

ATLAS DE RIESGOS DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN MINERA No 42, ESTADO DE HIDALGO

2021

MUNICIPIO DE TLANCHINOL, ESTADO DE HIDALGO





INSTITUCIÓN EJECUTORA
SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO

MTRA. FLOR DE MARÍA HARP ITURRIBARRÍA
DIRECTORA GENERAL

ING. ENRIQUE GUSTAVO ESPINOSA ARÁMBURU
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

ING. FRANCISCO DE JESÚS CAFAGGI FÉLIX
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y EXPERIMENTACIÓN

ING. PEDRO RUBÉN MIRELES CALIXTO
GERENTE DE HIDROGEOLOGÍA Y GEOLOGÍA AMBIENTAL

M. en C. MARTHA ANGÉLICA SALAS MARTÍN
COORDINADORA DE PROYECTOS DE PELIGROS Y RIESGOS GEOLÓGICOS

PERSONAL TÉCNICO QUE ELABORÓ EL ESTUDIO:

ING. ENRIQUE MARTINEZ VALENCIA
ING. JOSÉ NEY ARANDA OSORIO
ING. SARA BALCÁZAR GARCÍA
ING. KARLA SALGADO BECERRIL
PAS. ING. GEÓL. ALAN RODRIGO ALMONASI AGUILAR

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	5
3.1. General	5
3.2. Específicos	5
4. METODO DE TRABAJO	5
5. LOCALIZACIÓN y VÍAS DE COMUNICACIÓN	6
6. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL	7
6.1. Fisiografía	7
6.2. Geomorfología	7
6.3. Marco geológico y estratigrafía	8
6.4. Edafología	10
6.5. Hidrografía	11
6.6. Clima	13
6.7. Vegetación	14
6.8. Áreas Naturales Protegidas	14
7. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS	15
7.1. Dinámica Demográfica	15
7.2. Densidad de la población	16
7.3. Características sociales	16
7.4. Características de la vivienda	19
FASE II. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS Y PELIGROS, ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL	20
8. FENÓMENOS NATURALES DE ORIGEN GEOLÓGICO	20
8.1. Vulcanismo	20
8.2. Sismicidad	21
8.3. Procesos de Remoción en Masa (PRM)	22
8.3.1. Deslizamientos	23
8.3.2. Caída de bloques (Derrumbes)	25
8.3.3. Flujos (lodo, tierra, lahar y creep)	32
8.3.4. Hundimientos – subsidencia - Agrietamientos	33
8.4. Erosión	35
9. FENÓMENOS NATURALES DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO	36
9.1. Ondas cálidas y gélidas	36

9.2. Temperaturas máximas y mínimas extremas.....	36
9.3. Sequía e incendios forestales	38
9.4. Heladas.....	40
9.5. Tormentas de Granizo.....	41
9.6. Ciclones tropicales (Huracanes-Ondas tropicales).....	42
9.7. Precipitación y Lluvias extremas.....	43
9.8. Inundaciones	44
9.9. Tormentas eléctricas.....	46
FASE III. VULNERABILIDAD.....	47
10.1. Vulnerabilidad Social.....	47
10.2. Vulnerabilidad Física	49
FASE IV. RIESGO/EXPOSICIÓN	50
11.1. Riesgo por Procesos de Remoción en Masa en el municipio	50
11.2. Riesgo por inundaciones.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Fenómenos perturbadores de origen natural (geológicos e hidrometeorológicos).....	3
Figura 2.	Método general de trabajo.....	6
Figura 3.	Localización del municipio de Tlanchinol, estado de Hidalgo.....	6
Figura 4.	Provincias y subprovincias fisiográficas.....	7
Figura 5.	Topoformas presentes en el municipio de Tlanchinol.....	7
Figura 6.	Mapa Geológico-estructural del municipio de Tlanchinol.....	9
Figura 7.	Distribución de los suelos en el municipio de Tlanchinol.....	10
Figura 8.	Entidades hidrológicas y acuíferos en el municipio de Tlanchinol.....	12
Figura 9.	Cuencas, subcuencas y orden de escurrimiento presentes en el municipio de Tlanchinol.....	13
Figura 10.	Climas presentes en el municipio de Tlanchinol.....	13
Figura 11.	Vegetación y uso de suelo en el municipio de Tlanchinol.....	14
Figura 12.	Finca Tagolome presente en el municipio de Tlanchinol.....	14
Figura 13.	Distribución de la población por localidad.....	15
Figura 14.	Densidad de la población por localidad.....	16
Figura 15.	Población analfabeta por localidad.....	16
Figura 16.	Población sin escolaridad por localidad.....	17
Figura 17.	Población sin derechohabiencia por localidad.....	17
Figura 18.	Índice de marginación por localidad.....	18
Figura 19.	Viviendas con piso de tierra por localidad.....	19
Figura 20.	Volcanes cuaternarios dentro de un radio de 100 km.....	20
Figura 21.	Epicentros en los municipios del estado de Hidalgo.....	21
Figura 22.	Magnitud y epicentros de sismos cercanos al municipio de Tlanchinol.....	21
Figura 23.	Mapa de susceptibilidad por deslizamientos del municipio de Tlanchinol.....	25
Figura 24.	La esterofalcilla indica el desplazamiento de bloques y rotura en la intersección de las fracturas (flechas rojas).....	26
Figura 25.	Bloques en cuña debido al cruce de las fracturas J1 con J2 y J3 con la estratificación (So).....	27
Figura 26.	La fractura J3 genera bloques a favor del talud y movimientos en cuña.....	27
Figura 27.	Se Mecanismo de volteo por la posición de la estratificación (So) con respecto al talud y tipo de cuña So y J1.....	28
Figura 28.	Se interpreta caída de bloques por cuña, entre la intersección de las fracturas J1 con J2 y J2 con J3.....	29
Figura 29.	La intersección de las fracturas J1 con J4, J3 y J2. Genera movimiento en por cuña.....	31
Figura 30.	La intersección de las fracturas J1, J2 y J3. Genera un mecanismo de movimiento por volteo (J3) y por cuña.....	31
Figura 31.	Mapa de susceptibilidad por caída de bloques del municipio de Tlanchinol.....	31
Figura 32.	Mapa de susceptibilidad por flujos de detritos en el municipio de Tlanchinol.....	33
Figura 33.	Susceptibilidad de hundimientos por karsticidad.....	33
Figura 34.	Perdida de suelo en el municipio de Tlanchinol.....	35
Figura 35.	Temperaturas máximas extremas en el municipio de Tlanchinol.....	37
Figura 36.	Temperaturas máximas extremas en el municipio de Tlanchinol.....	37
Figura 37.	Gradiente térmico altitudinal en el municipio de Tlanchinol.....	38
Figura 38.	Porcentaje de intensidad de la sequía intraestival.....	38
Figura 39.	Régimen de humedad del suelo en el municipio de Tlanchinol.....	39
Figura 40.	Riesgo de ocurrencia de incendios forestales, Tlanchinol.....	39
Figura 41.	Promedio del número de días con heladas.....	40
Figura 42.	Temperatura mínima extrema.....	40
Figura 43.	Índice de Peligro por Bajas Temperaturas.....	41
Figura 44.	Número de días con granizadas en 45 años.....	41
Figura 45.	Índice de Peligro por Tormentas de Granizo (IPTG).....	42
Figura 46.	Frecuencia de las trayectorias de los ciclones tropicales.....	42
Figura 47.	Grado de peligro por ciclones tropicales en el estado de Hidalgo.....	43
Figura 48.	Precipitación acumulada promedio anual, periodo de 1969 a 2014 en el municipio de Tlanchinol.....	43
Figura 49.	Configuración de umbrales de precipitación muy lluvioso en el municipio de Tlanchinol.....	44
Figura 50.	Zonas inundables en los municipios de Tlanchinol.....	45
Figura 51.	Número de días con tormentas eléctricas.....	46
Figura 52.	Índice de Peligro por Tormentas Eléctricas (IPTE).....	46
Figura 53.	Mapa de vulnerabilidad de la población por rango de edades a nivel localidad.....	48
Figura 54.	Mapa de vulnerabilidad por tipología de vivienda a nivel localidad.....	49

Figura 55.	Caminos de terracería con diferentes grados de susceptibilidad por deslizamientos.....	50
Figura 56.	Caminos pavimentados con diferentes grados de susceptibilidad por deslizamientos.....	50
Figura 57.	Caminos de terracería con diferentes grados de susceptibilidad por caída de bloques.....	51
Figura 58.	Caminos pavimentados con diferentes grados de susceptibilidad por caída de bloques.....	51
Figura 59.	Niveles de riesgo en localidades del municipio de Tlanchinol.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución de la población mayor a mil habitantes.....	15
Tabla 2.	Propiedades físicas para amenazas volcánicas.....	20
Tabla 3.	Listado de los sitios de erosión prospectados en el municipio de Tlanchinol.....	35
Tabla 4.	Sitios verificados en campo por el fenómeno de inundación.....	44
Tabla 5.	Resultados de los indicadores socioeconómicos para Tlanchinol.....	47
Tabla 6.	Resultado para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social.....	48
Tabla 7.	Tipología de viviendas que existen en Tlanchinol.....	49
Tabla 8.	Caminos de terracería y pavimento del municipio de Tlanchinol.....	51
Tabla 9.	Cuantificación de riesgos con prioridades moderadas a altas en los caminos de acceso.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Distribución de la población por género.....	15
Gráfica 2.	Distribución de la población por edad en Tlanchinol.....	15
Gráfica 3.	Porcentaje de la población con analfabetismo por género.....	16
Gráfica 4.	Población con y sin derechohabiencia.....	18
Gráfica 5.	Indicadores de pobreza y vulnerabilidad (porcentajes), 2015.....	18
Gráfica 6.	Porcentaje de viviendas construidas con materiales precarios.....	19
Gráfica 7.	Población ocupada por sector de actividad económica (1990-2015).....	19
Gráfica 8.	Número de epicentros registrados en los municipios de Hidalgo de 1990 a 2021.....	22

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Afectación en viviendas en Cuatlimax.....	23
Fotografía 2.	Deslizamiento afectando la carretera federal 105.....	23
Fotografía 3.	Zona susceptible a deslizamientos.....	23
Fotografía 4.	Deslizamiento traslacionales con arrastre de bloques.....	23
Fotografía 5.	Deslizamientos traslacionales afectando camino Tlahuetongo-Tecontla.....	24
Fotografía 6.	Deslizamiento de grandes dimensiones cerca de la localidad de Tecontla.....	24
Fotografía 7.	Afectación a 12 viviendas en la localidad de Acahuasco.....	24
Fotografía 8.	Deslizamiento traslacional con afectación a una vivienda en la localidad de Ehuatitla.....	24
Fotografía 9.	Desplazamiento de bloques de hasta 1.5 metros afectando a viviendas.....	25
Fotografía 10.	Desplazamiento generando sistema de grietas de tensión y movimiento del suelo.....	25
Fotografía 11.	Desplazamiento genera un sistema de grietas de tensión, afectando el piso de viviendas.....	25
Fotografía 12.	Deslizamientos con grietas que tienen aberturas de más de 2 metros.....	26
Fotografía 13.	Desplazamiento con una abertura de más de 2 metros de longitud.....	26
Fotografía 14.	Dirección del desplazamiento, mostrando los estratos de las rocas terrígenas.....	26
Fotografía 15.	Parte de la ladera presentó movimiento causado por las obras de drenaje, provocando desplazamiento entre los bloques.....	26
Fotografía 16.	Rodados de rocas de grandes dimensiones, zona de material suelo de pie de monte.....	26
Fotografía 17.	El talud presenta alto riesgo por caída de bloques, estos eventos se intensifican en temporada de lluvias.....	27
Fotografía 18.	Desprendimiento y rodados de bloques, zona de pliegues y fracturas.....	27
Fotografía 19.	Corte del talud labrado en una secuencia de arenisca, lutita con planos de falla paralelo al corte del talud, lo que lo hace susceptible a caída de bloques.....	28
Fotografía 20.	Material de pie de monte, compuesto por bloques subredondeados en una matriz arcillo-arenosa.....	28
Fotografía 21.	El arreglo de los planos de las discontinuidades forman bloques tabulares que facilita la explotación del material pétreo.....	28

