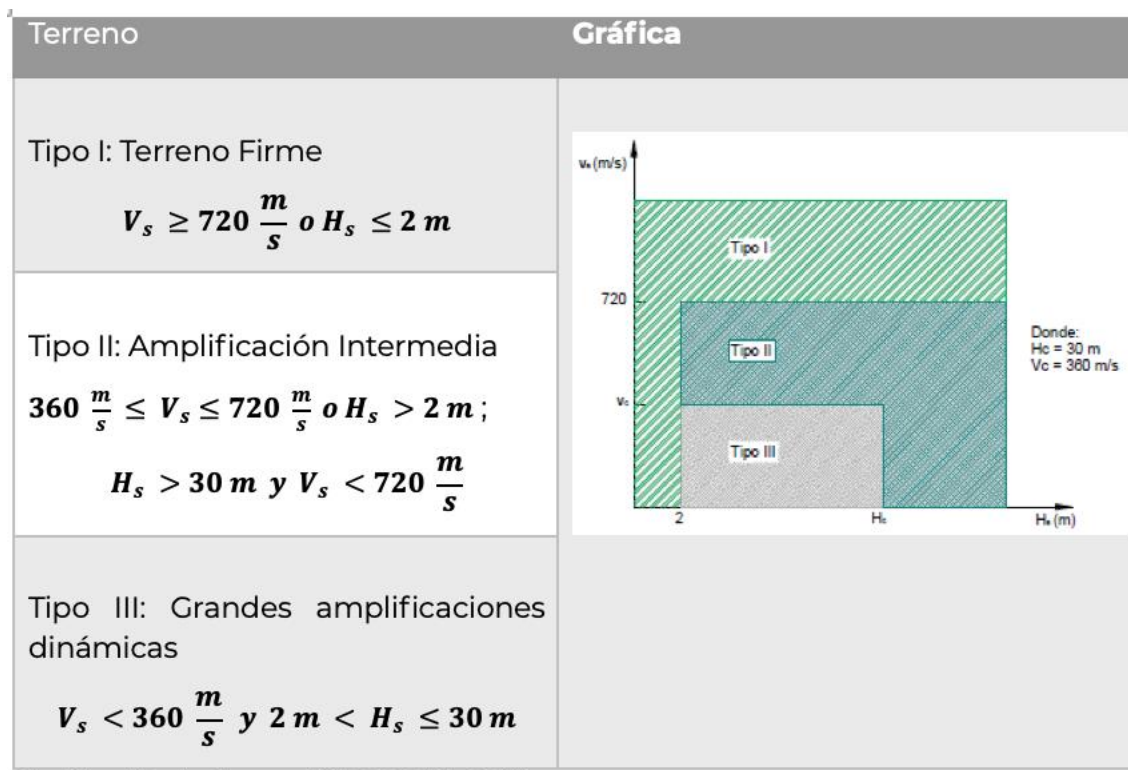
El diseño antisísmico requiere determinar previamente las características de los sismos esperados en el territorio municipal, que afectarán previsiblemente a las edificaciones asentadas en la misma, durante su tiempo de vida útil. Características que serán introducidas en los cálculos dinámicos de las 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.

Imagen 8. Memoria de Cálculo



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_0 , y aceleración máxima espectral, c , se determinan como se muestra en la tabla a continuación.

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 35. 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 36. 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
c	I	0.1	0.6	2.0	1.5	$1/2$
	II	0.2	1.4	2.0	1.0	$2/3$
	III	0.2	2.0	2.0	0.5	1

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:

Regionalización sísmica

Regionalización sísmica C	
F_{Sit}	F_{Res}
1.0	3.29



A partir de los datos de respuesta en Roca; para el Municipio de Santo Domingo Roayaga se tiene los siguientes datos en la tabla:

Datos de respuesta en roca

$$a_o^r = 163.25 \text{ cm/s}^2;$$

$$V_{max}^f = 17 \text{ cm/s};$$

$$d_{max}^r = 32 \text{ cm};$$

$$C^r = 536.63 \text{ cm/s}^2;$$

$$T_r = 364.61 \text{ años.}$$

Caracterización del terreno del Municipio de Santo Domingo Roayaga

Bajo los siguientes criterios:

$$T_s = 0.4 \text{ s (período dominante del terreno)}$$

$$H_s = 30 \text{ m (Espesor del depósito de suelo)}$$

$$V_s = 300 \text{ m/s (Velocidad de propagación de onda en el estrato de suelo equivalente)}$$

Para clasificar el tipo de terreno correspondiente al sitio, en la tabla se asignan posibles combinaciones de H_s y V_s .

Combinaciones de H_s y V_s

Caso	Datos	H_s (m)	V_s (m/s)	Tipo de Terreno
1	$H_s = 30 \text{ m y } V_s = 300 \text{ m/s}$	30	300	III
2	$T_s = 0.4 \text{ s y } V_s = 300 \text{ m/s}$	$H_s = \frac{T_s V_s}{4}$ $H_s = 30$	300	III
3	$H_s = 30 \text{ m y } T_s = 0.4 \text{ s}$	30	$V_s = \frac{4H_s}{T_s}$ $V_s = 300$	III



$$a_0^r \geq 200$$

$$a_0^r = 163.25 \text{ cm/s}^2 \geq 200 \text{ cm/s}^2$$

En base a los cálculos y la regionalización sísmica CFE-2015, La zonificación sísmica correspondiente al Municipio de Santo Domingo Roayaga es la Zona C, “Intensidad Sísmica Alta”. El terreno de la Sierra Norte, a la que pertenece el municipio de Santo Domingo Roayaga, se encuentra ubicado en la zona C de acuerdo con la regionalización sísmica de México (CFE, 2015). La zona C es considerada una zona de Alta intensidad, como se reporta en el mapa de regionalización.

Mapa 48. Ubicación Santo Domingo Roayaga Regionalización sísmica



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 C 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:

$$F_{Sit} = 2.7 - 0.4 \left(\frac{a_0^r - 100}{100} \right) = 2.45$$

$$F_{Res} = 3.9 - 0.3 \left(\frac{a_0^r - 100}{100} \right) = 3.7102$$

La aceleración máxima del terreno y la aceleración máxima espectral son:

$$a_0 = F_{Sit} a_0^r = 399.47 \text{ cm/s}^2$$

$$c = F_{Res} a_0 = 1482.14 \text{ cm/s}^2$$

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.

*Santo Domingo Roayaga, se considera por las evidencias presentadas de ser una zona de alta sismicidad, que ha sido afectado por sismos de tipo Intraplaca 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 Santo Domingo Roayaga se encuentra en la **Zona C** de peligro **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.1.3 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 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

(No aplica para el municipio)

V.1.4 Vulcanismo

V.1.4.1 Amenaza por vulcanismo

La actividad volcánica es una de las manifestaciones más impactantes de los procesos internos que revelan la evolución de la Tierra y de otros planetas del sistema solar. Un volcán es una estructura geológica por la que emerge el magma del interior de la tierra. El ascenso del magma, que se compone de lava y gases, ocurre en episodios de actividad violenta denominados erupciones, que pueden variar en intensidad, duración y frecuencia. Los volcanes de México forman parte del Cinturón de Fuego y están asociados con el proceso de subducción, esto es, que la placa de Cocos y la placa de Rivera están deslizándose por debajo de la placa de norteamericana.

Un volcán se considera activo cuando entra en actividad eruptiva en cualquier momento; es decir, que permanece en estado latente. En México, hay más de 40 volcanes activos, según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), de los cuales alrededor de 15 se consideran activos o peligrosos. Los más activos en el

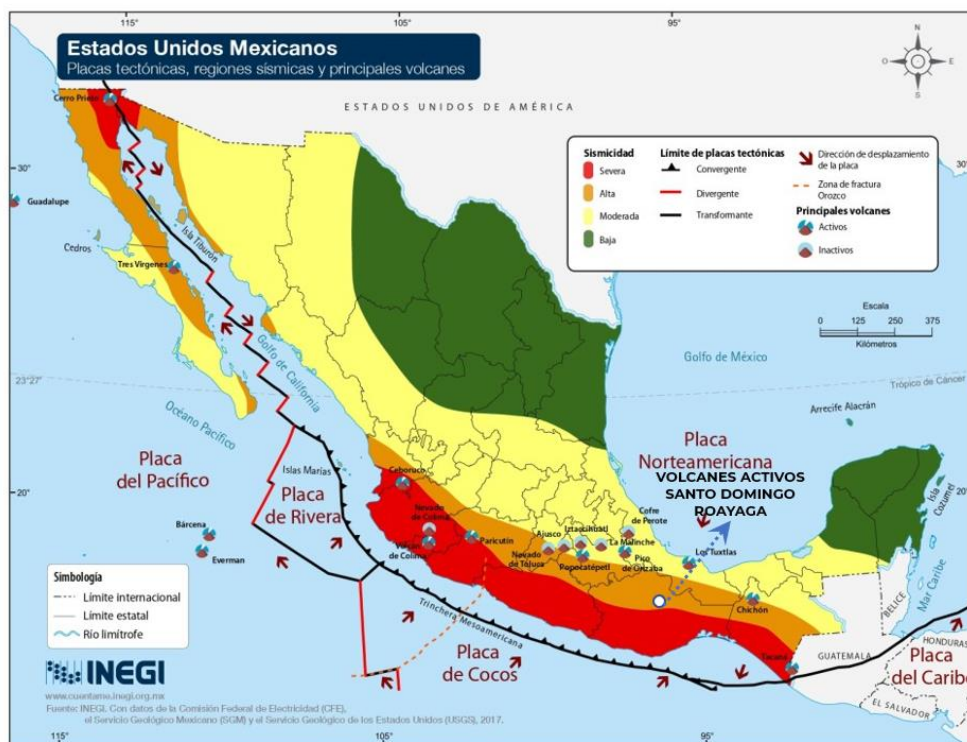


presente son los de Colima y el Popocatepetl, en la figura, se muestran los principales volcanes en la república mexicana.

El peligro de un volcán se puede analizar con base al principio de que un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo que ha hecho en el pasado. Por lo que se requiere conocer los estudios geológicos de los depósitos de materiales arrojados en erupciones previas (indicador del nivel de peligro que ha sido capaz de generar en el pasado) en el entorno del volcán.

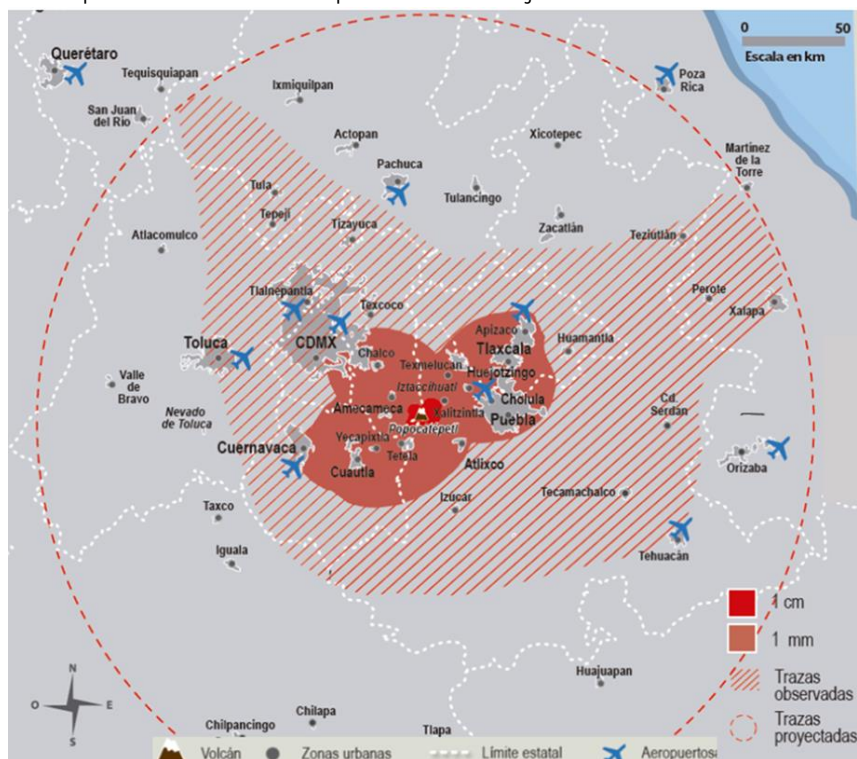
El daño causado por una erupción depende del tipo y magnitud de la erupción, distancia y vulnerabilidad del municipio, de la fuente generadora, topografía, viento y otras variables meteorológicas. Dado que un volcán es considerado activo o peligroso, es necesario hacer un análisis de la actividad eruptiva 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).

Mapa 49. Principales volcanes activos



ESCENARIOS DE ANÁLISIS

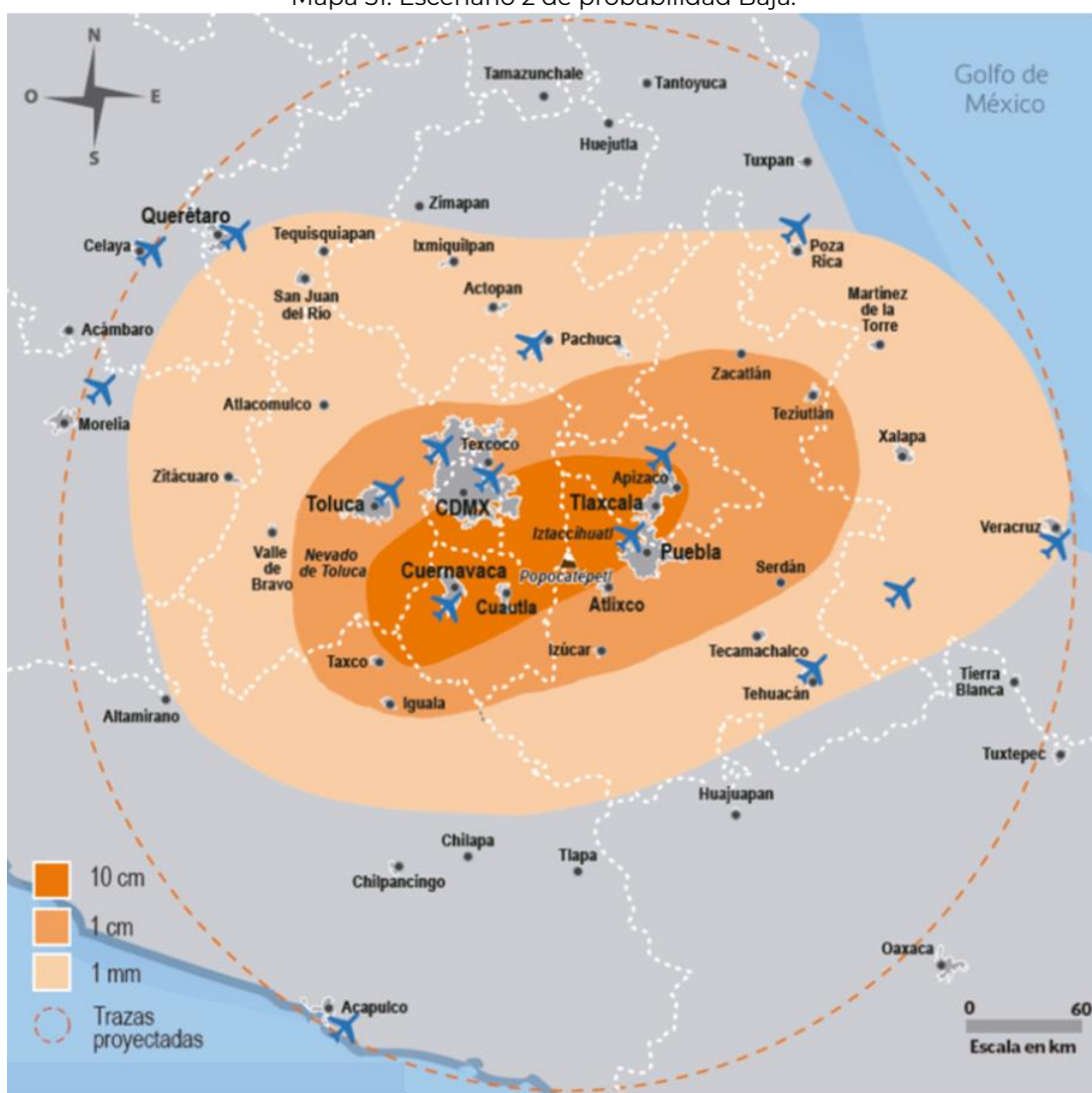
Mapa 50. Escenario 1 de probabilidad Baja. Fuente: CENAPRED



Para determinar la peligrosidad volcánica para el municipio de Santo Domingo Roayaga se ubicó su posición geográfica respecto a uno o varios volcanes, de estar en el rango de una distancia de entre 35 a 100 km. Por estar a más de 100 km de distancia desde un volcán hacia el área de interés se descarta la elaboración de un mapa de peligros volcánicos.

El municipio de Santo Domingo Roayaga, no se localiza dentro de la zona volcánica activa por lo tanto no se considera en riesgo por erupciones de volcanes.

Mapa 51. Escenario 2 de probabilidad Baja.





En la figura anterior es el 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), Santo Domingo Roayaga no se haya en los límites de caída de ceniza de 1mm.

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/m² si está seca, y de 100-125 kg/m² 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.

Imagen 9. 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, taponando 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

Mapa 52. Escenario 3 de probabilidad Baja. Fuente: CENAPRED



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 de arriba.

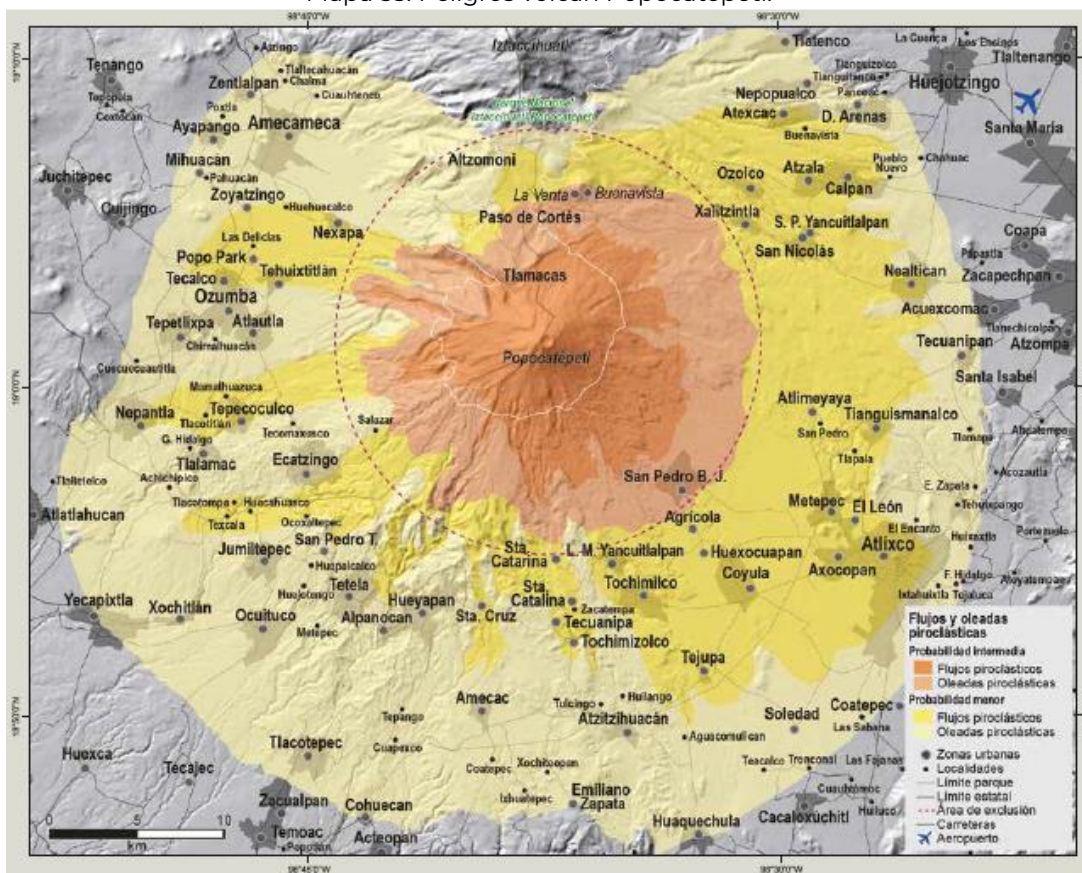
Para elaborar el mapa de peligro volcánico, se siguió la metodología del CENAPRED, que consiste en lo siguiente:

1. Identificación de volcanes activos a menos de 100 km de la zona de interés,
2. Reconstrucción del comportamiento eruptivo de los volcanes detectados,
3. Determinar las amenazas volcánicas, e identificar si afectan el área de interés.

Los vientos sobre el Popocatepetl generalmente soplan en dirección Este-Oeste. La dirección dominante de los vientos de octubre a abril es hacia el oriente, mientras que de mayo a septiembre es hacia el poniente del volcán como se observa en la figura.

La figura anterior muestra el mapa de peligros del volcán Popocatepetl, en el que se observa que el peligro volcánico potencial para el municipio son los materiales volcánicos de caída (ceniza volcánica).

Mapa 53. Peligros volcán Popocatepetl.



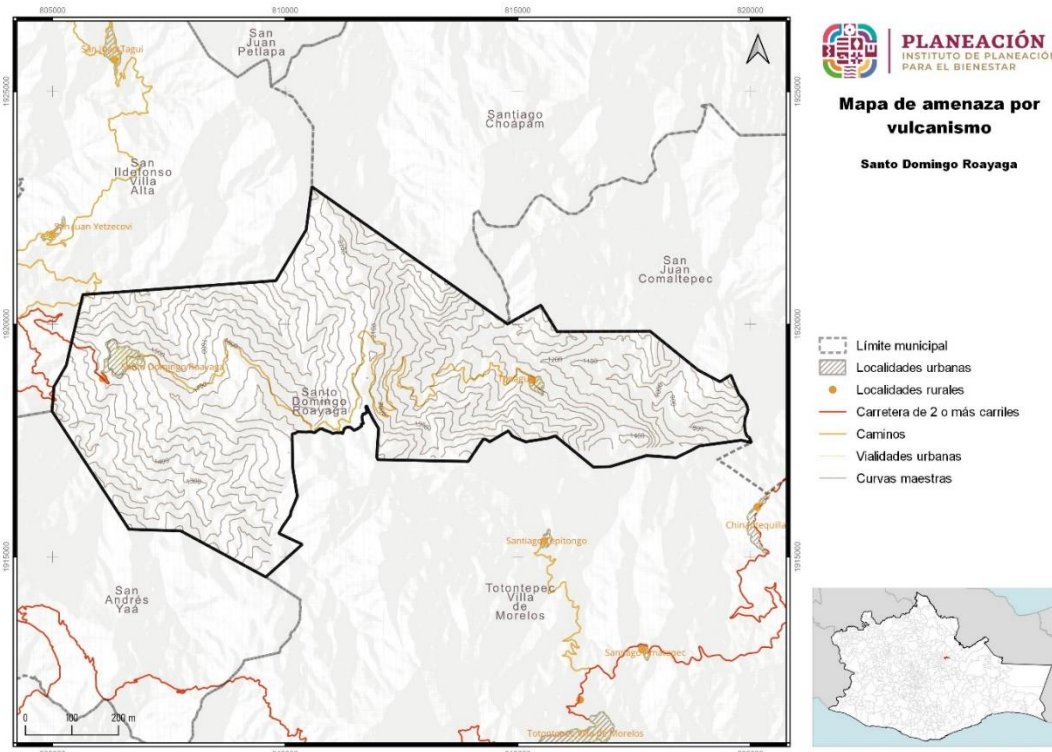
El municipio se ubica dentro de un área la cual no sería menos afectada por la caída de arena volcánica y pómez. No habría caída durante erupciones pequeñas, pero podrían acumularse varios centímetros durante erupciones muy grandes (Macías, et al., 1997b). Los vientos sobre el Popocatepetl generalmente soplan en dirección este-oeste. La dirección dominante de los vientos de octubre a abril es hacia el oriente, mientras que de mayo a septiembre es hacia el poniente del volcán. Por lo que, durante una erupción de magnitud mayor, con columnas de cenizas que rebasen los 10 km de altura, podría esperarse caída de ceniza importante, particularmente si ocurriera entre los meses de mayo a septiembre.

Peligro por ceniza volcánica

De acuerdo con el análisis del peligro volcánico para el Municipio de Santo Domingo Roayaga, el peligro volcánico potencial lo representa la caída de cenizas. En la figura se muestra la estimación de espesores de ceniza volcánica en función de la distancia, en escenarios eruptivos del volcán Popocatepetl, que actualmente es la única fuente

volcánica que se encuentra en erupción, dentro del área de peligro para Santo Domingo Roayaga.

Mapa 54. Peligro / Amenaza por vulcanismo



En el 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 se consideraría Nula.

Vulnerabilidad y Riesgo por Vulcanismo

La vulnerabilidad a fenómenos volcánicos para el Municipio de Santo Domingo Roayaga 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.

En función de la baja probabilidad y de lo anterior, se estima que el **RIESGO POR VULCANISMO ES MUY BAJO** para todo el Municipio de Santo Domingo Roayaga, 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, Medellín-Aguila, & Zamora-Castro, 2023), (Díaz-Nigenda, 2022), (Hernández-Conde, 2014), (Pacheco-Martínez, Ortiz-Lozano, Zermeno-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).

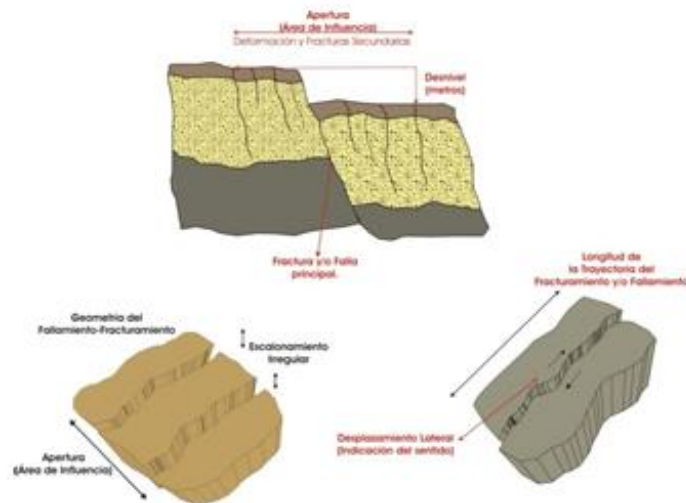
V.1.5.1 Susceptibilidad por fallas y fracturas del suelo en el municipio

Anta la falta de estructuras geológicas dentro de la mayor parte del territorio municipal, como actividad detonante para la generación de hundimientos o agrietamientos del terreno, las fallas y fracturas pueden alterar las rutas de flujo del agua subterránea pudiendo causar que ciertas áreas pierdan agua más rápidamente, lo que provoca un asentamiento del suelo. Así mismo pueden debilitar la estructura del suelo o de las formaciones rocosas, haciendo que sean menos capaces de soportar las cargas de la superficie. En algunos casos, las fracturas pueden aumentar el grado de erosión del suelo, especialmente si se cuenta con mayor flujo de agua que erosiona internamente el material pudiendo generar cavidades subterráneas que eventualmente puedan colapsar, causando hundimientos en la superficie.

Las geometrías de las fracturas estarán controladas por la presencia de un sistema de fallas activo y/o asociado a morfologías de relieves volcánicos y/o sedimentarios, como se muestra en la imagen.

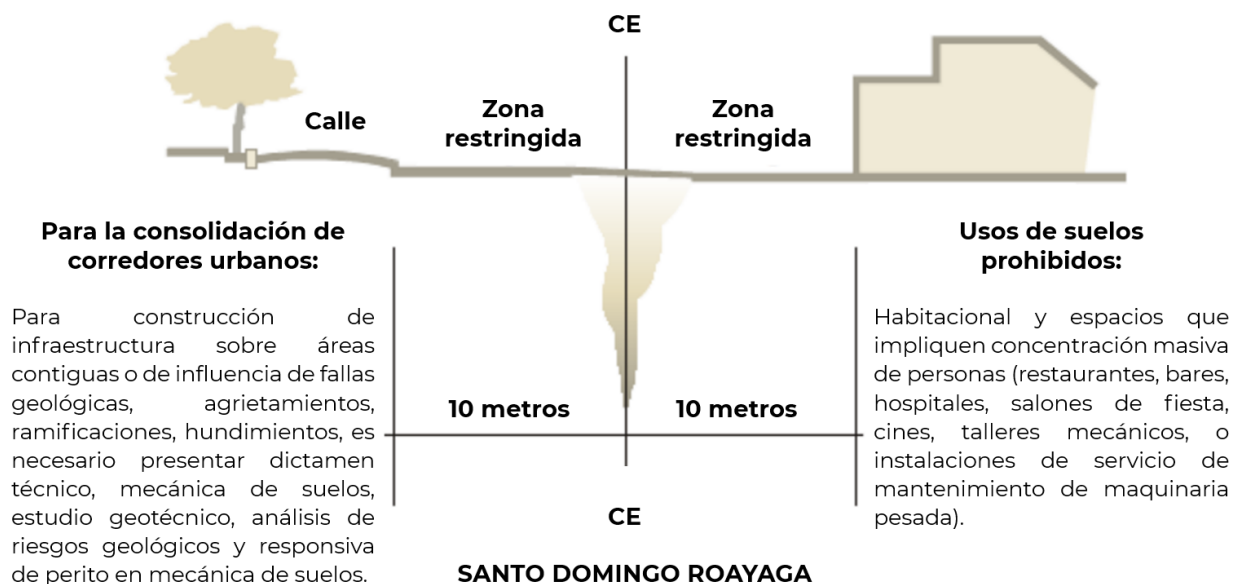
Las geometrías de las fracturas estarán controladas por la presencia de un sistema de fallas activo y/o asociado a morfologías de relieves volcánicos y/o sedimentarios, como se muestra en la imagen.

Imagen 10. Elementos para considerar en el mapeo de fracturas y fallas.



La susceptibilidad por hundimientos, en el municipio de Santo Domingo Roayaga es afectado al 100% (5633.87 hectáreas) con un nivel de susceptibilidad **Media**, en el territorio municipal.

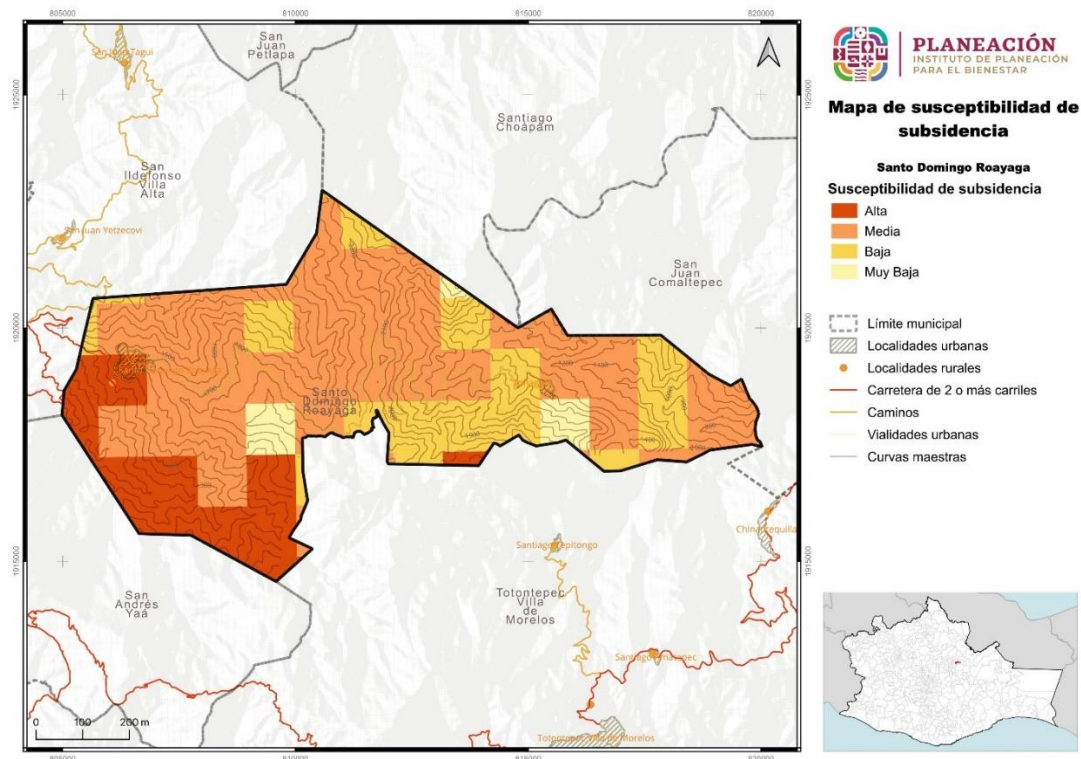
Imagen 11. Zona de restricción para uso de suelo en fallas o grietas.



Para conocer a detalle el comportamiento sísmico del área urbana y su zona de influencia, es necesario realizar estudios geofísicos a detalle para determinar el comportamiento potencial de las ondas sísmicas y la resistencia de los materiales de construcción, y así establecer una zonificación sísmica precisa de la ciudad.

Es necesario aclarar que las fallas regionales mencionadas anteriormente (Las Peñas, Caltepec y Oaxaca) no son solamente planos de debilidad expresadas en una sola línea, sino que se presentan como un sistema o conjunto de fallas, y que su movimiento generalmente ocasiona otros fenómenos geomorfológicos como modificaciones en el comportamiento de los cauces, caída de rocas, movimiento de tierras y mayor fracturamiento de la roca; algunos de estos procesos se manifiestan de manera puntual en la zona de estudio.

Mapa 55. Mapa de susceptibilidad de subsidencia



Por su posición geográfica el municipio de Santo Domingo Roayaga se ve afectado por este tipo de fenómeno ya que, por el mapa de fallas geológicas de INEGI, se hayan fallas con potencial de causar daño a la infraestructura y en consecuencia exponer a daños y pérdida de vidas humanas, por lo que el grado de peligro es **ALTA**, a reserva de que se continua con el análisis y estudios geotécnicos para determinar el mapa de fallas para el municipio.

Erosión

El término “erosión remontante” o “regresiva” describe el proceso de expansión de una cuenca hidrográfica, relacionado con el progreso gradual hacia la cabecera de la cuenca, mediante la incisión fluvial en la parte alta de los ríos o escurrimientos como consecuencia directa de la caída del nivel base por causas climáticas y/o tectónicas (Chen & Chen, 2006).



Además de estos peligros propiamente naturales, se presentan otros dos que derivan del uso humano: 1) Explotación de materiales, el cual se observa en la periferia formado por taludes de material poco consolidado, 2) Desmonte para agricultura.

*Por su posición geográfica el territorio de Santo Domingo Roayaga se ve afectado por este tipo de fenómeno con un nivel de erosión moderado y la información presentada sobre el fenómeno, por lo que el grado de peligro es **Bajo**.*

Se continua con el estudio de este fenómeno, por lo que cuando se tengan resultados finales se actualizará la información del Atlas.

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.

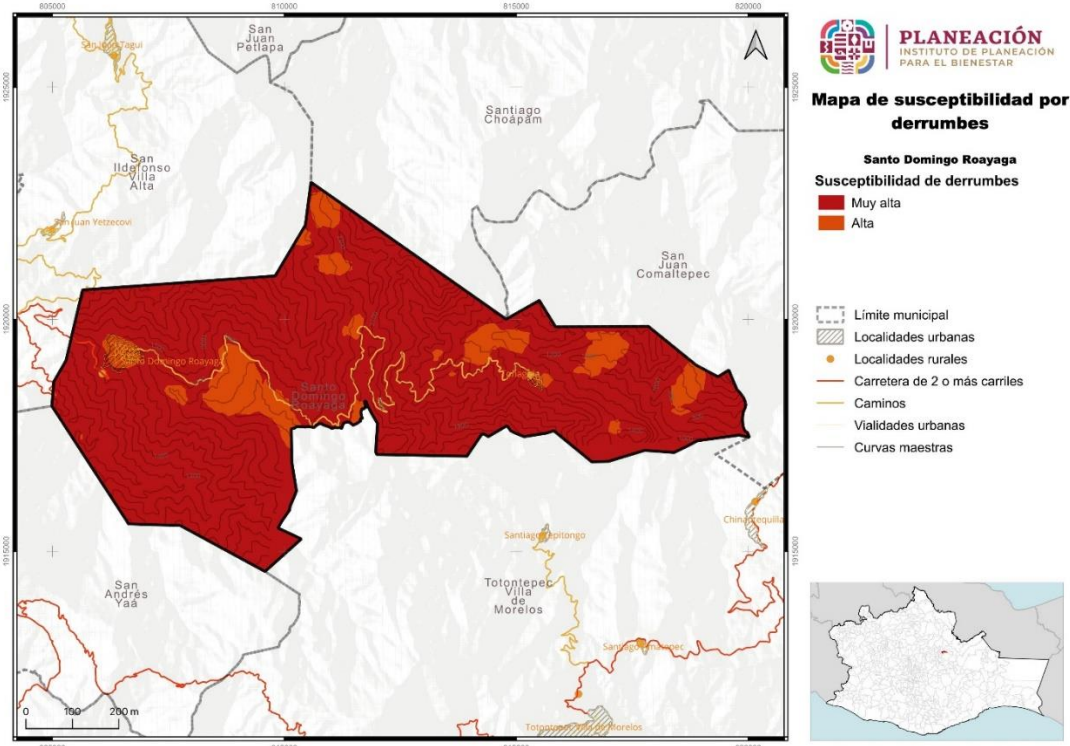
Los procesos que ocasionan la inestabilidad de las laderas están determinados por dos tipos de factores; externos e internos. Los factores externos ocasionan un incremento en los esfuerzos o acciones que se dan en una ladera, es decir, producen una mayor concentración de las fuerzas motoras o actuantes, 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.

Mapa 56. Mapa de susceptibilidad de derrumbes



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.

Mediante la información proporcionada por el CENAPRED y a las condiciones del terreno y las propiedades mecánicas de suelo, el Municipio de Santo Domingo Roayaga presenta una susceptibilidad ALTA en inestabilidad de laderas.



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 prerequisite 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 Santo Domingo Roayaga es posible que tenga ocurrencia este evento natural.

V.1.5.2 Susceptibilidad por hundimientos

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.



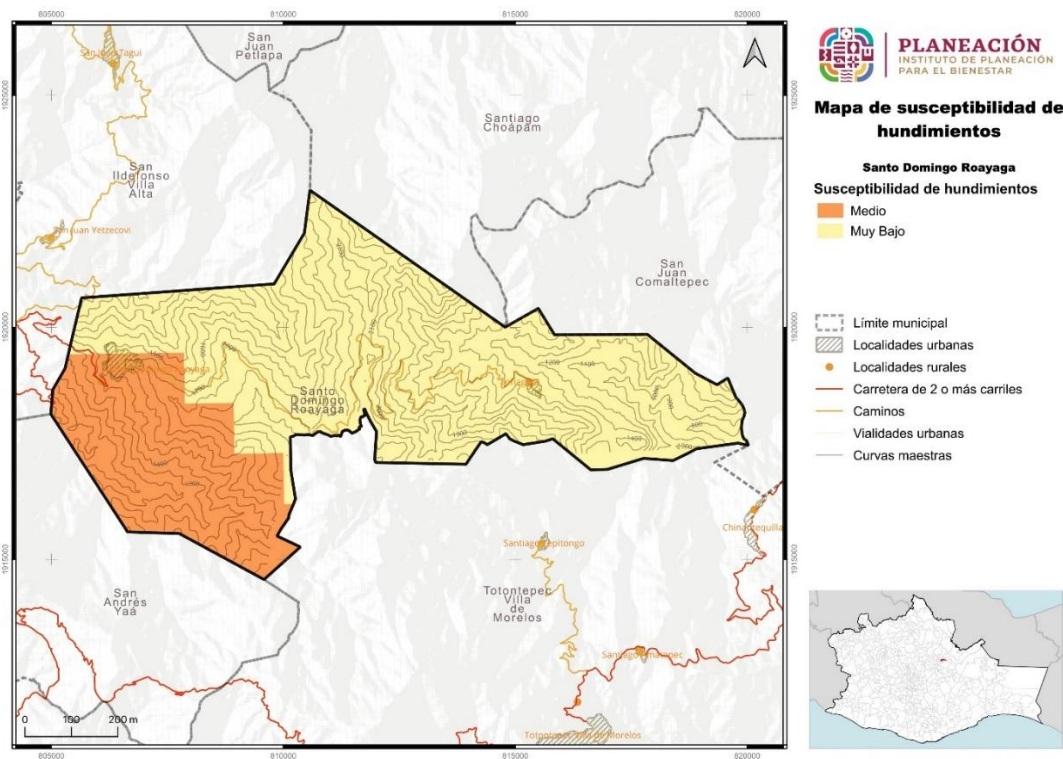
En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, dentro de las localidades urbanas y rural cercanas a los ríos y arroyos ha presentado este tipo de fenómeno por la acumulación de agua debido a las lluvias extraordinarias.

Hundimientos

Se definen como una forma de tierra creada por una subsidencia de suelo, sedimento o roca como estratos subyacentes que son disueltos por las aguas subterráneas. Un hundimiento puede formar por colapso en los huecos subterráneos creados por disolución de caliza o dolomita o por la subsidencia mientras se disuelven estos estratos.

Se caracteriza por depresiones en el terreno, originados principalmente por colapso, producto de una disolución de carbonatos, componente principal de las rocas que afloran en la región, las cuales al contacto con el agua tienden a disolverse formando cavidades en la superficie (dolinas, uvalas y poljes) y en el interior de la estructura plegadas llegan a formar cavidades. Estas cavidades son importantes porque en ocasiones generan hundimientos por el desplome de sus techos.

Mapa 57. Mapa de susceptibilidad por hundimientos por fallas y fracturas en el municipio





*En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, el grado de peligro por Hundimiento es **Medio**, en la colindancia con San Andrés Yaá en poco más de 20%; y Muy Bajo en el resto del territorio, como se observa en el mapa.*

Agrietamientos

Los agrietamientos se manifiestan por una serie de grietas en el suelo que se profundizan hacia el subsuelo. Tienen forma alargada y abertura variable de unos pocos centímetros a 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. Difícilmente podría ocurrir de manera espontánea, por lo que su origen siempre está ligado a otro fenómeno causante de su detonación. Así como también son fenómenos difíciles de predecir debido a que su determinación requiere del conocimiento preciso de las propiedades mecánicas de resistencia y deformación del subsuelo, de su distribución estratigráfica, del conocimiento de las variaciones o anomalías subterráneas, de la determinación de la forma y distribución del basamento, del conocimiento del nivel freático y de su variación con el tiempo y de la determinación de las propiedades hidráulicas del terreno, entre otras.

*En base a la geología, edafología, estratigrafía y a falta de determinar las propiedades mecánicas de los suelos, el municipio de **Santo Domingo Roayaga** cuenta con las condiciones para que se presenten el fenómeno de agrietamiento.*

El municipio, presenta manifestaciones de las propiedades que permitan la generación de algunos eventos como lo son: Hundimientos, Subsistencia, agrietamientos, esto se debe a su geografía ya que topográficamente este municipio está compuesto por una zona de lomeríos y montañas, por lo cual se detectaron riesgos geológicos, por lo que se analizará en un futuro hasta que se realicen estudios de Hidráulica y mecánica de suelo del terreno y del nivel freático.

V.1.5.3 Susceptibilidad por subsidencia de suelo en el municipio.

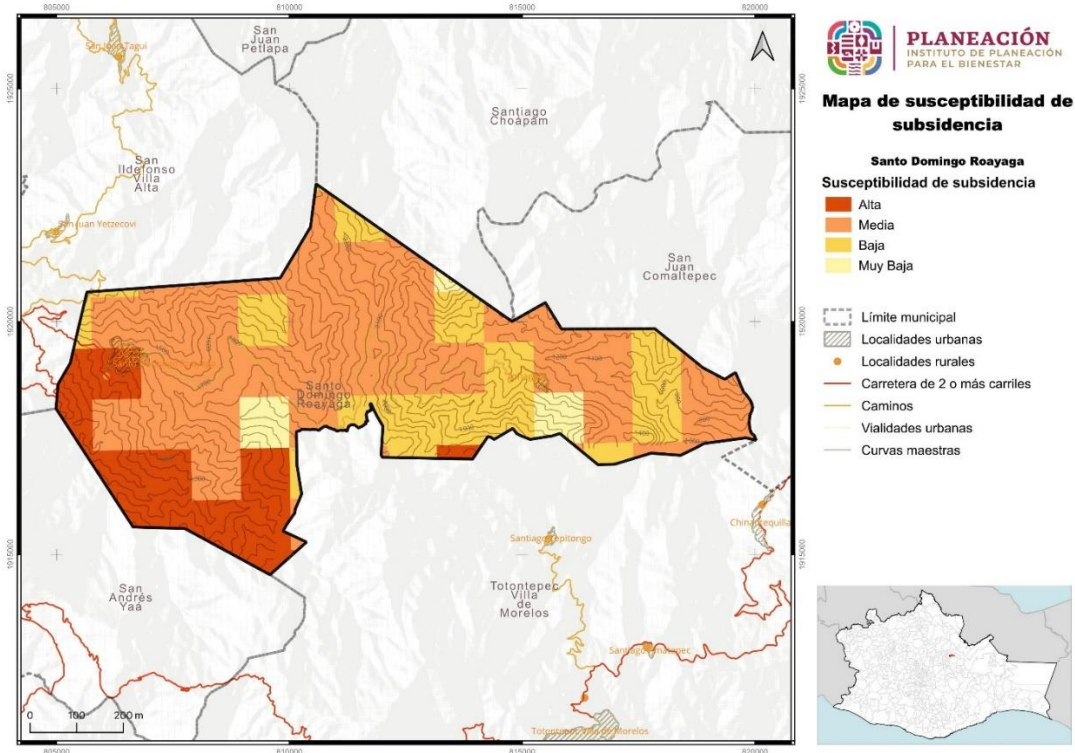
La subsidencia o hundimiento del terreno se define como el asentamiento gradual o repentino de la superficie terrestre debido al movimiento subterráneo de los materiales del suelo; este fenómeno suele asociarse con deformación horizontal y la aparición de fallas en el terreno causando daños significativos a infraestructura de obra civil.

La subsidencia del terreno puede deberse a numerosas causas como la disolución de materiales profundos, la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, la erosión del terreno en profundidad, el flujo lateral del suelo, la compactación de los materiales que constituyen el terreno o la actividad tectónica.

Hay dos tipos de subsidencia: **endógena y exógena**; el primero hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. El segundo se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

El municipio de Santo Domingo Roayaga cuenta con una susceptibilidad por subsidencia Alta con un 16.63% (935.26 hectáreas); **Media** con 58.13% (3269.89 hectáreas); Baja con 20.97% (1179.34 hectáreas) y Muy Baja 4.27% (240.38 hectáreas) del territorio municipal.

Mapa 58. Mapa de susceptibilidad por subsidencia en el municipio

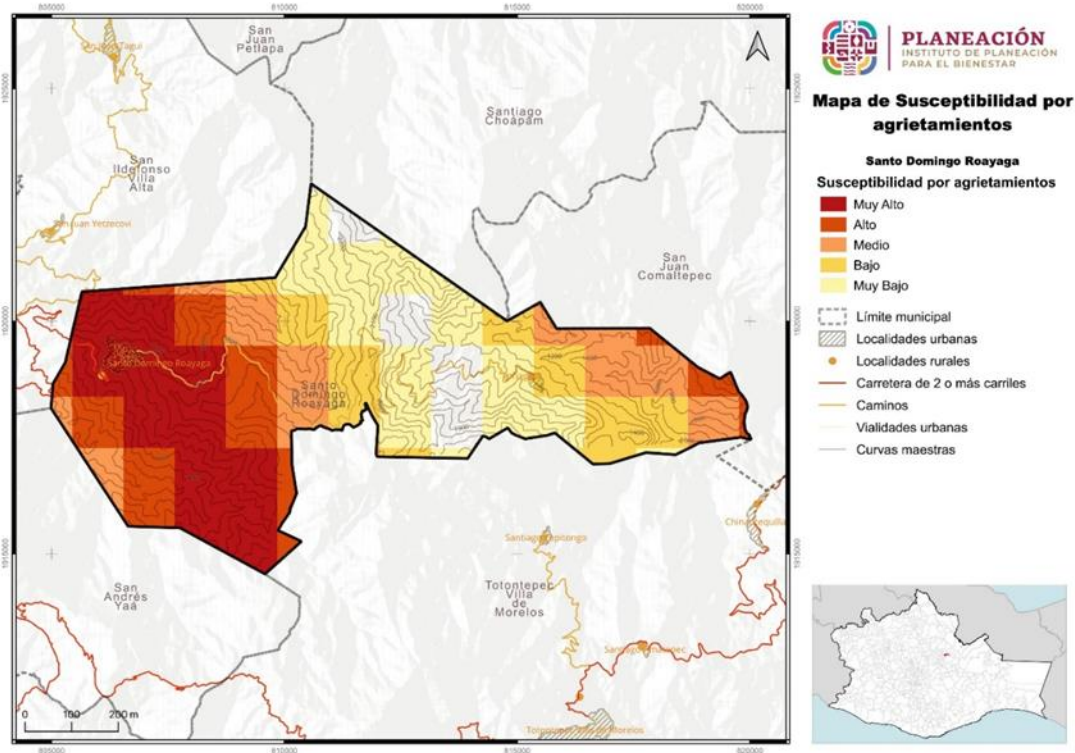


En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, no se ha presentado este fenómeno, aunque se ha ubicado en el territorio municipal compactación antrópica, no hay evidencia histórica de dicho fenómeno en el municipio por lo que el grado de peligro es **MEDIA**, y al ser una zona sísmica lleva consigo riesgos geológicos, por lo que se recomienda para todo proyecto de infraestructura a desarrollarse en un futuro, se realicen estudios de mecánica de suelos.

V.1.5.4 Susceptibilidad por agrietamiento del suelo en el municipio

Los peligros geomorfológicos se derivan en dos grandes grupos: los procesos de remoción en masa y los hundimientos. Los primeros refieren a un transporte o movimiento que puede ser lento o rápido de material en ambientes de ladera, por acción de la gravedad y el agua; en tanto que los hundimientos son movimientos bruscos del terreno de manera vertical, como producto de asentamientos locales y factores geológicos subterráneos, para el municipio tiene un nivel de agrietamiento **Muy Alto** con 25.79% (1338.95 hectáreas); con un nivel Alto 16.88% (876.43 hectáreas); Medio 17.36% (901.31 hectáreas); 16.14% (837.97 hectáreas) un nivel Bajo; y finalmente con el 23.84% (1237.86 hectáreas) con un nivel Muy Bajo, para todo el territorio.

Mapa 59. Mapa de susceptibilidad por agrietamientos





V.2 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos 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 escombros, 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 37. 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 38. 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	20087	Piloto Uno
20004	San Juan Atepec	20088	Pinotepa Nacional (SMN)
20007	Ayutla	20089	Pluma Hidalgo
20009	Boquilla Número Uno	20090	San Pedro Pochutla
20010	San Juan Cacahuatpec (CFE)	20091	Porvenir
20012	Campamento Vista Hermosa	20092	Puerto Ángel (OBS)
20013	San Lucas Camotlán	20094	Putla de Guerrero (CFE)
20018	Coicoyán de las Flores (CFE)	20095	Santa María Puxmetacan
20022	Coyotepec	20097	San Miguel Quetzaltepec
20023	Quajimoloyas	20098	Rio Grande
20026	Chalcatongo de Hidalgo	20099	San Miguel Sola de Vega (CFE)
20027	Chicapa de Castro	20100	Salina Cruz (OBS)
20030	Santiago Choapan	20101	Salina Cruz
20032	Santa María Ecatepec	20106	San Francisco Ozolotepec
20033	La Expiración	20108	San Francisco Yosocuta
20035	Huajuapán de León (SMN)	20109	San Jerónimo Taviche
20038	Ixtayutla	20110	San Jorge Nuchita
20039	Ixtepec	20111	San José Lachiguirí
20040	Ixtepeji	20113	San Juan del Río
20041	Ixtlán de Juárez	20115	San Martín Duraznos (CFE)
20043	Jalapa del Marques	20118	San Miguel Ejutla
20044	Jalapa del Valle	20120	San Miguel Suchixtepec
20047	Santa Catarina Juquila (CFE)	20122	San Pedro Juchatengo (CFE)
20048	Juchitán de Zaragoza	20123	San Pedro Mixtepec
20050	Santiago Juxtlahuaca	20124	San Pedro Nolasco
20051	Juxtlahuaca	20125	Santa Catarina
20052	Asunción Ixtaltepec Km. 33	20126	Santa Cruz Zenzontepec (CFE)
20053	Juchitán de Zaragoza Km. 51+74	20130	Santa María Yucuhiti (CFE)
20054	Juchitán de Zaragoza Km. 67+50	20132	Santiago Astata (SMN)
20058	La Pobreza	20133	Santiago Chilixtlahuaca
20059	La Venta	20135	Santiago Minas
20060	Las Cuevas	20136	Santiago Progreso
20062	Pilas	20138	Santiago Tutla
20064	San Pablo Macuiltianguis	20141	Silacayoapam (SMN)
20067	Mariscala de Juárez	20142	Silacayoapam (DGE)
20069	San Juan Metaltepec	20145	San Miguel Talea de Castro
20070	Miahuatlán (SMN)	20146	Santiago Tamazola
20071	Miahuatlán (DGE)	20149	Tehuantepec
20072	Monterrosa	20153	Tejómulco
20077	Nusutia (CFE)	20162	Tequisistlán
20078	Oaxaca (OBS)	20163	Tezoatlán de Segura Y Luna
20079	Oaxaca	20165	Tlacolula de Matamoros
20080	Ocotlán de Morelos	20170	Totolapam (SMN)
20085	Paso Ancho (CFE)	20173	Unión Hidalgo
20086	Paso de la Reyna	20175	Valle Nacional
20177	San Ildefonso Villa Alta	20298	Huajuapán de León (OBS)
20178	Villa Chalcatongo (CFE)	20299	Paraje Pérez



Estación	Nombre
20179	Villa Hidalgo
20180	Vivero Benito Juárez
20181	Vivero Rancho Teja
20183	San Juan Yaee
20184	San Carlos Yautepec
20185	Santiago Yaveo
20186	Santiago Yosondúa
20187	Yutacua (CFE)
20188	Santa María Zacatepec (CFE)
20189	Zapote
20190	Zapotitlán Palmas (SMN)
20191	Zoquitlán
20194	Puerto Ángel
20198	Yahila (CFE)
20200	El Carrizo (CFE)
20202	Santa Ana Tlapacoyan
20205	El Tomatal
20206	La Hamaca
20207	Magdalena Tetatepec
20208	San Juan Copala
20209	Zimatlán
20211	San Martin Mexicapan
20212	Yutama (CFE)
20220	Comitancillo
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	Huajuapán 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
20287	Agua Fría
20289	Guevea de Humboldt
20295	Santa María del Mar
20387	Santiago Zacatepec (DGE)
20388	Albarradas
20451	San Juan Guelavia

Estación	Nombre
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
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
20375	Santiago del Rio
20376	Santos Reyes Tepejillo
20378	Tomatal
20381	Zapotillo
20382	El Marques
20383	Reyes Mantecón
20384	San Antonio Huixtepec
20385	Totontepec
20386	Yaitepec
12168	Planta Derivadora
12175	Las Juntas
12187	Milpillas (CFE)



Estación	Nombre	Estación	Nombre
20454	Pinotepa Nacional (DGE)	12205	Pueblo Hidalgo
20458	Santa María Zaniza	12208	Cuajinicuilapa
20459	Zimatan	12226	Tierra Colorada
20503	Nueva Esperanza	12231	Rancho Viejo
20504	Tlahuintoltepec	12244	Llano Grande Hilarios
20505	San Baltazar Loxicha	12005	Alcozauca (SMN)
20507	Díaz Ordaz	12048	Ixcateopan de Tlapa
20508	Quiatoni	12072	San Pedro Cuitlapa
12013	Azoyú	12104	Zitlaltépec
12061	Ometepec (CFE)	12106	Alcozauca (DGE)
12066	Quetzala	12145	Jicayan de Tovar (CFE)
12072	San Pedro Cuitlapa	12195	Metlatonoc
12132	Xochistlahuaca (CFE)	12200	Igualita
12145	Jicayan de Tovar (CFE)	12227	Xalpatlahuac
12151	Pueblo Hidalgo (CFE)	12231	Rancho Viejo
12152	San Cristóbal (CFE)	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 39. 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 40. 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				
20334	Villa de Tututepec	3.7	4.8	4.7	5.9	5.9



Clave	Municipio	TT	H1	H2	H3	H4
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 41. 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 42. 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 ANUSPLIN¹⁰.

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

¹⁰ 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.



mínima promedio del mes más frío, la cual fue segmentada en niveles discretos de intensidad relativa al municipio.

La interpolación de datos climáticos se obtuvo del proyecto WorldClim, las cuales emplean el método de interpolación ANUSPLIN.

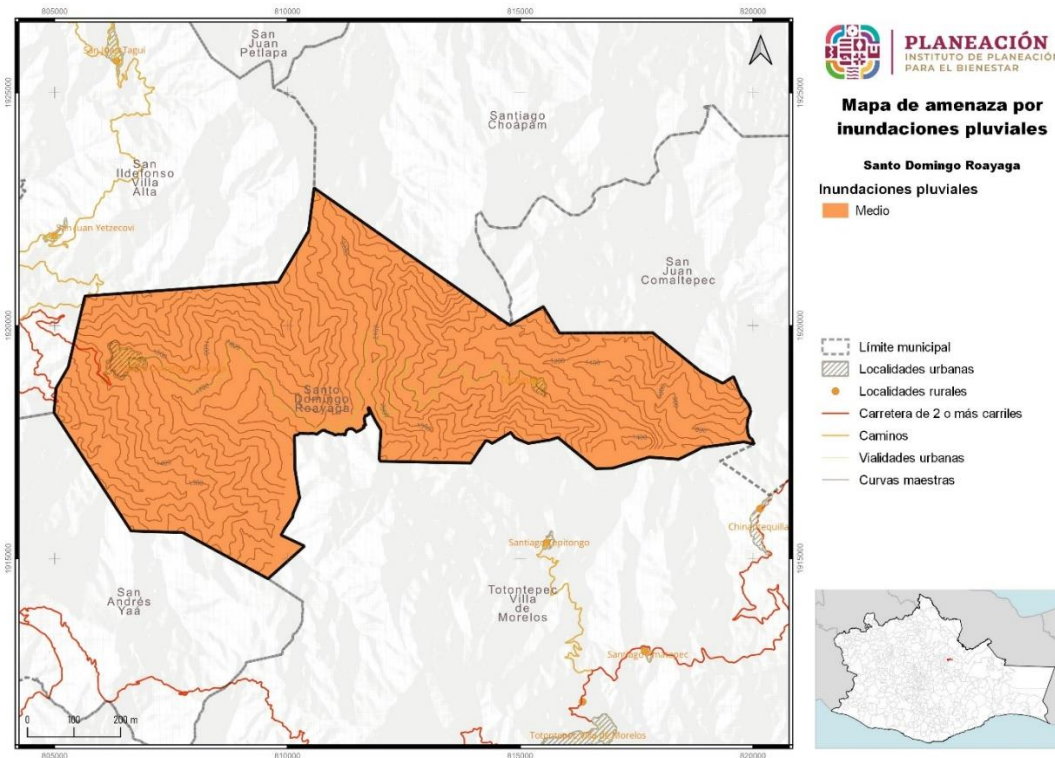
V.2.1 Inundaciones pluviales

Las inundaciones son un fenómeno en el cual se anega un área determinada que generalmente está libre de ésta. El agua proviene del desbordamiento de arroyos, ríos o represas, o bien de escurrimientos de partes altas y se asocia a lluvias intensas en el área o incluso en otras lejanas.

A pesar de considerarse un fenómeno natural, tiene una alta influencia de los procesos de ocupación del territorio y construcción de infraestructura, ya que a menudo el riesgo existe cuando se establecen viviendas en zonas inundables y se crean embudos artificiales que impiden el libre tránsito de las avenidas de agua.

Con respecto a las amenazas por inundaciones pluviales, el municipio de Santo Domingo Roayaga tiene una probabilidad de riesgo **Medio** a una afectación a todo el territorio 100% (5633.87 hectáreas) de la superficie municipal.

Mapa 60. Mapa de amenaza por inundaciones pluviales en el municipio





En el mapa se puede observar que el caso de probabilidad de riesgo Medio de inundación esta es la que afecta a la mayor parte del municipio del Santo Domingo Roayaga. Abarca a la cabecera municipal; así como a la localidad rural de Tonaguía.

La OMM/UNESCO define como inundación al “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas.

Se entiende por inundación: aquel evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

México se encuentra entre dos grandes océanos, por ello, cada año se forman ciclones tropicales que causan lluvias intensas, además de que la topografía del territorio nacional, en su mayoría, es escarpada. Ambos factores propician que las inundaciones afecten gran parte del país.

La Ley General de Protección Civil reconoce varios tipos de inundación:

Inundaciones pluviales: Suceden cuando el terreno se ha saturado de agua y no puede absorberla, lo que provoca que la lluvia excedente se acumule durante horas o días. Su principal característica es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte.

Inundaciones fluviales: Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos 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 necesariamente a lluvia 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.

Inundaciones costeras: Es cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea de tormenta de los huracanes y el oleaje, los cuales cubren grandes extensiones de terreno.

Inundaciones lacustres: Es el incremento del nivel medio de un cuerpo de agua (humedales, lagos, lagunas, entre otros).

Inundaciones de áreas ribereñas

Las inundaciones en áreas ribereñas ocurren cuando el escurrimiento alcanza niveles superiores al lecho menor causando afectaciones en el lecho mayor; los impactos debido a la inundación ocurren cuando esta área de riesgo es ocupada por la

población como se muestra en la figura. Este tipo de inundación generalmente ocurre en cuencas medianas y grandes (> 100 km²).

Imagen 12. Inundaciones áreas ribereñas



La inundación del lecho mayor de los ríos es un proceso natural, como consecuencia del ciclo hidrológico del agua; cuando la población ocupa el lecho mayor, que son áreas de riesgo, los impactos son reincidentes, por lo que debe respetarse el derecho de cauce de los arroyos y ríos.

Inspección de cauces: recorrido en campo

Todos los ríos hidrológicamente se comportan de diferentes maneras, y con el tiempo van sufriendo cambios en la búsqueda de la estabilidad hidráulica. Estos cambios se deben a dos factores principales, los primeros asociados con fenómenos naturales y los segundos por causas antropogénicas.

La importancia de la exploración o conocimiento de los cauces es de gran beneficio ya que antes y durante la ocurrencia de eventos extremos, posibilita la prevención o reducción de daños en los ámbitos económicos y de infraestructura, y principalmente, en la prevención de pérdidas humanas.

Los escurrimientos pluviales pueden llegar a producir inundaciones o encharcamientos, debido a dos aspectos que se pueden presentar en conjunto o aisladamente.

Inundaciones debido a la urbanización

Las inundaciones y encharcamientos en zona urbana aumentan su frecuencia y magnitud debido principalmente a los bajos coeficientes de escurrimiento que se propician con la pavimentación del suelo, obstrucciones de escurrimientos (rellenos, puentes, drenajes pluviales insuficientes en cuanto a diseño, etc.). Generalmente estas



inundaciones son de tipo local porque ocurren en cuencas pequeñas (< 100 km², así como cuencas < 10 km²).

Conforme la urbanización de una ciudad avanza pueden presentarse los siguientes impactos:

- Aumento de los caudales máximos (hasta 7 veces), así como su frecuencia, debido al aumento de la capacidad de escurrimiento a través de conductos y canales e impermeabilidad de la superficie de escurrimiento.
- Aumento en la generación de sedimentos debido a la falta de protección natural de las superficies del suelo expuestas (deforestadas), así como la producción de residuos sólidos (basura).
- Deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea debido al lavado de las calles, transporte de material sólido y de la conjunción clandestina de descargas sanitarias y pluviales en los escurrimientos.

Uno de los principales problemas que enfrenta el municipio actualmente es el impacto resultante del desarrollo urbano en el escurrimiento dentro de la cuenca, ello debido a que, si bien la población crece en la periferia de la zona urbana, donde en su momento no existe ni pavimentación ni dotación de servicios básicos (agua, drenaje, luz y recolección de basura), las personas tratarán de buscar los medios para subsistir creando otros problemas (invasión de cauces, residuos sólidos, caminos de terracería, descargas domiciliarias a cielo abierto, etc.).

Afectando de manera directa el ciclo del escurrimiento hacia zonas de desfogue de la cuenca en estudio.

*En el Municipio de Santo Domingo Roayaga no se han presentado inundaciones del tipo Pluvial y/o Fluvial, debido a los escurrimientos. Por lo que este fenómeno se presenta en un grado **MUY BAJO**.*

V.2.1.1. Amenaza por precipitación máxima en el municipio

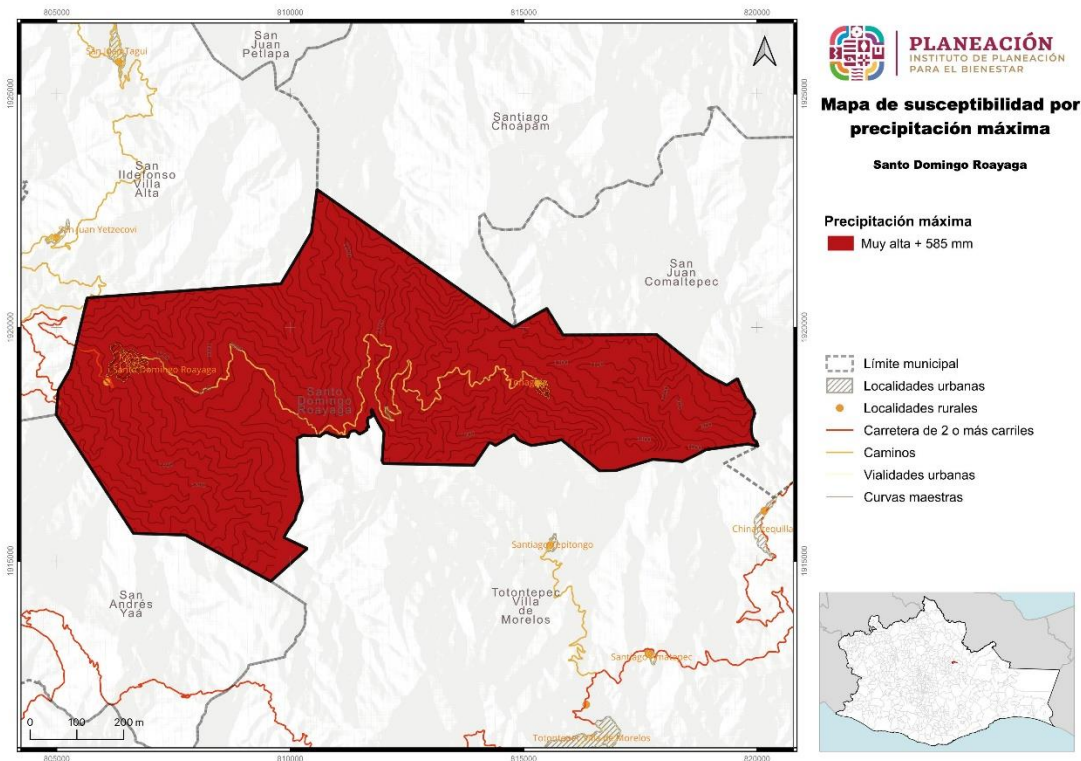
Las lluvias extraordinarias son aquellos eventos en los cuales se precipita una cantidad mayor de agua a lo usual en un solo evento, o bien en varios continuos. Para saber cuánto es lo usual, se toman en cuenta los valores promedio históricos y en función de los datos mensuales se calcula una precipitación normal y, por ende, una extraordinaria.



Las lluvias extraordinarias en muchos casos son detonantes de otro tipo de fenómenos que ponen en peligro a la población, como movimientos gravitacionales, inundaciones, encharcamientos, desbordes de ríos, entre otros. Estas lluvias, pueden presentar fenómenos de rayos, pero no es una condicionante. Incluso pueden ser lluvias poco intensas, pero muy prolongadas. Además, las lluvias extraordinarias pueden aparecer en varios episodios repartidos en varios días, y no necesariamente en una sola emisión.

Con respecto al caso de susceptibilidad por precipitación máxima en el municipio de Santo Domingo Roayaga tiene una probabilidad de riesgo **MUY ALTO** en el rango de precipitación de +585 mm afectando al 100% (5624.88 hectáreas) del territorio.

Mapa 61. Mapa de amenaza por precipitación máxima



En el mapa se puede observar que, en el municipio de Santo Domingo Roayaga, todo el territorio del municipio presenta un riesgo de precipitación máxima Muy Alta + 585 mm, cabecera municipal y Tonaguía son vulnerables ante este fenómeno hidrometeorológico.

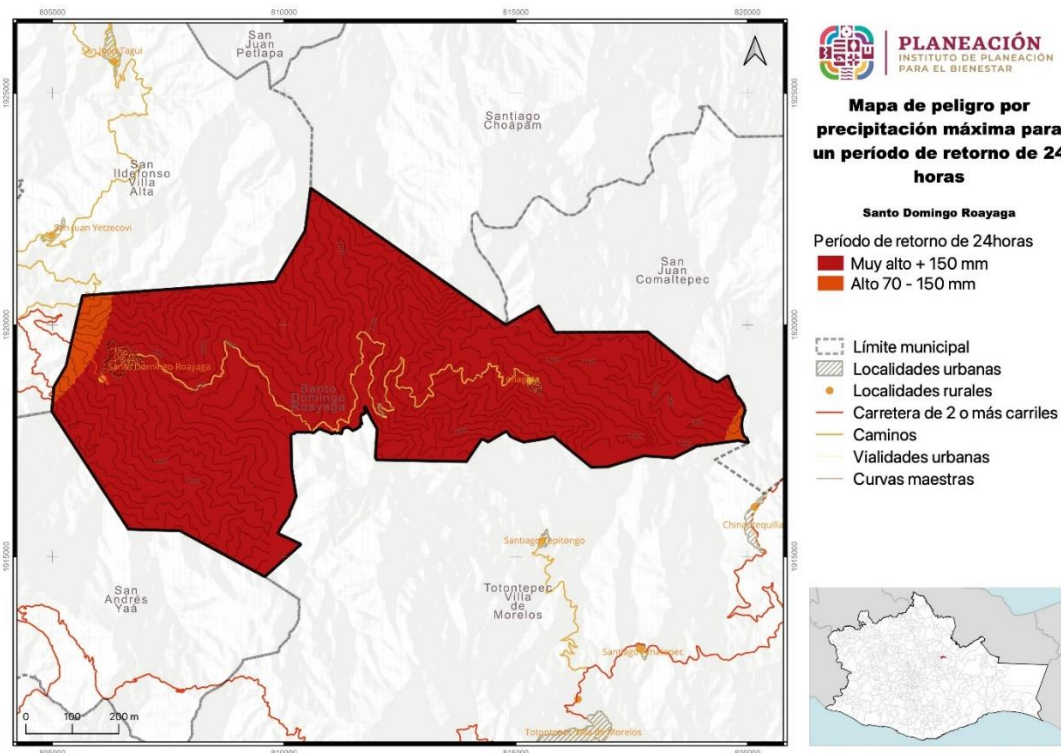


V.2.1.2. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 24 horas

Con base en los resultados del estudio regional y las lluvias diarias máximas anuales, es posible obtener las lluvias de diseño para distintos periodos de retorno como las que se incluyen en la base de datos para los periodos de 5, 10, 20, 50 y 100 años. De igual forma, sólo representan un punto espacial de las cabeceras municipales y una duración de 24 horas.

Para peligros por precipitación máxima en un período de retorno por 24 horas (**PR 24 horas**), en este lapso de tiempo se estima que el 97.51% (5484.85 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por precipitación máxima, clasificado como nivel **Muy Alto +150 mm**; con 2.49 % (140.02 hectáreas), con estos grados de peligro afectará una extensión territorial de 5624.88 hectáreas, las cuales incluyen la cabecera municipal y Tonaguía, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 62. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 24 horas



En el mapa se puede observar que, la cabecera municipal de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía, presentan una precipitación máxima Muy Alta + 150 mm, por lo que



presentan un peligro Muy Alto ante este fenómeno hidrometeorológico en este periodo de retorno.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 24 horas, significa que podrá ser afectada 876,000 veces en un siglo, a consecuencia de precipitación máxima en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

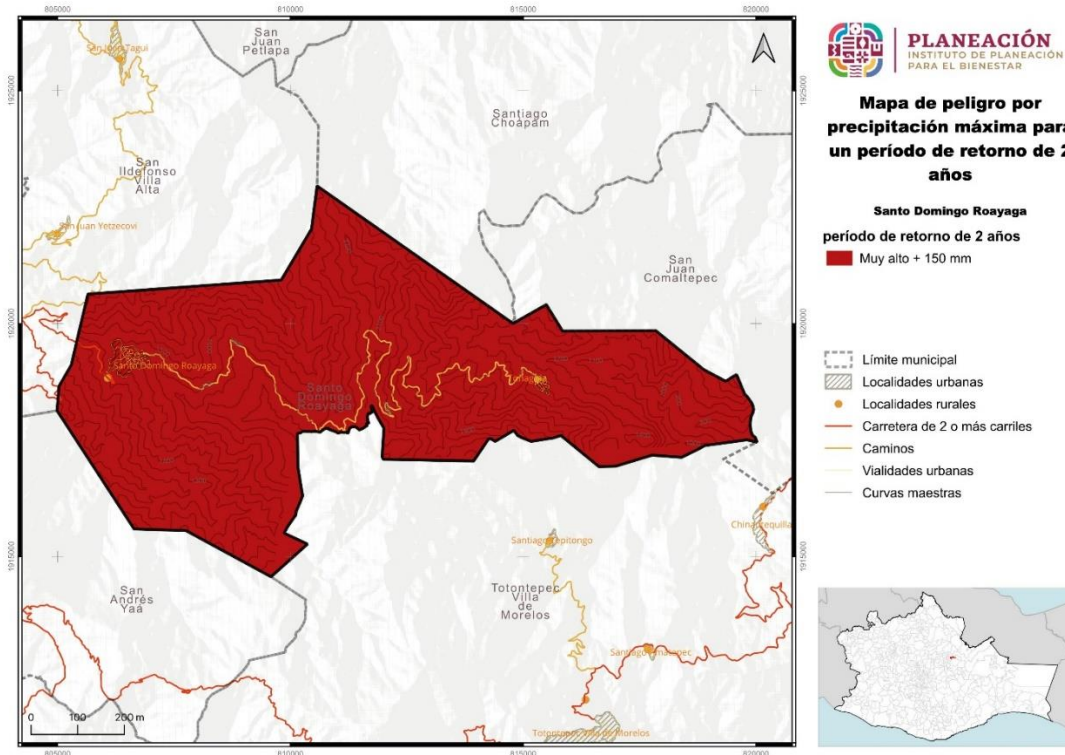
V.2.1.3. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 2 años

Para peligros por precipitación máxima en un período de retorno por dos años (**PR 2 años**), en este lapso se estima que el 100% del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por precipitación máxima, clasificado como nivel **Muy Alto +150 mm**. Este peligro afectará una extensión territorial de 5624.88 hectáreas, las cuales incluyen la cabecera municipal y Tonaguía, tal como se muestra en el mapa.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de dos años significa que podrá ser afectada 50 veces en un siglo, a consecuencia de precipitación máxima en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

Mapa 63. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 2 años

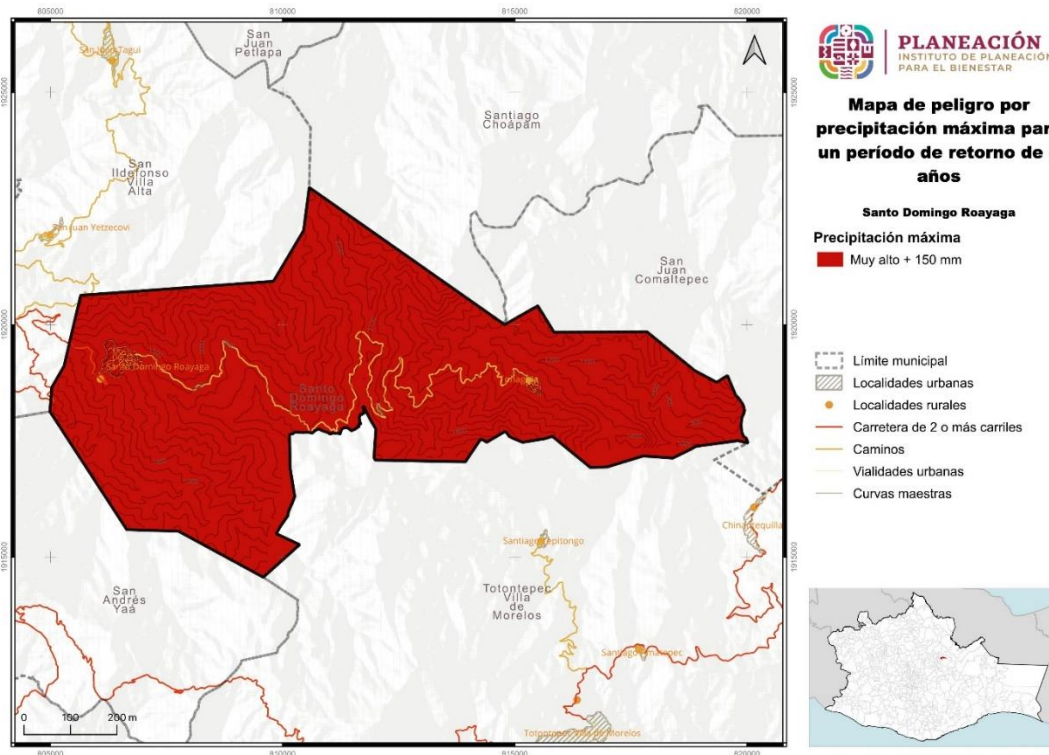


En el mapa se puede observar que, la cabecera municipal de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía, presentan una precipitación máxima Muy Alta + 150 mm, por lo que presentan un peligro Muy Alto ante este fenómeno hidrometeorológico en este periodo de retorno.

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**), en este lapso se estima que el 100% del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por precipitación máxima, clasificado como nivel **Muy Alto +150 mm**. Este peligro afectará una extensión territorial de 5624.88 hectáreas, las cuales incluyen la cabecera municipal y Tonaguía, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 64. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 5 años



En el mapa se puede observar que, la cabecera municipal de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía, presentan una precipitación máxima Muy Alta + 150 mm, por lo que presentan un peligro Muy Alto ante este fenómeno hidrometeorológico en este periodo de retorno.

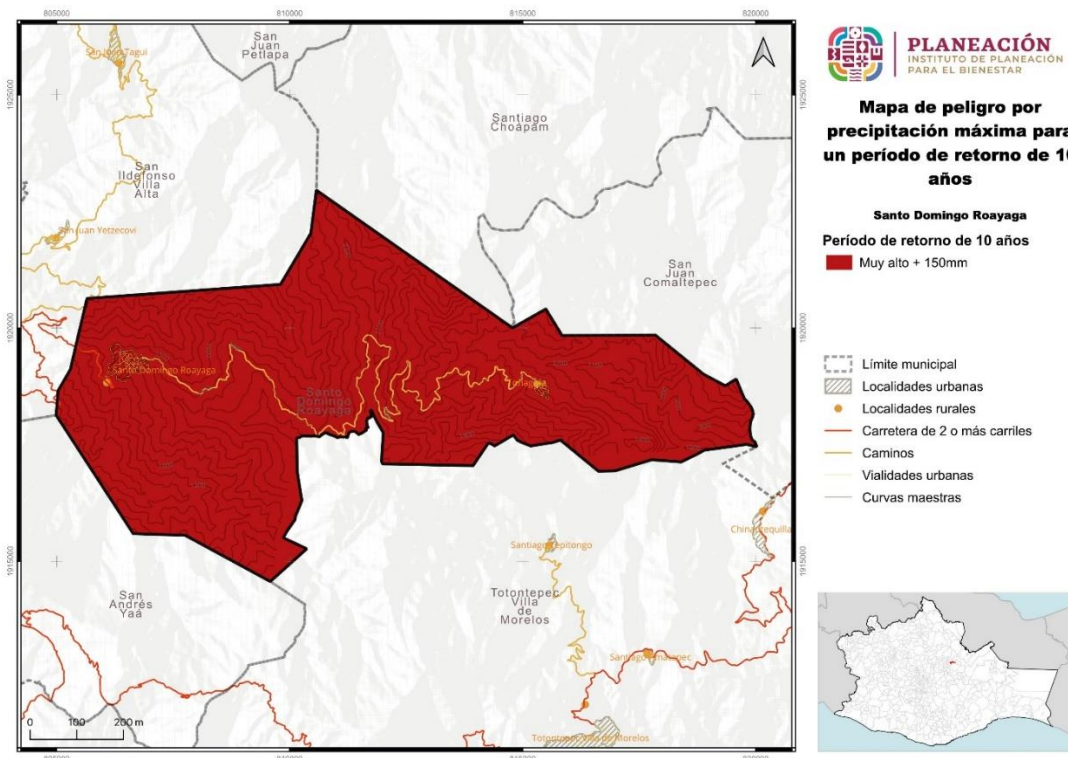
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de precipitación máxima en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.1.5. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 10 años

Para peligros por precipitación máxima en un período de retorno por diez años (**PR 10 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 100% del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por precipitación máxima, clasificado como nivel **Muy Alto +150 mm**. Este peligro afectará una extensión territorial de 5624.88 hectáreas, las cuales incluyen la cabecera municipal y Tonaguía, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 65. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 10 años



En el mapa se puede observar que, la cabecera municipal de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía, presentan una precipitación máxima Muy Alta + 150 mm, por lo que presentan un peligro Muy Alto ante este fenómeno hidrometeorológico en este periodo de retorno.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

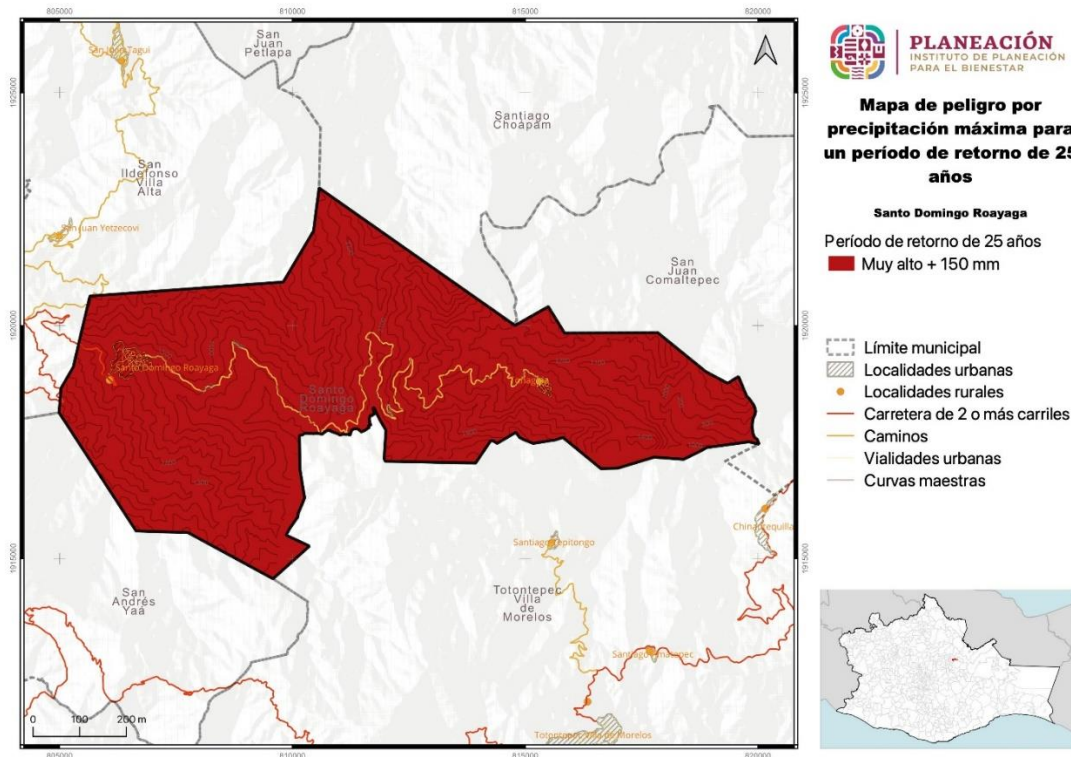


Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años, significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de precipitación máxima en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.1.6. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 25 años

Para peligros por precipitación máxima en un período de retorno por 25 años (**PR 25 años**), en este lapso se estima que el 100% del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por precipitación máxima, clasificado como nivel **Muy Alto +150 mm**. Este peligro afectará una extensión territorial de 5624.88 hectáreas, las cuales incluyen la cabecera municipal y Tonaguía, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 66. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 25 años



En el mapa se puede observar que, la cabecera municipal de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía, presentan una precipitación máxima Muy Alta + 150 mm, por lo que



presentan un peligro Muy Alto ante este fenómeno hidrometeorológico en este periodo de retorno.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 25 años significa que podrá ser afectada 4 veces en un siglo, a consecuencia de precipitación máxima en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

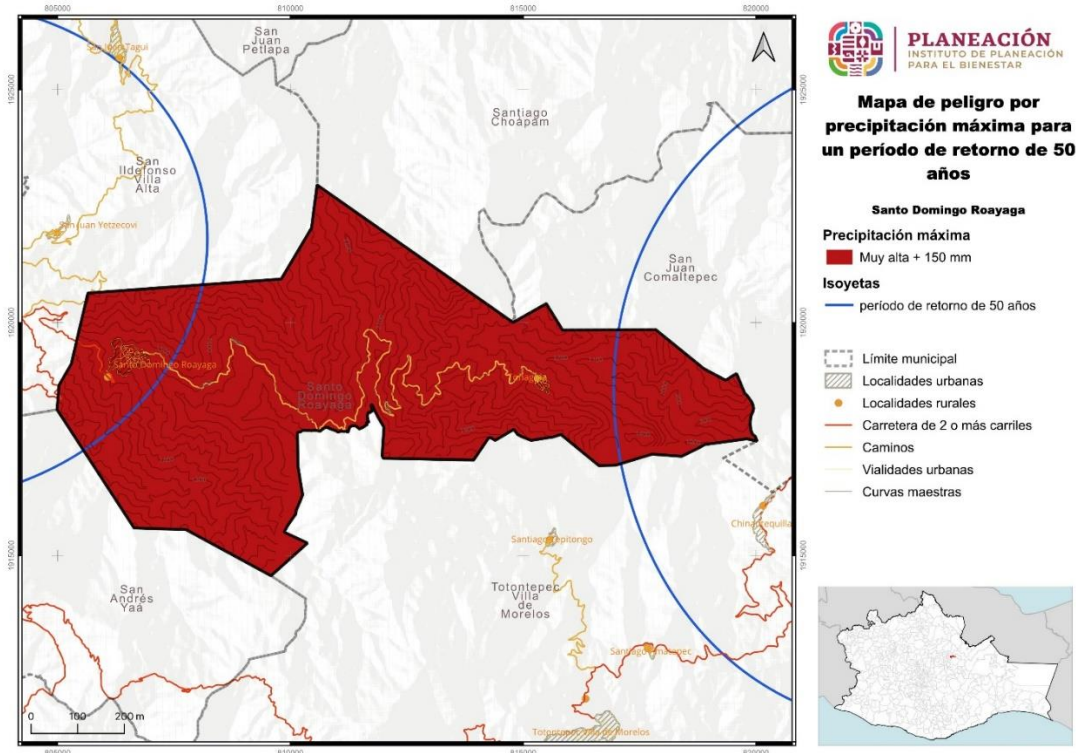
V.2.1.7. Peligro por precipitación máxima en un periodo de retorno por 50 años

Finalmente, para peligros por precipitación máxima en un período de retorno por 50 años (**PR 50 años**), en este lapso se estima que el 100% del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por precipitación máxima, clasificado como nivel **Muy Alto +150 mm**. Este peligro afectará una extensión territorial de 5624.88 hectáreas, las cuales incluyen la cabecera municipal y Tonagüía, tal como se muestra en el mapa.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de precipitación máxima en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

Mapa 67. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 50 años



En el mapa se puede observar que, la cabecera municipal de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía, presentan una precipitación máxima Muy Alta + 150 mm, por lo que presentan un peligro Muy Alto ante este fenómeno hidrometeorológico en este periodo de retorno e isoyetas.

V.2.2 Inundaciones fluviales *

(No aplica en el municipio)

V.2.3 Inundaciones costeras *

(No aplica en el municipio)

V.2.4 Inundaciones lacustres *

(No aplica en el municipio)

V.2.5 Tormentas de granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo, y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo *cumulunimbus* 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.

Los datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) muestran que la ciudad tiene un promedio de 3 - 4 días al año con tormentas eléctricas, 3 días con granizadas y días con neblina; estos datos deben tomarse en cuenta para ser considerados en proyectos de construcción, periodos de cultivo y vías de comunicación.

Mapa 68. Días con Granizo



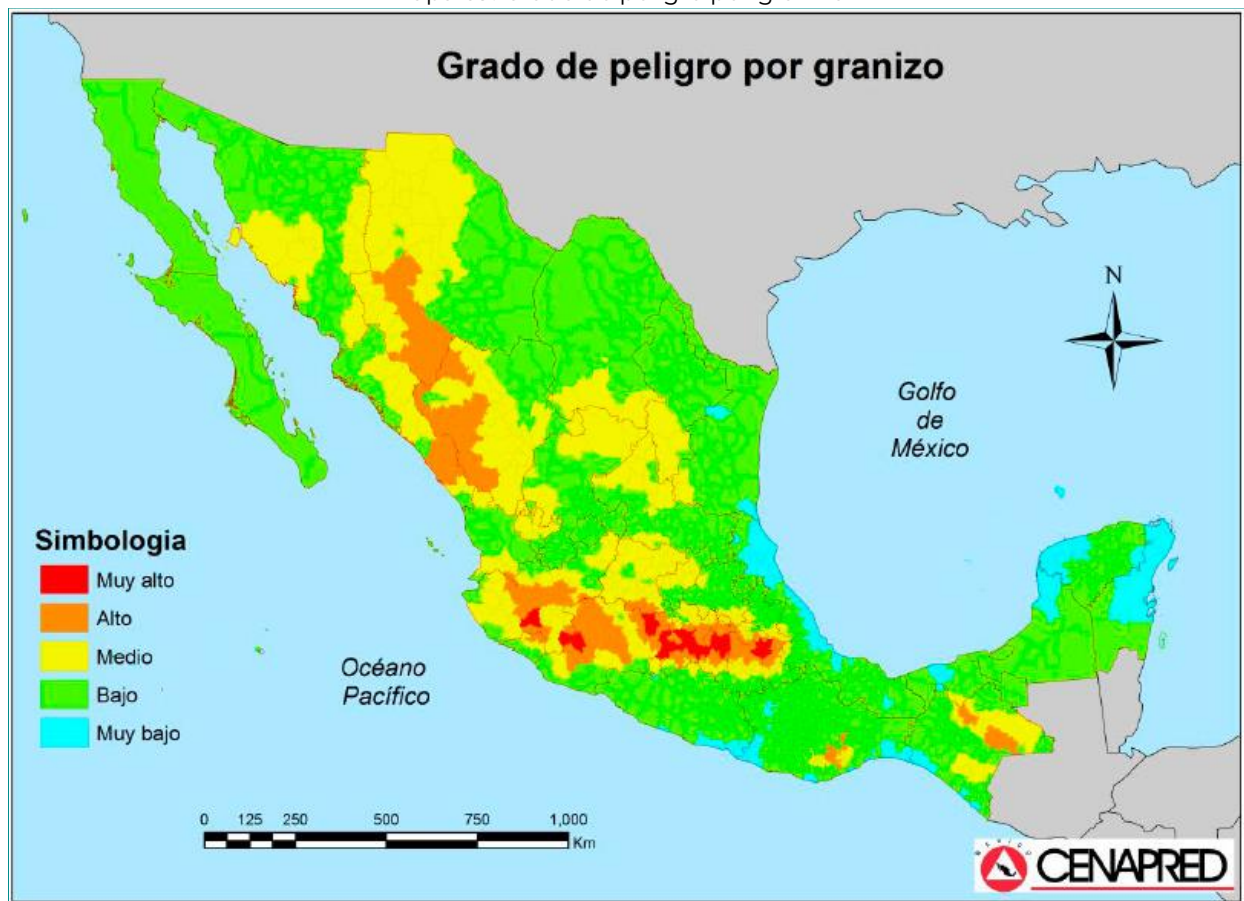


En la República Mexicana se producen granizadas principalmente en la región del altiplano, particularmente en los valles de la porción sureste y en la Sierra Madre Occidental, así como en la Sierra Madre del Sur y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Las ciudades que con mayor frecuencia 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 estado de Oaxaca las tormentas de granizo tienen una alta exposición y se presenta en algunas zonas altas del estado; en lo que respecta al municipio, la frecuencia en la región se localiza en el rango de 0 a 2 días al año. Su distribución es muy irregular y no guarda un patrón de comportamiento definido.

Mapa 69. Grado de peligro por granizo

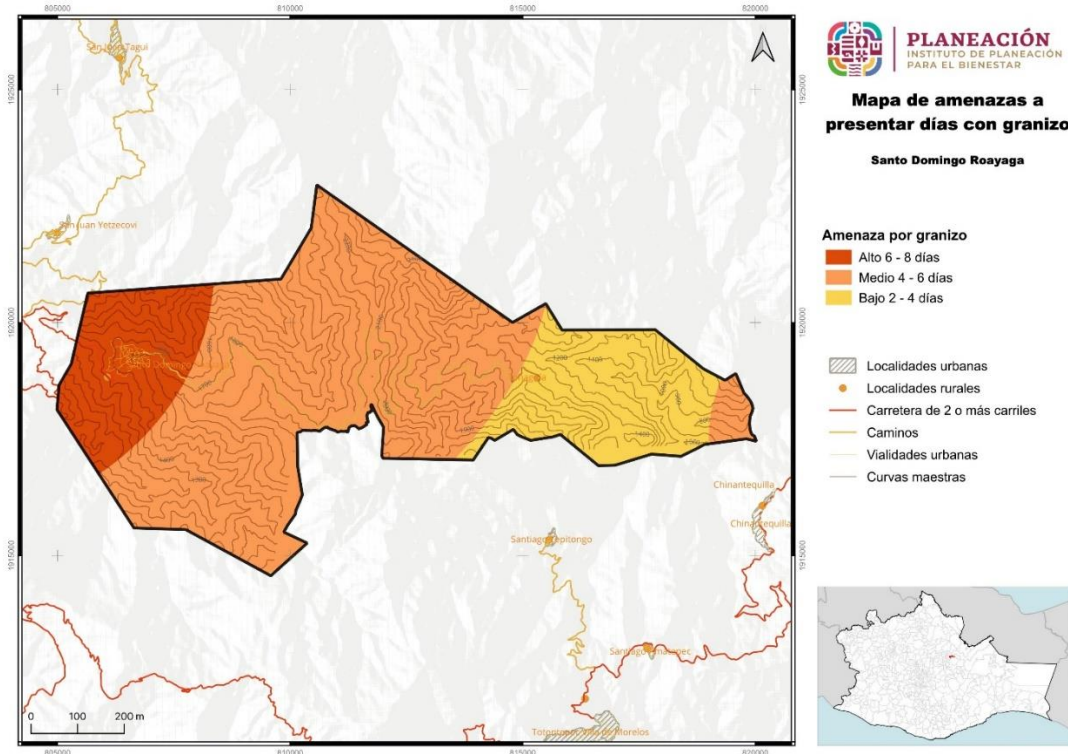


*Santo Domingo Roayaga se considera por las evidencias presentadas de ser una zona propensa a la susceptibilidad de peligro por granizo, por lo que se considera un nivel de peligro **BAJO**, aunque cuando se presenta causa daños.*

V.2.5.1. Amenaza por días con granizo en el municipio

Entendida que 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. Santo Domingo Roayaga presenta estas características con días de granizo en una escala de amenaza BAJA (2 – 4 días) con 19.44% (1093.72 hectáreas); **MEDIA** (4-6 días), con 65.2% (3667.15 hectáreas); y ALTA (6 – 8 días), con 15.36% (864.91 hectáreas); como se muestra en el mapa.