Fotografía 22. Zona de caída de bloques de forma columnar formados por tres planos de discontinuidad, con afectación al camino de terracería.....	29
Fotografía 23. Taludes inestables por la presencia de plegamiento y fracturamiento que genera caída de bloques.....	29
Fotografía 24. Corte de talud en material de pie de monte, en una matriz arcillo-arenosa con acción del agua, se desprenden bloque de roca.....	29
Fotografía 25. Caída de bloques en roca caliza, pendiente abajo localidad de Santa Martha Ula.....	30
Fotografía 26. Caída de bloques por efecto de erosión diferencial entre la toba y andesita-basalto.....	30
Fotografía 27. Grande fragmento de roca susceptible a rodamiento pendiente abajo se ubica la localidad de San Miguel.....	30
Fotografía 28. Fracturamiento en el talud genera rompimiento en la roca provocando desprendimientos y rodados de material pétreo.....	30
Fotografía 29. Desprendimiento de bloques columnares por erosión diferencia de la toba y la andesita.....	31
Fotografía 30. Desprendimiento de bloques columnares por erosión diferencia de la toba y la andesita-basalto.....	31
Fotografía 31. Ladera presenta flujo de arrastre con rocas de tamaño de gravilla a bloques de 0.3 m de diámetro.....	32
Fotografía 32. Arrastre de material pétreo, el cual se incrementa en temporada de lluvias.....	32
Fotografía 33. La acción del viento y de la lluvia, se originan flujos de arrastre de material pétreo.....	32
Fotografía 34. Flujos de arrastre en material de lutita-arenisca con afectación a la carretera.....	32
Fotografía 35. Flujos de arrastre en una secuencia de lutita-caliza, la erosión es principalmente en la lutita.....	32
Fotografía 36. Dolina de hundimiento con basura en su interior, ubicado en la localidad de Huitepec.....	34
Fotografía 37. Dolina de hundimiento en la localidad de Xitlma.....	34
Fotografía 38. Dolina de subsidencia en la localidad de San Miguel.....	34
Fotografía 39. Respiradero (entrada) a la caverna ubicada en la localidad de La Garrapata.....	34
Fotografía 40. Socavón relleno, posible deslizamiento antiguo en la localidad de San Salvador.....	34
Fotografía 41. Evidencia de hundimiento en el patio de una casa de la localidad de Chachala.....	34
Fotografía 42. Baja sustentabilidad del suelo por los cultivos temporales o permanentes entre las localidades de Acuapa y Xochititla, Tlanchinol.....	36
Fotografía 43. Baja sustentabilidad del suelo por los cultivos temporales o permanentes entre la localidad de Olotla en el municipio de Tlanchinol.....	36
Fotografía 44. Tala presente en la localidad de Pilcuautila en el municipio de Tlanchinol.....	36
Fotografía 45. Erosión de material causado por los flujos de origen pluvial en la localidad de Tierra Colorada, municipio de Tlanchinol.....	36
Fotografía 46. Vivienda cerca al cauce del río, provoca que en temporada de lluvias y huracanes el nivel del agua aumente de nivel afectando la infraestructura, localidad de Acuapa.....	45
Fotografía 47. Vivienda cerca al cauce del río, provoca que en temporada de lluvias y huracanes el nivel del agua aumente de nivel afectando la infraestructura, localidad de Jalpa.....	45
Fotografía 48. La localidad de Toctitlán se encuentra asentada en una ladera, y no cuenta con infraestructura para evitar que el escurrimiento de agua y material de arrastre.....	45
Fotografía 49. Zona afectada en la localidad de Jalpa.....	53
Fotografía 50. Acuapa, bordo con 6 metros de altura.....	53
Fotografía 51. Escurridero en localidad de Chichiltepec con casas en sus cercanías.....	53

RESUMEN

El Estado de Hidalgo se caracteriza por la presencia de diversos fenómenos de origen geológico e hidrometeorológico que provocan varias afectaciones en diversas regiones del estado, dentro de las cuales se encuentra el municipio de Tlanchinol. De lo anterior, el SGM desarrolló el Atlas de riesgos que tiene como finalidad, generar información básica necesaria que permita a los diferentes niveles de gobierno, contar con la información sobre la ubicación de las zonas de peligros y riesgo, para que en colaboración con la población se fortalezca una sólida estrategia de prevención de desastres, reducir la vulnerabilidad y el riesgo y auto-protección en el municipio.

De acuerdo a los análisis efectuados de origen geológico se determinó que, los procesos de remoción en masa son los de mayor incidencia y frecuencia en el municipio, derivado de las condiciones geológicas, topográficas, hidrometeorológicas y climatológicas. En este nivel de información se levantaron 51 sitios en donde se determinaron las condiciones y características del sitio (13 deslizamientos, 30 de caída de bloques y 8 de flujo de detritos).

En lo que se refiere a las condiciones de origen hidrometeorológico las inundaciones son las que se presentan con mayor frecuencia, existiendo de 2 tipos, el primero por desbordamiento presentes en pequeños afluentes en época de lluvias y las de origen antropogénico causado por escombros que obstruyen el tránsito natural de los afluentes. Los valores de precipitación acumulada anual en el periodo de 1969 a 2014 en el municipio varía de 2 200mm en la porción sur a 1 990mm en la porción norte.

Se determinó que el grado de vulnerabilidad social es bajo de acuerdo a los conceptos analizados (indicadores socioeconómicos, capacidad de respuesta y percepción local). En relación a la vulnerabilidad física se determinó que, en la cabecera municipal, de las 1,727 viviendas, 789 son de tipo III viviendas formales, 816 medianamente formales y 122 viviendas precarias.

La longitud de caminos susceptibles a ser afectados por algún tipo de proceso de remoción en masa son 448 km por deslizamientos (100 km de caminos pavimentados y 348 km de caminos de terracería), 450 km por caída de bloques (100 km de caminos pavimentados y 350 km de caminos de terracería) y 455 km de caída de detritos (109 km de caminos pavimentados y 346 km de caminos de terracería).

Las localidades Acuapa, Ehuatitla, Pitzotla, San Miguel, Tenexco y Toctitlán presentan un riesgo de grado medio por inundación pluvial y la localidad de Chichiltepec presenta un grado de riesgo de medio a alto.

En general, del total de los análisis realizados 37,722 habitantes que conforman la población del municipio resultaran beneficiadas al conocer e identificar las amenazas y peligros ante fenómenos perturbadores que afectan su entorno.

1. INTRODUCCIÓN

El Servicio Geológico Mexicano (SGM) elaboró en el año de 2021 el Atlas de Riesgos de la Zona de Producción Minera No. 42, Estado de Hidalgo, región en que se incluye al municipio de Tlanchinol. El presente documento muestra la información que corresponde al citado municipio, por lo que hace las veces de Atlas de Riesgo Municipal.

Este Atlas es una herramienta que fortalecerá las capacidades en materia de prevención de riesgos mediante la propuesta de obras y gestiones para disminuir la vulnerabilidad de la población ante el impacto de fenómenos naturales que inciden en el municipio. Al conocer su periodicidad, magnitud y grados de afectación, se definen escenarios de riesgo, útiles en la toma de decisiones materia de prevención de desastres y refieren un insumo para el adecuado ordenamiento territorial.

Por su ubicación geográfica, el municipio de Tlanchinol ha sufrido desastres por fenómenos naturales y factores antropogénicos, ocasionando pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales, vías de comunicación e infraestructura.

El Atlas de Riesgos facilita la definición de estrategias para la prevención, reducción y mitigación de riesgos y siniestros, contiene información de índole geológica, hidrológica y antropogénica plasmada en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite monitorear los peligros y riesgos a los que está expuesta la población; y a las autoridades en general, y se pueda generar un esquema normativo para la toma de acciones responsables en la planeación y desarrollo de los asentamientos humanos.

A partir de sus bases de datos es factible realizar el análisis de peligro, vulnerabilidad, exposición y riesgo, a la que está expuesta la población, facilitando la generación de mapas con escenarios de los que se desprenden medidas de prevención, mitigación y atención de desastres, con la finalidad es la que salvaguarda de la integridad física de la población.

El análisis de peligros y riesgos que se incluyen en este documento implica la sinergia entre los especialistas de la materia y los funcionarios que integra el municipio de Tlanchinol, siendo sumamente trascendental la integración inicial de los miembros del municipio al trabajo de análisis y evaluación, con el objetivo de transmitir algunos conocimientos a éstos, comprender detalladamente la realidad de la localidad y, así, facilitar la implementación de propuestas en favor de la sociedad.

Los fenómenos naturales que estipulan la condición de peligros son los geológicos e hidrometeorológicos, a éstos se suman actividades antrópicas, como la modificación del medio natural, pudiéndose generar la categoría de desastre.

Los fenómenos geológicos actúan en la dinámica cortical y los materiales del interior de la Tierra o de su superficie. Como sismos, vulcanismo, tsunamis o maremotos (que no aplican en este estudio) y procesos de remoción en masa (movimientos de laderas y suelos) entre otros.

Los fenómenos hidrometeorológicos son agentes perturbadores que se genera por los agentes atmosféricos (lluvia, temperatura, viento y humedad) tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo,

Fenómenos de origen Geológico

- ☐ Vulcanismo
- ☐ Sismicidad
- ☐ Tsunamis o Maremotos
- ☐ Hundimientos, Subsistencia, Agrietamientos
- ☐ Procesos de remoción en masa:
 - ❖ Caída de Bloques
 - ❖ Flujo de escombros
 - ❖ Deslizamientos.

Fenómenos de origen Hidrometeorológico

- Ondas cálidas y gélidas
- Tormentas de polvo, granizo, lluvia, eléctricas, etc.
- Ciclones tropicales
- Lluvias extremas e inundaciones.
- Tornados

polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados. (Figura 1).

Figura 1.

Fenómenos perturbadores de origen natural (geológicos e hidrometeorológicos).

2. ANTECEDENTES

Sobre el municipio Tlanchinol existe información bibliográfica sobre la ocurrencia de diferentes afectaciones por fenómenos naturales, algunos de los cuales, por exceder a la capacidad de atención del sistema de Protección Civil, se consideran desastres. En los párrafos siguientes se presenta una relatoría bibliográfica sobre los eventos más relevantes, ya sea por los daños generados, el tiempo de ocurrencia o el tamaño del área afectada.

El 22 de agosto de 2007 la Secretaría de Gobernación pronuncio declaratoria de desastre natural por la ocurrencia y efectos del ciclón tropical Dean en 60 municipios del estado de Hidalgo, influyendo el municipio de Tlanchinol (DOF, 2007).

En agosto de 2014 el SGM a solicitud de la Dirección General de Estudios y Proyectos y de la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial, así como pobladores de la comunidad de Citlala, municipio de Tlanchinol, solicitan una opinión técnica, debido a que un camino local de terracería, en una de las laderas del cerro Huiluapa, se han presentado deslizamientos en los años 2010 y 2013, principalmente en temporadas de lluvias (SGM, 2014c).

En septiembre del 2014 el Servicio Geológico mexicano (SGM, 2014d), realizó un estudio de vulnerabilidad física de las viviendas asentadas en zona de riesgo alto, que como resultado se propuso la reubicación de 120 personas en la comunidad de Cuatlimax del municipio de Tlanchinol en la que fueron evacuadas 120 personas debido a que 30 viviendas se encuentran en alto riesgo por deslizamiento (NOTIMEX, 2013).

En 2015 fuertes lluvias provocaron inundaciones en las viviendas de los barrios de Tlanchinol, tales como Unidad Deportiva, Santa Cecilia, Linda Vista, Morelos y Santa Cruz. El arroyo arrastró tres viviendas en la localidad de San José. En Hueyapa, colapsó un techo de lámina; en la carretera federal México-Tampico, tramo Chalchocoatipa, cayeron árboles afectando la circulación vehicular (WordPress, 2015).

Adicionalmente en marzo del 2015 el SGM elabora una opinión técnica, denominada, opinión técnica de riesgo por inestabilidad de laderas para la ampliación del camino Tlanchinol-San Pedro Huazalingo, tramo Cerro Cuatatlán-Tierra Colorada, municipio de Tlanchinol, estado de Hidalgo (Moreno, 2015). En este mismo año, se igual manera, se realizó el estudio y proyecto integral de viabilidad y costo beneficio para la reubicación de la población en zonas de riesgos, de Tecontla, del municipio de Tlanchinol, estado de Hidalgo (Moreno, 2015).

En el año 2016 la caída de bloque sobre el camino Olotla, municipio de Tlanchinol, deja dos personas muertas y dos con lesiones graves. El fenómeno se debió al reblandecimiento del terreno por las constantes lluvias de la región (SUN, 2016).

En octubre del 2017 las lluvias provocaron tres derrumbes en la carretera federal México-Tampico a la altura de Lolotla y Tlanchinol, donde se obstaculizó la circulación vial durante varias horas (García, 2017).

Para junio de 2018 la presidencia municipal de Tlanchinol y la Dirección de Conservación de Caminos y Carreteras del Gobierno del Estado, reportan la caída de rocas y deslizamientos sobre el camino Tlanchinol-Hueyapa, a la altura del kilómetro 10+800-11+200 (el independiente de hidalgo, 2018).

En ese mismo año y sobre ese mismo camino, se registró un deslizamiento en el kilómetro dos, dejando bloqueado los dos carriles de la vialidad y a 12 localidades del municipio de Tlanchinol (Hernández, 2018).

Caídas de rocas y tierra sobre el camino federal México-Tampico, a la altura del kilómetro 174, hecho ocurrido en septiembre del 2018, el bloqueo fue en ambos carriles, quedando un pequeño espacio para la circulación de vehículos (Puntoxpunto, 2018).

Para el mes de octubre de 2018 sobre el camino estatal Tlanchinol-Hueyapa se registró un deslave, afectando la vialidad del lugar, así como, otros dos desgajamientos en el municipio (García, 2018).

En el municipio de Tlanchinol, en el camino rural de San Miguel-Cuatlimax, ocurrió un deslave sobre el camino, afectando a la vía principal (Am/Noticias de Hidalgo, 2018).

En junio de 2019 y de acuerdo con fuentes oficiales, se registraron dos deslizamientos de tierra sobre la carretera federal México-Tampico en el municipio de Tlanchinol. El primero ocurrió en lugar conocido como El Cantil y el segundo en la localidad de Quetzaltzongo (Bautista, 2019).

En este mismo mes el SGM realizó una opinión técnica de riesgo para caracterizar el sitio donde se pretende construir un plantel educativo (CECYTE), ubicado en la localidad de Santa María Catzotipan, municipio de Tlanchinol, estado de Hidalgo (Cardoso, 2019).

Se registraron derrumbes sobre la carretera Tlanchinol-Hueyapa, a la altura de la ranhería Moyotla, en el kilómetro 10+800, de acuerdo al reporte oficial, el material que se deslizó fue de aproximadamente de 50 metros cúbicos (el independiente de hidalgo, 2019).

En octubre de 2019 se registró un derrumbe sobre la vialidad en el tramo Tlanchinol-Huejutla, lo que provocó un bloqueo parcial. El deslizamiento de tierra ocurrió pasando la falla geológica en el kilómetro 173, cerca del poblado conocido como Chalchocotipa (Hernández, 2019).

En junio del 2020 se reportaron deslizamientos de escombros sobre la carretera estatal Tlanchinol-Hueyapa, por la cual la población se encontró parcialmente incomunicada (Lagunés, 2020). En el mes de septiembre de 2020 se han registrado una gran cantidad de fenómenos naturales detonados principalmente por la acción del agua, por mencionar algunos de ellos:

Bloqueo en la carretera México-Tampico, kilómetro 172 en el municipio de Tlanchinol De acuerdo con seguridad pública se reportaron cinco deslaves que obstruyeron un carril con piedra y ramas (Cruz, 2020).

En la comunidad de Jalpa algunas viviendas cercanas al río resultaron afectadas por la crecida del agua, además de un derrumbe y bloqueo de carretera hacia la comunidad de Hueyapa (Pachuca VIVE, 2020).

Sobre la carretera México-Tampico, kilómetro 176, a la altura del tramo conocido como “La Quebradora” y “La Virgencita”, del municipio de Tlanchinol, se registró un derrumbe, el cual obstruyó con caídos de bloques de rocas, afectando ambos sentidos de la vialidad (Rincón, 2020).

Se reportan derrumbes en las vías estatales de Hueyapa-Tlanchinol-Huazalingo (García, 2020).

El suceso más reciente ocurrió los días 21 y 22 de agosto del 2021 en donde se declaró como desastre natural en 27 municipios del estado de Hidalgo, incluyendo el municipio de Tlanchinol, por la presencia de lluvia severa, fuertes vientos e inundaciones tanto de origen pluvial como fluvial (DOF, 2021).

Por otro lado, la pandemia derivada por el COVID 19 ha generado cambios en lo social, laboral, económico y educación, esto pone en desventaja social a la población más vulnerable, está afectando a la comunidad global, ha colapsado los sistemas de salud, ha desmantelado las economías, las escuelas han cerrado en su totalidad y los gobiernos se han paralizado, pues todas las decisiones están condicionadas en mitigar la propagación del coronavirus por su efecto masivo en la salud humana, lo que ha condicionado como medida extraordinaria, que la mayoría de los habitantes estén confinados en casa.

A partir de la situación epidemiológica que provocó esta pandemia global por el Coronavirus SARS COV 2, el sistema educativo incluyendo a estudiantes y docentes, han adaptado sus metodologías a esta modalidad, haciendo uso de las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), los cuales son recursos y herramientas que se utilizan para el proceso, administración y distribución de la información a través de elementos tecnológicos, como ordenadores, computadoras, tabletas, teléfonos, televisores, etc. Para el caso de la región en estudio, por las carencias económicas de sus habitantes es escasa o bien no existe.

En base a lo anterior, se concluye que la vulnerabilidad social de los estudiantes de la región, está afectada por la condición socioeconómica de sus hogares y la falta de empleo en las familias, lo cual pone en riesgo la permanencia de los infantes y jóvenes en el sistema educativo, ya que, si entendemos que la vulnerabilidad parte del estudio de la pobreza multidimensional, esto vuelve más complejo el panorama en la conclusión del ciclo escolar, lo cual trasciende a exclusión educativa.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Generar el Atlas de Riesgos del municipio de Tlanchinol que sirva como una herramienta estratégica para identificar, diagnosticar y cuantificar los distintos tipos de peligros y riesgos por fenómenos naturales, para que en la región se pueda implementar medidas de prevención y mitigación de desastres a los que están expuestos el ser humano y su infraestructura.

3.2. Específicos

- Zonificar la condición de peligro por fenómenos naturales en el municipio, según su origen.
- Generar y diseñar una base de datos de los peligros por fenómenos naturales, confiable y de fácil manejo en formato digital, la cual pueda ser consultada y actualizada permanentemente.

4. METODO DE TRABAJO

Para la elaboración de este Atlas de Riesgos, se tomó como base la metodología establecida en la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos” y la “Guía del Contenido Mínimo para la elaboración de Atlas de Riesgos”, desarrolladas por el Centro Nacional de Prevención y Desastres (CENAPRED), y los Niveles de Análisis, que se establecen en el documento desarrollado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU, 2016) “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catalogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2016”.

Se utilizan métodos básicos de interpretación de sensores remotos disponibles como son las imágenes de satélite, imágenes epipolares, ortofotos, fotografías aéreas y el modelo digital de elevación, para que, mediante la interpretación, extraer información relativa a nivel regional de los peligros causados por fenómenos naturales y en la limitación de las áreas de peligro en zonas urbanas.

Para cada uno de los tipos de peligros analizados, se aplica el método de trabajo señalado por las instituciones que se mencionaron anteriormente, realizando adecuaciones de acuerdo al área de estudio, condiciones del terreno, así como las necesidades del proyecto. Así también, las metodologías establecidas para la clasificación de las viviendas, para el desarrollo de los niveles de información de vulnerabilidad para cada peligro.

Las actividades ejecutadas para la realización del Atlas de Riesgos se dividen en tres etapas: 1.- Análisis de información en trabajos de gabinete, 2.- Verificación y obtención de datos en campo y 3.- Procesamiento de información y análisis de resultados en gabinete (Figura 2).

Se emplea el Sistema de Información Geográfica Arc Map versión 10.5, para el análisis y la generación de mapas de los peligros y riesgos.

Los productos obtenidos en el Atlas de Riesgos, se basan con los mapas de peligro o susceptibilidad para cada uno de los fenómenos a los que se encuentra expuesto el municipio y mapas de vulnerabilidad de la población.

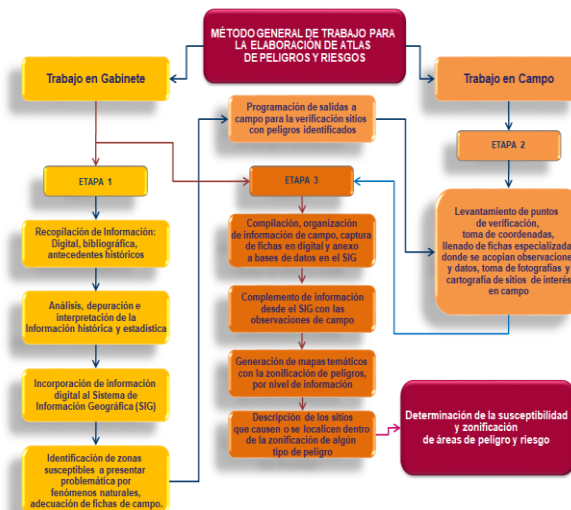


Figura 2. Método general de trabajo.

5. LOCALIZACIÓN y VÍAS DE COMUNICACIÓN

El municipio de Tlanchinol se localiza en la parte norte del estado de Hidalgo, en la región denominada Sierra Alta, entre las coordenadas geográficas 20°54'45" de latitud Norte y 98°39'24" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, el municipio tiene una superficie total de 383.14 km². Políticamente está delimitado al norte con el municipio de San Felipe Orizatlán y el estado de San Luis Potosí; al sur con el municipio de Calnali, al oriente con el municipio de Huazalingo, al poniente con el municipio de Lolotla y Tepehuacán de Guerrero (Figura 3).