Mapa 70. Amenaza por días con granizo en el municipio

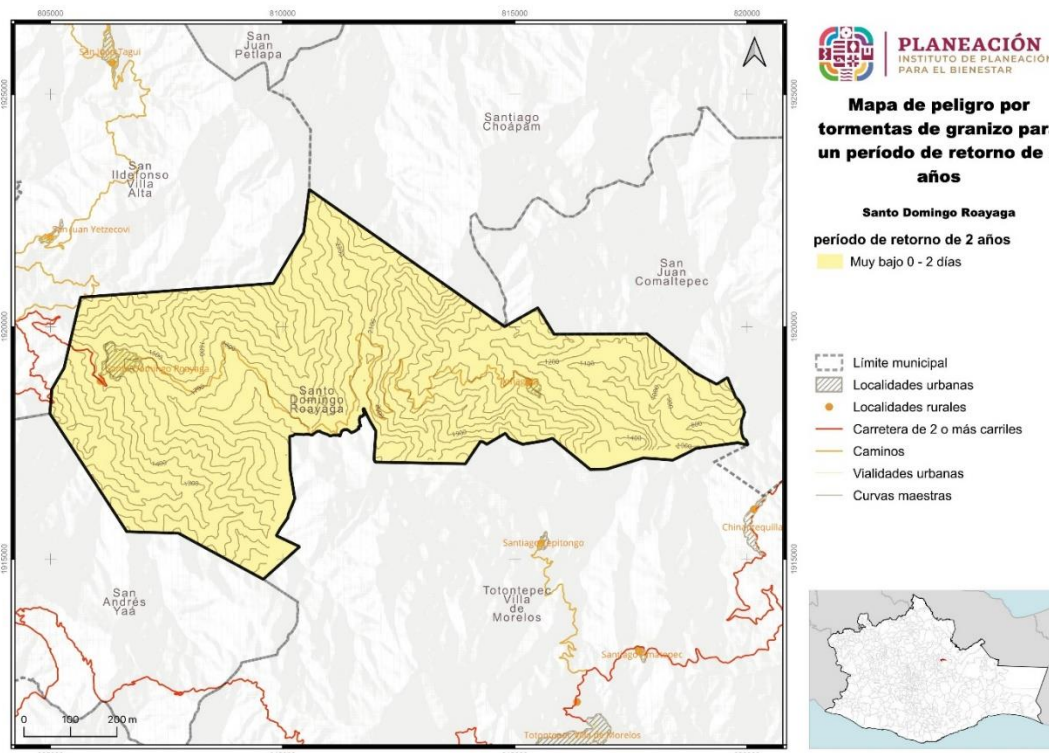


En el mapa previo se puede apreciar que la cabecera municipal se ubica en la probabilidad de peligro catalogada como Alta (6 – 8 días), 15% del territorio del municipio, Tonagua en de 2 a 4 días catalogada como Baja del territorio.

V.2.5.2. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 2 años

Para peligros por tormentas de granizo en un período de retorno de dos años (**PR 2 años**), en este lapso se estima que el 100% (5624.88 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta de granizo, clasificado como nivel **Muy Bajo (0 - 2 días)**; tal como se muestra en el mapa.

Mapa 71. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 2 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Bajo (0 - 2 días)**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

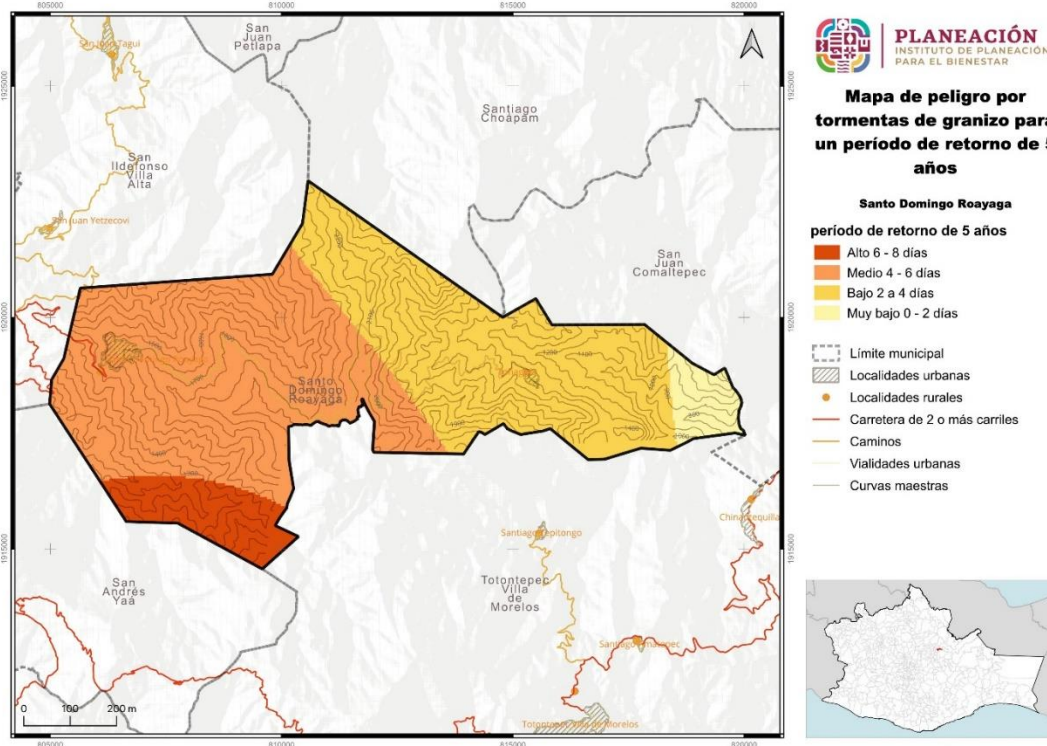
Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 2 años significa que podrá ser afectada 50 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas de granizo

en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.5.3. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 5 años

Para peligros por tormentas de granizo en un período de retorno de cinco años (**PR 5 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 7.92% (445.51 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta de granizo, clasificado como nivel Alto 6 - 8 días; con 49.21% (2768.15 hectáreas), clasificado como nivel **Medio 4 - 6 días**; y en 38.89% (2187.48 hectáreas) como nivel Bajo 2 - 4 días; y Muy Bajo 0 - 2 días con 3.98% (223.75 hectáreas), como se muestra en el mapa.

Mapa 72. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 5 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Medio 4 - 6 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga; así como de Tonagúa, en la zona de peligro catalogada como **Bajo 2 - 4 días**.



Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años, significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas de granizo en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

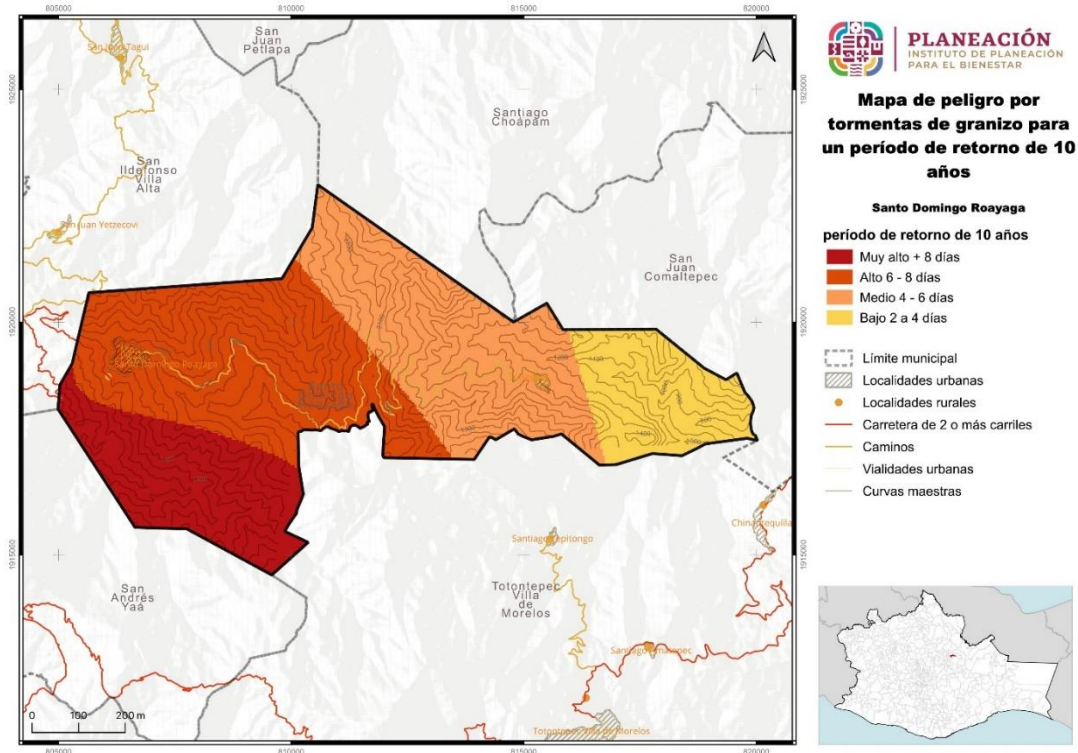
V.2.5.4. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 10 años

Para peligros por tormentas de granizo en un período de retorno de 10 años (**PR 10 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 19.28% (1084.64 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta de granizo, clasificado como nivel Muy Alto + 8 días; con 36.3% (2041.75 hectáreas), clasificado como nivel **Alto 6 -8 días**; y en 30.44% (1711.95 hectáreas) como nivel Medio 4 - 6 días; y Bajo 2 - 4 días con 13.98% (786.54 hectáreas), como se muestra en el mapa.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas de granizo en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

Mapa 73. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 10 años

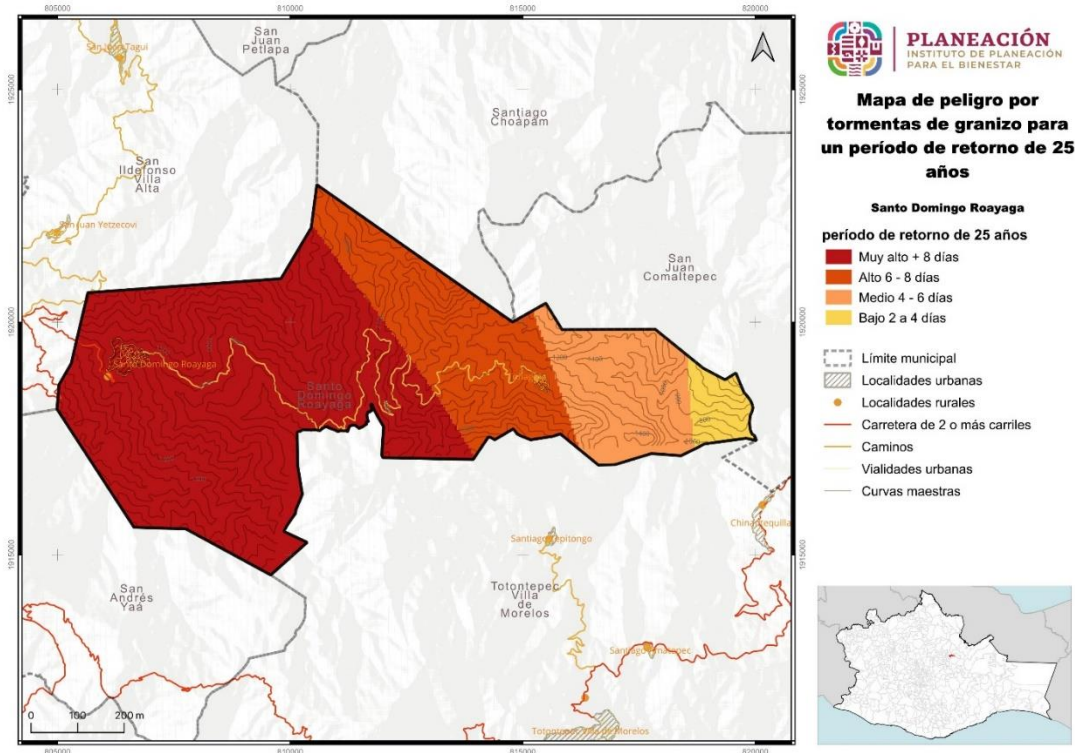


En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Alto 6 - 8 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga; así como de Tonagua en la zona de peligro catalogada como **Media 4 - 6 días**.

V.2.5.5. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 25 años

Para peligros por tormentas de granizo en un período de retorno de 25 años (**PR 25 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 61.73% (3472.43 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta de granizo, clasificado como nivel **Muy Alto + 8 días**; con 21.35% (1200.92 hectáreas), clasificado como nivel Alto 6 - 8 días; en 13.59% (764.16 hectáreas) como nivel Medio 4 - 6 días; y Bajo 2 - 4 días con 3.33% (187.38 hectáreas), como se muestra en el mapa.

Mapa 74. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 25 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 8 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga; así como de Tonaguá, en la probabilidad de peligro catalogada como **Alto 6 - 8 días**.

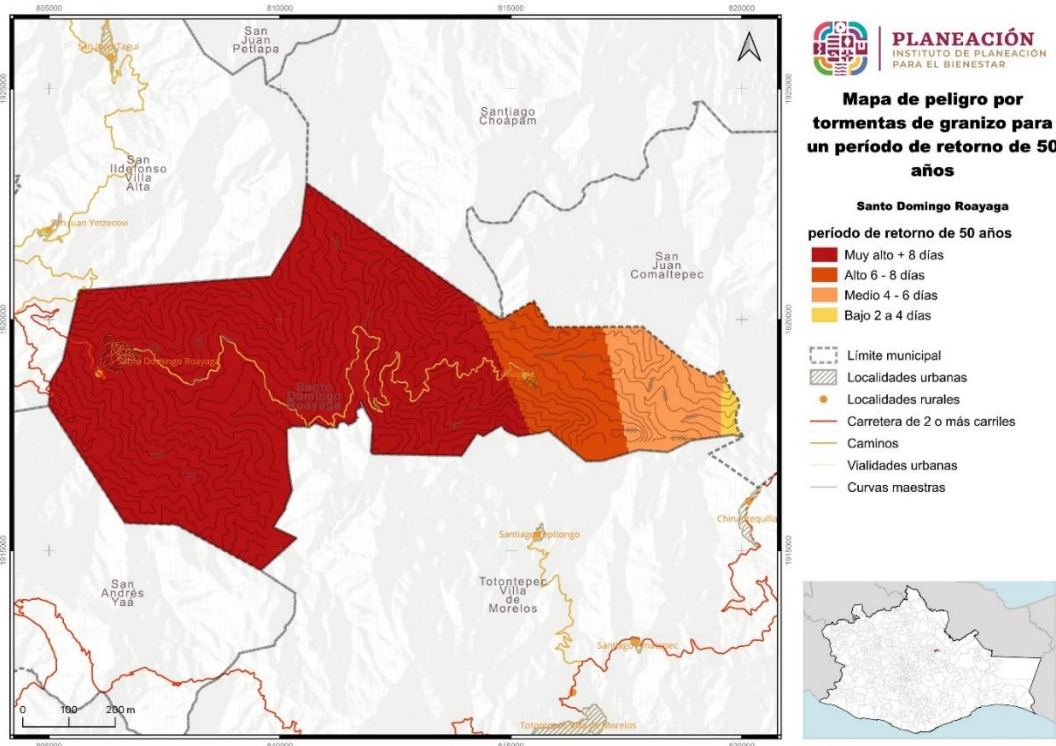
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 25 años, significa que podrá ser afectada 4 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas de granizo en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.5.6. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 50 años

Para peligros por tormentas de granizo en un período de retorno de 50 años (**PR 50 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 79.19% (4454.44 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta de granizo, clasificado como nivel **Muy Alto + 8 días**; con 11.52% (647.78 hectáreas), clasificado como nivel Alto 6 -8 días; en 8.62% (484.89 hectáreas) como nivel Medio 4 - 6 días; y Bajo 2 - 4 días con 0.67% (37.76 hectáreas), como se muestra en el mapa.

Mapa 75. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 50 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 8 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga; así como de Tonaguá, en la probabilidad de peligro catalogada como **Alto 6 - 8 días**.

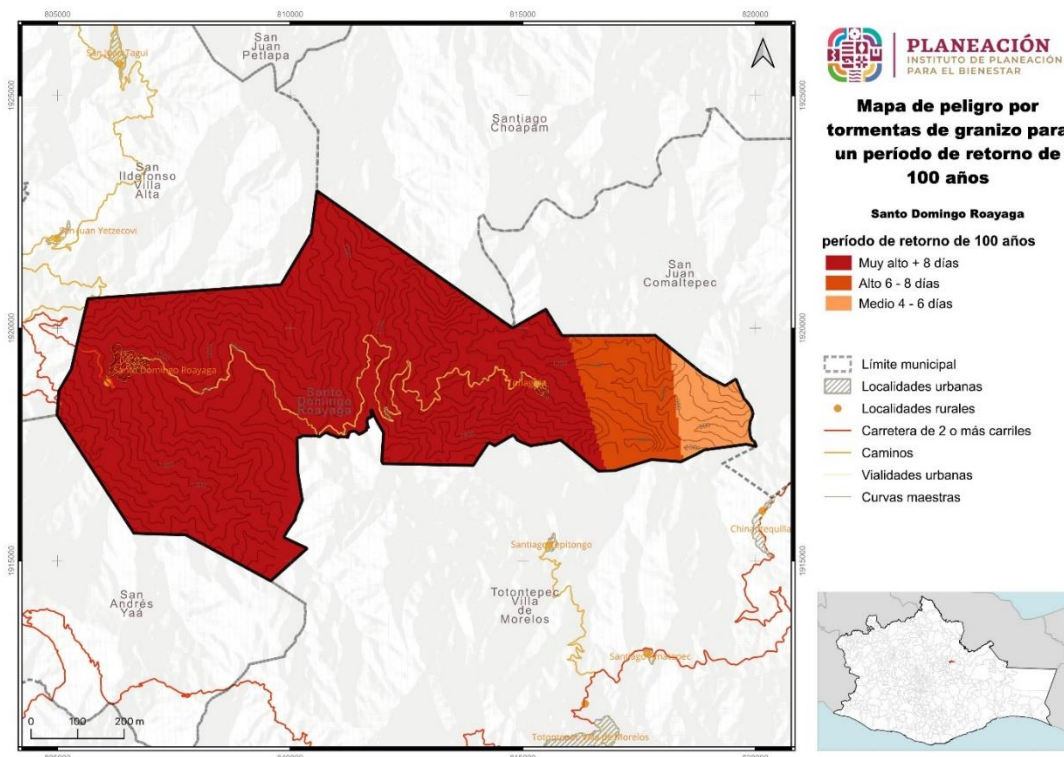
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas de granizo en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.5.7. Peligro por tormentas de granizo un periodo de retorno de 100 años

Para peligros por tormentas de granizo en un período de retorno de 100 años (**PR 100 años**), en este lapso se estima que el 86.13% (4844.57 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta de granizo, clasificado como nivel **Muy Alto + 8 días**; con 9.39% (527.94 hectáreas), clasificado como nivel Alto 6 -8 días; en 4.49% (252.37 hectáreas) como nivel Medio 4 - 6 días, como se muestra en el mapa.

Mapa 76. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 100 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 8 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga; y Tonaguá.



Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 100 años, significa que podrá ser afectada 1 vez en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas de granizo en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

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.

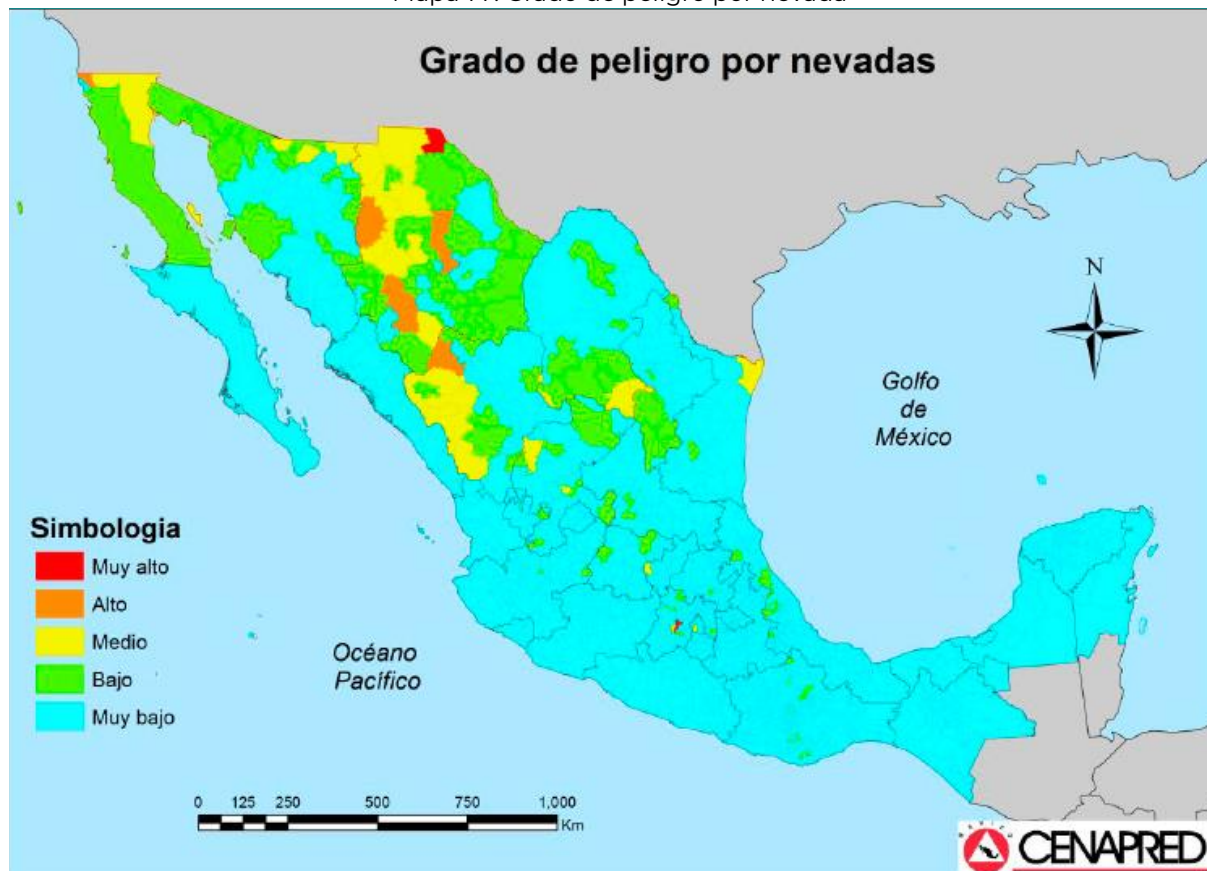
Etapas de la formación de una tormenta de nieve:

- **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.

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas como montañas o sierras, principalmente, durante el invierno. Como se ve en la siguiente imagen en el estado de Oaxaca, es poco frecuente la presencia de nieve. Al respecto, en el Municipio, no se han registrado tormentas de nieve en los últimos 10 años, por lo que peligro es muy bajo.

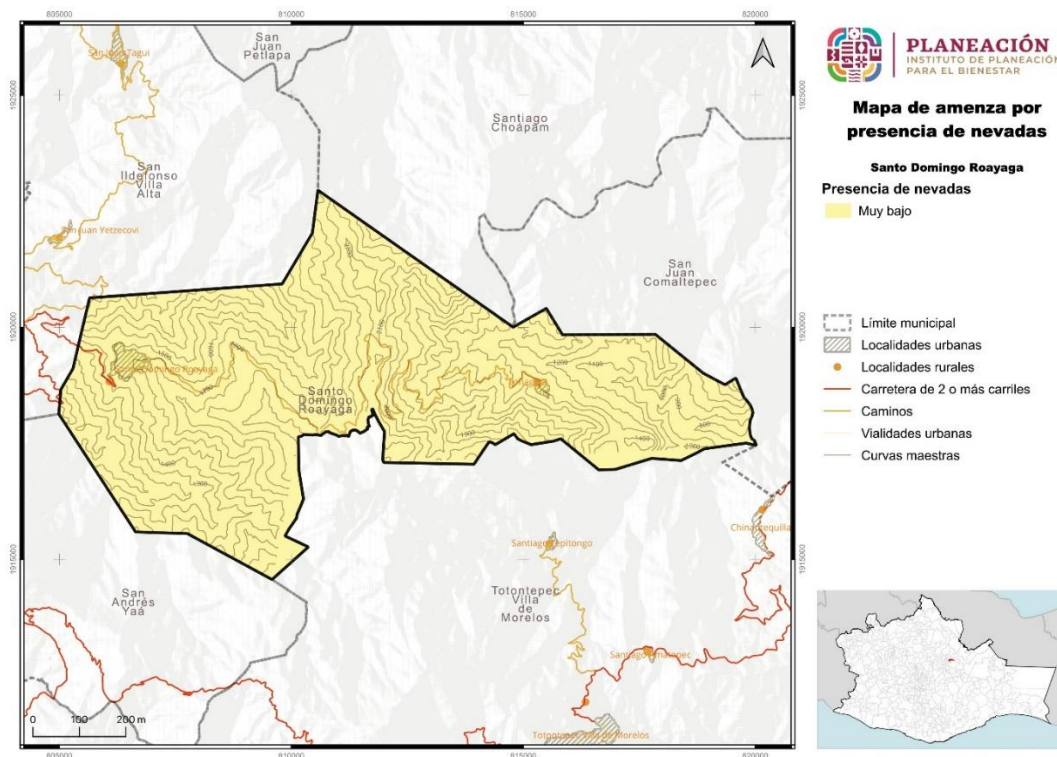
Mapa 77. Grado de peligro por nevada



V.2.6.1. Amenaza por nevadas en el municipio

Para la amenaza por nevadas en el municipio se estima que el 100% (5624.88 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por nevada, clasificado como nivel **Muy Baja**, como se muestra en el mapa.

Mapa 78. Amenaza por nevadas en el municipio



Santo Domingo Roayaga se considera por las evidencias presentadas de ser una zona no muy propensa a la susceptibilidad de peligro por nevada, por lo que se considera un nivel de peligro **Muy BAJO**, aunque cuando se pueda presentar puede causar daños.

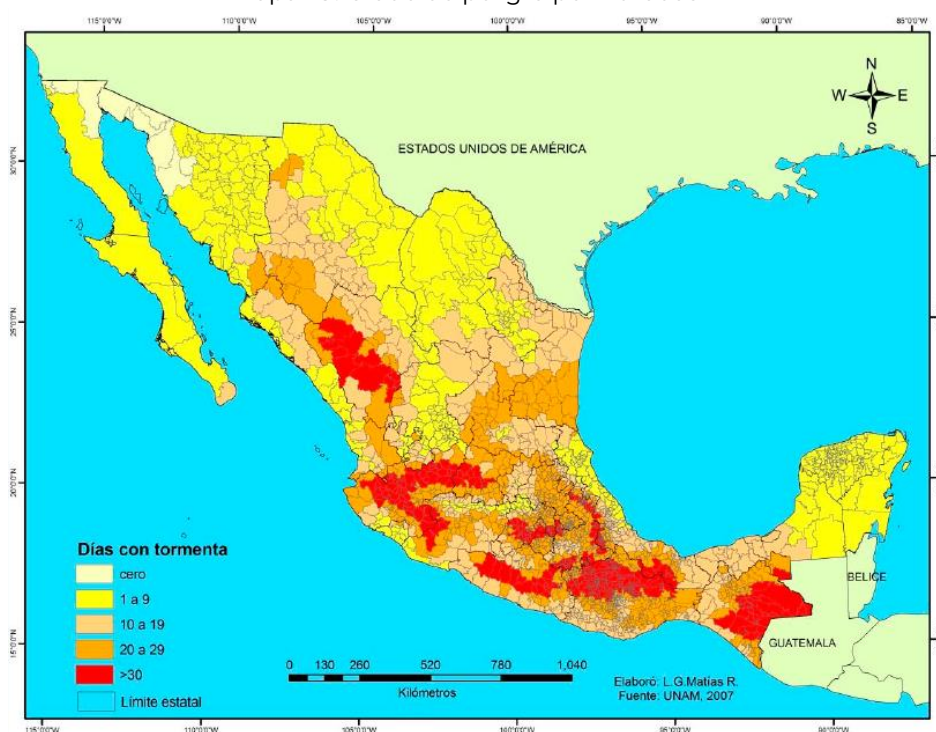
V.2.7 Tormentas eléctricas

Las tormentas son descargas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas tipo cumulonimbos y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo. Generalmente son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados.

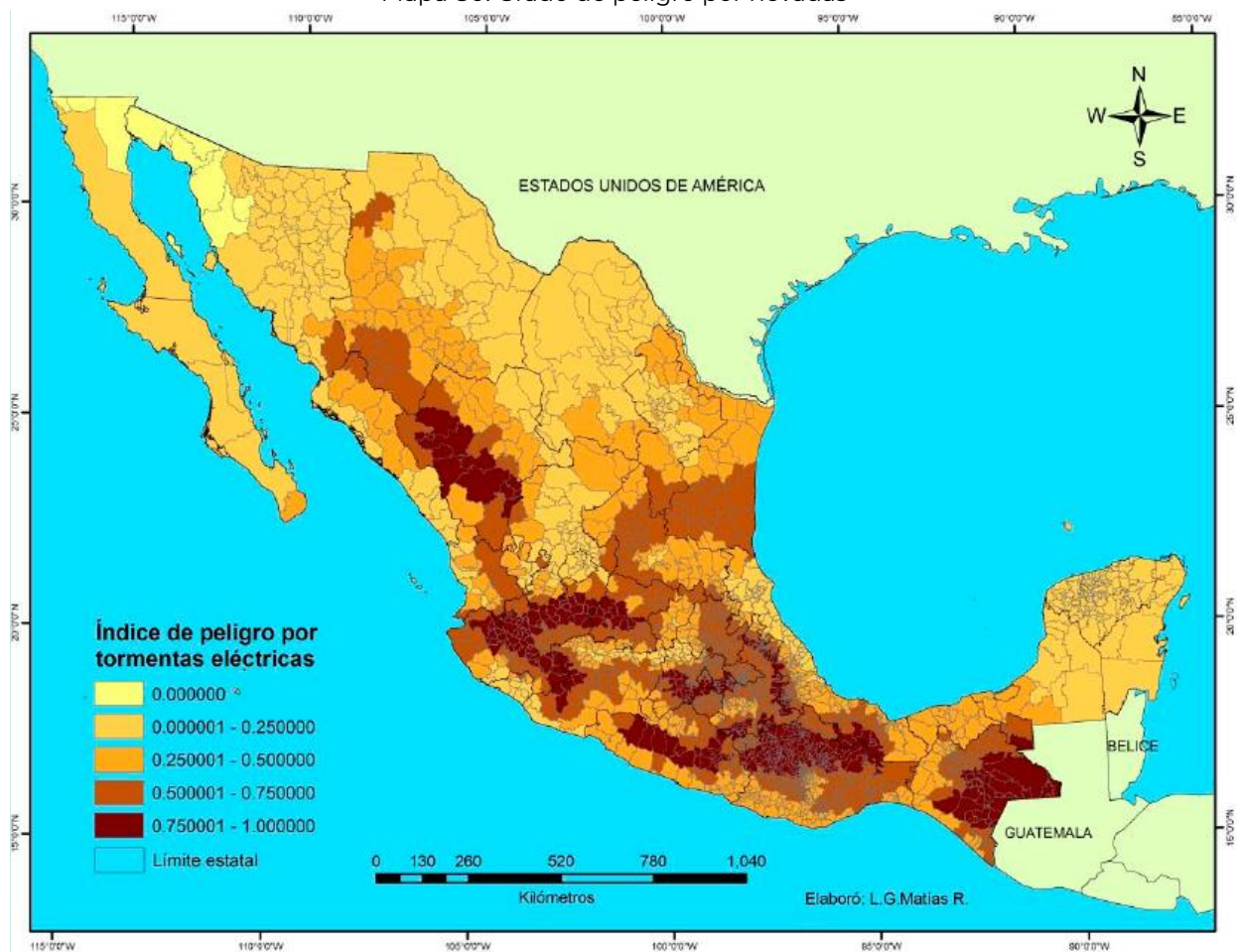
V.2.7.1. Amenaza por tormentas eléctricas

Entendida que las tormentas eléctricas se asocian a nubes convectivas tipo cumulonimbos y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos; pero en ocasiones puede ser nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo. Generalmente son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados. Santo Domingo Roayaga presenta características con días de granizo en una escala de amenaza **Alta 20 – 30 días** con 100% (5624.88 hectáreas); como se muestra en la figura.

Mapa 79. Grado de peligro por nevadas



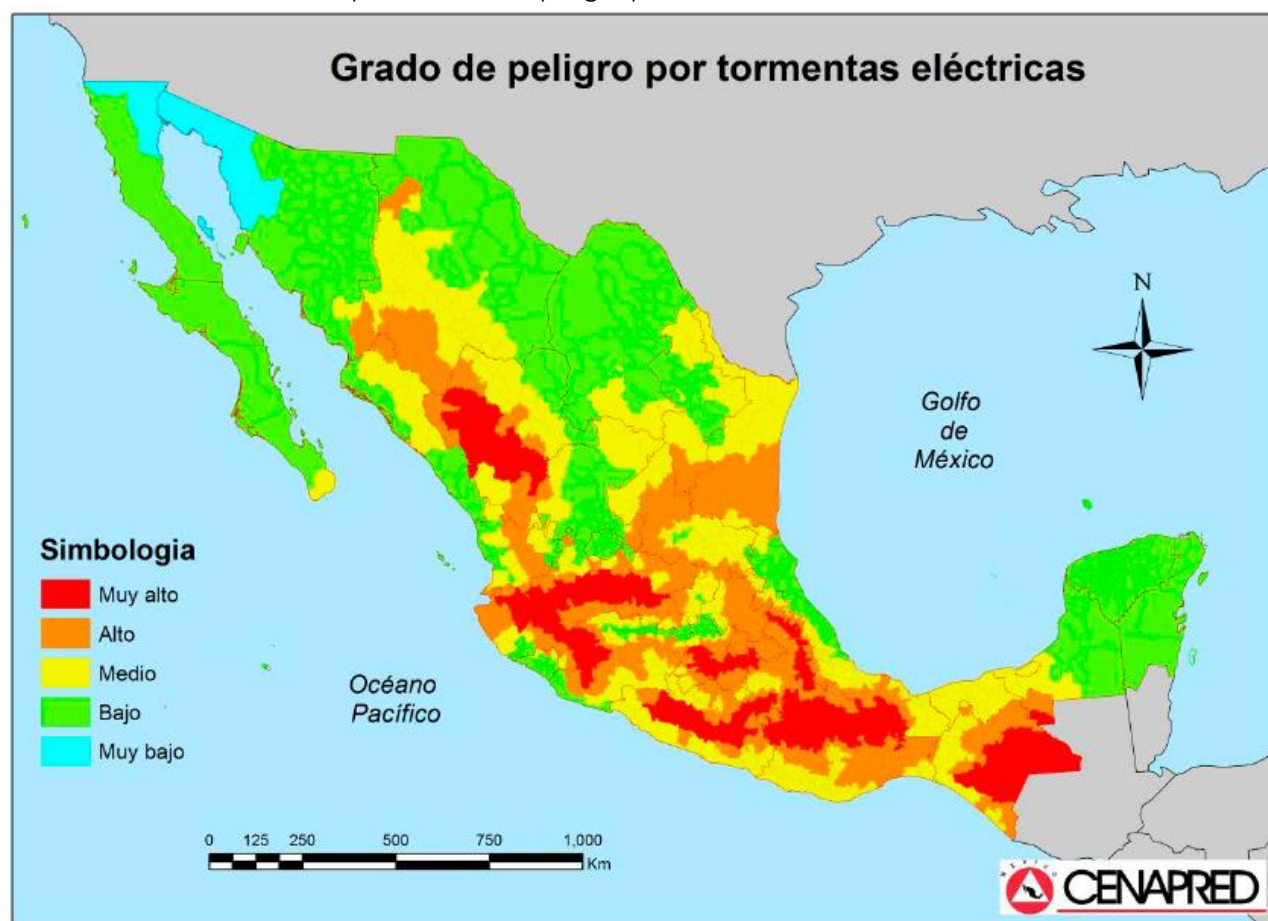
Mapa 80. Grado de peligro por nevadas



En la figura anterior muestra el número de municipios y cantidad de población que podría estar expuesta al peligro por tormentas eléctricas con un índice de peligrosidad en el rango de 0.75 a 1.0; así como de los días con tormentas como se muestra en la tabla y los resultados geográficos en la figura de abajo.

El 57.4% de los municipios del país muestran una condición de peligro alto y muy alto, donde los habitantes expuestos son 64, 173,495, que corresponde al 57.1% de la población total de México.

Mapa 81. Grado de peligro por tormentas eléctricas



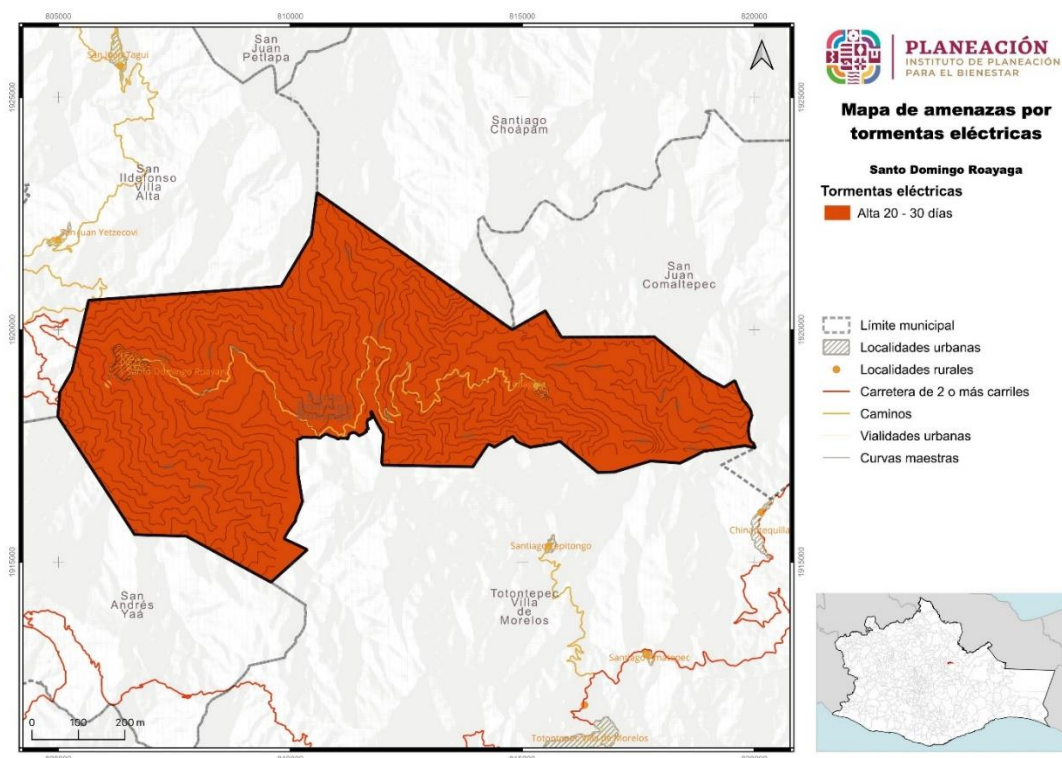
De la figura de arriba se destaca la región de peligro muy alto, localizada en el estado de Oaxaca, debido a que concentra el mayor número de municipios con 265, y una población de 1, 215,946, además de estar sobre los principales sistemas montañosos del estado.

A continuación, se muestra en la tabla la asignación de valores para el número de días con tormentas eléctricas y categorías sugeridas para el índice de peligro por tormentas eléctricas.

Tabla 43. Días con tormentas eléctricas

Asignación de valores para el número de días con tormentas eléctricas y categorías sugeridas para el índice de peligro por tormentas eléctricas			
Número de días con tormentas	valor	índice	Categoría
Cero	0	0	Muy baja o nula
1 – 9	1	0.25	Baja
10 – 19	2	0.50	Media
20 – 29	3	0.75	Alta
>30	4	1.0	Muy alta

Mapa 82. Amenaza por tormentas eléctricas en el municipio



En el mapa previo se puede apreciar que la amenaza catalogada como **Alto 20 - 30 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga; y de Tonagúa.

*En Santo Domingo Roayaga, las precipitaciones que se han registrado en la estación climatológica tienen observaciones de hasta 20 - 30 tormentas eléctricas; en general es un fenómeno que se presenta en el territorio municipal se considera por las evidencias presentadas de ser una zona propensa a la susceptibilidad de peligro por Tormentas eléctricas, por lo que se considera un nivel de peligro **ALTO**.*

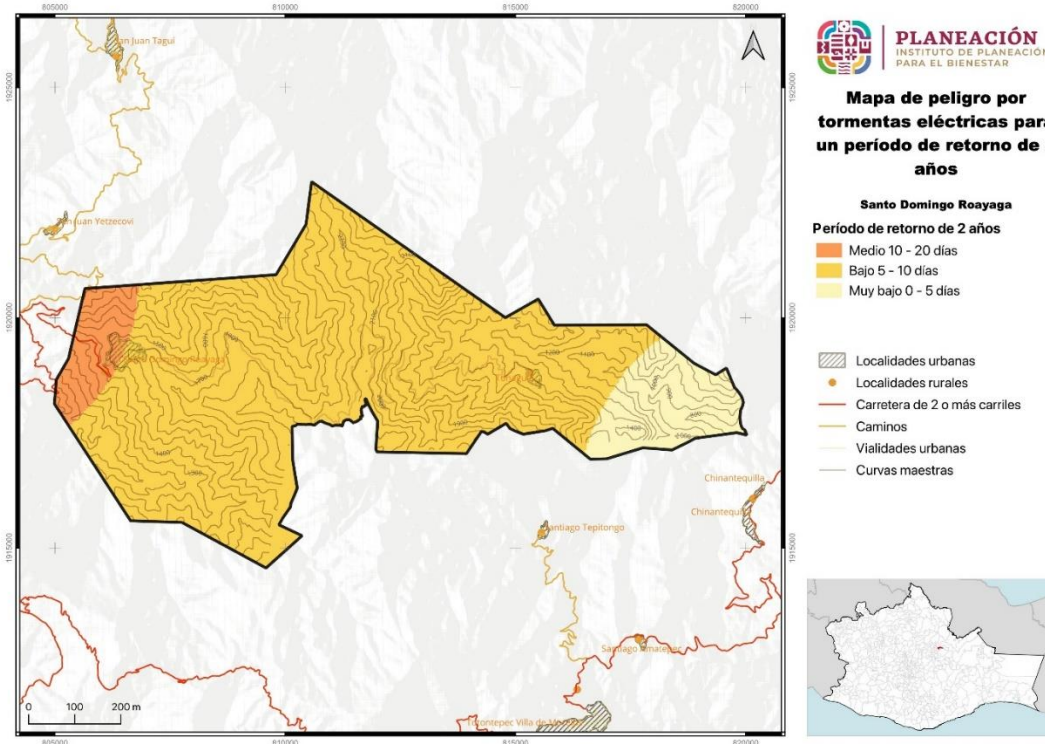
V.2.7.2. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 2 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por tormentas eléctricas en un período de retorno de dos años (**PR 2 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 5.59% (314.71 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta eléctrica, clasificado como nivel Medio 10 – 20 días; con 84.7% (4764.53 hectáreas), clasificado como nivel **Bajo 10 – 20 días**; y 9.7% (545.63 hectáreas), clasificado como nivel Muy **Bajo 0 – 5 días** tal como se muestra en el mapa.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 2 años significa que podrá ser afectada 50 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas eléctricas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

Mapa 83. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 2 años

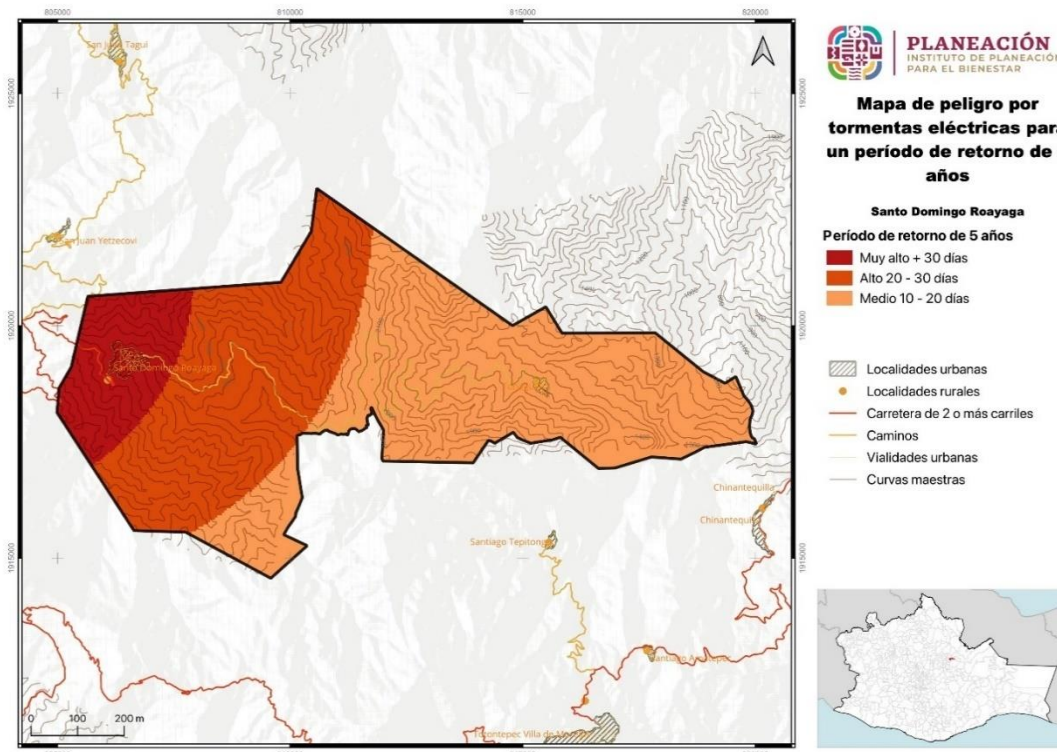


En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Bajo (5 a 10 días)**, se ubican aproximadamente el 50% de la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga, el otro 50% en el nivel **Medio 10 – 20 días**; mientras que Tonaguía en la zona de peligro catalogada como **Bajo (5 a 10 días)**.

V.2.7.3. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 5 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por tormentas eléctricas en un período de retorno de 5 años (**PR 5 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 12.42% (698.69 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta eléctrica, clasificado como nivel Muy Alto +30 días; con 36.47% (2051.5 hectáreas), clasificado como nivel Alto 20 - 30 días; 51.11% (2874.67 hectáreas) como **Medio 10 – 20 días**, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 84. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 5 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 30 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía en la zona **Media 10 – 20 días**.



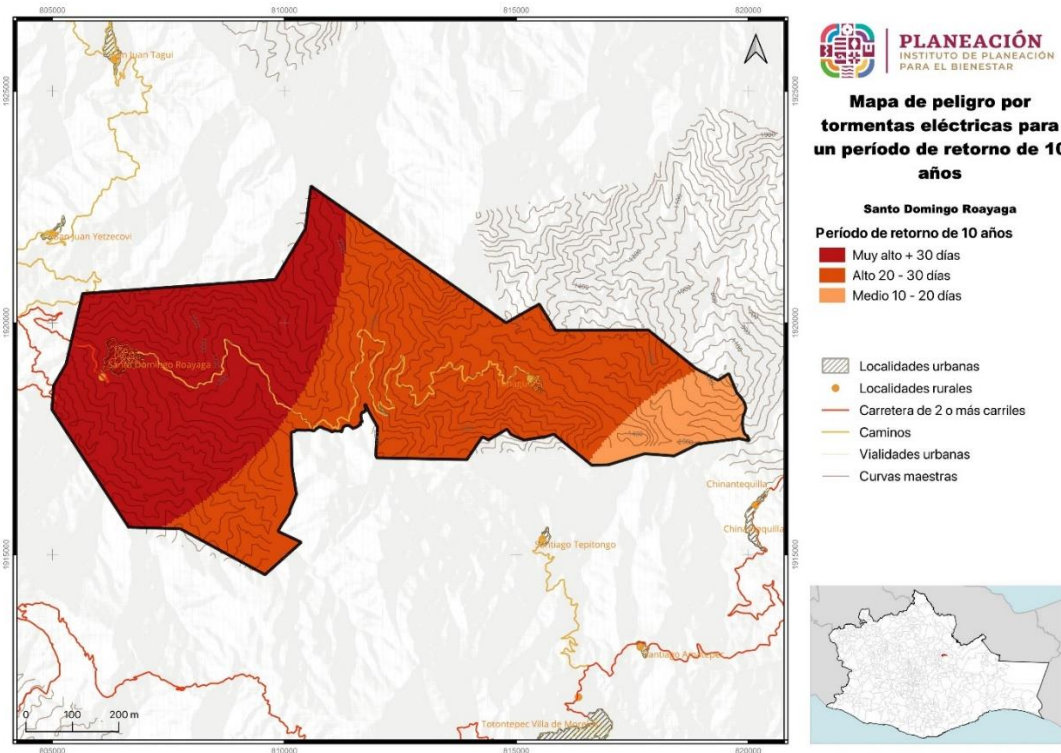
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años, significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas eléctricas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.7.4. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 10 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por tormentas eléctricas en un período de retorno de 10 años (**PR 10 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 43.65% (2455.25 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta eléctrica, clasificado como nivel Muy Alto +30 días; con 49.53% (2786.2 hectáreas), clasificado como nivel **Alto 20 - 30 días**; 6.82% (383.43 hectáreas) como **Medio 10 - 20 días**, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 85. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 10 años





En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 30 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía en la zona **Alta 20 – 30 días**.

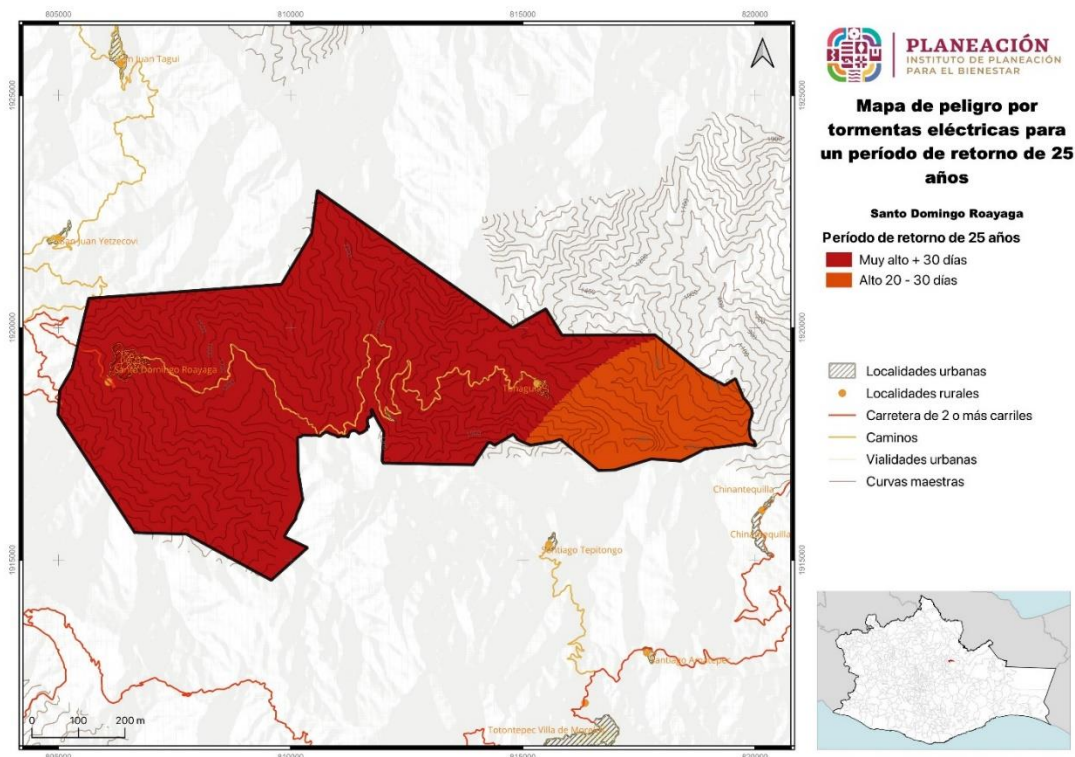
Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas eléctricas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.7.5. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 25 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por tormentas eléctricas en un período de retorno de 25 años (**PR 25 años**), en este lapso se estima que el 85.24% (4795 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta eléctrica, clasificado como nivel **Muy Alto + 30 días**; y con un 14.76% (830 hectáreas), clasificado con un nivel **Alto 20 – 30 días**, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 86. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 25 años



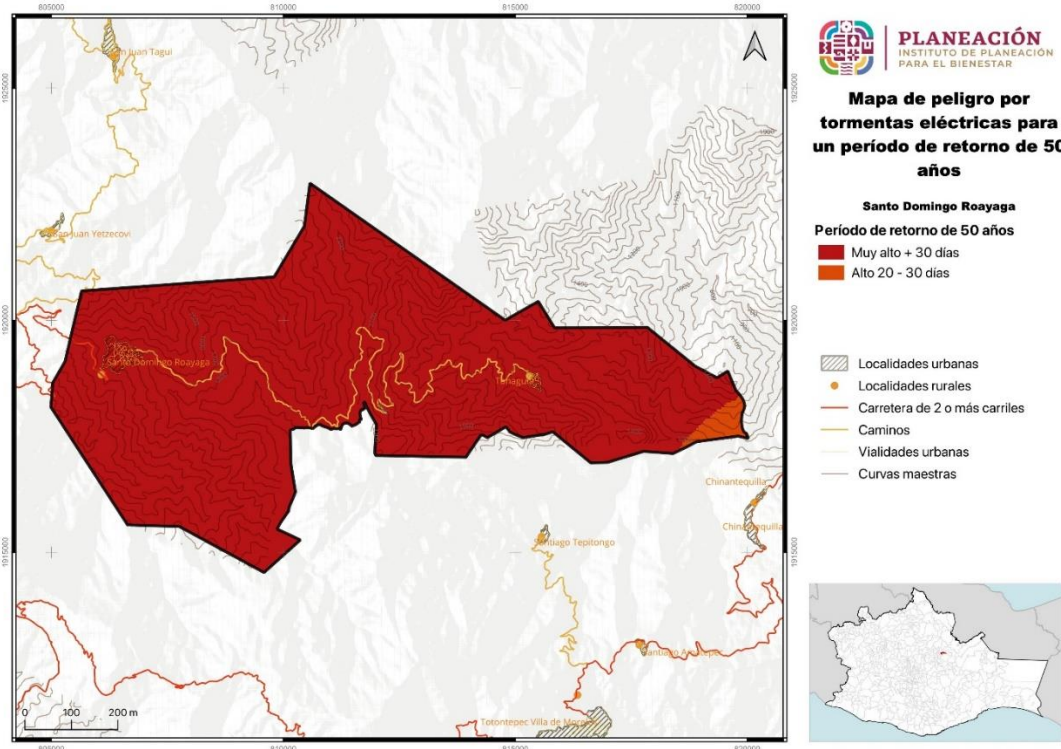
En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 30 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonagúa.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 25 años, significa que podrá ser afectada 4 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas eléctricas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.7.6. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 50 años

Mapa 87. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 50 años



De acuerdo con las proyecciones para peligros por tormentas eléctricas en un período de retorno de 50 años (**PR 50 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 98.77% (5555.74 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta eléctrica, clasificado como nivel **Muy Alto + 30 días**; y con un 1.23% (69.14 hectáreas), clasificado con un nivel **Alto 20 – 30 días**, tal como se muestra en el mapa.

En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 30 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonagúa.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

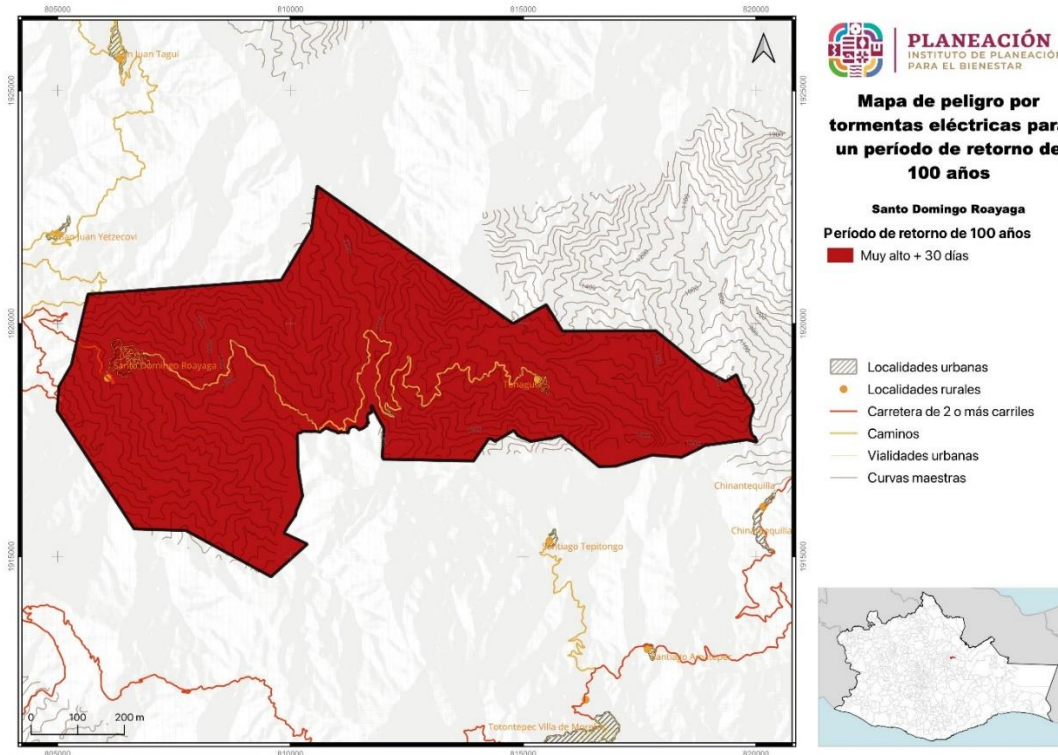


Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años, significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas eléctricas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.7.7. Peligro por tormentas eléctricas periodo de retorno de 100 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por tormentas eléctricas en un período de retorno de 100 años (**PR 100 años**), en este lapso se estima que el 100% (5625 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por tormenta eléctrica, clasificado como nivel **Muy Alto + 30 días**, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 88. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 100 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 30 días**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonagúa.



Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 100 años significa que podrá ser afectada 1 vez en un siglo, a consecuencia de peligros por tormentas eléctricas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.8 Sequías

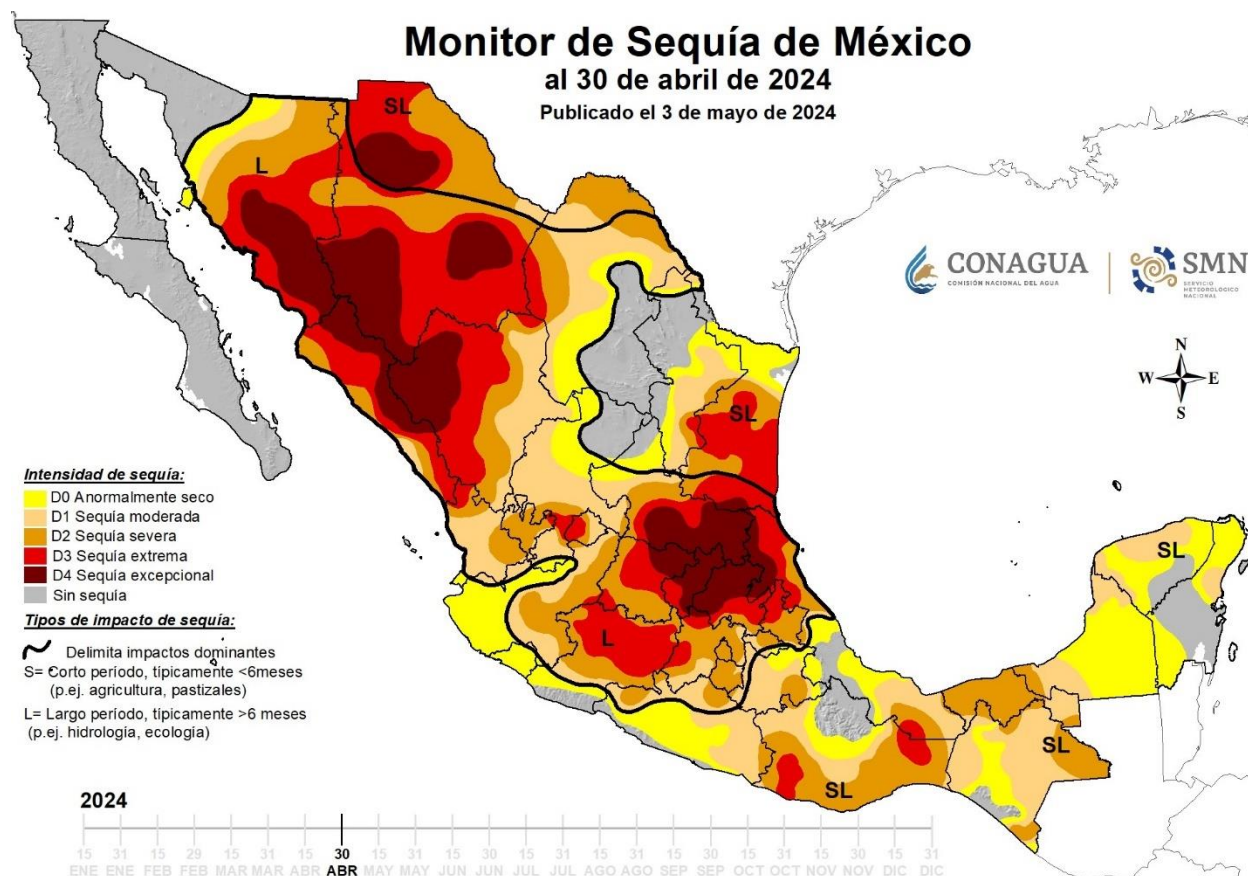
La sequía es un lapso caracterizado por un prolongado y anormal déficit de humedad. Su magnitud, duración y severidad se consideran relativos, ya que sus efectos están directamente relacionados con las actividades humanas; es decir, si no hay requerimientos por satisfacer, aun habiendo carencia total del agua, la ocurrencia de la sequía es discutible. La sequía ocurre cuando la precipitación, en un lapso, es menor que el promedio, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas. Cuando la cantidad de precipitación durante la temporada de lluvias no es suficiente para cubrir las necesidades de la población de la región, se origina un déficit de agua dando lugar a la sequía, la cual se puede prolongar por varios años, y que termina hasta que las lluvias satisfagan el déficit de agua.

El porcentaje de área con sequía en los Organismos de Cuenca (CONAGUA), se presenta en la siguiente tabla.



Tabla 44. Porcentaje de área con sequía

Clave	Organismo de cuenca	Porcentaje de área (%) al 31 de enero de 2024					
		Sin afectación	D0	D1	D2	D3	D4
I	Península de baja California	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
II	Noroeste	2.2	1.7	3.8	13.9	52.4	26.0
III	Pacífico Norte	0.0	9.3	12.4	28.9	21.5	27.9
IV	Balsas	3.1	40.3	27.7	13.7	15.2	0.0
V	Pacífico Sur	16.0	18.1	11.2	45.6	9.1	0.0
VI	Río Bravo	16.3	13.9	16.0	17.2	27.0	9.6
VII	Cuencas Centrales del Norte	7.5	25.5	22.9	16.7	13.3	14.1
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	7.8	29.1	22.7	31.5	17.3	0.6
IX	Golfo Norte	0.0	5.4	11.1	23.2	42.8	17.5
X	Golfo centro	42.8	23.1	16.7	11.9	5.5	0.0
XI	Frontera Sur	34.0	44.6	17.7	3.7	0.0	0.0
XII	Península de Yucatán	83.3	9.4	7.3	0.0	0.0	0.0
XIII	Aguas del Valle de México	0.0	8.6	33.7	37.2	20.5	0.0

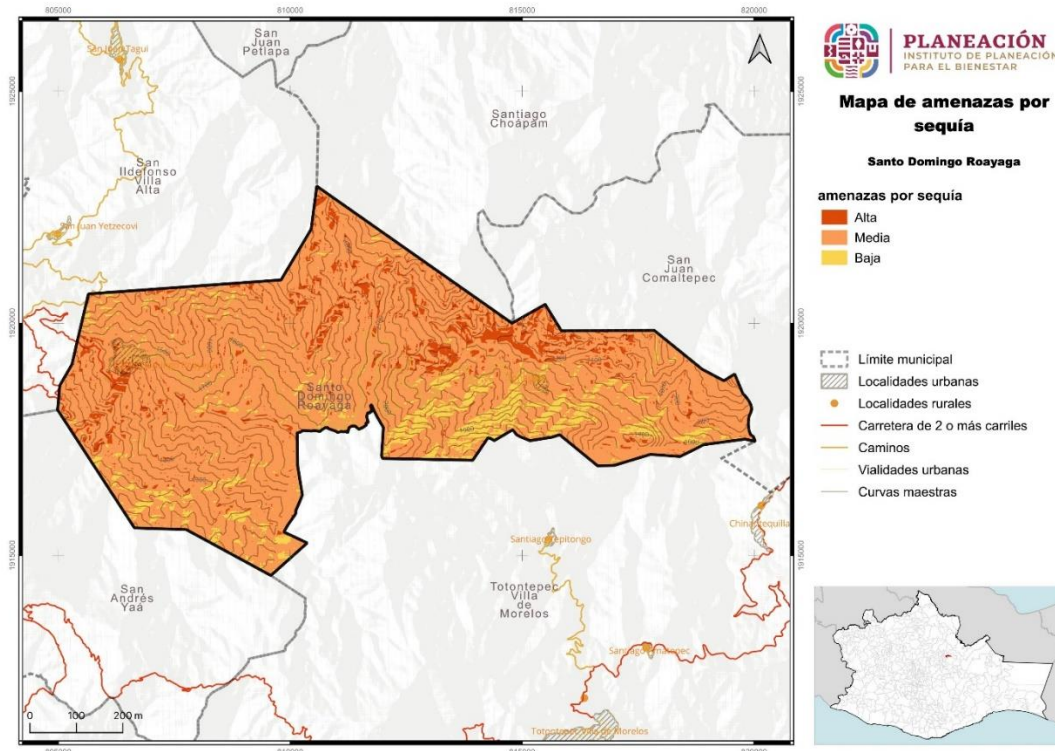


La Comisión Nacional del Agua señala que, de seguir los patrones actuales de sobreexplotación de acuíferos y contaminación de los cuerpos superficiales, en 25 años México padecerá escasez del recurso en varias ciudades, verá frenado su desarrollo, sufrirá el colapso de varios de sus ecosistemas y registrará problemas de salud pública.

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

Para la susceptibilidad de peligro por sequía en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por sequía, clasificado como nivel **Alto**, con 6.5% (366.14 hectáreas); con un 83.59% (47.05 hectáreas), clasificado con un nivel **Medio**; y 9.91% (557.8 hectáreas) en nivel **Bajo**, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 89. Amenaza peligro por sequía



En el mapa previo se puede apreciar que el peligro catalogado como **Media**, se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonagüía.



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

*Mediante los reportes que emite el Monitor de Sequias en México (MSM), el municipio de Santo Domingo Roayaga, presenta amenaza al fenómeno climático de sequias, que van desde una sequía anormalmente seco hasta sequias moderada, según la intensidad y clasificación de sequias que maneja la CONGUA, el municipio se encuentra en el rango **MEDIO** de peligro provocados por dicho fenómeno.*

V.2.9 Ondas cálidas

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. 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.

Las temperaturas máximas que se presentan durante una onda de calor podrían generar un escenario crítico y dar lugar a una mayor incidencia de casos como el golpe de calor, agotamiento, síncope, calambres, enfermedades gastrointestinales, deshidratación, etc. las cuales incrementan la morbilidad, particularmente de los grupos vulnerables como bebés, ancianos y personas en situación de alta marginación; adicionalmente pueden causar la desecación de la vegetación lo que provoca incendios forestales.

Dentro de las ondas cálidas y gélidas 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 muestra en la tabla los rangos de vulnerabilidad por altas temperaturas.



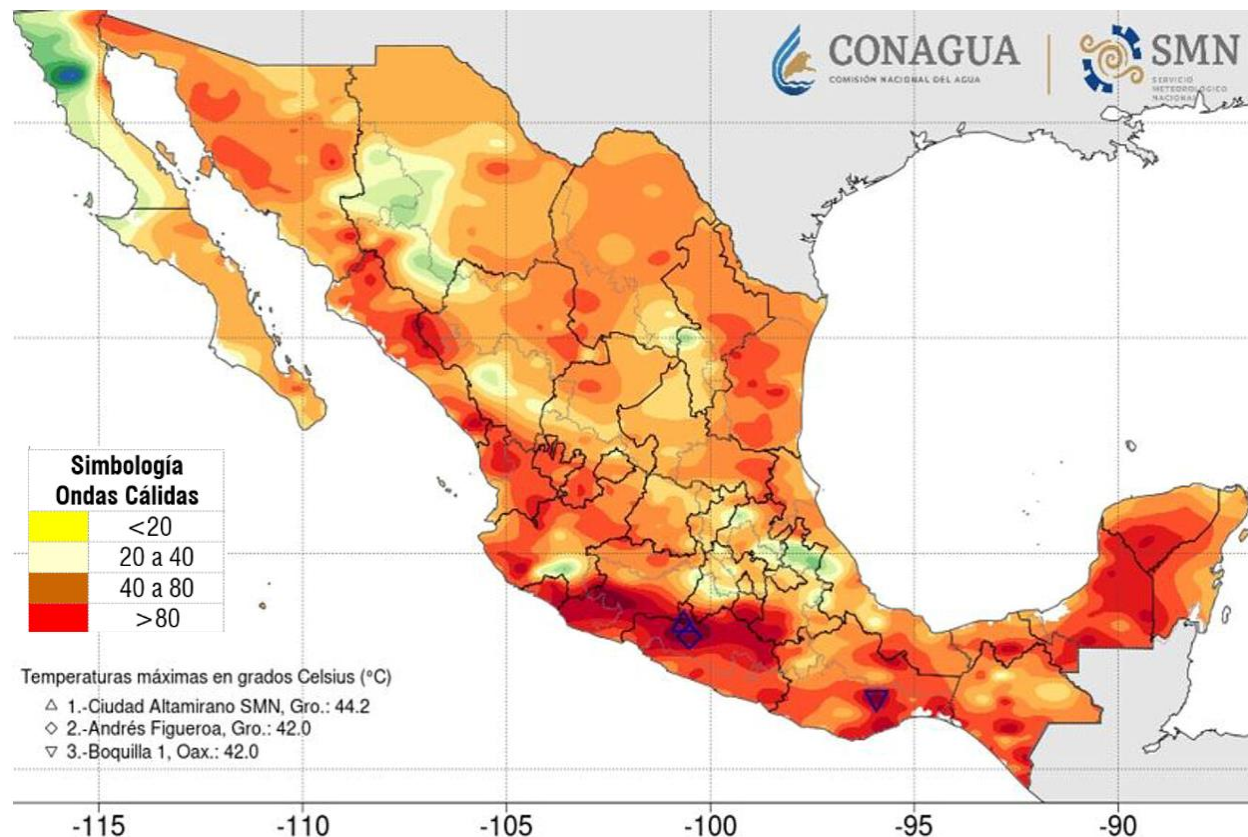
Tabla 45. Vulnerabilidad por altas temperaturas

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 tolveneras 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.
>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.

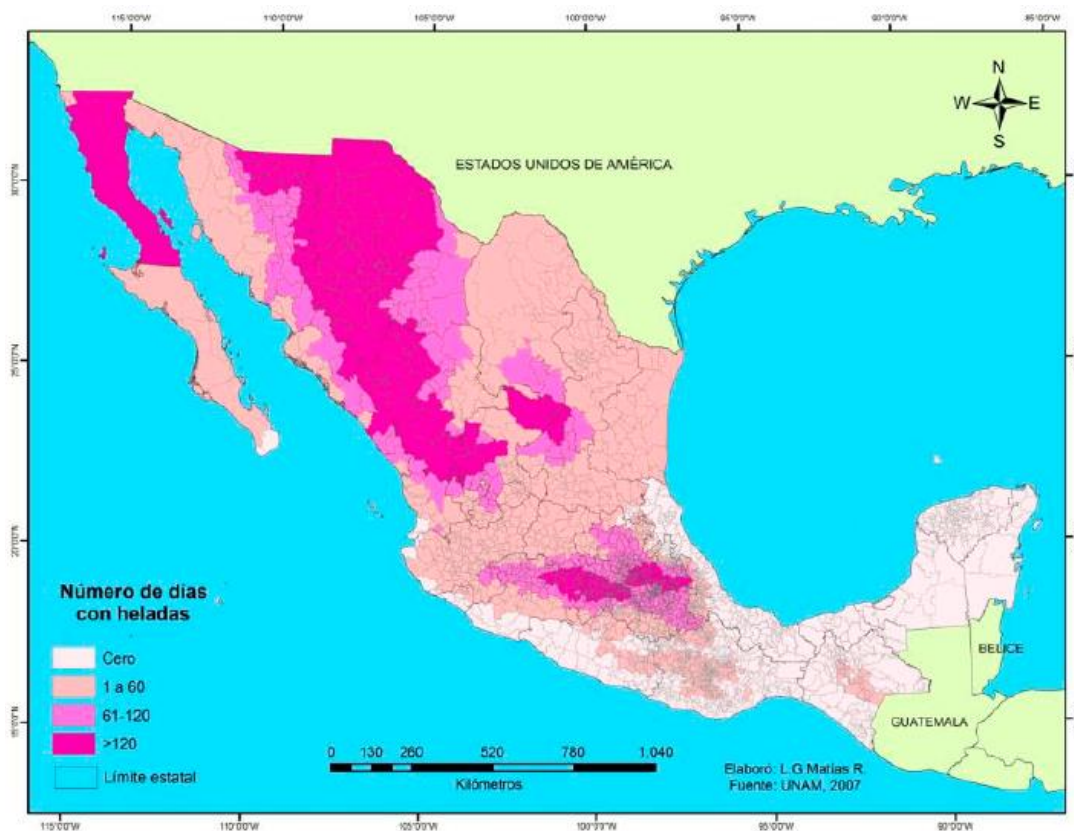
Tabla 46. Umbrales de temperatura

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



Como se observa en la figura, el municipio de Santo Domingo Roayaga se haya en el rango de <20.

Mientras que 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, como se muestra en la figura.



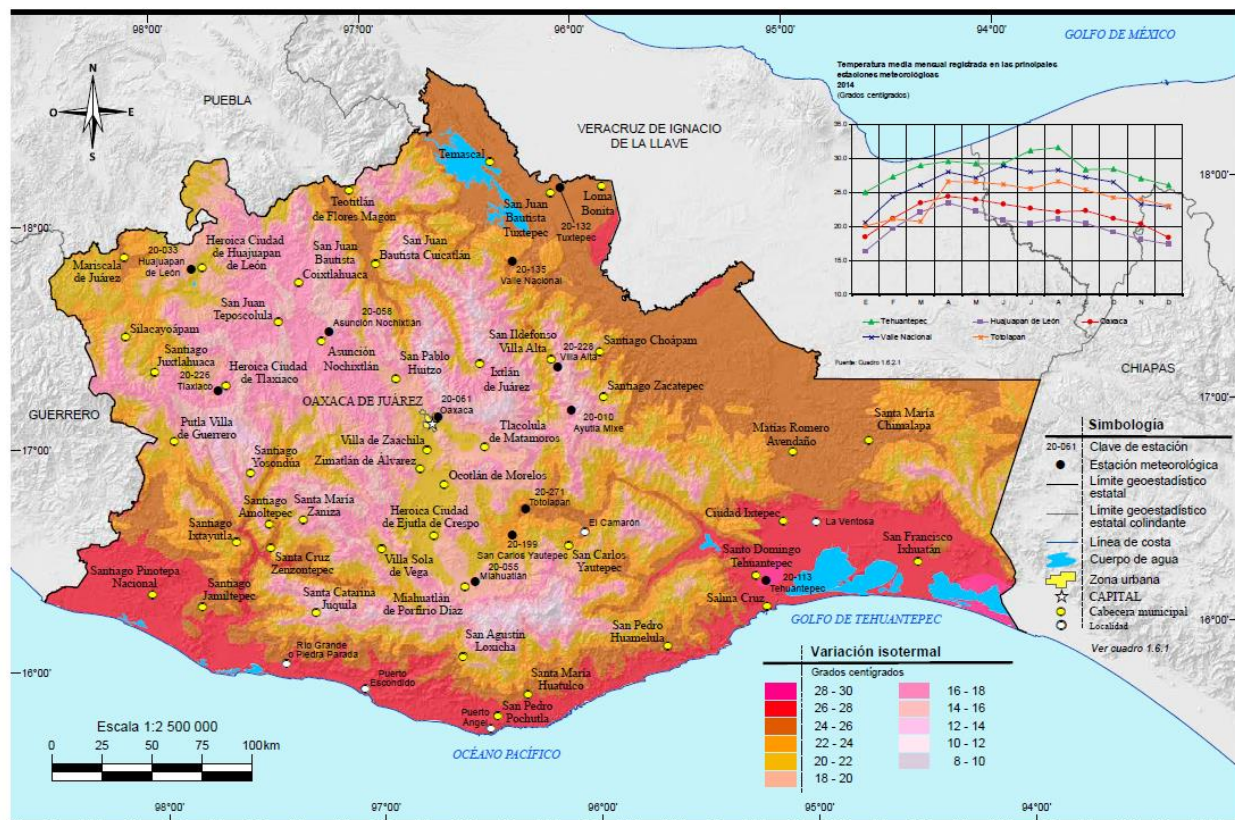
*En el municipio de Santo Domingo Roayaga, se presenta el fenómeno con un mínimo de días con ondas gélidas, por lo que el grado de peligro es **BAJO**.*

V.2.9.1. Amenaza por temperaturas máximas extremas

Las oscilaciones térmicas en la zona no representan un peligro para los habitantes de la zona de estudio, ya que no se registran cambios importantes a lo largo del año ni tampoco temperaturas extremas en comparación con otras zonas del país, donde el calor o el frío excesivo causa continuamente afecciones a la sociedad.



ATLAS DE RIESGOS SANTO DOMINGO ROAYAGA

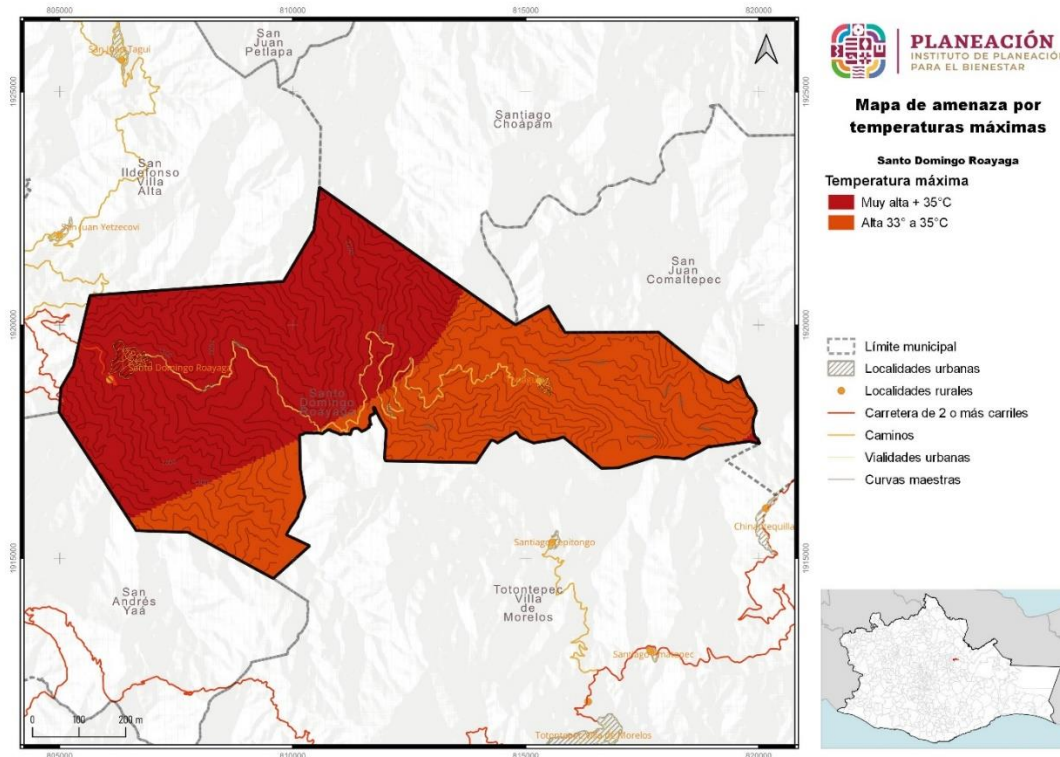


Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Annual
Temp. máx. abs. (°C)	35	34	37.3	40.3	39.3	39.3	37	34	37.3	37.1	36	41.3	41.3
Temp. máx. media (°C)	27.2	28	29.6	31	31.3	29.4	28.6	28.9	27.7	28.1	28.2	28.9	28.7
Temp. media (°C)	16.4	17.4	19.7	21.4	22.2	21.6	20.7	20.6	20.2	19.6	18.1	16.6	19.6
Temp. mín. media (°C)	5.7	6.8	9.8	11.8	13.1	13.7	12.9	12.6	12.7	11.1	8	6.3	10.4
Temp. mín. abs. (°C)	-1	-5	1	2	4	7.8	9	9.9	2	1	0	-1	
Precipitación total (mm)	7	4	4	21	68	169	94	142	148	70	15	4	736
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	0.9	0.7	1.1	3.5	7.8	14.1	10.5	10.6	12.9	6.9	3	1.2	73.2

Carta de Temperaturas Medias Anuales)

De acuerdo con la amenaza temperaturas máximas extremas, lo que quiere decir que el 55.34% (3118.02 hectáreas) del territorio es afectado por el nivel de riesgo **Muy Alto + 35°C**; el 44.66% (2515.86 hectáreas) es afectado por el grado clasificada como **Alta 33°C - 35°**, como se presenta en el mapa correspondiente.

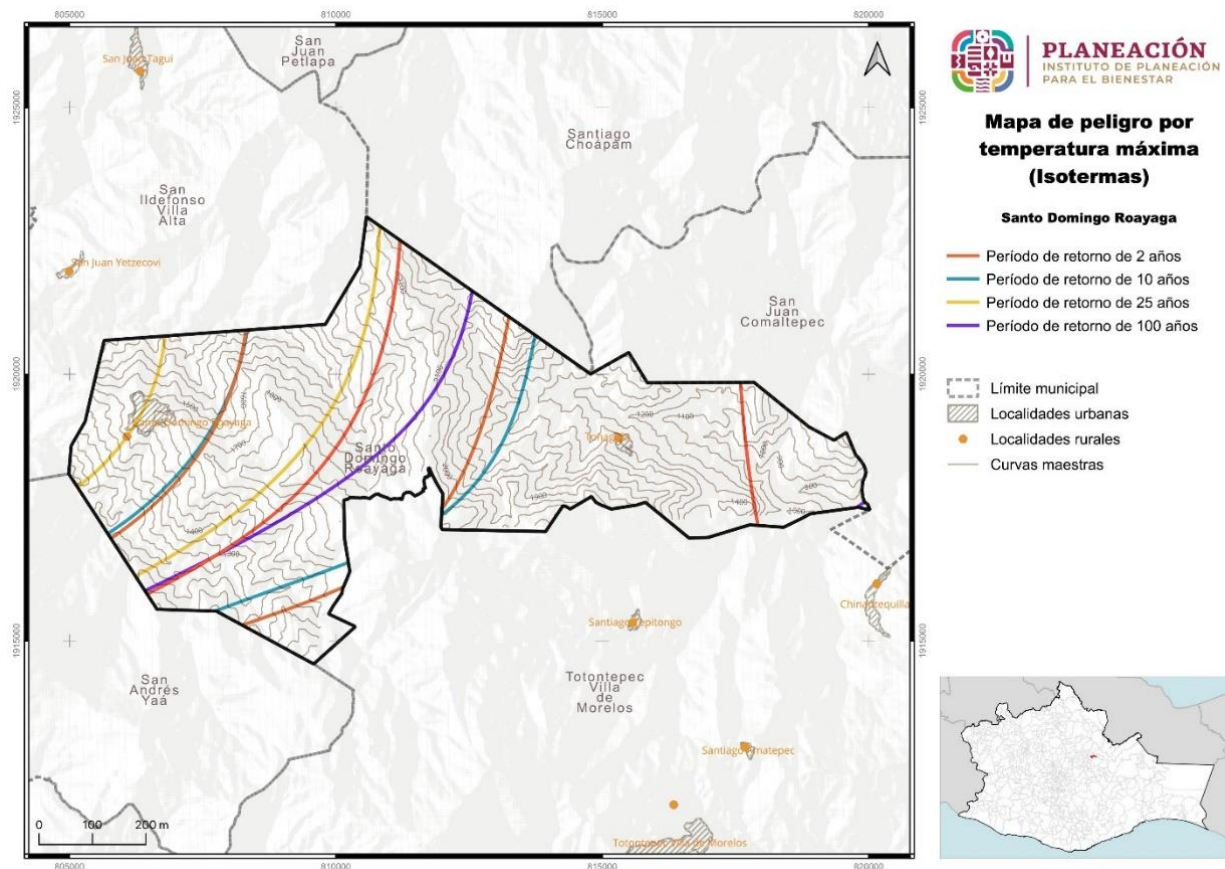
Mapa 90. Amenaza peligro por temperaturas máximas en el municipio



En el mapa previo se puede apreciar que el grado de peligro catalogado como **Muy Alto + 35°C**, la cabecera municipal se ubica en esta zona y Tonaguía en la zona **Alta 33°C - 35°**.

En el mapa se observa que el municipio de Santo Domingo Roayaga es afectado por peligros de temperaturas máximas (**isotermas**), para un periodo de retorno de **25 años**; para un periodo de retorno de **10 años** hacia el periodo de retorno de **2 años** y para Tonaguía entre los periodos de 10 y 2 años.

Mapa 91. Amenaza peligro por temperaturas máximas (Isotermas)

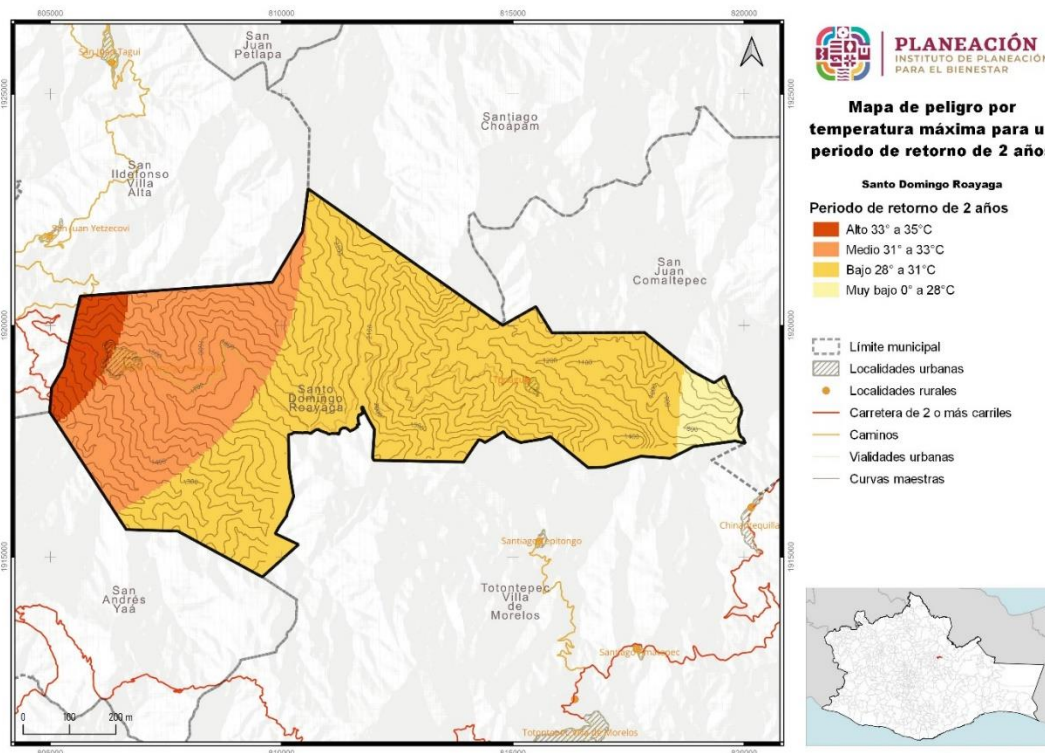


En el mapa se observa que el municipio de Santo Domingo Roayaga no es afectado por peligros de temperaturas mínimas (**isotermas**), para ningún periodo de retorno.

V.2.9.2. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 2 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por temperaturas máximas en un período de retorno de 2 años (**PR 2 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 4.4% (247.7 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado como nivel Alto 33° - 35°C; con 26.93% (1517.39 hectáreas), nivel Medio 31° - 33°C; **Bajo** 28° - 31°C con 65.37% (3682.54 hectáreas); 3.3% (186.14 hectáreas), para un nivel Muy Bajo 0°C - 28°C en todo el territorio.

Mapa 92. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Alto 33° a 35°C**, cuyo rango se ubica la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga en un 25%, y el resto de la zona urbana en la zona de peligro Medio 31° - 33°C; y para Tonaguía el 100% de la zona rural en el grado de peligro Bajo 0° - 28°C.

Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden

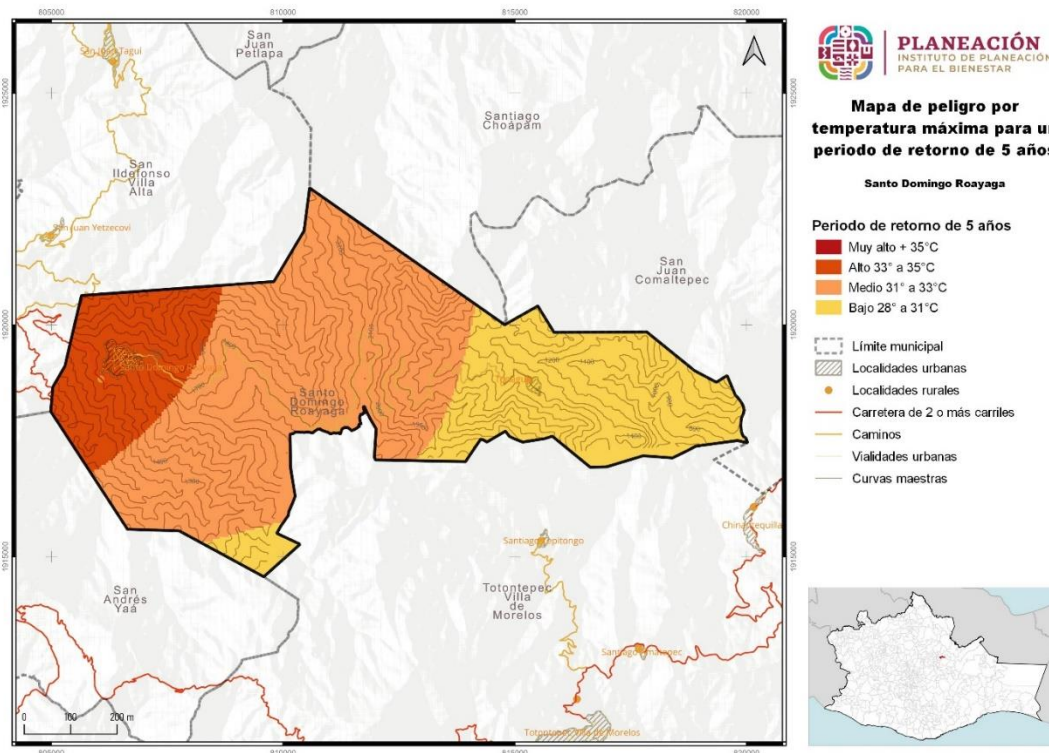
definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 2 años, significa que podrá ser afectada 50 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas máximas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.9.3. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 5 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por temperaturas máximas en un período de retorno de 10 años (**PR 10 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 0% (0.03 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado como nivel Muy Alto + 35°C; con 16.35% (921.21 hectáreas), con un nivel Alto 33° - 35°C; **Medio** 31° - 33°C con 54.55% (3073.48 hectáreas); finalmente con 29.09% (1639.16 hectáreas), para un nivel Bajo 28°C - 31°C en todo el territorio.

Mapa 93. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años





En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Alto + 35°C**, en el territorio que comprende este grado se ubica la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía en zona de peligro Bajo 28° - 31°C.

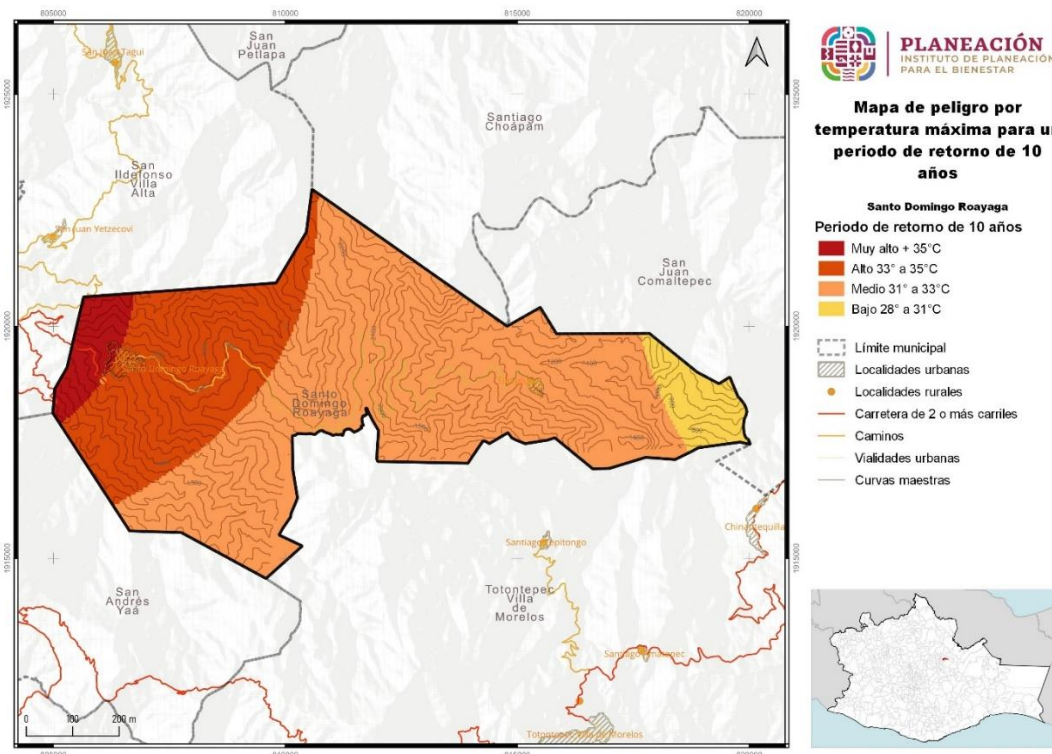
Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas máximas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.9.4. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 10 años

De acuerdo con las proyecciones para peligros por temperaturas máximas en un período de retorno de 10 años (**PR 10 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 4.51% (253.88 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado como nivel Muy Alto + 35°C (253.88 hectáreas); con 26% (1464.81 hectáreas) con un nivel Alto 33° - 35°C; **Medio** 31° - 33°C con 64.31% (3623.21 hectáreas); finalmente con 5.18% (291.97 hectáreas), para un nivel Bajo 28°C - 31°C en todo el territorio.

Mapa 94. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Alto 33° - 35°C**, para el territorio que comprende este grado se ubica la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía en zona de peligro Medio 31° - 33°C.

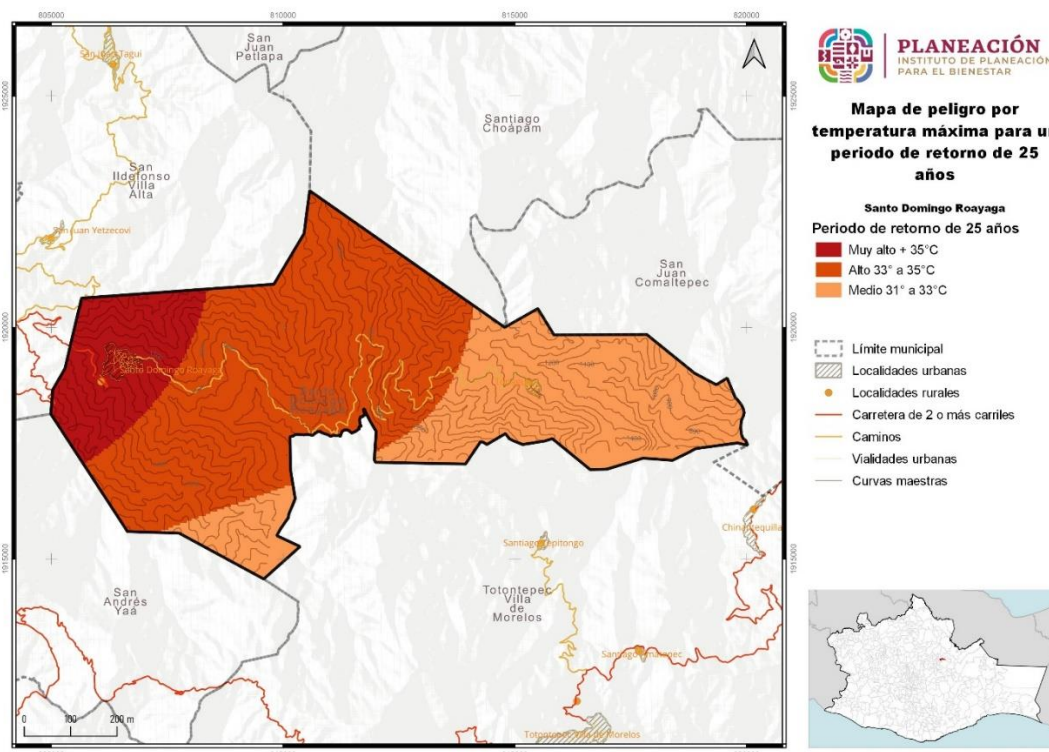
Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años, significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas máximas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.9.5. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 25 años

En las proyecciones para peligros por temperaturas máximas en un período de retorno de 25 años (**PR 25 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 13.61% (766.93 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado Muy Alto + 35°C; con un 52.57% (2961.66 hectáreas), clasificado con un grado **Alto 31° a 33°C**; y con 33.82% (1905.29 hectáreas), clasificado con el grado **Medio 31°C a 33°C**, como se muestra en el mapa.