Para llegar al municipio de Tlanchinol desde la capital del estado de Hidalgo, se realiza un recorrido de aproximadamente 160 kilómetros sobre la carretera federal No. 105, con un tiempo de recorrido estimado de 3 horas 30 minutos, sobre el corredor turístico de la Montaña, se pasa por Mineral del Monte, Atotonilco El Grande, San Agustín Metzquititlán, Zacualtipán, Molango de Escamilla e Ixtlahuaco, continuar sobre la carretera hasta llegar a Tlanchinol.

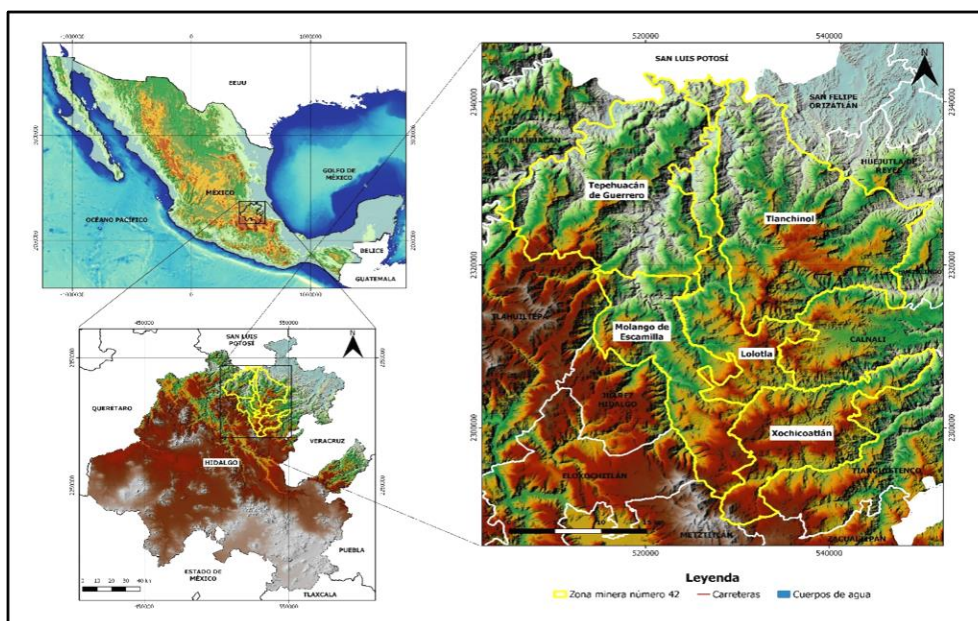


Figura 3. Localización del municipio de Tlanchinol, estado de Hidalgo.

6. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL

6.1. Fisiografía

El municipio de Tlanchinol se localiza en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, la cual está constituida principalmente por rocas sedimentarias mesozoicas que se depositaron y evolucionaron sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico. En lo que respecta a la subprovincia fisiográfica, la zona pertenece a la Carso Huasteco, que constituye la porción sur de la Sierra Madre Oriental (Figura 4).

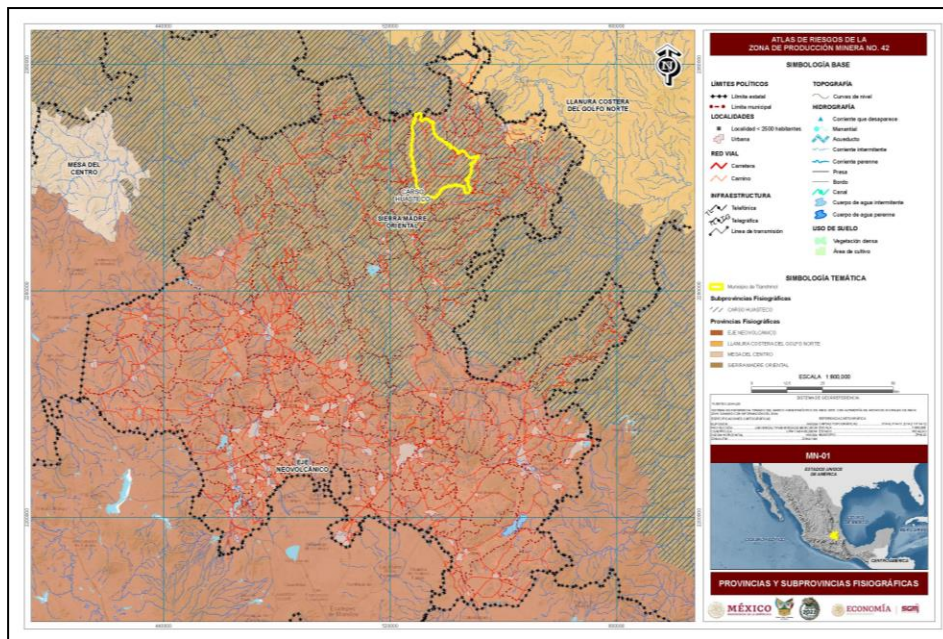


Figura 4. Provincias y subprovincias fisiográficas.
Fuente: Elaboración propia del SGM con información de Raíz, 1964.

6.2. Geomorfología

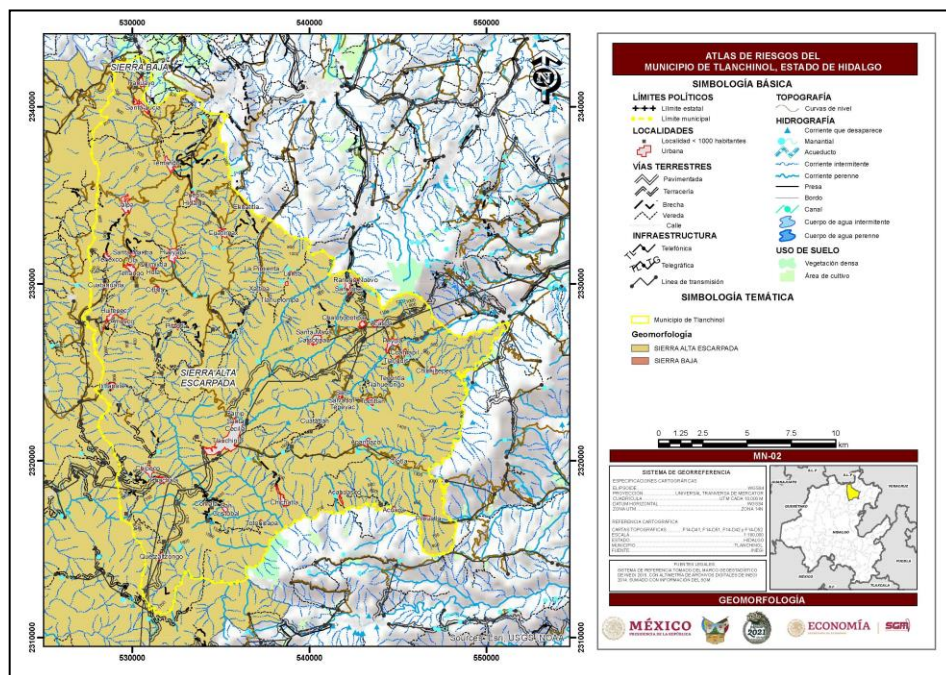


Figura 5. Topoformas presentes en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos INEGI 2015.

El municipio se caracteriza por estar constituida por dos sistemas de topoformas, la primera y más extensa, denominada Sierra Alta Escarpada, la cual ocupa un 99.52 por ciento del área total y el restante, con 0.48 por ciento de Sierra Baja, la cual se ubica en la porción norte del municipio de Tlanchinol.

El municipio presenta elevaciones que varían de los 200 a 1,800 m. s.n.m., ubicándose las de menor altitud al norte y las de mayor altitud en la porción sur (Figura 5).

6.3. Marco geológico y estratigrafía

El municipio de Tlanchinol comprende dos elementos paleogeográficos, la primera es la Sierra Madre Oriental (SMO) y la segunda es la Cuenca Tampico Misantla (CTM), de acuerdo a la descripción de varios autores, la SMO está constituida por rocas sedimentarias mesozoicas que se depositaron sobre un basamento Paleozoico y Precámbrico; por otro lado, la CTM es parte de la llanura costera del Golfo de México, la cual corresponde a una cuenca marginal al orógeno de la SMO.

Gneis Huiznopala (pTm CM). Esta unidad representa el basamento de todo el paquete litológico que comprende el municipio de Tlanchinol, aflora al poniente de la cabecera municipal de Tlanchinol y sur de Totonicapa. La unidad está dividida en dos secuencias, la primera consiste en una serie de paragneis compuesta por cuarzo-feldespato, bandeado, con abundante contenido de granate, biotita y clinopiroxeno que gradúa a un mármol impuro. La segunda está representada por un complejo charnockítico-gabroico-anortositico.

Formación Guacamaya (Ppi Ar-Lm-Cgp). Esta formación es la segunda más antigua del municipio, se ubica como una pequeña porción al sur de San Cristóbal. La unidad litológica está constituida por una secuencia de lutita, limolita, arenisca, conglomerado, aglomerado volcánico, caliza arenosa y brechas intraformacionales con metamorfismo bajo.

Formación Huayacocotla (Jsip Lu-Lm-Cgp). Esta formación se ubica al poniente y sur de la cabecera municipal de Tlanchinol. El área se encuentra representada por tres miembros, hacia la parte inferior, se tienen una secuencia de arenisca, conglomerado, limolita y lutita; el miembro intermedio consta de una secuencia rítmica de arenisca y lutita con intervalos de conglomerado y arenisca; finalmente la parte superior, consiste en lutita y limolita de color verde con restos de plantas fósiles

Formaciones Cahuassas, Tenexcate (Jm(?) Lm-Ar-Cgp). Esta unidad de edad Jurásica se localiza al norte de la localidad de Chipoco y al sur de la localidad de Chachala. La unidad consiste de arenisca de color gris verdoso con clastos de cuarzo embebidos en una matriz arcillo-arenosa, además de tener depósitos de conglomerados de color morado, constituidos por roca volcánica.

Formaciones Tepéxic, Santiago, San Andrés, Chipoco, San Pedro, Tamán, Pimienta (JcKbe(?) Cz-Lu-Lm). La unidad está agrupada por siete formaciones, debido a las características litológicas y espesores de las misma, se agruparon para un mejor entendimiento. Aflora ampliamente en al poniente del municipio de Tlanchinol, en las inmediaciones de las localidades de Totonicapa, San Cristobal, Chipoco, Huitepec, Santa Martha Ula, Jalpa y Pueblo Nuevo entre otras. La Formación Tepéxic consta de cuatro unidades, la primera es conglomerática, la segunda es arenosa, la tercera es calcárea y la última margosa; La Formación Santiago consiste de limolita calcárea de color negro con intercalaciones de caliza arcillosa, estratificación delgada y ondulante. Por otro lado, la Formación Chipoco consiste en una alternancia de caliza granitoide y lutita calcárea; La Formación Tamán consiste de caliza con intercalación de lutita. La Formación Pimienta consiste en una secuencia de caliza con lentes y capas de pedernal negro e intercalaciones rítmica de lutita.

Formaciones Tamaulipas superior, Horizonte Otates, Tamaulipas inferior (Kbece Cz-Lu). Esta unidad se ubica al sur y norte de la cabecera municipal de Tlanchinol, en las inmediaciones de las localidades de Hueyapa, Custahuatla, Tenexco y Santa Lucía entre otras. La parte inferior de la unidad, consiste en caliza de color beige a gris claro y gris oscuro, de textura mudstone con lentes y nódulos de pedernal negro, así como la presencia de estilolitas paralelas a la estratificación. La parte superior consiste de una caliza de color gris oscuro con textura que varía de mudstone a wackstone de carácter arcilloso, con presencia de bandas y lentes de pedernal negro; además de presentar estratificación planar bien definida.

Formación Agua Nueva (Kcet Cz-Lu). Aflora en la porción sur, centro y norte del municipio, en las inmediaciones de las localidades de Chichatla, Pilcuatla, Cuatlimax, Pueblo Hidalgo, Temango, Santa Lucía y Pahuayo entre otras. Consiste en una secuencia de caliza con intercalaciones de lutita y limolita, así como bandas y lentes de pedernal negro. La coloración de la caliza es gris claro a oscuro, mientras que la coloración de la lutita y limolita es gris oscuro a verdosa debido al contenido de glauconita.

Formación San Felipe (Kcoc Lu-Cz). Aflora en las inmediaciones de las localidades de Chichatla, Acuapa, Pilcuatla, Xaltipa, La Pimienta, Temango y Pahuayo. Consiste de una secuencia de caliza-marga con intercalaciones de lutita. La caliza presenta una coloración gris oscuro, mientras que la marga es de color gris obscuro; la lutita es de carácter calcáreo con tonalidades gris oscuro, rojiza y verdosa.

Formación Méndez (Kcm Lu-Mg). La formación se localiza en las inmediaciones de las localidades de Acahuasco, Ehuatitla y oriente de Santa Lucia. Está constituida por Lutita con escasa marga y en ocasiones en forma de nódulos, la lutita como la marga, presentan una coloración gris oscuro a gris verdoso, debido al contenido de la glauconita.

Formación Chicontepec (Tepae Ar-Lu). Esta unidad se localiza en las inmediaciones de Olotla, Toctitlán, Tlahuelongo, Chichiltepec, Peyula, Acatipa y Rancho Nuevo San José, entre otras. Consiste de una secuencia tipo flysch, constituida por una alternancia de arenisca y lutita; la arenisca presenta una coloración gris oscuro a café claro, intemperiza en forma de esferulitas.

Formación Tlanchinol (Tm B-A). Se encuentra ampliamente distribuida en la porción centro y sur del municipio de Tlanchinol, en las inmediaciones de las localidades de Chiquitla, Ixtlahuaco, Acatepec, Tlaltepingo, Quetzaltzongo, cabecera municipal de Tlanchinol, Apantlazol, Santa María Catzotipan y sur de Cuatlimax. Consiste en derrames de basalto con horizontes intercalados de andesita de composición basáltica y en ocasiones intercalaciones de brecha basáltica. La coloración del basalto es gris oscuro a café con variación a rojizo, mientras que la andesita basáltica es de color café rojizo, compacta y resistente a la erosión.

Aluvión (Qhoal). Se ubica en la porción oriente de la comunidad de Peyula. Conformado por depósitos mal consolidados, constituidos por fragmentos redondeados a subredondeados de diferente granulometría, así como arenas, gravas, arcillas y limos, producto de corrientes fluviales (Figura 6).

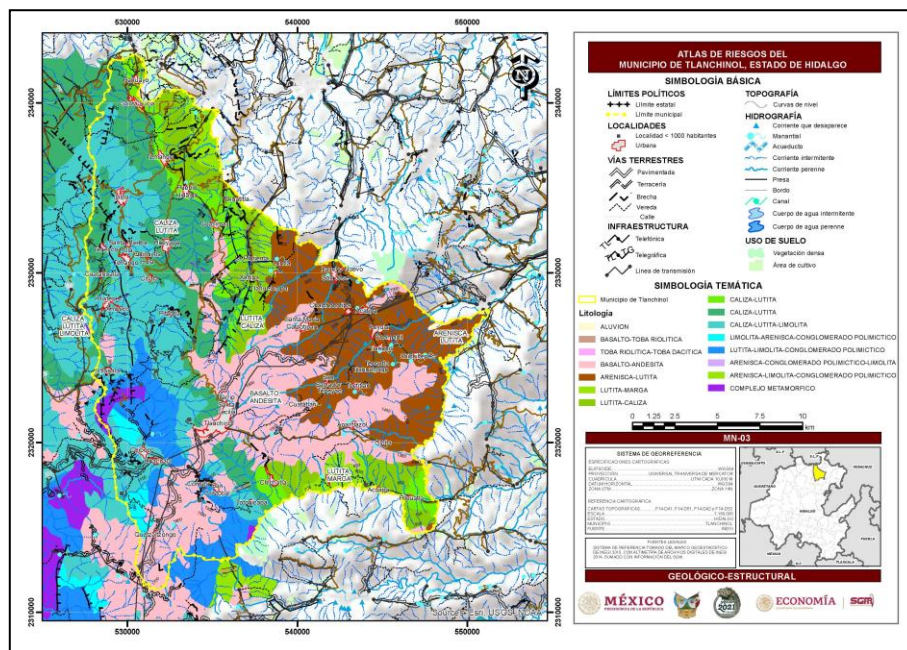


Figura 6. Mapa Geológico-estructural del municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos del SGM 2007.

6.4. Edafología

Las características físicas y geográficas del municipio de Tlanchinol, permiten que se desarrollen diferentes tipos de suelo. De acuerdo con el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, en Tlanchinol existe cinco tipos de suelos, siendo el Litosol, Regosol, Feozem, Rendzina y Vertisol.

Los suelos tipo Litosol o Leptosol se caracterizan por ser muy superficiales, con poco espesor, provienen de distintos tipos de roca y de materiales no consolidados, se encuentra a una altitud media o alta, con topografía fuertemente disectada, son frágiles y, su uso agrícola está condicionado por la presencia de suficiente abasto de agua. Para el desarrollo urbano su aptitud es baja y está condicionada por la poca profundidad que presentan, la cual es normalmente menor de 10 cm. Comprende gran parte del municipio, en la porción oriente, centro y poniente.

Los suelos tipo Regosol se localizan en diversos tipos de clima, vegetación o relieve, tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general, son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca de origen. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada por la profundidad y pedregosidad. Es común en regiones montañosas, caso particular del municipio, tiene mayor predominancia en la parte sur.

Los suelos tipo Feozem son medianamente profundos de 40 a 100 cm, tienen una capa superficial oscura, suave y rica en material orgánica y nutrientes, pueden tener cualquier tipo de vegetación, en relieves planos presentan aptitud agrícola y una aptitud media para el desarrollo urbano. El uso óptimo de estos suelos depende de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego. Este tipo de suelos se presentan como pequeñas franjas en la porción sur del municipio.

Los suelos Rendzina se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza y/o materiales ricos en carbonatos. Generalmente son suelos arcillosos y poco profundos por debajo de los 25 cm. pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Sí se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados, pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. Normalmente presenta un color oscuro y rico en *humus*, se observan mayormente en la parte norte del área.

El Vertisol se encuentra en una pequeña porción al oriente del municipio, se caracteriza por su estructura masiva con alto contenido de arcilla que se expande con la humedad, formando superficies de deslizamiento y que, por ser colapsables en seco, pueden formar grietas en la superficie o a profundidad. Son aptos para la agricultura, muy fértiles, pero con problemas de inundación y drenaje. Su uso urbano está condicionado a la presencia de humedad que puede afectar sus características (Figura 7).

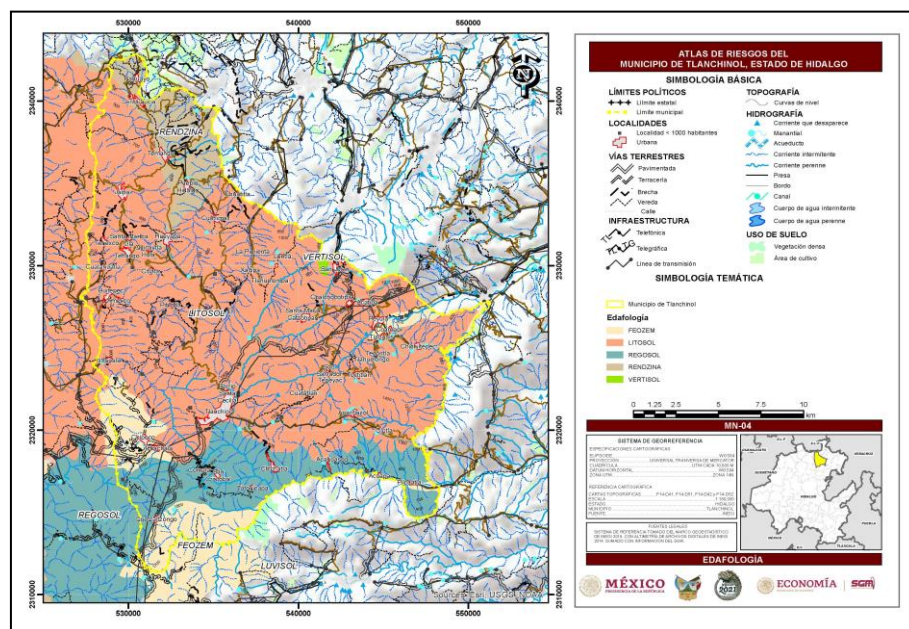


Figura 7. Distribución de los suelos en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de INEGI 2015.

6.5. Hidrografía

El municipio de Tlanchinol se encuentra en la subregión hidrológica Río Alto Pánuco, perteneciente a la Región Hidrológica número 26 Pánuco. Esta región hidrológica tiene una superficie de 97,195.727 km² desde su nacimiento en el Valle de México hasta la desembocadura del cauce principal en el Golfo de México. Parte de los acuíferos que se encuentran en el municipio son: Orizatlán, Atotonilco-Jaltocán, Xochitlán-Huejutla, Atlapexco-Candelaria.

Acuífero Orizatlán. Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas permiten definirla presencia de un acuífero tipo libre heterogéneo y anisótropo, constituido en su porción superior por sedimentos aluviales de granulometría variada, de espesor reducido que no sobrepasa los 10 m, debido a que están subyacidos por lutitas. Las calizas y areniscas que forman parte de las secuencias calcáreo-arcillosas, así como los basaltos, representan una fuente potencial de agua subterránea que aún no ha sido explorada. Debido a la topografía accidentada y al carácter general impermeable de la zona serrana, los escurrimientos fluyen de manera rápida sin permitir su infiltración. Solo en la porción baja es posible la acumulación de agua, conformando un acuífero de reducidas dimensiones y de baja capacidad de almacenamiento, que presenta permeabilidad media.

De acuerdo con el balance de aguas subterráneas, la recarga total media anual que recibe el acuífero Orizatlán, es de 185.4 millones de metros cúbicos anuales, integrada por 180.3 millones de metros cúbicos anuales por recarga vertical por lluvia y 5.1 millones de metros cúbicos anuales de entradas por flujo subterráneo. Asimismo, la descarga del acuífero está integrada por 2.1 millones de metros cúbicos anuales de salidas subterráneas hacia el sur, 11.9 millones de metros cúbicos anuales por evapotranspiración, 0.7 millones de metros cúbicos anuales que se extraen del acuífero, 2.7 millones de metros cúbicos anuales por manantiales y 168 millones de metros cúbicos anuales por flujo base. El acuífero, se ubica en la parte centro, norte y poniente del municipio.

Acuífero Atotonilco-Jaltocán. Se ubica al nororiente de la cabecera municipal de Tlanchinol. Es de tipo libre, heterogéneo y anisotrópico, emplazado en su porción superior en sedimentos de origen aluvial y fluvial, de granulometría variada, que constituyen el lecho y la llanura de inundación de los ríos, con espesor reducido. En su porción inferior el acuífero se aloja en una secuencia de lutitas y areniscas, así como basaltos que presentan permeabilidad secundaria por disolución y fracturamiento, que representan una fuente potencial de agua subterránea que aún no ha sido explorada. Las fronteras al flujo subterráneo y el basamento del acuífero están representadas por rocas sedimentarias, principalmente lutitas y areniscas compactas sin fracturar.