Mapa 95. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años



En el mapa previo catalogada como **Muy Alto + 35°C**, para el territorio que comprende este grado se ubica la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía en zona de peligro **Medio 31° - 33°C**.

Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden



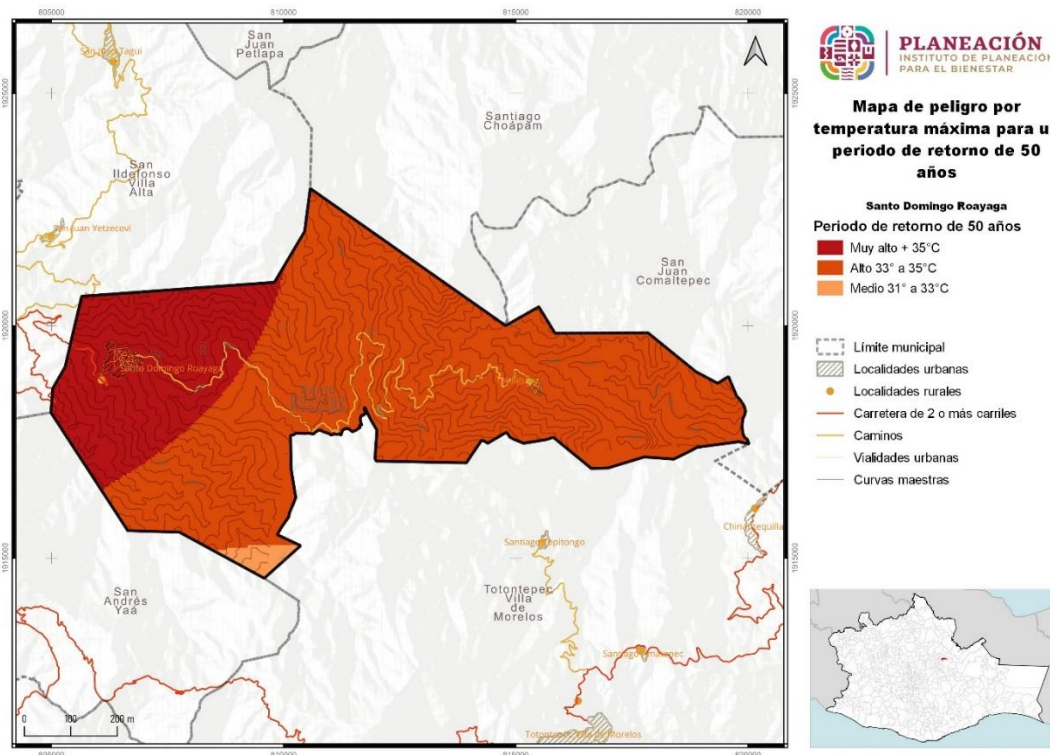
definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 25 años, significa que podrá ser afectada 4 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas máximas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.9.6. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 50 años

En las proyecciones para peligros por temperaturas máximas en un período de retorno de 50 años (**PR 50 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 23.82% (1342.26 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado Muy Alto + 35°C; con un 74.98% (4224.01 hectáreas), clasificado con un grado **Alto 33° a 35°C**; y con 1.2% (67.6 hectáreas), clasificado con el grado **Medio 31° a 33°C**, como se muestra en el mapa.

Mapa 96. Amenaza peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años





En el mapa previo catalogada como **Muy Alto + 35°C**, para el territorio que comprende este grado se ubica la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía en zona de peligro **Alto 33° - 35°C**.

Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años, significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas máximas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.9.7. Peligro por temperaturas máximas extremas a un periodo de retorno por 100 años

En las proyecciones para peligros por temperaturas máximas en un período de retorno de 100 años (**PR 100 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 46.48% (2618.49 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado Muy Alto + 35°C; con un 53.52% (3015.38 hectáreas), clasificado con un grado **Alto 33° a 35°C**.

Tabla 47. 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
Muy alto + 35°C	2618.49	46.48
Alto 33° a 35°C	3015.38	53.52

V.2.10 Ondas gélidas

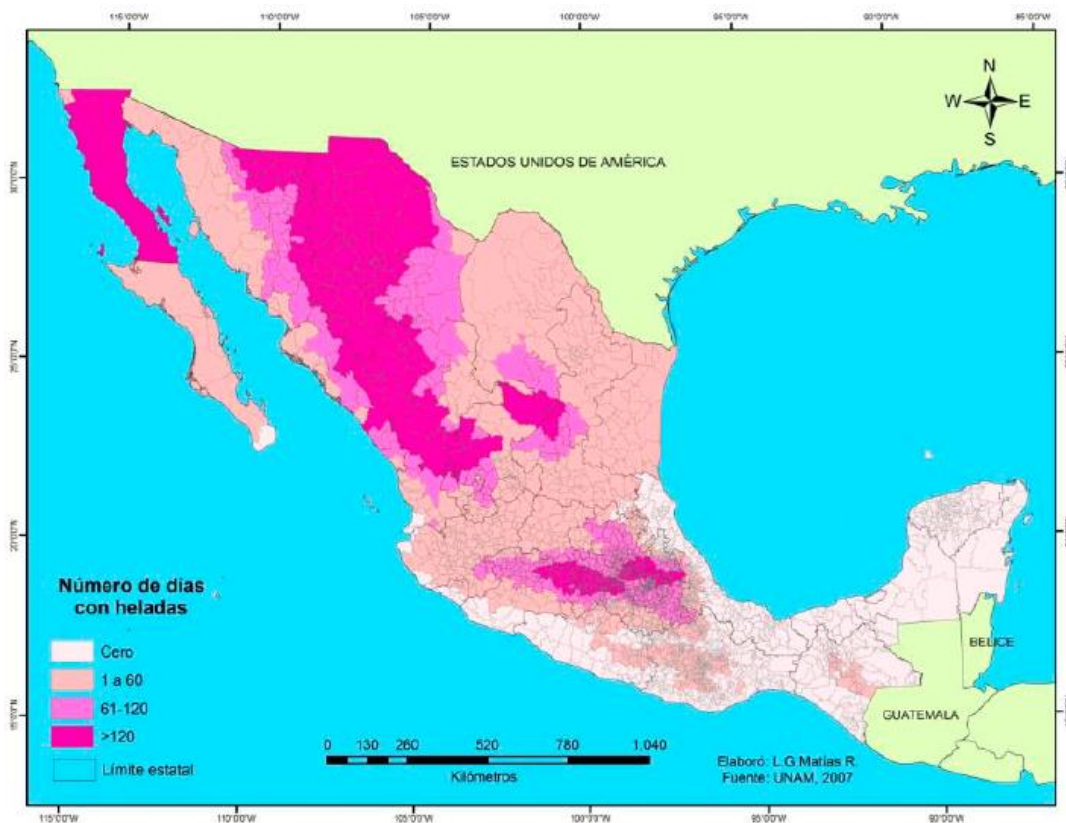
Los frentes fríos corresponden a la porción delantera de una masa polar, transportan aire frío que en su avance hacia el sur interacciona con aire caliente, se caracterizan por fuertes vientos, nublados y precipitaciones si la humedad en la atmósfera es suficiente. Los efectos de los frentes fríos sobre la población están relacionados con descensos abruptos de temperatura, heladas y en ocasiones nevadas en sierras, cerros altos y volcanes. Es común que durante el paso de uno de estos frentes se formen



ondas gélidas u ondas de frío, las cuales se definen como un fuerte enfriamiento del aire (helada de irradiación) o una invasión de aire muy frío (helada de advección) que se extiende sobre un amplio territorio. Su desarrollo es breve de 3 a 4 días, aunque se puede prolongar a una semana. Este fenómeno representa un riesgo para la población debido a que origina enfermedades en las vías respiratorias, incrementando la morbilidad, particularmente de los grupos vulnerables como bebés, ancianos y personas en situación de alta marginación.

Al igual que en el apartado de nevadas, el municipio por su ubicación geográfica y a las condiciones climáticas que predominan en la región, no favorecen la acumulación de bajas temperaturas y por ende no permiten periodos prolongados de frío extremo que se caracteriza por un frío persistente que dura varios días o incluso semanas. Además, la presencia de masas de aire cálido y sistemas de alta presión limitan la presencia de frentes fríos intensos, que son esenciales para el descenso de la temperatura.

Mientras que 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, como se muestra en la figura.



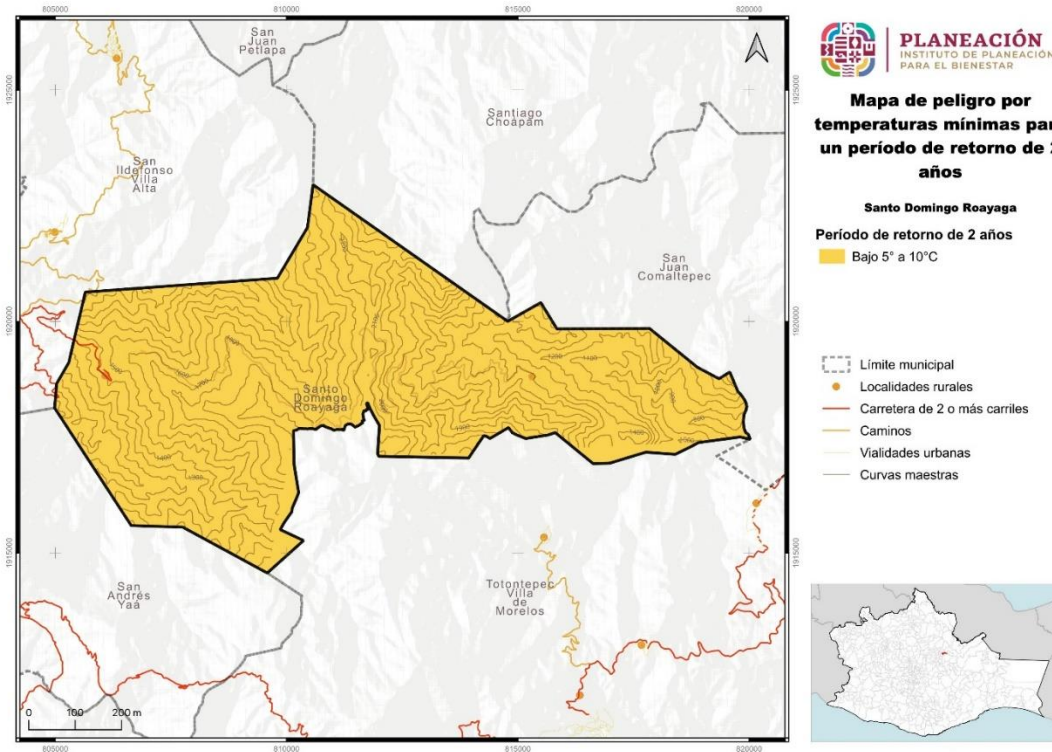


*En el municipio se presenta el fenómeno con un mínimo de días con ondas gélidas, por lo que el grado de peligro es **BAJO**.*

V.2.10.1. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 2 años

En las proyecciones para peligros por temperaturas mínimas en un período de retorno de 2 años (**PR 2 años**), en este lapso se estima que el 100% (5625 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas mínimas, clasificado con un grado **Bajo 5°C a 10°C**, como se muestra en el mapa.

Mapa 97. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Bajo 5°C a 10°C**, en el territorio que comprende este grado se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguá.

Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden



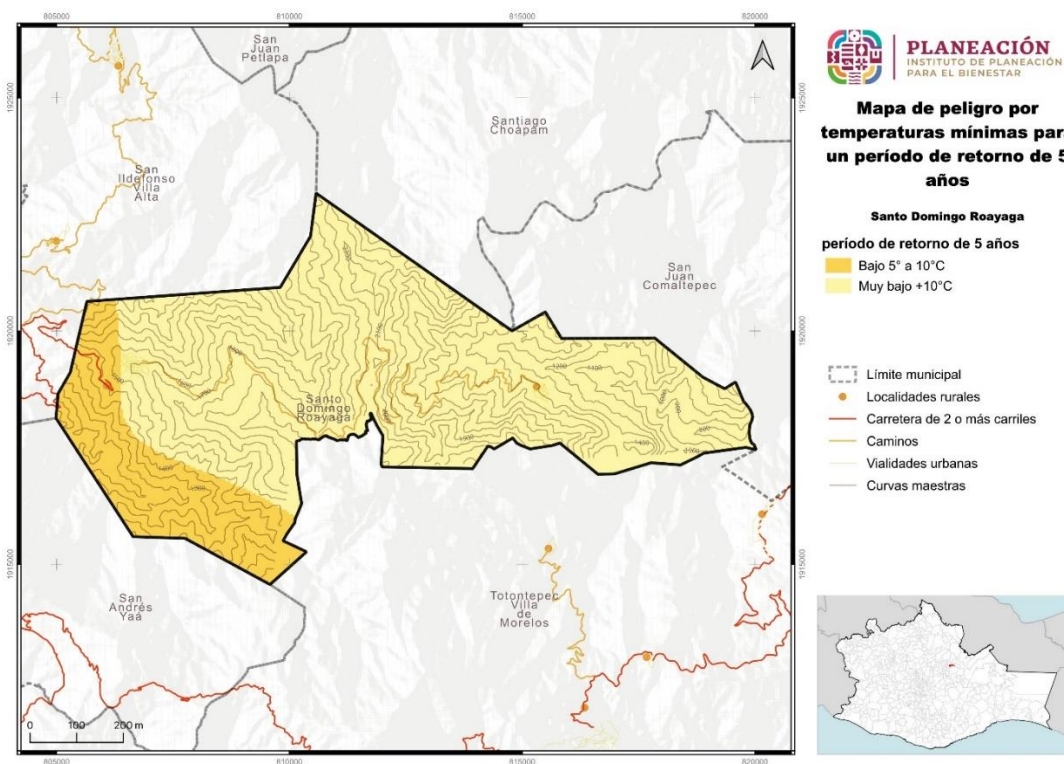
definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 2 años significa que podrá ser afectada 50 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas mínimas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.10.2. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 5 años

En el caso de las proyecciones para peligros por temperaturas mínimas en un período de retorno de 5 años (**PR 5 años**), en este lapso se estima que el 18.77% (1055.62 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado **Bajo 5° a 10°C**; con un 81.23% (4569.25 hectáreas), clasificado con un grado **Muy Bajo + 10°C**, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 98. Amenaza peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años





En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Bajo 5°C a 10°C**, en el territorio que comprende este grado se ubican la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía.

Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 5 años, significa que podrá ser afectada 20 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas mínimas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

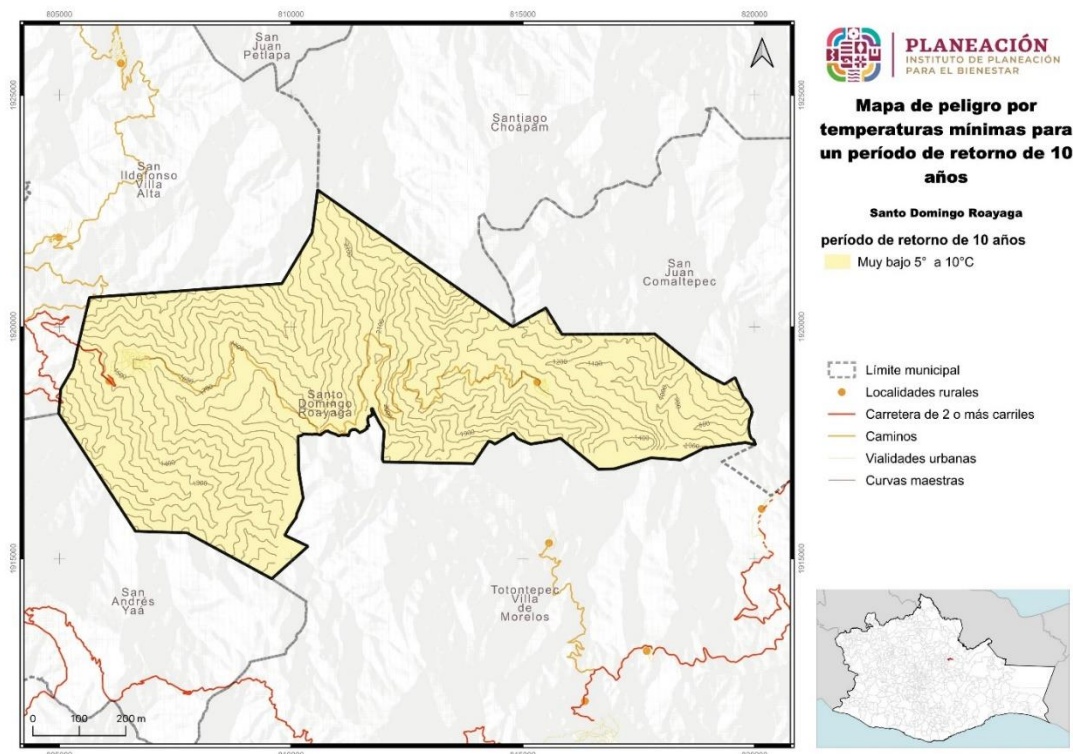
V.2.10.3. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 10 años

En el caso de las proyecciones para peligros por temperaturas mínimas en un período de retorno de 10 años (**PR 10 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 100% (5625 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado **Muy Bajo 5°C a 10°C**, como se muestra en el mapa correspondiente.

Para cada población seleccionada, el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta el volumen de población, del cual un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos, pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 10 años, significa que podrá ser afectada 10 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas mínimas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

Mapa 99. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años

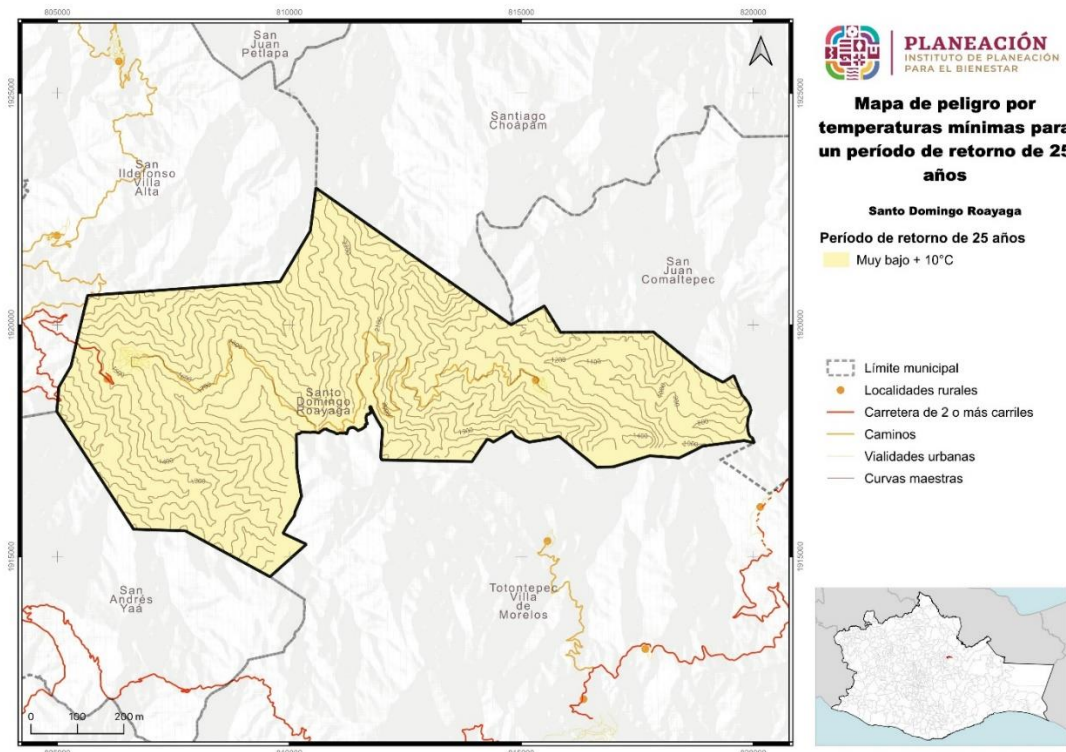


En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Bajo 5°C a 10°C**, en el territorio que comprende este grado se ubica la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguá.

V.2.10.4. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 25 años

En el caso de las proyecciones para peligros por temperaturas mínimas en un período de retorno de 25 años (**PR 25 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 100% (5624 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado **Muy Bajo + 10°C**, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 100. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Bajo + 10°C**, en el territorio que comprende este grado se ubica la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguá.

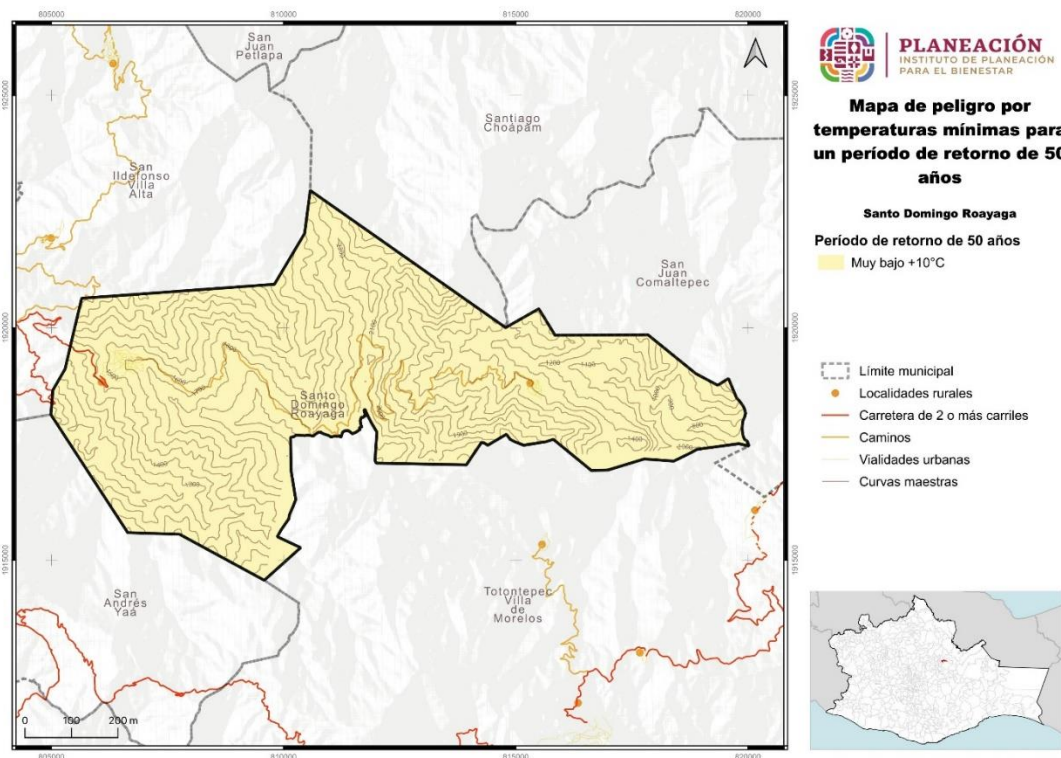
Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 25 años, significa que podrá ser afectada 4 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas mínimas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.10.5. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 50 años

En el caso de las proyecciones para peligros por temperaturas mínimas en un período de retorno de 50 años (**PR 50 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 100% (5625 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado **Muy Bajo + 10°C**, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 101. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Bajo + 10°C**, en el territorio que comprende este grado se ubica la zona urbana de la cabecera municipal y Tonagúa.

Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

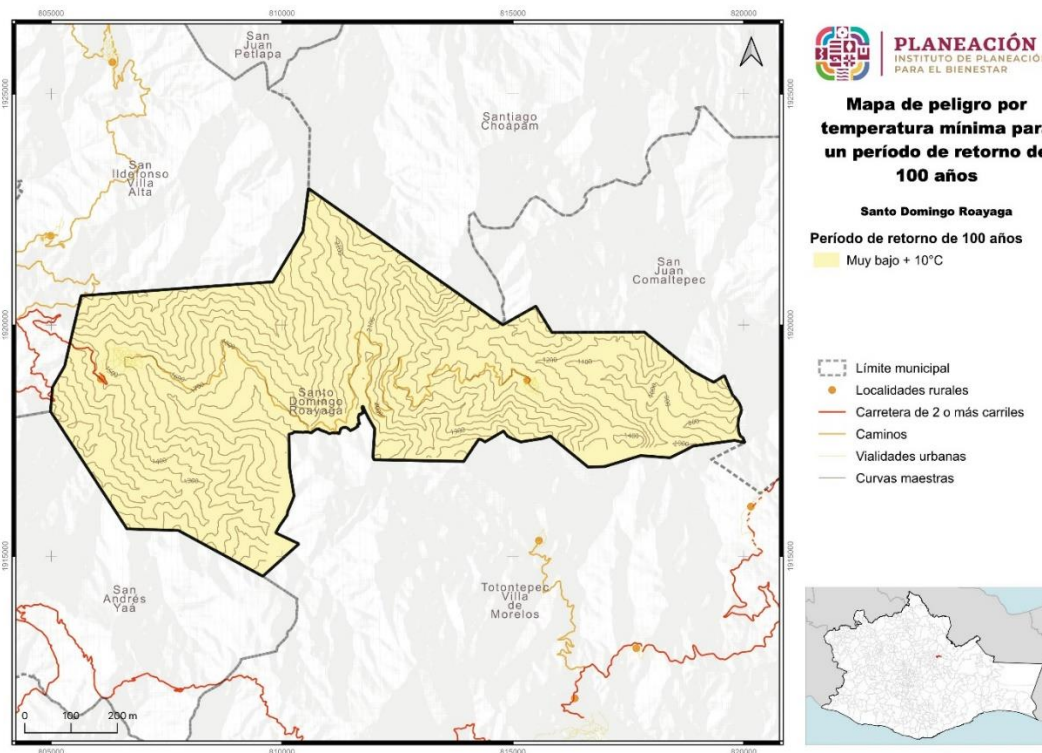


Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 50 años, significa que podrá ser afectada 2 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas mínimas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.10.6. Peligro por temperatura mínima en un periodo de retorno de 100 años

En el caso de las proyecciones para peligros por temperaturas mínimas en un período de retorno de 100 años (**PR 100 años**), en este lapso de tiempo se estima que el 100% (432.1 hectáreas) del territorio en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por temperaturas máximas, clasificado con un grado **Muy Bajo + 10°C**, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 102. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Muy Bajo + 10°C**, en el territorio que comprende este grado se ubica la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguía.



Para el periodo promedio de repetición puede producir daños importantes a las construcciones. Si adicionalmente se toma en cuenta la densidad de población, un porcentaje significativo estaría expuesto a los efectos de peligro, por lo que pueden definirse prioridades para estudios específicos como actualización y/o elaboración de reglamentos de construcción.

Para una localidad donde el periodo de retorno indicado de 100 años, significa que podrá ser afectada 1 veces en un siglo, a consecuencia de peligros por temperaturas mínimas en un cierto entorno de localidades o agencias del municipio de Santo Domingo Roayaga.

V.2.11 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. Se caracterizan por la cubierta de hielo, que es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas.

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. Desde el punto de vista agroclimático, es importante considerar a dicho fenómeno, dados sus efectos en el sector agrícola. Pero es relevante, aunque en menor grado, las afectaciones a la salud de la población que es influenciada por las olas de frío.

Las heladas no tienen un patrón anual ni una frecuencia definida; existiendo años sin presentarse y otros en que suceden tres o más eventos en un mismo invierno.

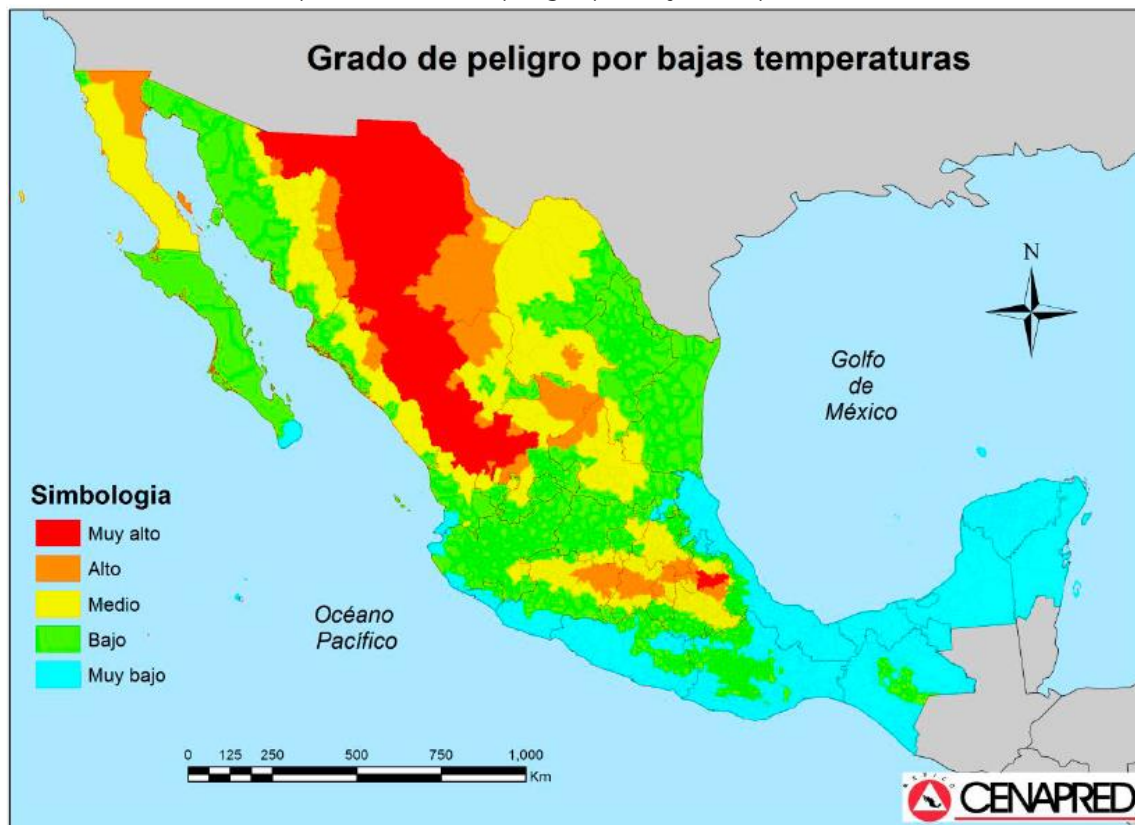
Tabla 48. Umbrales de temperatura

Asignación de valores para el número de días con heladas			
Número de días con heladas	Valor	lhel	Categoría
>120	3	0.5	Alta
61 – 120	2	0.375	Media
1 – 60	1	0.25	Baja
cero	0	0.125	Muy baja o nula

Tabla 49. Efectos ambientales por Heladas

Efectos Ambientales por Heladas		
Temperaturas	Designación	Vulnerabilidad
0°C a -3.5°C	Ligera	El agua comienza a congelarse. Daños pequeños a las hojas y tallos de la vegetación. Si hay humedad, el ambiente se torna blanco por la escarcha.
-3.6°C a -6.4°C	Moderada	Los pastos, hierbas y hojas de plantas se marchitan y aparece un color café en su follaje. Aparecen los problemas de enfermedades en los humanos, principalmente de vías respiratorias.
-6.5°C a -11.5°C	Severa	Los daños son fuertes en las hojas y frutos de los árboles frutales. Se dañan (rompen) tuberías de agua poa aumento de volumen del hielo. Se incrementan enfermedades respiratorias, existiendo decesos por hipotermia.
<-11.5°C	Muy Severa	Muchas plantas pierden todos sus órganos. Algunos frutos no protegidos se dañan totalmente. Los daños son elevados en algunas zonas tropicales.

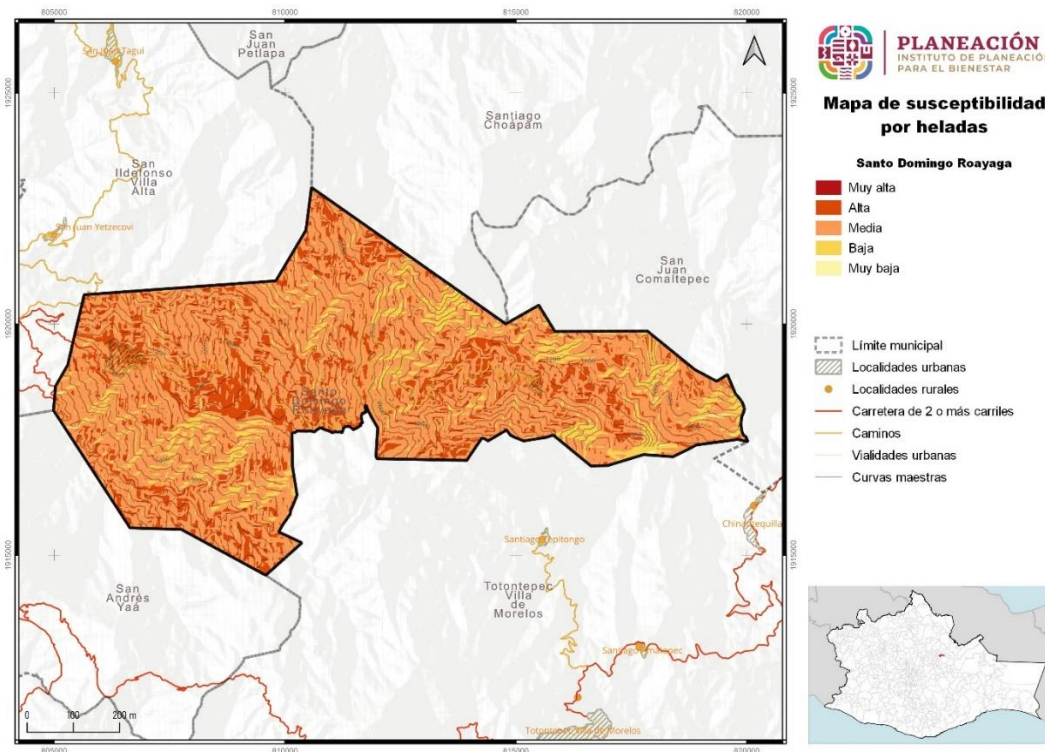
Mapa 103. Grado de peligro por bajas temperaturas



V.2.11.1. Susceptibilidad por heladas en el municipio

Las heladas se presentan particularmente en las noches de invierno por una fuerte pérdida radiactiva. Para la susceptibilidad de peligro por heladas en Santo Domingo Roayaga estará sujeto a una posibilidad significativa de peligro por heladas, clasificado como nivel Muy Alta con 0.05% (2.59 hectáreas); con un 20.84% (1173.83 hectáreas), clasificado con un nivel Alto; con 68.44% (3855.83 hectáreas) en un grado **Medio**; con 10.56% (595.09 hectáreas) en un grado **Baja**; y con 0.12% (6.53 hectáreas) en un grado Muy Baja, tal como se muestra en el mapa.

Mapa 104. Susceptibilidad por heladas en el municipio



En el mapa previo se puede apreciar que la probabilidad de peligro catalogada como **Media**, en el territorio que comprende este grado se ubica la zona urbana de la cabecera municipal Santo Domingo Roayaga y Tonaguía.

En el municipio no se presenta el fenómeno de heladas, por lo que se omite su análisis.



Lluvias Extraordinarias (extremas)

La lluvia es una precipitación de agua líquida en forma de gotas que caen con velocidad apreciable y de modo continuo. Según el tamaño de las gotas se califican de llovizna, lluvia o chubasco. La lluvia depende de tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y la humedad atmosférica.

Las lluvias se pueden clasificar por su intensidad como se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 50. Clasificación de lluvias según su intensidad en 24 h

Clasificación de lluvias según su intensidad en 24 h	
Clasificación	Intensidad
Lluvias Intensas	Lluvia mayor de 70 mm
Lluvias Muy Fuertes	Lluvia entre 50 y 70 mm
Lluvias Fuertes	Lluvia entre 20 y 50 mm
Lluvias Moderadas	Lluvia entre 10 y 20 mm
Lluvias Ligeras	Lluvia entre 5 y 10 mm
Lluvias Escasas	Lluvia menor de 5 mm

La cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo es conocida como la intensidad de la precipitación. Sus unidades son mm/h, mm/día, etc. Un pluviógrafo es un instrumento medidor de lluvia electrónico ideal para registrar la lluvia, ya que, al medir la intensidad de ésta, es posible saber cuándo y cuánto llovió en cada instante, durante una tormenta. Otra forma de medir la intensidad de la lluvia es mediante el radar meteorológico, que además brinda información referente a la distribución espacial de la intensidad de la lluvia.

Cuando hablamos de lluvias extremas, estamos hablando de que la caída de agua es superior a los 50 mm en el transcurso de una hora, que puede provocar inundaciones y detonar la inestabilidad de laderas, fenómenos muy frecuentes en nuestro país, y de elevados costos económicos y sociales.

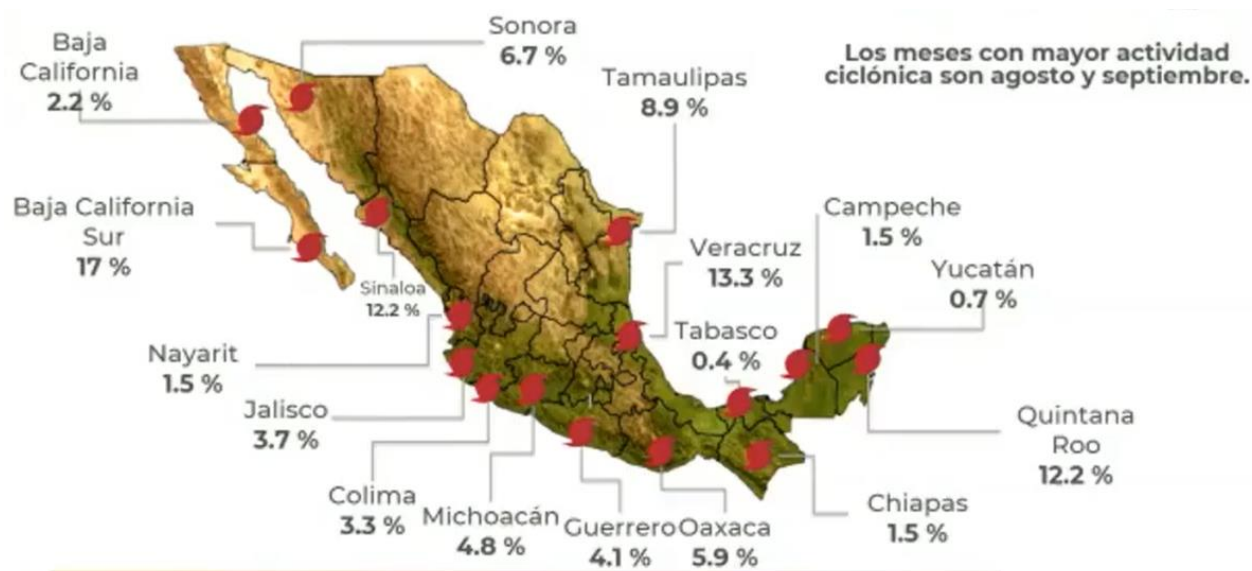
Ciclones Tropicales

A pesar de que la zona se encuentra distante al área de influencia de los huracanes del Pacífico y del Atlántico (de acuerdo con los datos del Atlas de Huracanes), ha habido reportes de lluvias muy intensas en 24 horas, habiéndose reportado hasta 262

milímetros. Este fenómeno, asociado con la topografía y litología propia de la zona, puede desencadenar avenidas, socavación en los cauces, derrumbes en los escarpes y movimiento de tierras, aunque estas lluvias extraordinarias no han causado daños significativos hasta el momento.

Los ciclones tropicales se forman por una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral alrededor de una zona central. En el hemisferio norte giran en sentido contrario a las manecillas del reloj. Se forman en el mar, cuando la temperatura es superior a los 26° C. La energía de los ciclones tropicales proviene esencialmente del calor y la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera. Al transportar grandes cantidades de humedad, los ciclones tropicales pueden provocar tormentas de larga duración, del orden de varios días y abarcar grandes extensiones. Por lo que pueden ser causa de inundaciones en las principales cuencas del país, principalmente en aquéllas que vierten hacia el Golfo de México o al Océano Pacífico.

La escala de Saffir clasifica los ciclones tropicales en tres etapas, de acuerdo con la velocidad de sus vientos máximos; la primera etapa se llama depresión tropical, cuando sus vientos son menores a 63 km/h; la siguiente fase es tormenta tropical, que comprende vientos entre 63 km/h y 118 km/h; la última categoría es cuando se adquiere la categoría de huracán al presentar vientos con una velocidad mayor a los 118 km/h. En esta etapa se generan los efectos destructivos, al provocar vientos fuertes, lluvias torrenciales, marea de tormenta y oleaje altos, como se observa en la figura.



Los porcentajes contemplan los registros de 1971 a 2020, donde en promedio, anualmente ingresan a tierra 5.4 ciclones tropicales.

Mapa 105. Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales



La temporada de ciclones comienza en el mes de mayo en el Océano Pacífico, mientras que, en el Océano Atlántico es en junio. Para ambos océanos la actividad concluye a finales de noviembre.

La frecuencia de huracanes corresponde a uno cada tres años, en los últimos 100 años. El municipio se establece vulnerable o zona afectable por perturbaciones ciclónicas tropicales por remanentes de los que ocurren en las costas a lo largo del año.

En el municipio no se presenta el fenómeno de ciclones tropicales de forma directa, pero sí de forma indirecta por tormentas debido a remanentes de dicho fenómeno en las costas por lo que se omite su análisis.



V.2.12 Tornados

Un tornado se define como la perturbación atmosférica más violenta, se origina en la base de una nube de tormenta cuando dos masas de aire de diferente temperatura, humedad y velocidad chocan entre sí formando una gran inestabilidad, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste.

Los tornados o remolinos de aire en forma de embudo, los cuales se generan desde la base de una nube conocida como cumulonimbus y de ahí se extienden hasta tocar el suelo; el aire gira a tal velocidad que sus fuertes vientos pueden arrancar árboles, postes, destruir viviendas e incluso volcar vehículos de carga.

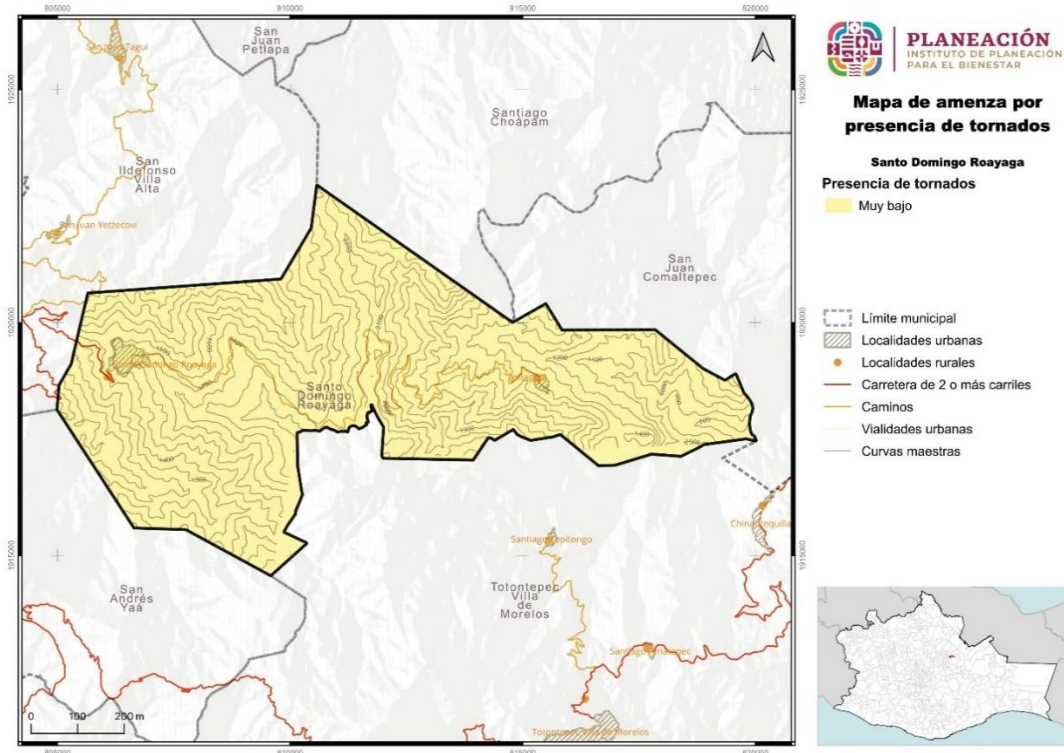
La velocidad de sus vientos puede variar desde los 100 km/h hasta más de 450 km/h, su duración va desde algunos minutos hasta horas; el diámetro promedio de los tornados es de 250m, oscilando entre los 100m y 1 km. La intensidad de los tornados se mide utilizando la escala conocida como “Escala Fujita Mejorada”, la cual va del nivel cero al cinco (EF-0 a EF-5).

La probabilidad de ocurrencia de un tornado en México se extiende a todo el territorio, sin embargo, los más fuertes han tenido presencia en el norte del país, generalmente los tornados se desarrollan entre marzo y junio en el norte y el noreste de la República Mexicana, es decir, en Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, sin embargo, también se han registrado en Veracruz, Hidalgo, Estado de México y Chiapas, aunque podrían ocurrir en cualquier otro mes y sitio, por lo que para el municipio este fenómeno no se ha presentado en el municipio.

V.2.12.1. Amenaza por vientos fuertes y tornados en el municipio

En el caso de amenaza por vientos fuertes y tornados, el 100% del territorio municipal está clasificado como grado **Muy Baja**, por lo que las 5624.88 hectáreas, son las que no están expuestas al riesgo de ser afectadas, como se presenta en el mapa correspondiente.

Mapa 106. Amenaza por presencia de tornados en el municipio



En el municipio de Santo Domingo Roayaga no se presenta el fenómeno de Tornados, por lo que se omite su análisis.

Vientos Fuertes

El viento depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. La velocidad promedio del viento por hora en tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. El periodo más ventoso del año dura 6,2 meses (septiembre a marzo), con una velocidad promedio de 10.5 Km/h, y el día más ventoso promedio es de 12.3 Km/h; mientras que el tiempo más calmado dura 5.8 meses (marzo a septiembre) con una velocidad 8.6 Km/h.

Identificándose peligros por caída por viento están las estructuras de anuncios, techos de auditorios, techos de casas de materiales ligeros etc. Debe ser considerado el factor viento para el diseño de cualquier estructura que pueda ser vulnerable a ráfagas de viento.



*En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, los vientos fuertes no son muy recurrentes, excepto cuando se acompaña de tormentas intensas, es cuando han ocurrido daños, por lo que este fenómeno tiene un grado de peligro **MUY BAJO**.*

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/m²)

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/m²)

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

De acuerdo con la International Social Security Association (ISSA), las sustancias peligrosas son todos aquellos líquidos, gases o sustancias sólidas que perjudican la salud o la seguridad de los trabajadores.

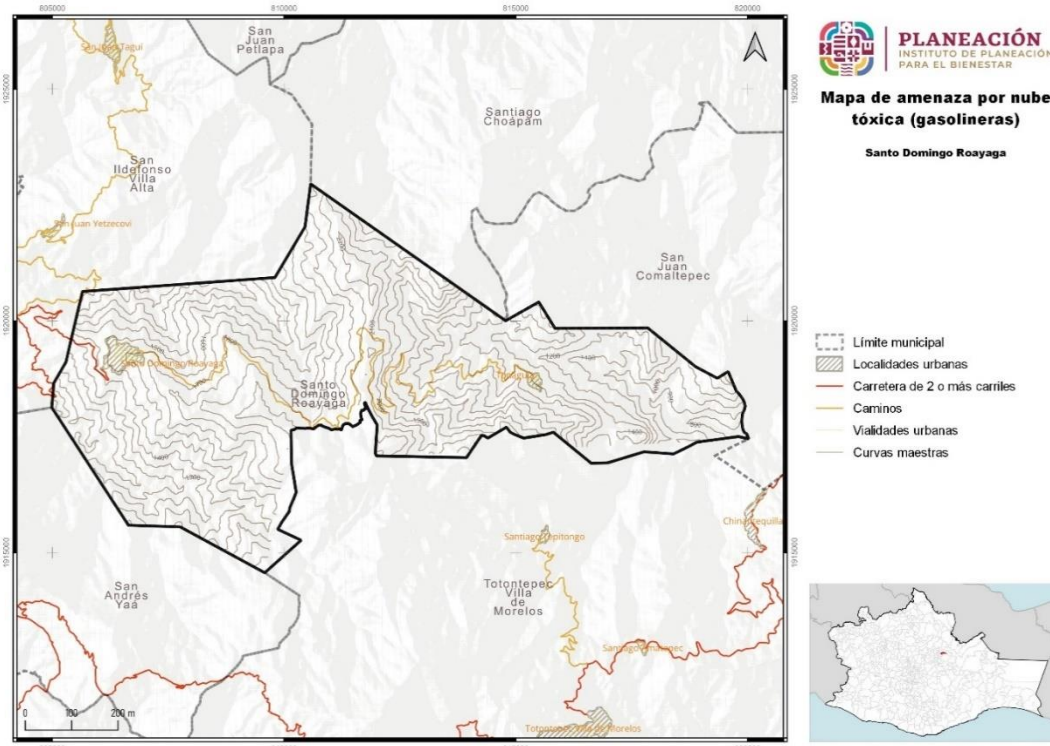
Por lo que las sustancias peligrosas se refieren a aquellos materiales o compuestos químicos que, debido a sus características físico-químicas, representan un riesgo potencial para la salud humana y el medio ambiente. Entre las que se pueden encontrar mas no limitar a:

- **Sustancias Inflamables:** como gasolina, diésel, alcohol y otros solventes que puedan arder o explotar.
- **Sustancias Corrosivas:** Ácidos y bases fuertes capaces de corroer metales o dañar la piel al contacto.
- **Sustancias Reactivas:** Químicos que pueden causar reacciones violentas, como explosiones, al mezclarse con otros químicos o al estar expuestos a calor, presión o choque.
- **Sustancias Tóxicas:** Compuestos que pueden causar daños a la salud o la muerte cuando se inhalan, se ingieren o entran en contacto con la piel.
- **Sustancias Oxidantes:** Como los peróxidos, que pueden causar o intensificar un fuego.
- **Sustancias Radiactivas:** Materiales que emiten radiación ionizante y pueden ser perjudiciales para la salud.
- **Bio peligrosos:** Incluyen materiales biológicos que pueden causar enfermedades en seres humanos o animales.
- **Eco-tóxicos:** Sustancias que pueden causar daños graves a los ecosistemas, como pesticidas o herbicidas.

V.3.1.1 Amenaza por flujo sustancias peligrosas

Los depósitos de combustible y suministro (gasolina, diésel) establecidas en el Municipio están identificadas y siendo caso de estudio de análisis de riesgo para determinar las zonas de impacto de su entorno por incendio/explosión y derrame, como se muestra en el mapa de las ubicaciones de las estaciones de servicio.

Mapa 107. Amenaza por nube tóxica (gasolineras)



*En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, los flujos de sustancia peligrosas no se presentan en el municipio, por lo que este fenómeno tiene un grado de peligro **BAJO**.*

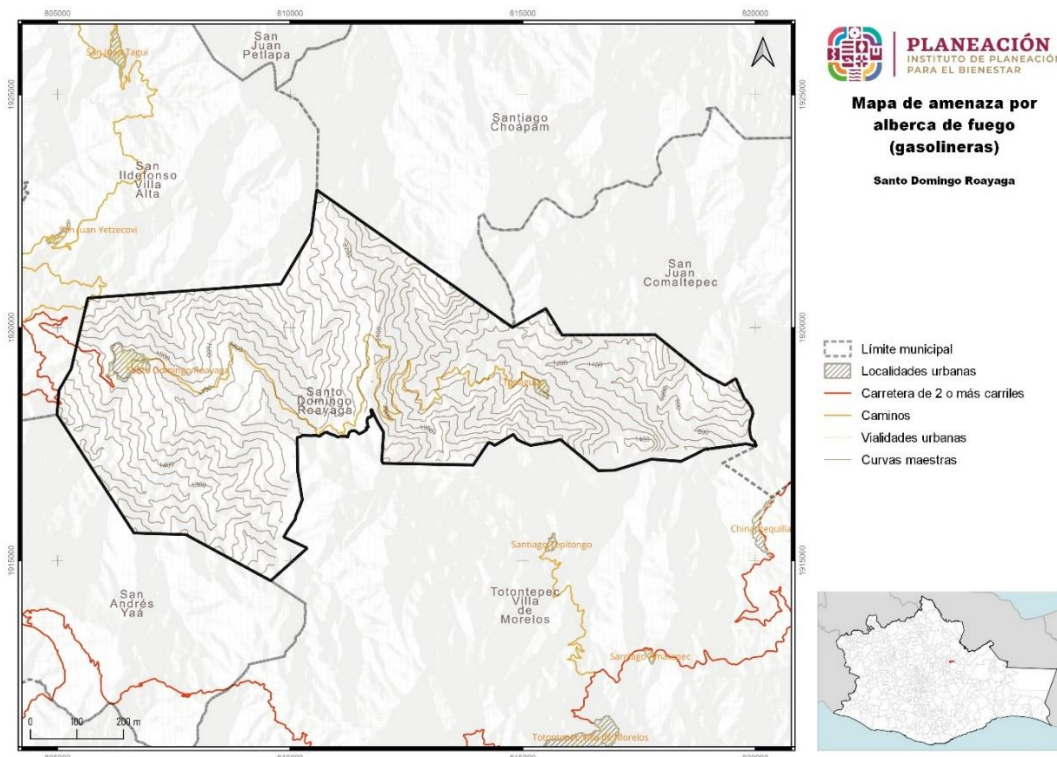
V.3.1.2 Amenaza por derrame de sustancias peligrosas

*En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, la amenaza por sustancias peligrosas no se presenta en el municipio, por lo que este fenómeno tiene un grado de peligro **BAJO**.*

V.3.1.3 Amenaza por explosión de sustancias peligrosas

Los depósitos de combustible y suministro (gasolina, diésel) establecidas en el Municipio están siendo identificadas y siendo caso de estudio de análisis de riesgo para determinar las zonas de impacto de su entorno por incendio/explosión y derrame, de momento no hay estaciones de servicio.

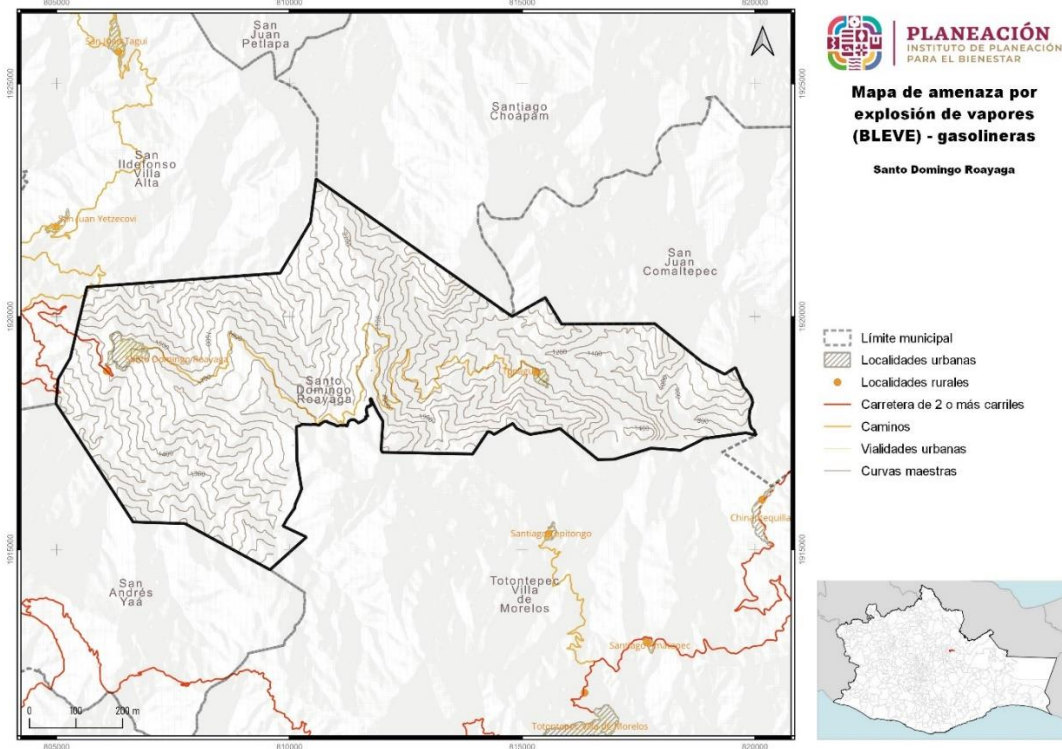
Mapa 108. Amenaza por alberca de fuego (gasolineras)





En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, 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 109. Amenaza por explosión de vapores (BLEVE) - gasolineras



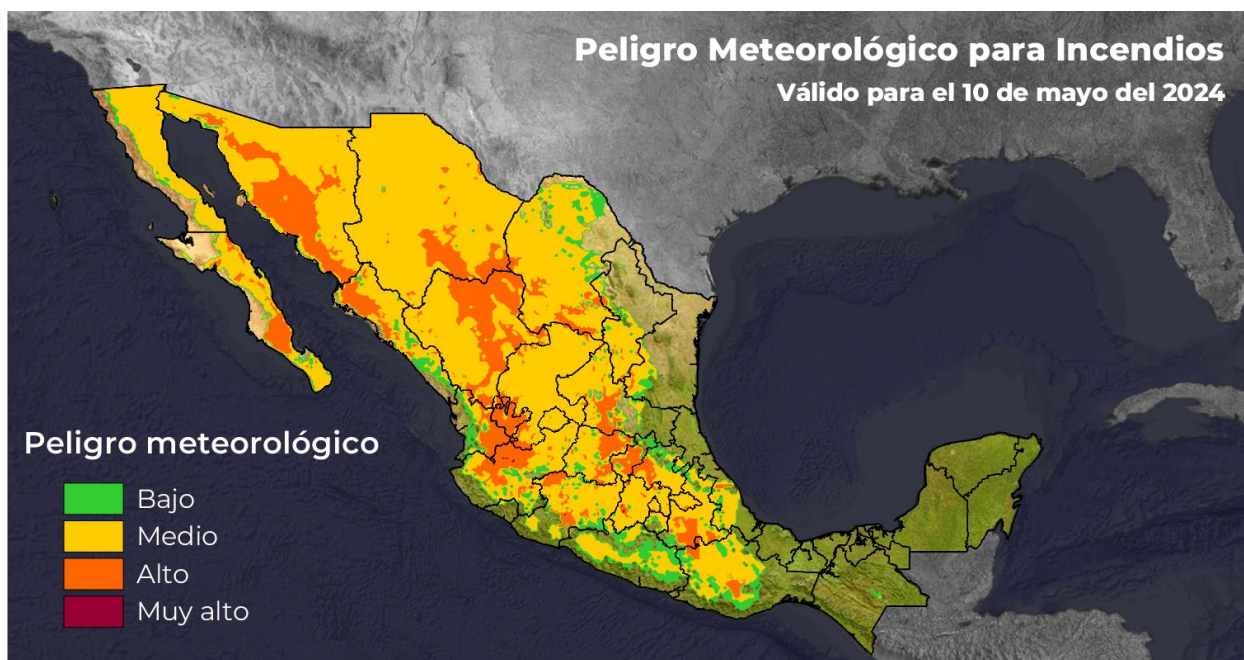
En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, la amenaza por explosión de vapores (BLEVE) de sustancias peligrosas no se presentan en el municipio, por lo que este fenómeno tiene un grado de peligro **BAJO**.

V.3.1 4 Amenaza por transporte de sustancias peligrosas

*En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, la amenaza por transporte de sustancias peligrosas no se presenta en el municipio, por lo que este fenómeno tiene un grado de peligro **BAJO**.*

V.3.2 Incendios forestales

Los incendios forestales ocurren de manera natural en muchos ecosistemas boscosos de México y el mundo; forman parte importante de su dinámica natural de regeneración. Bajo condiciones naturales, los bosques son capaces de amortiguar los impactos del fuego y, después de un tiempo, regresar a un estado similar al que se encontraban antes del incendio, en la figura se observa el grado de peligro para incendio, que para donde se ubica el municipio es de un grado medio.



Fuente: Subgerencia de Monitoreo Atmosférico Ambiental

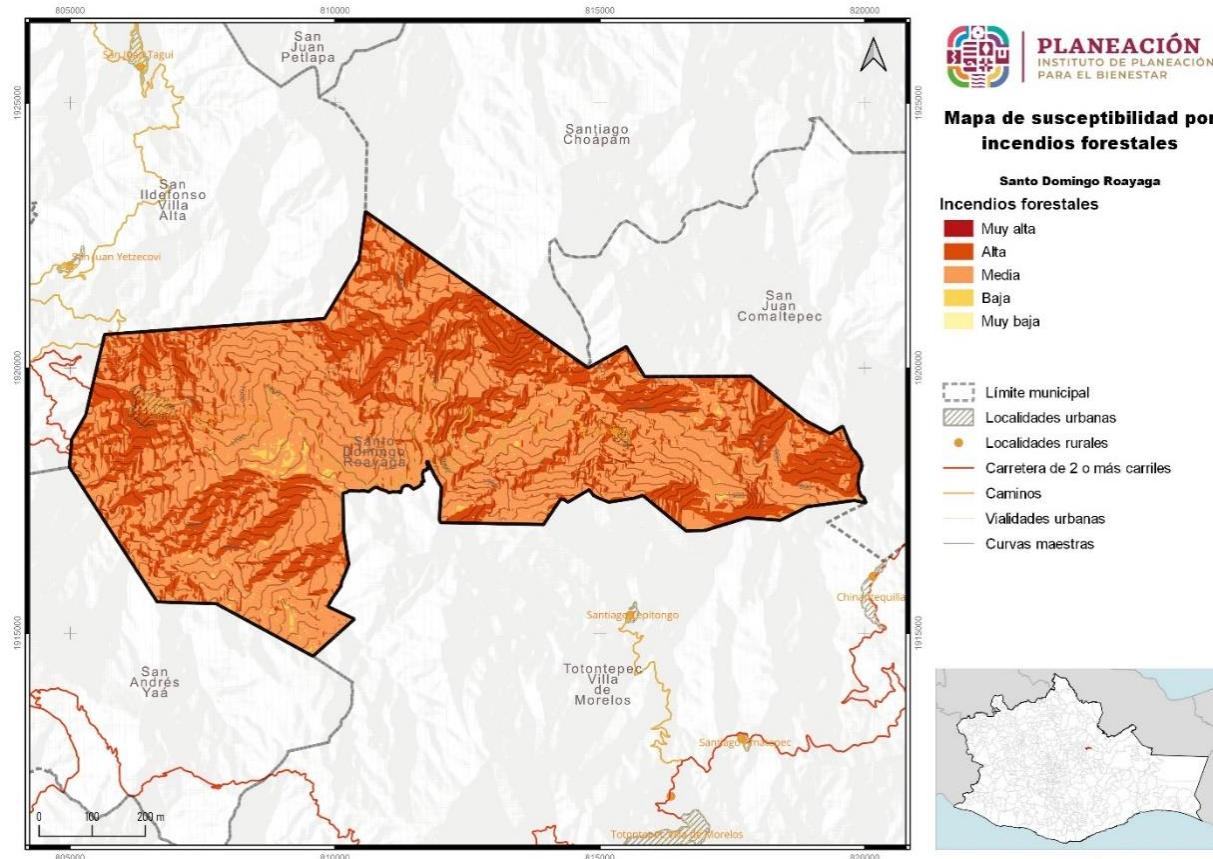
Aunque en muchos casos el origen de los incendios es natural, un número importante de ellos se asocia a actividades humanas, entre las que destacan el uso del fuego en las prácticas agropecuarias para la habilitación de terrenos cultivables o de pastoreo, la quema de basura o las fogatas no controladas.

Actualmente, es cada vez más frecuente que los incendios forestales ocurran en zonas en donde antes no se registraban o incluso se produzcan con mayor intensidad. Bajo estas circunstancias, pueden provocar la degradación de los ecosistemas, además de la pérdida de vidas humanas, infraestructura y de cuantiosas pérdidas económicas. En muchos de estos casos, la recuperación de los bosques y otros ecosistemas puede ser muy lenta o, incluso, imposible de alcanzarse.

V.3.2.1 Susceptibilidad por incendios forestales

Para el caso de la Susceptibilidad de incendios forestales, el grado **Muy Alto**, afecta a un 0.01% (0.59 hectáreas); con 38.51% (2167.31 hectáreas) clasificado con un grado Alto; con 60.23% (3389.86 hectáreas) clasificado con un grado **Media**; con 1.24% (69.23 hectáreas) clasificado con un grado Bajo; y con 0.01% (0.81 hectáreas), superficie vulnerable de afectación Muy Baja, para el territorio municipal, como se presenta en el mapa correspondiente.

Mapa 110. Amenaza susceptibilidad por incendios forestales





En el mapa previo se puede apreciar que en la superficie urbana de la cabecera municipal está en el área de susceptibilidad por incendio forestal catalogada como **Alta y Media**, así como Tonaguía.

V.4 Peligros, amenazas y susceptibilidad por fenómenos sanitario-ecológicos

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, el fenómeno Sanitario-Ecológico se define como el agente perturbador que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. En este sentido, dentro de este tipo de fenómenos se considera a las epidemias y plagas, así como la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos.

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.

El fenómeno Sanitario-Ecológico se presenta cuando se producen cambios drásticos en el equilibrio de los ecosistemas y trae consigo consecuencias fatales para las especies más vulnerables del sistema.

Una de las principales causas es la acción patógena de agentes biológicos, así como las plagas y epidemias en sus distintos vectores de transmisión; de igual manera, este fenómeno considera la contaminación como factor de análisis, particularmente lo referente a contaminación del aire, agua y suelo.

V.4.1.1 Amenaza por contaminación del agua

La contaminación del agua 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:

1. 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.
2. 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.
3. Vertidos agrícolas: los productos químicos utilizados en la agricultura pueden entrar en el agua y contaminarla.
4. 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



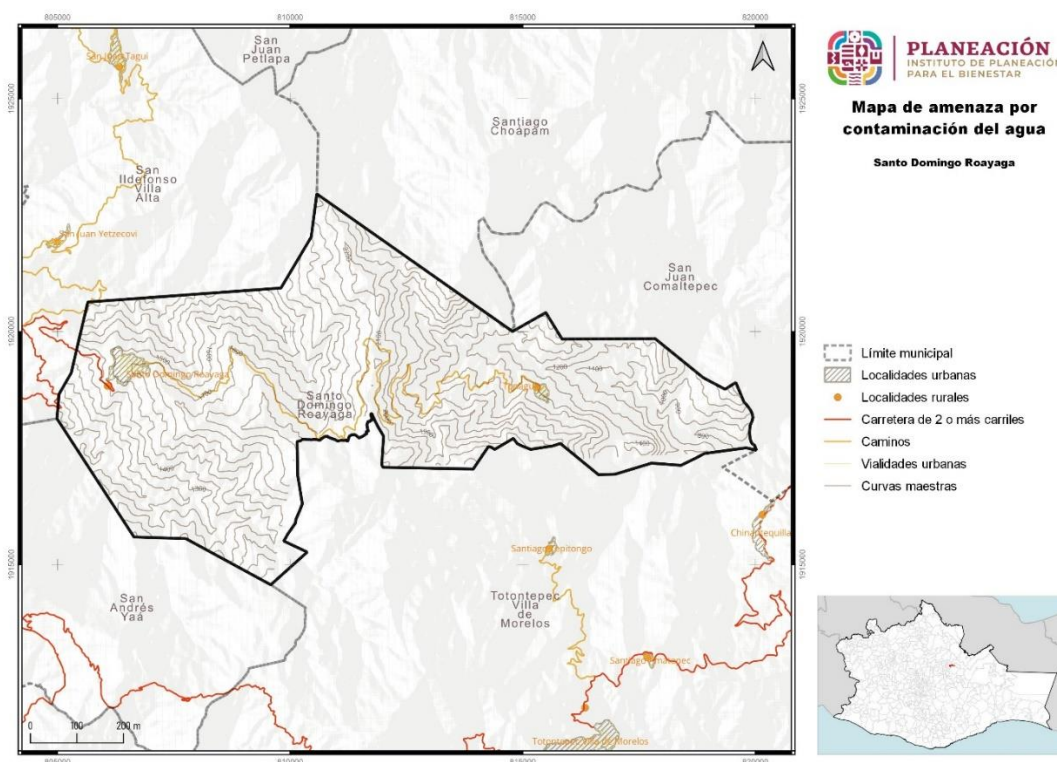
del agua que pueden ser perjudiciales para la salud humana, y pueden causar daño cerebral y nervioso, problemas reproductivos y trastornos del aprendizaje.

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.

En el mapa se observa que el municipio no es afectado por amenazas de contaminación del agua, lo que quiere decir que este riesgo no aplica para el municipio.

Mapa 111. Amenaza por contaminación del agua



*En el Municipio de Santo Domingo Roayaga, la amenaza por contaminación del agua se presenta en un mínimo grado por efectos de la agricultura en el municipio, por lo que este fenómeno tiene un grado de peligro **BAJO**.*



V.4.1.2 Amenaza por 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 Clorofluorcarbonados (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.**

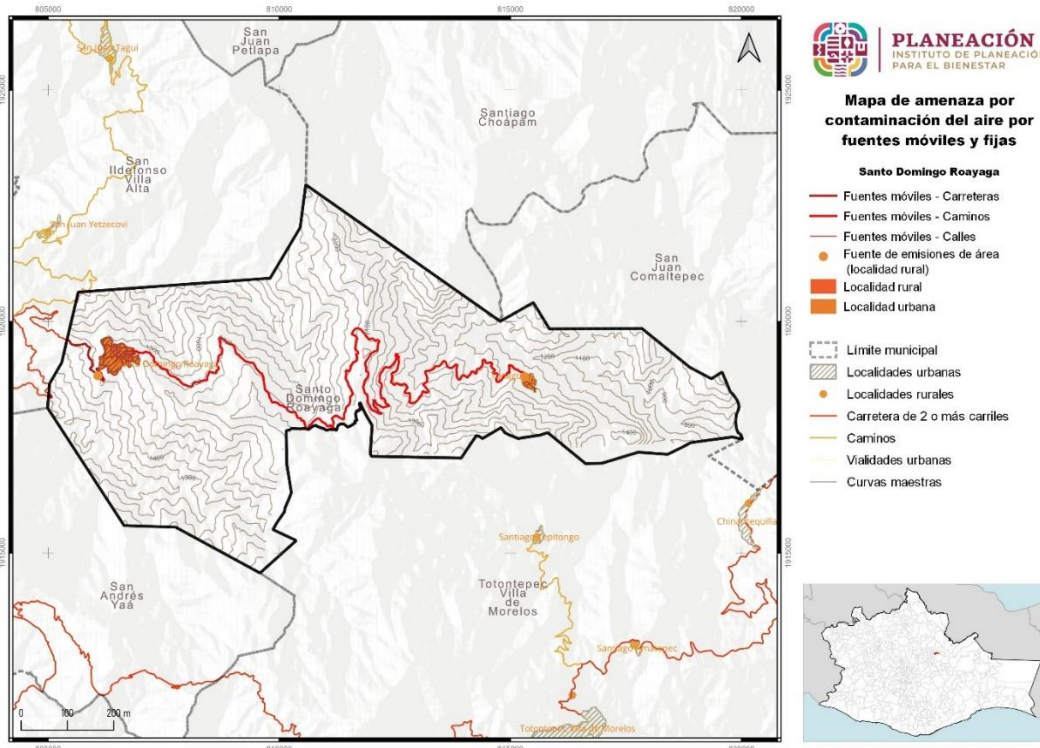
La contaminación del aire es uno de los mayores problemas ambientales que enfrenta el mundo hoy en día. Afecta tanto a las áreas urbanas como a las rurales, y es causada por una variedad de fuentes, como la quema de combustibles fósiles, las emisiones de vehículos y las actividades industriales.

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.

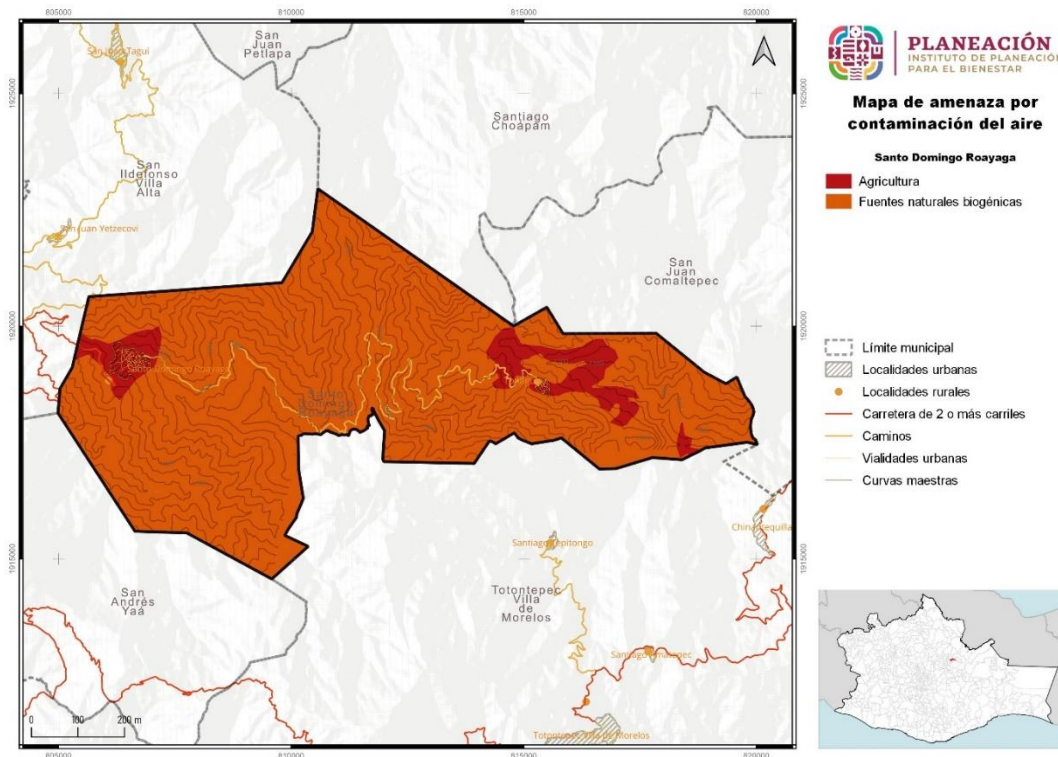
Mapa 112. Amenaza por contaminación del aire por fuentes móviles y fijas



En el mapa anterior se muestra la amenaza por contaminación del aire, al igual que las fuentes móviles, se pueden observar las fuentes fijas, generadas en las localidades rurales y localidades urbanas.

El mapa inferior ilustra visualmente la amenaza relacionada con la contaminación del aire, presentando dos categorías distintas. La primera, denominada 'agricultura', la cual se extiende por el centro del municipio, abarcando incluso la zona urbana y Tonaguía. Por otro lado, la segunda categoría, conocida como 'fuentes naturales biogénicas', cubre la mayor parte del territorio, alcanzando los límites del municipio. Este análisis cartográfico destaca las áreas críticas y las fuentes de contaminación del aire en la región, proporcionando información crucial para la gestión y la mitigación de riesgos ambientales.

Mapa 113. Amenaza por contaminación del aire



V.4.1.3 Amenaza por 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.

En la tabla siguiente describe la característica de la degradación del suelo, muy importante a considerar.

Tabla 51. Degradación de suelo

Formas de degradación del suelo	Características
Daños Físicos	Sucedan cuando se trabaja repetidamente con equipos pesados en condiciones climáticas húmedas, en los suelos compactados es muy difícil restituir su productividad.
Acumulación salina	Es provocada por la evaporación de agua por efecto del sol en tierras de riego mal drenadas.
Daños biológicos	Se atribuye a los suelos que han perdido los nutrientes indispensables para los vegetales y la materia orgánica que contienen.
Erosión	Consiste en el desprendimiento, transporte y depósito de los materiales del suelo por agentes que causan el intemperismo (viento, agua, temperatura extrema, etc).
Erosión Geológica	Esta es provocada por los procesos de formación del suelo que lo mantienen en el equilibrio adecuado.
Erosión acelerada	Es inducida por el hombre con severos desequilibrios mediante la destrucción de los agregados del suelo y la eliminación acelerada de partículas minerales y orgánicas, consecuencia de una labranza inadecuada y la extinción de la vegetación natural.
Erosión eólica	Se produce cuando el suelo ha perdido la cubierta vegetal, dejando paso libre al viento, que llega a desplazar hasta 150 toneladas de tierra en una hora.
Erosión Hídrica	Cuando se cultiva sin tomar las debidas precauciones y exponiendo el terreno a la acción de la lluvia.
Contaminación por residuos sólidos	Se presenta en los tiraderos a cielo abierto carentes de planeación e infraestructura que permita un mejor trato y manejo de tales residuos.
Contaminación química	Por el resultado del exceso en el uso de fertilizantes y pesticidas utilizados en los procesos agrícolas y ganaderos.



V.4.2 Epidemias y plagas

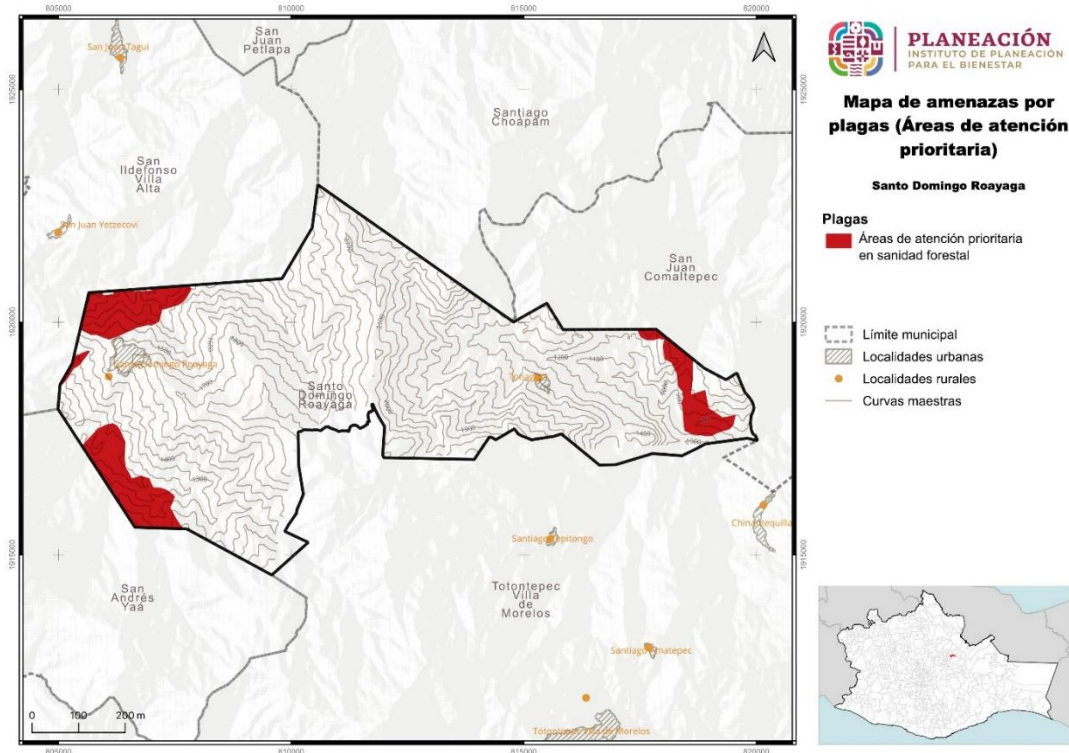
Las epidemias se definen como el incremento considerable de casos de alguna enfermedad infecto-contagiosa y a que su vez tienen un alcance territorial elevado; las epidemias se generan mediante dos mecanismos, por contagio persona a persona y/o la bacteria o el virus se transmiten por aire, agua o alimentos; y a través de vectores como los mosquitos y otros insectos; un ejemplo de esto son el zika, dengue y Chikunguña que en los últimos años ha provocado severos problemas sanitarios, sin olvidar la pandemia SARS-CoV-2 cuyos efectos negativos en la salud, económicos, educativos fue de muy alto impacto, que hoy en día se sigue viviendo el efecto postpandemia.

V.4.2.1 Amenaza por plagas en cultivos (diferenciado por plaga)

Las plagas son organismos con la capacidad de afectar de forma sustancial a las personas o a sus actividades agropecuarias mediante la pérdida de cosechas o la mortandad de animales para consumo humano; el impacto negativo de las plagas radica en la producción de alimentos y por consecuente impacta en el desarrollo económico.

El mapa ilustra visualmente la amenaza relacionada plagas en zonas de atención prioritaria del municipio, abarcando incluso la zona urbana y rurales. Este análisis cartográfico destaca las áreas críticas y las fuentes relacionadas con plagas en la región, proporcionando información crucial para la gestión y la mitigación de riesgos ambientales.

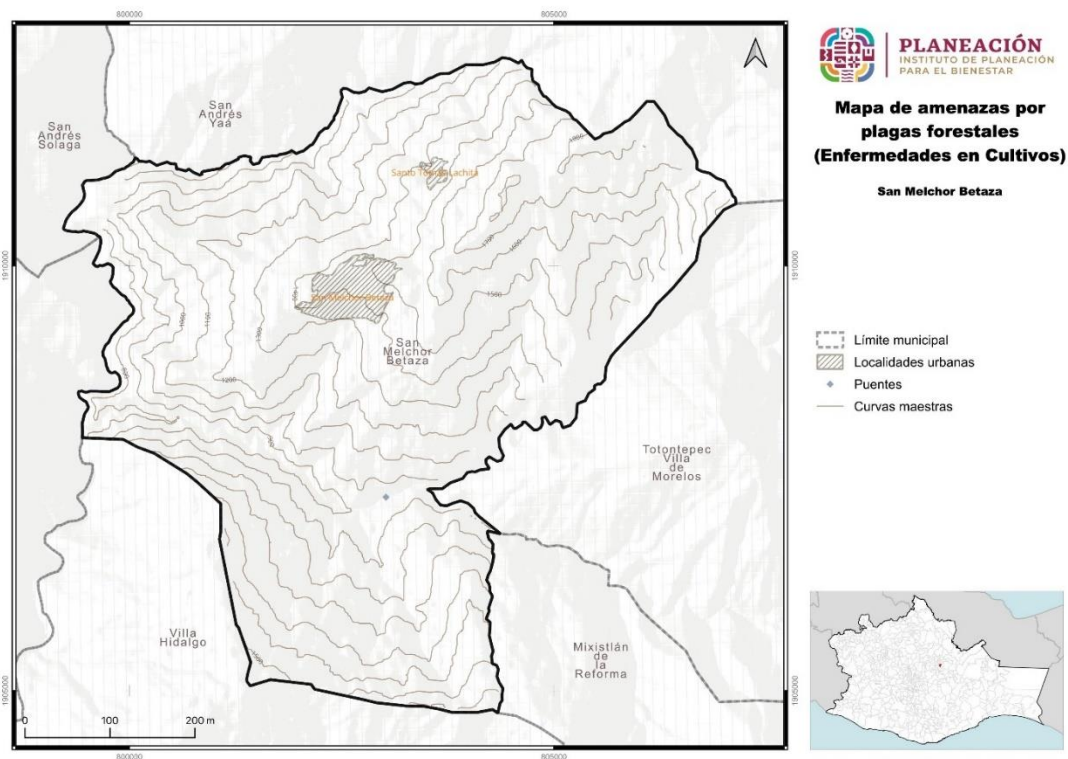
Mapa 114. Amenaza por plagas (Áreas de atención prioritaria)



V.4.2.2 Amenaza por plagas forestales

Con base a información de la Comisión Forestal Nacional (CONAFOR), las áreas determinadas como de atención prioritaria por riesgo de presencia de plagas forestales, fueron del resultado del análisis y combinación de variables bioclimáticas idóneas para la presencia de los principales agentes causales de daño (insectos descortezadores, insectos defoliadores, plantas parásitas, *Scyphophorus acupunctatus*, *Sphaeropsis sapinea*, *Xyleborus glabratus*, *Scolytus mundus*, *Coptotermes gestroi*, *Fusarium circinatum*, *Euplatypus parallelus* y *Coptoborus pseudotenius*), así como de factores de estrés y vulnerabilidad de los ecosistemas forestales que los hacen propensos al ataque de estas plagas.

Mapa 115. Amenaza por plagas forestales (Enfermedades en cultivos)

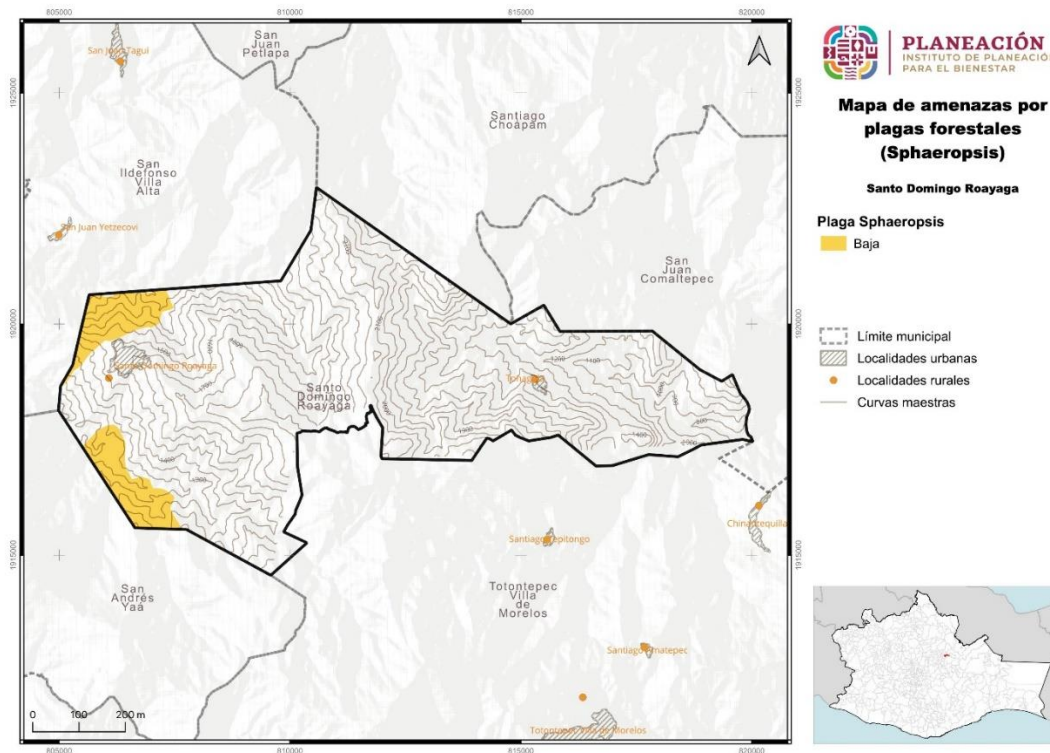


V.4.2.2.1 Amenaza por plagas Sphaeropsis.

El hongo *Sphaeropsis sapinea* se encuentra ampliamente distribuida por todo el mundo, es un patógeno de coníferas principalmente del género *Pinus*. (Anderson et al. 1984, Fraedrich et al. 1994). Puede alcanzar territorios donde el hospedador es cultivado como una especie exótica, lo que ha hecho que se expanda ampliamente asociada a cultivos forestales de coníferas, tanto en el hemisferio norte como en el sur (Paoletti et al. 2001). Es un importante patógeno en repoblaciones forestales de coníferas.

Con respecto a la amenaza por plagas *Sphaeropsis* se muestra en el mapa correspondiente en hectáreas del municipio.

Mapa 116. Amenaza por plagas forestales (Sphaeropsis)



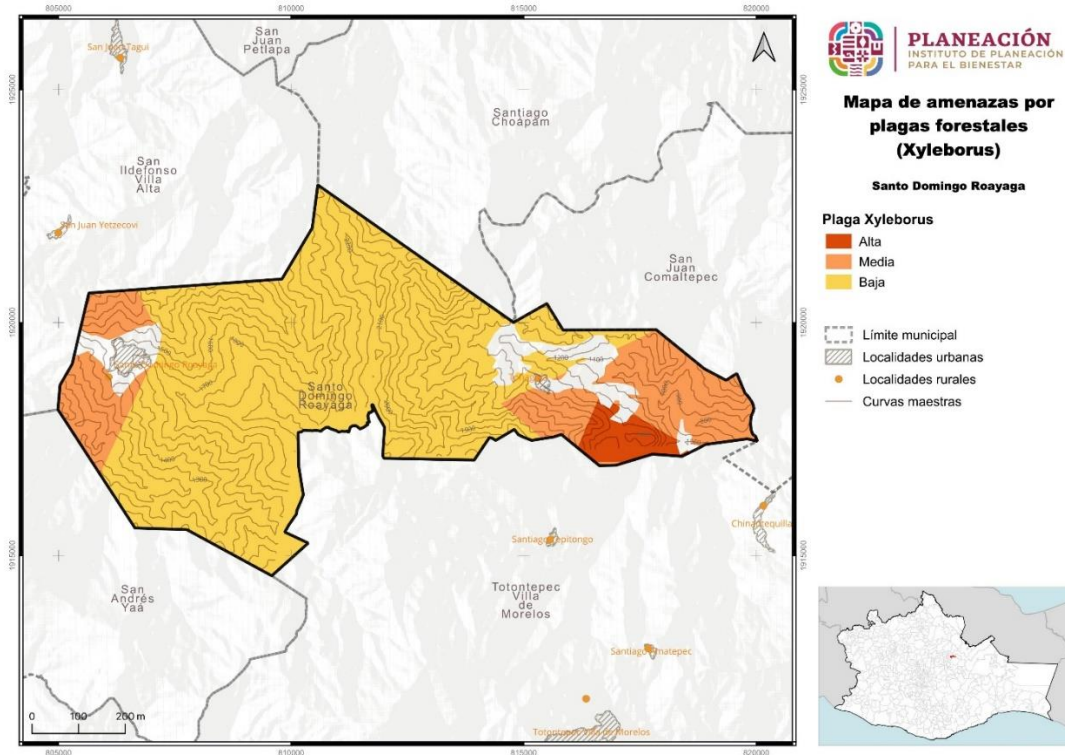
V.4.2.2.2 Amenaza por plagas Xyleborus.

Xyleborus glabratus es un insecto barrenador, vector del hongo *Raffaelea lauricola* el cual es el agente causal de la marchitez del laurel, una enfermedad vascular letal de árboles de la familia Lauraceae (Kendra et al., 2014).

El escarabajo ambrosio del laurel rojo (*Xyleborus glabratus*), así como su simbiote *Raffaelea lauricola* son plagas nativas del Suroeste Asiático presentes en árboles de la familia Lauraceae. Su introducción a Estados Unidos de América, la cual pudo haber sido a través de embalaje de madera, ha ocasionado cuantiosas pérdidas ambientales y económicas superiores al 80% en áreas naturales con laurel rojo.

En lo que respecta a la amenaza de *Xyleborus* que tiene un riesgo clasificado como Alta, con afectación alrededor del 3.29% (170.96 hectáreas) de la extensión total del municipio; el riesgo Medio, con 19.13% (994.58 hectáreas); con 77.58% (4033.56 hectáreas) con un grado de amenaza **Baja**, como se presenta en el mapa correspondiente.

Mapa 117. Amenaza por plagas forestales (Xyleborus)



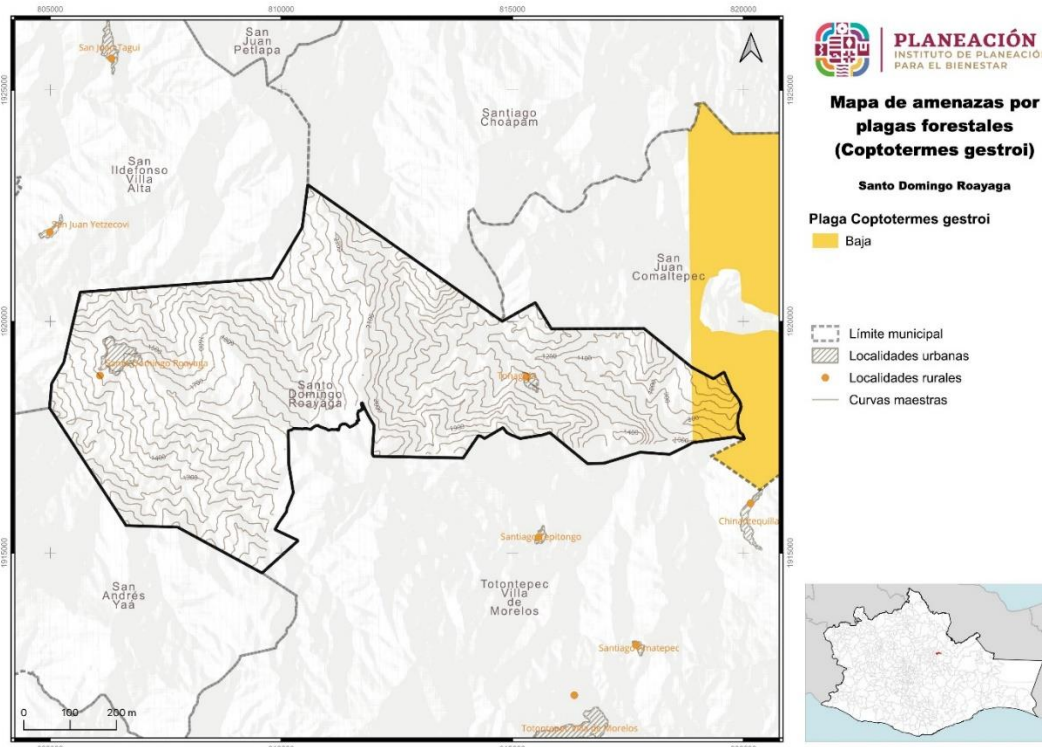
En el mapa previo se puede apreciar que la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguía no tiene amenaza de la plaga xyleborus en ningún grado; sin embargo, afecta arboles de aguacate que en las localidades suele haber.

V.4.2.2.3 Amenaza por plagas, zonas de atención prioritaria.

En lo que respecta a la amenaza por plagas de atención prioritaria con una afectación de 100% (495.08 hectáreas) en áreas de atención prioritaria en sanidad forestal de la extensión total del municipio.

En el mapa se observa que el municipio de Santo Domingo Roayaga no es afectado por amenazas por plagas Forestales (*Coptotermes gestroi*), lo que quiere decir que este riesgo no aplica para el municipio.

Mapa 118. Amenaza por plagas forestales (*Coptotermes gestroi*)



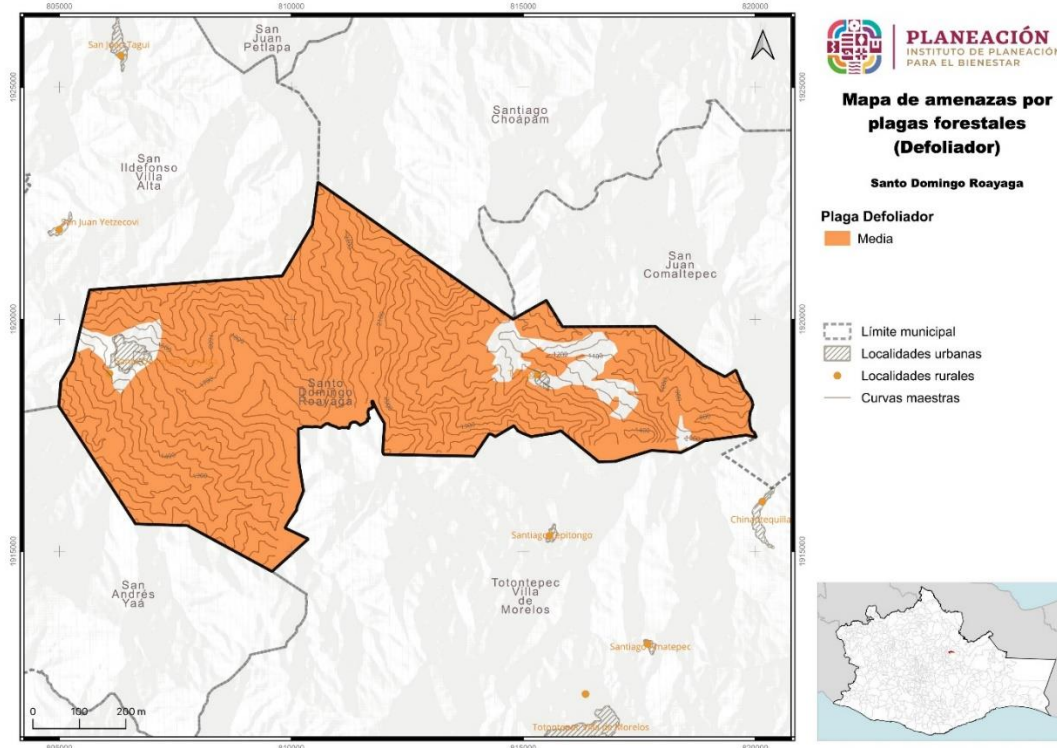
V.4.2.2.4 Amenaza por plagas defoliador.