De acuerdo con el balance de aguas subterráneas, la recarga total media anual que recibe el acuífero Atotonilco-Jaltocán, clave 1303, es de 12.8 millones de metros cúbicos anuales, integrada por 9.6 millones de metros cúbicos anuales de recarga vertical por lluvia y 3.2 millones de metros cúbicos anuales de entradas por flujo subterráneo. La descarga del acuífero está integrada por 10.4 millones de metros cúbicos anuales de evapotranspiración, 0.7 millones de metros cúbicos anuales de descarga a través de manantiales, 0.6 millones de metros cúbicos anuales de salidas subterráneas y 1.1 millones de metros cúbicos anuales que se extraen del acuífero.

Acuífero Xochitlán-Huejutla. El acuífero Xochitlán-Huejutla, es de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, constituido en su porción superior, por sedimentos aluviales de granulometría variada, conformado por arenas, gravas y arcillas, de espesor reducido que no sobrepasa los 10 m, debido a que están subyacidos por lutitas y areniscas compactas. Debido a la topografía accidentada y al carácter general impermeable de la zona serrana, los escurrimientos fluyen de manera rápida sin permitir su infiltración. Solamente en la porción baja es posible la acumulación de agua, conformando un acuífero de reducidas dimensiones y de baja capacidad de almacenamiento, que presenta permeabilidad media.

En las porciones sur y centro del acuífero es común la existencia de pequeños manantiales que en forma de lloraderos descargan localmente la infiltración del agua, a través de las fracturas o por el contacto con rocas impermeables. La descarga del acuífero se realiza en forma natural a través del drenado de las corrientes superficiales.

De acuerdo con el balance de aguas subterráneas, la recarga total media anual que recibe el acuífero Xochitlán-Huejutla, es de 39.1 millones de metros cúbicos anuales, integrados por 9.2 millones de metros cúbicos anuales que entran por flujo subterráneo, y 29.9 millones de metros cúbicos anuales por recarga vertical, a partir de agua de lluvia. Las salidas del acuífero ocurren a través de descarga a manantiales de 7.8 millones de metros cúbicos anuales; a través de salidas subterráneas de 6.5 millones de metros cúbicos anuales, por evapotranspiración de 23.9 millones de metros cúbicos anuales, debido a que los niveles del agua subterránea se encuentran someros, y mediante la extracción a través de las captaciones de agua subterránea, de las que se extraen 0.9 millones de metros cúbicos anuales. El municipio se ubica al oriente de la cabecera municipal de Tlanchinol.

Acuífero Atlapexco-Candelaria. El acuífero Atlapexco-Candelaria, es de tipo libre heterogéneo y anisótropo, constituido en su porción superior, por sedimentos aluviales de granulometría variada, conformados por arenas, gravas y arcillas, de espesor reducido que no sobrepasa los 10 m de espesor, debido a que están subyacidos por lutitas y areniscas compactas. Las calizas y areniscas, que forman parte de las secuencias calcáreo-arcillosas, así como los basaltos, representan una fuente potencial de agua subterránea que aún no ha sido explorada.

De acuerdo con el balance de aguas subterráneas, la recarga total media anual que recibe el acuífero Atlapexco-Candelaria, es de 192.7 millones de metros cúbicos anuales, integrada por 182.7 millones de metros cúbicos anuales de recarga vertical a partir de agua de lluvia y 10 millones de metros cúbicos anuales que entran por flujo subterráneo.

Las salidas del acuífero ocurren principalmente como descarga natural, a través del caudal base hacia los ríos de 172.5 millones de metros cúbicos anuales, la evapotranspiración de 13.1 millones de metros cúbicos anuales, a través de salidas subterráneas de 5.0 millones de metros cúbicos anuales, 2.0 millones de metros cúbicos por descargas a través de manantiales; así como extracción a través de las captaciones de agua subterránea, de las que se extraen 0.1 millones de metros cúbicos anuales. El acuífero se ubica al sur del municipio de Tlanchinol. (Figura 8).

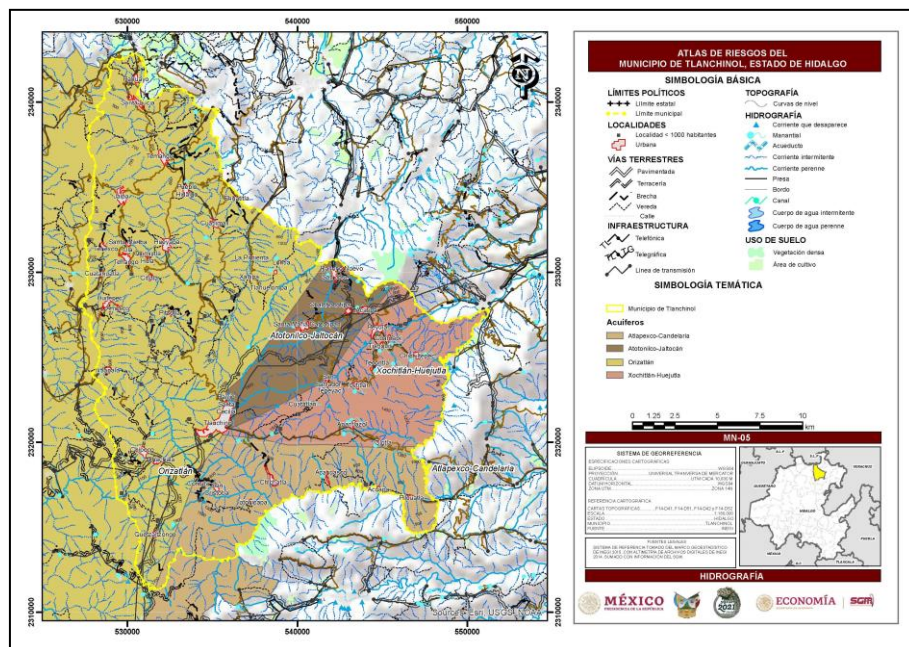


Figura 8. Entidades hidrológicas y acuíferos en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de INEGI 2015.

Cuencas

El municipio de Tlanchinol se ubica dentro de la Región Hidrológica Número 26 Pánuco, de igual manera, pertenece a la cuenca del Río Moctezuma, y comprende parte de tres subcuencas: Río Amajac, Río San Pedro y Río Los Hules. La subcuenca del Río Amajac, se localiza al poniente del municipio, la subcuenca del Río San Pedro se ubica al centro y nororiente del municipio, finalmente, la subcuenca del Río Los Hules, se encuentra al sur-suroriente del municipio de Tlanchinol (Figura 9).

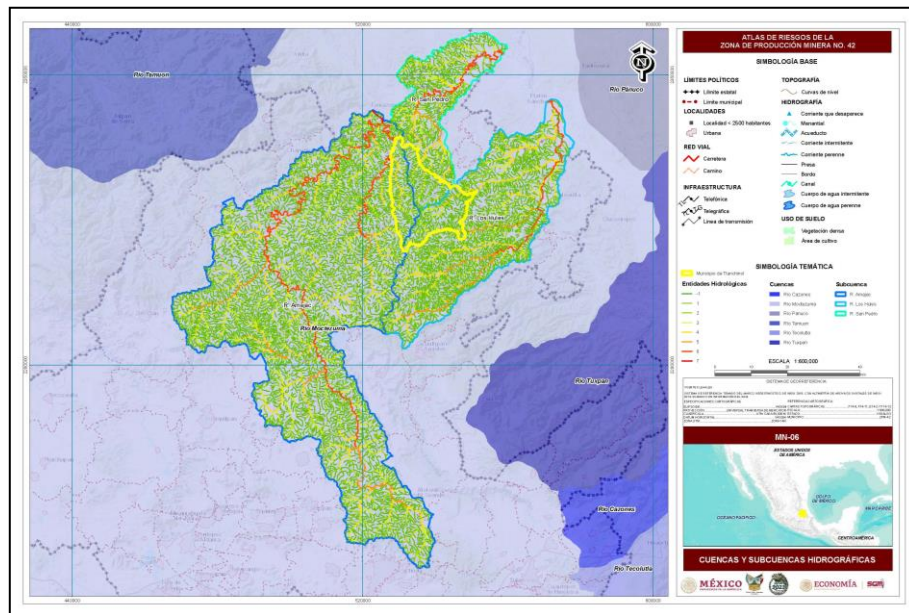


Figura 9. Cuencas, subcuencas y orden de escurrimiento presentes en el municipio de Tlanchinol.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de INEGI, 2015.

6.6. Clima

En el municipio de Tlanchinol, está presente cuatro tipos de climas: El clima cálido húmedo A(f), se presenta al norte del municipio, tiene una temperatura media anual de 22°C, con una precipitación de 40 mm en tiempos de estiaje. El clima semicálido húmedo (A)C(fm), comprende gran parte del territorio del municipio de Tlanchinol, con temperatura media anual de 18°C, con precipitaciones en tiempo de estiaje de 40 mm, con lluvias en verano e invierno (Figura 10).

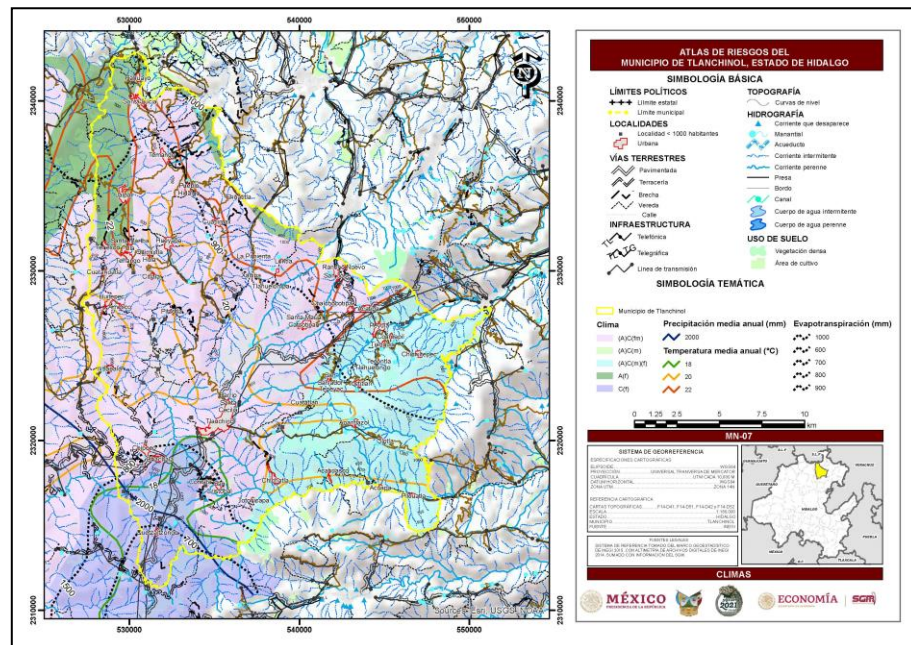


Figura 10. Climas presentes en el municipio de Tlanchinol.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de INEGI, 2015.

El clima semicálido húmedo (A)C(m)(f), se encuentra en la porción suroriente del municipio; tiene temperatura media anual de 18°C, la precipitación en temporada de estiaje, es mayor de 40 mm, con lluvias en verano.

El clima templado húmedo C(f) se tiene presenta en la porción suroeste del municipio; registra entre 12° y 18°C como temperatura media anual, tiene presencia de lluvias durante todo el año y una precipitación mensual mínima de 40 mm.

6.7. Vegetación

El aspecto de la vegetación depende de los factores ambientales, tales como la humedad atmosférica, las precipitaciones, los vientos, el relieve y los diferentes tipos de suelos. En el municipio la agricultura de temporal es anual, permanente y semipermanente; son tierras de cultivo con erosión muy baja. Los cultivos que se producen en la región son: maíz, frijol y café cereza; cultivo de árboles frutales como la naranja, plátano y mango; plantas medicinales de hierbabuena, manzanilla, ruda y cascara de nopal, estos cultivos se presentan en la parte norte y oriente del municipio.

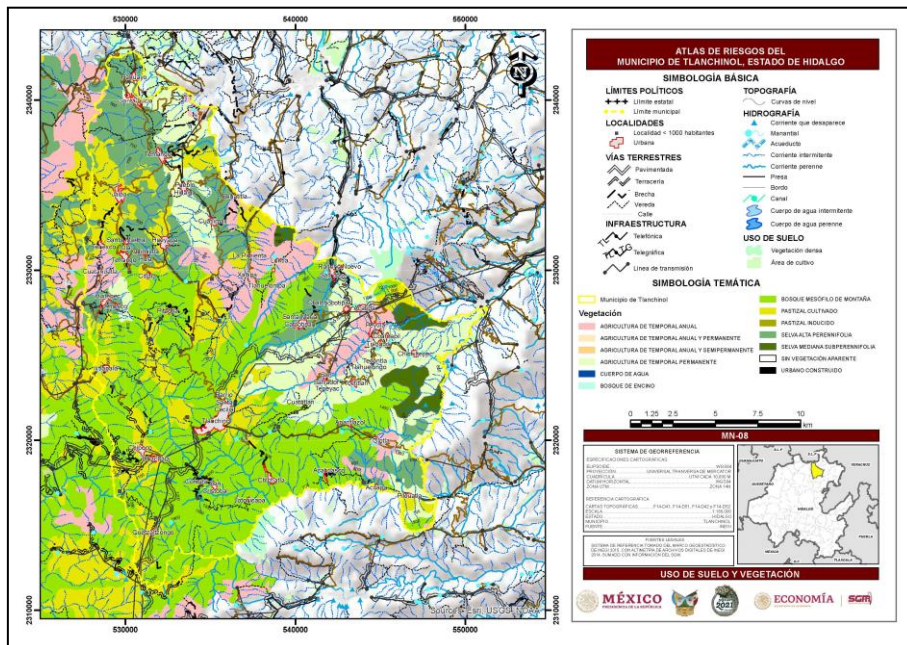


Figura 11. Vegetación y uso de suelo en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de INEGI, 2015.

Pastizal cultivado e inducido presentan una erosión muy baja, se encuentran distribuidos en el centro y poniente del municipio.

El bosque mesófilo de montaña y bosque de encino presentan un grado de erosión baja y son los que ocupan mayor territorio, se ubican en las partes altas al centro-sur del municipio de Tlanchinol. La selva alta perennifolia y la selva mediana subperennifolia se localizan en áreas aisladas, en la porción norte y oriente del municipio (Figura 11).

6.8. Áreas Naturales Protegidas

En el municipio de Tlanchinol se ubica una reserva privada denominada Finca Tegolome con una superficie de 8 ha, la cual es de competencia estatal, se localiza al sur del municipio, entre las localidades Chichatla y Totonicapa. Predomina una vegetación de tipo bosque mesófilo de montaña y una vegetación secundaria de tipo arbustiva y con erosión muy baja (Figura 12).

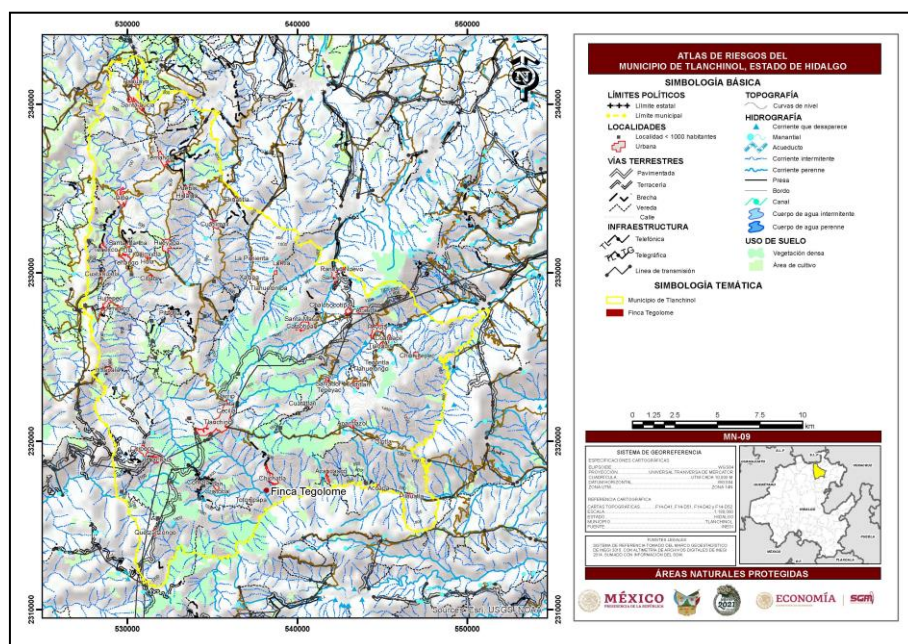


Figura 12. Finca Tagolome presente en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de SEMARNAT 2015.

7. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS

7.1. Dinámica Demográfica

Para el 2020, el municipio de Tlanchinol presentaba una población total de 37,722 habitantes, 19,245 mujeres y 18,477 hombres (Gráfica 1). La población se distribuye en 52 localidades, sean de carácter urbano o rural (Figura 13). Un 23% de la población se localiza en la cabecera municipal, el resto de la población se encuentra en localidades rurales con un 77% siendo once localidades con mayor número de población (Tabla 1). La mayor parte de la población se encuentra distribuida en el rango de edad de 10 a 14 años (Gráfica 2).

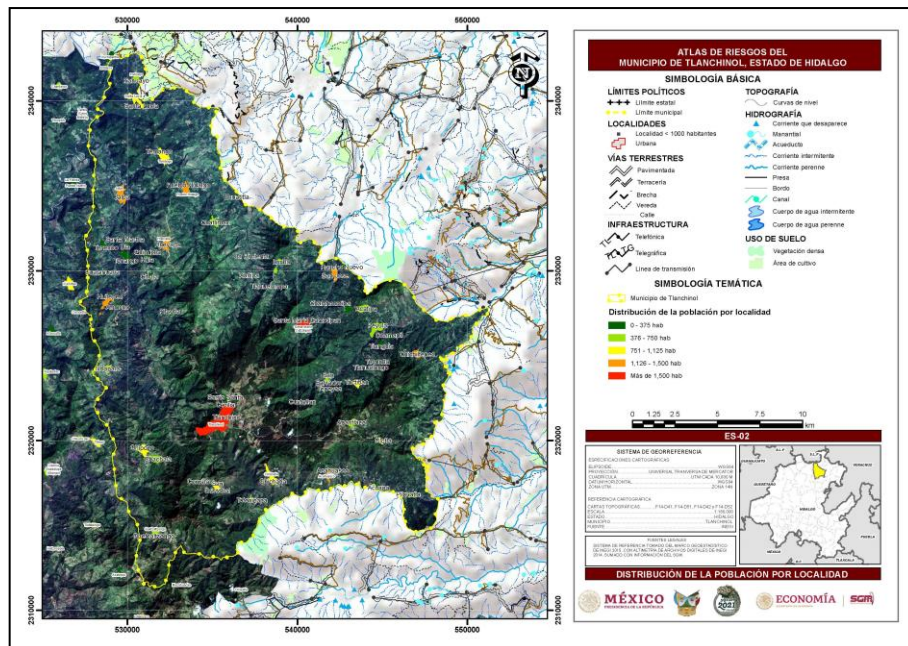


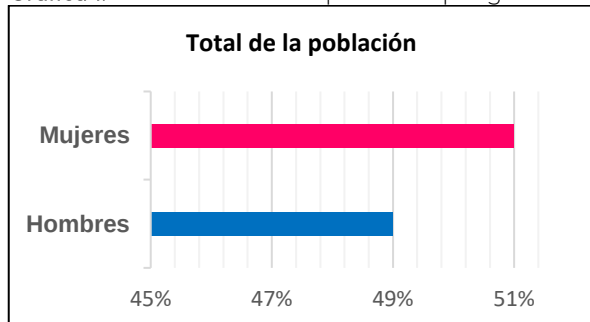
Figura 13. Distribución de la población por localidad.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, (2010).

Tabla 1. Distribución de la población mayor a mil habitantes.

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN MAYOR A 1000 HABITANTES				
Nombre	Municipio	Población	Mujeres	Hombres
Tlanchinol	Tlanchinol	5199	2521	2678
Santa María Catzotipan	Tlanchinol	2307	1094	1213
Hueyapa	Tlanchinol	1478	721	757
Huitepec	Tlanchinol	1400	685	715
Acahuasco	Tlanchinol	1289	656	633
Jalpa	Tlanchinol	1228	612	616
Pueblo Hidalgo	Tlanchinol	1183	600	583
Chichiltépec	Tlanchinol	1135	563	572
San José	Tlanchinol	1126	558	568
Temango	Tlanchinol	1125	546	579
Chichatla	Tlanchinol	1098	536	562

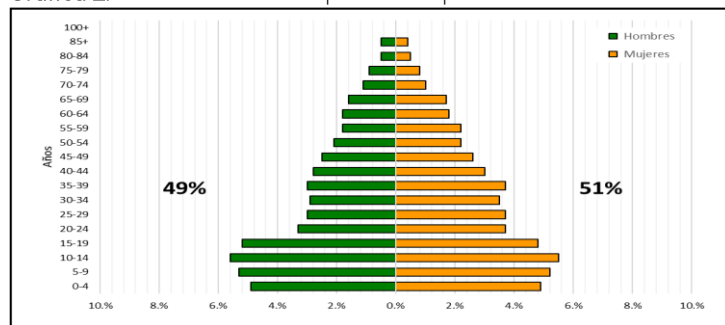
Fuente: Elaboración propia a partir del Censo de Población y Vivienda, 2020.

Gráfica 1. Distribución de la población por género.



Fuente: Elaboración propia del SGM a partir del Censo de Población y Vivienda, 2020 del INEGI.

Gráfica 2. Distribución de la población por edad en Tlanchinol.



Fuente: Elaboración propia del SGM a partir del Censo de Población y Vivienda, 2020 del INEGI.

7.2. Densidad de la población

El municipio de Tlanchinol tiene una superficie de 391.48 km² que representa el 1.89% del total de la superficie del estado de Hidalgo, la densidad poblacional es de 96.2 hab/km², superior al promedio nacional (64.3 hab/km²). (Figura 14).