Son insectos que se alimentan de las partes más suaves de las hojas de los árboles, dejando solo las venas o las partes más duras; las especies de mayor importancia consumen la hoja entera. Ocasionan debilitamiento del arbolado y vulnerabilidad al ataque de otras plagas, pudiendo causar su muerte.



Con respecto a la amenaza por plaga defoliador, afecta con un grado de amenaza **Media** a 100% (5199.1 hectáreas) del municipio de Santo Domingo Roayaga, como se presenta en mapa correspondiente.

Mapa 119. Amenaza por plagas forestales (Defoliador)



En el mapa previo se puede apreciar que la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguía están exentas de esta amenaza de plaga Defoliador, sin embargo, presenta un grado **Medio** en la zona de bosque.

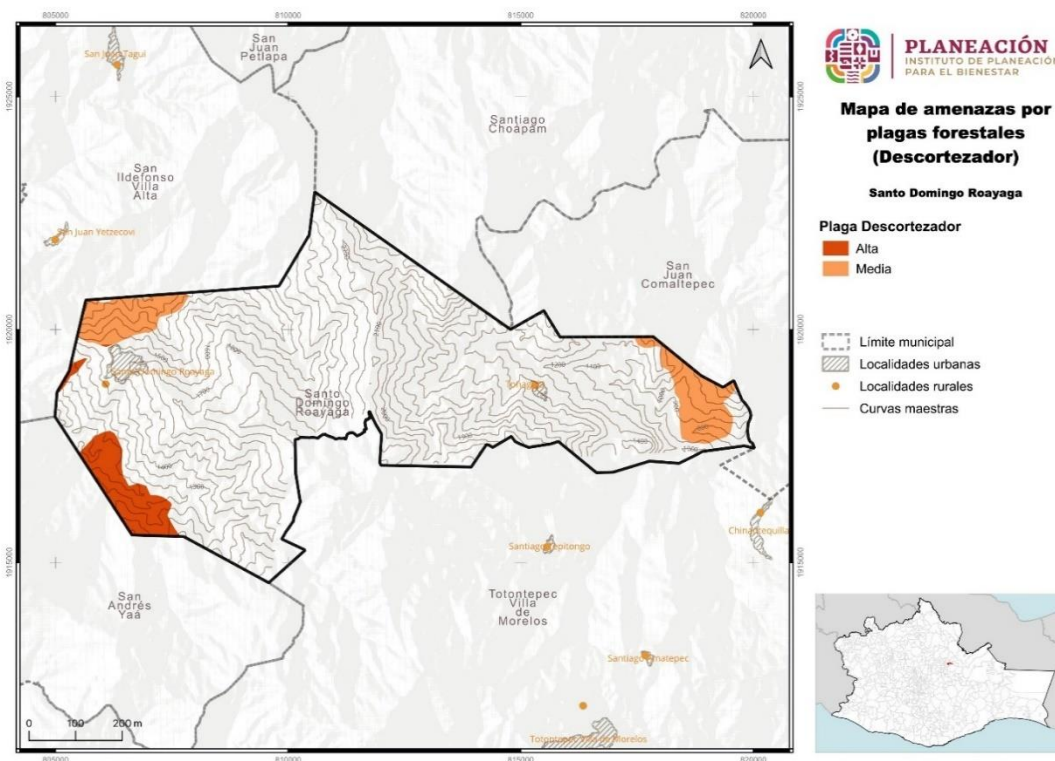
V.4.2.2.5 Amenaza por plagas descortezador.

En cuanto a las plagas de tipo barrenador, se encuentran los escarabajos del género *Xyleborus* que son primordialmente una plaga de vegetación forestal, aunque en ciertas circunstancias, también pudieran afectar a árboles frutales o de zonas urbanas. Generalmente atacan a árboles de madera dura y, en algunos casos de madera blanda, en los cuales realizan perforaciones y formación de galerías dentro de los árboles, los cuales limitan a la capacidad del árbol para el transporte de nutrientes y agua, lo que puede debilitar el árbol y hacerlo susceptible a enfermedades y a otros tipos de daños que pudieran causar la muerte del arbolado. Son conocidos por su capacidad para

colonizar una amplia variedad de especies arbóreas forestales, tanto nativas como introducidas.

La amenaza por plagas descortezador afecta con un grado clasificado como Alta, con 37.08% (208 hectáreas); Media con 62.92% (353 hectáreas) del municipio de Santo Domingo Roayaga, como se presenta en mapa correspondiente.

Mapa 120. Amenaza por plagas forestales (Descortezador)



En el mapa previo se puede apreciar que la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguía están exentos de esta amenaza de plaga Descortezador, sin embargo, presenta un grado **Alto** en la zona de bosque del territorio municipal que colinda con San Andrés Yaa.

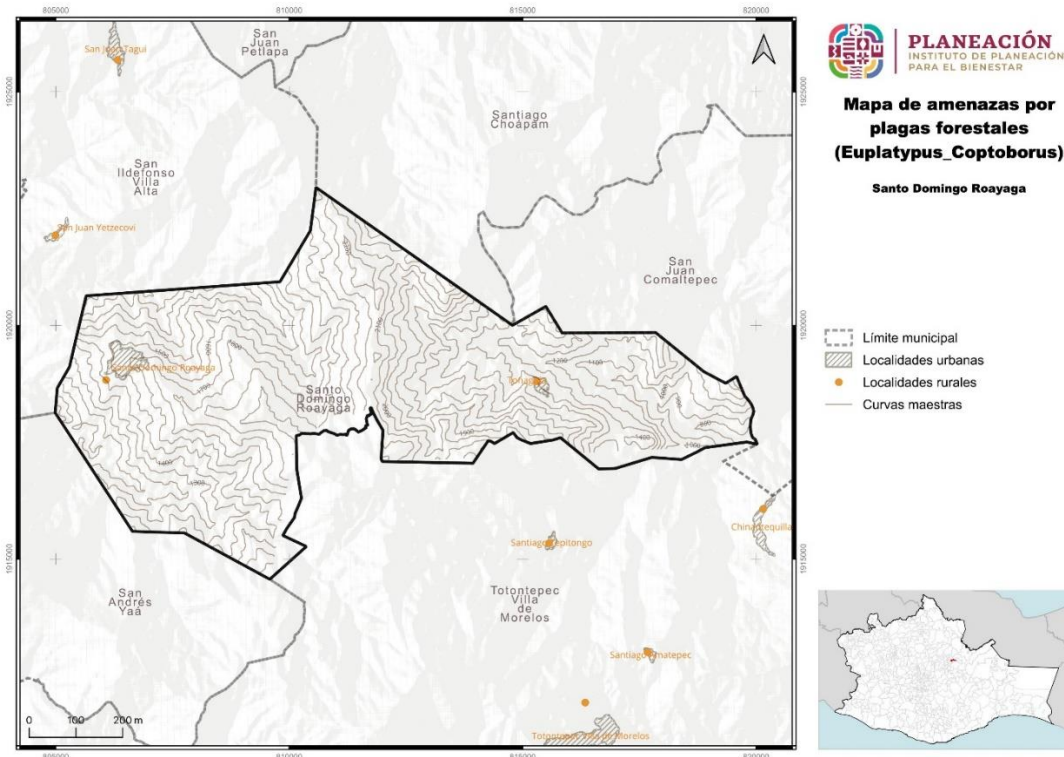
V.4.2.2.6 Amenaza por plagas *Euplatypus Coptoborus*.

Mientras que para el barrenador *Euplatypus coptoborus*, es un escarabajo ambrosía neotropical perteneciente a la familia Curculionidae, originario de América Central y del Sur, que se está extendiendo rápidamente por todo el mundo, es un importante vector fúngico; este escarabajo 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. Estos insectos son conocidos por perforar la madera, donde crean sistemas de galerías y se alimentan de los tejidos del árbol e incluso transportan hongos específicos que cultivan para alimentarse.

En lo que respecta a la amenaza de La plaga de euplatypus coptoburus en el municipio no presenta zonas de peligro de riesgo ante esta plaga, como se muestra en el mapa.

Mapa 121. Amenaza por plagas forestales (euplatypus coptoburus)

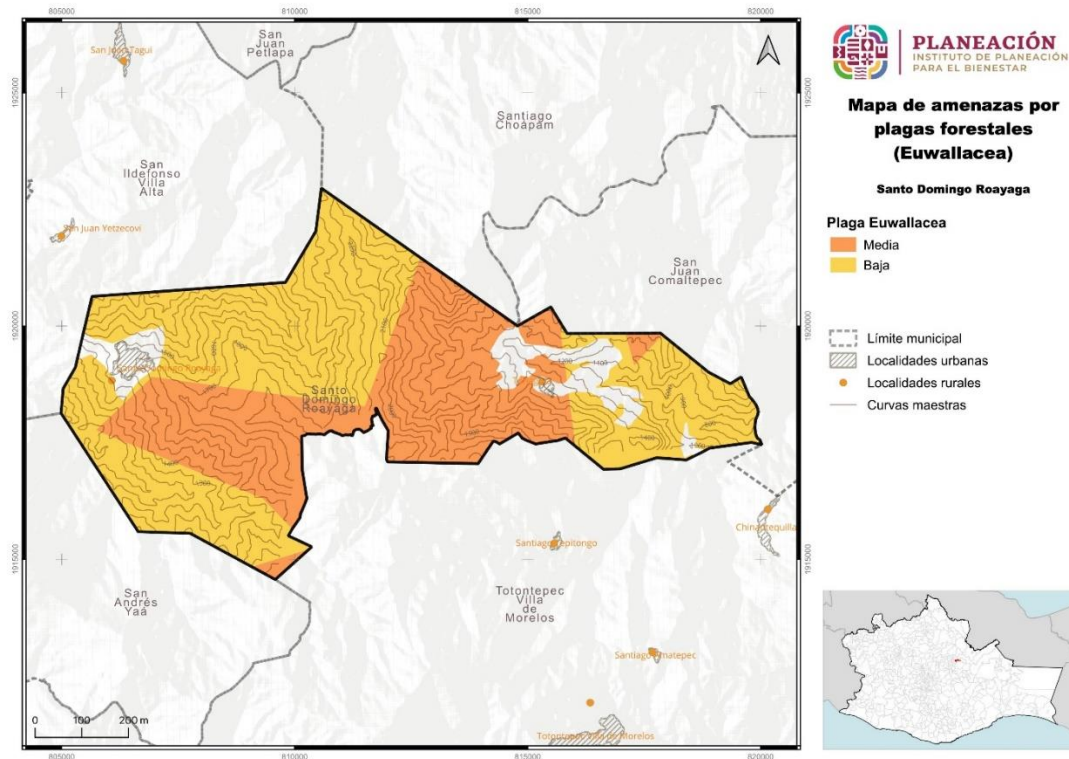


V.4.2.2.7 Amenaza por plagas Euwallacea.

Plaga exótica de importancia cuarentenaria originaria del Sudeste de Asia. En América se detectó por primera vez en el 2003 en el Estado de California, E.U. afectando árboles de falsa acacia (Robinia pseudoacacia) lychee (Litchi chilensis) y acer (Acer negundo). Hospeda 52 familias taxonómicas.

Con respecto a la plaga euwallacea tiene un grado Media que afecta al 40.71%, pone en riesgo aproximadamente a 2116.42 hectáreas del municipio, mientras que el 59.29% del territorio municipal no es afectado por un grado categorizado como **Baja**, más de 3082.68 hectáreas, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 122. Amenaza por plagas forestales (Euwallacea)



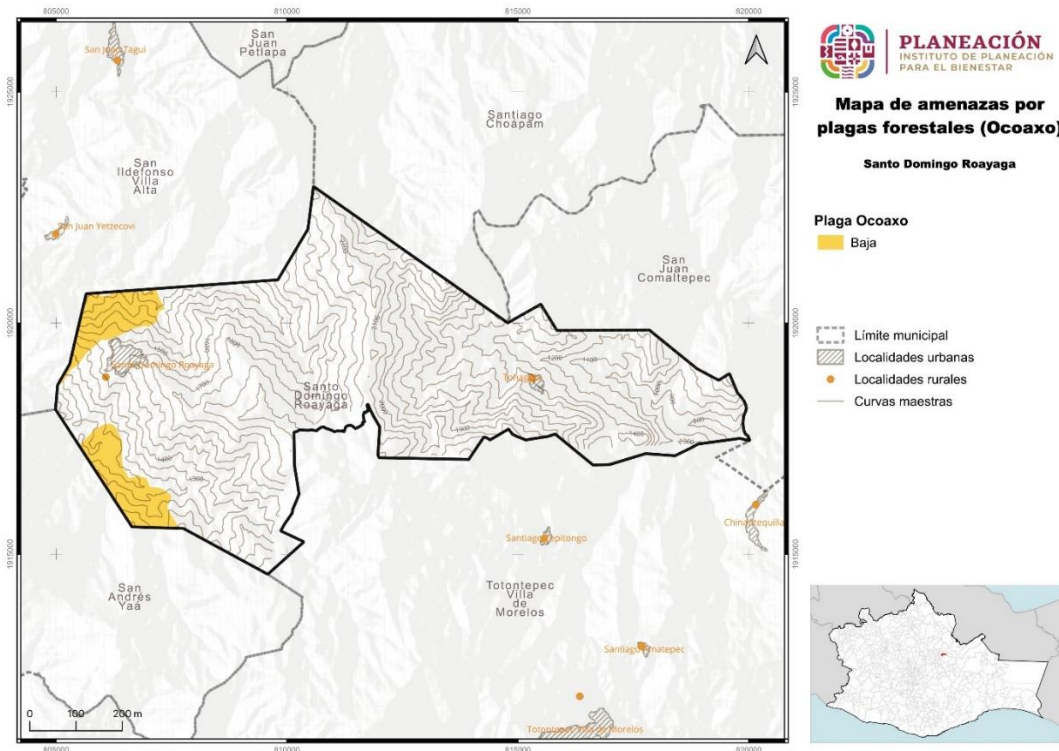
En el mapa previo se puede apreciar que la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguía están exentas de esta amenaza de plaga Euwallacea, sin embargo, presenta un grado **Medio y Baja** en la zona de bosque del territorio municipal.

V.4.2.2.8 Amenaza por plagas Ocoaxo.

El complejo Ocoaxo de los pinos está integrado por 3 especies (*O. assimilis*, *O. cardonai*, *O. varians*) que se alimentan de la savia 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.

Con respecto a la plaga Ocoaxo tiene una amenaza **Baja** que afecta al 100%, lo que pone en riesgo a aproximadamente a 371 hectáreas del municipio, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 123. Amenaza por plagas forestales (Ocoaxo)



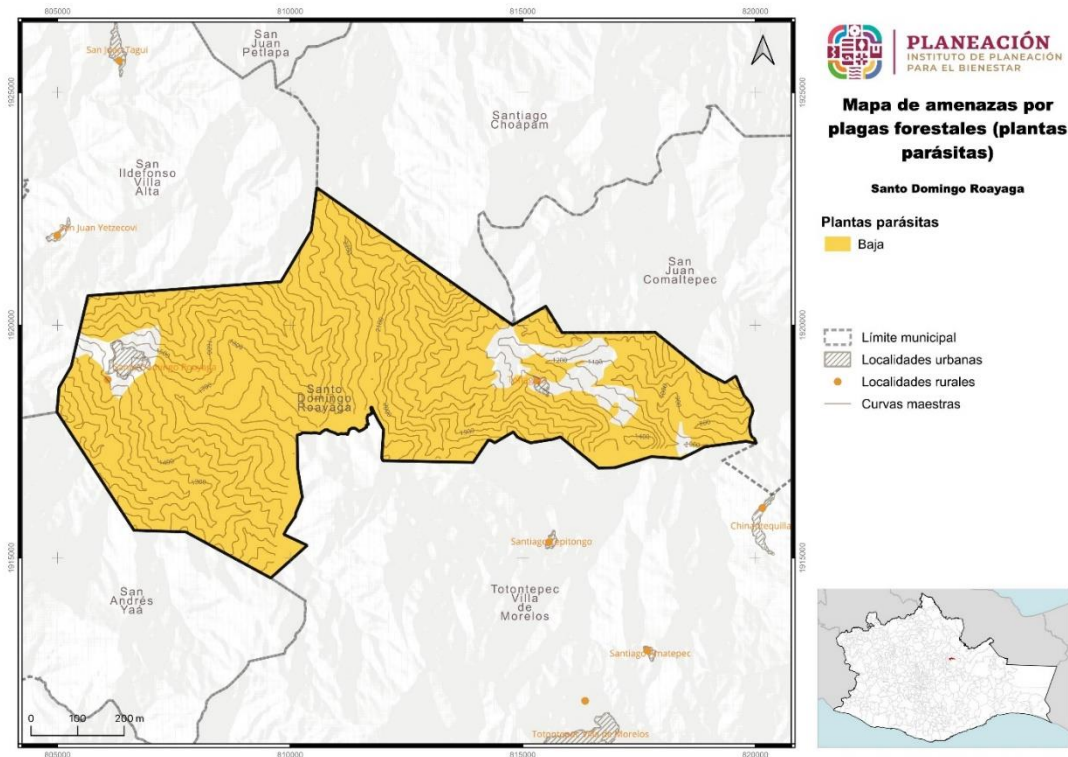
En el mapa previo se puede apreciar que la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguía están exentas de esta amenaza de plaga Ocoaxo, sin embargo, presenta un grado **Bajo** en la zona de bosque del territorio municipal.

V.4.2.2.9 Amenaza por plagas plantas parásitas.

Las plantas parásitas son plantas que han modificado su raíz para penetrar en los tejidos de los árboles y obtener de ellos sus nutrimentos, agua y compuestos orgánicos; causando su debilitamiento y susceptibilidad al ataque de otras plagas, o hasta su muerte.

Con respecto a la plaga por amenazas por plantas parásitas tiene un grado **Bajo** que afecta al 100%, lo que pone en riesgo a aproximadamente a 5199.1 hectáreas del municipio, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 124. Amenaza por plagas plantas parásitas



En el mapa previo se puede apreciar que la zona urbana de la cabecera municipal y Tonaguía están exentas de esta amenaza de plantas parásitas, se presenta con un grado **Bajo** en la zona de bosque del territorio municipal.

V.4.2.2.10 Amenaza por plagas enfermedades de cultivos.

Una enfermedad en una planta producida por un agente patógeno (hongo, bacteria o virus) da lugar a una alteración que afecta a la síntesis y la utilización de los nutrientes, repercutiendo así en un cambio de apariencia de ésta y/o una menor producción y de menor calidad que si la planta estuviera sana.

Entre las plagas más nocivas para los agricultores, se destacan: el pulgón amarillo, la mosquita blanca, el picudo rojo, la araña roja, el escarabajo gallina ciega, la mosca de la fruta, y la larva minadora de hojas.

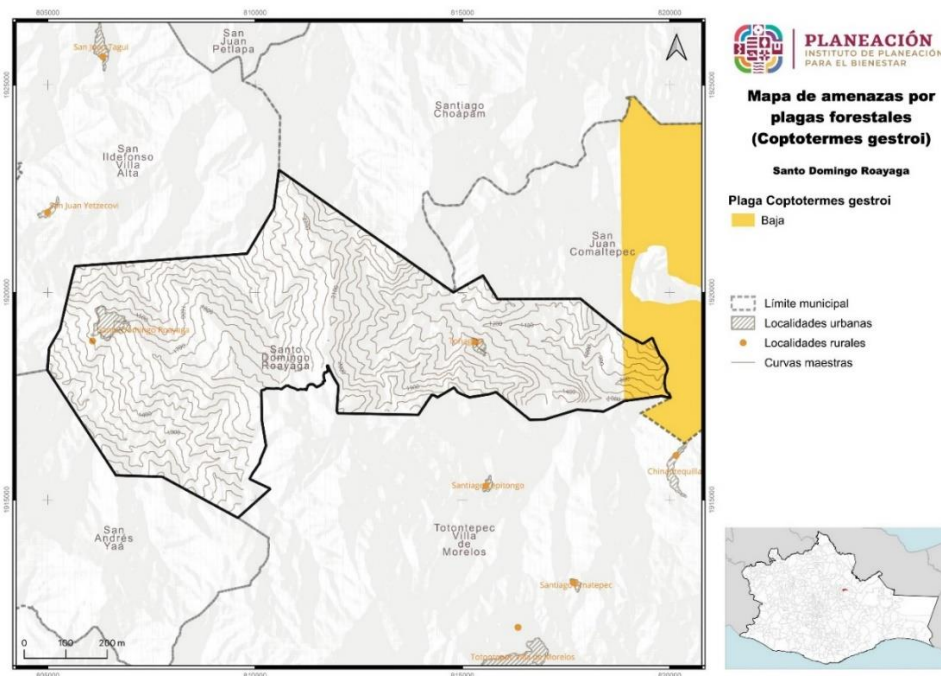
V.4.2.2.11 Amenaza por plagas *Coptotermes Gestroi*.

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. Causan daños en árboles vivos o muertos, casas, muebles, cultivos, especies forestales, museos, iglesias y áreas verdes.

El daño resultante de una infestación de *Coptotermes gestroi* puede volverse severo en un tiempo relativamente corto, especialmente cuando una estructura es invadida por una colonia grande y madura (Rudolf H. Scheffrahn y Nan-Yao Su, 2000).

Con respecto a la plaga por amenazas por *Coptotermes gestroi* tiene un grado **Bajo** que afecta al 100%, lo que pone en riesgo a aproximadamente a 135.19 hectáreas del municipio, como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 125. Amenaza por plagas forestales (*Coptotermes gestroi*)



En el mapa previo se puede apreciar que en el municipio no se presenta esta amenaza, por lo que se omite su análisis.



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, riberas 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

De acuerdo a la Coordinación Nacional de Protección Civil de México Las concentraciones masivas de población no son más que actividades específicas de diversa índole, como eventos deportivos, musicales, políticos, manifestaciones, festividades regionales y religiosas, entre otros, los cuales derivado de la falta de supervisión o por el mismo comportamiento humano, imposible de prever, pueden llegar a generar alguna contingencia, lo anterior si no se cumplen con las condiciones de seguridad necesarias para su realización.

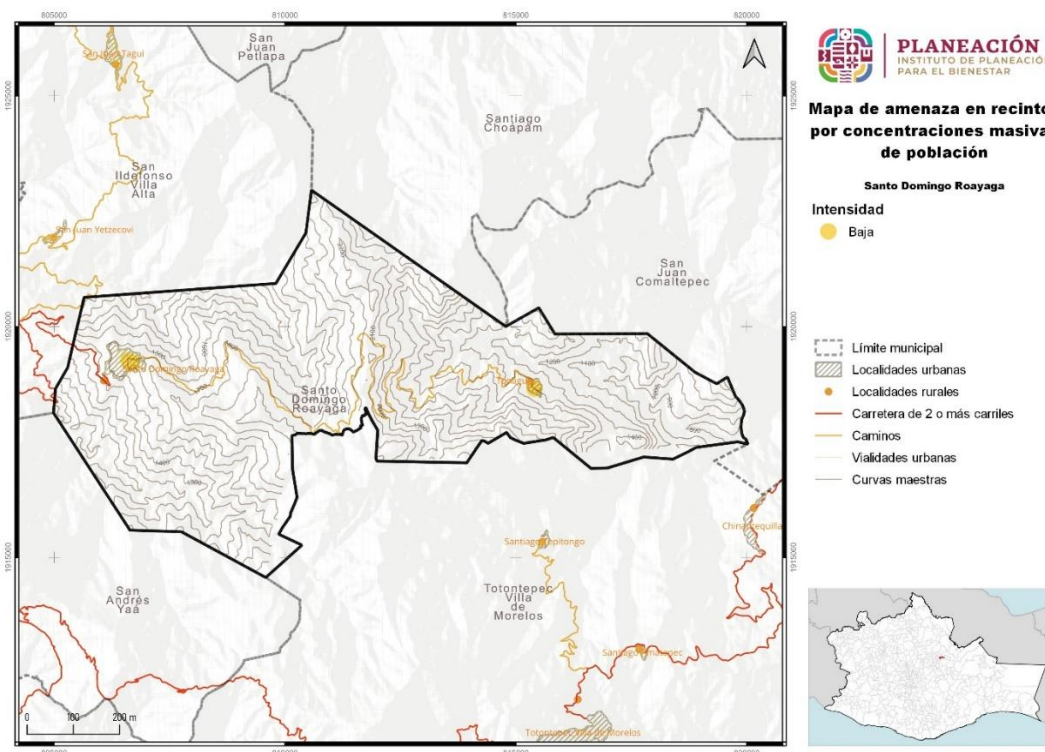
Son quizás los más representativo para los fenómenos socio-organizativos en ciudades con mayor densidad de población ya que son los que están más expuestas a este tipo de fenómenos. Sin embargo, pueden suceder en poblaciones con bajo número de habitantes, cuando en determinados eventos se congrega una cantidad de personas más allá de lo habitual.



V.5.1.1 Amenaza en recintos por concentraciones masivas de población

La amenaza en recintos por concentraciones masivas de población se presenta en la zona urbana con 4 localidades rurales por categoría en el municipio de Santo Domingo Roayaga como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 126. Amenaza en recintos por concentraciones masivas de población



V.5.2 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica

De acuerdo con la Coordinación Nacional de Protección Civil de México, los servicios básicos son los que se necesitan para vivir de manera cómoda, de acuerdo con los criterios propuestos por la Comisión Nacional de Vivienda (Conavi) el agua, el drenaje y el combustible. Así, 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”.

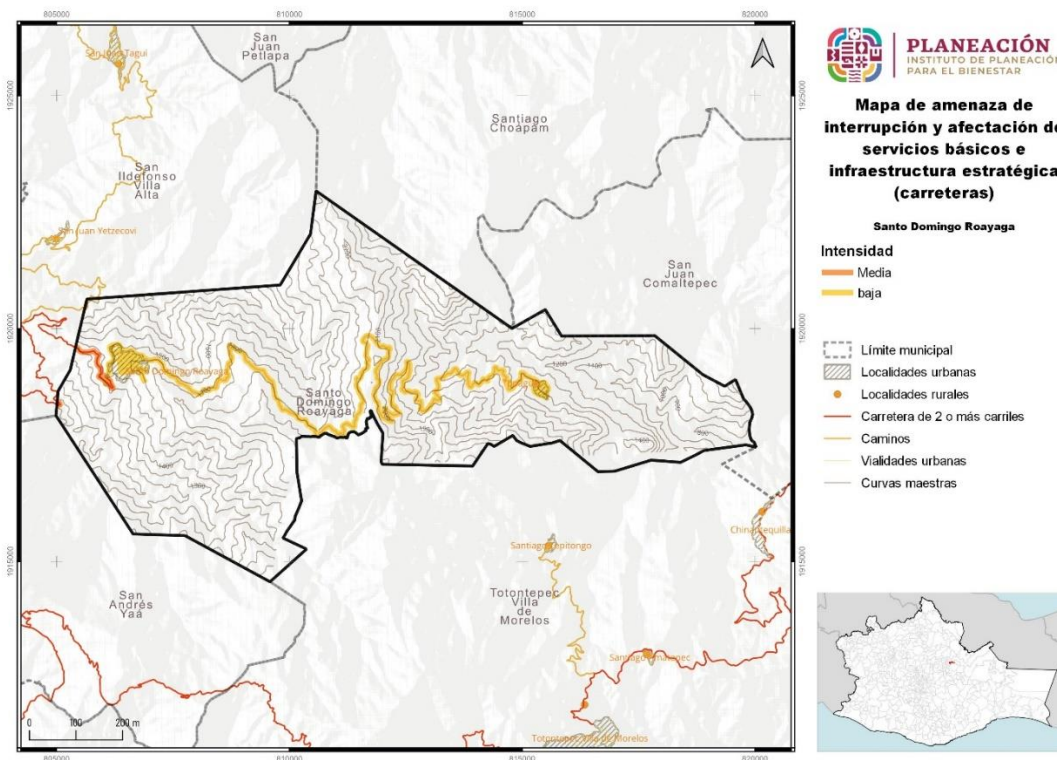


Por otra parte, la Ley General del Sistema Nacional de Seguridad Pública en su artículo 146 dice: Se consideran instalaciones estratégicas, a los espacios, inmuebles, construcciones, muebles, equipo y demás bienes, destinados al funcionamiento, mantenimiento y operación de las actividades consideradas 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 afectación a carreteras

En el mapa podemos observar las afectaciones en carreteras, las líneas de color anaranjado muestran las de media intensidad y amarillo mostrando la intensidad baja. También se observa el límite municipal, localidades urbanas, localidades urbanas, carreteras, caminos, vialidades y curvas con una intensidad de afectación **Media** con una extensión de 2.01 Km, y para una afectación **Baja**, una extensión de 29.33 Km, como se muestra el mapa correspondiente.

Mapa 127. Intensidad de afectación en carreteras





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:



Etapas 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 52. 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 activa (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 53. Tabla. 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	



Rubro	Indicador		Valor asignado	Promedio
	12. Déficit de vivienda	DV	SD	
Empleo e ingresos	13. Porcentaje de población económicamente activa (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	
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 54. Tabla. 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	



Rubro	Indicador		Condición de vulnerabilidad	Valor asignado	Promedio
	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 activa (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
	17. Porcentaje de población indígena	%PI	Predominantemente no indígena	0	
	18. Dispersión poblacional			1	
Clasificación final					0.33

Fuente: INEGI 2015, INEGI 2017

V.6.1 Vulnerabilidad Social del Municipio

La vulnerabilidad social es el resultado de las desigualdades que enfrenta la población para acceder a oportunidades que brindan el mercado, el Estado y la sociedad, y de la falta de entornos equitativos que permiten aprovecharlas para poder potencializar su desarrollo.

Así como también de la incapacidad de las localidades urbanas y rurales de un municipio para resistir, afrontar y recuperarse de desastres, crisis económicas o sociales, u algunas otras emergencias. Esta vulnerabilidad se ve influida por diversos factores como la economía, el acceso a servicios de salud, educación, calidad de vivienda e infraestructura, cohesión social, así como del acceso a la información.

El objetivo principal de este apartado es identificar las características de la población susceptible de sufrir daño, en su persona o bienes que posea, a consecuencia de algún fenómeno natural.

La estimación de la vulnerabilidad asociada a desastres se analiza en tres partes; **la primera** permitirá una aproximación al grado de vulnerabilidad de la población con base en sus condiciones sociales y económicas, la cual proporcionará un parámetro para medir las posibilidades de organización y recuperación después de un desastre. **La segunda** parte de la metodología permitirá conocer la capacidad de prevención y respuesta de los órganos responsables de llevar a cabo las tareas de atención a la emergencia y rehabilitación. **La tercera**, se enfocará a la percepción local del riesgo

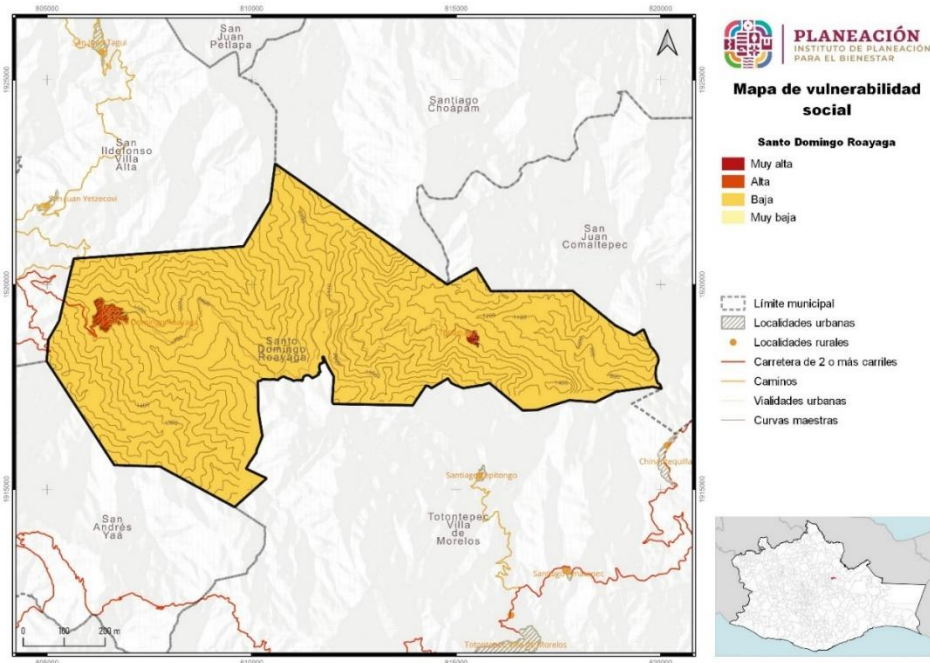
que se tenga en el municipio, lo que permitirá planear estrategias y planes de prevención.

Salud. Uno de los principales indicadores de desarrollo se refleja en las condiciones de salud de la población, es por eso necesario conocer la accesibilidad que ésta tiene a los servicios básicos de salud, así como la capacidad de atención de estos. La insuficiencia de servicios de salud reflejará directamente parte de la vulnerabilidad de la población. Este punto presenta tres indicadores: Médicos por cada 1,000 habitantes, Tasa de mortalidad infantil y Porcentaje de la población no derechohabiente.

Educación. Las características educativas influirán directamente en la adopción de actitudes y conductas preventivas y de autoprotección de la población, asimismo, pueden mejorar sus conocimientos sobre fenómenos y riesgos. Es un derecho fundamental de todo individuo el tener acceso a la educación y es una herramienta que influirá en los niveles de bienestar del individuo. Se consideran 3 indicadores que proporcionarán un panorama general del nivel educativo en cada región, el porcentaje de analfabetismo, el porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela y el grado promedio de escolaridad.

En la vulnerabilidad social se considera Muy Alta con un 0.14% equivalente a 8 hectáreas, Media con 0.73% equivalente a 41 hectáreas, **Baja** con 99.11% equivalente a 5584 hectáreas, **Muy Baja** con 0.02% equivalente a 1 hectáreas, como se muestra en el mapa correspondiente.

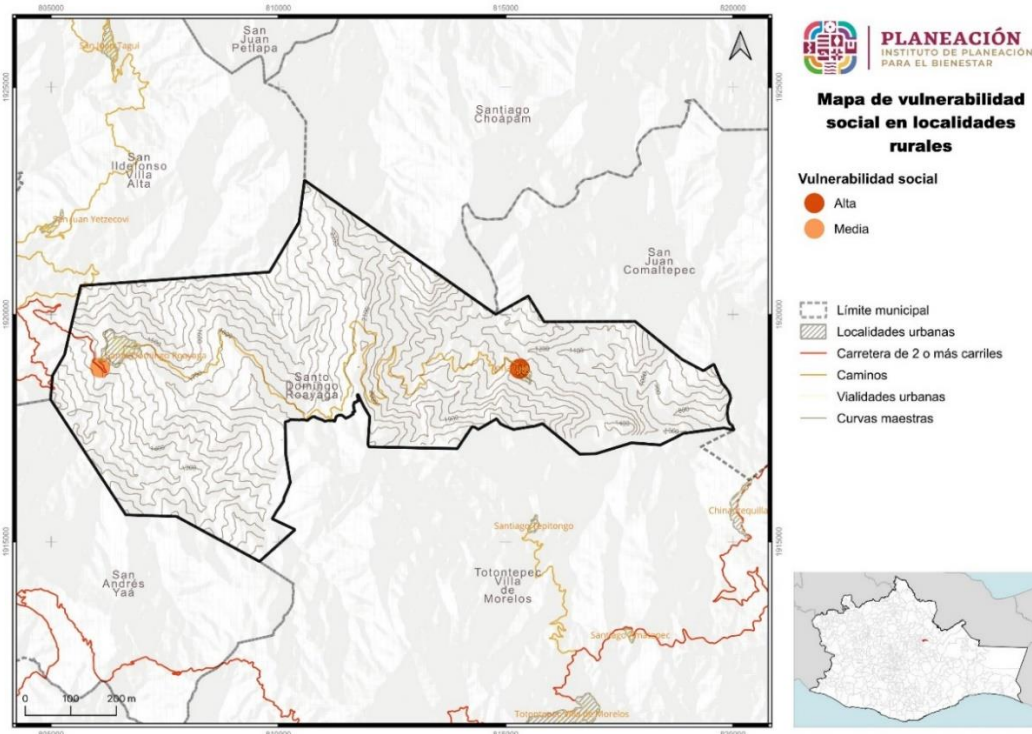
Mapa 128. Mapa vulnerabilidad social



En la vulnerabilidad social en localidades urbana y rurales se considera Muy **Alta** con 1 localidades por categoría, como se muestra en el mapa correspondiente.

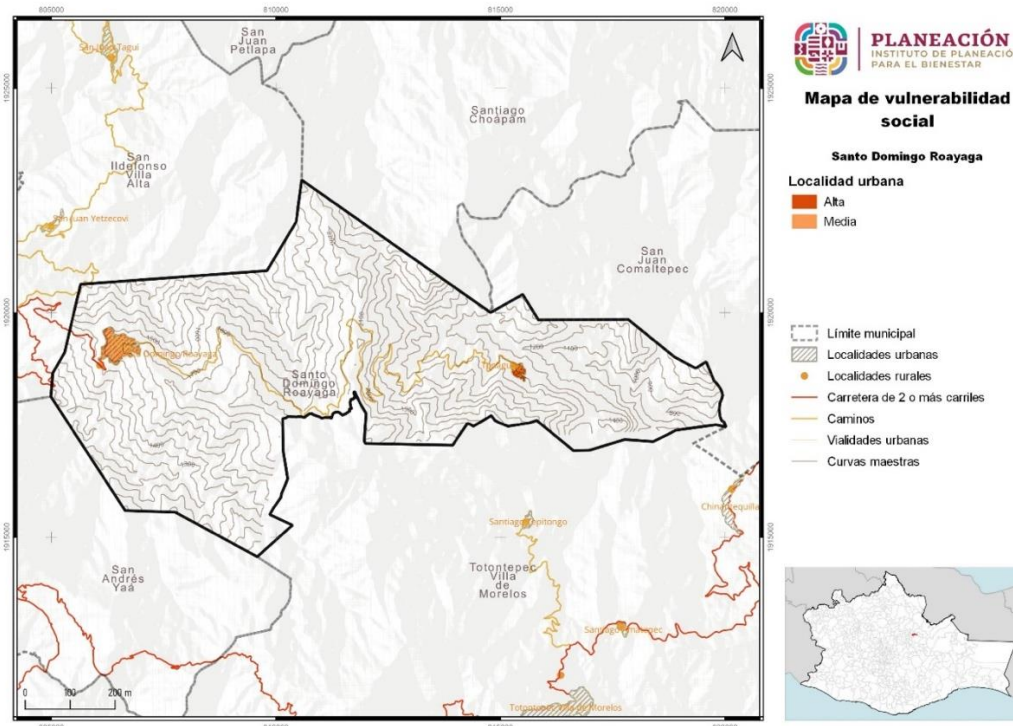
Los impactos en los espacios rurales se relacionan con la disponibilidad y el suministro de agua, la seguridad alimentaria y los ingresos agrícolas, especialmente en relación con cambios de las zonas de producción de cultivos alimentarios y no alimentarios (IPCC, 2014).

Mapa 129. Mapa vulnerabilidad social localidades rurales



La vulnerabilidad social en localidades urbanas se considera Alta en 17.42% (8.41 hectáreas); **Media** con 82.58% (39.86 Hectáreas), como se muestra en el mapa correspondiente.

Mapa 130. Vulnerabilidad social localidades Urbanas



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 55. Rangos para asignar a cada categoría de exposición en el municipio

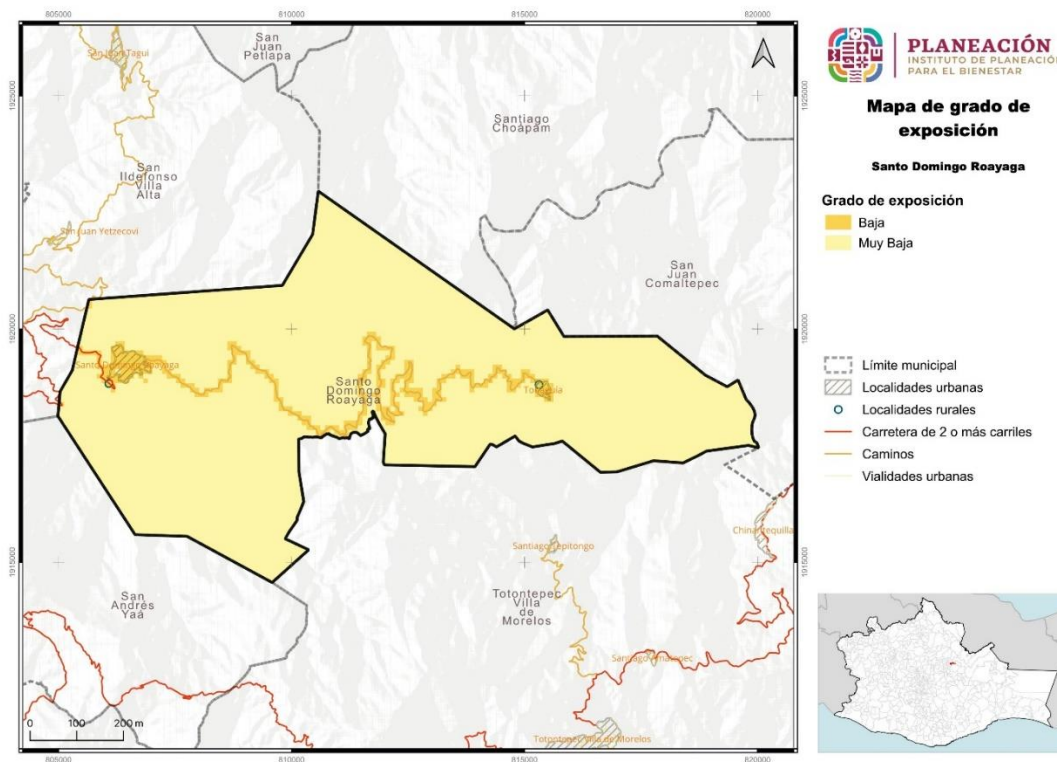
Exposición		Equipamiento	Establecimientos Comerciales	Vías de Comunicación (metros)
Cualitativo	Cuantitativo			
Muy baja	1	0 – 1	0 – 2	0 – 50
Baja	2	1 – 2	2 – 3	50 – 100
Media	3	2 – 3	3 – 4	100 – 150
Alta	4	3 – 5	4 – 5	150 – 200
Muy alta	5	Mayor a 5	Mayor a 6	Mayor a 200

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 6.29%, afecta aproximadamente de superficie municipal en 354.61 hectáreas. Por otro lado, el riesgo categorizado **Muy Bajo**, afecta al 93.71% aproximadamente de la superficie del municipio lo que quiere decir que cerca de 5279.27 hectáreas son las que se ven afectadas del territorio municipal, como se presenta en el mapa correspondiente.



Mapa 131. Grado de exposición





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 1. Resultados para la estimación del riesgo

Peligro	Riesgo										
	Muy alto 5	10	15	20	25	30	35	40	45	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	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Muy bajo	Bajo		Medio		Alto		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 2. 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	
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).

Para el municipio de Santo Domingo Roayaga las afectaciones a la población por este tipo de mecanismos se han presentado principalmente hacia la parte este y suroeste del municipio, afectando el camino que conecta a la agencia municipal de Tonaguía.

Se realizaron las proyecciones correspondientes al riesgo por deslizamiento para el municipio. A continuación se indican, por cada periodo de retorno (PR) los niveles de



riesgo obtenidos, el porcentaje y la correspondiente superficie en que puede presentarse.

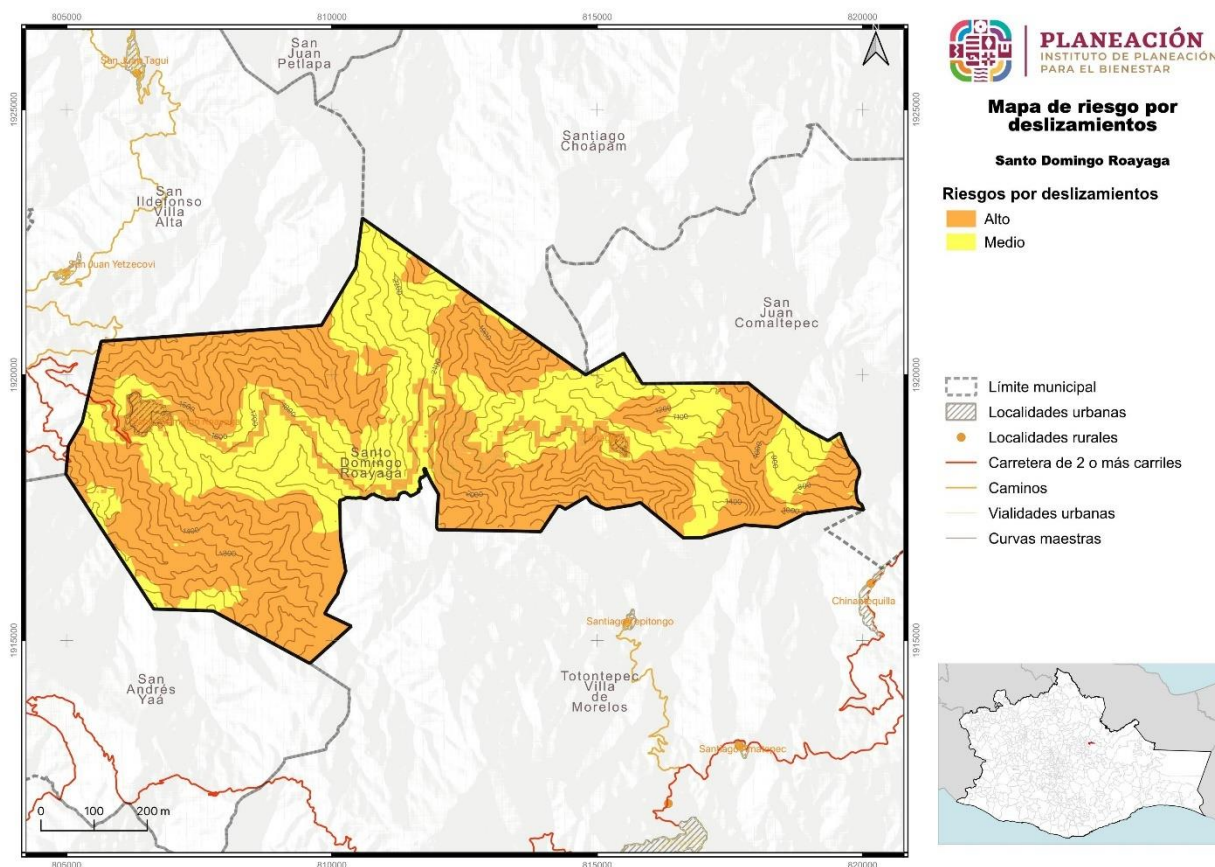
V.8.1.1 Riesgo por deslizamientos

En lo relativo al riesgo por deslizamientos la mayor parte del territorio municipal tiene un nivel alto con 3,582.09 has. que representan el 63.58% ubicándose principalmente al norte y sur de cada una de sus localidades (Santo Domingo Roayaga y Tonaguía). Las zonas con nivel de riesgo medio acumulan el 36.42% del territorio y se ubican principalmente en la parte central de oeste a este.

Tabla 3. Riesgo por deslizamientos en el municipio

Riesgo por deslizamientos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	3582.09	63.58
Medio	2051.79	36.42

Mapa 132. Riesgo por deslizamientos en el municipio





V.8.1.2 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años

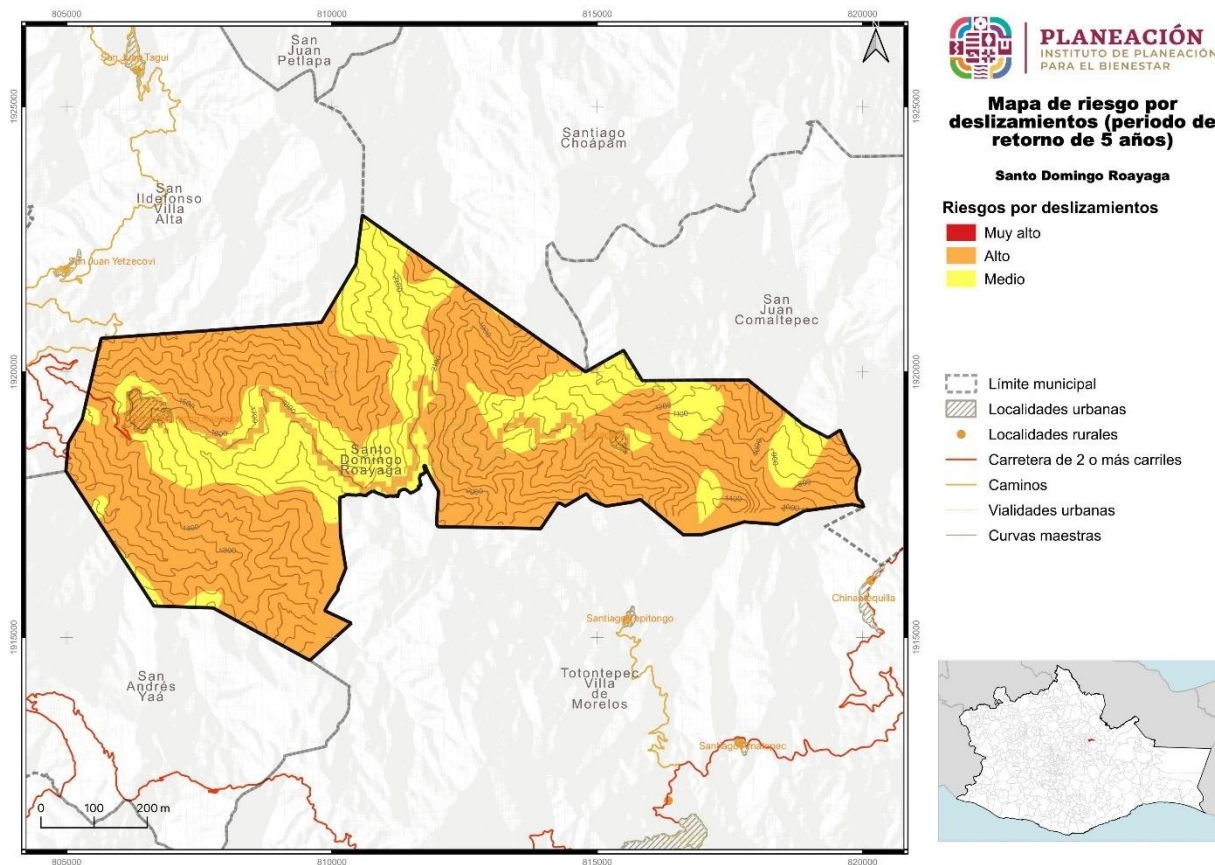
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de deslizamientos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por deslizamientos muestra niveles de muy alto en apenas 0.14 has. y aunque es mayor la parte del territorio municipal que tiene nivel de riesgo alto con el 71.99%, el área con nivel de riesgo medio es de 28%, que representan 1,577.67 has.; en el nivel de riesgo alto se localizan las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, la carreteras que conectan a la cabecera municipal y a la agencia Tonaguía, además de cubrir los extremos noreste, noroeste, sudoeste y sudeste del territorio municipal, en el resto del municipio se estima la presencia del riesgo medio.

Tabla 4. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años

Riesgo por deslizamientos (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	0.14	0
Alto	4056.05	71.99
Medio	1577.67	28

Mapa 133. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años



V.8.1.3 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años

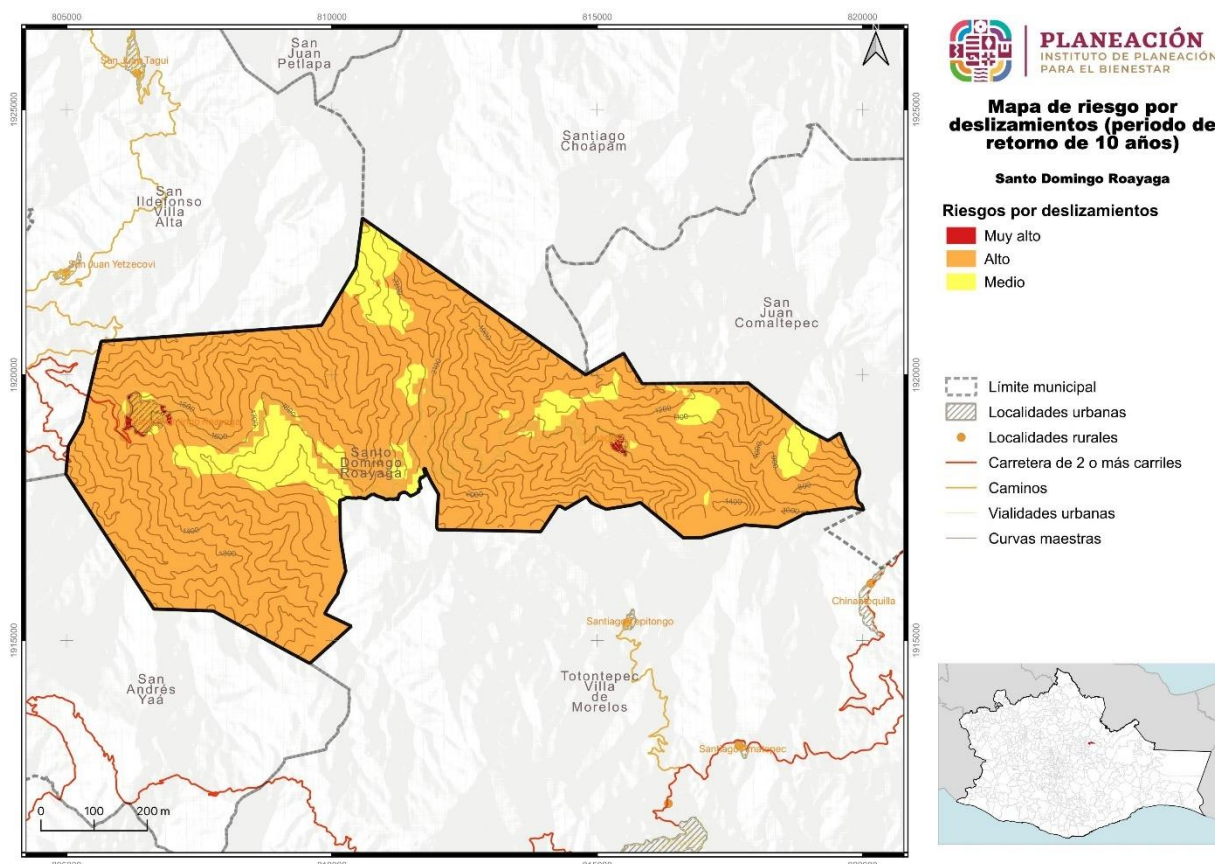
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de deslizamientos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por deslizamientos muestra niveles de muy alto en 14.3 has. en áreas muy cercanas a las poblaciones de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. En esta estimación es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo alto, ya que es de 4,999.93 has. que representan el 88.75% que se localiza en la mayor parte del territorio municipal, exceptuando las áreas estimadas con nivel de riesgo medio que se localizan en áreas aisladas localizadas principalmente al centro, este y norte del municipio y que suman el 11% del territorio municipal.

Tabla 5. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años

Riesgo por deslizamientos (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	14.3	0.25
Alto	4999.93	88.75
Medio	619.64	11

Mapa 134. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años



V.8.1.4 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 20 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 5 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de deslizamientos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

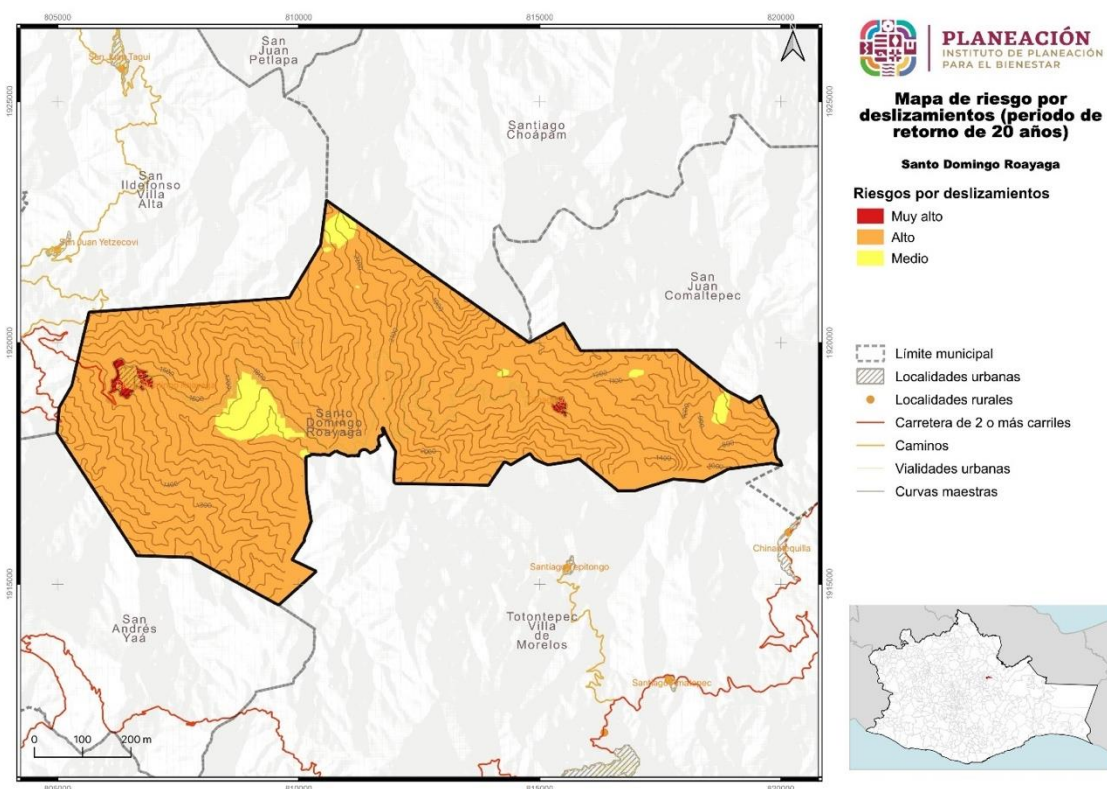
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 20 años, el riesgo por deslizamientos muestra niveles de muy alto en 30.66 has. que a pesar de que solo representan el 0.54% del territorio, se ubican a la periferia de las 2 localidades del

municipio. En esta estimación es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo alto, ya que es de 5,409.07 has. que representan 96.01% del territorio municipal por lo que abarca la mayor parte del territorio excepto las áreas con niveles de riesgo medio, mismas que suman el 3.45% y se localizan en espacios aislados al centro y norte del municipio principalmente.

Tabla 6. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años

Riesgo por deslizamientos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	30.66	0.54
Alto	5409.07	96.01
Medio	194.16	3.45

Mapa 135. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años



V.8.1.5 Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años

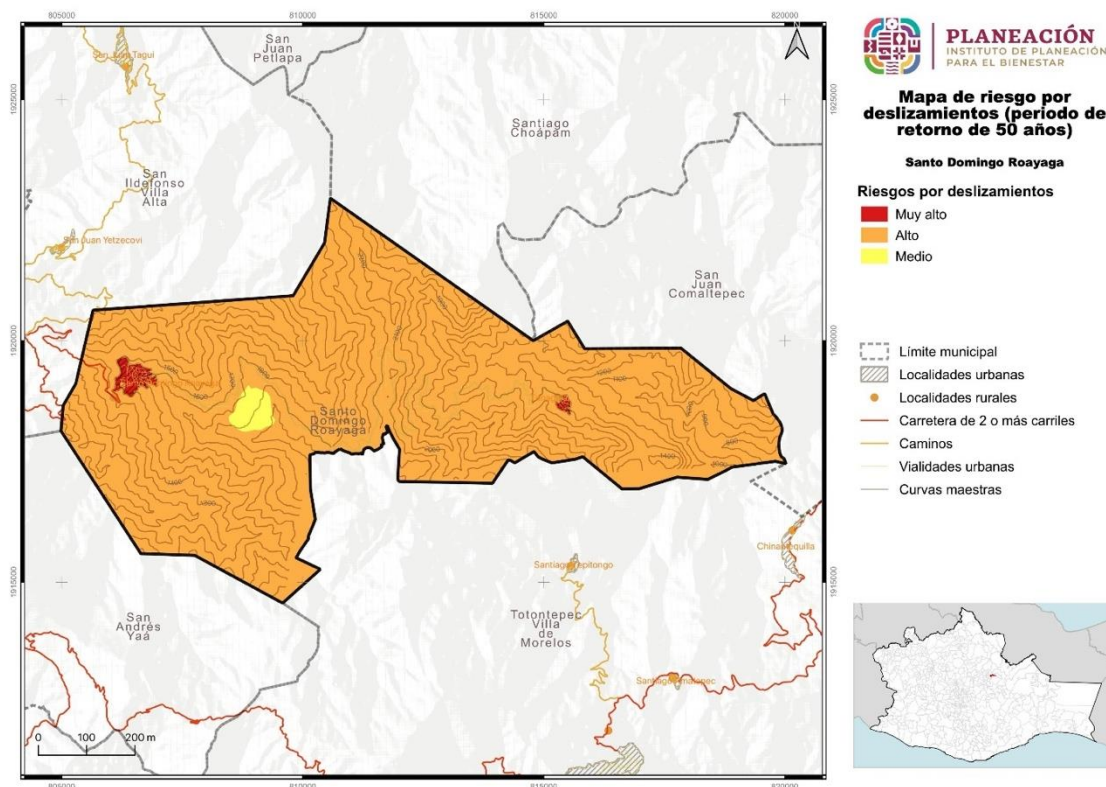
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de deslizamientos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por deslizamientos muestra niveles de muy alto en 47.28 has. que representan el 0.84% del territorio en las áreas de las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. En esta estimación es notablemente mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo alto, ya que es de 5,524.2 has. que representan el 98.05% del territorio municipal, contempla prácticamente la totalidad del territorio municipal exceptuando las zonas habitadas y un área del 1.11% del territorio al oeste de la municipalidad, que de acuerdo a esta estimación tiene un nivel de riesgo medio.

Tabla 7. 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	47.28	0.84
Alto	5524.2	98.05
Medio	62.4	1.11

Mapa 136. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años



V.8.1.6 Riesgo por derrumbes

En lo relativo al riesgo por derrumbes, 5,128.48 has. que representan el 91.03% del territorio municipal tiene un nivel alto extendiéndose por toda la demarcación incluyendo la mayor parte de las 2 localidades del municipio; le sigue en cobertura de afectación el nivel medio, que se estima en áreas aisladas ubicadas al centro oeste,

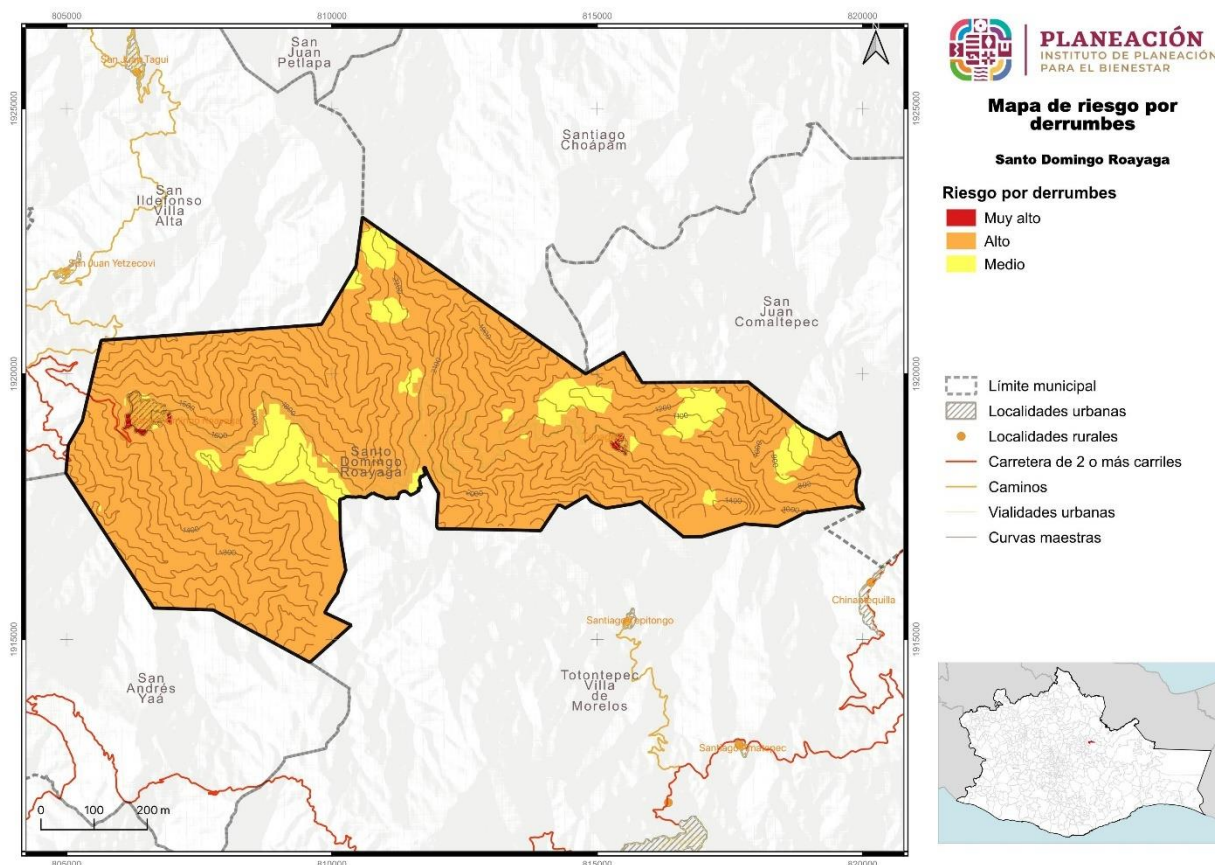


norte y este del municipio. Por último, con una cobertura que apenas llega al 0.23% del territorio, está el nivel muy alto, que sin embargo, se localiza en la periferia de las zonas habitadas, tanto de Santo Domingo Roayaga como de Tonaguía.

Tabla 8. Riesgo por derrumbes en el municipio

Riesgo por derrumbes	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	12.83	0.23
Alto	5128.48	91.03
Medio	492.55	8.74

Mapa 137. Riesgo por derrumbes en el municipio



V.8.1.7 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de derrumbes que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

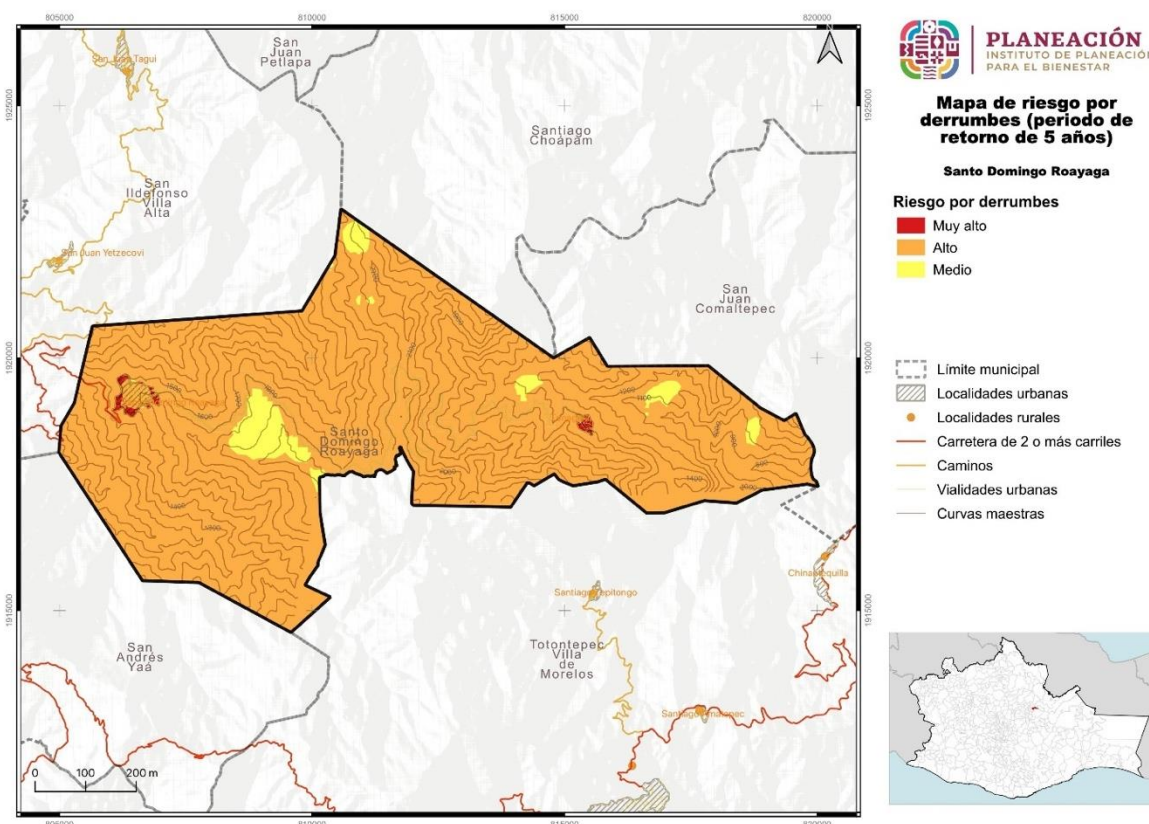
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por derrumbes muestra niveles de muy alto en 21.95 has. que a pesar de que solo representan el 0.39% del territorio se ubican en más de la mitad de la periferia

urbanizada de Santo Domingo Roayaga y en poco más de la mitad de la localidad de Tonaguía. En esta estimación es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo alto, ya que es de 5,396.58 has. que representan el 95.79% y se estima en áreas urbanizadas de ambas localidades y se extiende por todo el territorio municipal; por último, la proporción del territorio con nivel de riesgo medio es de 3.82% y se localiza en áreas al centro oeste, norte y este de la demarcación.

Tabla 9. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años

Riesgo por derrumbes (PR 5 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	21.95	0.39
Alto	5396.58	95.79
Medio	215.34	3.82

Mapa 138. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años



V.8.1.8 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años

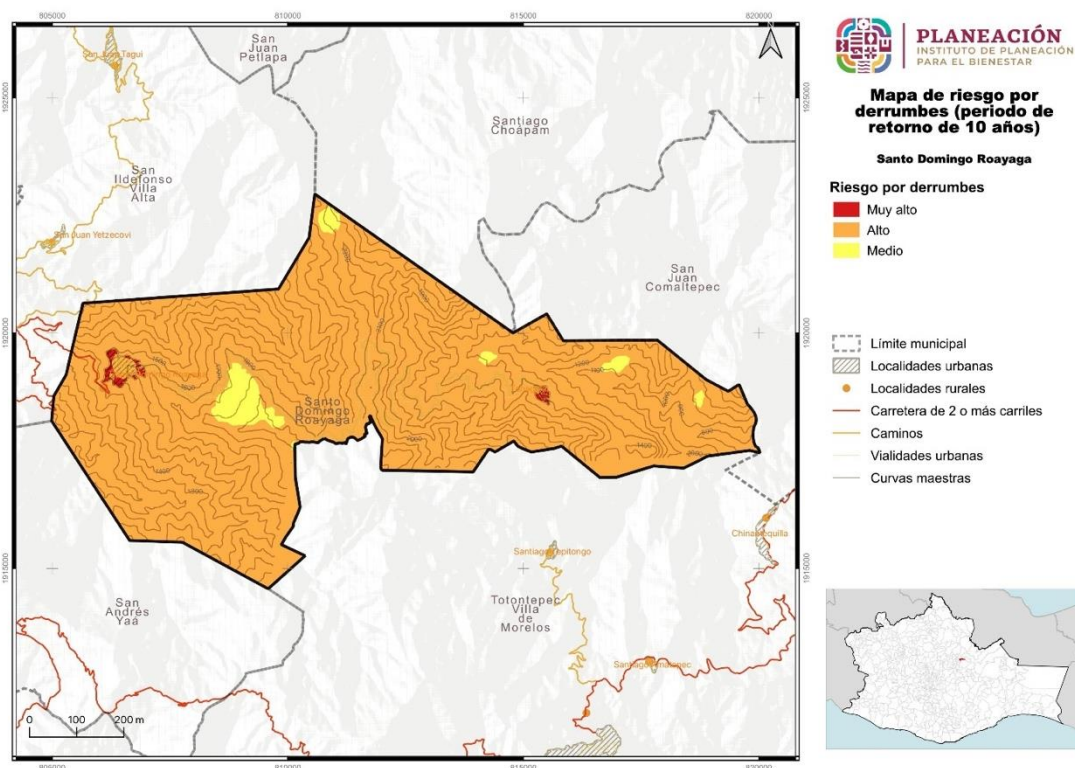
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de derrumbes que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por derrumbes muestra niveles de muy alto en 27.45 has. en áreas que se localizan en más de la mitad de la periferia urbanizada de Santo Domingo Roayaga y en poco más de la mitad de la localidad de Tonaguía. En esta estimación también es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo alto, ya que es de 5,449.39 has. que representan el 96.73% y se distribuyen en la mayor parte del territorio municipal incluyendo la zona habitada de la cabecera municipal y alrededor de la mitad de la localidad de Tonaguía; por último, la proporción del territorio con nivel de riesgo medio es de 2.79% y se ubica en un área al centro oeste y pequeñas áreas al norte y este de la demarcación.

Tabla 10. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años

Riesgo por derrumbes (PR 10 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	27.45	0.49
Alto	5449.39	96.73
Medio	157.03	2.79

Mapa 139. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años



V.8.1.9 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 20 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 5 veces en un siglo en los niveles de riesgo que



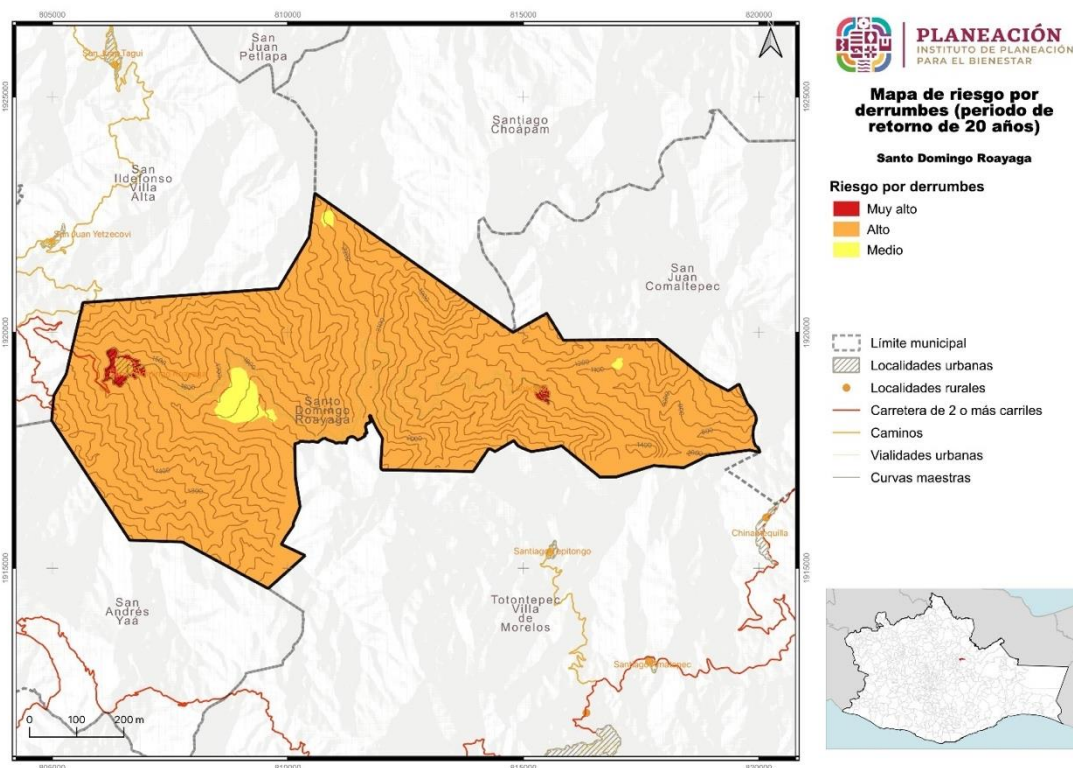
se indican, a consecuencia de derrumbes que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 20 años, el riesgo por derrumbes muestra niveles de muy alto en 35.28 has. que representan el 0.63% de su territorio y se estima en áreas que se localizan en la periferia urbanizada de Santo Domingo Roayaga y en poco más de la mitad de la localidad de Tonaguía. En esta estimación es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo alto, ya que es de 5,503.32 has. que representan el 97.68% por lo que se distribuye en la mayor parte del territorio municipal incluyendo las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía; la proporción del territorio con nivel de riesgo medio es de 1.69% y se ubica en un área al centro oeste y pequeñas áreas al norte y este de la demarcación.

Tabla 11. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años

Riesgo por derrumbes (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	35.28	0.63
Alto	5503.32	97.68
Medio	95.27	1.69

Mapa 140. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años





V.8.1.8 Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de derrumbes que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por derrumbes muestra niveles de muy alto en 46.76 has. que representan el 0.83% de su territorio. Se estima se presente en áreas que se localizan en la periferia urbanizada de Santo Domingo Roayaga y en la localidad de Tonaguía.

En esta estimación, al igual que todas las estimaciones son diferentes periodos de retorno, es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo alto, ya que es de 5,534.43 has. que representan el 98.23% por lo que se distribuye en prácticamente todo el territorio municipal incluyendo las zonas habitadas de la cabecera municipal y una parte de la localidad de Tonaguía; la proporción del territorio con nivel de riesgo medio es de 0.94% y se ubica en un área al centro oeste de la demarcación.

Mapa 141. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años

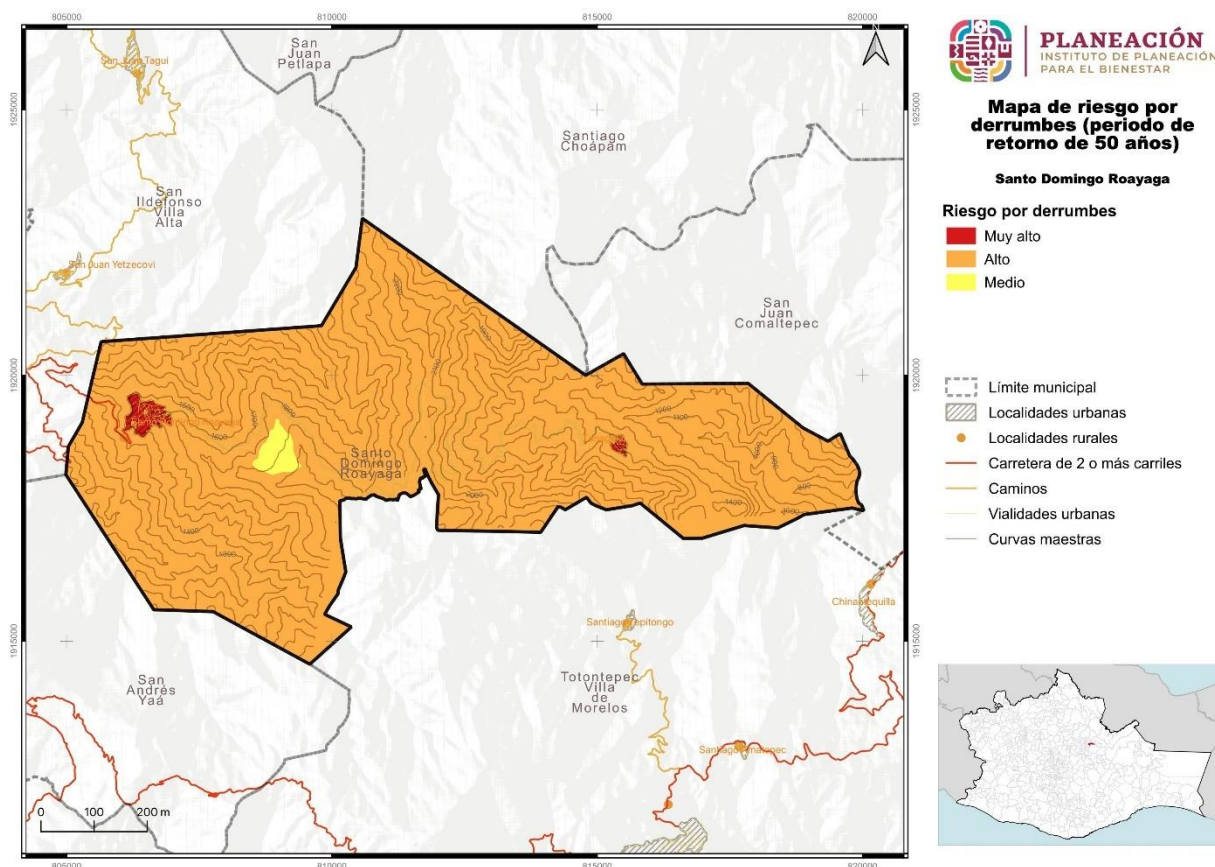




Tabla 12. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años

Riesgo por derrumbes (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	46.76	0.83
Alto	5534.43	98.23
Medio	52.7	0.94

V.8.1.9 Riesgo por caída de detritos

En lo relativo al riesgo por caída de detritos, el nivel de riesgo medio es el que tiene mayor presencia en el territorio municipal, ya que se presenta en 4,893.67 has. que representan el 86.86% del territorio municipal y se distribuye en la totalidad del mismo exceptuando algunas áreas aisladas en la mitad sur del territorio, en cobertura le sigue el nivel de riesgo alto que se estima se presente en el 12.35% del territorio municipal impactando principalmente en las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía además de las carreteras que conducen a ellas y en áreas aisladas entre el sur y el este del municipio; por último el nivel de riesgo bajo que cubre únicamente el 0.79% del territorio de Santo Domingo Roayaga se ubica en zonas aisladas localizadas al centro oeste y norte de la demarcación.

Mapa 142. Riesgo por caída de detritos en el municipio

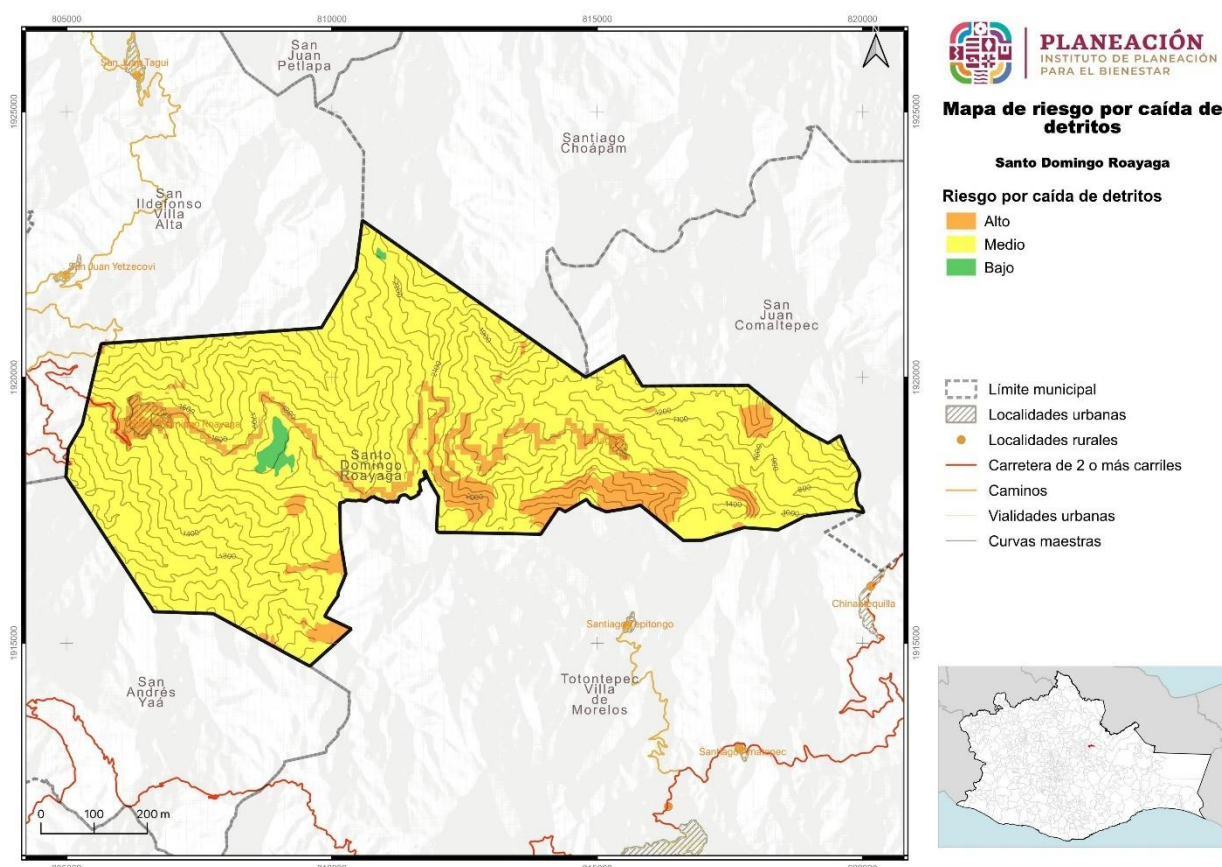




Tabla 13. Riesgo por caída de detritos en el municipio

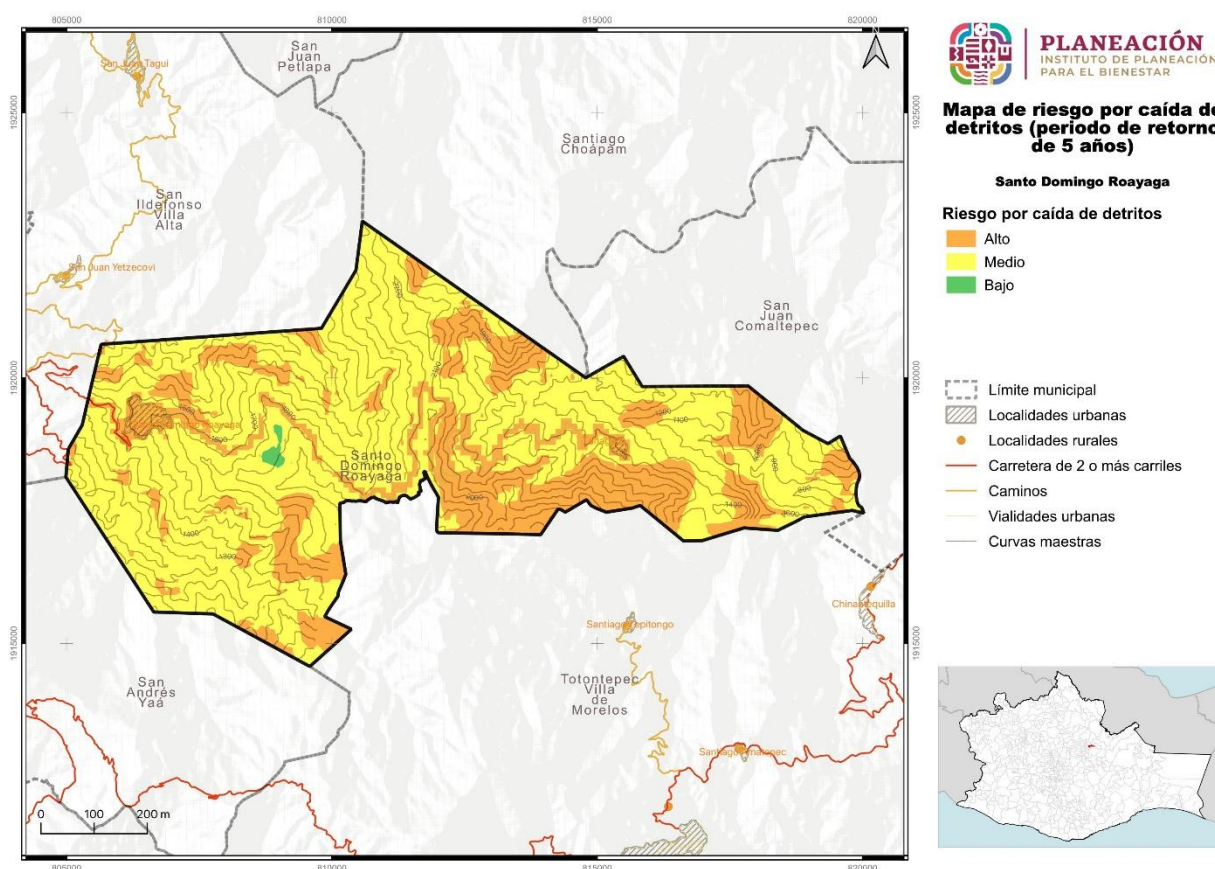
Riesgo por caída de detritos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	695.89	12.35
Medio	4893.67	86.86
Bajo	44.26	0.79

V.8.1.10 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de caída de detritos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por caída de detritos muestra niveles de alto en 1,742.4 has. (30.93% del territorio) que se estima en áreas aisladas de la demarcación resaltando las áreas habitadas, las carreteras y las áreas de mayor extensión en la mitad este de la demarcación; Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años

Mapa 143. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años





En esta estimación es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo medio, ya que es de 3,874.63 has. que representan el 68.77% distribuidas en todo el territorio municipal. Adicionalmente se tienen áreas que se estiman con un nivel de riesgo bajo, que representan escasamente el 0.3% del territorio y se localizan principalmente al centro oeste del municipio.

Tabla 14. 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	1742.4	30.93
Medio	3874.63	68.77
Bajo	16.83	0.3

V.8.1.11 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de caída de detritos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

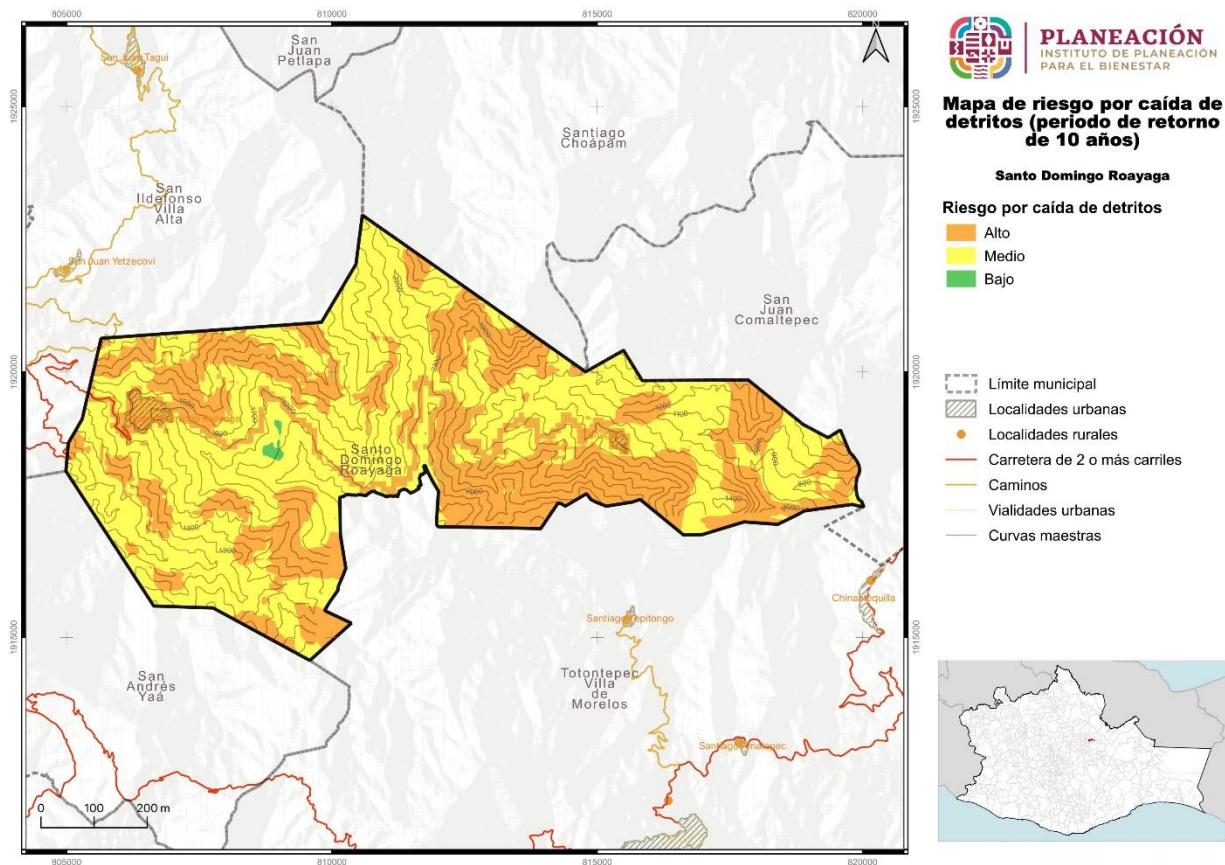
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por caída de detritos muestra niveles de alto en 2,432.24 has. (43.17% del territorio) que se estima en áreas aisladas de la demarcación resaltando las áreas habitadas, las carreteras y las áreas de mayor extensión en la mitad este de la demarcación;

En esta estimación, aunque en menor medida, sigue siendo mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo medio, ya que es de 3,189.59 has. que representan el 53.61% distribuidas en todo el territorio municipal. Adicionalmente se tienen áreas que se estiman con un nivel de riesgo bajo, que representan escasamente el 0.21% del territorio y se localizan en pequeñas áreas aisladas principalmente al centro oeste del municipio.

Tabla 15. 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	2432.24	43.17
Medio	3189.59	56.61
Bajo	12.01	0.21

Mapa 144. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años



V.8.1.12 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 20 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 5 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de caída de detritos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

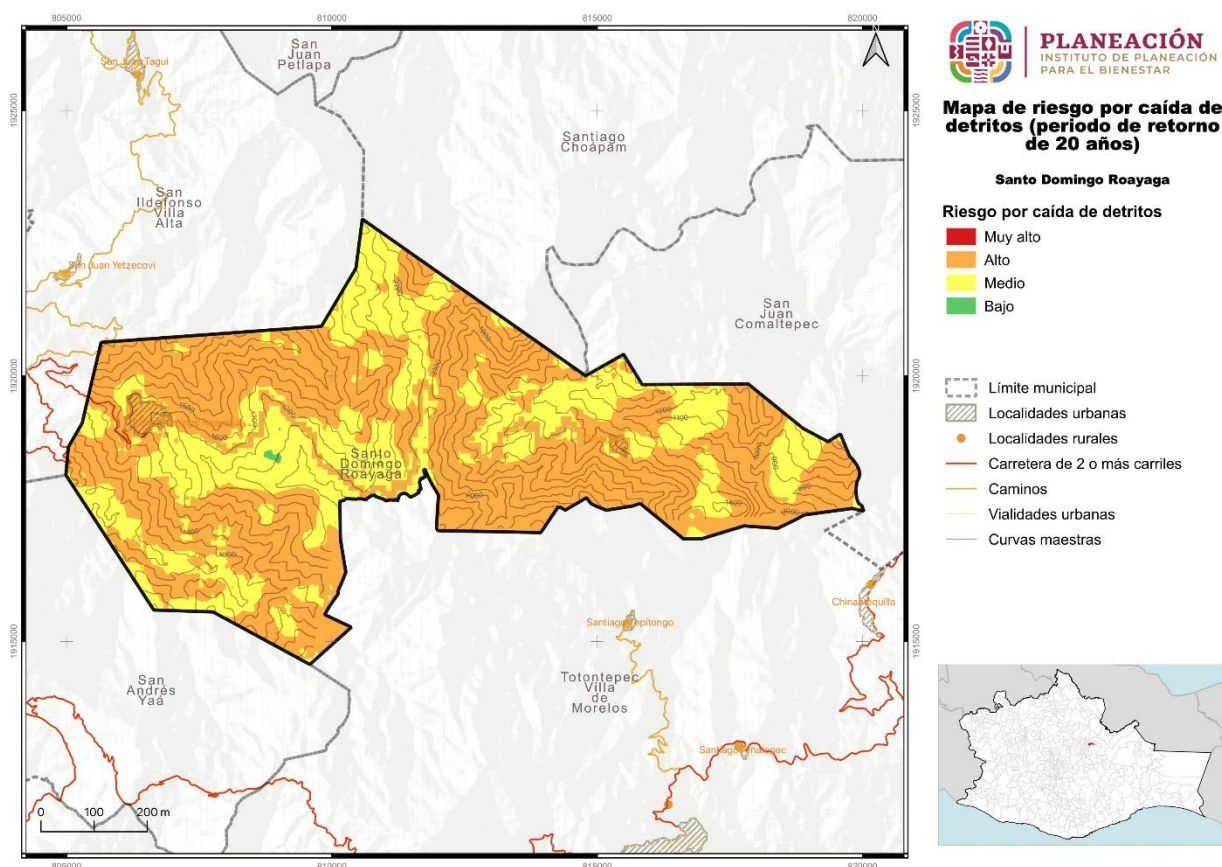
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 20 años, el riesgo por caída de detritos muestra niveles de muy alto en 0.43 has. que se localizan en la parte sur de la cabecera municipal; para el caso del nivel alto, se estima pueda afectar a 3,706.88 has. que representan el 65.8% del territorio localizándose en áreas que se extienden en toda la demarcación municipal, resaltando las áreas urbanizadas y sus carreteras de acceso de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. Con nivel de riesgo medio, se estima una extensión de 1,921.69 que representan el 34.11% localizándose principalmente en la parte central de este a oeste y en la parte norte del municipio. Adicionalmente se tiene un área que se estima con un nivel de riesgo bajo y que

representa menos del 1% del territorio localizándose en la parte centro oeste del municipio.

Tabla 16. 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
Muy alto	0.43	0.01
Alto	3706.88	65.8
Medio	1921.69	34.11
Bajo	4.85	0.09

Mapa 145. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años



V.8.1.13 Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de caída de detritos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

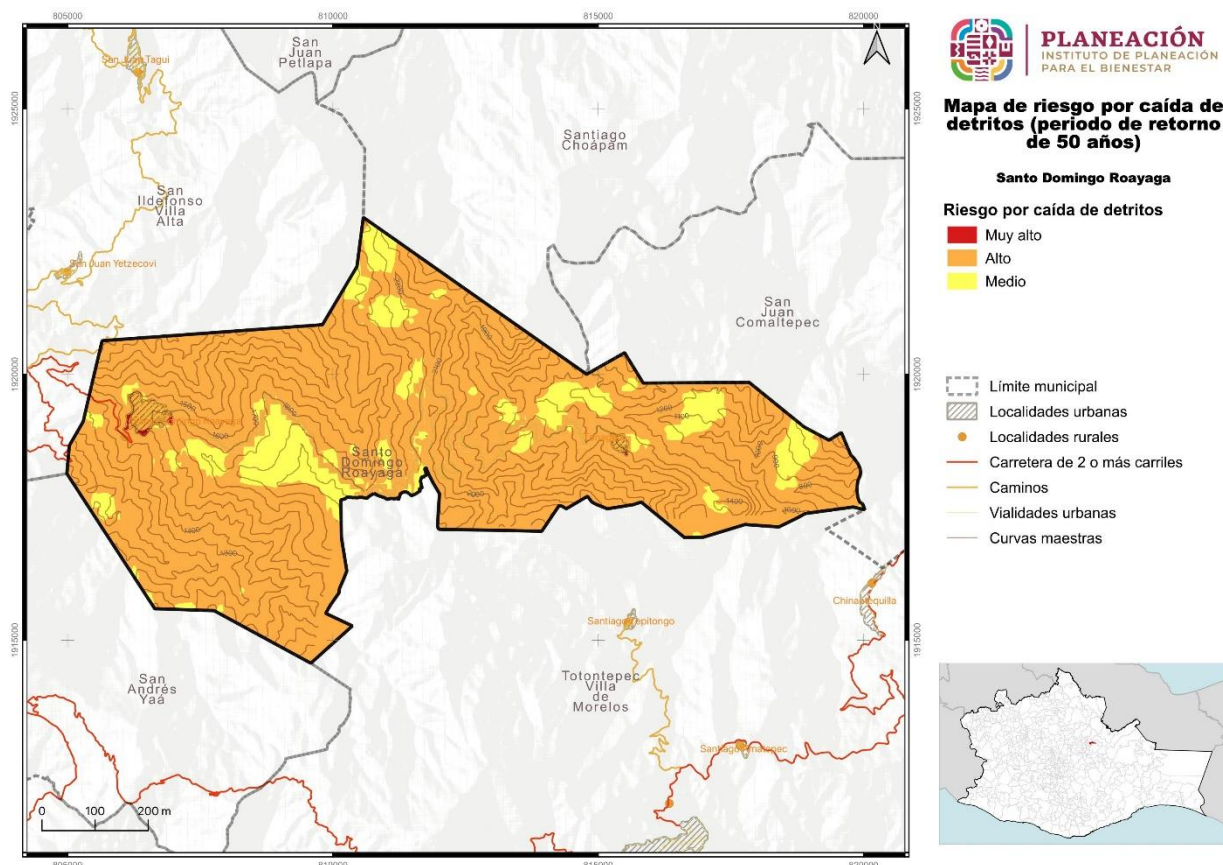


De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por caída de detritos muestra niveles de muy alto en 6.23 has. que se localizan en la parte sur de la cabecera municipal; para el caso del nivel alto, se estima pueda afectar a 4,934.85 has. que representan el 87.59% del territorio localizándose en áreas que se extienden en toda la demarcación municipal, resaltando las áreas urbanizadas de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía y sus carreteras de acceso. Con nivel de riesgo medio, se estima una extensión de 692.76 has. que representan el 12.3% localizándose principalmente en la parte centro oeste y noreste del municipio.

Tabla 17. 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
Muy alto	6.23	0.11
Alto	4934.85	87.59
Medio	692.76	12.3

Mapa 146. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años





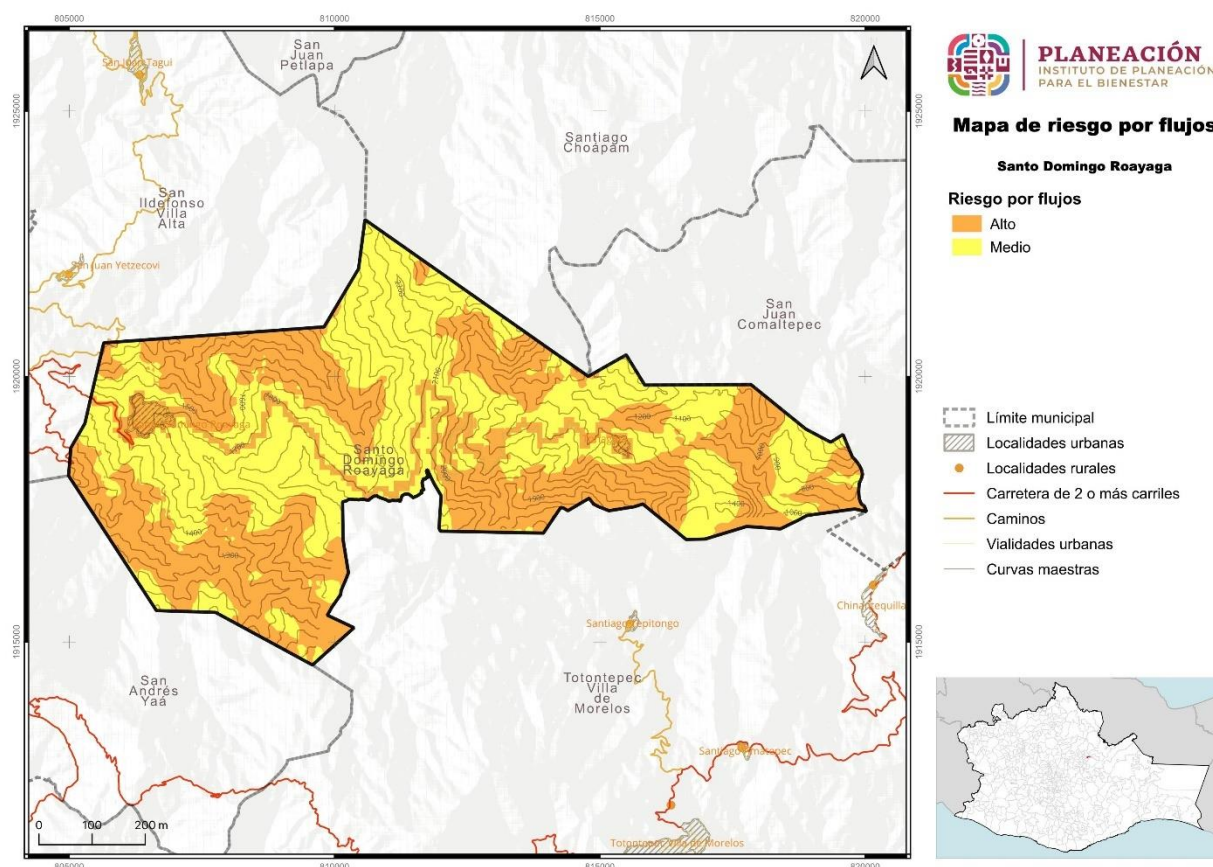
V.8.1.14 Riesgo por flujos en el municipio

En lo relativo al riesgo por flujos, el nivel de riesgo alto es el que tiene ligeramente mayor presencia en el territorio, ya que se presenta en 2,924.26 has. que representan el 51.9% del territorio municipal y se distribuye principalmente en la parte sur y sudoeste incluyendo las zonas habitadas de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de sus carreteras de acceso. El siguiente nivel de riesgo en cobertura es el medio, que se presenta en el 48.09% del territorio municipal impactando principalmente al noreste y centro oeste de la demarcación municipal.

Tabla 18. Riesgo por flujos en el municipio

Riesgo por flujos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	2924.26	51.9
Medio	2709.6	48.09

Mapa 147. Riesgo por flujos en el municipio



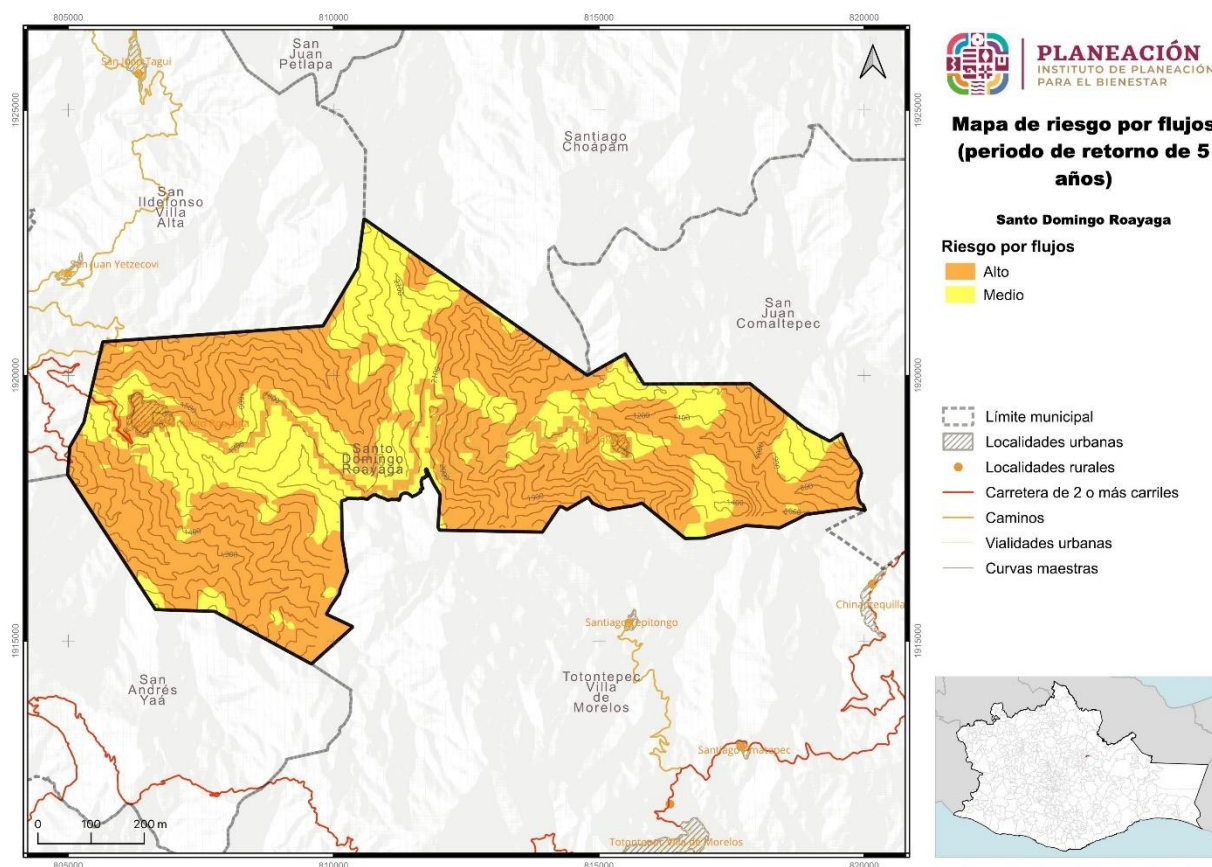


V.8.1.14 Riesgo por flujos en el municipio un periodo de retorno de 5 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de flujos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por flujos muestra nivel alto en un área de 3,893.3 has. que representan el 69.11% del territorio y se localizan en zonas discontinuas a lo largo del mismo, sobre todo al noroeste, suroeste y sudeste de la demarcación municipal destacando las áreas habitadas (Santo Domingo Roayaga y Tonagúa) y sus carreteras de acceso.

Mapa 148. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 5 años



En esta estimación, la parte del territorio municipal con nivel de riesgo medio es de 1,740.58 has. que representan el 30.89% que si bien se distribuyen en todo el territorio



municipal, sus áreas más considerables se ubican en la parte norte y centro oeste del municipio.

Tabla 19. 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	3893.3	69.11
Medio	1740.58	30.89

V.8.1.15 Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años

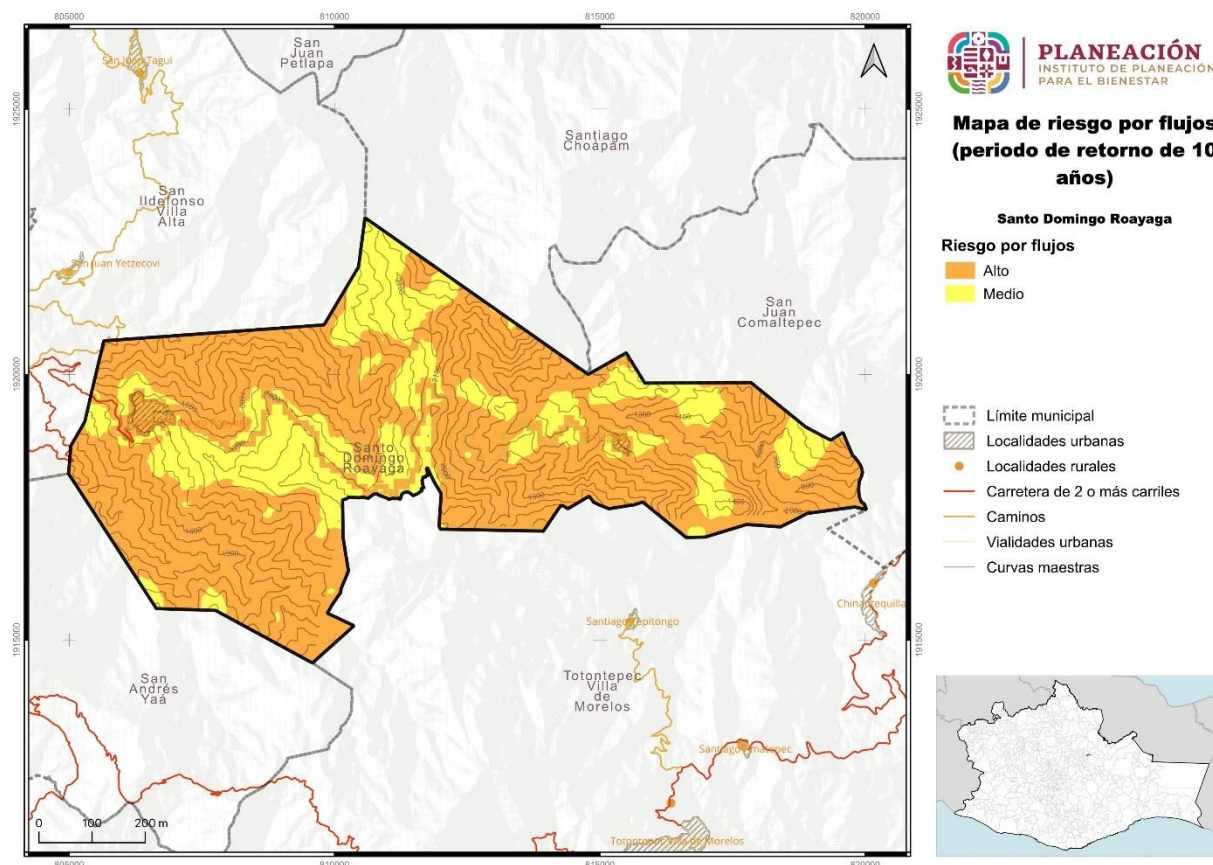
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de flujos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por flujos muestra nivel alto en un área de 4,196.59 has. que representan el 74.49% del territorio y se localizan en zonas discontinuas a lo largo del mismo, sobre todo al noroeste, suroeste, sudoeste y sudeste de la demarcación municipal destacando las áreas habitadas (Santo Domingo Roayaga y Tonaguía) y sus carreteras de acceso. En esta estimación, la parte del territorio municipal con nivel de riesgo medio es de 1,437.27 has. que representan el 25.51% que, si bien se distribuyen en todo el territorio municipal, sus áreas más considerables se ubican en la parte norte y centro oeste del municipio.

Tabla 20. 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	4196.59	74.49
Medio	1437.27	25.51

Mapa 149. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años



V.8.1.16 Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 20 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 5 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de flujos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 20 años, el riesgo por flujos muestra, a diferencia de períodos de retorno anteriores, un área con nivel de riesgo muy alto, misma que se localiza al sur de la localidad de Santo Domingo Roayaga y que se calcula con una extensión de 1.35 has. que representa el 0.02% de la extensión total territorial.

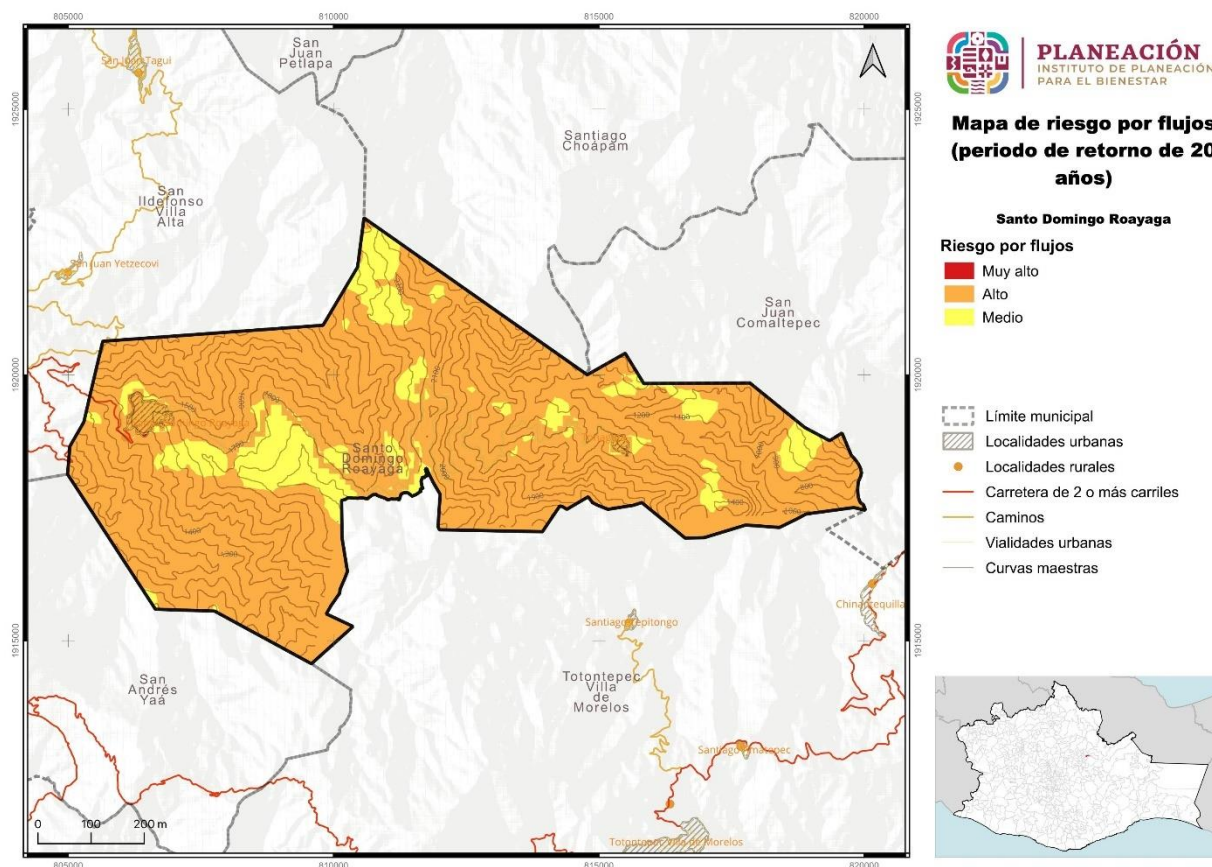


El nivel alto se estima en un total de 4,935.13 has. que representan el 87.6% del territorio y que se localizan en la mayor parte de la demarcación municipal destacando las áreas habitadas (Santo Domingo Roayaga y Tonaguía) y sus carreteras de acceso. Por último, el nivel de riesgo medio se estima en 697.38 has. que representan el 12.38% del total territorial y que se localizan en áreas aisladas ubicadas principalmente al centro oeste y del norte al este del territorio municipal.

Tabla 21. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años

Riesgo por flujos (PR 20 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	1.35	0.02
Alto	4935.13	87.6
Medio	697.38	12.38

Mapa 150. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años

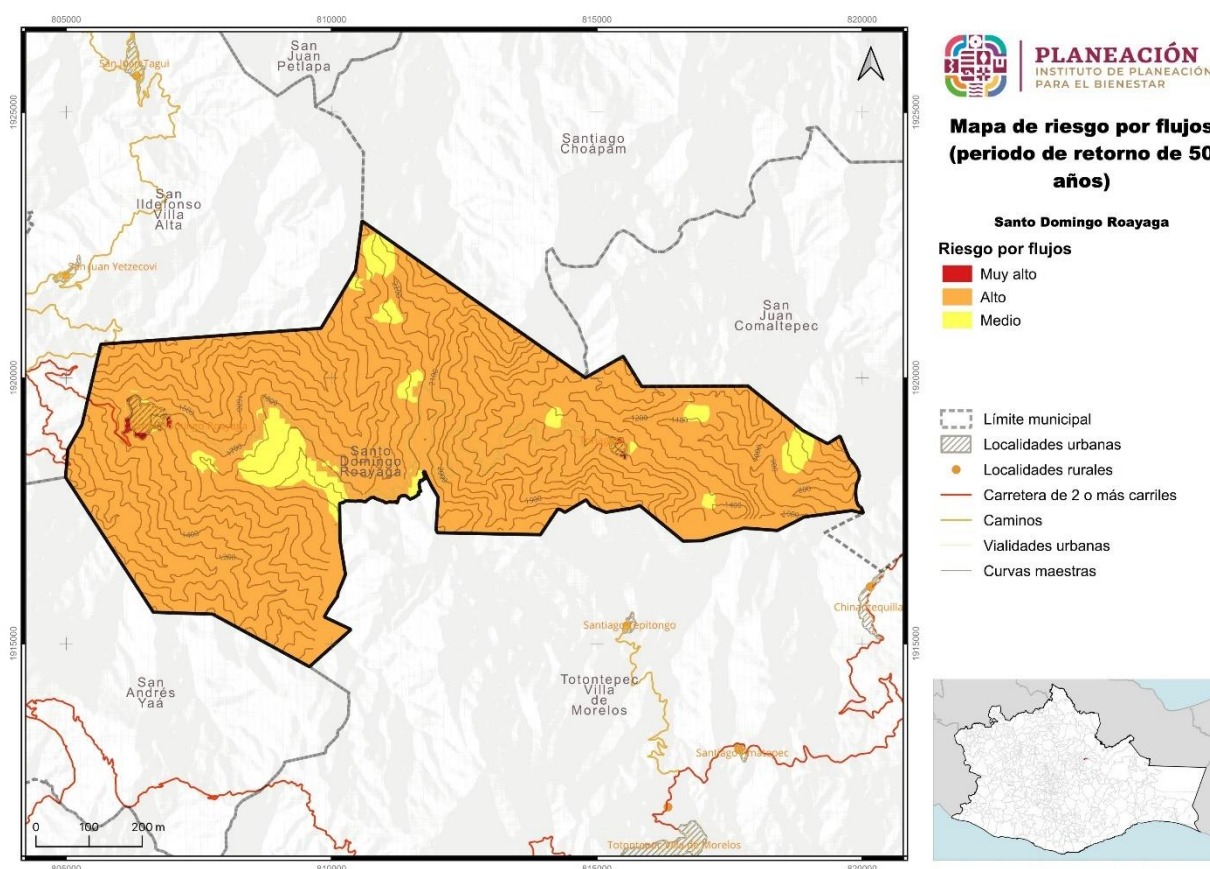


V.8.1.17 Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de flujos que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por flujos muestra áreas con nivel de riesgo muy alto, mismas que se localizan de oeste a este en la orilla de la localidad de Santo Domingo Roayaga y que se calcula con una extensión de 10.08 has. que representan el 0.18% de la extensión total territorial. El nivel alto se estima en un total de 5,287.49 has. que representan el 93.85% del territorio y que, debido a ello, se localizan en la mayor parte de la demarcación municipal incluyendo las áreas habitadas (Santo Domingo Roayaga y Tonaguía) y sus carreteras de acceso.

Mapa 151. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años



Por último, el nivel de riesgo medio se estima en 336.29 has. que representan el 5.97% del total territorial y que se localizan en áreas aisladas ubicadas principalmente al centro oeste y del norte al este del territorio municipal.



Tabla 22. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años

Riesgo por flujos (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	10.08	0.18
Alto	5287.49	93.85
Medio	336.29	5.97

De acuerdo con las distintas estimaciones presentadas de acuerdo a los diferentes periodos de retorno, se observa que la mayor parte del territorio tiene un nivel de riesgo alto frente a los fenómenos de deslizamientos y derrumbes y a pesar de que el nivel muy alto se presenta en menos de un punto porcentual del territorio, es de suma importancia reducir o mitigar este riesgo, ya que, de acuerdo a las ubicaciones de este riesgo en los mapas, las zonas de afectación son las zonas urbanizadas del municipio.

Tabla 23. Riesgo por fenómenos geológicos presentes el en municipio

Riesgo por fenómenos geológicos	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Deslizamiento			36.42	63.58	
Deslizamiento para un PR 5 años			28	71.99	0.01
Deslizamiento para un PR 10 años			11	88.75	0.25
Deslizamiento para un PR 20 años			3.45	96.01	0.54
Deslizamiento para un PR 50 años			1.11	98.05	0.84
Derrumbes			8.74	91.03	0.23
Derrumbes para un PR 5 años			3.82	95.79	0.39
Derrumbes para un PR 10 años			2.79	96.73	0.49
Derrumbes para un PR 20 años			1.69	97.68	0.63
Derrumbes para un PR 50 años			0.94	98.23	0.83
Caída de detritos		0.79	86.86	12.35	
Caída de detritos para un PR 5 años		0.3	68.77	30.93	
Caída de detritos para un PR 10 años		0.21	56.61	43.17	
Caída de detritos para un PR 20 años		0.09	34.11	65.8	0.01
Caída de detritos para un PR 50 años			12.3	87.59	0.11
Flujos			48.09	51.9	
Flujos para un PR de 5 años			30.89	69.11	
Flujos para un PR de 10 años			25.51	74.49	
Flujos para un PR de 20 años			12.38	87.6	0.02
Flujos para un PR de 50 años			5.97	93.85	0.18

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024

V.8.2 Sismos

Santo Domingo Roayaga se localiza en la zona C de acuerdo al mapa de regiones sísmicas de la República Mexicana, es una zona intermedia, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo

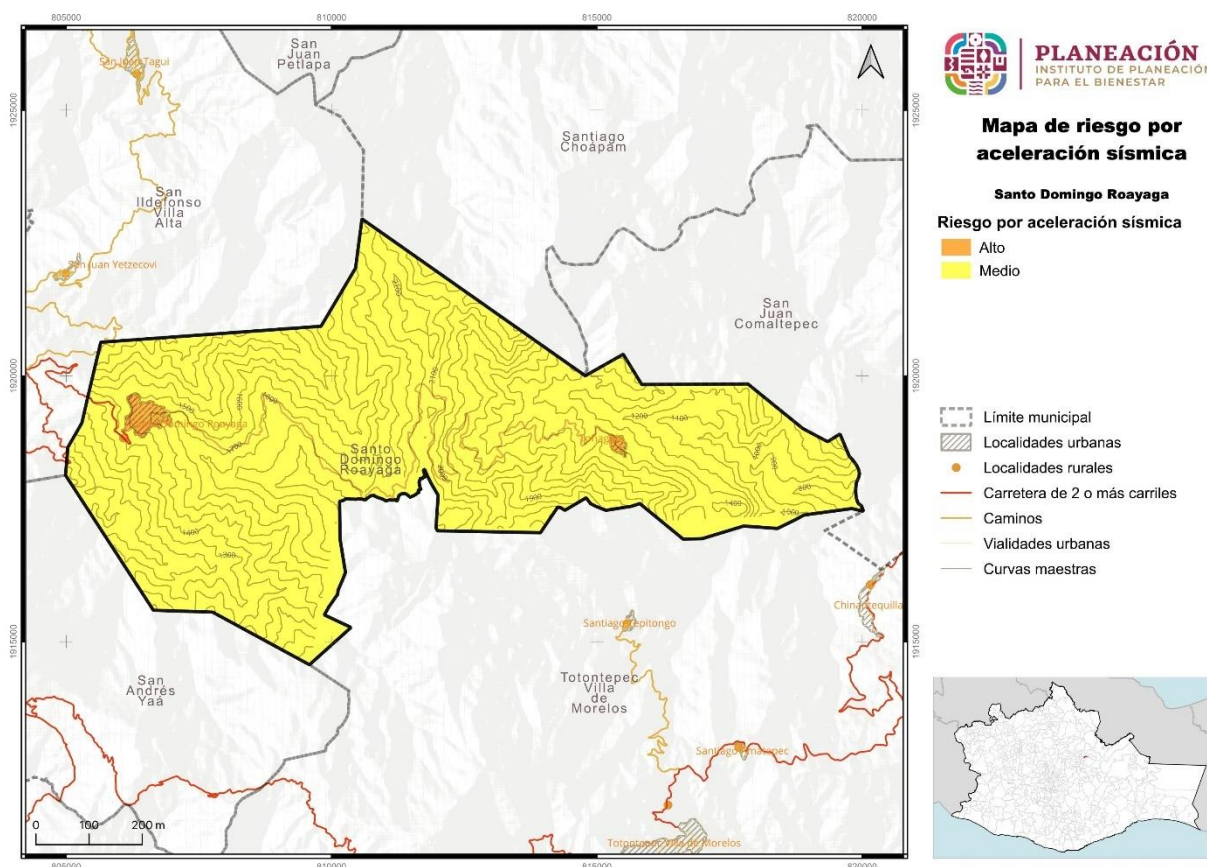
V.8.2.1. Riesgo sísmico en el municipio

En lo relativo al riesgo por sismos, el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en 5,585.61 has. que representan el 99.14% del territorio y se distribuye en la totalidad del mismo: las únicas áreas catalogadas con nivel de riesgo alto son donde se ubican los asentamientos humanos de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, mismas que representan el 0.86% del territorio municipal.

Tabla 24. Riesgo por aceleración sísmica en el municipio

Riesgo por aceleración sísmica	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	48.28	0.86
Medio	5585.61	99.14

Mapa 152. Riesgo por aceleración sísmica en el municipio



V.8.2.2 Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años

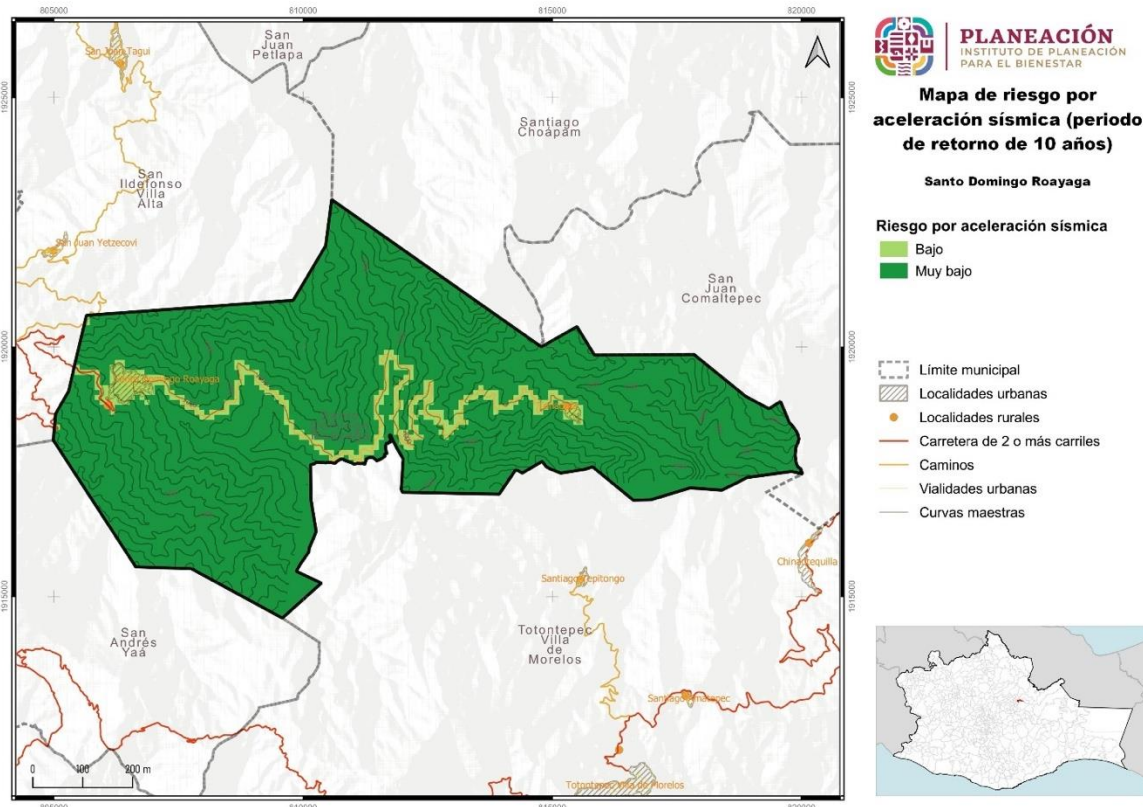
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de sismos que puede impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por sismos muestra niveles de bajo y muy bajo. El nivel bajo se estima en el 6.29% del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, además de considerar las áreas donde se localizan las carreteras de acceso a cada una de ellas. En esta estimación dadas las características rurales del municipio, es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo muy bajo, ya que se estima en 5,279.53 has. que representan el 93.71% distribuidas en todo el territorio municipal.

Tabla 25. 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
Bajo	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

Mapa 153. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años

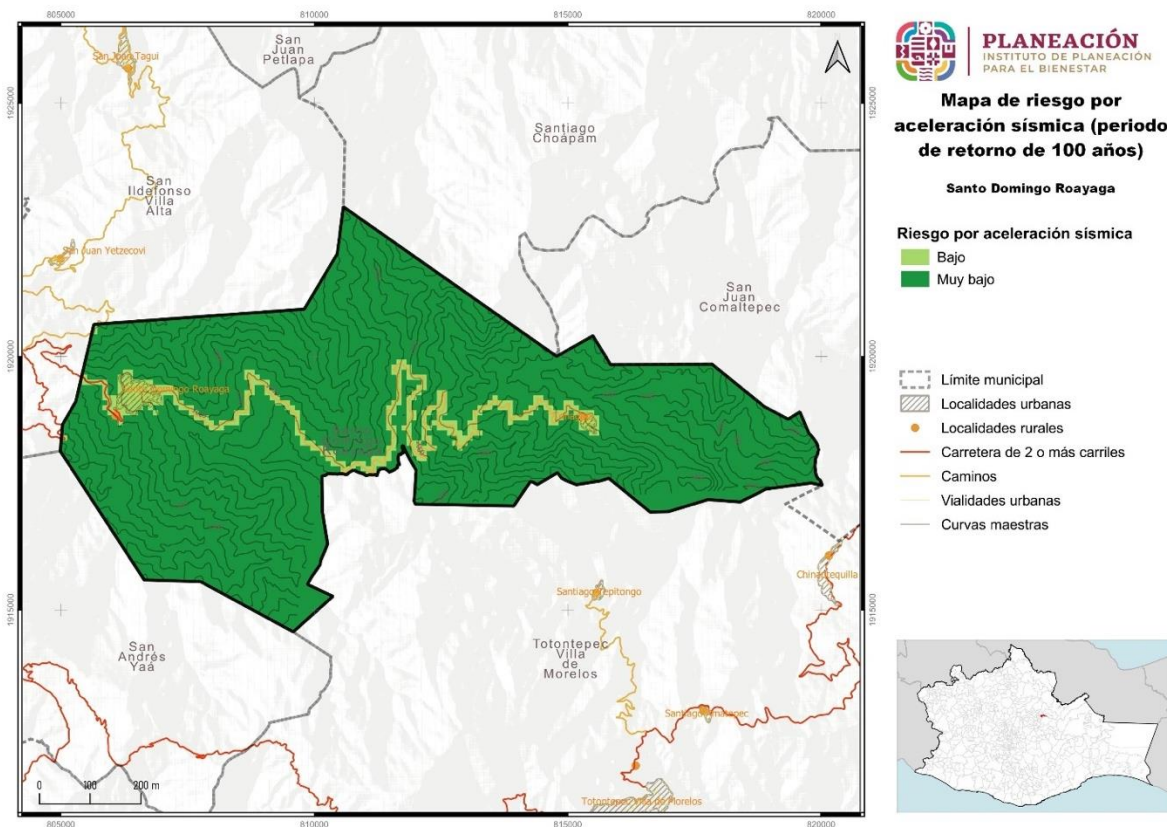


V.8.2.3 Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 100 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 1 vez en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de sismos que puede impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 100 años, el riesgo por sismos muestra niveles de bajo y muy bajo. El nivel bajo se estima en el 6.29% del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, además de considerar las áreas donde se localizan las carreteras de acceso a cada una de ellas. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años.

Mapa 154. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años





En esta estimación dadas las características rurales del municipio, es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo muy bajo, ya que se estima en 5,279.53 has. que representan el 93.71% distribuidas en todo el territorio municipal.

Tabla 26. 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
Bajo	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

V.8.2.4 Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 1000 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 1,000 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 1 vez en un milenio en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de sismos que puede impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

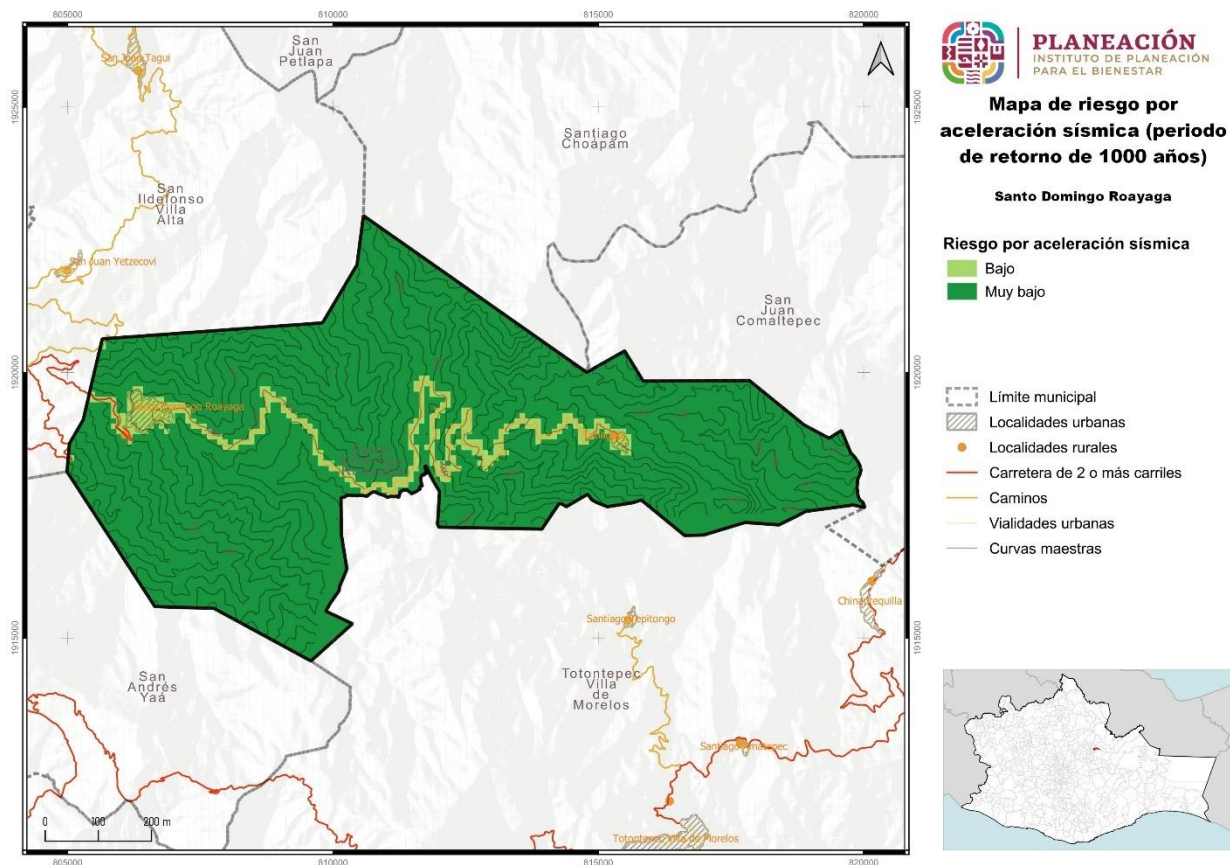
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 1,000 años, el riesgo por sismos muestra niveles de bajo y muy bajo. El nivel bajo se estima en el 6.29% del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, además de considerar las áreas donde se localizan las carreteras de acceso a cada una de ellas.

En esta estimación dadas las características rurales del municipio, es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo muy bajo, ya que se estima en 5,279.53 has. que representan el 93.71% distribuidas en todo el territorio municipal.

Tabla 27. 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
Bajo	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

Mapa 155. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 1000 años



En relación a las distintas estimaciones presentadas de acuerdo a los diferentes periodos de retorno, se observa que la mayor parte del territorio tiene niveles de riesgo entre bajo y muy bajo para la aceleración sísmica, sin embargo de acuerdo al análisis cartográfico en conjunto con la zona sísmica en la que se encuentra el municipio destaca el nivel de riesgo alto en 0.86% del territorio, que a pesar de que es menor a un punto porcentual, es de suma importancia reducir o mitigar este riesgo, ya que, de acuerdo a las ubicaciones de este riesgo en los mapas, las zonas de afectación son las zonas urbanizadas del municipio.

Tabla 28. Riesgos en el municipio por aceleración sísmica

Riesgo por aceleración sísmica	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Aceleración sísmica			99.14	0.86	
Aceleración sísmica para un PR 10 años	93.71	6.29			
Aceleración sísmica para un PR 100 años	93.71	6.29			
Aceleración sísmica para un PR 1000 años	93.71	6.29			

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024



V.8.3 Tsunami *

V.8.3.1 Riesgo por Tsunami en el municipio

(No aplica en el municipio)

V.8.4 Hundimientos por fallas y fracturas, Subsistencia y agrietamiento del terreno

La subsidencia en geología describe el progresivo hundimiento de una superficie, generalmente de la litosfera, bien sea por el movimiento relativo de las placas tectónicas, en una escala menor, por el asentamiento del terreno en las cuencas sedimentarias.

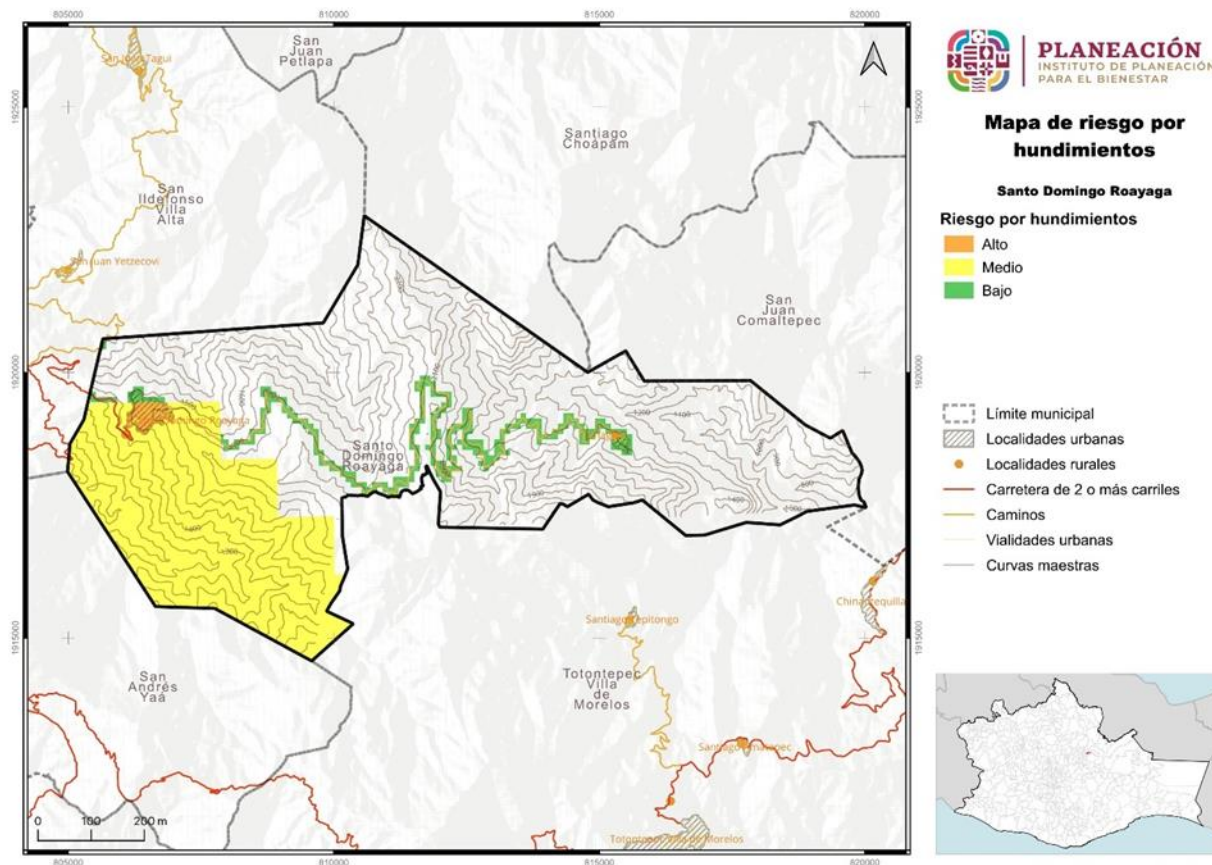
V.8.4.1 Riesgo por hundimiento por fallas y fracturas del suelo en el municipio

En lo relativo al riesgo por hundimiento por fallas y fracturas, de acuerdo a la estimación del área afectada, el nivel de riesgo muy bajo es el que tiene mayor presencia, ya que se presenta en el 68.44% del territorio y se distribuye en la totalidad del mismo excepto en un área al sudoeste, las zonas habitadas y las carreteras; le sigue el nivel medio que se estima impacte al 26.08% (1,469.17 has) del territorio al sudoeste; El nivel bajo se estima impacte en el 4.91% del territorio incluyendo la comunidad de Tonaguía, su carretera de acceso y alrededor de una cuarta parte del territorio de Santo domingo Roayaga. Por último, el nivel alto se estima impacte en el 0.57% (32.25 has) localizadas al sur en alrededor de tres cuartas partes del territorio.

Tabla 29. Riesgo por hundimiento del suelo en el municipio

Riesgo por hundimientos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	32.25	0.57
Medio	1469.17	26.08
Bajo	276.72	4.91
Muy bajo	3855.73	68.44

Mapa 156. Riesgo por hundimiento del suelo en el municipio



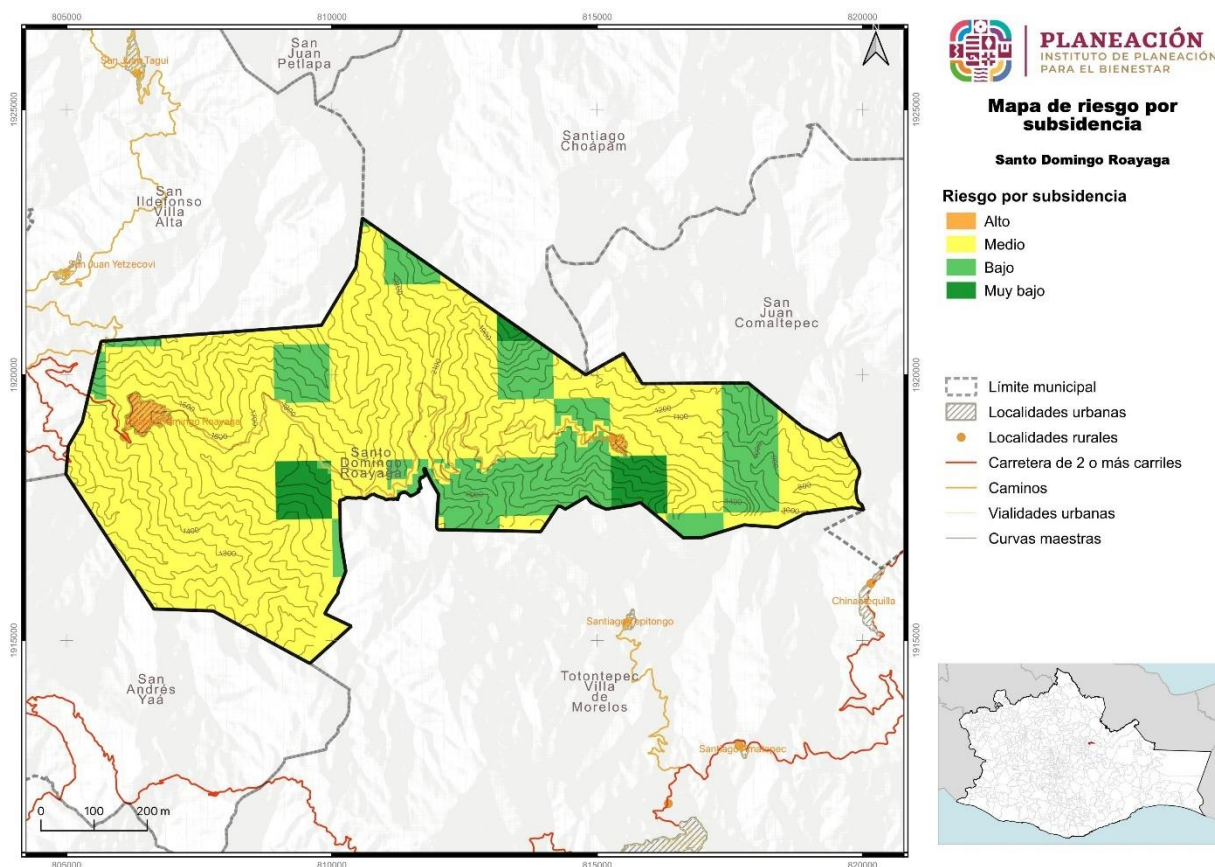
V.8.4.2 Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio

En lo relativo al riesgo de hundimiento por subsidencia del suelo, se estiman niveles del alto al muy bajo. De acuerdo a la extensión impactada, el nivel de riesgo medio es el que tiene mayor presencia, ya que se estima en el 75.19% (4,236 has) del territorio y se distribuye en la totalidad del mismo, excepto las zonas habitadas y algunas áreas aisladas al norte y sur de la demarcación; Continúa el nivel bajo que se estima impacte en el 19.76% (1,113.4 has.) ubicándolo en áreas aisladas al norte, sur y este de la demarcación. El nivel muy bajo se estima impacte en zonas aisladas al sudeste y sudoeste principalmente, acumulando 236.26 has. que representan el 4.19% del territorio. Por último, a pesar de que el nivel Alto se estima en solo 48.19 has. que representan el 0.86%, éstas se ubican en la totalidad de las comunidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía.

Tabla 30. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio

Riesgo por subsidencia	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	48.19	0.86
Medio	4236	75.19
Bajo	1113.4	19.76
Muy bajo	236.26	4.19

Mapa 157. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio



V.8.4.3. Riesgo por agrietamiento del suelo en el municipio

En lo relativo al riesgo por agrietamiento del suelo, el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 54.5% (3,070.23 has.) del territorio localizándose al oeste y en menor medida al extremo este del municipio. Para el nivel muy bajo, se estima impacte en 1,140.22 has. que representan el 20.24% en áreas discontinuas ubicadas del norte al noroeste y del sur al sudeste. El nivel de riesgo bajo se estima en el 15.55% (876.24 has.) ubicadas principalmente en franjas discontinuas de noroeste a sur y de noreste a sudeste. El nivel alto se ubica sobre la carretera de acceso a Santo Domingo Roayaga, el oeste de

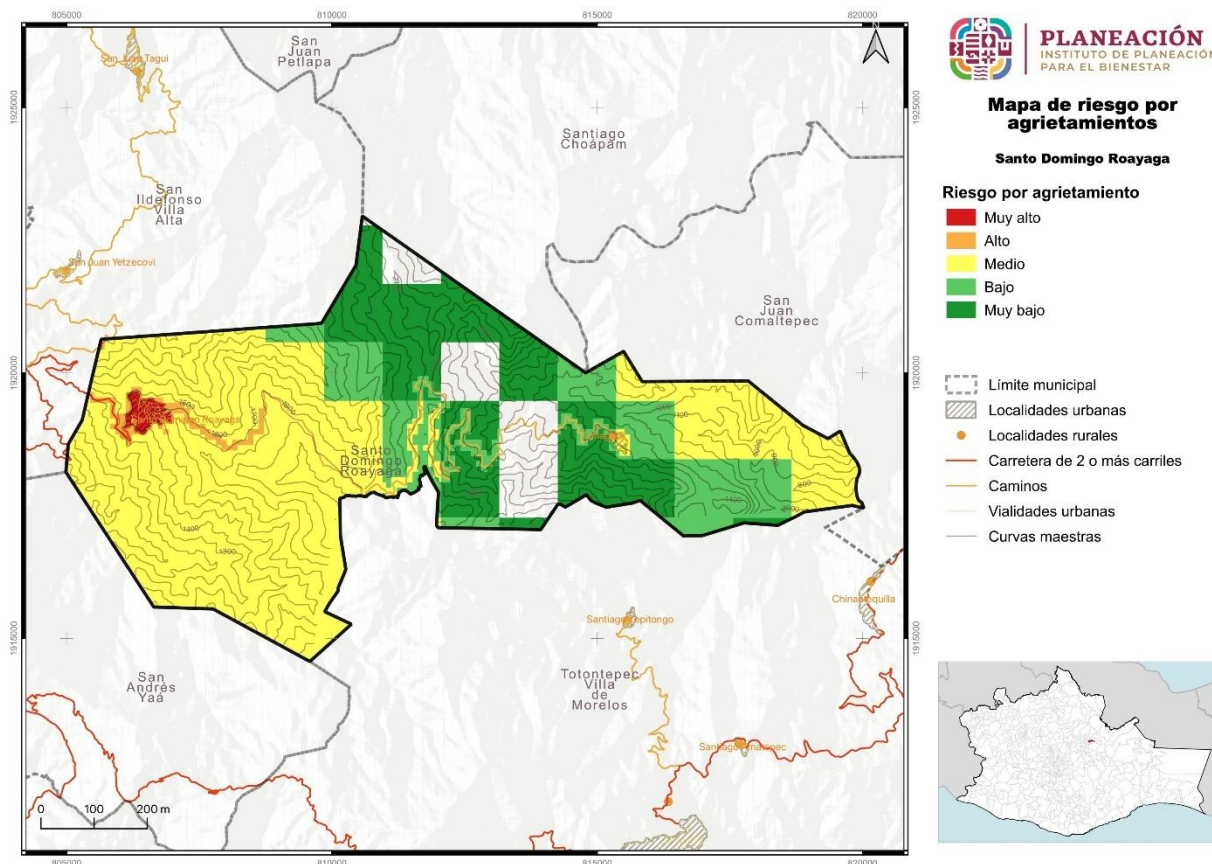


la periferia a dicha localidad y alrededor de los primeros 3 km de la carretera que conduce a Tonagüía sumando 75.23 has. que equivalen al 1.34% del territorio. Por último, el nivel de riesgo muy alto a pesar de que solo se estima en 38.86 has. que representan apenas el 0.69% del territorio, se ubica en su totalidad en el área habitada de la cabecera municipal, consideración de importancia para la mitigación del riesgo.

Tabla 31. Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio

Riesgo por agrietamientos	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	38.86	0.69
Alto	75.23	1.34
Medio	3070.23	54.5
Bajo	876.24	15.55
Muy bajo	1140.22	20.24

Gráfica 15. Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio





De acuerdo con las distintas estimaciones de los riesgos por mecanismos de hundimientos, se observa que la mayor parte del territorio tiene un nivel de riesgo medio frente a los fenómenos de subsidencia y en menor medida a los agrietamientos, de este último a pesar de que el nivel muy alto se presenta en menos de un punto porcentual del territorio, es de suma importancia reducir o mitigar este riesgo, ya que, de acuerdo a las ubicaciones de este riesgo en los mapas, las zonas de afectación son las zonas urbanizadas del municipio.

Tabla 32. Riesgos en el municipio por mecanismos de hundimientos

Riesgo por hundimientos	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Hundimientos	68.44	4.91	26.08	0.57	
Subsidencia	4.19	19.76	75.19	0.86	
Agrietamientos	20.24	15.55	54.5	1.34	0.69

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024

V.9 Riesgos por fenómenos hidrometeorológicos

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 que provocan en la población, daños en su salud, por las condiciones climatológicas extremas, o bien, daños materiales a la propiedad privada y pública por la violencia con la que pueden ocurrir.

V.9.1 Inundaciones

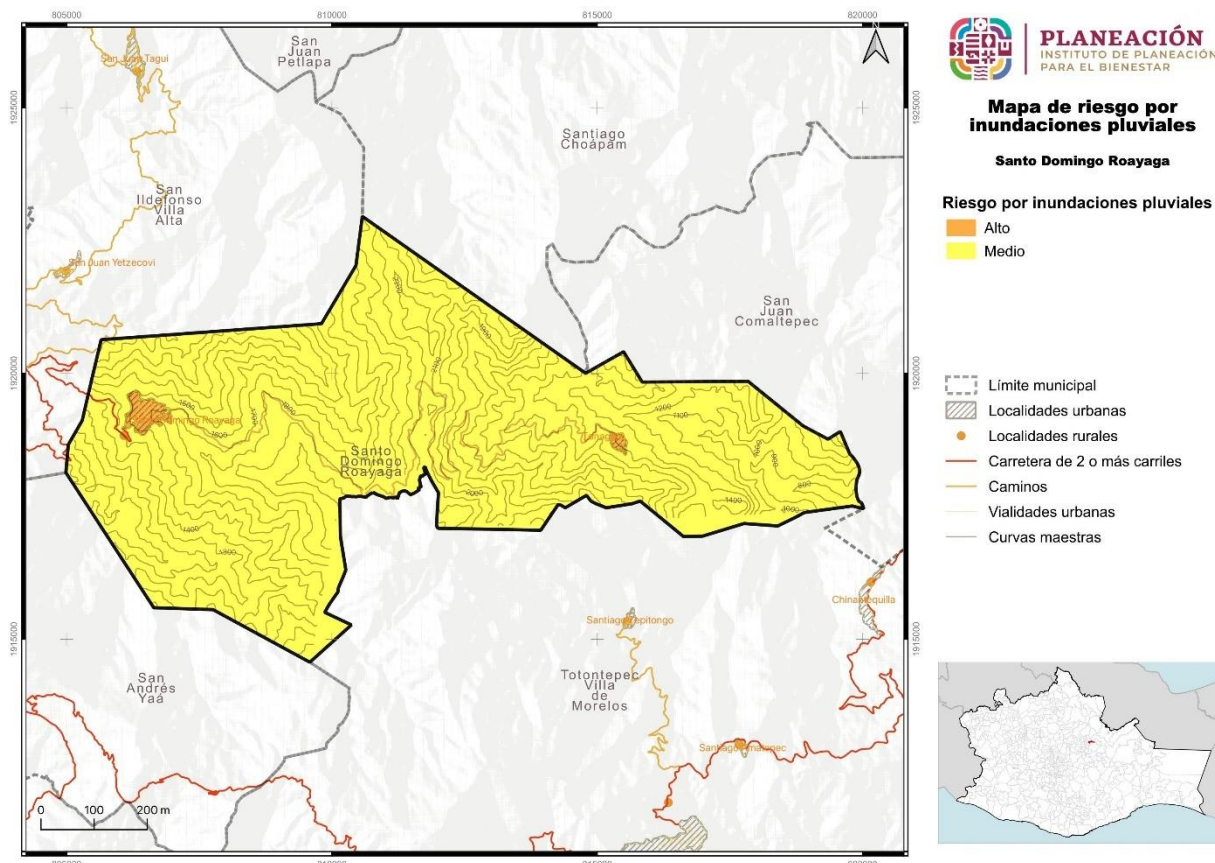
V.9.1.1 Riesgo por inundaciones pluviales en el municipio

En lo relativo al riesgo por inundaciones pluviales, el nivel de riesgo medio es el que tiene mayor presencia, ya que se presenta en el 99.32% (5,586.61 has) del territorio y dadas las características del municipio, se distribuye en la totalidad del mismo excepto las zonas habitadas. En cobertura de afectación le sigue el nivel alto que se estima en 47.28 has. (0.84% del territorio) y se localiza en la totalidad de los polígonos de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía.

Tabla 33. Riesgo por inundaciones pluviales en el municipio

Riesgo por inundaciones pluviales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	47.28	0.84
Medio	5586.61	99.32

Mapa 158. Riesgo por inundaciones pluviales del suelo en el municipio



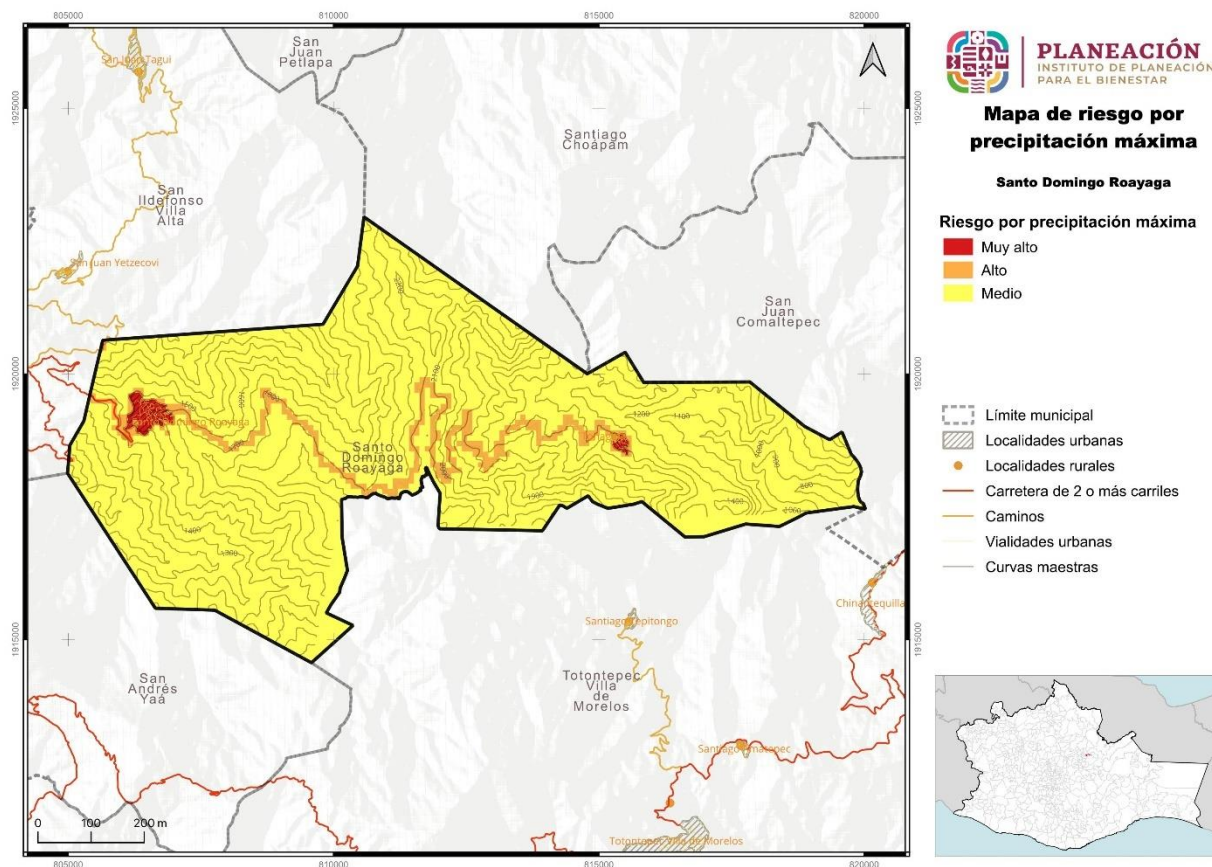
V.9.1.2 Riesgo por precipitación máxima en el municipio

En lo relativo al riesgo por precipitación máxima, el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, localizándose en toda la demarcación exceptuando los caminos de acceso a las dos localidades y las zonas habitadas de las mismas. En cobertura de afectación le sigue el nivel alto que afectaría al 5.45% (307.08 has.) del territorio y que se localiza principalmente sobre los caminos de acceso tanto a la cabecera municipal como a la localidad de Tonaguía. El nivel de riesgo muy alto, aunque solo afectaría al 0.84% (47.28 has.) del territorio, se localiza en la totalidad de las áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía.

Tabla 34. Riesgo por precipitación máxima en el municipio

Riesgo por precipitación máxima	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

Mapa 159. Riesgo por precipitación máxima en el municipio



V.9.1.3 Riesgo por precipitación máxima en un periodo de retorno por 24 horas

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 24 horas, el riesgo por precipitación máxima muestra niveles de muy alto en 47.28 has. que, aunque solo representan el 0.84% del territorio se estima impacte en la totalidad de las áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. El nivel de riesgo alto se estima afecte al 5.45% (307.08 has.) del territorio localizándose principalmente sobre los caminos de acceso tanto a la cabecera municipal como a la localidad de Tonaguía. El nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, localizándose

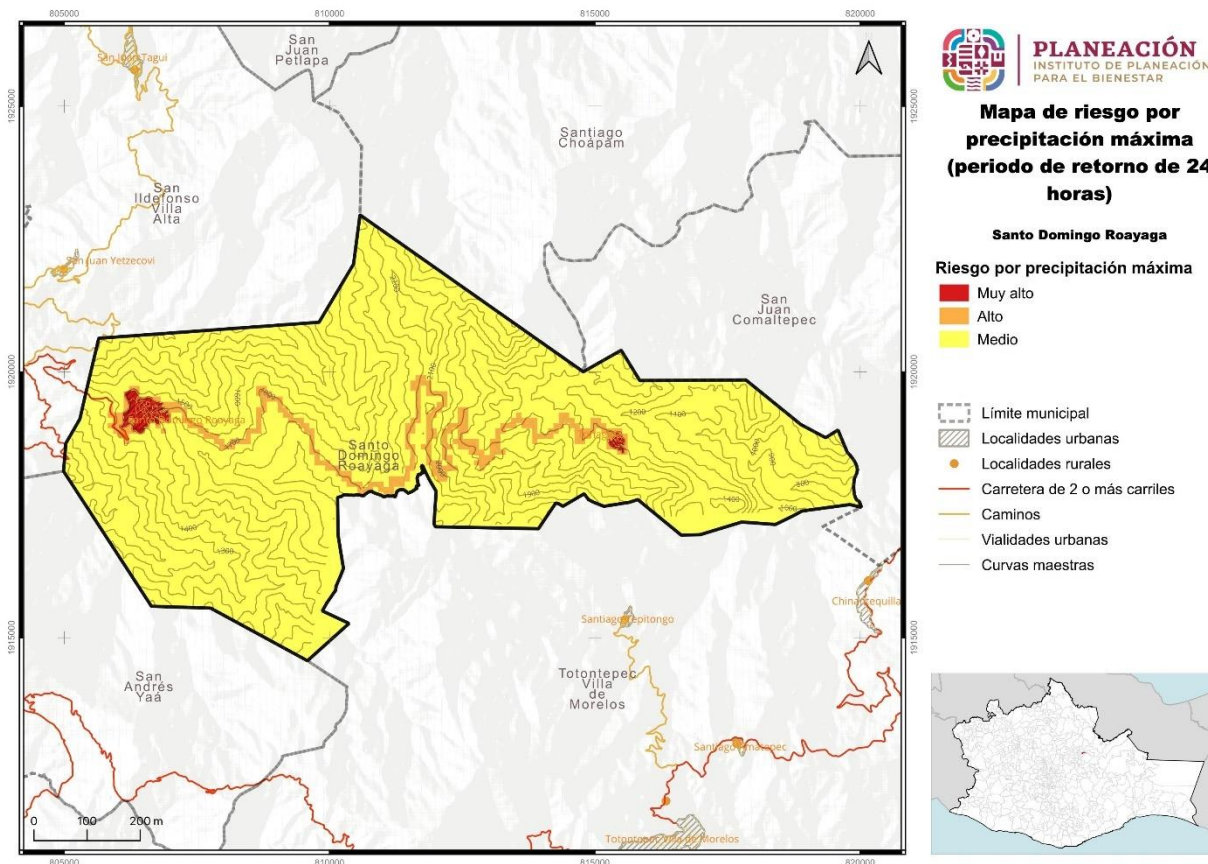


en toda la demarcación exceptuando los caminos de acceso a las dos localidades y las zonas habitadas de las mismas.

Tabla 35. Riesgo por precipitación máxima en un periodo de retorno por 24 horas en el municipio

Riesgo por precipitación máxima (PR 24 horas)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	47.28	0.84
Alto	297.1	5.27
Medio	5289.5	93.89

Mapa 160. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 24 horas en el municipio



V.9.1.4 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 2 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 50 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de precipitación máxima que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

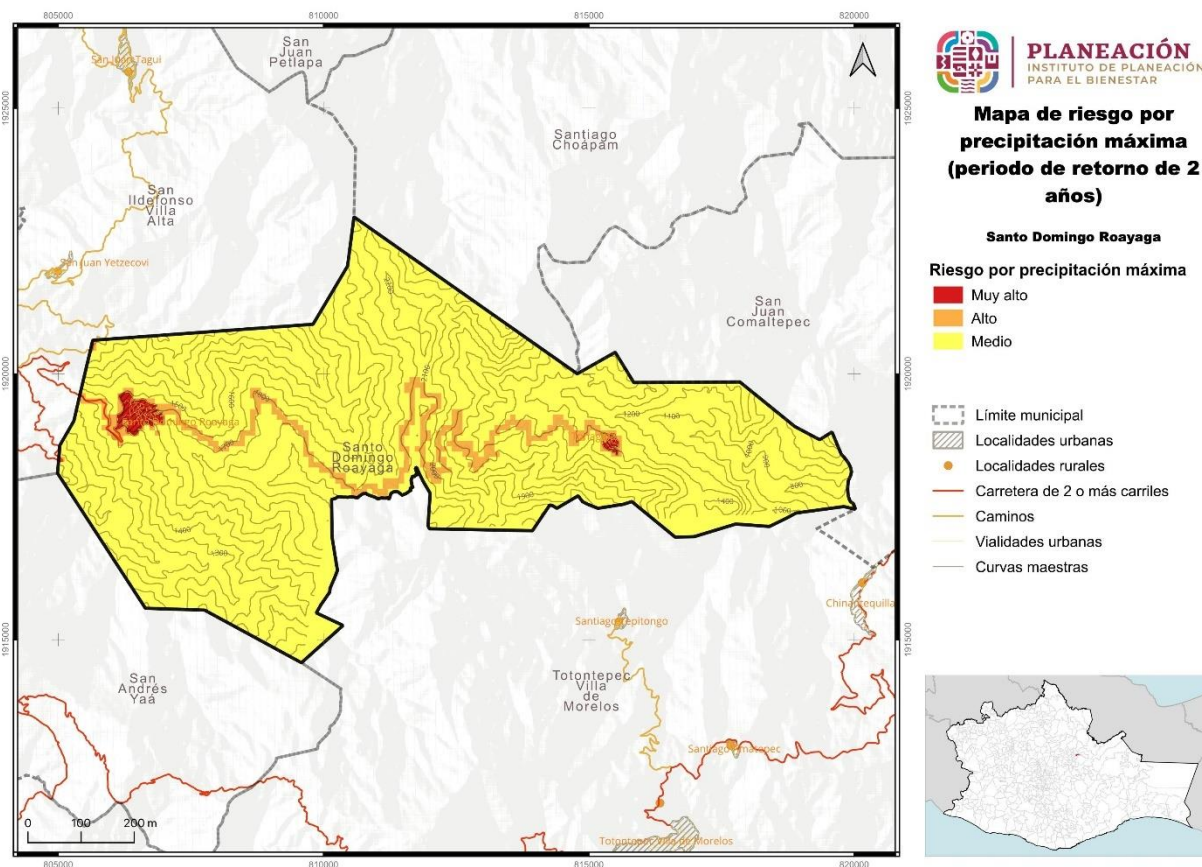


De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 2 años, el riesgo por precipitación máxima muestra niveles de muy alto en 47.28 has. que, aunque solo representan el 0.84% del territorio se estima impacte en la totalidad de las áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. El nivel de riesgo alto se estima afecte al 5.45% (307.08 has.) del territorio localizándose principalmente sobre los caminos de acceso tanto a la cabecera municipal como a la localidad de Tonaguía. El nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, localizándose en toda la demarcación exceptuando los caminos de acceso a las dos localidades y las zonas habitadas de las mismas.

Tabla 36. 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	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

Mapa 161. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

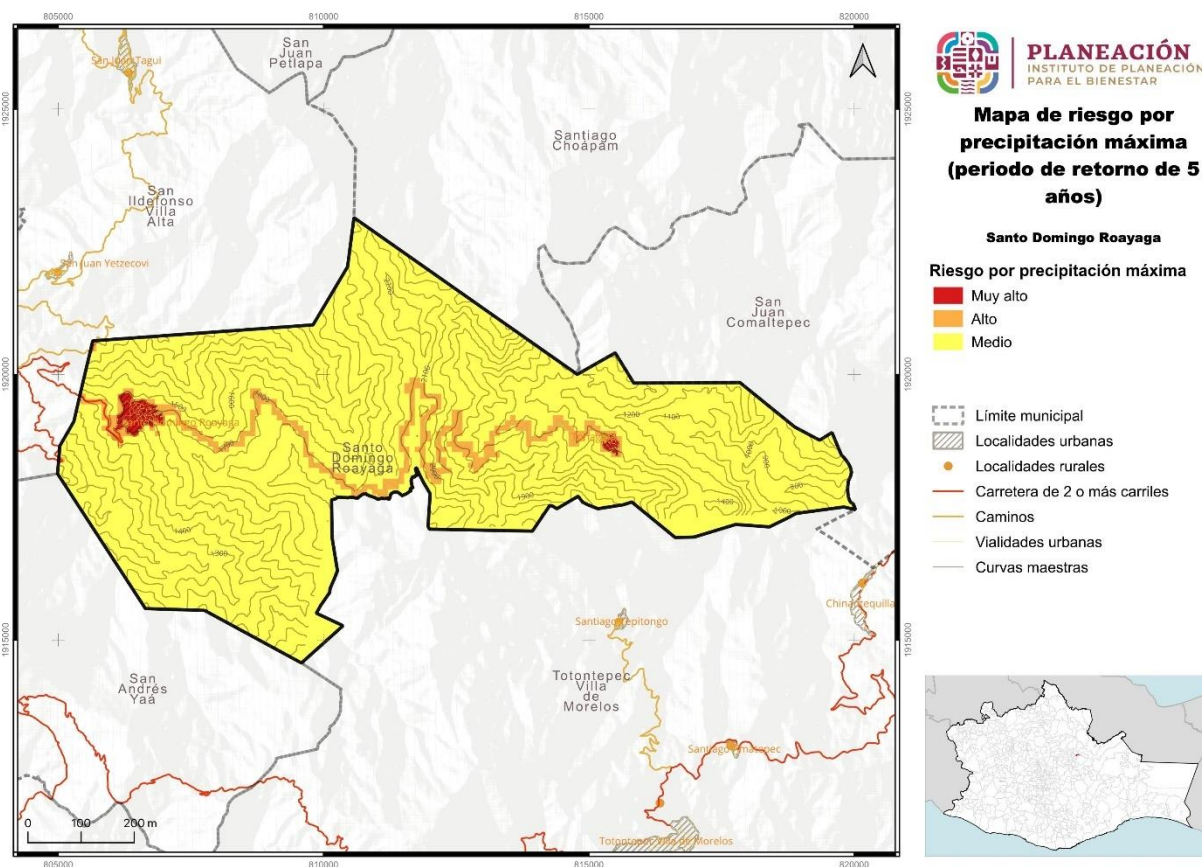


V.9.1.5 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de precipitación máxima que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por precipitación máxima muestra niveles de muy alto en 47.28 has. que, aunque solo representan el 0.84% del territorio se estima impacte en la totalidad de las áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía El nivel de riesgo alto se estima afecte al 5.45% (307.08 has.) del territorio localizándose principalmente sobre los caminos de acceso tanto a la cabecera municipal como a la localidad de Tonaguía.

Mapa 162. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio





El nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, localizándose en toda la demarcación exceptuando los caminos de acceso a las dos localidades y las zonas habitadas de las mismas.

Tabla 37. 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	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

V.9.1.6 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años

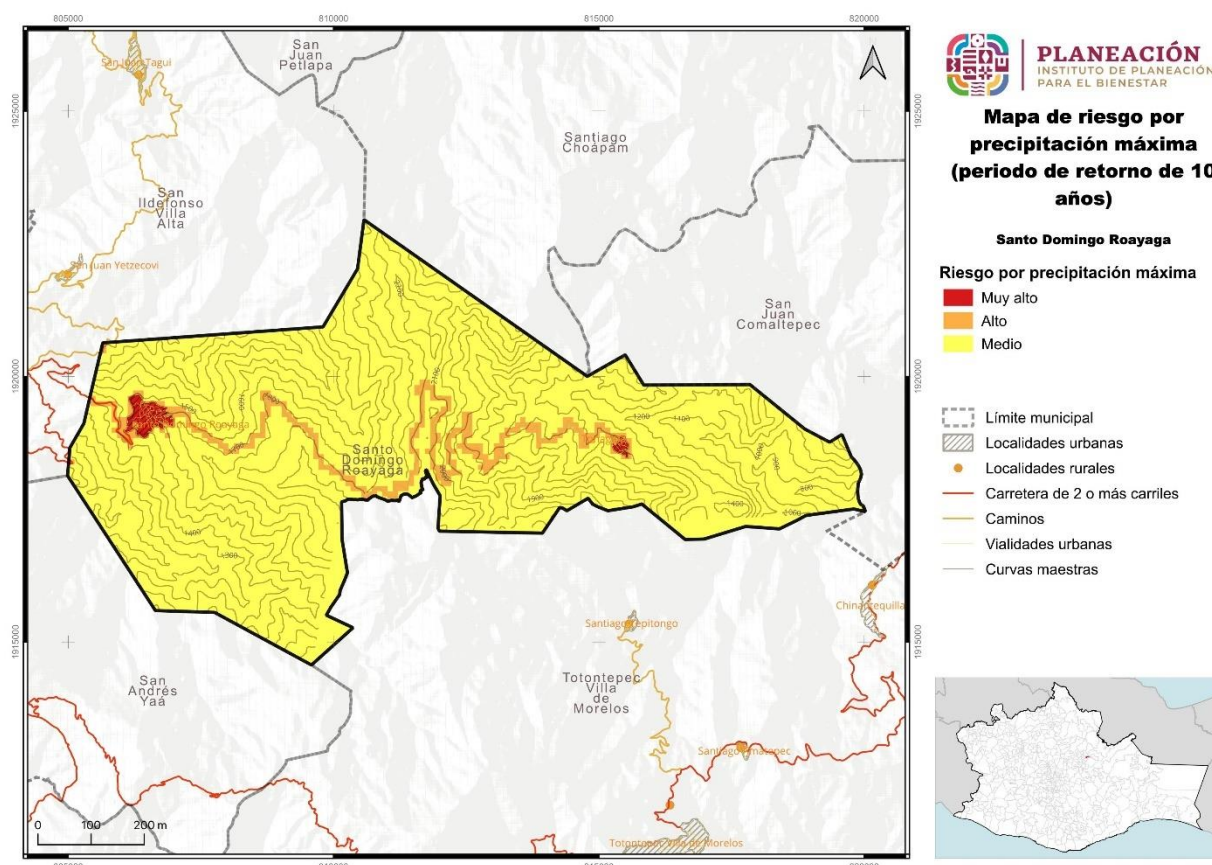
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de precipitación máxima que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por precipitación máxima muestra niveles de muy alto en 47.28 has. que, aunque solo representan el 0.84% del territorio se estima impacte en la totalidad de las áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. El nivel de riesgo alto se estima afecte al 5.45% (307.08 has.) del territorio localizándose principalmente sobre los caminos de acceso tanto a la cabecera municipal como a la localidad de Tonaguía. El nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, localizándose en toda la demarcación exceptuando los caminos de acceso a las dos localidades y las zonas habitadas de las mismas.

Tabla 38. 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	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

Mapa 163. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



V.9.1.7 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 25 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 4 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de precipitación máxima que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

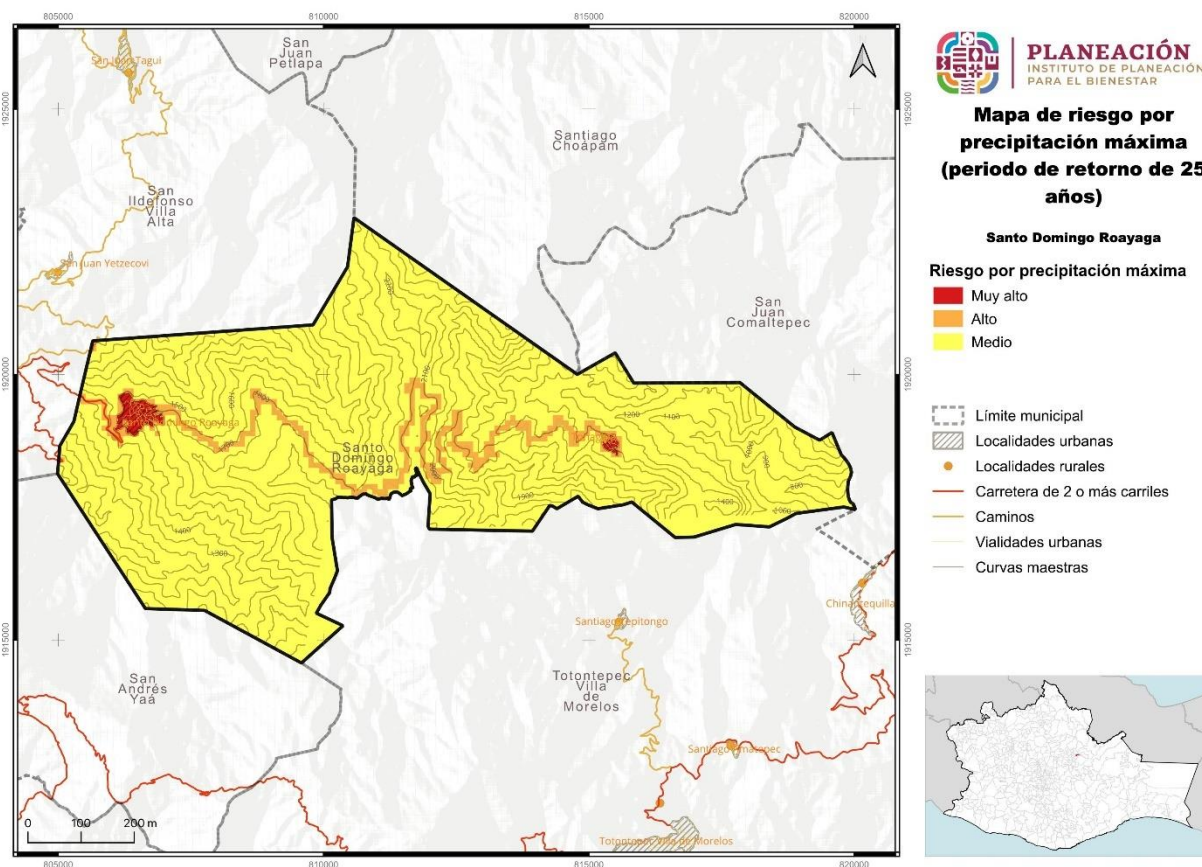
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 25 años, el riesgo por precipitación máxima muestra niveles de muy alto en 47.28 has. que, aunque solo representan el 0.84% del territorio se estima impacte en la totalidad de las áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. El nivel de riesgo alto se estima afecte al 5.45% (307.08 has.) del territorio localizándose principalmente sobre los caminos de acceso tanto a la cabecera municipal como a la localidad de Tonaguía. El nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio.

municipal, ya que se presenta en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, localizándose en toda la demarcación exceptuando los caminos de acceso a las dos localidades y las zonas habitadas de las mismas.

Tabla 39. 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	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

Mapa 164. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

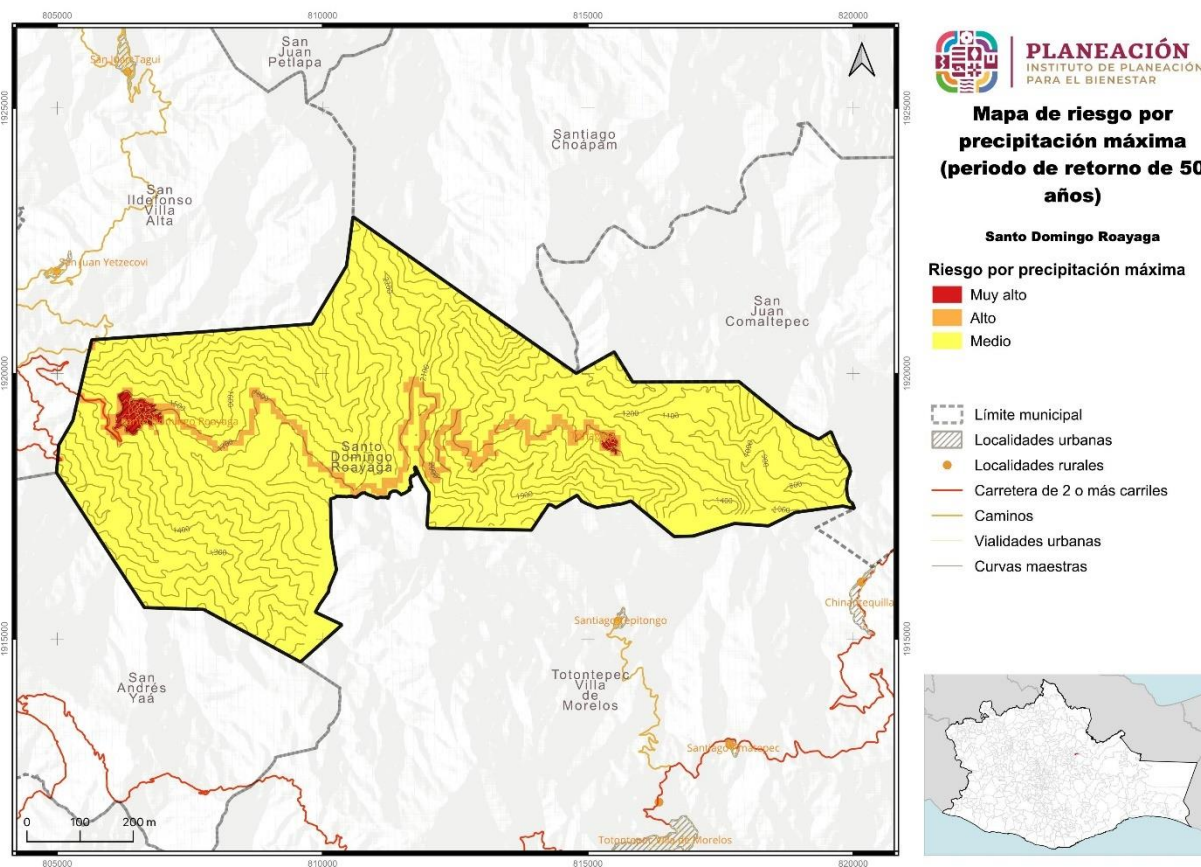


V.9.1.8 Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de precipitación máxima que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por precipitación máxima muestra niveles de muy alto en 47.28 has. que, aunque solo representan el 0.84% del territorio se estima impacte en la totalidad de las áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. El nivel de riesgo alto se estima afecte al 5.45% (307.08 has.) del territorio localizándose principalmente sobre los caminos de acceso tanto a la cabecera municipal como a la localidad de Tonaguía. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

Mapa 165. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio



El nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, localizándose en toda la demarcación exceptuando los caminos de acceso a las dos localidades y las zonas habitadas de las mismas.



Tabla 40. Riesgo por precipitación máxima en un periodo de retorno por 50 años en el municipio

Riesgo por precipitación máxima (PR 50 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

V.9.1.9 Riesgo por inundaciones fluviales *

(No aplica para este municipio)

V.9.1.10 Riesgo por inundaciones costeras *

(No aplica para este municipio)

V.9.1.10 Riesgo por inundaciones lacustres *

(No aplica para este municipio)

V.9.2 Ciclones tropicales

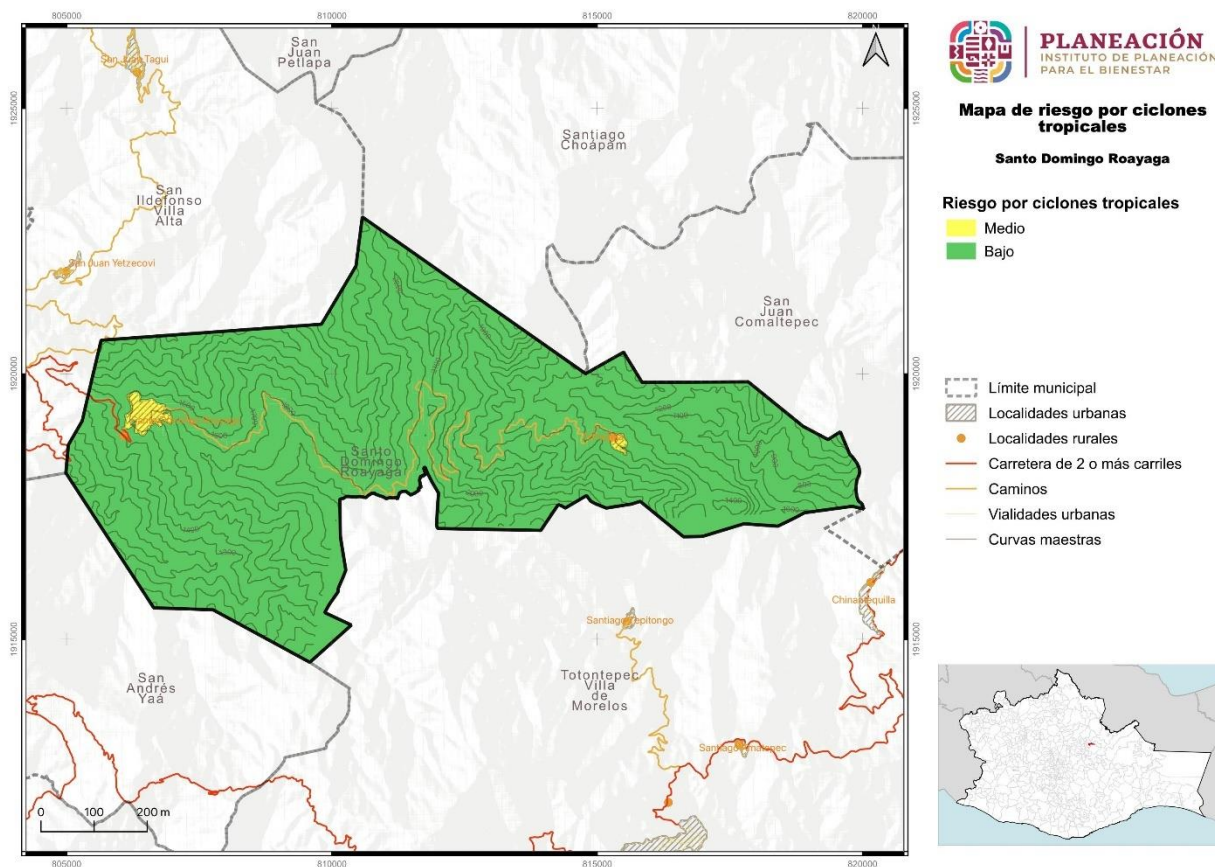
V.9.2.1 Riesgo por ciclones tropicales en el municipio

En lo relativo al riesgo por ciclones tropicales, el nivel de riesgo bajo es el que tiene presencia en prácticamente la totalidad del territorio municipal, ya que se presenta en el 99.16% (5,586.6 has.) del territorio. El nivel de riesgo medio afectaría al 0.84% del territorio que equivale a 47.28 has. de Santo Domingo Roayaga en las que se ubican la totalidad de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía.

Tabla 41. Riesgo por ciclones tropicales en el municipio

Riesgo por ciclones tropicales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	47.28	0.84
Bajo	5586.6	99.16

Mapa 166. Riesgo por ciclones tropicales en el municipio



V.9.2.2 Riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta en el municipio

(No aplica para este municipio)

V.9.3 Tormentas eléctricas

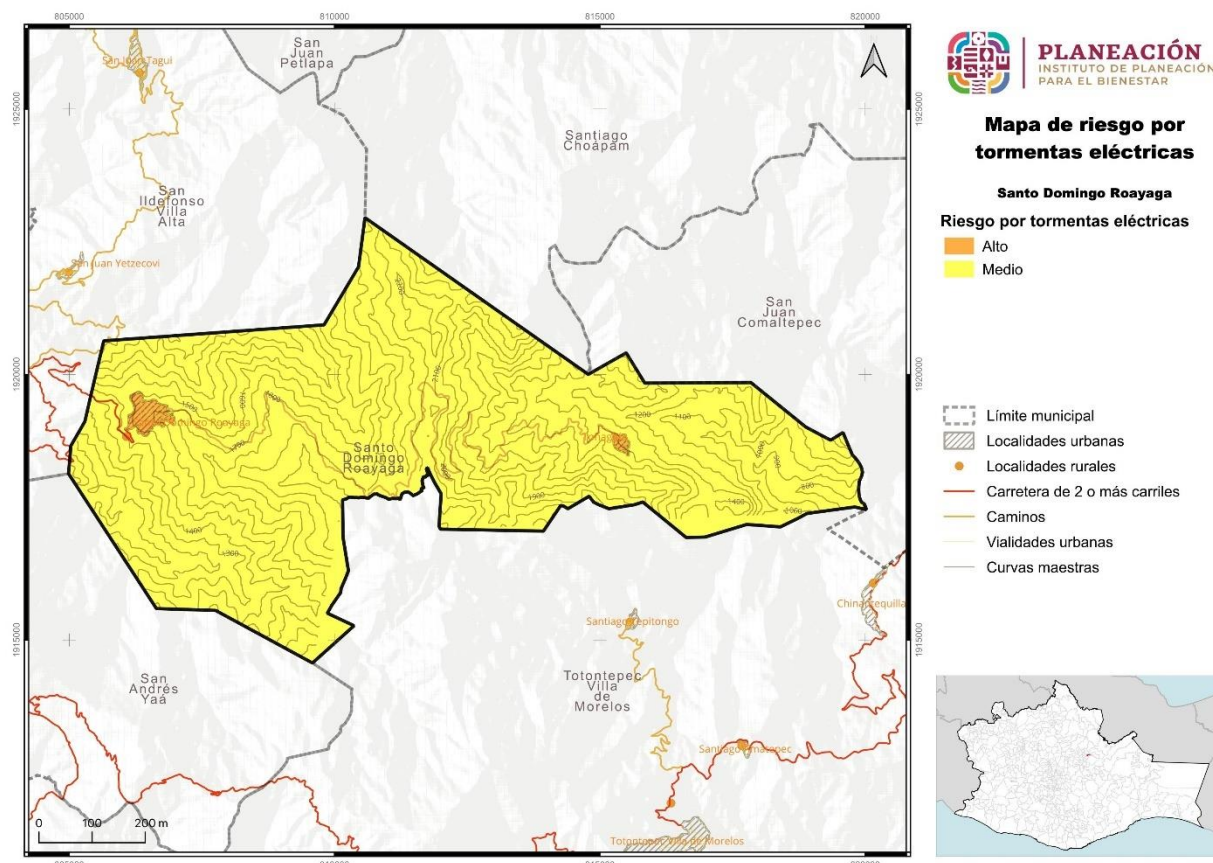
V.9.3.1. Riesgo por tormentas eléctricas

En lo relativo al riesgo por tormentas eléctricas, el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 99.14% (5,585.61 has.) del territorio, localizándose en toda la demarcación exceptuando las zonas habitadas de las localidades. El nivel de riesgo alto, aunque solo afectaría al 0.86% del territorio, se localiza en la totalidad de las zonas habitadas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonagüa.

Tabla 42. Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio

Riesgo por tormentas eléctricas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	48.28	0.86
Medio	5585.61	99.14

Mapa 167. Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio



V.9.3.2 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 2 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 50 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas eléctricas que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 2 años, el riesgo por tormentas eléctricas muestra niveles que van del alto al muy bajo. El nivel alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en poco menos de la mitad territorial de la cabecera municipal se estima se presente en 20.5 has. que representan el 0.36% de la extensión municipal; el

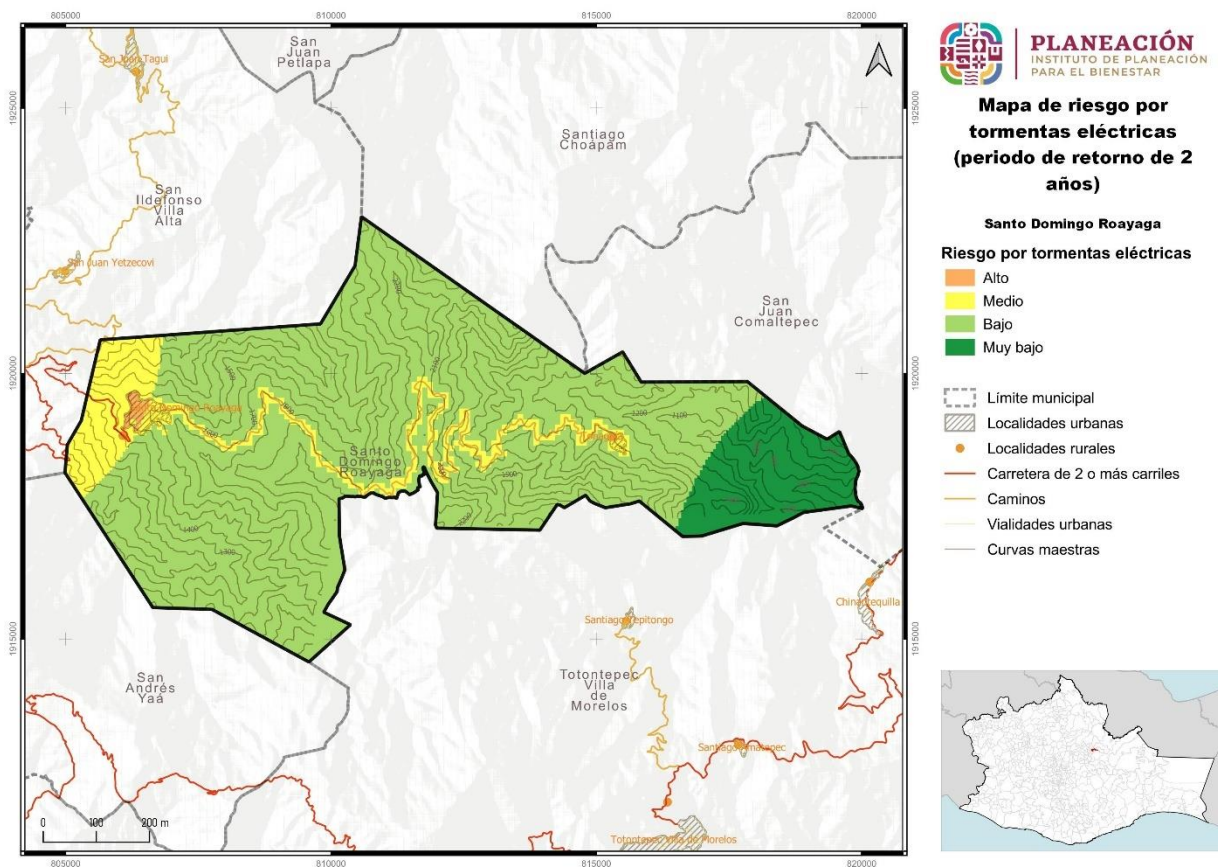


nivel de riesgo medio se estima en el 10.58% (596.14 has.) del territorio municipal ubicándose en poco más de la mitad este de la cabecera municipal, la totalidad de la localidad de Tonaguía, el área donde se ubica la carretera que llega a dicha comunidad y un área al extremo oeste del municipio; el nivel de riesgo bajo que es el predominante en la demarcación, se estima en el 79.35% (4,470.66 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las zonas de riesgo con niveles más altos y un área al extremo este. Por último, el nivel de riesgo muy bajo se estima en un área de 546.56 has. que representa el 9.7% del territorio ubicándose al extremo este de la demarcación.

Tabla 43. 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	20.5	0.36
Medio	596.14	10.58
Bajo	4470.66	79.35
Muy bajo	546.56	9.7

Mapa 168. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

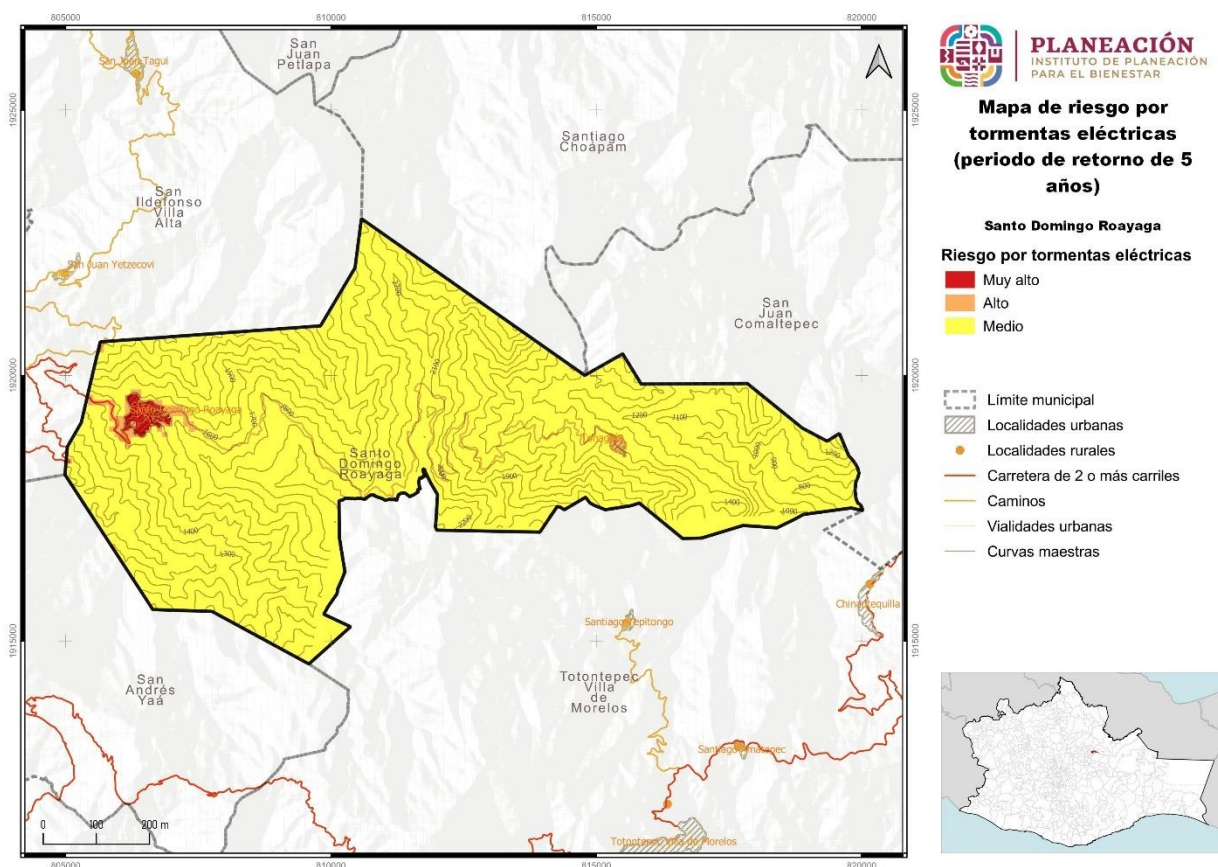


V.9.3.3 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas eléctricas que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por tormentas eléctricas muestra niveles que van del muy alto al medio.

Mapa 169. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad de la cabecera municipal se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 1.08% (61.1 has.) del territorio municipal ubicándose en pequeñas áreas en la periferia de la cabecera municipal y la totalidad de la localidad de Tonaguá; el nivel de riesgo medio que es el predominante en esta estimación, se



prevé impacte en el 98.23% (5,533.9 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las zonas de riesgo con niveles más altos.

Tabla 44. 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
Muy alto	38.86	0.69
Alto	61.1	1.08
Medio	5533.9	98.23

V.9.3.4 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años

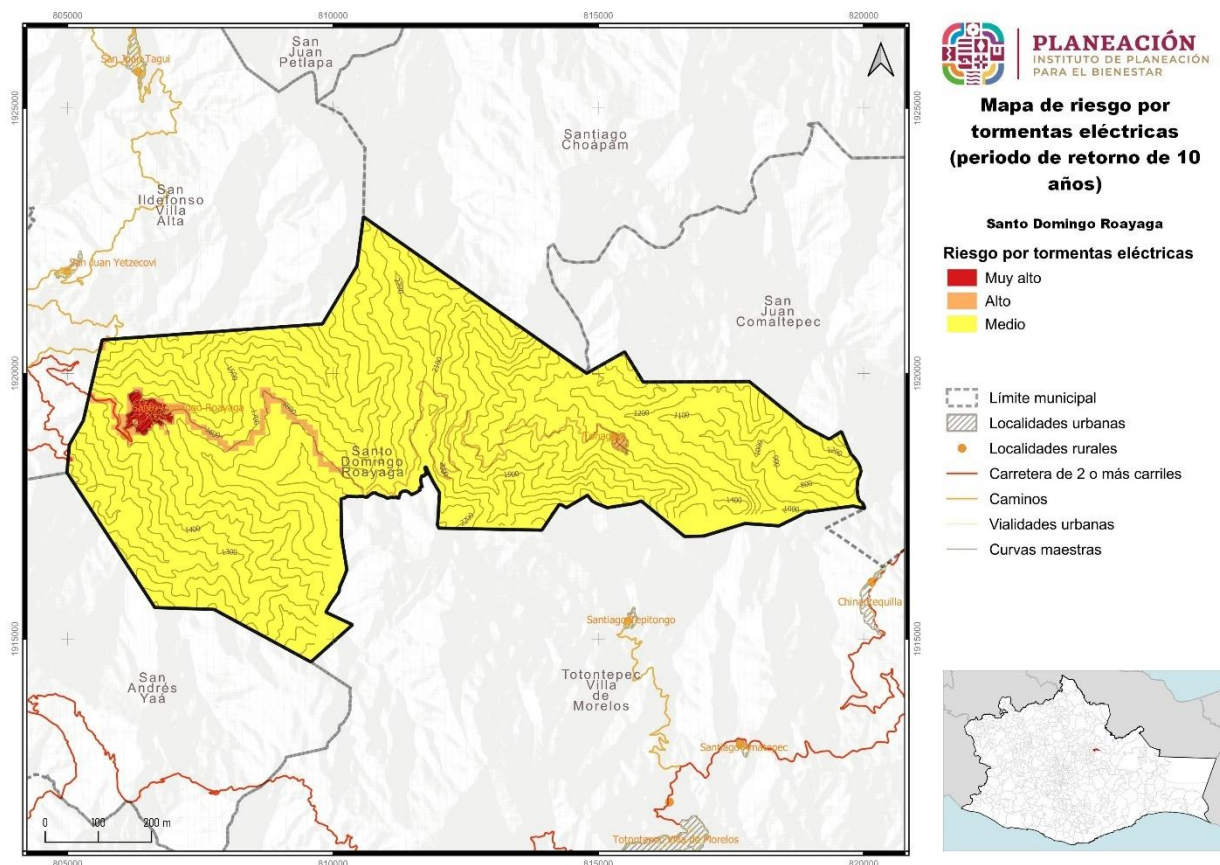
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas eléctricas que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por tormentas eléctricas muestra niveles que van del muy alto al medio. El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad de la cabecera municipal se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 2.12% (119.54 has.) del territorio municipal ubicándose en pequeñas áreas en la periferia de la cabecera municipal, la totalidad de la localidad de Tonaguía y alrededor de una cuarta parte, del lado oeste, de la carretera que conduce a ella; el nivel de riesgo medio que es el predominante en esta estimación, se prevé impacte en el 97.19% (5,475.47 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las zonas de riesgo con niveles más altos.

Tabla 45. 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
Muy alto	38.86	0.69
Alto	119.54	2.12
Medio	5475.47	97.19

Mapa 170. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



V.9.3.5 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 25 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 4 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas eléctricas que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 25 años, el riesgo por tormentas eléctricas muestra niveles que van del muy alto al medio. El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad de la cabecera municipal y la mayor parte de

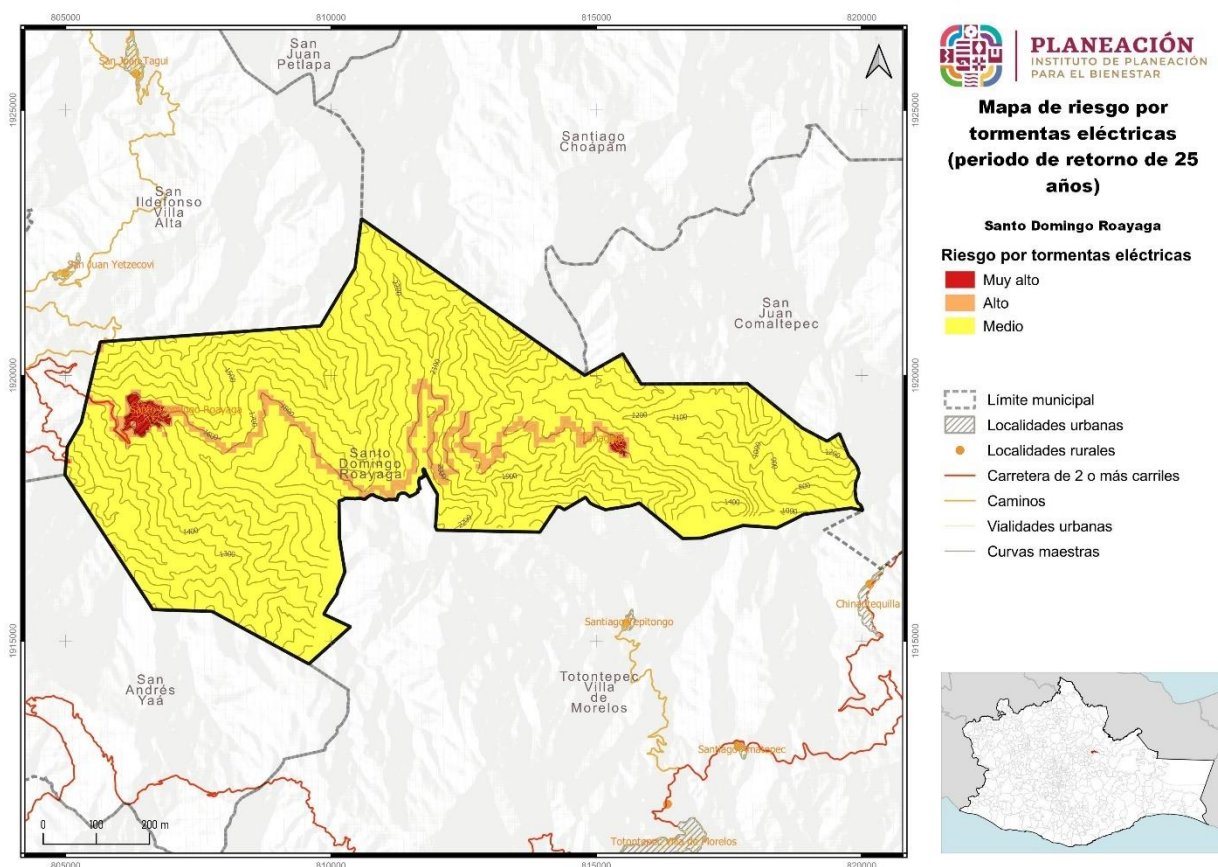


la localidad de Tonaguía se estima se presente en 47.28 has. que representan el 0.84% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 5.45% (307.08 has.) del territorio municipal ubicándose en pequeñas áreas en la periferia de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía además del área de la carretera que conduce a esta última; el nivel de riesgo medio que es el predominante en esta estimación, se prevé impacte en el 93.71% (5,279.53 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las zonas de riesgo con niveles más altos.

Tabla 46. 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	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

Mapa 171. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

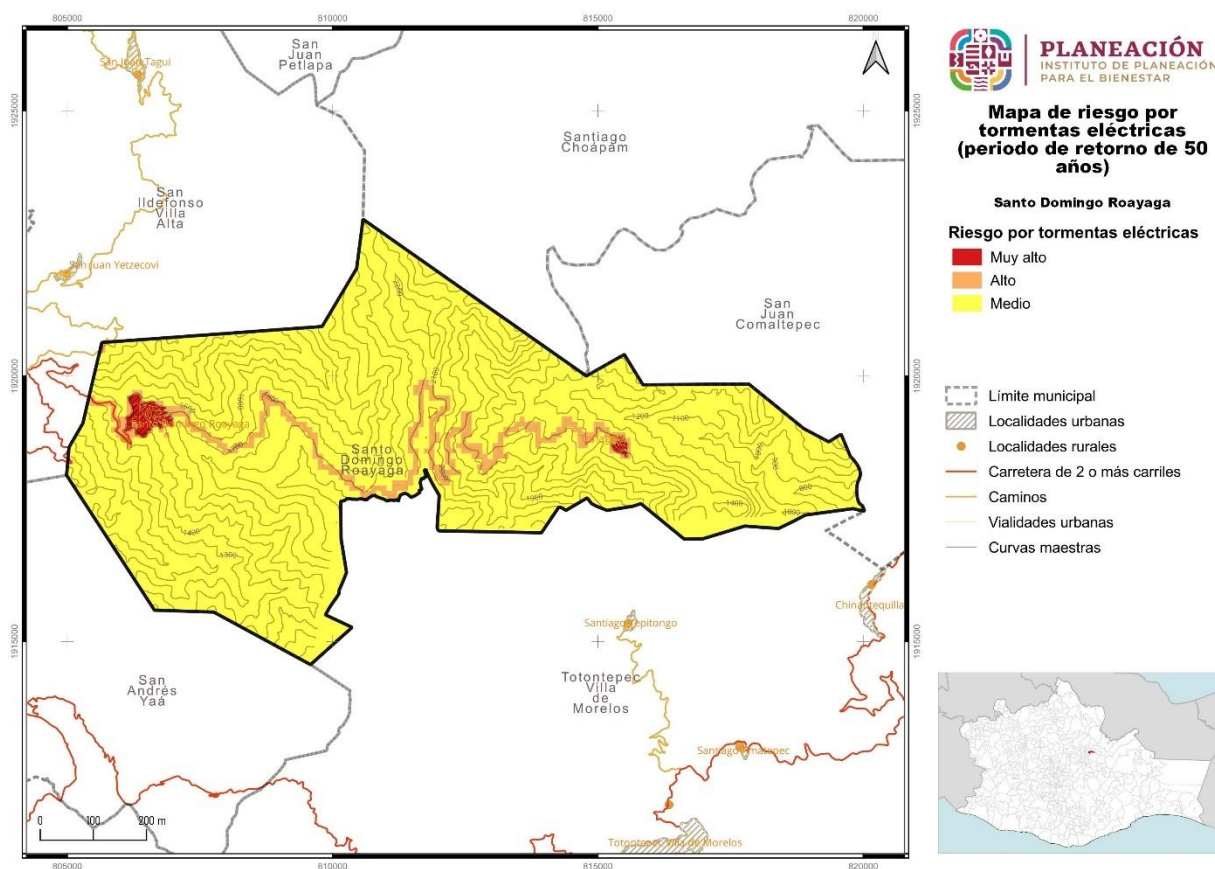


V.9.3.6 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas eléctricas que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por tormentas eléctricas muestra niveles que van del muy alto al medio.

Mapa 172. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio



El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad de la cabecera municipal y la mayor parte de la localidad de Tonaguía se estima se presente en 47.28 has. que representan el 0.84% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 5.45% (307.08



has.) del territorio municipal ubicándose en pequeñas áreas en la periferia de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía además del área de la carretera que conduce a esta última; el nivel de riesgo medio que es el predominante en esta estimación, se prevé impacte en el 93.71% (5,279.53 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las zonas de riesgo con niveles más altos.

Tabla 47. 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	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

V.9.3.7 Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 100 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 100 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 1 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas eléctricas que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 100 años, el riesgo por tormentas eléctricas muestra niveles que van del muy alto al medio. El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad de la cabecera municipal y la mayor parte de la localidad de Tonaguía se estima se presente en 47.28 has. que representan el 0.84% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 5.45% (307.08 has.) del territorio municipal ubicándose en pequeñas áreas en la periferia de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía además del área de la carretera que conduce a esta última; el nivel de riesgo medio que es el predominante en esta estimación, se prevé impacte en el 93.71% (5,279.53 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las zonas de riesgo con niveles más altos.

Tabla 48. 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	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71



Mapa 173. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

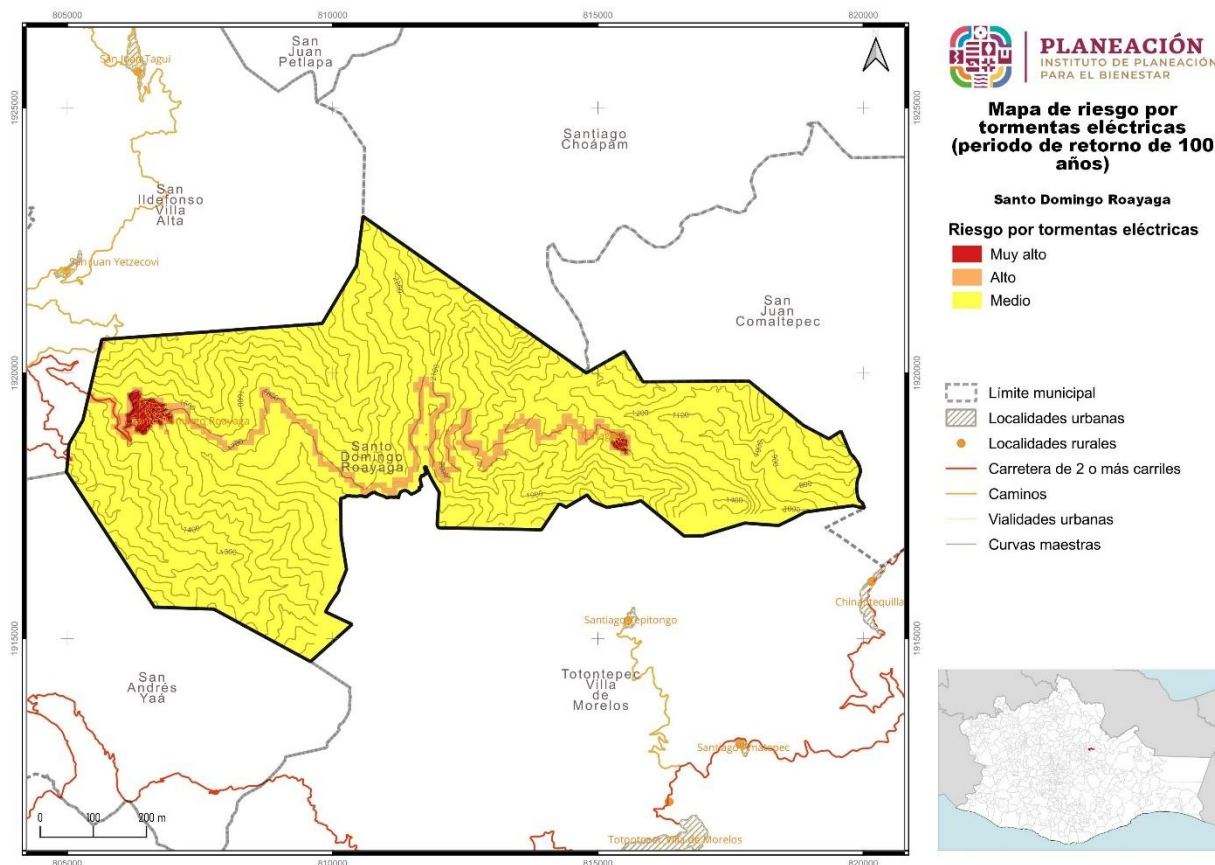


Tabla 49. Riesgos en el municipio por mecanismos de hundimientos

Riesgo por fenómenos hidro-meteorológicos	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Inundaciones pluviales			99.32	0.84	
Precipitación máxima			93.71	5.45	0.84
Precipitación máxima para un PR 24 horas			93.89	5.27	0.84
Precipitación máxima para un PR 2 años			93.71	5.45	0.84
Precipitación máxima para un PR 5 años			93.71	5.45	0.84
Precipitación máxima para un PR 10 años			93.71	5.45	0.84
Precipitación máxima para un PR 25 años			93.71	5.45	0.84
Precipitación máxima para un PR 50 años			93.71	5.45	0.84
Inundaciones fluviales (No aplica)		99.16	0.84		
Inundaciones costeras (No aplica)			99.14	0.86	
Ciclones tropicales	9.7	79.35	10.58	0.36	
Tormentas eléctricas			98.23	1.08	0.69
Tormentas eléctricas para un PR 2 años			97.19	2.12	0.69
Tormentas eléctricas para un PR 5 años			93.71	5.45	0.84
Tormentas eléctricas para un PR 10 años			93.71	5.45	0.84
Tormentas eléctricas para un PR 25 años			93.71	5.45	0.84
Tormentas eléctricas para un PR 50 años			99.32	0.84	
Tormentas eléctricas para un PR 100 años			93.71	5.45	0.84

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024

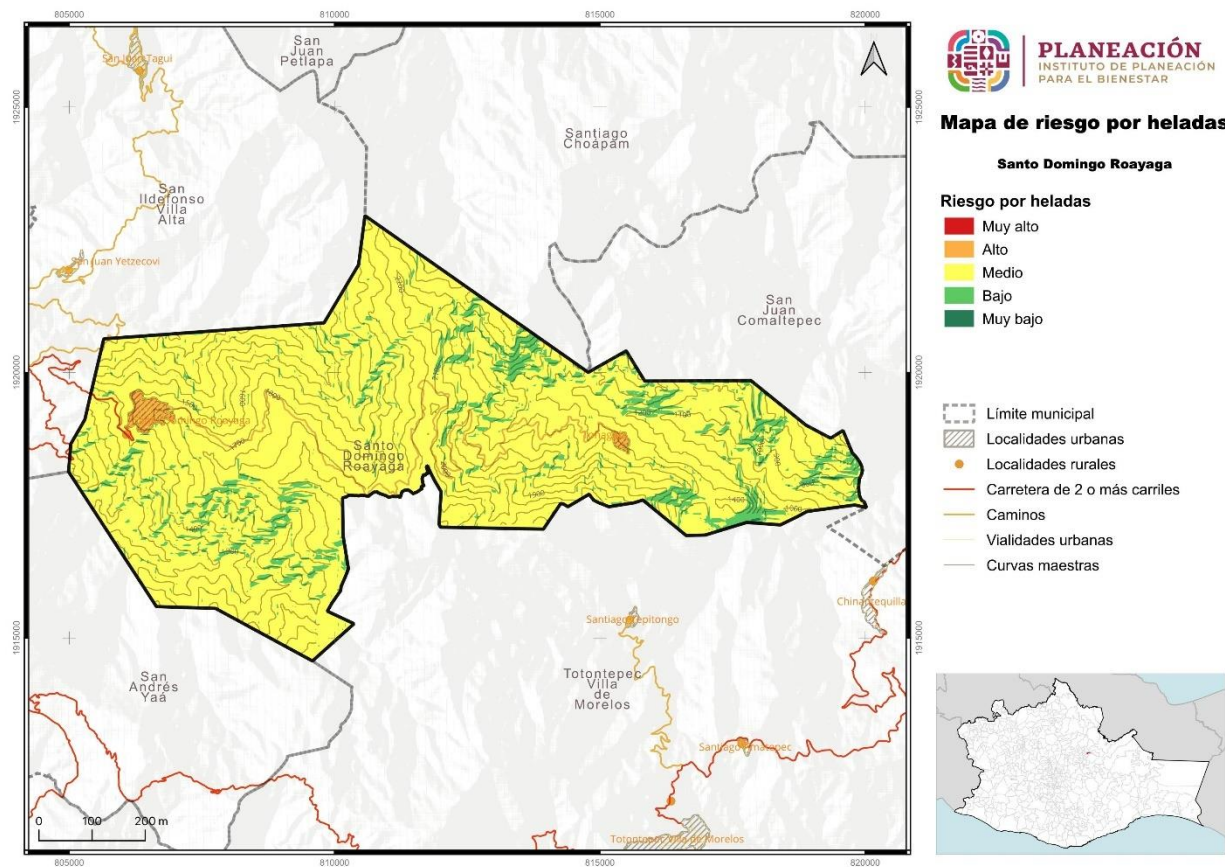
Con relación a las distintas estimaciones presentadas de acuerdo a los diferentes periodos de retorno, se observa que la mayor parte del territorio tiene niveles de riesgo entre bajo y medio para los fenómenos hidrometeorológicos, sin embargo de acuerdo al análisis cartográfico destacan los niveles de riesgo alto y muy alto en áreas máximas de 5.45 y 0.84% de la superficie municipal respectivamente que sería de suma importancia reducir o mitigar, ya que, de acuerdo a las ubicaciones de este riesgo en los mapas, las zonas de afectación son las zonas urbanizadas del municipio o bien, las carreteras que comunican a ellas.

V.9.4 Ondas gélidas

V.9.4.1 Riesgo por heladas por temperaturas mínimas

En lo relativo al riesgo por heladas, los niveles de riesgo son variados. El nivel predominante es el riesgo medio que se estima se presente en 4,992.25 has. que representan el 88.61% de la extensión municipal cubriendo la mayor parte del territorio.

Mapa 174. Riesgo por heladas o temperaturas mínimas en el municipio





Sin embargo, el nivel de riesgo alto y la pequeña área con nivel de riesgo muy alto, se estima que se presenten en los lugares con asentamientos humanos cubriendo la totalidad de las áreas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía acumulando una cobertura del 0.84% del territorio municipal equivalente a 47.12 has.

Los niveles de riesgo bajo y muy bajo se estiman se presenten en pequeñas áreas aisladas distribuidas al este, noreste y sudoeste que suman 589.36 has. que representan el 10.47% del territorio municipal.

Tabla 50. Riesgo por heladas o temperaturas mínimas en el municipio

Riesgo por heladas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	0.07	0
Alto	47.05	0.84
Medio	4992.25	88.61
Bajo	582.84	10.35
Muy bajo	6.52	0.12

V.9.4.2 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 2 años

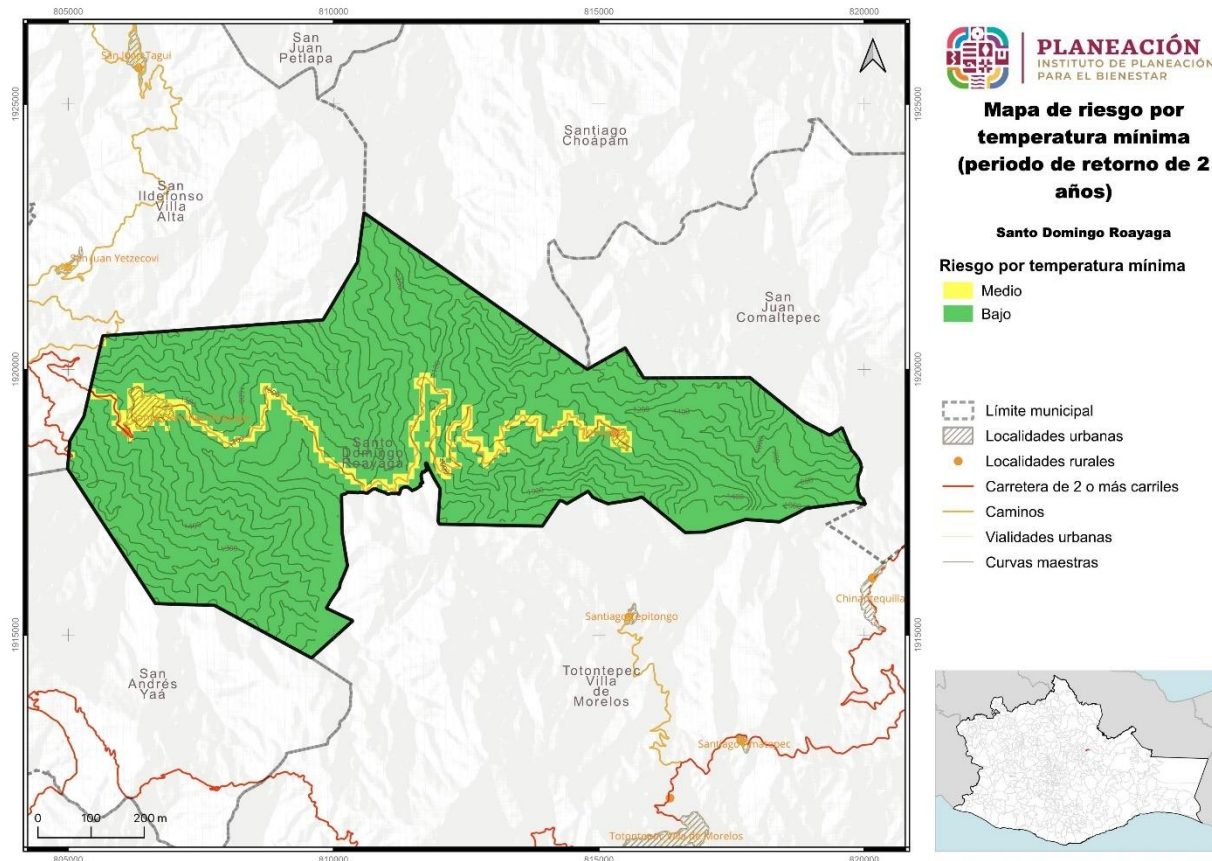
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 2 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 50 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas mínimas que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 2 años, el riesgo por temperaturas mínimas muestra niveles de medio y bajo. El nivel medio se estima en el 6.29% del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, además de considerar las áreas donde se localizan los dos caminos de acceso a ambas comunidades. En esta estimación dadas las características rurales del municipio, es mayor la parte del territorio municipal con nivel de riesgo bajo, ya que es de 5,279.53 has. que representan el 93.71% distribuidas en todo el territorio municipal.

Tabla 51. 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	354.36	6.29
Bajo	5279.53	93.71

Mapa 175. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



V.9.4.3 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 5 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas mínimas que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

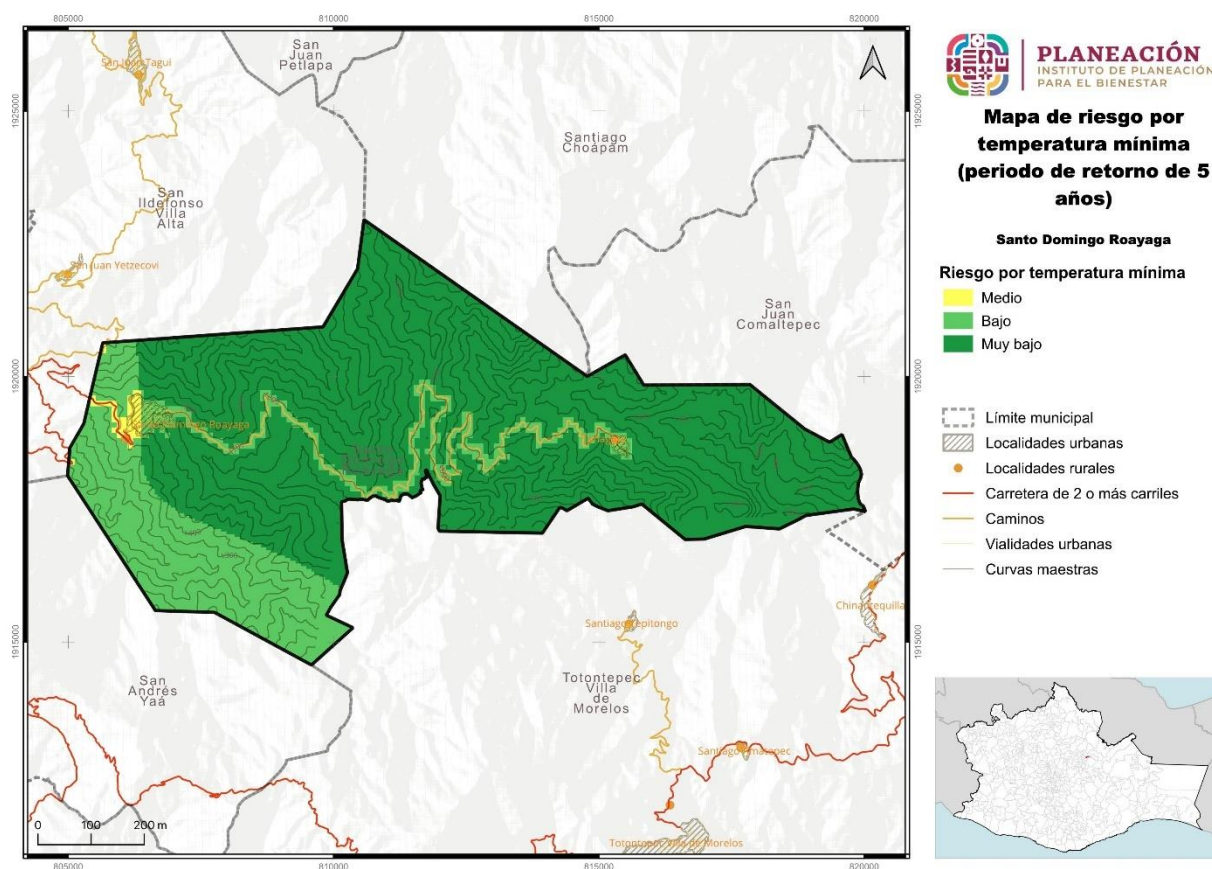
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por temperaturas mínimas muestra niveles de medio, bajo y muy bajo. El nivel medio se estima en el 0.81% (45.42 has.) del territorio municipal concentrándose en las áreas del camino de acceso y alrededor de una tercera parte del lado oeste de la localidad de San Domingo Roayaga. En esta estimación, la parte del territorio municipal con nivel de riesgo bajo se estima se presente en 1,320.75 has. que representan el 23.44% ubicadas en un área que va del oeste a sudoeste del territorio municipal. Por último, el nivel de riesgo muy bajo se localiza en el resto de la demarcación municipal

cubriendo alrededor de tres cuartas partes del lado este del municipio, el área afectada se estima que sea del 75.75% equivalentes a 4,267.71 has.

Tabla 52. 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	45.42	0.81
Bajo	1320.75	23.44
Muy bajo	4267.71	75.75

Mapa 176. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



V.9.4.4 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 10 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas mínimas que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

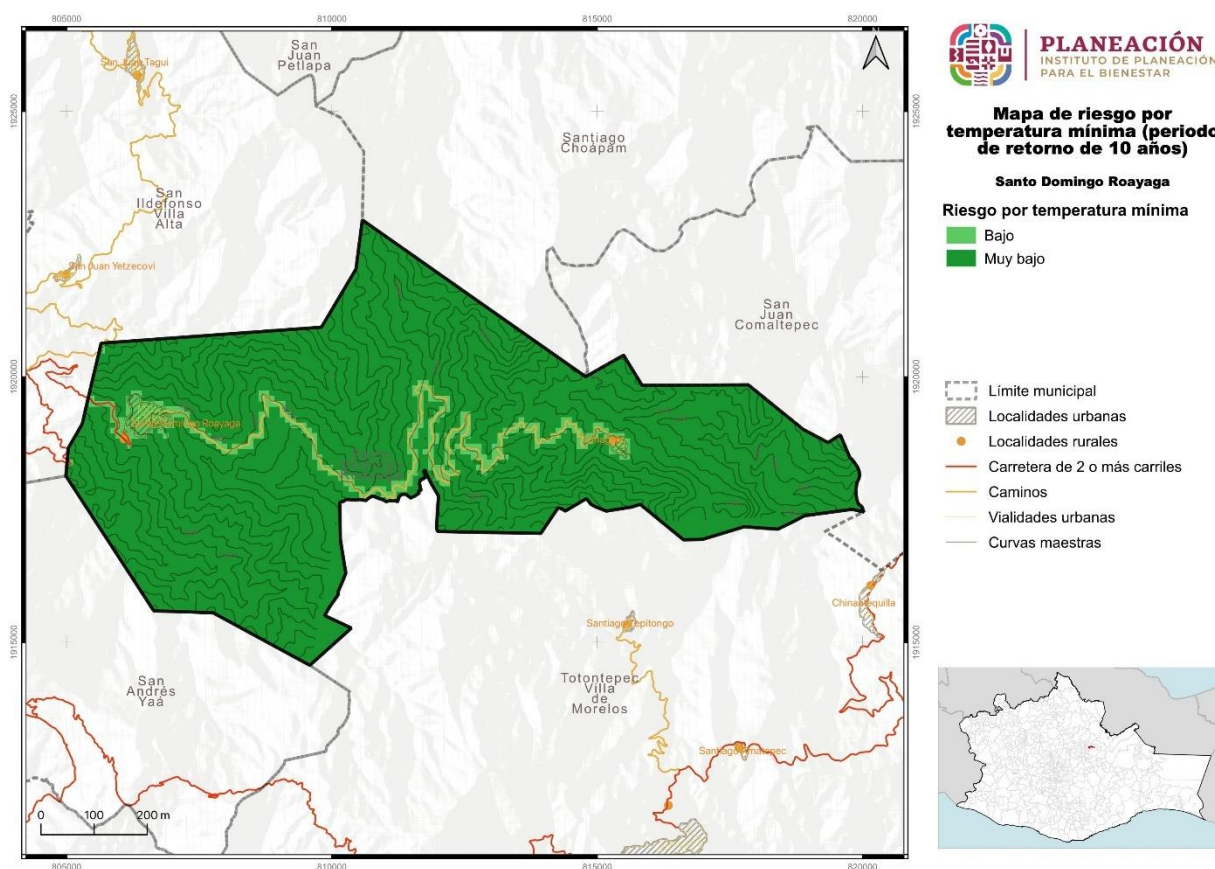


De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por temperaturas mínimas muestra niveles de bajo y muy bajo. El nivel bajo se estima en el 6.29% (354.36 has.) del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de considerar el área de las carreteras de acceso a ambas comunidades; el resto del territorio municipal se estima con nivel de riesgo muy bajo, acumulando 5,279.53 has. que representan el 93.71% de la superficie municipal.

Tabla 53. 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	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

Mapa 177. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

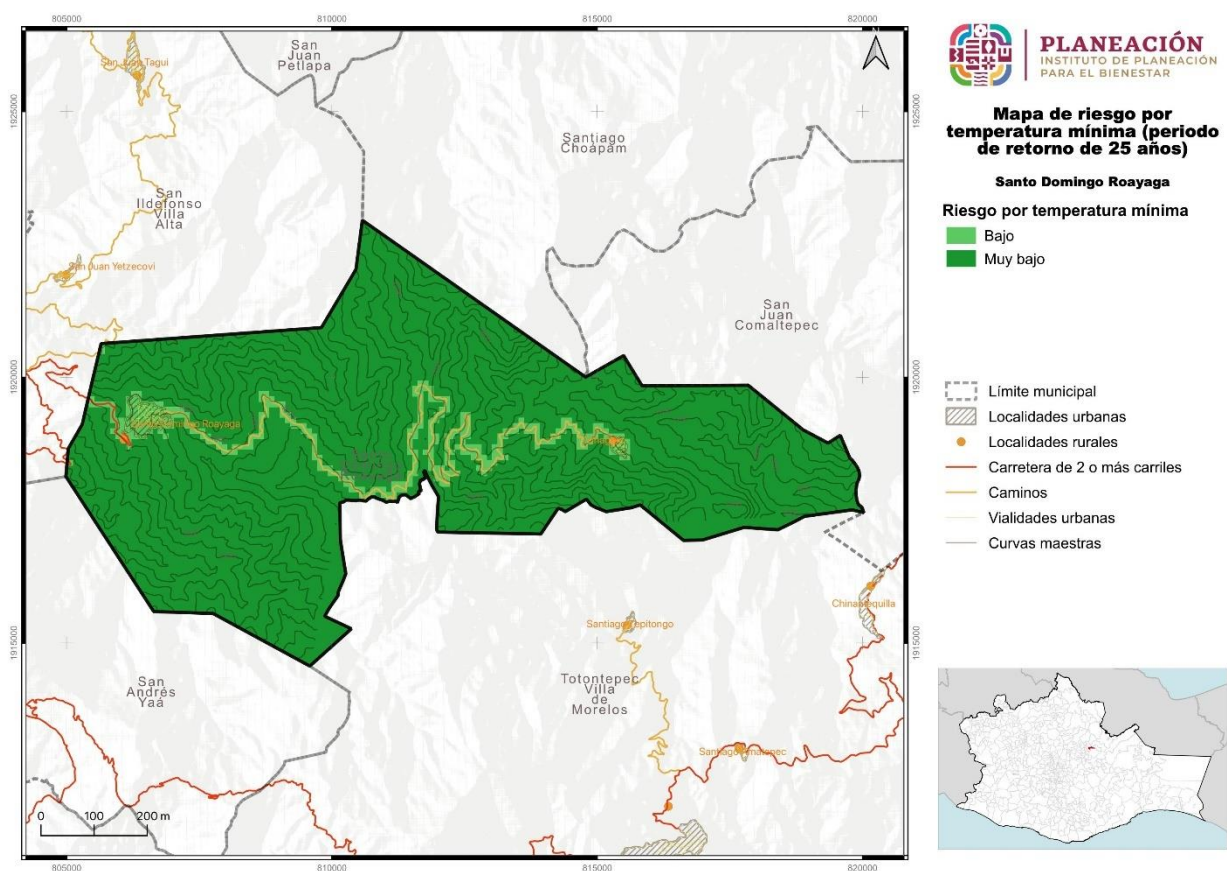


V.9.4.5 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 25 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 25 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 4 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas mínimas que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 25 años, el riesgo por temperaturas mínimas muestra niveles de bajo y muy bajo.

Mapa 178. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



El nivel bajo se estima en el 6.29% (354.36 has.) del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de considerar el área de las carreteras de acceso a ambas comunidades; el resto del territorio municipal se estima con nivel de riesgo muy bajo, acumulando 5,279.53 has. que representan el 93.71% de la superficie municipal.



Tabla 54. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

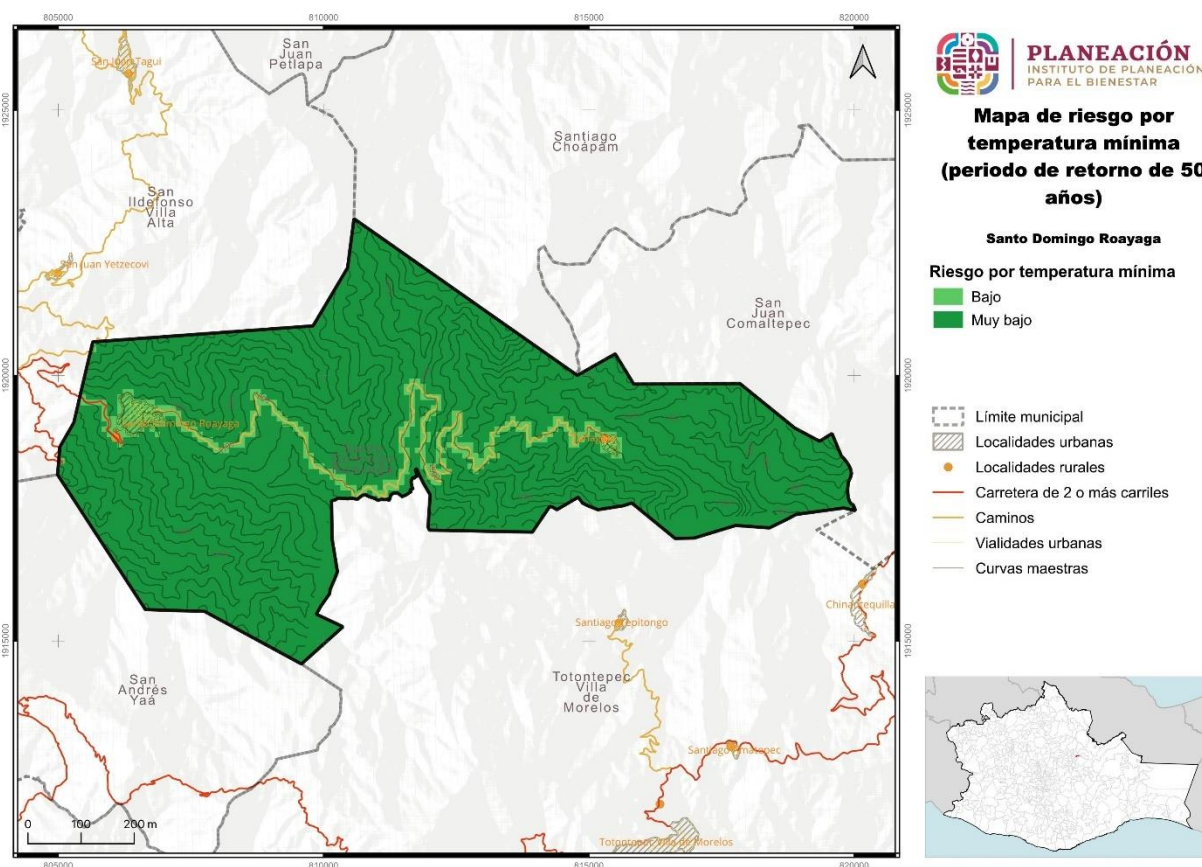
Riesgo por temperatura mínima (PR 25 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

V.9.4.6 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 50 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas mínimas que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por temperaturas mínimas muestra niveles de bajo y muy bajo.

Mapa 179. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio





El nivel bajo se estima en el 6.29% (354.36 has.) del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de considerar el área de las carreteras de acceso a ambas comunidades; el resto del territorio municipal se estima con nivel de riesgo muy bajo, acumulando 5,279.53 has. que representan el 93.71% de la superficie municipal.

Tabla 55. 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	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

V.9.4.7 Riesgo por temperaturas mínimas para un periodo de retorno de 100 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 100 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 1 vez en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas mínimas que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

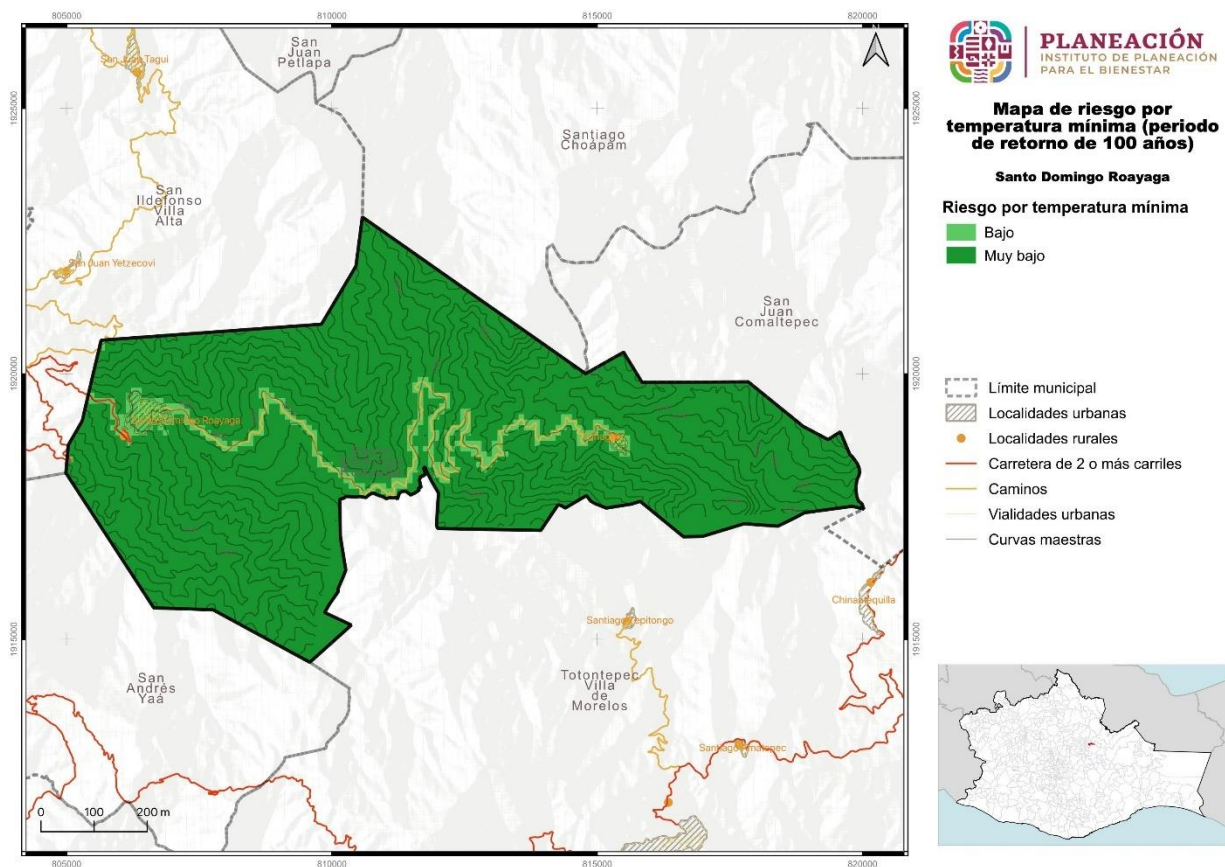
De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 100 años, el riesgo por temperaturas mínimas muestra niveles de bajo y muy bajo. El nivel bajo se estima en el 6.29% (354.36 has.) del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de considerar el área de las carreteras de acceso a ambas comunidades; el resto del territorio municipal se estima con nivel de riesgo muy bajo, acumulando 5,279.53 has. que representan el 93.71% de la superficie municipal.

Tabla 56. 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	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71



Mapa 180. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 100 años en el municipio



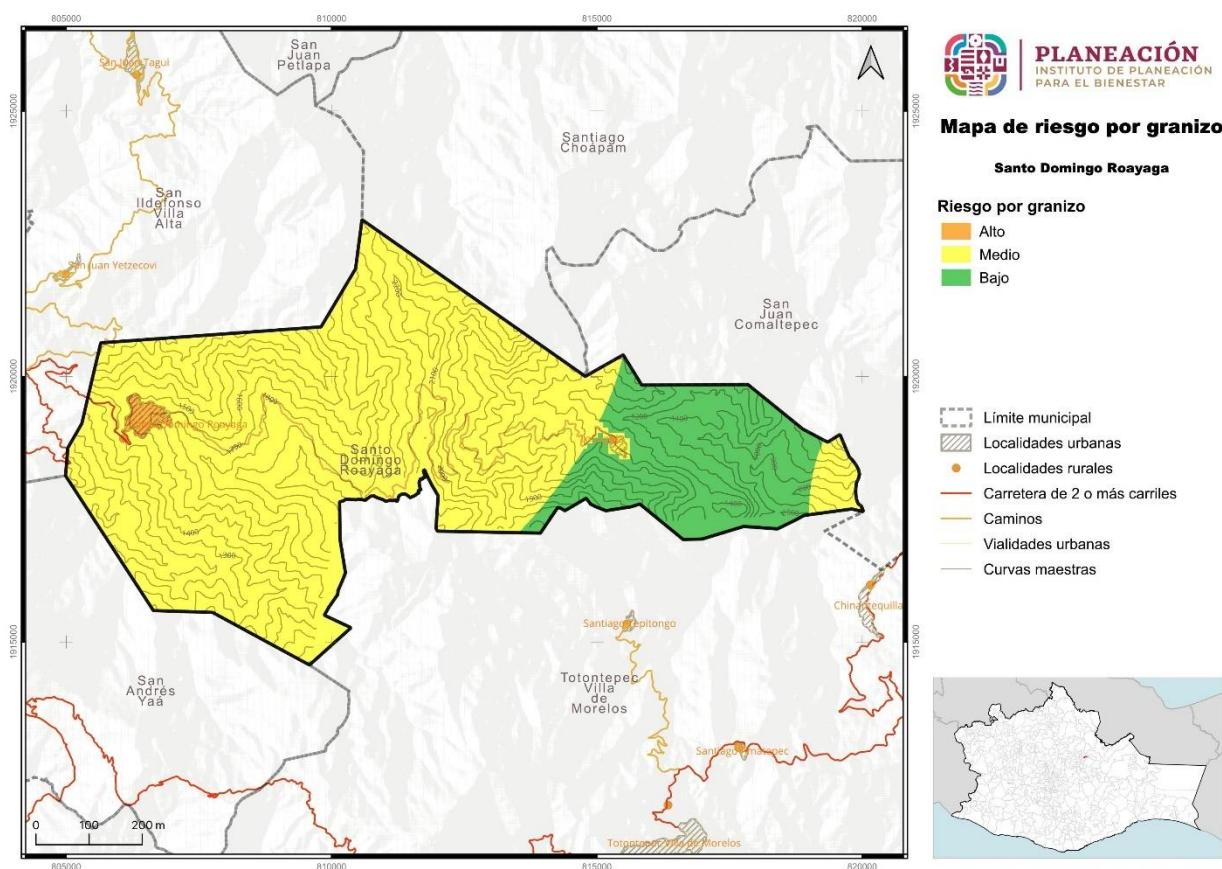
V.9.4.8 Riesgo por granizo en el municipio

En lo relativo al riesgo por días de granizo el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 86.3% (4,522.22 has.) del territorio localizándose en toda la demarcación exceptuando la cabecera municipal y un área al este de la demarcación. El nivel de riesgo bajo que afectaría al 19.02% del territorio que equivale a 1,071.78 has. se ubica al este del municipio. Por último, el nivel de riesgo alto se estima afecte 39.86 has. que representan el 0.71% del territorio cubriendo totalmente el área de la localidad de Santo Domingo Roayaga.

Tabla 57. Riesgo por granizo en el municipio

Riesgo por granizo	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	39.86	0.71
Medio	4522.22	80.27
Bajo	1071.79	19.02

Mapa 181. Riesgo por granizo en el municipio



V.9.4.9 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

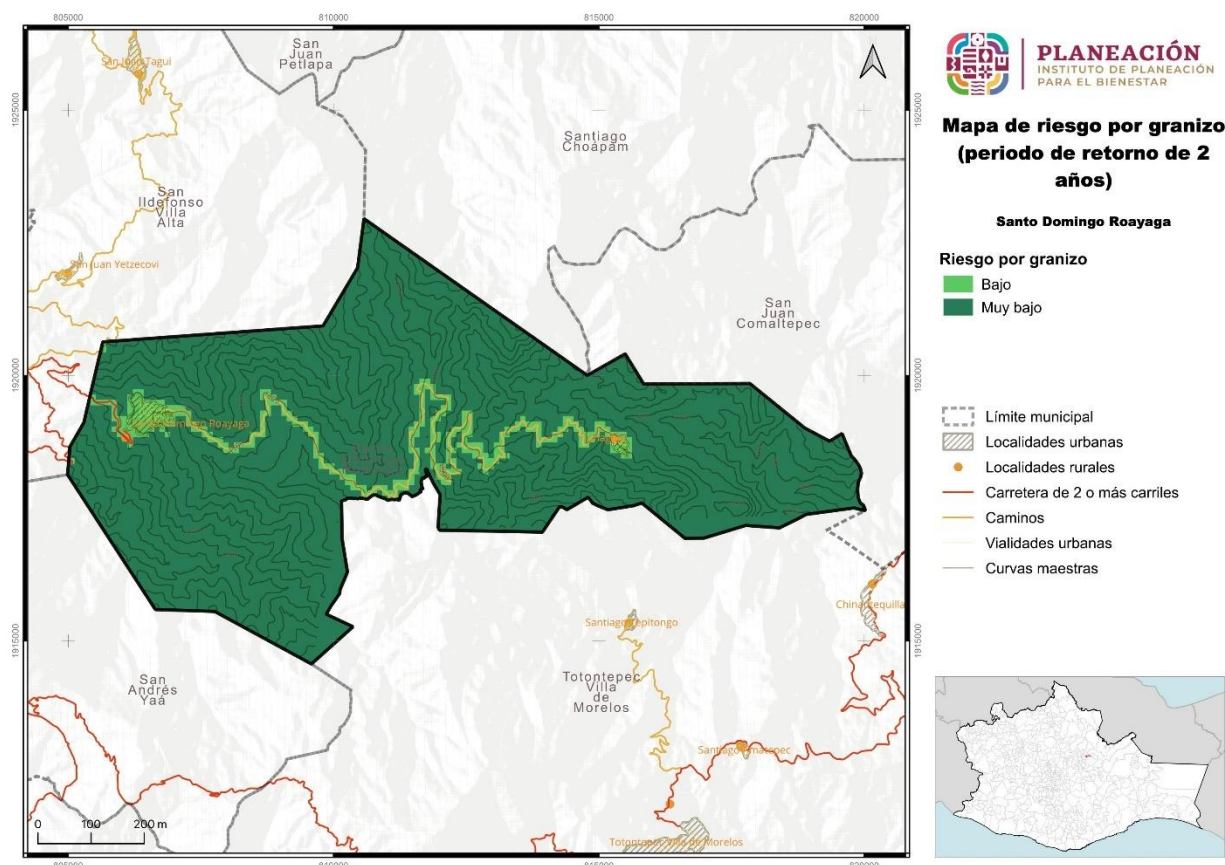
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 2 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 50 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de días de granizo que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 2 años, el riesgo por días de granizo muestra niveles de bajo y muy bajo. El nivel bajo se estima en el 6.29% (354.36 has.) del territorio municipal concentrándose en las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, además de considerar el área donde se localizan las carreteras de acceso a ambas comunidades. El nivel de riesgo muy bajo que es el predominante en esta estimación, se ubica en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio, cubriendo la totalidad de este excepto las zonas indicadas en el nivel anterior.

Tabla 58. 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	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

Gráfica 16. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



V.9.4.10 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas de granizo que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

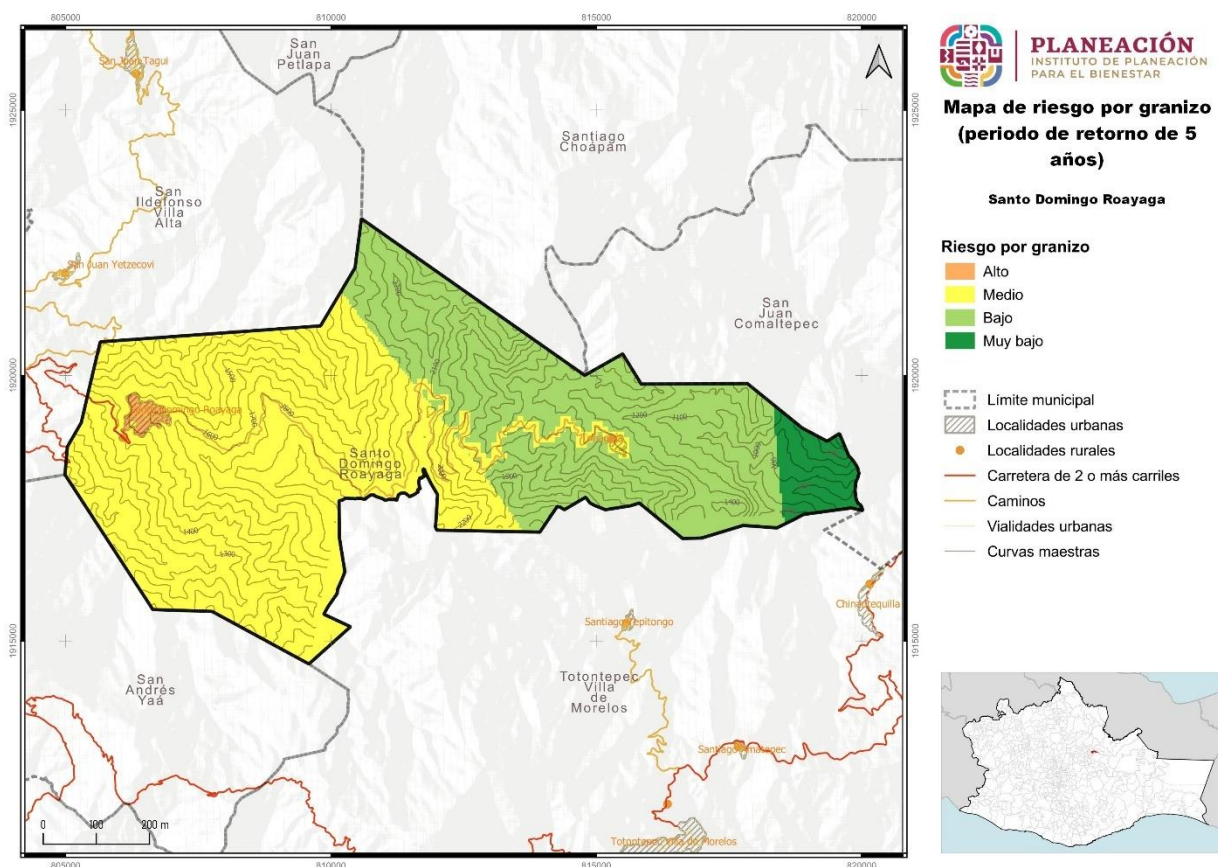


De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por tormentas de granizo muestra niveles que van del alto al muy bajo. El nivel alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad territorial del polígono de la cabecera municipal, se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo medio se estima en el 58.45% (3,293.23 has.) del territorio municipal ubicándose en poco más de la mitad oeste de la superficie municipal, cubriendo la totalidad de la localidad de Tonaguía y el área donde se ubica la carretera que llega a dicha comunidad; el nivel de riesgo bajo, se estima en el 3.88% (2,077.65 has.) de la superficie municipal ubicándose en un área al este de la municipalidad. Por último, el nivel de riesgo muy bajo se estima en un área de 224.13 has. que representa el 3.98% del territorio ubicándose al extremo este de la demarcación.

Tabla 59. 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
Alto	38.86	0.69
Medio	3293.23	58.45
Bajo	2077.65	36.88
Muy bajo	224.13	3.98

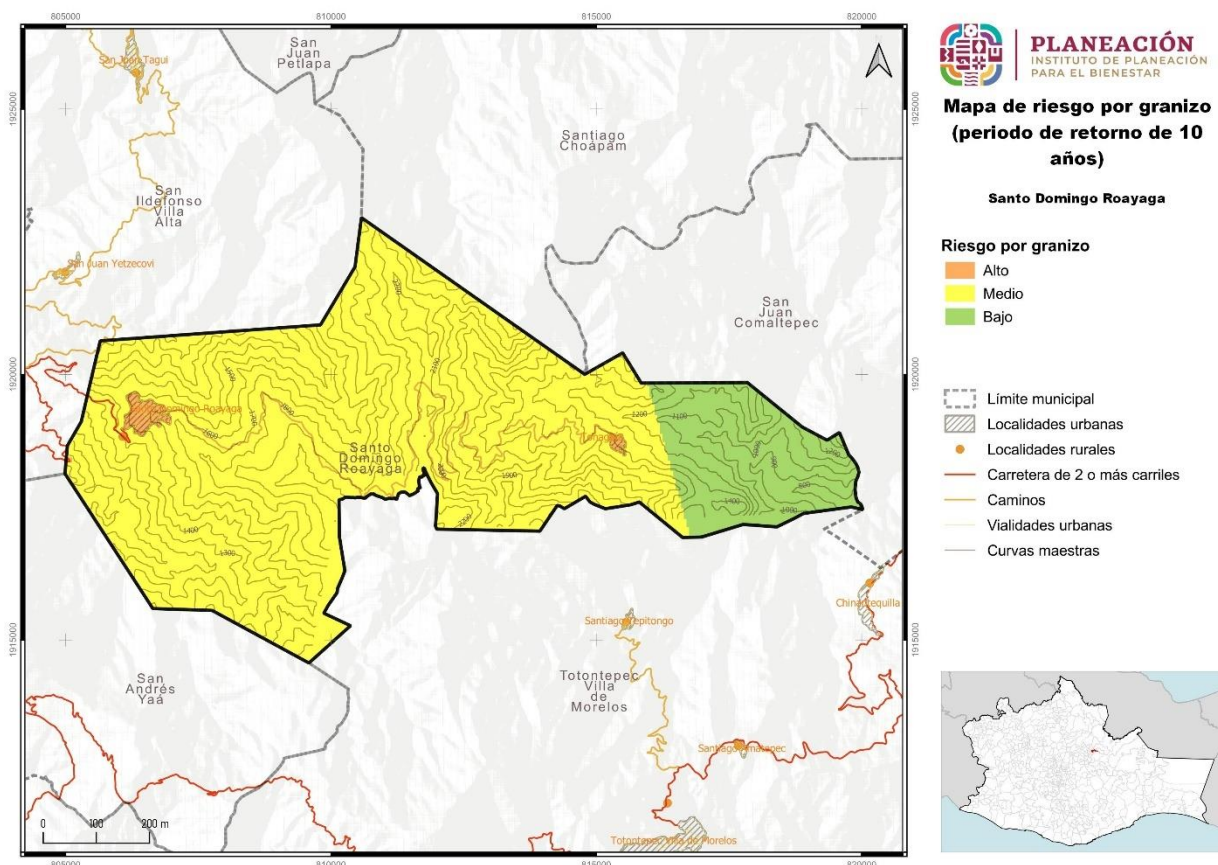
Mapa 182. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio



V.9.4.11 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas de granizo que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga. De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por tormentas de granizo muestra niveles que van del alto al bajo.

Mapa 183. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio



El nivel alto se estima en el 0.88% (49.37 has.) del territorio municipal abarcando la totalidad de las zonas habitadas de la cabecera municipal y la localidad de Tonaguía, el nivel de riesgo medio se estima afecte al 85.14% (4,796.62 has.) del territorio municipal, localizándose en poco más de las tres cuartas partes del lado oeste del municipio. Por último, el nivel de riesgo bajo se estima impacte en el 13.98% (787.87 has.) del territorio, localizándose al extremo este de la municipalidad.



Tabla 60. 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
Alto	49.37	0.88
Medio	4796.62	85.14
Bajo	787.87	13.98

V.9.4.12 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio

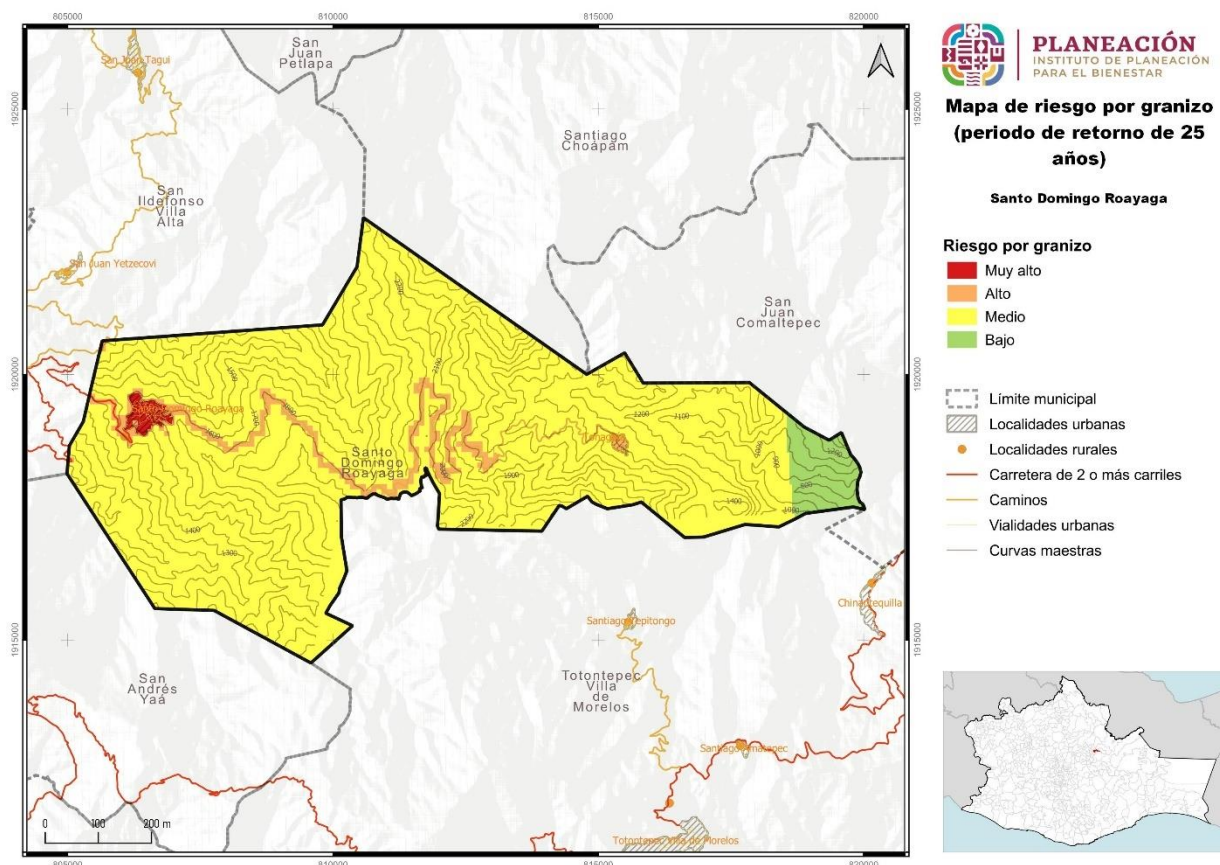
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 25 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 4 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas de granizo que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 25 años, el riesgo por tormentas de granizo muestra niveles que van del muy alto al bajo. El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad territorial del polígono de la cabecera municipal, se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 4.5% (253.43 has.) del territorio municipal cubriendo la totalidad de la localidad de Tonaguía y poco más de la mitad oeste del área donde se ubica la carretera que llega a dicha comunidad, situación que amerita una atención similar al nivel muy alto; el nivel de riesgo medio, se estima en el 91.48% (5,153.88 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto un área al este de la municipalidad. Por último, el nivel de riesgo bajo se estima en un área de 187.7 has. que representa el 3.33% del territorio ubicándose al extremo este de la demarcación.

Tabla 61. 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
Muy alto	38.86	0.69
Alto	253.43	4.5
Medio	5153.88	91.48
Bajo	187.7	3.33

Mapa 184. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



V.9.4.13 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas de granizo que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por tormentas de granizo muestra niveles que van del muy alto al bajo. El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad territorial del polígono de la cabecera municipal, se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 5.32% (299.47 has.) del territorio municipal cubriendo la totalidad de la localidad de Tonaguía y poco menos de la totalidad del área donde se ubica la carretera que llega a dicha comunidad, situación que amerita una atención similar al nivel muy alto; el nivel de riesgo medio,

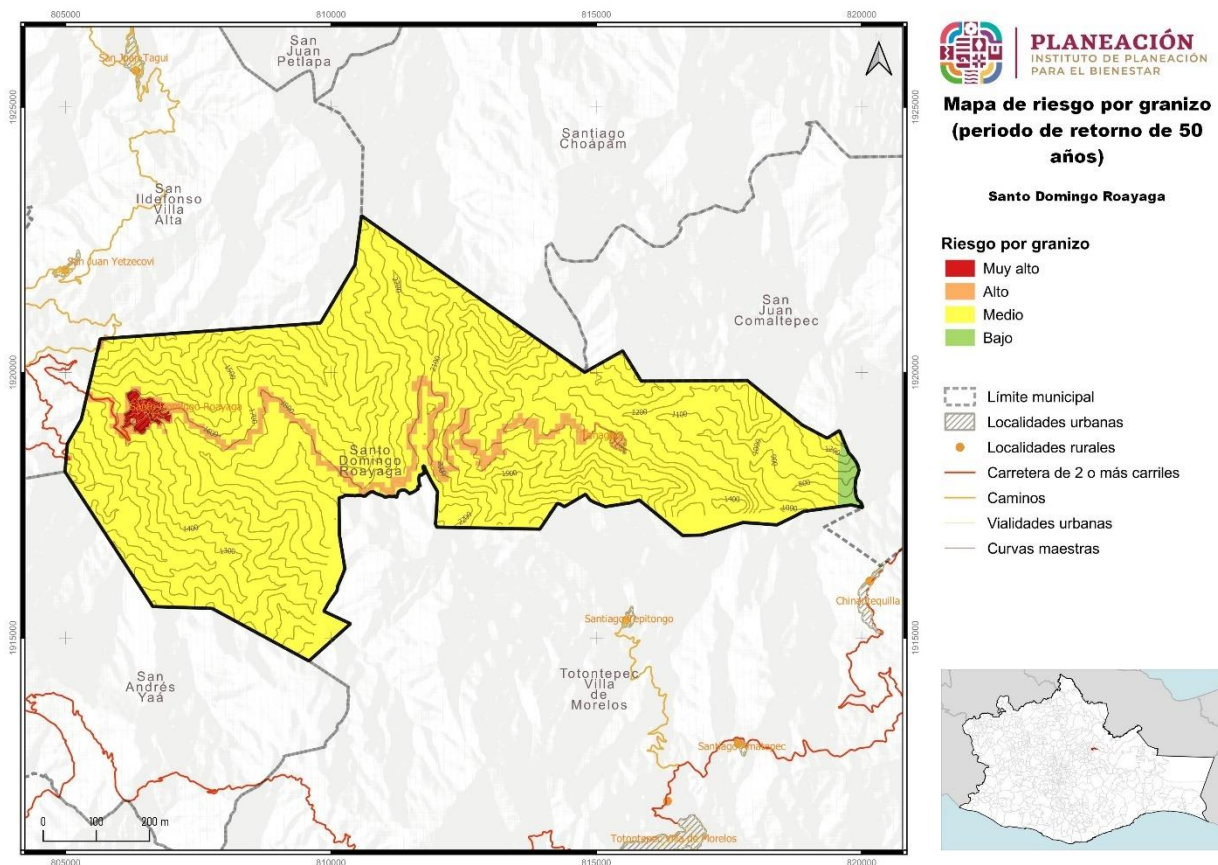


se estima en el 93.32% (5,257.71 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto un área al este de la municipalidad. Por último, el nivel de riesgo bajo se estima en un área de 37.83 has. que representa el 0.67% del territorio ubicándose al extremo este de la demarcación.

Tabla 62. 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
Muy alto	38.86	0.69
Alto	299.47	5.32
Medio	5257.71	93.32
Bajo	37.83	0.67

Mapa 185. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

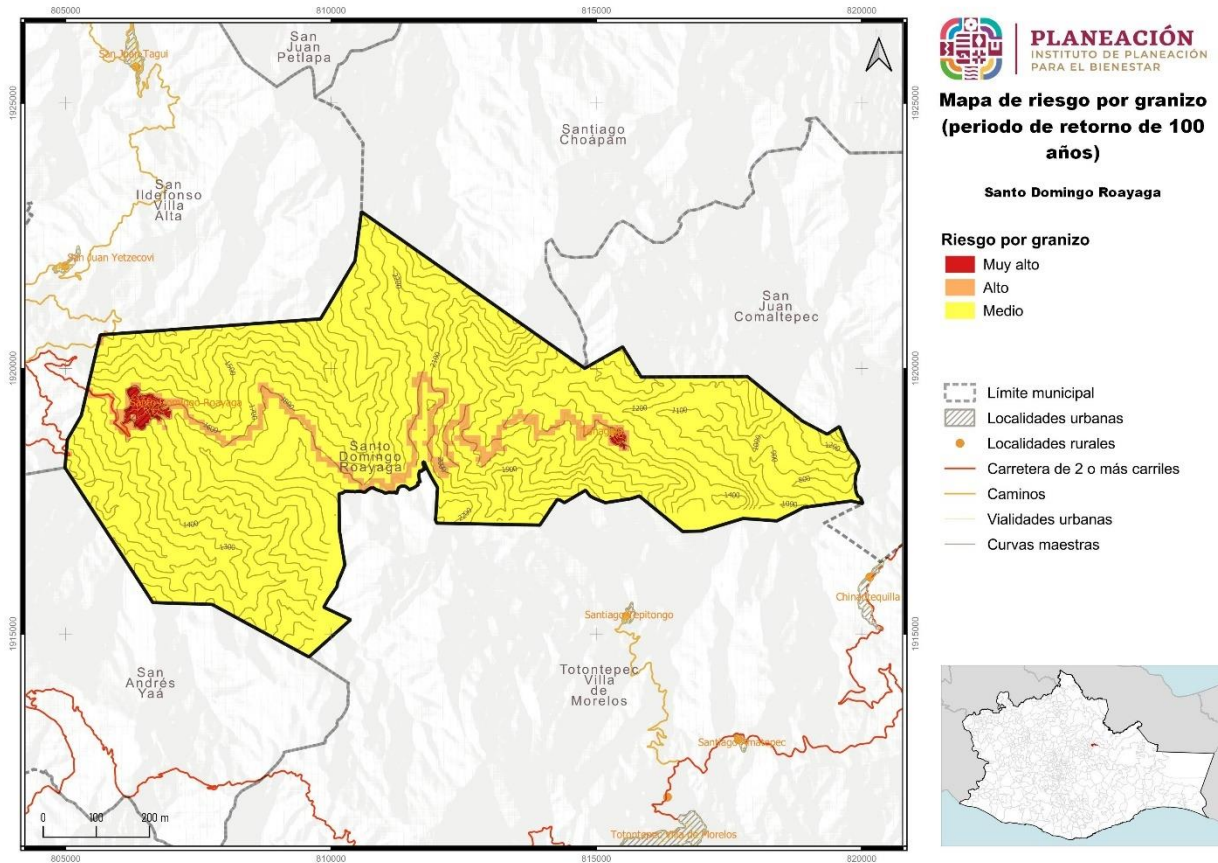


V.9.6.14 Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 100 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 1 vez en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de tormentas de granizo que pueden impactar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 100 años, el riesgo por tormentas de granizo muestra niveles que van del muy alto al medio.

Mapa 186. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio



El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad territorial de los polígonos de la cabecera municipal y Tonaguía, se estima se presente en 47.28 has. que representan el 0.84% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 5.45% (307.08 has.) del territorio municipal localizándose en la periferia de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía, además de cubrir la totalidad del área donde se ubica la carretera que llega a dichas comunidades; el nivel de riesgo medio, se estima en el 93.71% (5,279.53 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las áreas con niveles de riesgo más altos.

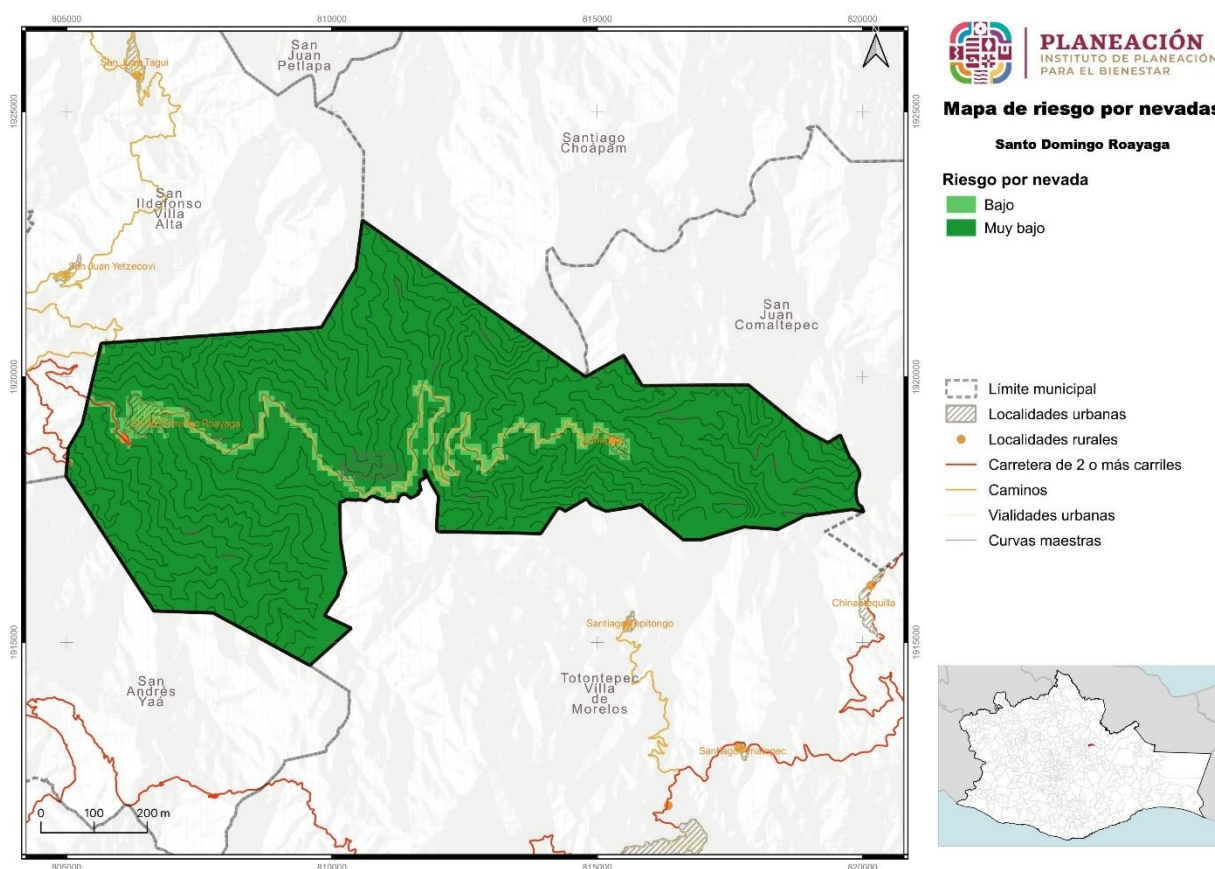
Tabla 63. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

Riesgo por granizo (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	47.28	0.84
Alto	307.08	5.45
Medio	5279.53	93.71

V.9.6.15 Riesgo por nevadas en el municipio

En lo relativo a los niveles de riesgo por nevadas en el municipio únicamente se estiman del bajo al muy bajo, predominando el segundo, ya que se calcula impacte en el 93.71% (5,279.52 has.) del territorio, ubicándolo en toda la demarcación municipal exceptuando las áreas habitadas y los caminos de acceso a la cabecera municipal y Tonaguía. Riesgo por nevadas en el municipio.

Mapa 187. Riesgo por nevada en el municipio



El nivel de riesgo bajo, se estima que afectaría al 6.29% (354.36 has.) del territorio y que impactaría principalmente en las zonas habitadas de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de las carreteras que conducen a ellas.



Tabla 64. Riesgo por nevadas en el municipio

Riesgo por nevadas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	354.36	6.29
Muy bajo	5279.52	93.71

Con relación a las distintas estimaciones presentadas de acuerdo a los diferentes periodos de retorno, se observa que la mayor parte del territorio tiene niveles de riesgo entre muy bajo y medio para los fenómenos por ondas gélidas, sin embargo de acuerdo al análisis cartográfico destacan los niveles de riesgo alto y muy alto en áreas máximas de 5.45% y 0.84% de la superficie municipal respectivamente que sería de suma importancia reducir o mitigar, ya que, de acuerdo a las ubicaciones de este riesgo en los mapas, las zonas de afectación son las zonas urbanizadas del municipio o bien, las carreteras que comunican a ellas.

Tabla 65. Riesgos en el municipio por ondas gélidas

Riesgo por ondas gélidas	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Heladas por temperaturas mínimas	0.12	10.35	88.61	0.84	0.01
Temperaturas mínimas para un PR 2 años		93.71	6.29		
Temperaturas mínimas para un PR 5 años	75.75	23.44	0.81		
Temperaturas mínimas para un PR 10 años	93.71	6.29			
Temperaturas mínimas para un PR 25 años	93.71	6.29			
Temperaturas mínimas para un PR 50 años	93.71	6.29			
Temperaturas mínimas para un PR 100 años	93.71	6.29			
Tormentas de granizo		19.02	80.27	0.71	
Tormentas de granizo para un PR 2 años	93.71	6.29			
Tormentas de granizo para un PR 5 años	3.98	36.88	58.45	0.69	
Tormentas de granizo para un PR 10 años		13.98	85.14	0.88	
Tormentas de granizo para un PR 25 años		3.33	91.48	4.5	0.69
Tormentas de granizo para un PR 50 años		0.67	93.32	5.32	0.69
Tormentas de granizo para un PR 100 años			93.71	5.45	0.84
Nevadas	93.71	6.29			

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024

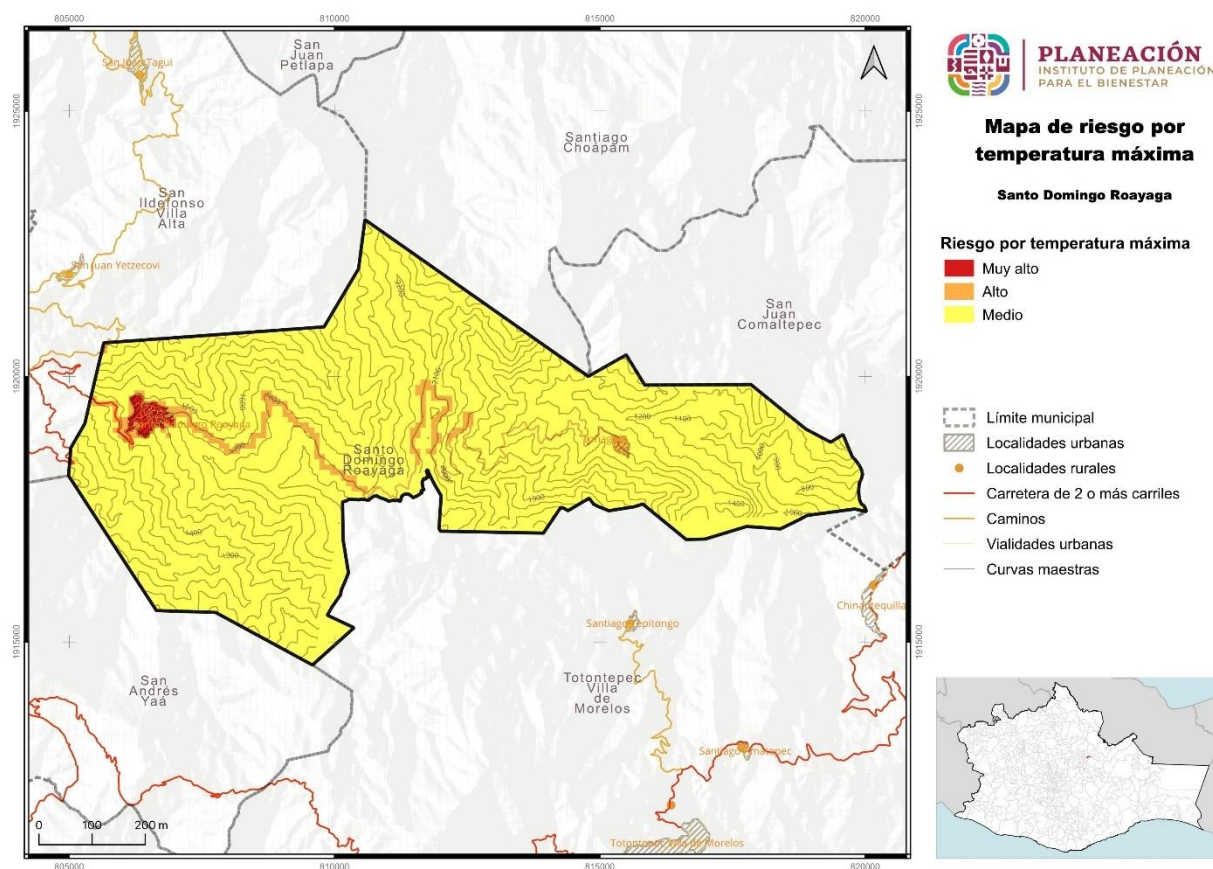
V.9.5 Ondas cálidas

Una onda calor, se define como el periodo de más de tres días consecutivos con temperaturas por arriba del promedio, esto aplica tanto para las temperaturas máximas (las que se registran entre las 14:00 y 16:00 horas) como para las mínimas (entre las 05:00 y 07:00 horas).

V.9.5.1 Riesgo por temperaturas máximas extremas

En lo relativo al riesgo por temperaturas máximas originadas por ondas de calor, el nivel de riesgo medio es el que tiene mayor presencia, ya que se presenta en el 95.98% (5,407.54 has.) del territorio localizándose en prácticamente toda la demarcación excepto las localidades y carreteras de acceso a ellas.

Mapa 188. Riesgo por temperaturas máximas en el municipio



En cobertura de afectación le sigue el nivel alto que afectaría al 3.33% (187.47 has.) del territorio y que se localiza principalmente en la localidad de Tonaguía y alrededor de la mitad de su carretera de acceso, además de la carretera de acceso a la cabecera municipal. El nivel de riesgo muy alto, a pesar de que solo afectaría al 0.69% (3886 has.) del territorio, cubre totalmente la localidad de Santo Domingo Roayaga.



Tabla 66. Riesgo por temperaturas máximas en el municipio

Riesgo por temperatura máxima	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	38.86	0.69
Alto	187.47	3.33
Medio	5407.54	95.98

V.9.5.2 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio

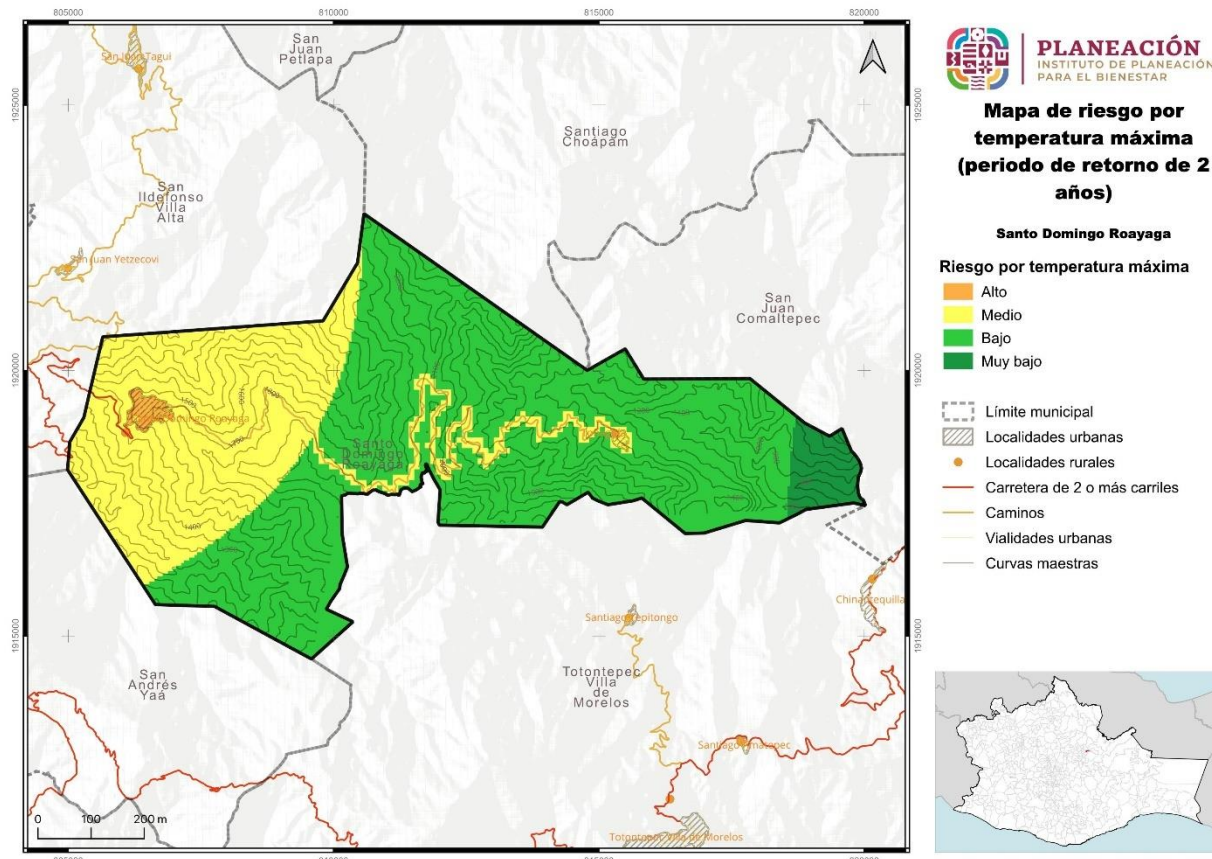
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 2 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 50 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas máximas originadas por ondas de calor, que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 2 años, el riesgo por temperaturas máximas originadas por ondas de calor muestra niveles que van del alto al muy bajo. El nivel alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad del polígono de la cabecera municipal, se estima se presente en 38.92 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo medio se estima en el 34.48% (1,942.48 has.) del territorio municipal ubicándose en alrededor de una tercera parte al oeste de la superficie municipal, cubriendo la totalidad de la localidad de Tonaguía y el área donde se ubica la carretera que llega a dicha comunidad; el nivel de riesgo bajo, se estima en el 61.53% (3,466.33 has.) de la superficie municipal ubicándose en un área que va del centro al este del municipio. Por último, el nivel de riesgo muy bajo se estima en un área de 186.14 has. que representa el 3.3% del territorio ubicándose al extremo este de la demarcación.

Tabla 67. 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
Alto	38.92	0.69
Medio	1942.48	34.48
Bajo	3466.33	61.53
Muy bajo	186.14	3.3

Mapa 189. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio



V.9.5.3 Riesgo por temperaturas máximas extremas para un periodo de retorno de 5 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 5 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 20 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas máximas originadas por ondas de calor, que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 5 años, el riesgo por temperaturas máximas originadas por ondas de calor muestra un nivel alto en una extensión territorial de 39.86 has. que representan el 0.71% del territorio cubriendo totalmente el área de la localidad de Santo Domingo Roayaga; el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 71.09% (4,005.06 has.) del territorio localizándose al lado oeste de la demarcación exceptuando la cabecera municipal, sin embargo, contempla la totalidad de la comunidad de Tonaguía. El nivel de riesgo bajo que afectaría al 28.2% del territorio que

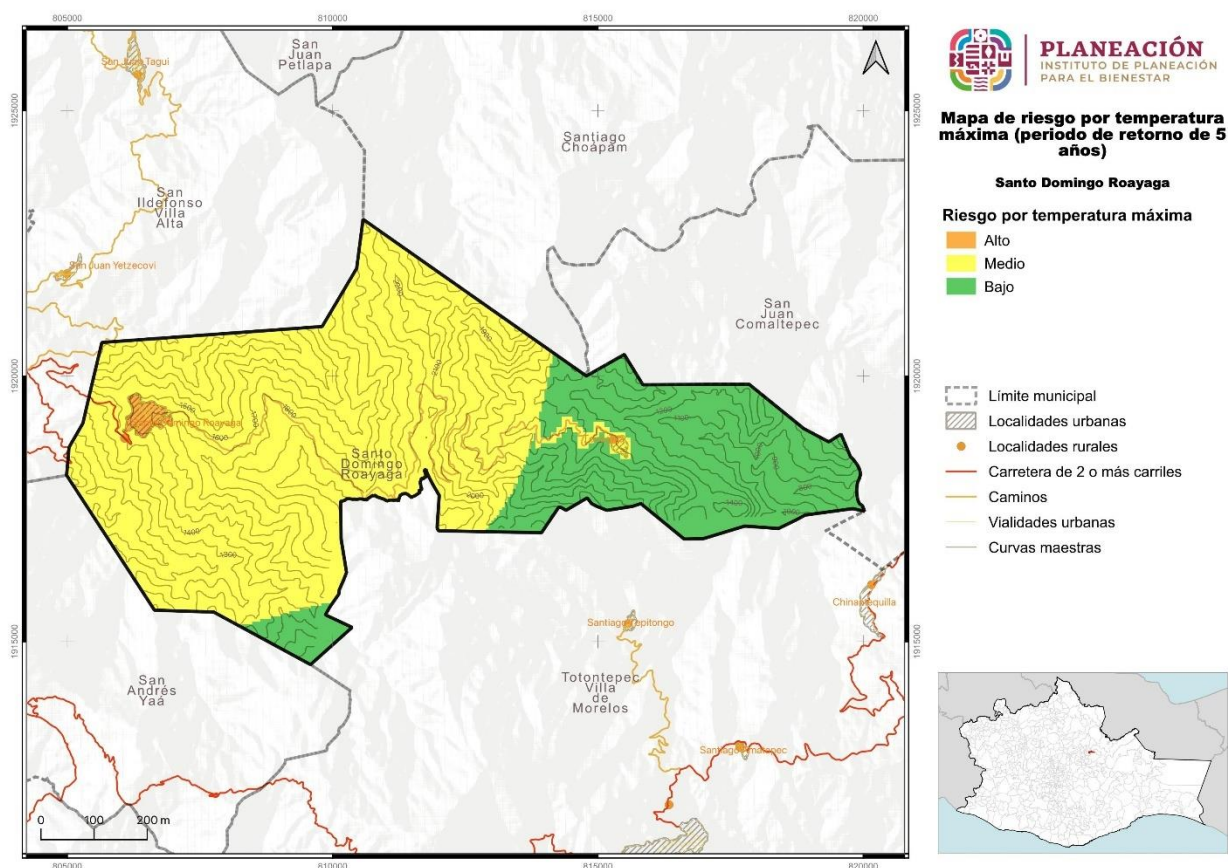


equivale a 1,588.95 has. se ubica principalmente al este, y en menor medida, al sur del municipio.

Tabla 68. 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
Alto	39.86	0.71
Medio	4005.06	71.09
Bajo	1588.95	28.2

Mapa 190. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio

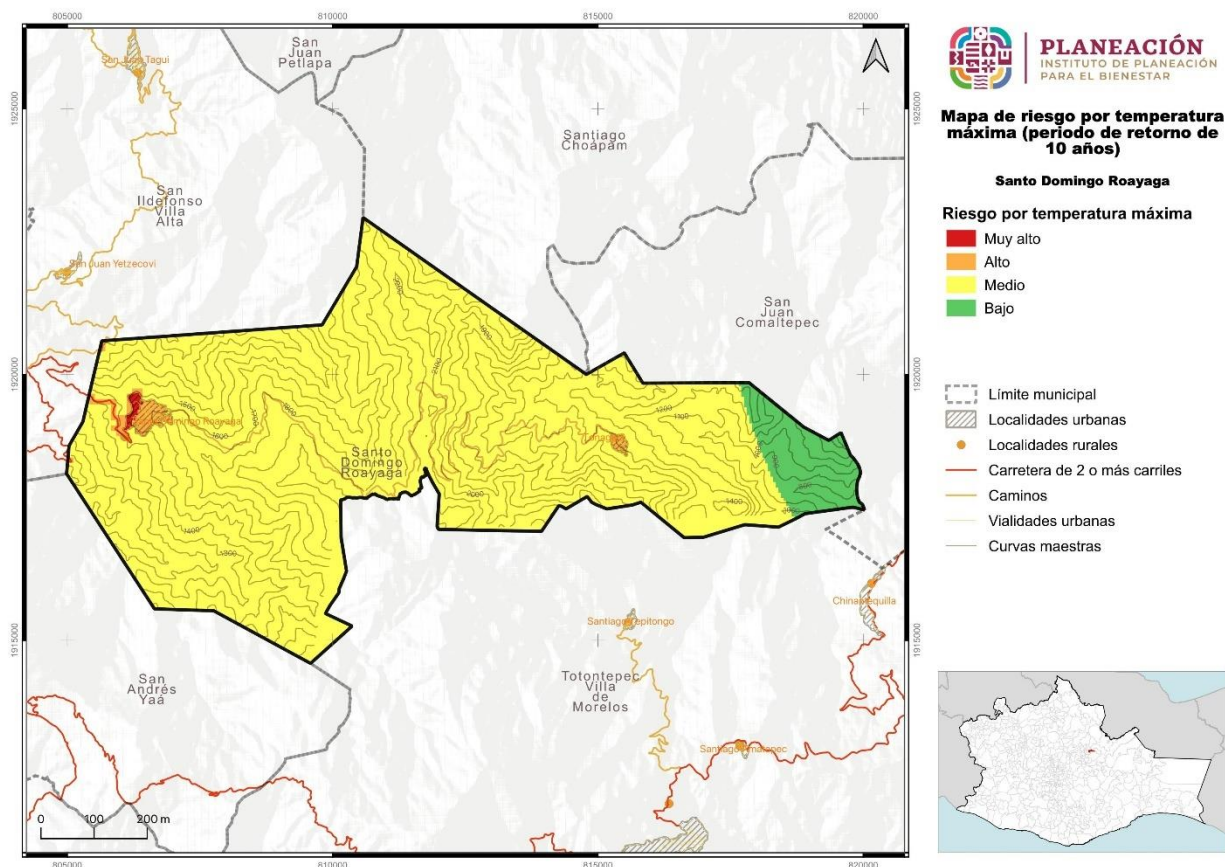


V.9.5.4 Riesgo por temperaturas máximas extremas para un periodo de retorno por 10 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 10 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 10 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas máximas originadas por ondas de calor, que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 10 años, el riesgo por temperaturas máximas originadas por ondas de calor muestra niveles que van del muy alto al bajo.

Mapa 191. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio





El nivel muy alto que implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en alrededor de una cuarta parte de la localidad de Santo Domingo Roayaga, se estima se presente en 10.97 has. que representan el 0.19% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 1.12% (63.31 has.) del territorio municipal cubriendo la totalidad de la localidad de Tonaguía y el resto de la cabecera municipal, situación que amerita una atención similar al nivel muy alto; el nivel de riesgo medio, se estima en el 93.5% (5,267.61 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto un área al este de la municipalidad. Por último, el nivel de riesgo bajo se estima en un área de 291.97 has. que representa el 5.18% del territorio ubicándose al extremo este de la demarcación.

Tabla 69. 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
Muy alto	10.97	0.19
Alto	63.31	1.12
Medio	5267.61	93.5
Bajo	291.97	5.18

V.9.5.5 Riesgo por temperaturas máximas extremas para un periodo de retorno por 25 años

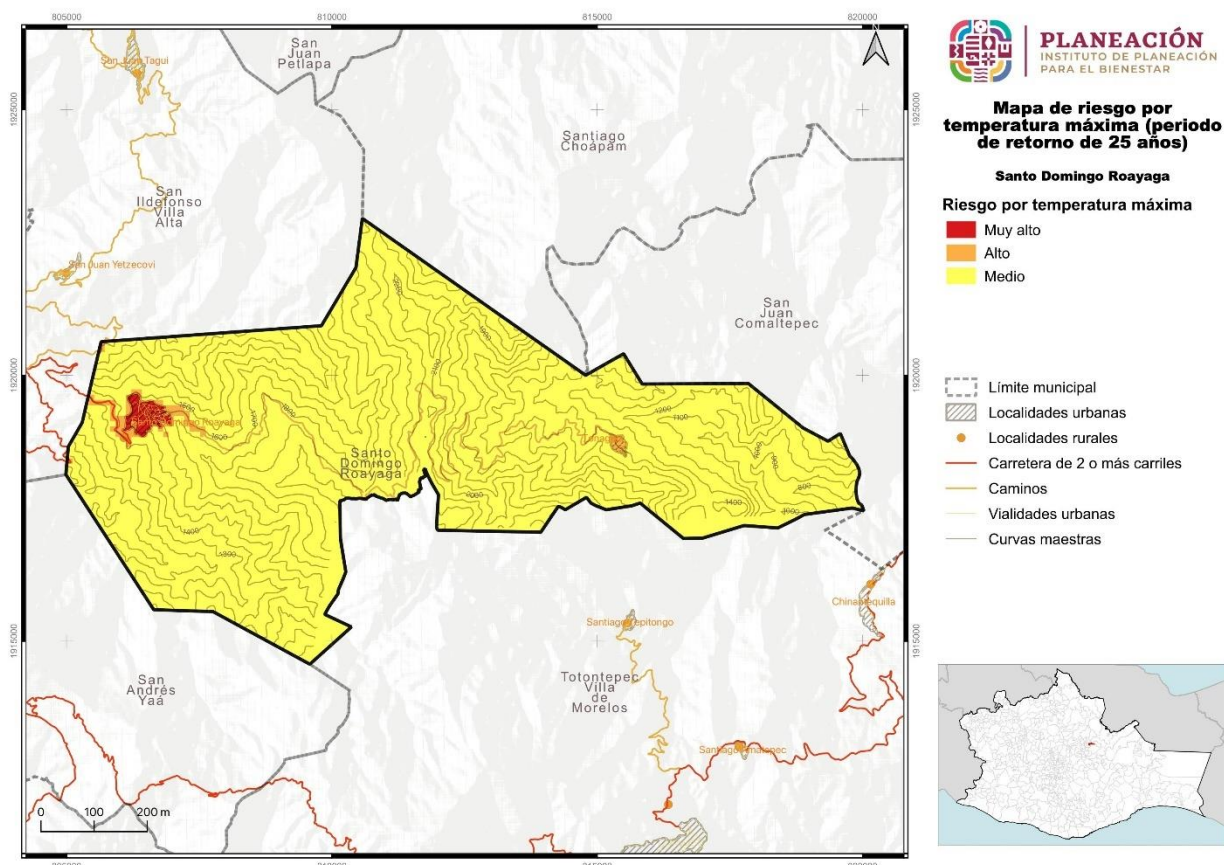
Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 25 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 4 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas máximas originadas por ondas de calor, que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 25 años, el riesgo por temperaturas máximas originadas por ondas de calor muestra niveles que van del muy alto al medio. El nivel muy alto implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad del territorio de la cabecera municipal, se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 1.13% (63.6 has.) del territorio municipal localizándose en la periferia de Santo Domingo Roayaga, además de cubrir la totalidad del área de la localidad de Tonaguía,; el nivel de riesgo medio, se estima en el 98.18% (5,531.41 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las áreas con niveles de riesgo más altos.

Tabla 70. 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
Muy alto	38.86	0.69
Alto	63.6	1.13
Medio	5531.41	98.18

Mapa 192. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio



V.9.5.6 Riesgo por temperaturas máximas extremas para un periodo de retorno por 50 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 50 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 2 veces en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas máximas originadas por ondas de calor, que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 50 años, el riesgo por temperaturas máximas originadas por ondas de calor muestra niveles que van del

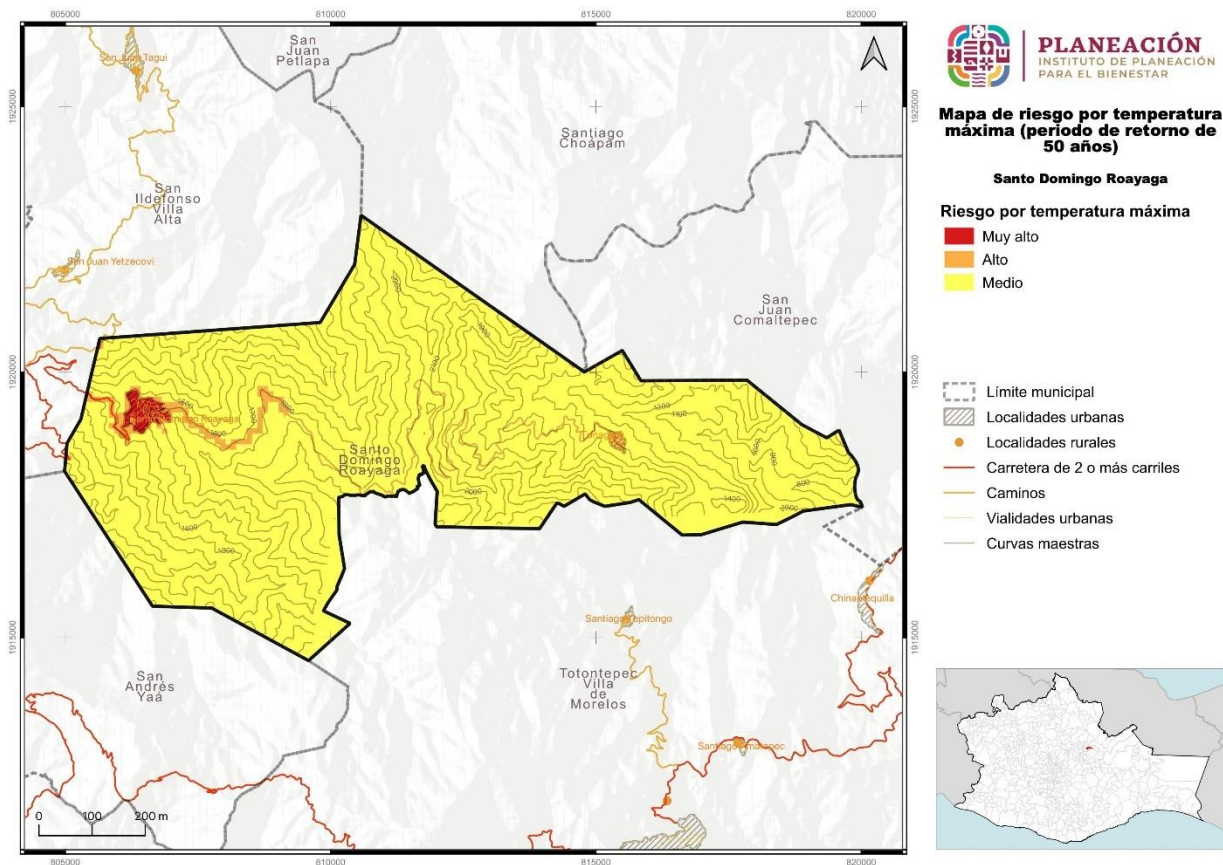


muy alto al medio. El nivel muy alto implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad del territorio de la cabecera municipal, se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 1.76% (99.17 has.) del territorio municipal localizándose en la periferia de Santo Domingo Roayaga, además de cubrir la totalidad del área de la localidad de Tonaguía y alrededor de 4 km. al oeste de la carretera que conduce a ella; el nivel de riesgo medio, se estima en el 97.55% (5,495.83 has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las áreas con niveles de riesgo más altos.

Tabla 71. 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
Muy alto	38.86	0.69
Alto	99.17	1.76
Medio	5495.83	97.55

Mapa 193. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio

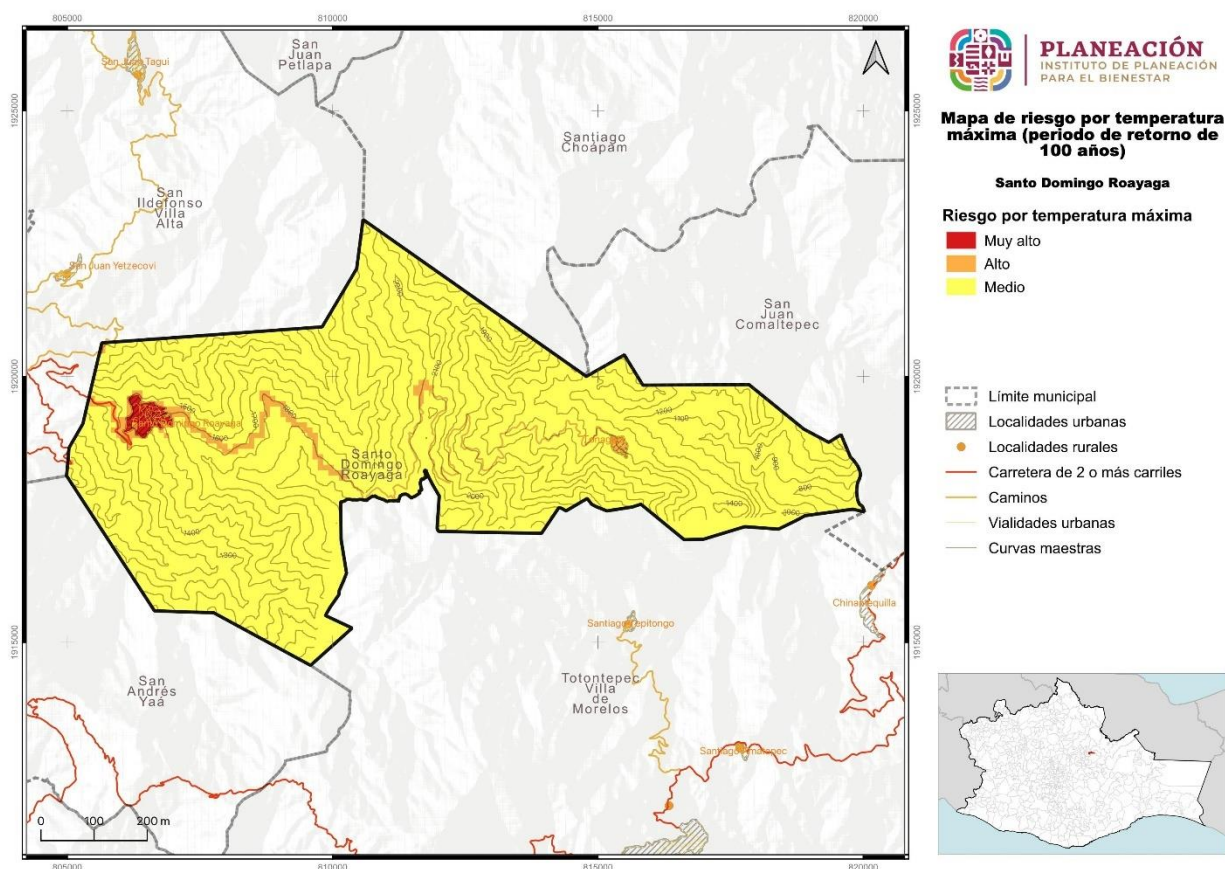


V.9.5.7 Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno por 100 años

Para estimaciones donde el periodo de retorno indicado es de 100 años, significa que el área de estudio podrá ser afectada 1 vez en un siglo en los niveles de riesgo que se indican, a consecuencia de temperaturas máximas originadas por ondas de calor, que se pueden presentar en el entorno de localidades o asentamientos humanos del municipio de Santo Domingo Roayaga.

De acuerdo con la estimación a un período de retorno de 100 años, el riesgo por temperaturas máximas originadas por ondas de calor muestra niveles que van del muy alto al medio.

Mapa 194. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio



El nivel muy alto implica poner mayor atención en la disminución o mitigación de este riesgo debido a que se localiza en la totalidad del territorio de la cabecera municipal, se estima se presente en 38.86 has. que representan el 0.69% de la extensión municipal; el nivel de riesgo alto se estima en el 2.33% (131.16 has.) del territorio municipal localizándose en la periferia de Santo Domingo Roayaga, además de cubrir la totalidad del área de la localidad de Tonaguía y alrededor de una tercera parte de la carretera que conduce a ella; el nivel de riesgo medio, se estima en el 96.98% (5,463.84



has.) de la superficie municipal ubicándose en todo el territorio excepto las áreas con niveles de riesgo más altos

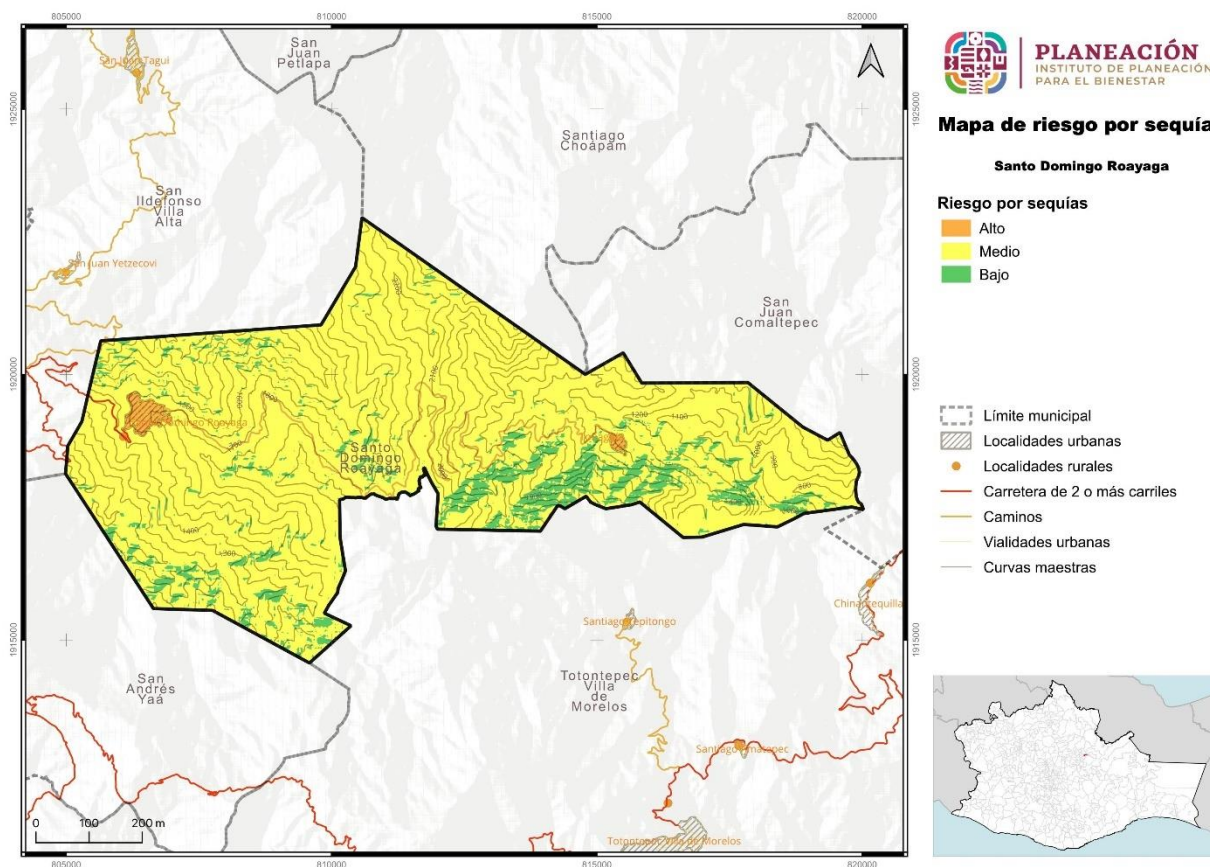
Tabla 72. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio

Riesgo por temperatura máxima (PR 100 años)	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	38.86	0.69
Alto	131.16	2.33
Medio	5463.84	96.98

V.9.6 Riesgo por sequías en el municipio

En lo relativo al riesgo por sequías, el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 89.66% (5,051.05 has.), se localiza en todo el territorio municipal exceptuando las áreas de las localidades y algunas áreas fragmentadas principalmente en la mitad sur del territorio.

Mapa 195. Riesgo por sequías en el municipio



En cobertura de afectación le sigue el nivel bajo que afectaría al 9.43% (531.2 has.) del territorio y que se localiza principalmente en áreas fragmentadas al sudeste y en



menor medida al sudoeste del municipio. El nivel de riesgo alto, aunque solo afectaría al 0.84% (47.06 has.) del territorio, se localiza en las zonas habitadas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía cubriendo la totalidad de estas.

Tabla 73. Riesgo por sequías en el municipio

Riesgo por sequía	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	47.06	0.84
Medio	5051.05	89.66
Bajo	531.2	9.43

V.9.7 Tornados (vientos fuertes)

Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta. Se origina en la base de una nube de tormenta cuando dos masas de aire de diferente temperatura, humedad y velocidad chocan entre sí formando un embudo que llega a la tierra, si toca un cuerpo de agua (río, lago, canal o el mar) se forma una tromba.

V.9.7.1 Riesgo por vientos fuertes y tornados en el municipio

En lo relativo al riesgo por vientos tornados se estiman niveles mínimos de muy bajo y bajo, predominando el segundo en el 93.71% (5,279.52 has.) del territorio municipal cubriendo la totalidad del municipio, excepto el área estimada con nivel de riesgo bajo que se prevé en el 6.29% (354.36 has.) del territorio municipal y se localiza en áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de las carreteras que conducen a ellas.

Tabla 74. Riesgo por tornados en el municipio

Riesgo por tornados	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	354.36	6.29
Muy bajo	5279.52	93.71

Con relación a las distintas estimaciones presentadas de acuerdo a los diferentes periodos de retorno, se observa que la mayor parte del territorio tiene niveles de riesgo entre bajo y medio para las ondas cálidas, sin embargo de acuerdo al análisis cartográfico destacan los niveles de riesgo alto y muy alto en áreas máximas de 3.33 y 0.69% de la superficie municipal respectivamente que sería de suma importancia reducir o mitigar, ya que, de acuerdo a las ubicaciones de este riesgo en los mapas, las zonas de afectación son las zonas urbanizadas del municipio o bien, las carreteras que comunican a ellas.



Mapa 196. Riesgo por tornados en el municipio

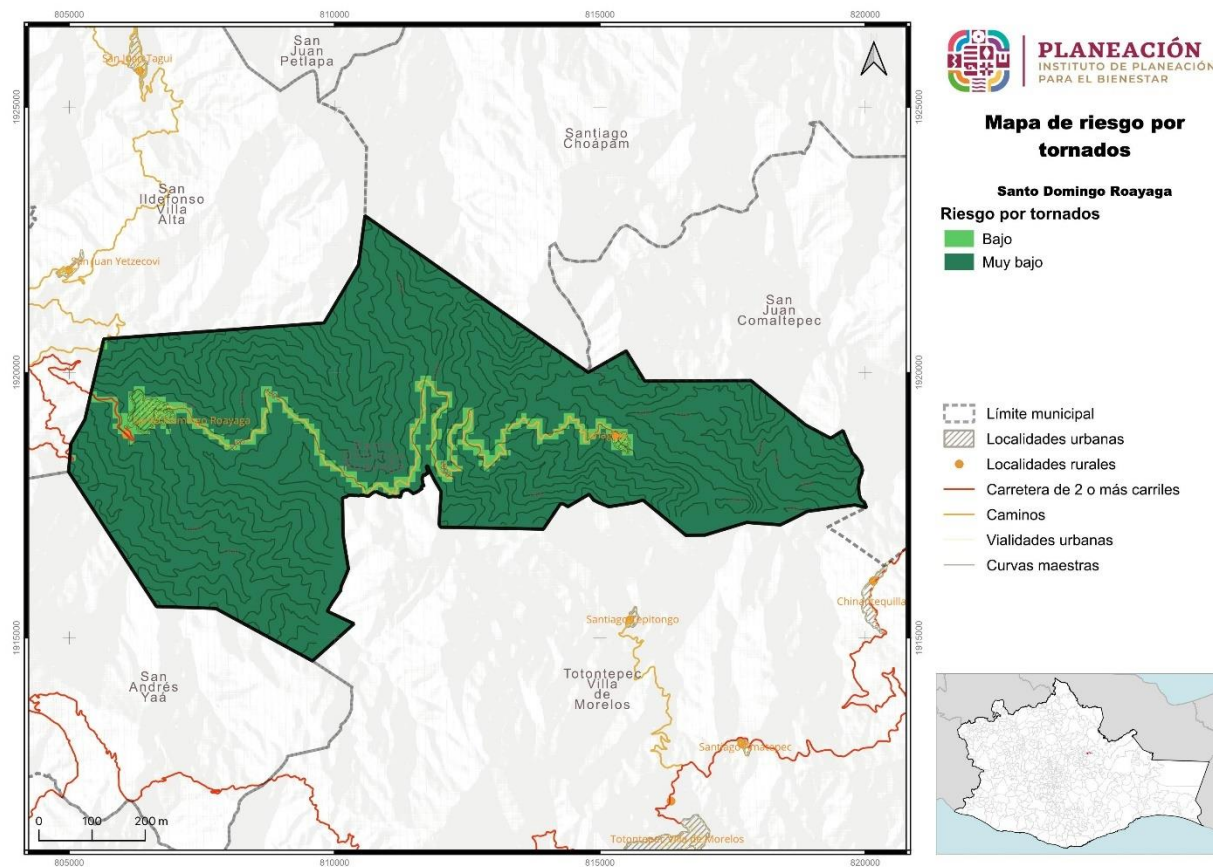


Tabla 75. Riesgos en el municipio por ondas cálidas

Riesgo por ondas cálidas	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Temperaturas máximas			95.98	3.33	0.69
Temperaturas máximas para un PR 2 años	3.3	61.53	34.48	0.69	
Temperaturas máximas para un PR 5 años		28.2	71.09	0.71	
Temperaturas máximas para un PR 10 años		5.18	93.5	1.12	0.19
Temperaturas máximas para un PR 25 años			98.18	1.13	0.69
Temperaturas máximas para un PR 50 años			97.55	1.76	0.69
Temperaturas máximas para un PR 100 años			96.98	2.33	0.69
Sequía		9.43	89.66	0.84	
Tornados	93.71	6.29			

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024



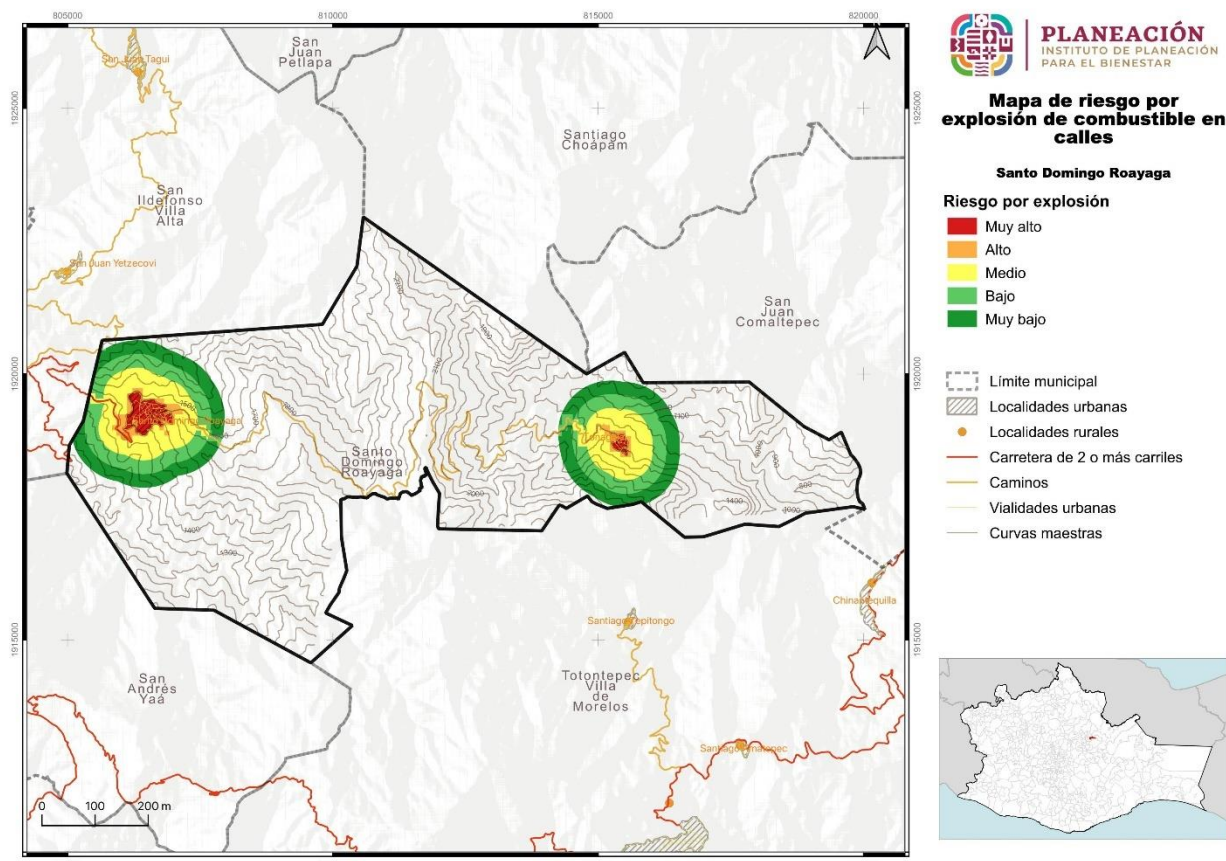
V.10 Riesgos por fenómenos químico-tecnológicos

V.10.1 Sustancias peligrosas

V.10.1.1 Riesgo por explosión de combustible en calles

En lo relativo al riesgo antropogénico por explosión de combustible en calles, los niveles de riesgo son variados, pero se derivan del riesgo muy alto que de forma natural se estima en el área urbanizada de las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía que suman 47.28 has. y que representan el 0.84% del territorio municipal.

Mapa 197. Riesgo por explosión de combustible en calles en el municipio



Los siguientes niveles de riesgo son concéntricos al nivel muy alto y se extienden en dirección contraria al centro disminuyendo su intensidad, sin embargo, el nivel de riesgo alto se estima impacte en el 0.78% (44.09 has.) del territorio, el medio en 5.47%



(307.42 has.), el bajo en 5.25% (295.04 has.) y el nivel de riesgo muy bajo impacte en el 5.93% (333.82 has.) del territorio municipal.

Tabla 76. 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	47.28	0.84
Alto	44.09	0.78
Medio	307.42	5.47
Bajo	295.04	5.25
Muy bajo	333.82	5.93

V.10.1.2 Riesgo por explosión en pequeños comercios

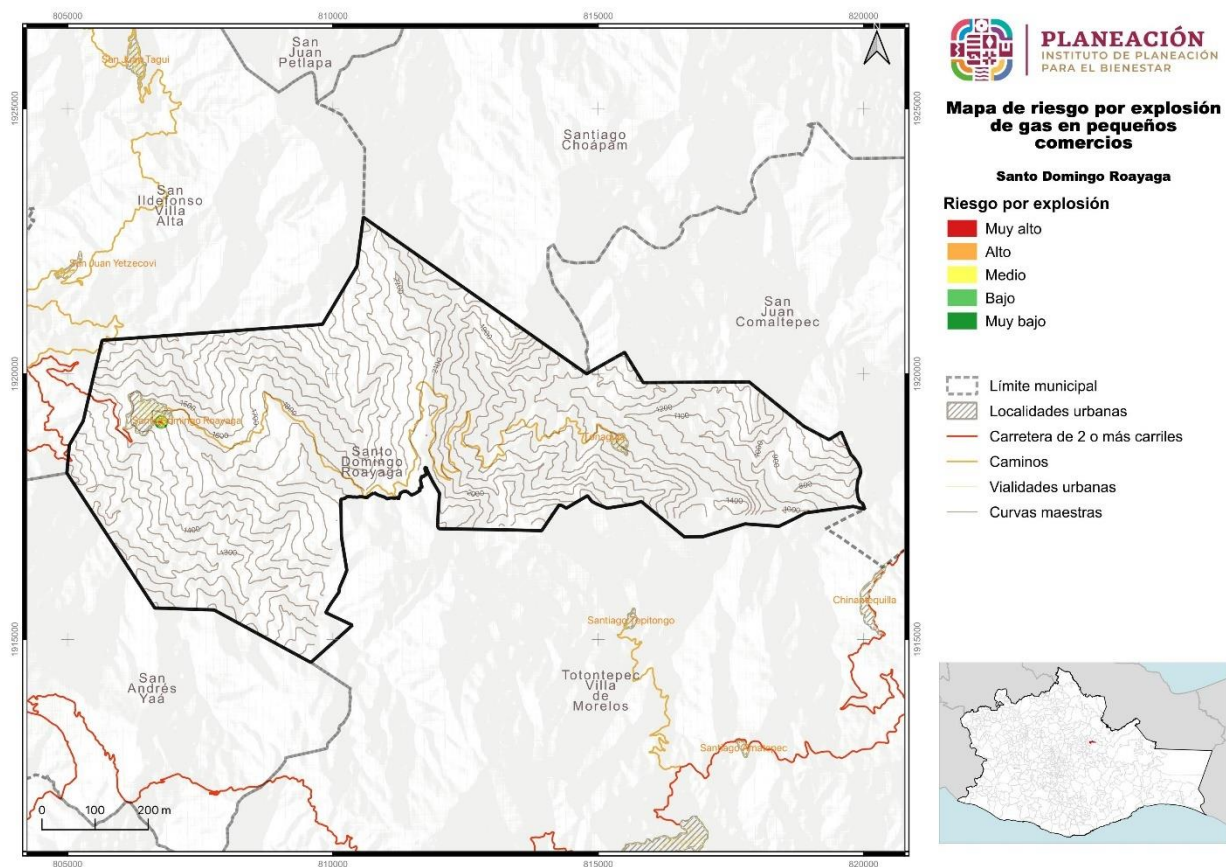
En lo relativo al riesgo antropogénico por explosión de combustible en pequeños comercios, los niveles de riesgo son variados, pero se derivan del riesgo muy alto que, de acuerdo con la cartografía analizada, se estima al sudeste del área urbanizada de la localidad de Santo Domingo Roayaga, específicamente en los puntos de venta de combustible a granel que de acuerdo con el mapa de riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio es 1. Tomando ese punto como centro de la escala de riesgos, se tiene que el riesgo muy alto se prevé en 0.08 has; el riesgo alto se estima presente en 0.67 has. y el riesgo medio en 2.01 has, extensiones que representan apenas el 0.01% y 0.04% del territorio municipal Los dos niveles de riesgo menores se prevén en áreas de 2.09 has. para el riesgo bajo y en 0.46 has. para el riesgo muy bajo.

Es importante comentar que, a la fecha de elaboración del presente Atlas de riesgo, de acuerdo a los recorridos en campo se tiene referencia de un punto adicional de venta de combustible a granel.

Tabla 77. Riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio

Riesgo por explosión en pequeños comercios	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Muy alto	0.08	0
Alto	0.67	0.01
Medio	2.01	0.04
Bajo	2.09	0.04
Muy bajo	0.46	0.01

Mapa 198. Riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio



V.10.1.3 Riesgo por explosión de chorro en ductos *

(No aplica para este municipio)

V.10.1.4 Riesgo por nube tóxica en ductos *

(No aplica para este municipio)

V.10.1.3 Riesgo por explosión de combustible en transporte férreo *

(No aplica para este municipio)

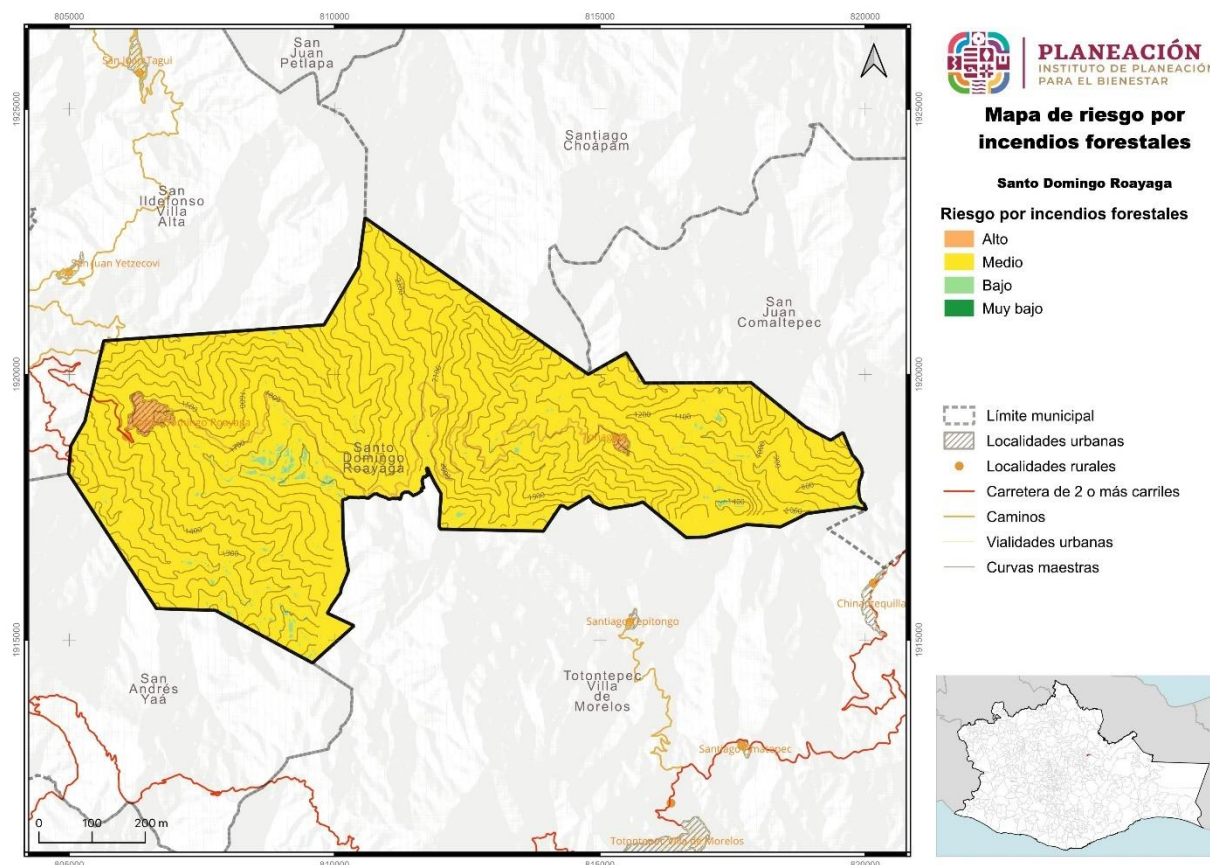
V.10.2 Riesgo por incendios forestales

En lo relativo al riesgo por incendios forestales, el nivel de riesgo medio es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 97.83% (5,511.44 has.) de toda la demarcación salvo las áreas urbanizadas y pequeñas áreas atomizadas al sudoeste del territorio. El nivel alto se estima que afectaría 68.28 has. que representan el 1.21% del territorio y que se localizan principalmente en las zonas habitadas de las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía. Los niveles de riesgo bajo y muy bajo se estiman en un área acumulada de 69.09 has. que representan el 1.22% del territorio, estas áreas se encuentran atomizadas en pequeñas áreas que se distribuyen principalmente en la zona centro-sudoeste del territorio municipal.

Tabla 78. Riesgo por incendios forestales en el municipio

Riesgo por incendios forestales	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	48.04	0.85
Medio	5511.44	97.83
Bajo	68.28	1.21
Muy bajo	0.81	0.01

Mapa 199. Riesgo por incendios forestales en el municipio





En relación a las distintas estimaciones presentadas, se observa que la mayor parte del territorio tiene niveles de riesgo entre muy bajo y medio para los fenómenos químico-tecnológicos, sin embargo de acuerdo al análisis cartográfico destacan los niveles de riesgo alto y muy alto en áreas máximas de 0.78 y 0.84% de la superficie municipal respectivamente que sería de suma importancia reducir o mitigar, ya que, de acuerdo a las ubicaciones de este riesgo en los mapas, las zonas de afectación son las zonas urbanizadas del municipio.

Tabla 79. Riesgos en el municipio por fenómenos químico-tecnológicos

Riesgo por fenómenos químico-tecnológicos	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Explosión de combustible en calles	5.93	5.25	5.47	0.78	0.84
Explosión de combustible en pequeños comercios	0.01	0.04	0.04	0.01	
Incendios forestales	0.01	1.21	97.83	0.85	

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024

V.11 Riesgos por fenómenos sanitario-ecológicos

V.11.1 Contaminación del suelo, aire y agua

V.11.1.1 Riesgo por contaminación del agua *

(No aplica en el municipio)

V.11.2 Epidemias y plagas

V.11.2.1 Riesgo por plagas en cultivos (diferenciado por plaga)

En lo relativo al riesgo por plagas en cultivos, el nivel de riesgo bajo es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio municipal, ya que se presenta en el 87.96% de la superficie, extendiéndose en toda la demarcación excepto zonas al oeste y este del municipio además del área de las carreteras que conducen a sus dos localidades.

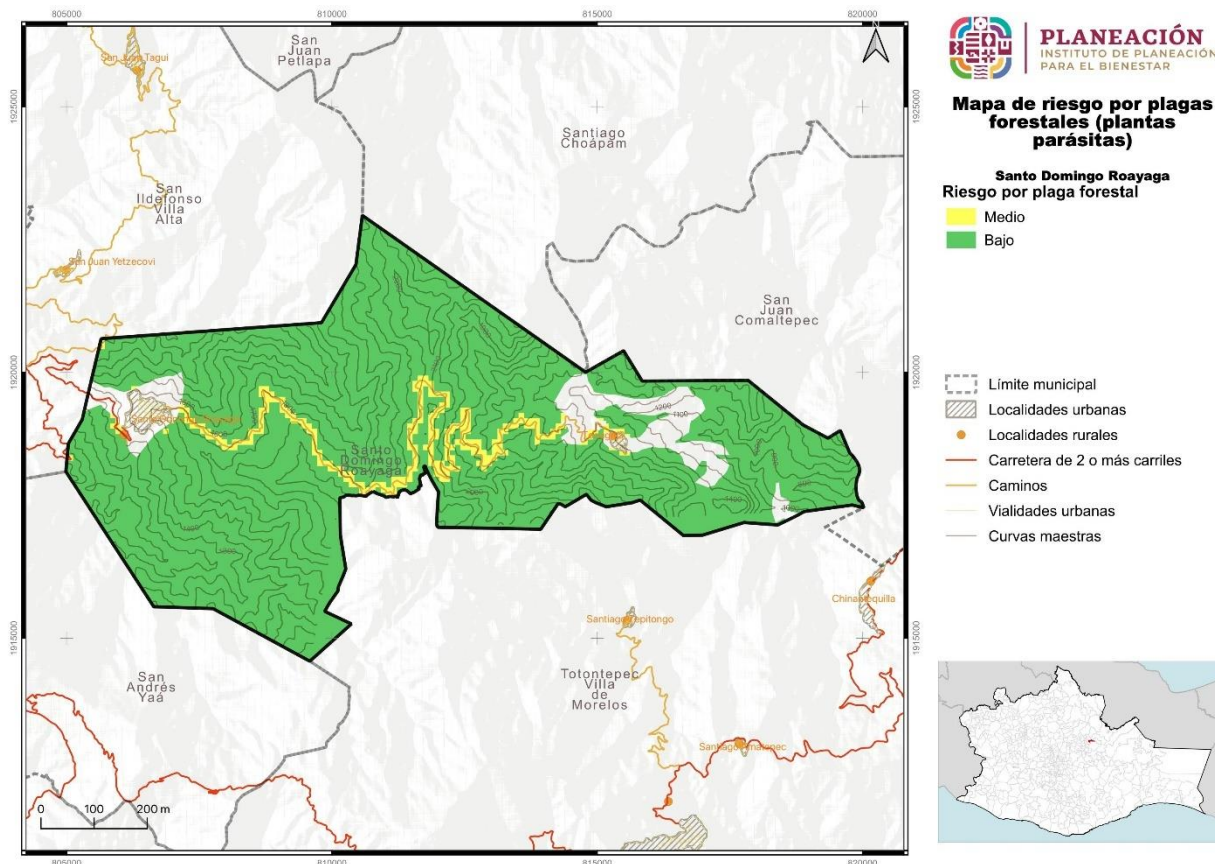
El nivel de riesgo medio se estima con presencia en el 4.47% del territorio que equivale a 251.6 has. y que se localizan esencialmente en la carretera que conecta a Santo Domingo Roayaga con Tonaguía.



Tabla 80. Riesgo por plagas de plantas parásitas en el municipio

Riesgo por plagas de plantas parásitas	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	251.6	4.47
Bajo	4955.8	87.96

Mapa 200. Riesgo por plagas de plantas parásitas en el municipio



V.11.2.2 Riesgo por plagas (atención prioritaria)

(No aplica en el municipio)

V.11.2.3 Riesgo por plaga (xyleborus)

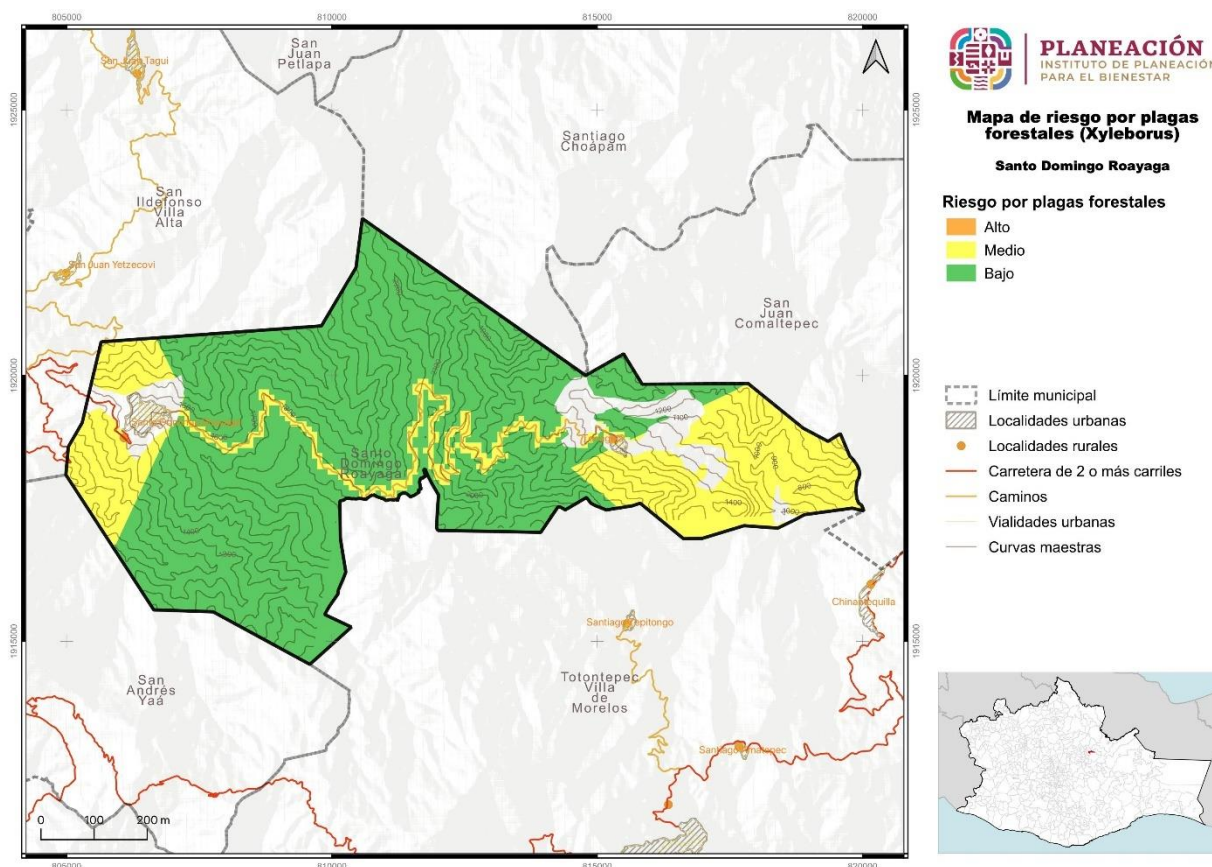
En lo relativo al riesgo por plagas forestales, específicamente por xyleborus (escolítidos, comúnmente denominados como escarabajos ambrosiales), el nivel de riesgo bajo es el que tiene presencia en la mayor parte del territorio, ya que se presenta en el 67.44% (3,799.51 has.) de toda la demarcación y se localiza principalmente en zona

central de oeste a este del municipio. El nivel de riesgo medio se estima con presencia en el 24.99% del territorio que equivale a 1,407.77 has. y que se localizan esencialmente en 2 áreas, una al extremo oeste y otra al extremo este del territorio municipal. Adicionalmente se estima riesgo alto en 0.12 has. que representan menos del 0.01% del territorio total del municipio.

Tabla 81. Riesgo por plaga de xyleborus en el municipio

Riesgo por plaga xyleborus	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	0.12	0
Medio	1407.77	24.99
Bajo	3799.51	67.44

Mapa 201. Riesgo por plaga xyleborus en el municipio



V.11.2.4 Riesgo por plaga (sphaeropsis)

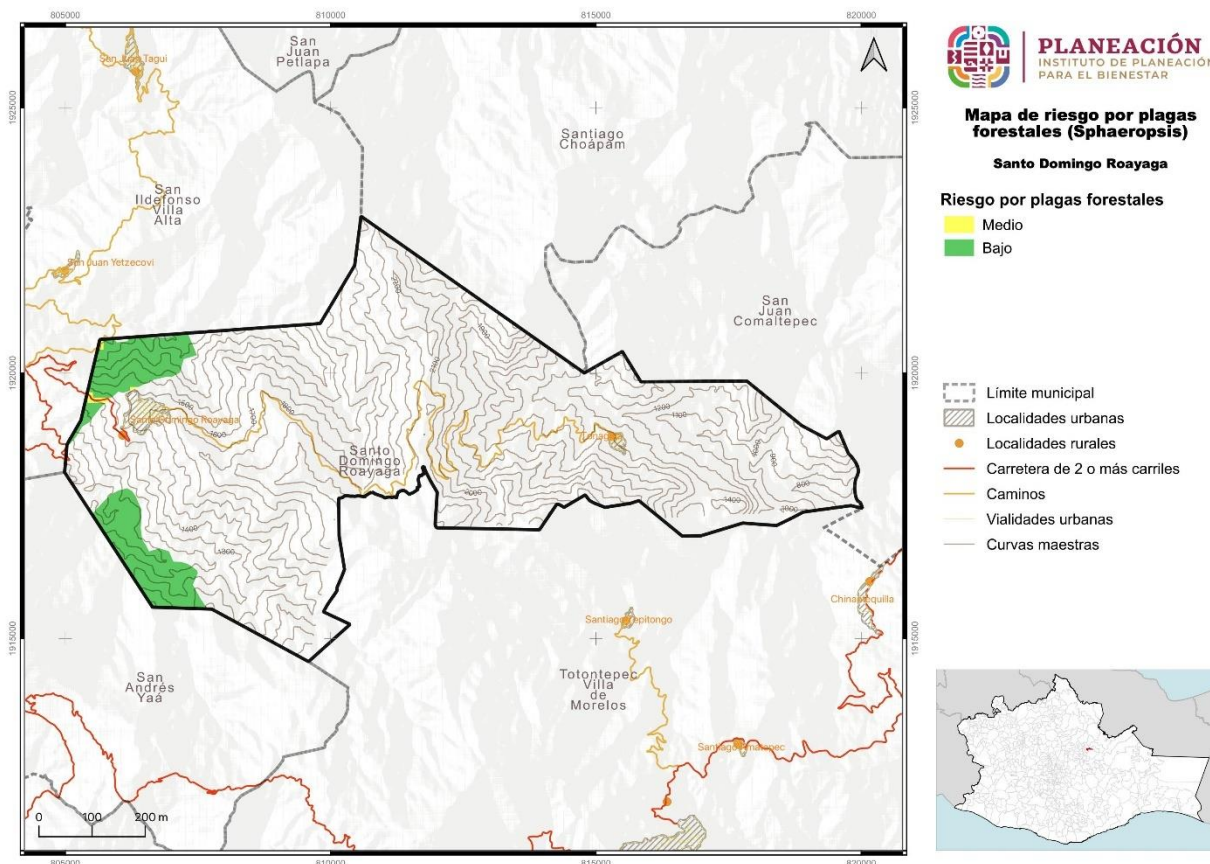
En lo relativo al riesgo por plagas forestales, específicamente por sphaeropsis que es un patógeno de coníferas principalmente del género Pinus, el nivel de riesgo bajo es el que tiene mayor presencia en el territorio municipal, ya que se presenta en el 6.57% (370.26 has.) de toda la demarcación y se localiza principalmente en dos áreas al oeste del municipio. El nivel de riesgo medio se estima con presencia en el 0.13% del territorio

que equivale a 7.56 has. y que se localizan en pequeñas áreas aisladas al oeste de la municipalidad.

Tabla 82. Riesgo por plaga de sphaeropsis en el municipio

Riesgo por plagas sphaeropsis	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	7.56	0.13
Bajo	370.26	6.57

Mapa 202. Riesgo por plaga sphaeropsis en el municipio



V.11.2.5 Riesgo por plaga (ocoaxo)

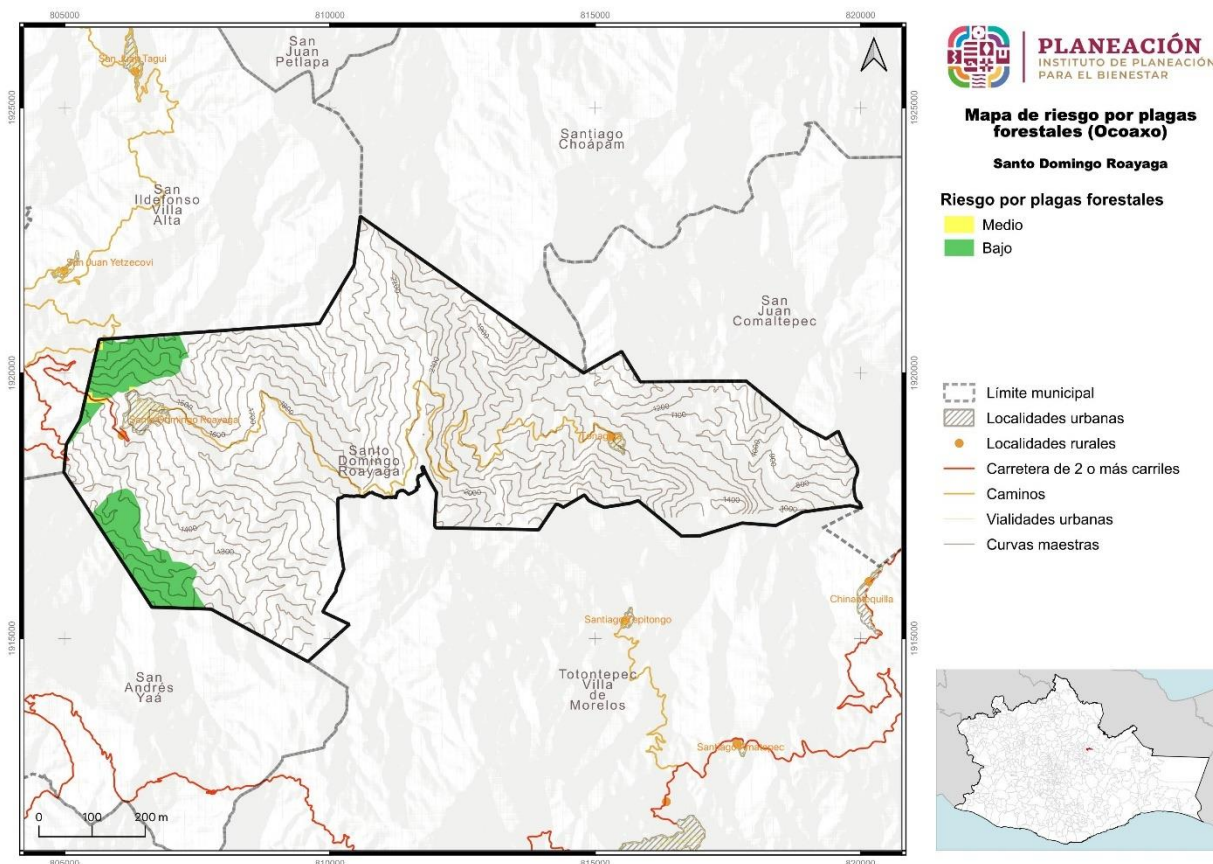
En lo relativo al riesgo por plagas forestales, específicamente por ocoaxo que se alimentan de la savia de las acículas de Pinus spp. provocando clorosis y su eventual caída, el nivel de riesgo bajo es el que tiene mayor presencia en el territorio municipal, ya que se presenta en el 6.46% (363.67 has) de toda la demarcación y se localiza principalmente en dos áreas al oeste del municipio. El nivel de riesgo medio se estima

con presencia en el 0.13% del territorio que equivale a 7.56 has. y que se localizan en pequeñas áreas aisladas al oeste de la municipalidad.

Tabla 83. Riesgo por plaga de ocoaxo en el municipio

Riesgo por plagas ocoaxo	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	7.56	0.13
Bajo	363.67	6.46

Mapa 203. Riesgo por plaga ocoaxo en el municipio



V.11.2.6 Riesgo por plaga (euwallacea)

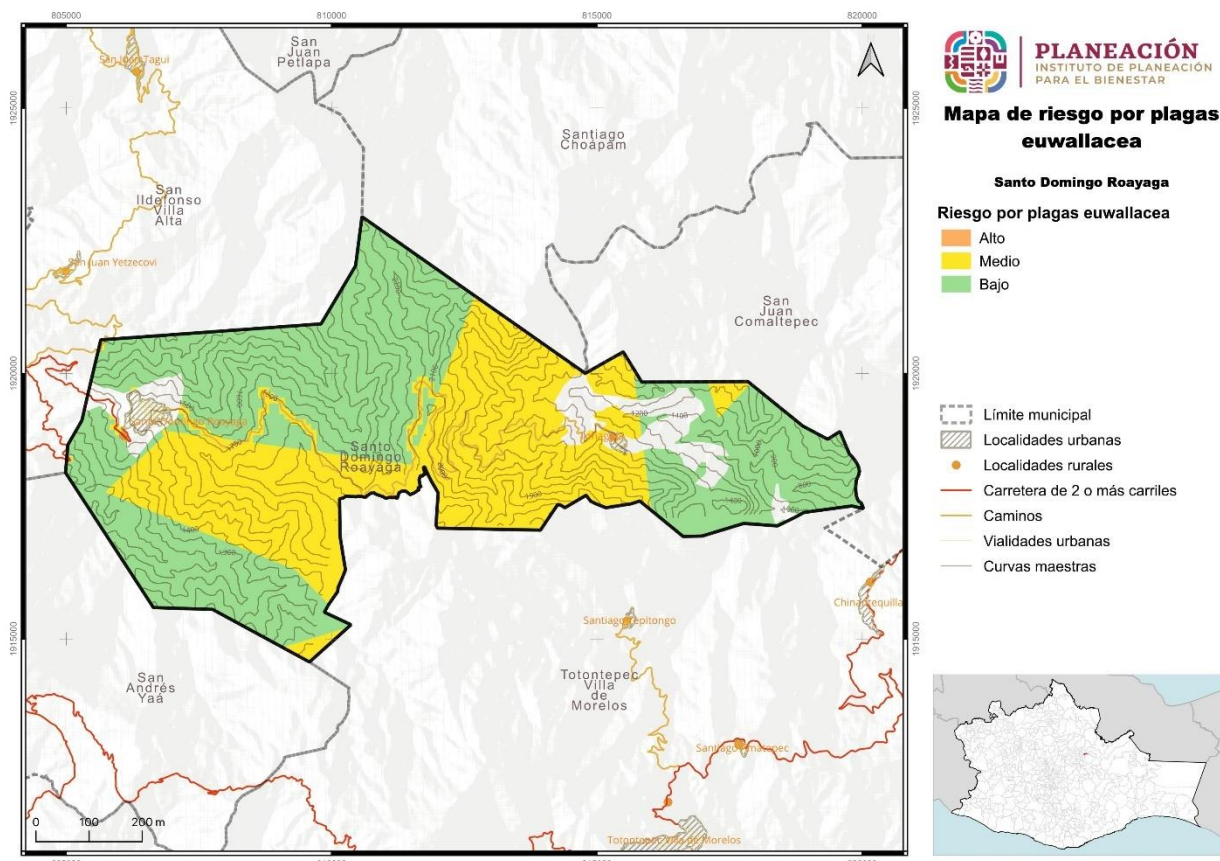
En lo relativo al riesgo por plagas forestales, específicamente por euwallacea que son vectores de la enfermedad conocida como marchitez regresiva por Fusarium, el nivel de riesgo bajo es el que tiene mayor presencia en el territorio municipal, ya que se presenta en el 53.32% de toda la demarcación y representan 3,004.17 has. que se localizan principalmente en áreas ubicadas del norte al este, sudoeste y este del territorio municipal. El nivel de riesgo medio se estima con presencia en el 39.1% del

territorio que equivale a 2,203.03 has. y que se localizan esencialmente en la parte centro-sudoeste y en una franja central de norte a sur. Adicionalmente se estima riesgo alto en una pequeña área de 0.2 has.

Tabla 84. Riesgo por plaga de euwallacea en el municipio

Riesgo por plagas euwallacea	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	0.2	0
Medio	2203.03	39.1
Bajo	3004.17	53.32

Mapa 204. Riesgo por plaga euwallacea en el municipio



V.11.2.7 Riesgo por plaga (euplatypus coptoborus)

(No aplica en el municipio)

V.11.2.8 Riesgo por plaga (descortezador)

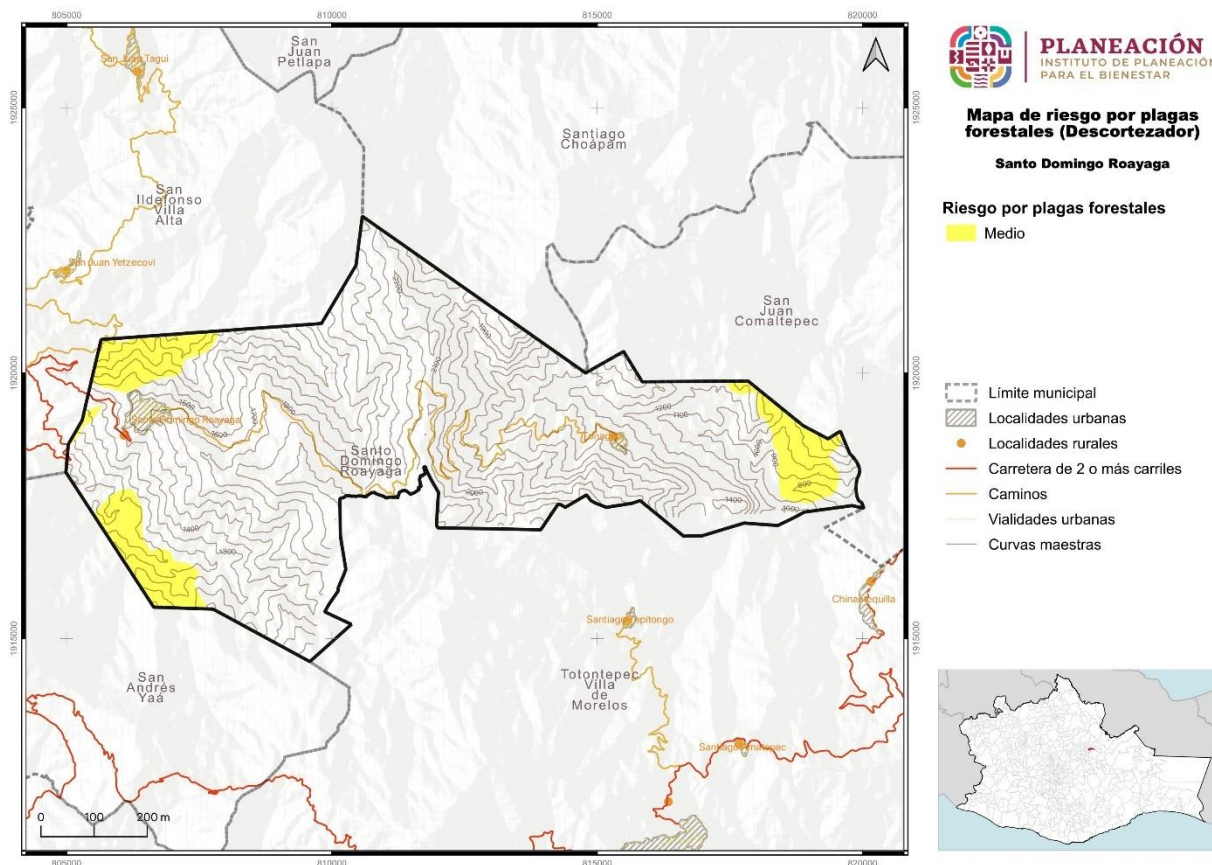
En lo relativo al riesgo por plagas forestales, específicamente por descortezador que son insectos que viven debajo de la corteza del árbol y se alimentan del tejido que

conduce los nutrientes del mismo, provocando frecuentemente la muerte del arbolado; se tiene identificado un nivel de riesgo medio en 561.57 has. que representan el 9.98% de toda la demarcación municipal, mismas que se localizan en áreas al oeste y extremo este del territorio municipal.

Tabla 85. Riesgo por plaga de descortezador en el municipio

Riesgo por plaga descortezador	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	561.57	9.98

Mapa 205. Riesgo por plaga de descortezador en el municipio



V.11.2.9 Riesgo por plaga (defoliador)

En lo relativo al riesgo por plagas forestales, específicamente por defoliador que son insectos que, en su fase de oruga o adulto, se alimentan de las partes más suaves de las hojas dejando solo las venas o las partes más duras, el nivel de riesgo medio es el que tiene mayor presencia en el territorio municipal, ya que se presenta en 5,207.2 has. que representan el 92.43% de toda la demarcación extendiéndose en todo el territorio excepto áreas al oeste y este que incluyen y rodean las zonas habitadas de sus dos

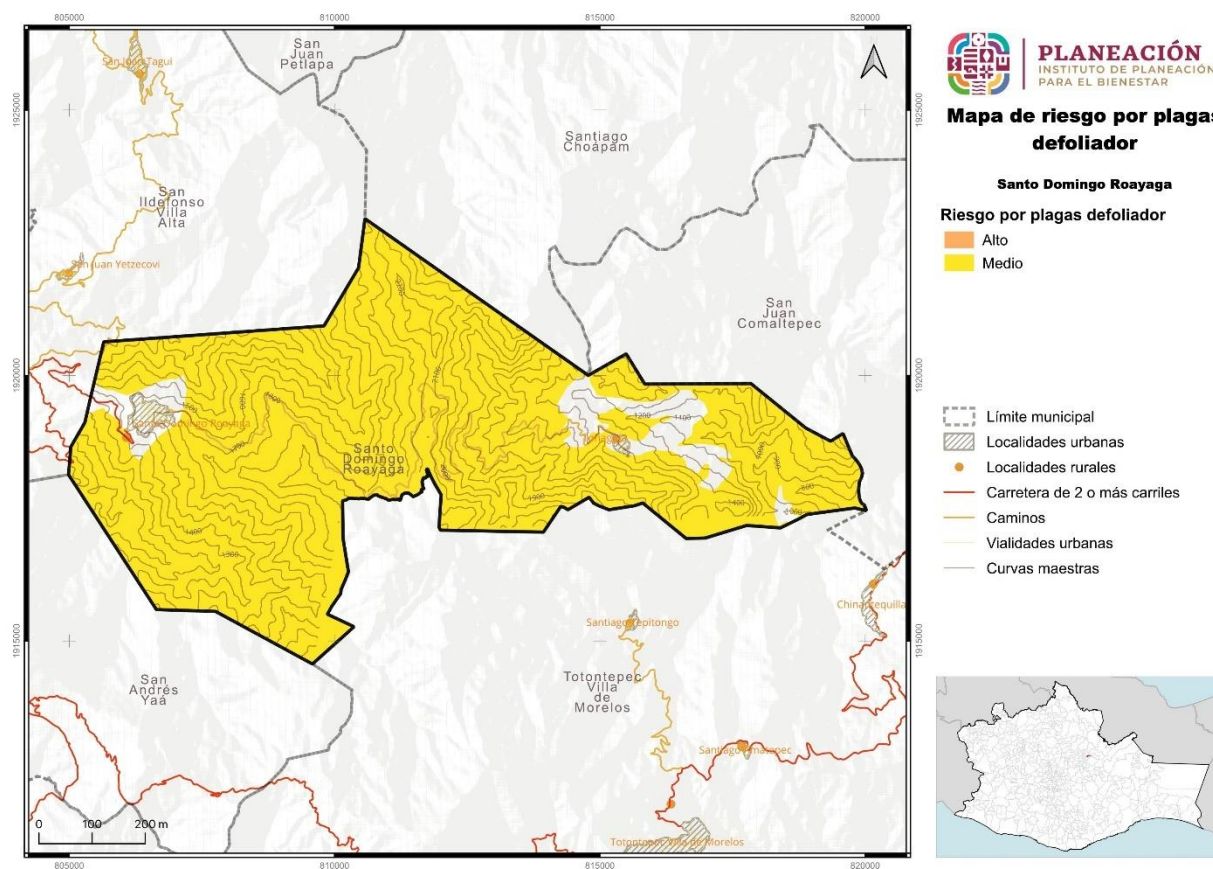


localidades. El nivel de riesgo alto se estima con escasa presencia ya que se prevé impacto en solo 0.2 has. del territorio.

Tabla 86. Riesgo por plaga de defoliador en el municipio

Riesgo por plagas defoliador	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Alto	0.2	0
Medio	5207.2	92.43

Mapa 206. Riesgo por plaga de defoliador en el municipio



V.11.2.10 Riesgo por plaga (coptotermes gestroi)

En lo relativo al riesgo por plagas forestales, específicamente por coptotermes gestroi que es una termita endémica del sureste de Asia que provoca daños de dos tipos: en forma de larva se alimenta de las raíces, debilitando las plántulas o árboles jóvenes, lo que en la mayoría de los casos ocasiona la muerte de ellos. y en su forma adulta genera daño al alimentarse de follaje, causando defoliación al hospedero: se estima un nivel

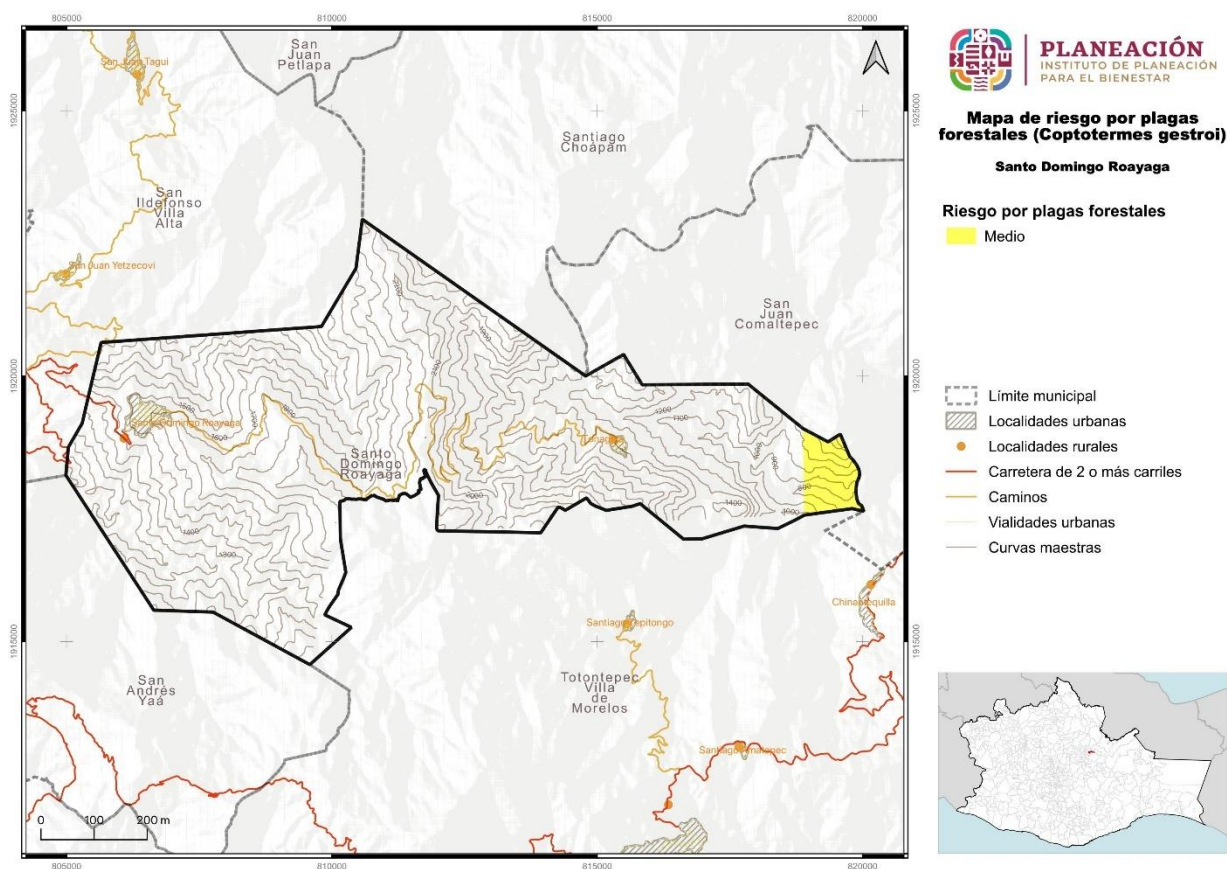


de riesgo medio, impactando en 135.42 has. que representan el 2.4% de la superficie municipal localizándose al extremo este de la demarcación.

Tabla 87. Riesgo por plaga de coptotermes en el municipio

Riesgo por plagas coptotermes	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Medio	135.42	2.4

Mapa 207. Riesgo por plaga coptotermes en el municipio



Con relación a las distintas estimaciones presentadas, se observa que la mayor parte del territorio tiene niveles de riesgo entre bajo y medio para los fenómenos sanitario-ecológicos, dadas las características forestales del municipio, es de resaltar la cobertura de la plaga por defoliador, ya que, aunque representa un nivel de riesgo medio, se estima pueda afectar a la mayor parte del territorio.



Tabla 88. Riesgos en el municipio por fenómenos sanitario-ecológicos

Riesgo por fenómenos sanitario-ecológicos	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Plagas en cultivos		87.96	4.47		
Plagas forestales (Xyleborus)		67.44	24.99		
Plagas forestales (Sphaeropsis)		6.57	0.13		
Plagas forestales (Ocoaxo)		6.46	0.13		
Plagas forestales (Euplatypus Coptoborus)					
Plagas forestales (Euwalliacea)		53.32	39.1		
Plagas forestales (Descortezador)			9.98		
Plagas forestales (Defoliador)			92.43		
Plagas forestales (Coptotermes)			2.4		

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024

V.12 Riesgos por fenómenos socio-organizativos

V.12.1. Concentración masiva de población *

V.12.2 Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica

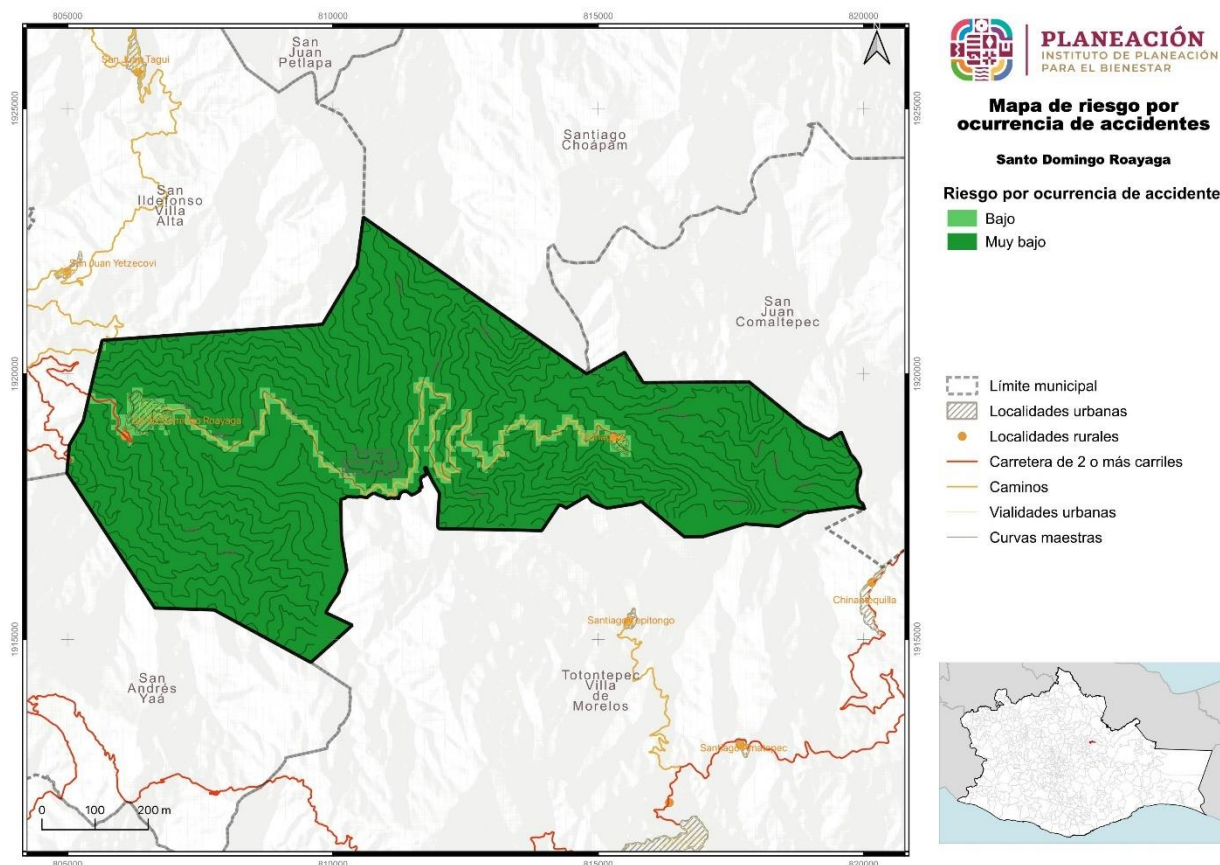
V.12.2.1 Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos

En lo relativo al riesgo por ocurrencia de accidentes que se refiere a la probabilidad de que un peligro se materialice, causando enfermedades o lesiones en las personas, se estiman niveles mínimos de muy bajo y bajo, predominando el segundo en el 93.71% (5,279.53 has.) del territorio municipal cubriendo la totalidad del municipio, excepto el área estimada con nivel de riesgo bajo que se prevé en el 6.29% (354.36 has.) del territorio municipal y que, de forma natural, se localiza en áreas donde se ubican las localidades de Santo Domingo Roayaga y Tonaguía además de las carreteras de acceso a ellas.

Tabla 89. Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio

Riesgo por ocurrencias de accidentes	Extensión en hectáreas	Porcentaje del territorio municipal
Bajo	354.36	6.29
Muy bajo	5279.53	93.71

Mapa 208. Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio



V.12.2.2 Riesgo por explosión de transporte férreo

(No aplica para este municipio)

Con relación a la estimación presentada, y de acuerdo con la naturaleza rural del municipio, se observa que la mayor parte del territorio tiene nivel de riesgo muy bajo ante la presencia de fenómenos socio-organizativos llegando a nivel bajo en las áreas urbanizadas del municipio.

Tabla 90. Riesgos en el municipio por fenómenos sanitario-ecológicos

Riesgo por fenómenos socio-organizativos	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Ocurrencia de accidentes	93.71	6.29			

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CentroGeo, 2024



Capítulo VI. Reducción de Riesgos de Desastres

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 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 focalizar 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 económicos 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)¹¹, 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.*

¹¹ LGPC; Artículo 2, fracción XXVIII

Imagen 13.

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 a la caracterización 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 por un lado, a través 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 hidrometeorológicos 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.

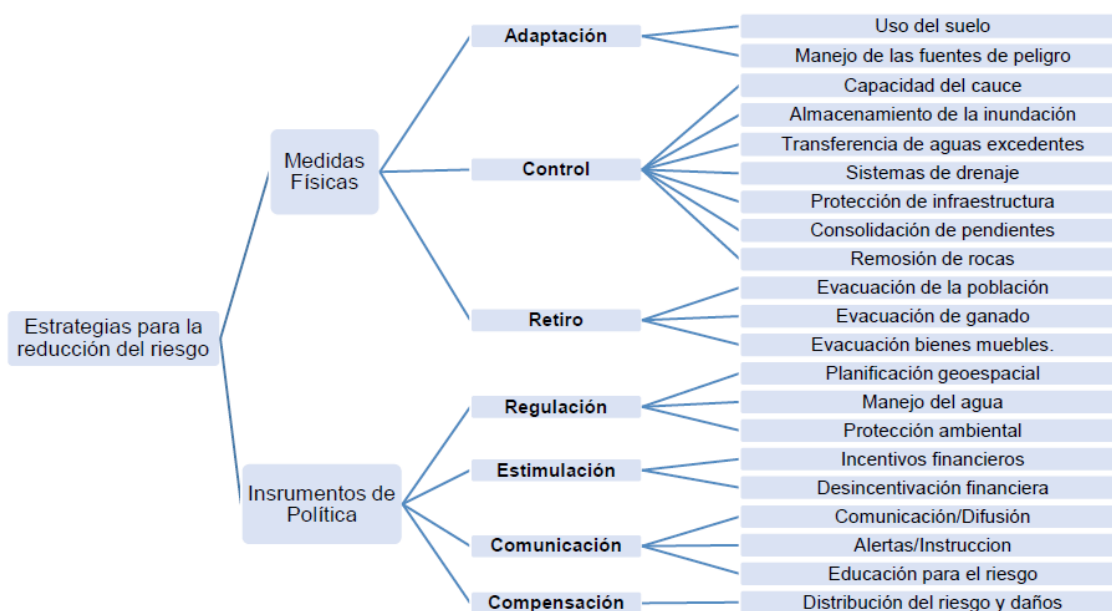
Como se puede ver en la siguiente imagen, se identificaron estrategias prospectivas, que son aquellas que se implementan para no generar nuevas condiciones de riesgo, como lo puede ser limitar los cambios de usos de suelo o evitar la construcción de infraestructura en zonas de riesgo de inundación o 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 enfoque 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 14. Estrategias para la Gestión de Riesgos de Desastres



Adicional a la clasificación anterior, se consideró la que 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 15. 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 de 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.

Se analizaron 5 tipos de fenómenos tanto de tipo natural como antropogénico y el nivel de riesgo asociado a cada uno de ellos. Para la mayoría de los fenómenos naturales se analizaron los resultados de las estimaciones periodos de retorno distintos a fin de conocer los umbrales de peligro asociados al fenómeno.

El tipo de fenómeno geológico se trata de perturbaciones que provocan directamente actividad y movimiento en la corteza terrestre. En esta categoría se analizaron fenómenos como inestabilidad de laderas en sus clasificaciones deslizamientos, derrumbes, caída de dentritos y flujos, sismos, hundimientos y agrietamientos.

El tipo de fenómeno hidrometeorológico comprende agentes perturbadores que se generan por la acción de los agentes atmosféricos; dentro de esta clasificación se analizaron fenómenos como inundaciones pluviales, lluvias extremas, ciclones tropicales, tormentas eléctricas y de granizo, heladas, nevadas, temperaturas máximas y mínimas, sequías y tornados.

Los químicos tecnológicos, son los agentes que se generan por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames, para el caso de Santo Domingo Roayaga se analizaron explosiones e incendios forestales.

Los fenómenos Sanitario-Ecológicos, suelen ser efectos patógenos de agentes biológicos que afectan a las poblaciones humanas, animales y cultivos, provocando su muerte o cambios en su estado de salud. Una epidemia o peste es un desastre sanitario en el sentido estricto de la palabra. Esta clasificación también incluye la contaminación del aire, el agua, el suelo y los alimentos; dentro de esta clasificación, en el presente trabajo se analizaron los riesgos por plagas en cultivos y forestales.

Socio organizativos, estos fenómenos de origen antropogénico son causados por errores humanos o acciones deliberadas que ocurren en el contexto de grandes concentraciones de población o movimientos de gran escala, tales como: manifestaciones de descontento social, grandes concentraciones de población, terrorismo, sabotajes, accidentes aéreos, marítimos o terrestres e interrupción o impacto en servicios esenciales o infraestructura estratégica, en el caso de Santo



Domingo Roayaga, en esta clasificación se analizó el riesgo por ocurrencia de accidentes.

De acuerdo con el nivel de riesgo se realizó una matriz de resultados en donde fueron ubicadas las diferentes proporciones de territorio con posible afectación, este análisis documental se realizó de gabinete utilizando cartografía de forma documental

En el análisis de los tipos de riesgos presentes en el territorio de Santo Domingo Roayaga para los distintos fenómenos incluyendo las estimaciones con periodos de retorno se tuvieron los siguientes resultados, resaltando el hecho que un mismo fenómeno puede tener niveles de riesgo diferentes dependiendo del área territorial afectada.



Tabla 91. Resumen del nivel de riesgos de los fenómenos perturbadores que amenazan al municipio

Riesgos por fenómenos perturbadores, Santo Domingo Roayaga	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Fenómenos geológicos					
Deslizamiento			36.42%	63.58%	
Deslizamiento para un PR 5 años			28.00%	71.99%	0.01%
Deslizamiento para un PR 10 años			11.00%	88.75%	0.25%
Deslizamiento para un PR 20 años			3.45%	96.01%	0.54%
Deslizamiento para un PR 50 años			1.11%	98.05%	0.84%
Derrumbes			8.74%	91.03%	0.23%
Derrumbes para un PR 5 años			3.82%	95.79%	0.39%
Derrumbes para un PR 10 años			2.79%	96.73%	0.49%
Derrumbes para un PR 20 años			1.69%	97.68%	0.63%
Derrumbes para un PR 50 años			0.94%	98.23%	0.83%
Caída de detritos		0.79%	86.86%	12.35%	
Caída de detritos para un PR 5 años		0.30%	68.77%	30.93%	
Caída de detritos para un PR 10 años		0.21%	56.61%	43.17%	
Caída de detritos para un PR 20 años		0.09%	34.11%	65.80%	0.01%
Caída de detritos para un PR 50 años			12.30%	87.59%	0.11%
Flujos			48.09%	51.90%	
Flujos para un PR de 5 años			30.89%	69.11%	
Flujos para un PR de 10 años			25.51%	74.49%	
Flujos para un PR de 20 años			12.38%	87.60%	0.02%
Flujos para un PR de 50 años			5.97%	93.85%	0.18%
Aceleración sísmica			99.14%	0.86%	
Aceleración sísmica para un PR 10 años	93.71%	6.29%			
Aceleración sísmica para un PR 100 años	93.71%	6.29%			
Aceleración sísmica para un PR 1000 años	93.71%	6.29%			
Hundimientos	68.44%	4.91%	26.08%	0.57%	
Subsidencia	4.19%	19.76%	75.19%	0.86%	
Agrietamientos	20.24%	15.55%	54.50%	1.34%	0.69%
Fenómenos hidrometeorológicos					
Inundaciones pluviales			99.32%	0.84%	
Precipitación máxima			93.71%	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 24 horas			93.89%	5.27%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 2 años			93.71%	5.45%	0.84%



Riesgos por fenómenos perturbadores, Santo Domingo Roayaga	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Precipitación máxima para un PR 5 años			93.71%	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 10 años			93.71%	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 25 años			93.71%	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 50 años			93.71%	5.45%	0.84%
Ciclones tropicales		99.16%	0.84%		
Tormentas eléctricas			99.14%	0.86%	
Tormentas eléctricas para un PR 2 años	9.70%	79.35%	10.58%	0.36%	
Tormentas eléctricas para un PR 5 años			98.23%	1.08%	0.69%
Tormentas eléctricas para un PR 10 años			97.19%	2.12%	0.69%
Tormentas eléctricas para un PR 25 años			93.71%	5.45%	0.84%
Tormentas eléctricas para un PR 50 años			93.71%	5.45%	0.84%
Tormentas eléctricas para un PR 100 años			93.71%	5.45%	0.84%
Heladas por temperaturas mínimas	0.12%	10.35%	88.61%	0.84%	0.01%
Temperaturas mínimas para un PR 2 años		93.71%	6.29%		
Temperaturas mínimas para un PR 5 años	75.75%	23.44%	0.81%		
Temperaturas mínimas para un PR 10 años	93.71%	6.29%			
Temperaturas mínimas para un PR 25 años	93.71%	6.29%			
Temperaturas mínimas para un PR 50 años	93.71%	6.29%			
Temperaturas mínimas para un PR 100 años	93.71%	6.29%			
Tormentas de granizo		19.02%	80.27%	0.71%	
Tormentas de granizo para un PR 2 años	93.71%	6.29%			
Tormentas de granizo para un PR 5 años	3.98%	36.88%	58.45%	0.69%	
Tormentas de granizo para un PR 10 años		13.98%	85.14%	0.88%	
Tormentas de granizo para un PR 25 años		3.33%	91.48%	4.50%	0.69%
Tormentas de granizo para un PR 50 años		0.67%	93.32%	5.32%	0.69%
Tormentas de granizo para un PR 100 años			93.71%	5.45%	0.84%
Nevadas	93.71%	6.29%			
Temperaturas máximas			95.98%	3.33%	0.69%
Temperaturas máximas para un PR 2 años	3.30%	61.53%	34.48%	0.69%	
Temperaturas máximas para un PR 5 años		28.20%	71.09%	0.71%	
Temperaturas máximas para un PR 10 años		5.18%	93.50%	1.12%	0.19%
Temperaturas máximas para un PR 25 años			98.18%	1.13%	0.69%
Temperaturas máximas para un PR 50 años			97.55%	1.76%	0.69%
Temperaturas máximas para un PR 100 años			96.98%	2.33%	0.69%
Sequía		9.43%	89.66%	0.84%	
Tornados	93.71%	6.29%			
Fenómenos Químico-tecnológicos					
Explosión de combustible en calles	5.93%	5.25%	5.47%	0.78%	0.84%
Explosión de combustible en pequeños comercios	0.01%	0.04%	0.04%	0.01%	



Riesgos por fenómenos perturbadores, Santo Domingo Roayaga	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Incendios forestales	0.01%	1.21%	97.83%	0.85%	
Fenómenos sanitario-ecológicos					
Plagas en cultivos		87.96%	4.47%		
Plagas forestales (Xyleborus)		67.44%	24.99%		
Plagas forestales (Sphaeropsis)		6.57%	0.13%		
Plagas forestales (Ocoaxo)		6.46%	0.13%		
Plagas forestales (Euwallacea)		53.32%	39.10%		
Plagas forestales (Descortezador)			9.98%		
Plagas forestales (Defoliador)			92.43%		
Plagas forestales (Coptotermes)			2.40%		
Fenómenos socio-organizacionales					
Ocurrencia de accidentes	93.71%	6.29%			

Nivel de riesgo muy bajo: 22 fenómenos (incluyendo estimaciones con períodos de retorno) presentaron este nivel, tales como sismos, ondas de calor, tormentas de granizo, nevadas, tornados, ocurrencia de accidentes, hundimientos, agrietamientos, entre los que cubren mayores extensiones del territorio.

Nivel de riesgo bajo: 40 fenómenos (incluyendo estimaciones con períodos de retorno) presentaron este nivel, siendo las de mayor impacto los ciclones tropicales, ondas de calor, plagas en cultivos, tormentas eléctricas y de granizo, plagas forestales, subsidencia, agrietamientos, heladas y sequías entre otros.

Nivel de riesgo medio: En este nivel se presentó el mayor número de riesgos con 68 fenómenos (incluyendo estimaciones con períodos de retorno) que presentaron este nivel, siendo las de mayor impacto las inundaciones pluviales, sismos, tormentas eléctricas y de granizo, ondas de calor, incendios forestales, plagas forestales, sequías, heladas, caída de detritos, subsidencia, agrietamientos y flujos de ladera entre los que cubren mayor extensión territorial.

Nivel de riesgo alto: En este nivel se presentaron 57 fenómenos (incluyendo estimaciones con períodos de retorno) siendo las de mayor impacto la inestabilidad de laderas en sus 4 tipos analizados (deslizamientos, derrumbes, flujos y caída de detritos) y en menor medida las inundaciones pluviales, tormentas de eléctricas y de granizo entre las que cubren mayores áreas de la superficie municipal.

Nivel de riesgo muy alto: En este nivel se presentaron 36 fenómenos (incluyendo estimaciones con períodos de retorno) siendo las de mayor impacto los deslizamientos, inundaciones pluviales, tormentas eléctricas y de granizo, derrumbes, ondas de calor, y agrietamientos entre los más importantes. A pesar de que las proporciones del territorio en donde impactan son muy pequeñas, éstas se presentan en las zonas habitadas del municipio.



De los resultados obtenidos, se enfocó el análisis en los que tuvieron calificaciones de riesgo alto y muy alto, obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 92. Principales riesgos que amenazan al municipio

Riesgos por fenómenos perturbadores, Santo Domingo Roayaga	Alto	Muy alto
Fenómenos geológicos		
Deslizamiento	63.58%	
Deslizamiento para un PR 5 años	71.99%	0.01%
Deslizamiento para un PR 10 años	88.75%	0.25%
Deslizamiento para un PR 20 años	96.01%	0.54%
Deslizamiento para un PR 50 años	98.05%	0.84%
Derrumbes	91.03%	0.23%
Derrumbes para un PR 5 años	95.79%	0.39%
Derrumbes para un PR 10 años	96.73%	0.49%
Derrumbes para un PR 20 años	97.68%	0.63%
Derrumbes para un PR 50 años	98.23%	0.83%
Caída de detritos	12.35%	
Caída de detritos para un PR 5 años	30.93%	
Caída de detritos para un PR 10 años	43.17%	
Caída de detritos para un PR 20 años	65.80%	0.01%
Caída de detritos para un PR 50 años	87.59%	0.11%
Flujos	51.90%	
Flujos para un PR de 5 años	69.11%	
Flujos para un PR de 10 años	74.49%	
Flujos para un PR de 20 años	87.60%	0.02%
Flujos para un PR de 50 años	93.85%	0.18%
Aceleración sísmica	0.86%	
Hundimientos	0.57%	
Subsidencia	0.86%	
Agrietamientos	1.34%	0.69%
Fenómenos hidrometeorológicos		
Inundaciones pluviales	0.84%	
Precipitación máxima	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 24 horas	5.27%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 2 años	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 5 años	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 10 años	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 25 años	5.45%	0.84%
Precipitación máxima para un PR 50 años	5.45%	0.84%
Tormentas eléctricas	0.86%	



Tormentas eléctricas para un PR 2 años	0.36%	
Tormentas eléctricas para un PR 5 años	1.08%	0.69%
Tormentas eléctricas para un PR 10 años	2.12%	0.69%
Tormentas eléctricas para un PR 25 años	5.45%	0.84%
Tormentas eléctricas para un PR 50 años	5.45%	0.84%
Tormentas eléctricas para un PR 100 años	5.45%	0.84%
Heladas por temperaturas mínimas	0.84%	0.01%
Tormentas de granizo	0.71%	
Tormentas de granizo para un PR 5 años	0.69%	
Tormentas de granizo para un PR 10 años	0.88%	
Tormentas de granizo para un PR 25 años	4.50%	0.69%
Tormentas de granizo para un PR 50 años	5.32%	0.69%
Tormentas de granizo para un PR 100 años	5.45%	0.84%
Temperaturas máximas	3.33%	0.69%
Temperaturas máximas para un PR 2 años	0.69%	
Temperaturas máximas para un PR 5 años	0.71%	
Temperaturas máximas para un PR 10 años	1.12%	0.19%
Temperaturas máximas para un PR 25 años	1.13%	0.69%
Temperaturas máximas para un PR 50 años	1.76%	0.69%
Temperaturas máximas para un PR 100 años	2.33%	0.69%
Sequía	0.84%	
Fenómenos Químico-tecnológicos		
Explosión de combustible en calles	0.78%	0.84%
Explosión de combustible en pequeños comercios	0.01%	
Incendios forestales	0.85%	

VI.1.2 Posibles estrategias a implementar para la reducción de riesgos identificados en el territorio.

Con base en la clasificación de Hutter, se recopilaron y clasificaron propuestas de acciones e instrumentos que contribuyan a la reducción de riesgos de desastres de los principales riesgos, mismas que se concentran en la siguiente matriz.



Tabla 93. Análisis de las medidas, instrumentos y acciones específicas que podría implementar el municipio para la Reducción de Riesgos de Desastres

Estrategia para la Reducción del Riesgo	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas						
		Deslizamiento de laderas	Derrumbes	Caída de detritos	Flujo de laderas	Sismos	Hundimientos	Inundaciones pluviales
Medidas Físicas	Adaptación	Utilizar monitores de deslizamiento en zonas propensas	Construir barreras o muros de contención	Construir barreras o muros de contención	Construir barreras o muros de contención	Reforzar viviendas	Relleno y nivelación en caminos	Definición de lugares seguros
		Relocalización de vías de comunicación						
	Control	Reforzamiento y/o Protección de Infraestructura	Remoción de rocas y estabilización de taludes	Remoción de rocas		Ubicación y/o construcción de albergues		Construcción de drenajes pluviales y/o bordos
		Incremento de reforestación						Incremento de reforestación
	Retiro	Reubicación de infraestructura				Demolición de infraestructura en mal estado	Reubicación de infraestructura	Evacuación de personas y ganado
Instrumentos de Políticas	Regulación	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil
		Política de ordenamiento territorial				Política de ordenamiento territorial	Política de ordenamiento territorial	

Estrategia para la Reducción del Riesgo	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas						
		Deslizamiento de laderas	Derrumbes	Caída de detritos	Flujo de laderas	Sismos	Hundimientos	Inundaciones pluviales
		Requerir estudios de mecánica de suelos para construcción de infraestructura					Requerir estudios de mecánica de suelos para construcción de infraestructura	
	Incentivos y/o desincentivos	Incentivos financieros para manejo forestal (reforestación)				Estímulos a escuelas que difundan protocolos de seguridad		
	Comunicación	Implementación de sistemas de alerta temprana				Campañas sobre evacuación de inmuebles		
		Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población
	Compensación							



Estrategia para la Reducción del Riesgo	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas						
		Heladas	Granizadas	Temperaturas máximas	Sequias	Explosiones	Incendios Forestales	Plagas
Medidas Físicas	Adaptación	Utilización de invernaderos en agricultura	Reforzar techumbres de casas	Incrementar reforestación	Utilizar técnicas de cosecha de agua de lluvia y riego tecnificado	Construcción de barreras de protección	Técnicas de regeneración de suelos agrícolas	Sembrar variaciones de plantas con mayor resistencia a plagas
		Poner al alcance de la población vulnerable medios físicos de abrigo personal						
	Control			Conservación y aumento de áreas verdes	Crear normatividad para la creación de nuevas áreas de cultivo	Verificaciones físicas a los volúmenes de combustible almacenados	Adquisición de herramienta e insumos para combate de incendios	Utilización de técnicas sostenibles para combate de plagas
				Incremento de reforestación	Incremento de reforestación			
	Retiro						Cambiar la técnica de RTQ por alternativas que eviten el uso de fuego	
Instrumentos de Políticas	Regulación	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil
						Establecimiento de límites y medios de almacenamiento de combustible		

Estrategia para la Reducción del Riesgo	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas						
		Heladas	Granizadas	Temperaturas máximas	Sequias	Explosiones	Incendios Forestales	Plagas
						Política de ordenamiento territorial		
	Incentivos y/o desincentivos					Multas en caso de no cumplir límites y medios de almacenamiento	Incentivos al uso de nuevas técnicas que eviten la roza-tumba y quema	Incentivos al uso de plaguicidas no contaminantes
	Comunicación				Campañas sobre sistemas de riego tecnificados	Implementación de sistemas de alerta temprana	Implementación de sistemas de alerta temprana	Implementación de sistemas de alerta temprana
		Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población
	Compensación						Pago por servicios ambientales	



Estrategia para la Reducción del Riesgo	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas					
		Subsidencia	Agrietamientos	Tormentas eléctricas			
Medidas Físicas	Adaptación	Relocalización de infraestructura y vías de comunicación	Relocalización de infraestructura y vías de comunicación	Implementación y mejora de los sistemas de tierra en el sistema eléctrico de la infraestructura			
			Refuerzos estructurales de infraestructura				
	Control	Delimitación de la zona de afectación	Uso de rellenos aplicados progresivamente	Colocación de dispositivos pararrayos en infraestructura			
		Registro y monitoreo de grietas en infraestructura	Registro y monitoreo de grietas en infraestructura				
	Retiro	Desalentar el uso o construcción de infraestructura en la zona afectada	Revisión y deshabito				
Instrumentos de Políticas	Regulación	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil	Creación o actualización del reglamento de Protección Civil			
		Política de ordenamiento territorial					
		Implementación y monitoreo de la superficie mediante MDT y MDS	Implementación y monitoreo de la superficie mediante MDT y MDS				

Estrategia para la Reducción del Riesgo	Tipos de medidas e instrumentos	Acciones Específicas					
		Subsidencia	Agrietamientos	Tormentas eléctricas			
	Incentivos y/o desincentivos	Estímulos fiscales (impuestos) a construcciones en áreas seguras					
	Comunicación			Estímulos fiscales por instalación y/o mejora de sistemas de tierra o dispositivos de protección eléctrico			
		Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población	Difusión de riesgos y protocolos de actuación de la población			
	Compensación						



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 con la transformación de nuestro entorno. Esta estrecha vinculación entre el desarrollo y la reducción de riesgos de desastres es mucho más clara a nivel local en 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).

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 que, más que tratarse de eventos inevitables, impredecibles e incontrolables, los riesgos se entienden como procesos prevenibles y hasta cierto punto controlables, y 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 conjunta; de manera que la reducción de los riesgos se aborde, por un lado en las acciones de atención frente a fenómenos perturbadores, y la ordenación del uso y ocupación del



territorio a través por ejemplo, de la regulación de los usos de suelo, del otorgamiento de licencias de construcción o de la reglamentación de las técnicas constructivas.

En el municipio de Santo Domingo Roayaga, se cuenta con el Consejo Municipal de Protección Civil Municipal, mismo que fue integrado el 29 de enero de 2024, sin embargo, no cuenta con recursos financieros ni un espacio para poder sesionar, a pesar de que cuenta con el reconocimiento de la Coordinación de Protección Civil del Estado. Adicionalmente, el municipio cuenta con un área dedicada a la planeación del desarrollo municipal; para los talleres de percepción y caracterización de amenazas, se contó con la participación del Consejo de Ordenamiento Territorial y Urbano de Santo Domingo Roayaga, integrado por habitantes de la comunidad que fueron elegidos conforme lo marcan sus usos y costumbres: en asamblea plenaria comunitaria; vale la pena comentar que para dicha asamblea se convocó al pueblo en general, en donde la elección fue libre, sin embargo, finalmente el Consejo se integró únicamente por varones. El perfil de los integrantes es variado, el mayor número de ellos en el rango de edad de adultos jóvenes y, aunque todos son campesinos algunos de ellos migraron en su juventud temprana hacia ámbitos urbanos en busca de alternativas laborales, y derivado de ello, en la actualidad proponen nuevas ideas sobre proyectos a realizar en el municipio. Uno de los integrantes ha tenido cargos en el comisariado ejidal, hecho que además de darle un conocimiento más amplio sobre el tema, le permite visualizar hechos desde una óptica diferente a la de los demás. Es de resaltar el apoyo del secretario y enlace municipales; el primero, tiene un rol fundamental en el Ayuntamiento tanto por el conocimiento de las reglamentación y operación del aparato gubernamental como en la traducción de conceptos del español al zapoteco; el segundo es un profesionista que mostró mucha disposición de aprender y que, dado su perfil profesional, comentó de algunas propuestas para la mejora ambiental de su municipio.

En primera instancia se realizó la investigación de gabinete para identificar los eventos perturbadores que se habían presentado en el municipio y que tuvieron declaratorias de emergencia o desastre por el CENAPRED. Posterior a ello, con apoyo del enlace municipal se realizaron encuestas a actores relevantes de la comunidad que en su mayoría fueron adultos mayores, con la finalidad de recabar la sucesión de eventos perturbadores presentados en el municipio en el pasado; esa información se complementó con la información de gabinete para tener una primera propuesta de línea de tiempo en donde se señalaron los eventos perturbadores suscitados en el municipio y las afectaciones que ocasionaron.

La primera actividad que se realizó con el Consejo, consistió en la revisión de cada uno de los eventos perturbadores de la línea de tiempo generada detallando sus afectaciones y los años en que sucedieron, en caso de estar de acuerdo, cada registro era validado e integrado para su posterior análisis, en todos los casos hubo consenso en la presencia o no de los eventos perturbadores relacionados y en la caracterización de los mismos.



Acto seguido, se analizaron los niveles de impacto y frecuencia de los eventos perturbadores presentados en el municipio, así como las afectaciones tanto directas o indirectas que ocasionaron en las personas, como en la infraestructura pública y privada finalizando con el ejercicio de participación de los asistentes con propuestas para disminuir y atender las consecuencias.

VI.3.2 Memoria histórica de eventos perturbadores que han impactado al territorio

En el proceso de validación de los eventos perturbadores, por consenso validaron la presencia de todos los eventos detectados, únicamente no se validaron una tormenta y un incendio ya que los años en los que se habían detectado no correspondieron al antecedente en la población.

Derivado de los trabajos del taller, se pudo concluir que los fenómenos de incendios, vientos y lluvias fuertes han sido los de mayor presencia en el municipio, sin embargo, la inestabilidad de laderas en su proceso de deslizamiento a es de los que se ha presentado de manera más fuerte comunicando a la comunidad de Tonaguía en alrededor de 30 días.

Igualmente, establecieron la relación entre lluvias fuertes y los deslaves (deslizamiento de ladera) y caída de detritos, ya que las ocasiones donde llueve constantemente es cuando más se generan los deslaves, siendo estos los 2 eventos perturbadores que más han impactado al municipio. Un evento perturbador que no se había identificado en las declaratorias del CENAPRED pero que fue identificado en las encuestas a los actores relevantes fue el deslizamiento de ladera sucedido alrededor de 2019 afectando un área de 12 hectáreas al este de la cabecera municipal, fenómeno que afectó la carretera a la comunidad de Tonaguía y que la mantuvo incomunicada en más de 30 días en versión de los habitantes.

Imagen 16. Línea de tiempo de impacto de eventos perturbadores

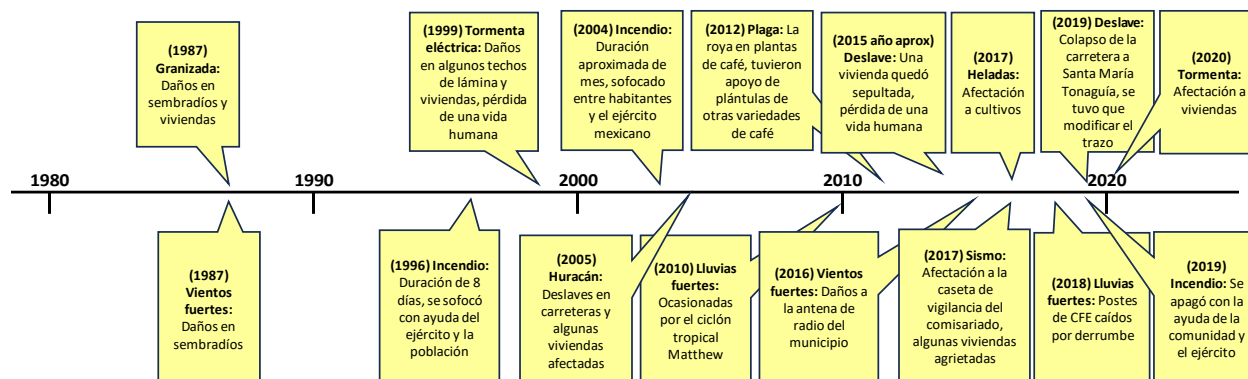


Tabla 94. Cronología de eventos peligrosos

Año	Evento	Daño o afectación	Ubicación	Causa
1987	Fuertes vientos	Daños en sembradíos	Todo el municipio	Potencia de los vientos
1987	Tormenta de granizo	Daños en sembradíos y viviendas	Todo el municipio	Impacto del granizo, techos de viviendas deficientes
1996	Incendio	Quema parcial del bosque. Duración de 8 días, se sofocó con ayuda del ejército y la población	Al norte de la cabecera municipal	No identificada. Posiblemente la técnica de cultivo roza-tumba-quema (RTQ) o caída de rayo
1999	Tormenta eléctrica	Daños en algunos techos de lámina y viviendas, pérdida de una vida humana	Todo el municipio	Potencia de vientos. Caída de rayos, viviendas en condiciones deficientes
2004	Incendio	Quema parcial del bosque. Duración aproximada de mes, sofocado entre habitantes y el ejército mexicano	Al oriente de la cabecera municipal	Caída de rayo
2005	Huracán	Deslaves en carreteras y algunas viviendas afectadas	Todo el territorio municipal	Exceso de lluvia, potencia de vientos y viviendas en condiciones rudimentarias
2010	Lluvias fuertes	Deslaves en carreteras	Todo el territorio municipal	Deforestación. Inestabilidad de la ladera. Exceso de lluvia
2012	Plaga	Pérdida de cultivos de café	Todo el territorio municipal	Presencia de plaga, falta de mecanismos de protección forestal
2015	Deslave	Una vivienda quedó sepultada, pérdida de una vida humana	Al sudoeste de la cabecera municipal	Exceso de lluvia
2016	Vientos fuertes	Daños a la antena de radio del municipio	Santo Domingo Roayaga	Potencia de los vientos



Año	Evento	Daño o afectación	Ubicación	Causa
2017	Sismo	Afectación a la caseta de vigilancia del comisariado, algunas viviendas agrietadas	Todo el territorio municipal	Movimiento sísmico
2017	Heladas	Afectaciones a sembradíos	Todo el territorio municipal	Bajas temperaturas
2018	Lluvias fuertes	Postes de CFE caídos por derrumbe	Todo el territorio municipal	Exceso de lluvia
2019	Deslave	Colapso de la carretera a Santa María Tonaguía, se tuvo que modificar el trazo	Al este de Santo Domingo Roayaga	Deforestación. Inestabilidad de la ladera. Exceso de lluvia
2019	Incendio	Quema parcial del bosque. Se apagó con la ayuda de la comunidad y el ejército	Paraje río chiquito	No identificada. Posiblemente la técnica de cultivo roza-tumba-quema (RTQ) o caída de rayo
2020	Tormenta	Afectación a viviendas	Todo el territorio municipal	Exceso de lluvia, potencia de vientos y viviendas en condiciones rudimentarias
2024	Incendio	Quema parcial del bosque, alrededor de 2,500 m2	Lugar sagrado al este del municipio	Quema de veladoras

VI.3.3 Identificación y priorización de amenazas y vulnerabilidades en el municipio

En los talleres con el Consejo, se identificaron 8 amenazas que se presentan en el municipio: sismos, inestabilidad de laderas, huracanes, lluvias severas, vientos fuertes, heladas, tormentas eléctricas e incendios. Históricamente las amenazas más comunes han sido los incendios y las lluvias severas, de las cuales, identifican a la segunda relacionada a procesos de la inestabilidad de laderas como deslizamientos y flujo de detritos.

En el nivel de importancia, los asistentes al taller consideraron que justamente una de las amenazas más comunes (lluvias severas) es la que más afectación han causado a la comunidad, seguida de las heladas y la inestabilidad de laderas en su proceso de deslizamiento. En contraste, las amenazas que consideraron han causado menos daños son las plagas y los incendios. Sin embargo, las amenazas que se han presentado con mayor intensidad son las relacionadas a los fenómenos hidrometeorológicos (lluvias abundantes con tormentas eléctricas y vientos fuertes, ya sea juntos o con presencia aislada de alguno de ellos) e incendios, éstos últimos, aunque han sido de magnitudes considerables, según consideración de los asistentes al taller, no han causado afectaciones fuertes a la comunidad.

Las vulnerabilidades identificadas las encabezaron las viviendas, seguidas de los cultivos. De la misma manera se consideró vulnerable a los servicios básicos relacionados la energía eléctrica, adicionalmente, la infraestructura carretera y de



telecomunicaciones. En menor medida se consideró vulnerable al ganado. Es de suma importancia resaltar la vulnerabilidad de la vida humana, ya que se reportaron pérdidas de 2 vidas a causa de fenómenos perturbadores, aunque una de ellas la identifican como producto de la casualidad (impacto de rayo a una persona en el campo), sin embargo, la segunda la reportan a causa de la inestabilidad de la ladera en su proceso de deslizamiento, fenómeno que lo relacionaron como producto de los fenómenos hidrometeorológicos en lo que está presente la lluvia abundante.

Tabla 95. Amenazas y vulnerabilidades identificadas por la población

Amenazas	Vulnerabilidades
Sismos	Viviendas, personas
Inestabilidad de laderas	Infraestructura carretera, viviendas, ganado, personas
Huracanes	Viviendas, sembradíos, infraestructura carretera
Lluvias severas	Viviendas, sembradíos, infraestructura carretera
Vientos	Viviendas, telecomunicaciones, sembradíos, sistema eléctrico
Heladas	Sembradíos
Tormentas eléctricas	Viviendas, sembradíos, infraestructura carretera, personas
Incendios	Bosque

Para priorizar las amenazas se utilizó como referencia el nivel de afectación que presentaron en el municipio, dando mayor valor a las amenazas que causaron pérdida de vidas humanas seguidas de las amenazas que causaron pérdidas materiales como daños a viviendas o infraestructura pública o privada, en una tercera clasificación las amenazas que causaron pérdidas económicas y por último las amenazas que se han presentado y que han dañado el medio ambiente. Producto de dicha priorización, se tuvo la siguiente clasificación, iniciando con 1 las amenazas que mayor afectación ocasionaron a bienes o infraestructura del territorio municipal, entre mayor el número asignado, la afectación fue menor.

Adicionalmente se dio una ponderación, desde la percepción de los asistentes, al nivel de intensidad con el que se presentó la amenaza, dando una ponderación de 1 a las amenazas que en su percepción se presentaron con mayor intensidad, siendo 5 las que consideraron de menor intensidad.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 96. Valoración y priorización de las amenazas

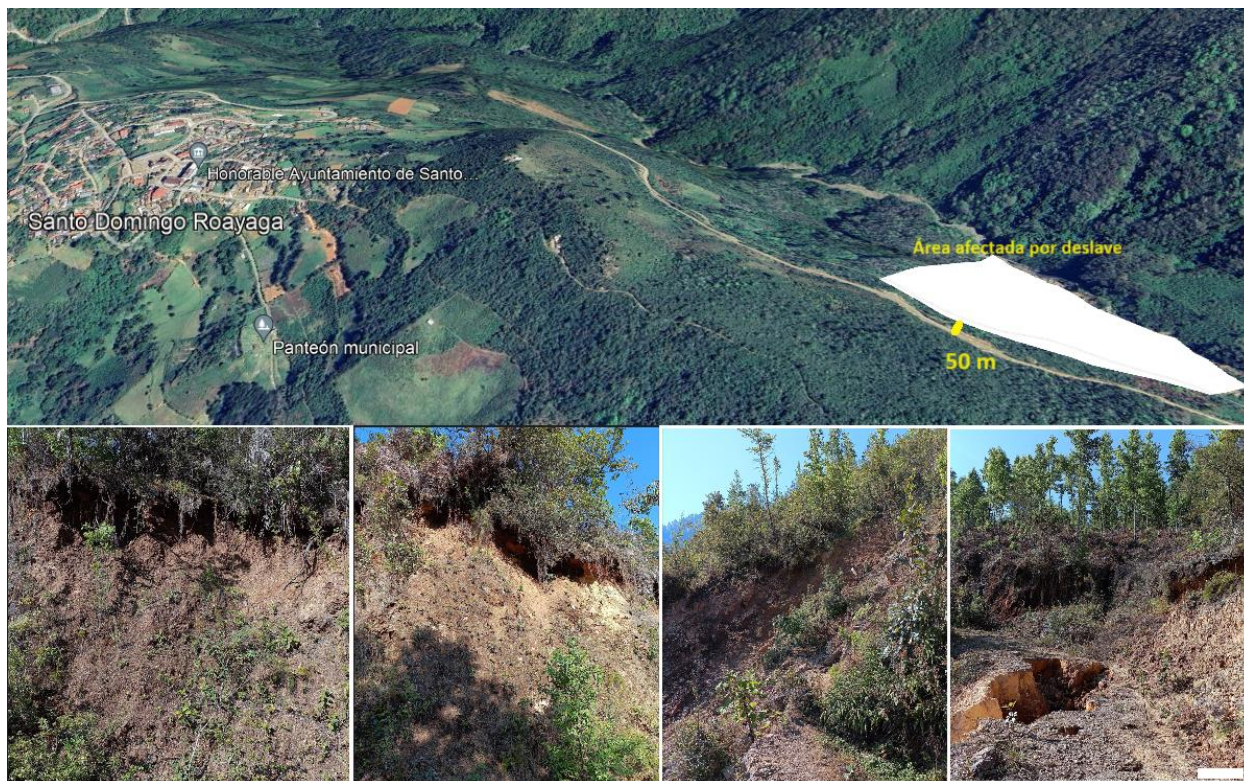
Amenazas	Prioridad	Percepción de intensidad
Huracanes	1	4
Tormentas eléctricas	2	4
Lluvias severas	3	4
Inestabilidad de laderas	4	3
Vientos fuertes	5	2
Heladas	6	3
Incendios	7	1
Sismos	8	3

VI.3.4 Definición de posibles acciones a implementar para la Reducción de Riesgos en el municipio

Una vez que se identificaron las amenazas y vulnerabilidades, así como los impactos sufridos en eventos pasados, se pueden suponer las probables pérdidas que podría sufrir la población, y con esa información y reflexión poder identificar posibles acciones para reducir el riesgo

Una de las actividades desarrolladas en el taller fue recabar de los asistentes sus propuestas para la reducción de riesgos, es de notar que en algunos casos la comunidad ha tomado medidas, sin embargo, se presumen son medidas sin los suficientes estudios técnicos que aseguren su sostenibilidad, tal es el caso de la relocalización del trazo de la carretera a la comunidad de Tonaguia, misma que fue producto del deslave presentado al oriente de la cabecera municipal; el nuevo trazo en algunos puntos se localiza a escasos 50 metros del lugar de deslave, siendo que la nueva ubicación se encuentra sobre la misma ladera, aparentemente sobre un terreno más estable.

Imagen 17. Ubicación y vista actual del deslave al oriente de Santo Domingo Roayaga en relación con el camino a la localidad de Tonaguá



Otra de las medidas a tomar en consideración, es el drenaje pluvial ubicado al sudoeste de la cabecera municipal, ya que este surge para evitar el deslave que se encuentra presente a 15 metros aproximadamente del drenaje pluvial propuesto, mismo que tiene una profundidad superficial respecto de la ladera, adicionalmente, el punto de descarga de dicho drenaje se ubica en la parte alta de una ladera en donde a pesar de que no hay viviendas actualmente, se tiene presencia de un estanque de peces en el cual comúnmente se encuentran personas realizando las labores propias de dicho proyecto productivo, la ubicación de la descarga abre la posibilidad de que genere un proceso de relacionado a la inestabilidad de laderas en ese punto.



Imagen 18. Ubicación, trazo y vista actual del drenaje pluvial al sudoeste de Santo Domingo Roayaga



En lo relacionado al manejo de los incendios es en donde han implementado acciones de mitigación, sin embargo, para el resto de las amenazas identificadas han sido escasas las acciones que han implementado, a pesar de ello, surgieron propuestas de nuevas acciones por realizar.

Tabla 97. Amenazas, vulnerabilidades y posibles acciones de Reducción de Riesgos identificadas por la población

Amenazas	Vulnerabilidades	Acciones
Sismos	Viviendas	Mejorar las características estructurales de las viviendas (hay viviendas de adobe)
Sismos	Personas	Capacitar en procedimientos de evacuación a la comunidad; definir puntos de reunión en caso de emergencia
Inestabilidad de laderas	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves
Inestabilidad de laderas	Viviendas	Mejorar las características estructurales de las viviendas
Inestabilidad de laderas	Ganado	Informar a la población sobre este fenómeno para evitar el pastoreo en las zonas con susceptibilidad



Amenazas	Vulnerabilidades	Acciones
Inestabilidad de laderas	Personas	Informar a la población sobre este fenómeno para evitar el pastoreo y el establecimiento de viviendas en las zonas con susceptibilidad. Tener víveres/medicamentos en existencia antes de la época de lluvias
Huracanes	Viviendas	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas habitadas. Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial.
Huracanes	Sembradíos	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas de siembra
Huracanes	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves
Lluvias severas	Viviendas	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas habitadas. Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial.
Lluvias severas	Sembradíos	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas de siembra
Lluvias severas	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves
Vientos fuertes	Viviendas	Mejorar la calidad estructural de las viviendas para soportar techos más seguros
Vientos fuertes	Telecomunicaciones	Contar con equipo de comunicación emergente. Establecer convenios con la empresa encargada de la comunicación y CFE para tener atención prioritaria en caso de emergencia.
Vientos fuertes	Sembradíos	Sembrar árboles coposos a las orillas de los campos de siembra. Apoyo gubernamental en caso de pérdida de cosechas.
Vientos fuertes	Sistema eléctrico	Establecer convenios con CFE para tener atención prioritaria en caso de emergencia.
Heladas	Sembradíos	Semillas que sean más resistentes al hielo.
Tormentas eléctricas	Viviendas	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas habitadas y de siembra. Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial
Tormentas eléctricas	Sembradíos	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas de siembra
Tormentas eléctricas	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves
Tormentas eléctricas	Personas	Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial. Tener víveres/medicamentos en existencia antes de la época de lluvias



Amenazas	Vulnerabilidades	Acciones
Incendios	Bosque	Jornadas de información para que la población apague el fuego que generen en el campo. Mayor acompañamiento a los agricultores cuando realicen actividades de la roza, tumba y quema. Que el comisariado tenga herramienta disponible para apagar incendios y la comisión para apagar incendios reciba capacitación de la COESFO

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 19. Herramienta para el análisis de peligros

ANÁLISIS DE PELIGROS				
(Incidencia respecto a la Localidad)				
Necesario consultar Tabla: "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 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 20. 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 muer tes 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 pérdidas económicas menores , suspensión de algunos servicios básicos , sin daños de consideración en 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
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 21. Matriz de Peligro para realizar el cruce de frecuencia e intensidad para determinar el valor final de cada peligro

MATRIZ DE PELIGRO						
I N T E N S I D A D	5 = Intensidad Muy Alta	0	4 = Peligro 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	5 = Peligro Muy Alto
	3 = Intensidad Media	0	3 = Peligro Medio	3 = Peligro Medio	3 = Peligro Medio	4 = Peligro Alto
	2 = Intensidad Baja	0	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
	0	0	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
			FRECUCENCIA			

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 22. 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



Del total de amenazas que ponen en peligro los sistemas expuestos en Santo Domingo Roayaga son más comunes los del tipo hidrometeorológico, seguido de los geológicos y de los químico-tecnológicos.

El grado total del municipio se clasificó en el rango “bajo” ya que la sumatoria del grado de riesgo fue de 27.

En la valoración por tipo de amenaza, los valores más altos de peligro se obtuvieron en la inestabilidad de laderas y lluvias severas ya que ambas se presentan por lo menos 2 veces al año, en el caso de la primera en algunas ocasiones ha ocasionado pérdidas económicas importantes además de inhabilitar servicios básicos, tal como sucedió con el deslizamiento que se presentó al oriente de la cabecera municipal, que, a pesar de que no tuvo declaratoria de desastre, dejó incomunicada por carretera a la localidad de Tonagüía por alrededor de un mes calendario, hecho que implicó desabasto de alimentos y medicinas principalmente.

Para el tema de las lluvias severas, en información de los habitantes es común que se suspenda el servicio de energía eléctrica además de daños focalizados en infraestructura pública, dado que se relaciona directamente con inestabilidad de laderas en sus procesos de caídos y flujos, consideraron que ocasiona pérdidas económicas considerables por los costos de la remoción de tierra de las carreteras y calles de la comunidad, aunado a la pérdida de cultivos por el exceso de agua.

En contraste, los valores más bajos fueron para los vientos fuertes, heladas e incendios; en este último, informaron que se encuentran en la ruta de eliminar la técnica de roza-tumba-quema (RTQ), y en algunos casos han empezado a utilizar el tequio cuando la practican, ya que el día que realizan la RTQ el campesino anfitrión es acompañado por otros comuneros y campesinos para asegurarse que el fuego no se salga de control, debido a ello los habitantes no perciben afectaciones de consideración salvo la que se ocasiona al medio ambiente, es por ello que, en la escala establecida su nivel de peligro se clasificó “bajo”.



Tabla 98. Resultados del Análisis de Peligros del Municipio

ANÁLISIS DE PELIGROS				
<p>Necesario consultar Anexo 1. "Criterios de Evaluación de los factores de Peligro" para la ponderación de la frecuencia e intensidad:</p> <p>Escala de ponderación:</p> <p>0 "No se percibe" 1 "Muy Bajo" 2 "Bajo" 3 "Medio" 4 "Alto" 5 "Muy Alto"</p> <p>NOTA: Utilizar Matriz de Peligros para definir el Valor Final.</p>				
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	3	3	3
	Inestabilidad de Laderas	5	4	5
2.. HIDROMETEOROLÓGICOS	Huracanes	3	3	3
	Lluvias Severas	5	3	4
	Vientos Fuertes	3	2	2
	Sequias	4	1	2
	Granizada	3	1	2
3. QUÍMICO / TECNOLÓGICO	Incendios	3	1	2
GRADO DE PELIGRO. (Sumar 3 grupos de Fenómenos Adversos)				23
<p>0-21 Muy bajo; 22-42 Bajo; 43-63 Medio; 64-84 Alto; 85-105 Muy alto</p>				Bajo

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 23. Análisis de Vulnerabilidades

ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES			
(Caracterización de la localidad)			
Necesario Consultar los "Criterios de Evaluación de los factores de Vulnerabilidad" para la ponderación 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 ligeramente inclinados. Pendientes entre 15° y 40°	3
	Tipo de Suelo en General	Baja aptitud con tratamiento intensivo. Suelo que puede mejorar con tratamiento complicado y de alto costo	4
	Características de la Vivienda	Autoconstrucciones sin calidad. Incumplimiento de los estándares de calidad y para atender la emergencia y para prevenir o mitigar los riesgos	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, y consultarse en el Anexo__.

Imagen 24. 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 atención 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 cualquier 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 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 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 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 voluntarios integrados y programas de simulacros diseñados e implementados.	No cuenta con un área responsable de protección civil y cuenta con deficiencias acciones 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 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 25. Criterios para determinar el valor final de vulnerabilidad

3. POLÍTICO ORGANIZATIVA	Organización de la población		
	Coordinación interinstitucional		
	Aceptación de la población y de las autoridades para la elaboración de los instrumentos		
	Aplicación de la normativa		
	Organización en materia de Protección Civil y Reducción de Riesgos de Desastres		
1. GRADO DE VULNERABILIDAD (Sumar 3 factores de vulnerabilidad)			18
0-15 = Muy Baja; 16-30= Baja; 31-45= Media; 46-60= Alta; 61-75= Muy Alta			Baja

El análisis de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos del municipio se elaboró para cada una de las amenazas relacionada con cada uno de los sistemas expuestos, ya que por ejemplo, la ubicación de la localidad respecto del área donde se presenta la amenaza es variable, para el caso donde las viviendas son el sistema expuesto la valoración fue en la más alta ya que fenómenos como sismo, deslaves, lluvias intensas, huracanes y vientos fuertes afectan directamente a las viviendas, sin embargo los incendios presentan sus afectaciones en las áreas del bosque que se encuentran fuera de los núcleos habitacionales.

De la misma manera hubo rubros que tuvieron la misma ponderación en todos los sistemas expuestos por cada amenaza, por ejemplo, la zona de sismicidad es la misma para todos los casos, así como las características de la infraestructura.

Los resultados que se obtuvieron del análisis de la vulnerabilidad son los siguientes:



Tabla 99. Resultados del Análisis de Peligros del Municipio

Visita 02	Visita 02	Visita 3																	
		Análisis de Vulnerabilidad																	
		1. FÍSICO AMBIENTAL							2. SOCIO ECONÓMICA			3. POLÍTICO ORGANIZATIVA							
Amenazas	Vulnerabilidades	Ubicación de la localidad /Municipio	Zonificación Sísmica	Pendiente General	Tipo de Suelo en General	Características de la Vivienda	Características de la Infraestructura	Situación Ambiental de la Localidad	pobreza	Marginación	Conocimientos sobre desastres	Organización de la población	Coordinación interinstitucional	Aceptación de la población y de las autoridades para la elaboración de los instrumentos	Aplicación de la normativa	Organización en materia de Protección Civil y Reducción de Riesgos de Desastres	Suma Vulnerabilidad	Grado	Vulnerabilidad Promedio
Sismos	Viviendas	5	3	4	4	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	56	Alta	Alta
Sismos	Personas	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	Alta
Inestabilidad de Laderas	Infraestructura carretera	5	3	5	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	56	Alta	Alta
	Viviendas	4	3	5	4	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	56	Alta	
	Ganado	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
	Personas	4	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	54	Alta	
Huracanes	Viviendas	5	3	4	4	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	56	Alta	Alta
	Sembradíos	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
	Infraestructura carretera	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
Lluvias Severas	Viviendas	5	3	5	4	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	57	Alta	Alta
	Sembradíos	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
	Infraestructura carretera	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
Vientos Fuertes	Viviendas	5	3	4	4	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	56	Alta	Alta
	Telecomunicaciones	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
	Sembradíos	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
	Sistema eléctrico	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
Heladas	Sembradíos	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	Alta
Tormentas Eléctricas	Viviendas	5	3	4	4	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	56	Alta	Alta
	Sembradíos	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
	Infraestructura carretera	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
	Personas	5	3	4	3	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	55	Alta	
Incendios	Bosque	3	3	4	2	4	4	2	5	5	3	3	3	2	5	4	52	Alta	Alta

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 26. 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 27. 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	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta	Vulnerabilidad muy alta
		VULNERABILIDAD				

En la valoración final del riesgo para cada una de las amenazas que se presentan en el municipio se determinó que las amenazas que genera el riesgo más alto son la inestabilidad de laderas y las lluvias fuertes, ambas con la valoración más alta para la amenaza y alta para la vulnerabilidad, lo que dio como resultado que el riesgo sea clasificado como muy alto en ambos casos, cabe mencionar que para el caso de Santo Domingo Roayaga, la percepción de los integrantes del consejo es que existe una relación entre ambos fenómenos, ya que la totalidad de deslaves que refieren, han sido consecuencia de lluvias fuertes.

Le siguen los sismos, huracanes y tormentas eléctricas que, aunque todos tienen una vulnerabilidad alta, el valor de la amenaza oscila entre 3 y 4.

De los fenómenos analizados los vientos fuertes, las heladas e incendios son los que tienen un grado de riesgo medio ya que en todos los casos el valor de la amenaza fue de 2.



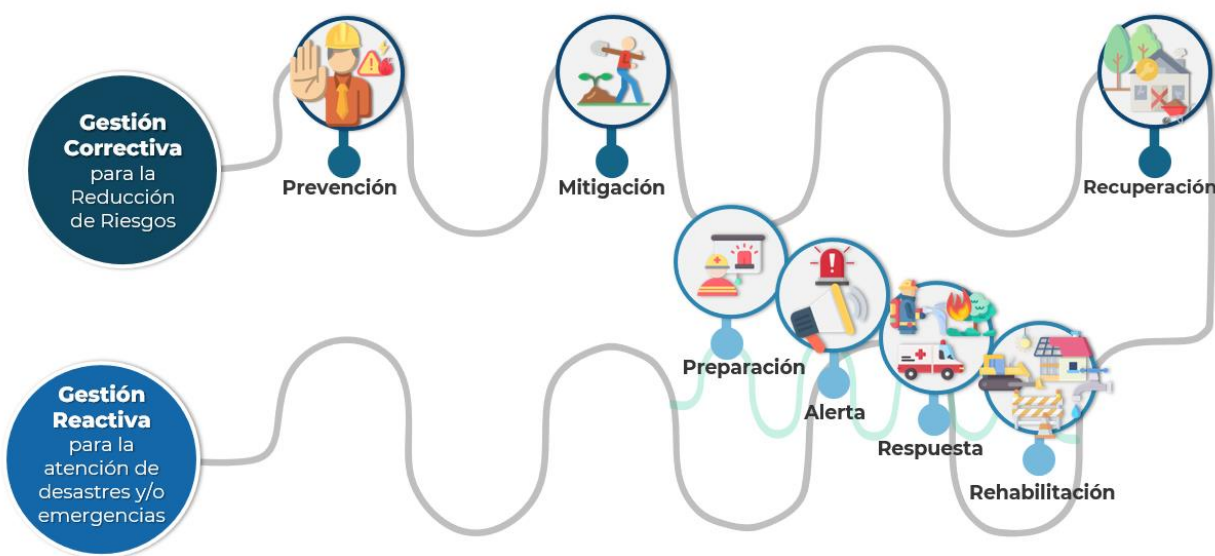
Tabla 100. Resultados del cálculo del Nivel de Riesgo

Amenazas	Vulnerabilidades	Descripción del Riesgo	Comunidades/población afectada	Valor final de la amenaza (Columna H)	Vulnerabilidad Promedio (Columna AA)	Nivel de Riesgo
Sismos	Viviendas	Posible daño estructural en las viviendas	Santo Domingo Roayaga/Tonagüía	3	Alta	Riesgo alto
	Personas	Pérdida de vidas humanas	Santo Domingo Roayaga/Tonagüía	3	Alta	Riesgo alto
Inestabilidad de Laderas	Infraestructura carretera	Interrupción de caminos, falta de víveres, combustibles, medicinas o atención médica especializada	Santo Domingo Roayaga/Tonagüía	5	Alta	Riesgo muy alto
	Viviendas	Pérdida de vidas, posible daño estructural y/o pérdida de las viviendas	Santo Domingo Roayaga/Tonagüía			
	Ganado	Pérdida de animales y carestía de alimentos	Santo Domingo Roayaga/Tonagüía			
	Personas	Pérdida de vidas (personas que se dedican al pastoreo de animales)	Santo Domingo Roayaga/Tonagüía			
Huracanes	Viviendas	Pérdida de vidas, enseres domésticos, electrodomésticos y posible daño estructural en las viviendas	Santo Domingo Roayaga	4	Alta	Riesgo alto
	Sembradíos	Pérdida de cosechas, de suelos y carestía de alimentos (granos básicos)	Santo Domingo Roayaga			
	Infraestructura carretera	Daño estructural de caminos, interrupción de caminos, dificultad para atención médica	Santo Domingo Roayaga			
Lluvias Severas	Viviendas	Posible daño estructural en las viviendas	Santo Domingo Roayaga	5	Alta	Riesgo muy alto
	Sembradíos	Pérdida de cosechas y carestía de alimentos (granos básicos)	Santo Domingo Roayaga			
	Infraestructura carretera	Daño estructural de caminos, interrupción de caminos, dificultad para atención médica	Santo Domingo Roayaga			
Vientos Fuertes	Viviendas	Pérdida de enseres domésticos, daño estructural o pérdida de techos, posible daño estructural a viviendas	Santo Domingo Roayaga	2	Alta	Riesgo medio
	Telecomunicaciones	Interrupción de comunicaciones	Santo Domingo Roayaga			
	Sembradíos	Pérdida de cosechas, de suelos y carestía de alimentos (granos básicos)	Santo Domingo Roayaga			
	Sistema eléctrico	Interrupción del servicio eléctrico	Santo Domingo Roayaga			
Heladas	Sembradíos	Pérdida de cosechas y carestía de alimentos (granos básicos)	Santo Domingo Roayaga/Tonagüía	2	Alta	Riesgo medio
Tormentas Eléctricas	Viviendas	Pérdida de vidas, enseres domésticos, electrodomésticos y posible daño estructural en las viviendas	Santo Domingo Roayaga	4	Alta	Riesgo alto
	Sembradíos	Pérdida de cosechas, de suelos y carestía de alimentos (granos básicos)	Santo Domingo Roayaga			
	Infraestructura carretera	Daño estructural de caminos, interrupción de caminos, dificultad para atención médica	Santo Domingo Roayaga			
	Personas	Pérdida de vidas (personas que se dedican al pastoreo de animales y al campo)	Santo Domingo Roayaga			
Incendios	Bosque	Pérdida de zonas arboladas con impacto en el medio ambiente	Santo Domingo Roayaga	2	Alta	Riesgo medio

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.

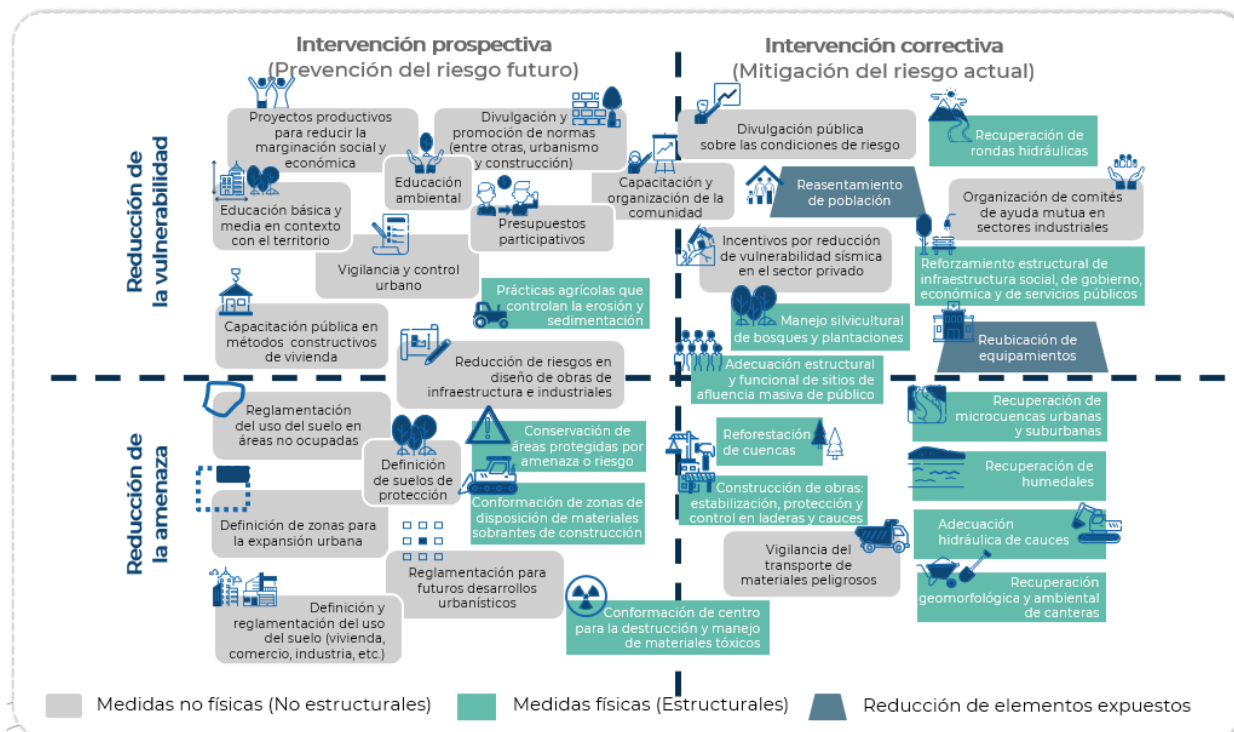
Imagen 28. Fases del ciclo de gestión del riesgo que se atienden en este Instrumento



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 29. Mapeo de acciones para la reducción del riesgo que se atienden en este Instrumento



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.

Derivado de los grados de riesgo definidos, los asistentes al taller propusieron alternativas de solución mediante acciones y actores concretos. En los actores se incluyeron además de los órganos de gobierno locales a las Instituciones gubernamentales del nivel estatal y federal, incluso, en algunos casos a entidades de la iniciativa privada.

En algunos casos, se propusieron acciones que para los habitantes sería nuevas, ya que no hay antecedentes de que se hayan realizado en la comunidad, tal es el caso de la capacitación y uso de alternativas de riego tecnificado, o bien, organizarse y equiparse para tener sistemas de alerta temprana, es de resaltar la disposición de las personas a implementar esos nuevos mecanismos y técnicas.



Tabla 101. Peligros, amenazas, vulnerabilidades y posibles acciones de Reducción de Riesgos identificadas por la población

Amenazas	Vulnerabilidades	Acciones de prevención o mitigación	Responsables de atender el riesgo
Sismos	Viviendas	Mejorar las características estructurales de las viviendas (hay viviendas de adobe)	Ayuntamiento Municipal, Gobierno del Estado (protección civil, SIC)
Sismos	Personas	Capacitar en procedimientos de evacuación a la comunidad; definir puntos de reunión en caso de emergencia	Ayuntamiento Municipal, Escuelas, Gobierno del Estado (protección civil)
Inestabilidad de laderas	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves	Gobierno Municipal, Comisariado de bienes comunales; Gobierno del Estado (CABIEN)
Inestabilidad de laderas	Viviendas	Mejorar las características estructurales de las viviendas	Gobierno del Estado (protección civil, VIBIEN)
Inestabilidad de laderas	Ganado	Informar a la población sobre este fenómeno para evitar el pastoreo en las zonas con susceptibilidad	Gobierno Municipal, Comisariado de Bienes Comunales
Inestabilidad de laderas	Personas	Informar a la población sobre este fenómeno para evitar el pastoreo y el establecimiento de viviendas en las zonas con susceptibilidad. Tener víveres/medicamentos en existencia antes de la época de lluvias	Gobierno Municipal, Comisariado de Bienes Comunales, Gobierno del Estado (Secretaría de Salud)
Huracanes	Viviendas	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas habitadas. Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial.	Población en general; Gobierno del Estado (VIBIEN, SIC, gubernatura); Ayuntamiento municipal. Comisariado de Bienes Comunales
Huracanes	Sembradíos	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas de siembra	Comisariado de Bienes Comunales, Gobierno del Estado (SEFADER, Medio Ambiente)
Huracanes	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves	Gobierno Municipal, Comisariado de bienes comunales; Gobierno del Estado (CABIEN)
Lluvias severas	Viviendas	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas habitadas. Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos	Población en general; Gobierno del Estado (VIBIEN, SIC, gubernatura);



Amenazas	Vulnerabilidades	Acciones de prevención o mitigación	Responsables de atender el riesgo
		de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial.	Ayuntamiento municipal. Comisariado de Bienes Comunales
Lluvias severas	Sembradíos	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas de siembra	Comisariado de Bienes Comunales, Gobierno del Estado (SEFADER, Medio Ambiente)
Lluvias severas	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves	Gobierno Municipal, Comisariado de bienes comunales; Gobierno del Estado (CABIEN)
Vientos fuertes	Viviendas	Mejorar la calidad estructural de las viviendas para soportar techos más seguros	Población en general; Gobierno del Estado (vivienda bienestar, SIC); Ayuntamiento municipal
Vientos fuertes	Telecomunicaciones	Contar con equipo de comunicación emergente. Establecer convenios con la empresa encargada de la comunicación y CFE para tener atención prioritaria en caso de emergencia.	Gobierno Municipal, Gobierno Estatal (SIC), Gobierno Federal (SCT y CFE)
Vientos fuertes	Sembradíos	Sembrar árboles coposos a las orillas de los campos de siembra. Apoyo gubernamental en caso de pérdida de cosechas.	Comisariado de Bienes Comunales, Gobierno del Estado (SEFADER, Medio Ambiente)
Vientos fuertes	Sistema eléctrico	Establecer convenios con CFE para tener atención prioritaria en caso de emergencia.	Gobierno Municipal, Gobierno Federal (CFE)
Heladas	Sembradíos	Semillas que sean más resistentes al hielo.	Comisariado de bienes comunales; Gobierno del Estado (SEFADER, medio ambiente)
Tormentas eléctricas	Viviendas	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas habitadas y de siembra. Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial	Población en general; Gobierno del Estado (VIBIEN, SIC, gubernatura); Ayuntamiento municipal. Comisariado de Bienes Comunales
Tormentas eléctricas	Sembradíos	Construcción y/o mejora de drenaje pluvial en zonas de siembra	Comisariado de Bienes Comunales, Gobierno del Estado (SEFADER, Medio Ambiente)
Tormentas eléctricas	Infraestructura carretera	Fortalecer las capacidades de maquinaria y herramienta para quitar deslaves	Gobierno Municipal, Comisariado de bienes comunales; Gobierno del Estado (CABIEN)
Tormentas eléctricas	Personas	Concientizar a la población sobre la importancia de respetar los derechos de vía ya que son útiles para el dren de agua pluvial. Tener víveres/medicamentos en existencia antes de la época de lluvias	Gobierno Municipal, Comisariado de Bienes Comunales, Gobierno del Estado (Secretaría de Salud)



Amenazas	Vulnerabilidades	Acciones de prevención o mitigación	Responsables de atender el riesgo
Incendios	Bosque	Jornadas de información para que la población apague el fuego que generen en el campo. Mayor acompañamiento a los agricultores cuando realicen actividades de la roza, tumba y quema. Que el comisariado tenga herramienta disponible para apagar incendios y la comisión para apagar incendios reciba capacitación de la COESFO	Gobierno del Estado (protección civil, COESFO), Escuelas, Ayuntamiento Municipal

VI.4 Conclusiones y recomendaciones

VI.4.1 Conclusiones

Los riesgos más importantes identificados en el municipio tienen que ver con las lluvias fuertes y la inestabilidad de laderas en su proceso de deslizamiento, que, para este caso, se agrava con la presencia de la primera al grado de haberse presentado la pérdida de una vida humana. Aunque en los talleres se identificaron eventos relacionados a este fenómeno en los procesos de caídos y flujos que afectaron las vías de comunicación y servicios básicos, en el análisis de cartografía y en los recorridos de campo se detectaron indicios de inestabilidad de ladera en su proceso de deslizamiento en la carretera que llega a la cabecera municipal, además de la presencia de derrumbes y caída de detritos principalmente en la carretera a Tonaguía, por lo que sería importante establecer un mecanismo de evaluación y monitoreo de las acciones que los habitantes ya han llevado a cabo, para asegurar su funcionamiento y que no originen o agraven la vulnerabilidad de la población.

Con relación al fenómeno de incendios, es de suma importancia mantener y mejorar la organización comunitaria, además de equipar y capacitar equipos para la atención y mitigación del riesgo que representa esta amenaza; a pesar de que las afectaciones no son perceptibles por la comunidad, las zonas de vegetación primaria han disminuido notoriamente.

Es relevante comentar el riesgo alto por explosiones de combustible en pequeños comercios que se deriva del análisis cartográfico que inclusive, solo registra un punto de venta, siendo que en los recorridos de campo se observaron y registraron dos puntos de venta de combustible a granel. Este es un fenómeno antropogénico que es recomendable monitorear y controlar, ya que está y estará presente por lo menos en el mediano plazo, ya que debido a las dimensiones de las localidades de la zona se vislumbra lejana la instalación de gasolineras formales, la más cercana se encuentra a poco más de 100 km del municipio.



Aunque la cabecera municipal está catalogada como urbana, el número de habitantes corresponde a una comunidad rural, posible explicación al hecho que las capacidades de gestión y operación del Ayuntamiento son limitadas, sin embargo, se percibe colaboración con el comisariado de bienes comunales; a pesar de ello, deberán contar con el apoyo y seguimiento de parte de los gobiernos estatal y federal para garantizar la sostenibilidad en la atención, prevención y mitigación del riesgo que representan las amenazas detectadas, a pesar de contar con Consejo Municipal de protección civil, es necesario dar mayor dinamismo a su operación.

Por último, a pesar de las diferencias de lenguaje, ya que en la cabecera municipal su lengua común es el zapoteco y en la localidad de Tonaguía lo es el mixe, hay acciones prácticas que se puede llevar a cabo, como organizar a la población en sistemas de alerta temprana o en la capacitación para nuevas formas de cultivo acompañadas con sistemas tecnificados de riego.

VI.4.2 Recomendaciones de vulnerabilidades, problemáticas y riesgos que es importante retomar para el Ordenamiento Territorial y Urbano

Debido a la pérdida de vegetación primaria y secundaria, por lo menos de los integrantes del consejo, hay disposición para definir y delimitar áreas de protección forestal de tal forma que se pueda recuperar la vegetación primaria, para mitigar el impacto y la deforestación misma que se presenta, además de poder implementar proyectos forestales sostenibles y sustentables como la venta de carbón.

VI.4.3 Recomendaciones de proyectos y estudios que se requieren para mejorar el conocimiento del territorio

Es ampliamente recomendable la evaluación y monitoreo de las acciones que la población ha llevado a cabo para mitigar el riesgo de los fenómenos de inestabilidad de laderas en su proceso de deslizamiento y el drenaje pluvial a consecuencia de las lluvias fuertes.

El nuevo trazo de la carretera a Tonaguía se observa sobre la misma ladera que fue afectada por el deslizamiento, por lo que sería importante realizar estudios de mecánica de suelos o geológico estructurales para asegurar que no se encuentre aun sobre zona de deslizamiento.

El drenaje pluvial al sudoeste de la cabecera municipal se encuentra en la zona donde los habitantes refirieron el deslizamiento que sepultó una vivienda, por lo que sería importante asegurar su funcionalidad y prevenir que el punto de descarga no genere nuevas condiciones de vulnerabilidad.



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 (CEPRENAC-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 (CEPRENAC-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 (CEPRENAC-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 (CEPRENAC-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 tablas, mapas, gráficas e ilustraciones

Tablas

Tabla 1. Principales actividades económicas en el municipio (SEFIN, 2008).....	12
Tabla 2. Grado de peligro por fenómenos naturales en Santo Domingo Roayaga.....	15
Tabla 3. Grado de peligro por inundaciones en Santo Domingo Roayaga.....	15
Tabla 4. Grado de susceptibilidad por inestabilidad de laderas en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	15
Tabla 5. Grado de peligro por sismo en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	16
Tabla 6. Declaratoria por desastre en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	16
Tabla 7. Declaratorias por emergencia en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	17
Tabla 8. Localidades del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	27
Tabla 9. Provincia fisiográfica donde se ubica el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	31
Tabla 10. Proporción del territorio del municipio de Santo Domingo Roayaga en las subprovincias fisiográficas.....	34
Tabla 11. Sistema de topoformas presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	35
Tabla 12. Geología del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	35
Tabla 13. Fallas y fracturas en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	37
Tabla 14. Características de los diferentes tipos de suelo presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	39
Tabla 15. Longitud de los afluentes con los que cuenta el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	41
Tabla 16. Cuencas presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	44
Tabla 1. Descripción de los climas presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	46
Tabla 2. Superficie de Santo Domingo Roayaga por rango de temperaturas (°C) medias anuales.....	47
Tabla 3. Superficie por rango de precipitación anual (mm) en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	48
Tabla 4. Evapotranspiración (mm/año) en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	51
Tabla 5. Vulnerabilidad ante el cambio climático del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	53
Tabla 6. Uso de suelo y vegetación en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	54
Tabla 7. Población total del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	59
Tabla 8. Población del municipio de Santo Domingo Roayaga por localidad.....	60
Tabla 9. Distribución de la población por rango de edad en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	62
Tabla 10. Población con alguna discapacidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	62
Tabla 11. Distribución de habitantes con discapacidad por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	63
Tabla 12. Población hablante de alguna lengua indígena en el municipio de Santo Domingo Roayaga por sexo.....	64
Tabla 13. Población hablante de alguna lengua indígena por sexo y localidad del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	65
Tabla 14. Distribución de habitantes con servicios de salud en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	66



Tabla 15. Distribución de habitantes con servicios de salud por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga	67
Tabla 16. Población económicamente activa en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	68
Tabla 17. Población Económicamente Activa (PEA) por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	69
Tabla 18. Población ocupada en el municipio de Santo Domingo Roayaga	69
Tabla 19. Población económicamente activa, ocupada y desocupada, por localidad del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	70
Tabla 20. Unidades de producción agropecuarias en el municipio de Santo Domingo Roayaga	71
Tabla 21. Producción pecuaria 2022 en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	72
Tabla 22. Centralidades de las actividades económicas en el municipio de Santo Domingo Roayaga	75
Tabla 23. Grado de vulnerabilidad social y resiliencia del municipio de Santo Domingo Roayaga	76
Tabla 24. Índice y grado de rezago social del municipio de Santo Domingo Roayaga	76
Tabla 25. Distribución de viviendas habitadas total y por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	78
Tabla 26. Servicios dentro de la vivienda por localidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga	79
Tabla 27. Infraestructura de salud en las localidades de Santo Domingo Roayaga	80
Tabla 28. Infraestructura de comunicaciones y transporte en el municipio de Santo Domingo Roayaga	84
Tabla 1. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles a derrumbes.....	89
Tabla 2. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a derrumbes.....	89
Tabla 3. Matrices para el cálculo de CI.....	90
Tabla 4. 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.....	91
Tabla 5. 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 46 y 50.....	91
Tabla 6. Índice aleatorio (RI) estandarizado.....	92
Tabla 7. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia	92
Tabla 8. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles por Flujos.....	93
Tabla 9. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a flujos.....	93
Tabla 10. Resultados de la multiplicación de las matrices de importancia relativa y el peso específico de zonas susceptibles a flujos.....	94
Tabla 11. Resultados correspondientes a B/A.....	94
Tabla 12. Índice aleatorio (RI) estandarizado.....	94
Tabla 13. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia	95
Tabla 14. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles por deslizamientos	95
Tabla 15. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a deslizamientos.....	96
Tabla 16. Resultados de la multiplicación de las matrices de importancia relativa y el peso específico de zonas susceptibles a deslizamientos.....	96



Tabla 17. Datos requeridos para calcular el CI (índice de consistencia)	96
Tabla 18. Índice aleatorio (RI) estandarizado.....	97
Tabla 19. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia	97
Tabla 20. Comparación de la importancia relativa entre los parámetros seleccionados para la estimación de zonas susceptibles para cálculo de caída de detritos.....	98
Tabla 21. Peso específico calculado por parámetro empleado en el análisis multicriterio para la estimación de zonas susceptibles a caída de detritos.....	99
Tabla 22. Matrices para el cálculo de CI.....	99
Tabla 23. 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.....	100
Tabla 24. Datos resultantes entre la división del peso específico de cada parámetro y la suma de valores de la multiplicación entre las matrices	100
Tabla 25. Índice aleatorio (RI) estandarizado.....	101
Tabla 26. Relación entre el tamaño de la matriz y el radio de consistencia	101
Tabla 27. Grado de intensidad.....	104
Tabla 28. Escala de Intensidad de Mercalli Modificada Abreviada	123
Tabla 29. Resumen de los principales procesos geológicos capaces de provocar daños.....	125
Tabla 30. Regionalización sismo tectónica de la República Mexicana-sismos someros	128
Tabla 31. Regionalización sismotectónica de la República Mexicana-sismos intermedios.....	128
Tabla 32. Talud con las componentes del peso y empuje sísmico. Fuente: CFE.....	139
Tabla 33. Clasificación estructuras del grupo “B”	139
Tabla 34. Exploración y caracterización del terreno en función de la estructura	140
Tabla 35. Restricciones de los valores de a_0r , a_0 y c (en cms^2).....	143
Tabla 36. Valores de los periodos característicos y exponentes que controlan las ramas descendentes de los espectros de diseño.....	143
Tabla 37. Matriz de comparación y pesos obtenidos para el cálculo de peligro/amenaza por inundaciones.....	169
Tabla 38. Estaciones consideradas para las interpolaciones de los fenómenos de tormentas eléctricas, las temperaturas máximas y mínima, las tormentas de granizo y las lluvias extremas.....	170
Tabla 39. Alturas de marea de tormenta (m).....	174
Tabla 40. Alturas de marea de tormenta y pleamar a nivel municipal (m)	174
Tabla 41. Matriz de Comparación para cálculo de peligro/amenaza por sequías.....	176
Tabla 42. Matriz de Comparación para cálculo de peligro/amenaza de heladas	177
Tabla 43. Días con tormentas eléctricas	207
Tabla 44. Porcentaje de área con sequía	216
Tabla 45. Vulnerabilidad por altas temperaturas.....	219
Tabla 46. Umbrales de temperatura.....	219
Tabla 47. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años	231
Tabla 48. Umbrales de temperatura.....	240
Tabla 49. Efectos ambientales por Heladas	241



Tabla 50. Clasificación de lluvias según su intensidad en 24 h	243
Tabla 51. Degradación de suelo	264
Tabla 52. Indicadores para el cálculo de Vulnerabilidad.....	284
Tabla 53. Tabla. Obtención de promedios por rubro a nivel municipal	285
Tabla 54. Tabla. Obtención de promedios por rubro a nivel municipal	286
Tabla 55. Rangos para asignar a cada categoría de exposición en el municipio	291
Tabla 1. Resultados para la estimación del riesgo	294
Tabla 2. Resultados para la estimación del riesgo para los componentes de inestabilidad de laderas.....	294
Tabla 3. Riesgo por deslizamientos en el municipio.....	295
Tabla 4. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años	296
Tabla 5. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años.....	298
Tabla 6. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años	299
Tabla 7. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años.....	300
Tabla 8. Riesgo por derrumbes en el municipio.....	301
Tabla 9. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años.....	302
Tabla 10. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años.....	303
Tabla 11. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años	304
Tabla 12. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años.....	306
Tabla 13. Riesgo por caída de detritos en el municipio	307
Tabla 14. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años.....	308
Tabla 15. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años	308
Tabla 16. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años.....	310
Tabla 17. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años	311
Tabla 18. Riesgo por flujos en el municipio.....	312
Tabla 19. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 5 años	314
Tabla 20. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años.....	314
Tabla 21. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años.....	316
Tabla 22. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años	318
Tabla 23. Riesgo por fenómenos geológicos presentes el en municipio	318
Tabla 24. Riesgo por aceleración sísmica en el municipio.....	319
Tabla 25. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años.....	320
Tabla 26. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años	322
Tabla 27. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 1000 años.....	322
Tabla 28. Riesgos en el municipio por aceleración sísmica	323
Tabla 29. Riesgo por hundimiento del suelo en el municipio.....	324
Tabla 30. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio.....	326
Tabla 31. Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio.....	327
Tabla 32. Riesgos en el municipio por mecanismos de hundimientos.....	328
Tabla 33. Riesgo por inundaciones pluviales en el municipio.....	329



Tabla 34. Riesgo por precipitación máxima en el municipio.....	330
Tabla 35. Riesgo por precipitación máxima en un periodo de retorno por 24 horas en el municipio.....	331
Tabla 36. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio	332
Tabla 37. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio	334
Tabla 38. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio	334
Tabla 39. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio.....	336
Tabla 40. Riesgo por precipitación máxima en un periodo de retorno por 50 años en el municipio	338
Tabla 41. Riesgo por ciclones tropicales en el municipio.....	338
Tabla 42. Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio.....	340
Tabla 43. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio.....	341
Tabla 44. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio	343
Tabla 45. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio	343
Tabla 46. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio.....	345
Tabla 47. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio.....	347
Tabla 48. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio.....	347
Tabla 49. Riesgos en el municipio por mecanismos de hundimientos.....	348
Tabla 50. Riesgo por heladas o temperaturas mínimas en el municipio.....	350
Tabla 51. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio.....	350
Tabla 52. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio.....	352
Tabla 53. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio.....	353
Tabla 54. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio.....	355
Tabla 55. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio.....	356
Tabla 56. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 100 años en el municipio	356
Tabla 57. Riesgo por granizo en el municipio.....	357
Tabla 58. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio	359
Tabla 59. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio.....	360
Tabla 60. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio	362
Tabla 61. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio.....	362
Tabla 62. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio	364
Tabla 63. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio	366
Tabla 64. Riesgo por nevadas en el municipio.....	367
Tabla 65. Riesgos en el municipio por ondas gélidas.....	367
Tabla 66. Riesgo por temperaturas máximas en el municipio	369
Tabla 67. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio	369
Tabla 68. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio.....	371
Tabla 69. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio.....	373
Tabla 70. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio	374
Tabla 71. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio	375
Tabla 72. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio	377



Tabla 73. Riesgo por sequías en el municipio.....	378
Tabla 74. Riesgo por tornados en el municipio	378
Tabla 75. Riesgos en el municipio por ondas cálidas.....	379
Tabla 76. Riesgo por explosión de combustible en calles en el municipio.....	381
Tabla 77. Riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio	381
Tabla 78. Riesgo por incendios forestales en el municipio.....	383
Tabla 79. Riesgos en el municipio por fenómenos químico-tecnológicos	384
Tabla 80. Riesgo por plagas de plantas parásitas en el municipio.....	385
Tabla 81. Riesgo por plaga de xyleborus en el municipio.....	386
Tabla 82. Riesgo por plaga de sphaeropsis en el municipio	387
Tabla 83. Riesgo por plaga de ocoaxo en el municipio.....	388
Tabla 84. Riesgo por plaga de euwallacea en el municipio.....	389
Tabla 85. Riesgo por plaga de descortezador en el municipio.....	390
Tabla 86. Riesgo por plaga de defoliador en el municipio	391
Tabla 87. Riesgo por plaga de coptotermes en el municipio	392
Tabla 88. Riesgos en el municipio por fenómenos sanitario-ecológicos.....	393
Tabla 89. Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio.....	393
Tabla 90. Riesgos en el municipio por fenómenos sanitario-ecológicos.....	394
Tabla 91. Resumen del nivel de riesgos de los fenómenos perturbadores que amenazan al municipio	401
Tabla 92. Principales riesgos que amenazan al municipio.....	404
Tabla 93. Análisis de las medidas, instrumentos y acciones específicas que podría implementar el municipio para la Reducción de Riesgos de Desastres.....	406
Tabla 94. Cronología de eventos peligrosos	412
Tabla 95. Amenazas y vulnerabilidades identificadas por la población	414
Tabla 96. Valoración y priorización de las amenazas	415
Tabla 97. Amenazas, vulnerabilidades y posibles acciones de Reducción de Riesgos identificadas por la población ..	417
Tabla 98. Resultados del Análisis de Peligros del Municipio.....	423
Tabla 99. Resultados del Análisis de Peligros del Municipio.....	426
Tabla 100. Resultados del cálculo del Nivel de Riesgo.....	428
Tabla 101. Peligros, amenazas, vulnerabilidades y posibles acciones de Reducción de Riesgos identificadas por la población.....	431

Mapas

Mapa 1. Macrolocalización del municipio de Santo Domingo Roayaga	26
Mapa 2. Microlocalización del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	27
Mapa 3. Mapa Base del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	29
Mapa 4. Provincia fisiográfica donde se ubica el municipio de Santo Domingo Roayaga	32



Mapa 5. Subprovincias fisiográficas donde se ubica el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	33
Mapa 6. Sistema de topoformas presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	34
Mapa 7. Geología (litología) en el municipio de Santo Domingo Roayaga	36
Mapa 8. Litología superficial (relieve) del municipio de Santo Domingo Roayaga	37
Mapa 9. Litología superficial (fallas y fracturas), de Santo Domingo Roayaga	38
Mapa 10. Edafología presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga	40
Mapa 11. Región hidrológica del municipio de Santo Domingo Roayaga	43
Mapa 12. Cuencas presentes en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	44
Mapa 13. Clima presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	45
Mapa 14. Temperatura media anual presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga	48
Mapa 15. Precipitación media anual presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga	50
Mapa 16. Evapotranspiración medial anual presente en el municipio de Santo Domingo Roayaga	52
Mapa 17. Uso de suelo y vegetación en el municipio de Santo Domingo Roayaga	55
Mapa 18. Uso de suelo en Santo Domingo Roayaga	56
Mapa 19. Vegetación en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	57
Mapa 20. Asentamientos humanos por tamaño de localidad en Santo Domingo Roayaga	61
Mapa 21. Centralidades económicas en el municipio de Santo Domingo Roayaga	75
Mapa 22. Índice de marginación en el municipio de Santo Domingo Roayaga	77
Mapa 23. Infraestructura de salud en el municipio de Santo Domingo Roayaga	81
Mapa 24. Infraestructura educativa en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	82
Mapa 25. Infraestructura para el entretenimiento en el municipio de Santo Domingo Roayaga	83
Mapa 26. Infraestructura de comunicaciones y transporte en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	84
Mapa 27. Peligro por deslizamientos.....	103
Mapa 28. Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años	105
Mapa 29. Mapa de Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años	106
Mapa 30. Mapa de Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años	107
Mapa 31. Mapa de Peligro por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años.....	108
Mapa 32. Susceptibilidad por derrumbes	110
Mapa 33. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años.....	111
Mapa 34. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años	112
Mapa 35. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años.....	113
Mapa 36. Mapa de Peligro por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años.....	114
Mapa 37. Mapa de susceptibilidad por detritos.....	116
Mapa 38. Mapa susceptibilidad por flujos.....	117
Mapa 39. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 5 años.....	118
Mapa 40. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 10 años.....	119
Mapa 41. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 20 años.....	120
Mapa 42. Mapa de peligro por flujos para un periodo de retorno de 50 años	121
Mapa 43. Placas tectónicas.....	126



Mapa 44. Regionalización sísmica.....	129
Mapa 45. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 10 años (CFE, 2010).....	130
Mapa 46. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 100 años (CFE, 2010)	131
Mapa 47. Aceleración máxima del terreno, para un periodo de retorno de 500 años (CFE, 2010).....	131
Mapa 48. Ubicación Santo Domingo Roayaga Regionalización sísmica.....	145
Mapa 49. Principales volcanes activos.....	149
Mapa 50. Escenario 1 de probabilidad Baja. Fuente: CENAPRED.....	149
Mapa 51. Escenario 2 de probabilidad Baja.	150
Mapa 52. Escenario 3 de probabilidad Baja. Fuente: CENAPRED	153
Mapa 53. Peligros volcán Popocatepetl.	154
Mapa 54. Peligro / Amenaza por vulcanismo	155
Mapa 55. Mapa de susceptibilidad de subsidencia	160
Mapa 56. Mapa de susceptibilidad de derrumbes.....	162
Mapa 57. Mapa de susceptibilidad por hundimientos por fallas y fracturas en el municipio	164
Mapa 58. Mapa de susceptibilidad por subsidencia en el municipio.....	166
Mapa 59. Mapa de susceptibilidad por agrietamientos.....	167
Mapa 60. Mapa de amenaza por inundaciones pluviales en el municipio.....	178
Mapa 61. Mapa de amenaza por precipitación máxima.....	182
Mapa 62. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 24 horas.....	183
Mapa 63. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 2 años.....	185
Mapa 64. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 5 años	186
Mapa 65. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 10 años	187
Mapa 66. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 25 años.....	188
Mapa 67. Peligro por precipitación máxima en el municipio en un periodo de retorno de 50 años.....	190
Mapa 68. Días con Granizo.....	191
Mapa 69. Grado de peligro por granizo	192
Mapa 70. Amenaza por días con granizo en el municipio.....	193
Mapa 71. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 2 años.....	194
Mapa 72. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 5 años.....	195
Mapa 73. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 10 años.....	197
Mapa 74. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 25 años.....	198
Mapa 75. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 50 años.....	199
Mapa 76. Peligro por tormenta de granizo para un periodo de retorno de 100 años	200
Mapa 77. Grado de peligro por nevada.....	202
Mapa 78. Amenaza por nevadas en el municipio.....	203
Mapa 79. Grado de peligro por nevadas.....	204
Mapa 80. Grado de peligro por nevadas.....	205
Mapa 81. Grado de peligro por tormentas eléctricas.....	206
Mapa 82. Amenaza por tormentas eléctricas en el municipio.....	207



Mapa 83. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 2 años.....	208
Mapa 84. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 5 años.....	209
Mapa 85. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 10 años.....	210
Mapa 86. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 25 años.....	212
Mapa 87. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 50 años.....	213
Mapa 88. Amenaza peligro por tormentas eléctricas para un período de retorno de 100 años.....	214
Mapa 89. Amenaza peligro por sequía.....	217
Mapa 90. Amenaza peligro por temperaturas máximas en el municipio.....	223
Mapa 91. Amenaza peligro por temperaturas máximas (Isotermas).....	224
Mapa 92. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años.....	225
Mapa 93. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años.....	226
Mapa 94. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años.....	228
Mapa 95. Peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años.....	229
Mapa 96. Amenaza peligro por temperaturas máximas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años.....	230
Mapa 97. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 2 años.....	233
Mapa 98. Amenaza peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 5 años.....	234
Mapa 99. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 10 años.....	236
Mapa 100. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 25 años.....	237
Mapa 101. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 50 años.....	238
Mapa 102. Peligro por temperaturas mínimas extremas en el municipio en un periodo de retorno de 100 años.....	239
Mapa 103. Grado de peligro por bajas temperaturas.....	241
Mapa 104. Susceptibilidad por heladas en el municipio.....	242
Mapa 105. Grado de peligro por presencia de ciclones tropicales.....	245
Mapa 106. Amenaza por presencia de tornados en el municipio.....	247
Mapa 107. Amenaza por nube tóxica (gasolineras).....	252
Mapa 108. Amenaza por alberca de fuego (gasolineras).....	253
Mapa 109. Amenaza por explosión de vapores (BLEVE) - gasolineras.....	254
Mapa 110. Amenaza susceptibilidad por incendios forestales.....	256
Mapa 111. Amenaza por contaminación del agua.....	259
Mapa 112. Amenaza por contaminación del aire por fuentes móviles y fijas.....	261
Mapa 113. Amenaza por contaminación del aire.....	262
Mapa 114. Amenaza por plagas (Áreas de atención prioritaria).....	266
Mapa 115. Amenaza por plagas forestales (Enfermedades en cultivos).....	267
Mapa 116. Amenaza por plagas forestales (Sphaeropsis).....	268
Mapa 117. Amenaza por plagas forestales (Xyleborus).....	269
Mapa 118. Amenaza por plagas forestales (Coptotermes gestroi).....	270
Mapa 119. Amenaza por plagas forestales (Defoliador).....	271



Mapa 120. Amenaza por plagas forestales (Descortezador)	272
Mapa 121. Amenaza por plagas forestales (euplatypus coptoburus).....	273
Mapa 122. Amenaza por plagas forestales (Euwallacea)	274
Mapa 123. Amenaza por plagas forestales (Ocoaxo)	275
Mapa 124. Amenaza por plagas plantas parásitas.....	276
Mapa 125. Amenaza por plagas forestales (Coptotermes gestroi)	277
Mapa 126. Amenaza en recintos por concentraciones masivas de población.....	281
Mapa 127. Intensidad de afectación en carreteras.....	282
Mapa 128. Mapa vulnerabilidad social.....	288
Mapa 129. Mapa vulnerabilidad social localidades rurales.....	289
Mapa 130. Vulnerabilidad social localidades Urbanas.....	290
Mapa 131. Grado de exposición	292
Mapa 132. Riesgo por deslizamientos en el municipio.....	295
Mapa 133. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 5 años.....	297
Mapa 134. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 10 años.....	298
Mapa 135. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 20 años.....	299
Mapa 136. Riesgo por deslizamientos para un periodo de retorno de 50 años	300
Mapa 137. Riesgo por derrumbes en el municipio	301
Mapa 138. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 5 años.....	302
Mapa 139. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 10 años.....	303
Mapa 140. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 20 años.....	304
Mapa 141. Riesgo por derrumbes para un periodo de retorno de 50 años.....	305
Mapa 142. Riesgo por caída de detritos en el municipio	306
Mapa 143. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 5 años.....	307
Mapa 144. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 10 años.....	309
Mapa 145. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 20 años	310
Mapa 146. Riesgo por caída de detritos para un periodo de retorno de 50 años.....	311
Mapa 147. Riesgo por flujos en el municipio.....	312
Mapa 148. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 5 años	313
Mapa 149. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 10 años.....	315
Mapa 150. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 20 años	316
Mapa 151. Riesgo por flujos para un periodo de retorno de 50 años.....	317
Mapa 152. Riesgo por aceleración sísmica en el municipio.....	319
Mapa 153. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 10 años	320
Mapa 154. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 100 años.....	321
Mapa 155. Riesgo por aceleración sísmica para un periodo de retorno de 1000 años.....	323
Mapa 156. Riesgo por hundimiento del suelo en el municipio.....	325
Mapa 157. Riesgo por subsidencia del suelo en el municipio.....	326
Mapa 158. Riesgo por inundaciones pluviales del suelo en el municipio.....	329



Mapa 159. Riesgo por precipitación máxima en el municipio.....	330
Mapa 160. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 24 horas en el municipio	331
Mapa 161. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio	332
Mapa 162. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio.....	333
Mapa 163. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio	335
Mapa 164. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio	336
Mapa 165. Riesgo por precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio.....	337
Mapa 166. Riesgo por ciclones tropicales en el municipio.....	339
Mapa 167. Riesgo por tormentas eléctricas en el municipio.....	340
Mapa 168. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio	341
Mapa 169. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio	342
Mapa 170. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio.....	344
Mapa 171. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio.....	345
Mapa 172. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio	346
Mapa 173. Riesgo por tormentas eléctricas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio	348
Mapa 174. Riesgo por heladas o temperaturas mínimas en el municipio.....	349
Mapa 175. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 2 años en el municipio	351
Mapa 176. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 5 años en el municipio	352
Mapa 177. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 10 años en el municipio	353
Mapa 178. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 25 años en el municipio	354
Mapa 179. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 50 años en el municipio	355
Mapa 180. Riesgo por temperatura mínima para un periodo de retorno de 100 años en el municipio	357
Mapa 181. Riesgo por granizo en el municipio.....	358
Mapa 182. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 5 años en el municipio.....	360
Mapa 183. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 10 años en el municipio.....	361
Mapa 184. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 25 años en el municipio.....	363
Mapa 185. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 50 años en el municipio.....	364
Mapa 186. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 100 años en el municipio	365
Mapa 187. Riesgo por nevada en el municipio	366
Mapa 188. Riesgo por temperaturas máximas en el municipio	368
Mapa 189. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 2 años en el municipio.....	370
Mapa 190. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 5 años en el municipio	371
Mapa 191. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 10 años en el municipio.....	372
Mapa 192. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 25 años en el municipio	374
Mapa 193. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 50 años en el municipio.....	375
Mapa 194. Riesgo por temperaturas máximas para un periodo de retorno de 100 años en el municipio.....	376
Mapa 195. Riesgo por sequías en el municipio	377
Mapa 196. Riesgo por tornados en el municipio.....	379
Mapa 197. Riesgo por explosión de combustible en calles en el municipio.....	380



Mapa 198. Riesgo por explosión de pequeños comercios en el municipio	382
Mapa 199. Riesgo por incendios forestales en el municipio	383
Mapa 200. Riesgo por plagas de plantas parásitas en el municipio.....	385
Mapa 201. Riesgo por plaga xyleborus en el municipio.....	386
Mapa 202. Riesgo por plaga sphaeropsis en el municipio	387
Mapa 203. Riesgo por plaga ocoaxo en el municipio	388
Mapa 204. Riesgo por plaga euwallacea en el municipio	389
Mapa 205. Riesgo por plaga descortezador en el municipio.....	390
Mapa 206. Riesgo por plaga defoliador en el municipio	391
Mapa 207. Riesgo por plaga coptotermes en el municipio	392
Mapa 208. Riesgo por ocurrencia de accidentes automovilísticos en el municipio	394

Gráficas

Gráfica 1. Edafología del municipio de Santo Domingo Roayaga	40
Gráfica 2. Porcentaje de contribución por tipo de corriente que cuenta el municipio de Santo Domingo Roayaga	41
Gráfica 3. Tipos de corriente en el municipio de Santo Domingo Roayaga	42
Gráfica 4. Temperaturas en el municipio de Santo Domingo Roayaga	47
Gráfica 5. Precipitaciones anuales en el territorio del municipio de Santo Domingo Roayaga.....	49
Gráfica 6. Precipitaciones anuales en el territorio del municipio de Santo Domingo Roayaga	51
Gráfica 7. Porcentaje de superficie del municipio de Santo Domingo Roayaga por uso de suelo y vegetación	54
Gráfica 8. Porcentaje de población con alguna discapacidad en el municipio de Santo Domingo Roayaga	63
Gráfica 9. Distribución de la población femenina y masculina que habla alguna lengua indígena en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	65
Gráfica 10. Lenguas habladas en el municipio de Santo Domingo Roayaga	66
Gráfica 11. Población económicamente activa en el municipio de Santo Domingo Roayaga	68
Gráfica 12. Porcentaje de superficie agrícola sembrada en el municipio de Santo Domingo Roayaga.....	72
Gráfica 13. Porcentaje del valor de la producción pecuaria en el municipio de Santo Domingo Roayaga	73
Gráfica 14. Localización de infraestructura de energía eléctrica en el municipio de Santo Domingo Roayaga	86
Gráfica 15. Riesgo por agrietamientos del suelo en el municipio	327
Gráfica 16. Riesgo por tormentas de granizo para un periodo de retorno de 2 años en el municipio.....	359

Ilustraciones

Imagen 1. Esquema Metodológico del Atlas de Riesgo	19
Imagen 2. Población total en el municipio de Santo Domingo Roayaga	59
Imagen 3. Mecanismo potencial de Falla de Deslizamiento Rotacional (A) y Mecanismo Potencial de Falla de Deslizamiento Traslacional (B).....	102



Imagen 4.	Mecanismo potencial de Falla Volteo (A) y Mecanismo Potencial de Falla caída o desprendimiento (B).	110
Imagen 5.	Mecanismo potencial de Flujos	117
Imagen 6.	Matriz de Riesgo.....	125
Imagen 7.	Regionalización Sismo tectónica	127
Imagen 8.	Memoria de Cálculo.....	142
Imagen 9.	Resumen de los efectos de cenizas volcánicas.....	152
Imagen 10.	Elementos para considerar en el mapeo de fracturas y fallas.	158
Imagen 11.	Zona de restricción para uso de suelo en fallas o grietas.	159
Imagen 12.	Inundaciones áreas ribereñas	180
Imagen 13.	Etapas de la Gestión Integral de Riesgos de Desastres	396
Imagen 14.	Estrategias para la Gestión de Riesgos de Desastres	397
Imagen 15.	Clasificación de la medidas e instrumentos de mitigación.....	398
Imagen 16.	Línea de tiempo de impacto de eventos perturbadores	412
Imagen 17.	Ubicación y vista actual del deslave al oriente de Santo Domingo Roayaga en relación con el camino a la localidad de Tonaguía	416
Imagen 18.	Ubicación, trazo y vista actual del drenaje pluvial al sudoeste de Santo Domingo Roayaga	417
Imagen 19.	Herramienta para el análisis de peligros.....	419
Imagen 20.	Criterios de evaluación de los factores de peligros	420
Imagen 21.	Matriz de Peligro para realizar el cruce de frecuencia e intensidad para determinar el valor final de cada peligro.....	421
Imagen 22.	Criterios para determinar el valor final del peligro	421
Imagen 23.	Análisis de Vulnerabilidades.....	424
Imagen 24.	Ejemplo de valores para la valoración de las Vulnerabilidades.....	424
Imagen 25.	Criterios para determinar el valor final de vulnerabilidad	425
Imagen 26.	Criterios para determinar el valor final del Riesgo.....	427
Imagen 27.	Matriz de Riesgo para realizar el cruce del nivel de peligro y del nivel de vulnerabilidad para determinar el valor final del Riesgo	427
Imagen 28.	Fases del ciclo de gestión del riesgo que se atienden en este Instrumento.....	429
Imagen 29.	Mapeo de acciones para la reducción del riesgo que se atienden en este Instrumento	430



Bibliografía

- Alcántara Ayala, I., Echavarría Luna, A., Guriérrez Martínez, C., Domínguez Morales, L., & Noriega Rioja, I. (2021). *Inestabilidad de Laderas, Serie Fascículos*. México: CENAPRED, CNPC. Recuperado el 01 de febrero de 2024, de <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/7-FASCICULOINESTABILIDADDELADERAS.PDF>
- Alejandro S. Sánchez Vélez, R. M. (2003). *La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales*. México, D. F.: SEMARNAT.
- Borja-Baeza, R. C., & Alcántara-Ayala, I. (2012). Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM*, 7-26. doi: <https://doi.org/10.14350/rig.30197>
- Carbajal Monroy, J. C. (2020). *Atlas de Riesgo Tlanchinol, Hidalgo*. Municipio Tlanchinol.
- Carreon-Freyre, D. C., Hidalgo-Moreno, C. M., & Hernández-Marín, M. (2006). Mecanismos de fracturamiento de depósitos arcillosos en zonas urbanas. Caso de formación diferencial en Chalco, Estado de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 58(2), 237-250. doi:<https://doi.org/10.18268/bsgm2006v58n2a6>.
- CENAPRED. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Alas Estatales y Municipales de Peligro y Riesgo, Evaluación de la vulnerabilidad física y social*. CDMX: Serie Atlas Nacional de Riesgos.
- CENAPRED. (2021). *Información básica de peligros naturales a nivel Municipal Santo Domingo Roayaga*. 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/#>
- CENAPRED, CNCP, SSyPC. (2021). *Gupia Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Recuperado el 2 de



febrero de 2023, de Centro Nacional de Prevención de Desastres :
http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html

CENAPRED, CNPC, SSYPC. (2021). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos*. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, Coordinación Nacional de Protección Civil. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres. Recuperado el 12 de enero de 2024, de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/archivo/documentos/GB_Elaboracion_AE&M_Peligros_Riesgos_FEN_HIDRO.pdf

CEPCO-PNUD. (2022). *Guía para la elaboración del Plan Municipal de Reducción de Riesgos de Desastre*. Recuperado el 15 de febrero de 2024, de Coordinación Estatal de Protección Civil del Estado de Oaxaca en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <https://www.oaxaca.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/uploads/sites/26/2022/08/PLAN-RRD2022-1.pdf>

CFE. (2015). *Manual de Diseño de Obras Civiles – Diseño por Sismo, CFE-IIE versión 2015*. México: CENAPRED.

CIUDADANA, S. D. (Versión electrónica, 2021). *Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social*. Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Climático, I. N. (11 de Marzo de 2024). *Adaptación al cambio climático*. Obtenido de Vulnerabilidad al cambio climático: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125>

CNPC, CENAPRED, SSPC. (2021). *Inestabilidad de Laderas. Serie Fascículos*. doi:ISBN: 970-628-896-1

CONAGUA. (2024). *Monitor de Sequía en México (MSM)*. Obtenido de Comisión Nacional del Agua: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>

Díaz-Nigenda, J. J. (2022). *Evaluación de la subsidencia a partir de un modelo de optimización para la gestión del agua subterránea*. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo. Recuperado el 02 de febrero de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/943/94320213012.pdf>



Fundación Wikimedia, I. (12 de Marzo de 2024). *Usos de suelo*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Usos_del_suelo

Fundación Wikimedia, I. (11 de 03 de 2024). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Litolog%C3%ADa>

Fundación wikimedia, I. (12 de marzo de 2024). *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Obtenido de Evapotranspiración: <https://es.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiraci%C3%B3n>

Galeana-Pérez, V. M., Chávez-Alegría, O., Medellín-Aguila, G., & Zamora-Castro, S. A. (19 de mayo de 2023). Medición de asentamientos en pavimentos dañados por subsidencia usando ortomosaicos y MDE mediante GPS y VANT. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 24(2). doi: <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.2.010>

Galindo-Serrano, J. A., & Alcántara-Ayala, I. (1 de diciembre de 2015). Inestabilidad de laderas e infraestructura vial: análisis de susceptibilidad en la Sierra Nororiental del Puebla, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*(88), 122-145. doi:<https://doi.org/10.14350/rig.43790>

Geografía, I. N. (2001). *Diccionario de datos climáticos*. Aguascalientes, Ags: Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Geografía, I. N. (2004). *Síntesis de información Geográfica del Estado de Oaxaca*.

Geografía, I. N. (s.f.). *Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México*. Documento interno de capacitación.

Hernández-Conde, I. (julio de 2014). *Análisis de subsidencia del terreno en el Valle de Toluca a partir del método Dual Pair Interferometry (DPI)*. (U. A. México, Ed.) Toluca, Estado de México. Recuperado el 02 de febrero de 2024, de URL: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/33391>

IEEPCO, I. E. (2022-2023). *Ficha informativa municipal - Santo Domingo Roayaga*. Oaxaca: Comisión Permanente de Sistemas Normativos Indígenas 2022-2023.

INEGI. (2021). *Panorama sociodemográfico de Oaxaca. Censo de Población y Vivienda 2020*. Aguascalientes, Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.



INEGI. (2022). *Manual de cartografía. Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI.

INEGI. (2023). *Evolución histórica de los municipios de México de 1810 a 2020 - Oaxaca*. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

INEGI. (29 de FEBRERO de 2024). *Glosario*. Obtenido de Inicio/Programas/Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), población de 15 años y más de edad/Glosario: <https://www.inegi.org.mx/app/glosario/default.html?p=ENOE15>

INEGI. (Febrero de 2024). *Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE)*. Oaxaca, México.

INSHT, I. N. (1991). *Nota técnica de Prevención 293. Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación*. Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales del Gobierno de España. Recuperado el Junio de 2024, de https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_243.pdf/9f6cbba4-ac26-4d0b-aae7-068ca6e66914?version=1.2&t=1680367742706

Instituto Nacional de Estadística, G. e. (2001). *Diccionario de datos fisiográficos*. Aguascalientes, Ags: Sistema Nacional de Información Geográfica.

ITESM. (2014). *Atlas de Riesgos del municipio de Saltillo, Coahuila*. Coahuila: Laboratorio de Sistemas de Información Georreferenciada, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey. Recuperado el 10 de febrero de 2024, de <https://transparenciasaltillo.mx/articulo-28/el-atlas-municipal-de-riesgos/>

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 6b 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: Publicad 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, Secretaría de Servicios Parlamentarios*. México: Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 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 Municipal del Estado de Oaxaca. *H. Congreso del Estado y Soberano de Oaxaca, Dirección de Informática y Gaceta Parlamentaria*. 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 Legislatura Constitucional*. Oaxaca de Juárez: Decreto 1778 aprobado por la LXIV Legislatura en el Periódico Oficial 51 novena sección el . 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](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 Desastresa 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+L
XIV+Legis+22+ene+2020+PO+9+8a+s.pdf

M.M, Campos - Vargas., Toscana Aparicio, A., Monroy Gaytán, F., Reyes López, H.A. (2010). Visualizador web de información cartográfica de amenazas naturales.

México, C. d. (15 de 02 de 2024). *Ciudades de mi México - Santo Domingo Roayaga*. Obtenido de https://www.ciudadesdemimexico.com.mx/cidade.php/santo_domingo_roayaga?uf=oaxaca&cidade=santo_domingo_roayaga

Moreno-Jiménez, J. M., Altuzarra-Casas, A., & Escobar-Urmeneta, M. T. (2003). *El Índice de Consistencia Geométrico para Matrices Incompletas en AHP*. Recuperado el 02 de febrero de 2024, de Asociación Internacional de Economía Aplicada (ASEPELT): <https://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003%20-%20Almeria/asepeltPDF/192.PDF>

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>

ONU-Habitat, SEDATU, SGIRyPCCDMX. (2019). *Guía Metodológica. Estrategia Municipal de Gestión Integral de Riesgos de Desastres. Un paso desde la identificación de riesgos hasta la reconstrucción*. Recuperado el 20 de abril de 2024, de Organización Nacional de las Naciones Unidas: [chrome-extension://efaidhttps://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-EMGIRDE.pdf](https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-EMGIRDE.pdf)

Pacheco-Martínez, J., & Arzate-Flores, J. (2007). Análisis multicapa de la subsidencia en el Valle de Querétaro, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 24(3), 389-402. Recuperado el 2 de febrero de 2024, de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v24n3/v24n3a8.pdf>



- Pacheco-Martínez, J., Ortiz-Lozano, J. Á., Zermeño-de-León, M. E., & Mendoza-Otero, E. (2011). Líneas de investigación vigentes y pertinentes en subsidencia y generación de agrietamientos. *1er Foro Internacional en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos. Convergencias del diseño y la construcción. Arquitectura, Ingeniería Civil y Urbanismo*, 0-14. Recuperado el 2 de febrero de 2024, de https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Pacheco-Martinez/publication/229914151_Lineas_de_investigacion_vigentes_y_pertinentes_en_subsidencia_y_generacion_de_agrietamientos/links/0fcfd5011c45149e7c000000/Lineas-de-investigacion-vigentes-y-pertinentes-en
- 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/>
- Pública, S. d. (9 de Marzo de 2024). *Sistema de Información y Gestión Educativa*. Obtenido de Consulta de Escuelas: <https://www.siged.sep.gob.mx/SIGED/escuelas.html>
- RAN. (15 de febrero de 2024). *PHINA Padrón e Historial de Núcleos Agrarios*. Obtenido de <https://phina.ran.gob.mx/index.php>
- Roayaga, S. D. (2023). *Plan Municipal de Desarrollo 2023*. Santo Domingo Roayaga: H. Ayuntamiento de Santo Domingo Roayaga.
- Rodríguez-Castillo, R., & Rodríguez-Velázquez, I. (2006). Consecuencias sociales de un desastre inducido: subsidencia. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, LVIII(2), 265-269. doi:<https://www.redalyc.org/pdf/943/94320213012.pdf>
- Secretaría de Cultura, G. d. (15 de febrero de 2024). *SIC México*. Obtenido de https://sic.gob.mx/lista.php?table=frpintangible&disciplina=&estado_id=20
- Secretaría de Cultura, G. d. (28 de 02 de 2024). *Sistema de Información Cultural México*. Obtenido de Inventario del patrimonio cultural inmaterial: https://sic.gob.mx/lista.php?table=frpintangible&disciplina=&estado_id=20
- 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

SEMARNAT, D. G. (12 de marzo de 2024). *Informe de la Situación del medio ambiente en México*. Obtenido de Vegetación y uso de suelo: https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.1_Vegetacion/index.htm

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 México: 1a edición, Noviembre de 2006. Recuperado el 20 de febrero de 2024, de http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html

Vásquez, A. R. (2017). *Tesis: Peligros geológicos por fallas y grietas en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con base en un estudio morfoestructural*. Toluca, Estado de México: Universidad Autoónoma del Estado de México.