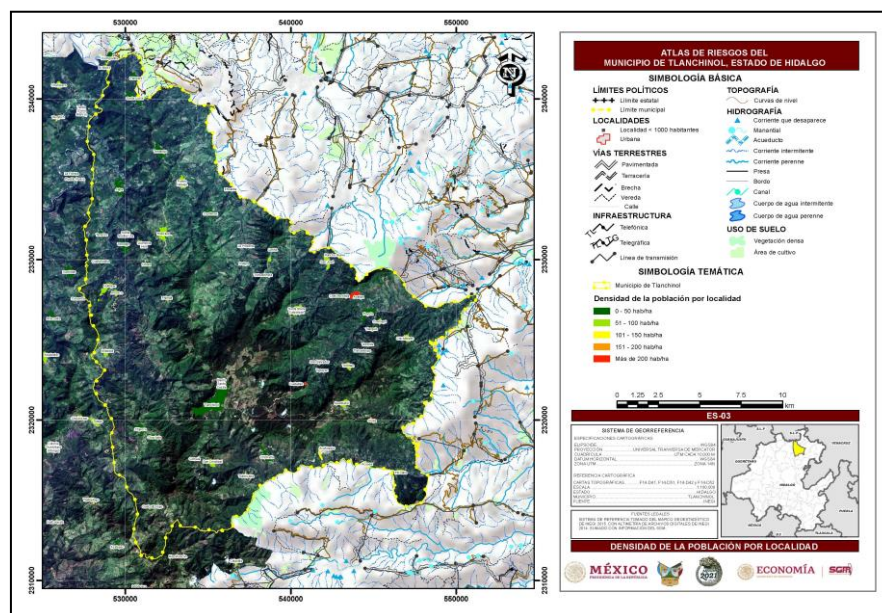


Figura 14. Densidad de la población por localidad.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, (2010).

7.3. Características sociales

Analfabetismo

El nivel de analfabetismo en población de 15 años en adelante corresponde a 4,350 habitantes lo que corresponde al 11.53% en el año 2020, de esta el 62.3% correspondía al género femenino 2,709 y 1,641 al género masculino (Gráfica 3). La cabecera municipal de Santa María Catzotipan es la que cuenta con más rasgos de analfabetismo con 434 habitantes (Figura 15).

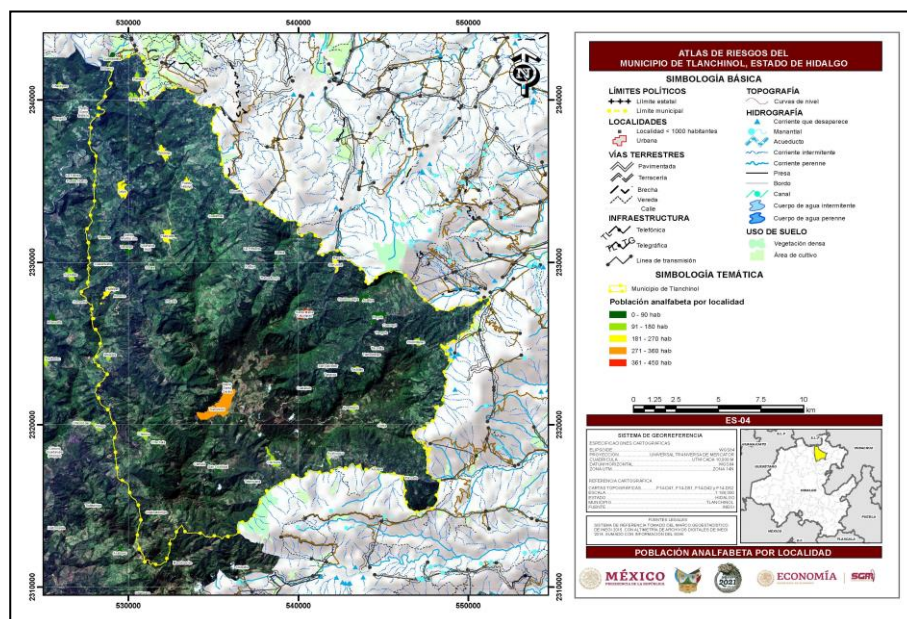
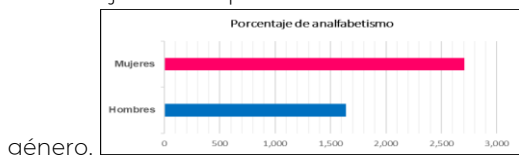


Figura 15. Población analfabeta por localidad.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, (2010).

Gráfica 3. Porcentaje de la población con analfabetismo por género.



Fuente: Elaboración propia del SGM a partir del Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2020.

Nivel Escolar

El nivel de asistencia escolar en el municipio es alto, de la población de 6 a 11 años el 97.7% asiste a la escuela en los niveles básicos, en cuanto a la población de 12 a 14 años el 93.6% asiste a la escuela media superior y solo el 60% de la población de 15 a 24 años continua su formación educativa. De la población de 15 años en adelante, el 16.1% cuenta con educación media superior y tan solo el 7% refiere puntualmente a tener educación superior (Figura 16).

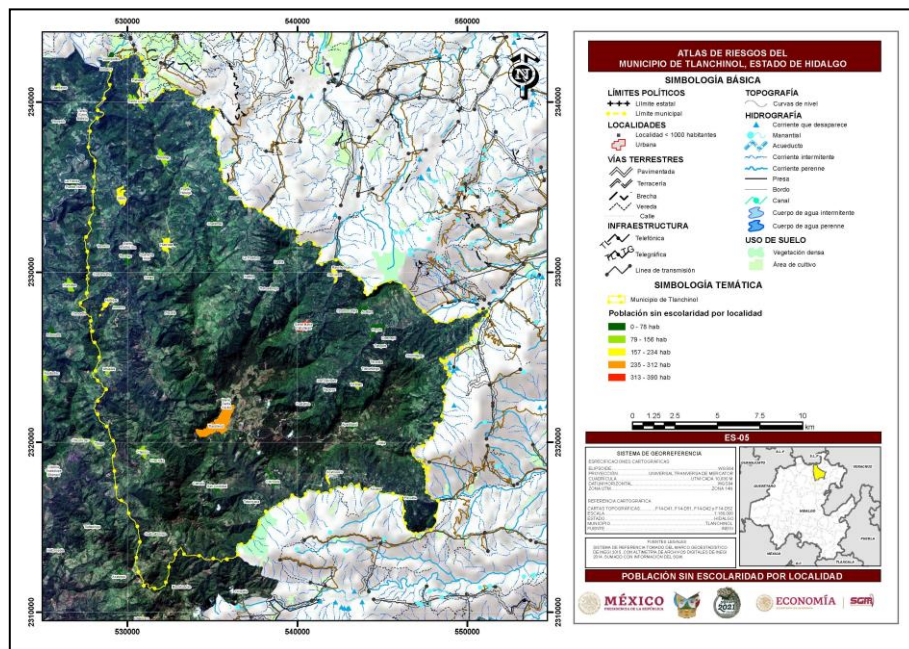


Figura 16. Población sin escolaridad por localidad.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, (2010).

Población con acceso a servicios de salud

En el municipio de Tlanchinol, 34,234 habitantes reciben atención médica en instituciones de salud pública y/o privadas, lo que equivale al 90.8% del total de la población. La distribución geográfica de la población sin derecho-habienencia al sector salud se muestra en la figura 17 y gráfica 4. Para el 2020 el personal médico fue de 73 personas (1.4% del total de médicos en la entidad), y la razón de médicos por unidad médica era de 2.9 frente a la razón de 5.7 en todo el estado.

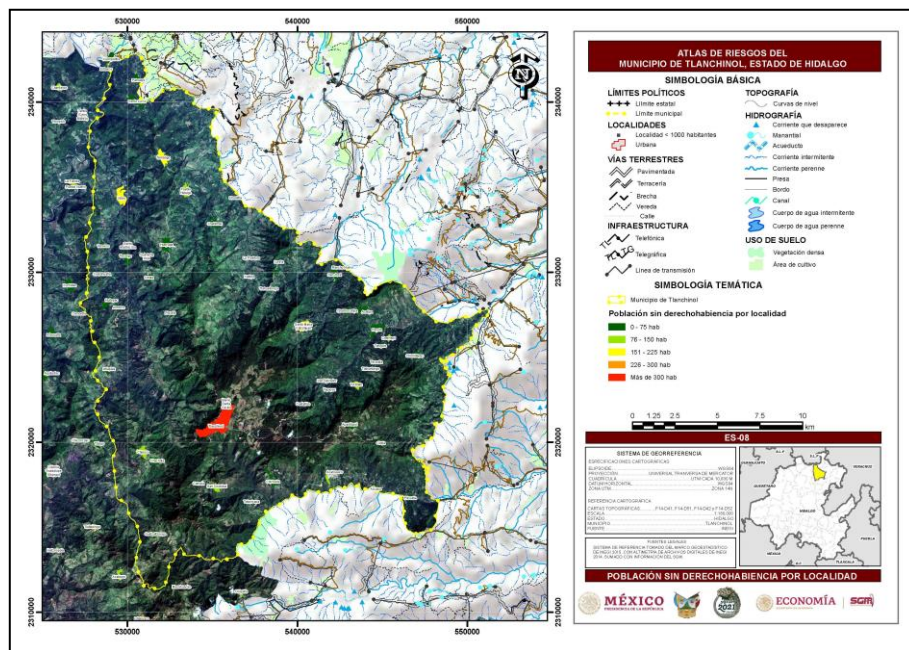
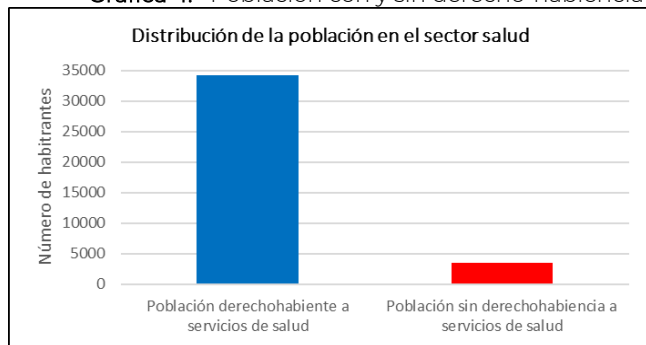


Figura 17. Población sin derecho-habienencia por localidad.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, (2010).

Gráfica 4. Población con y sin derecho-habienencia



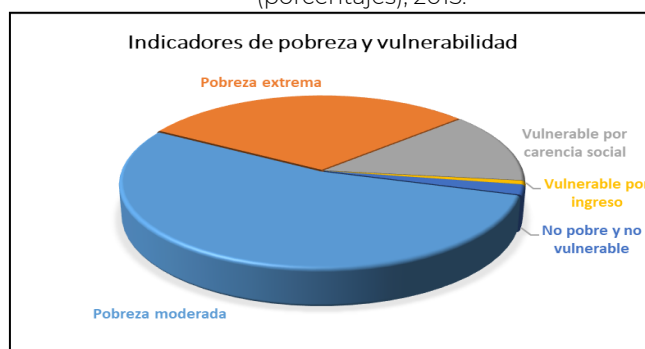
Fuente: Elaboración propia del SGM a partir del Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2020.

Pobreza

En 2015, 28,666 individuos (84% del total de la población) se encontraban en pobreza, de los cuales 18,347 (53.8%) presentaban pobreza moderada y 10,319 (30.2%) estaban en pobreza extrema.

En la Gráfica 5, se observa el porcentaje de indicadores de la pobreza y la vulnerabilidad, donde se puede apreciar cómo la población presenta en su mayoría una pobreza moderada.

Gráfica 5. Indicadores de pobreza y vulnerabilidad (porcentajes), 2015.



Fuente: Elaboración propia del SGM a partir de información del CONEVAL, 2015.

Marginación

Para el periodo 2000-2015, los problemas que generan mayor impacto en los índices de marginación, se relacionan con la combinación de los siguientes factores:

- El 66.03% de la población ocupada tiene ingreso de hasta 2 salarios mínimos mensuales.
- Casi la mitad de las viviendas (46.4%), presentan algún nivel de hacinamiento.
- El 32.8% de la población no tiene la primaria terminada.
- El 85.7% de los habitantes de Tlanchinol viven en localidades con menos de 5 mil habitantes. (Figura 18).

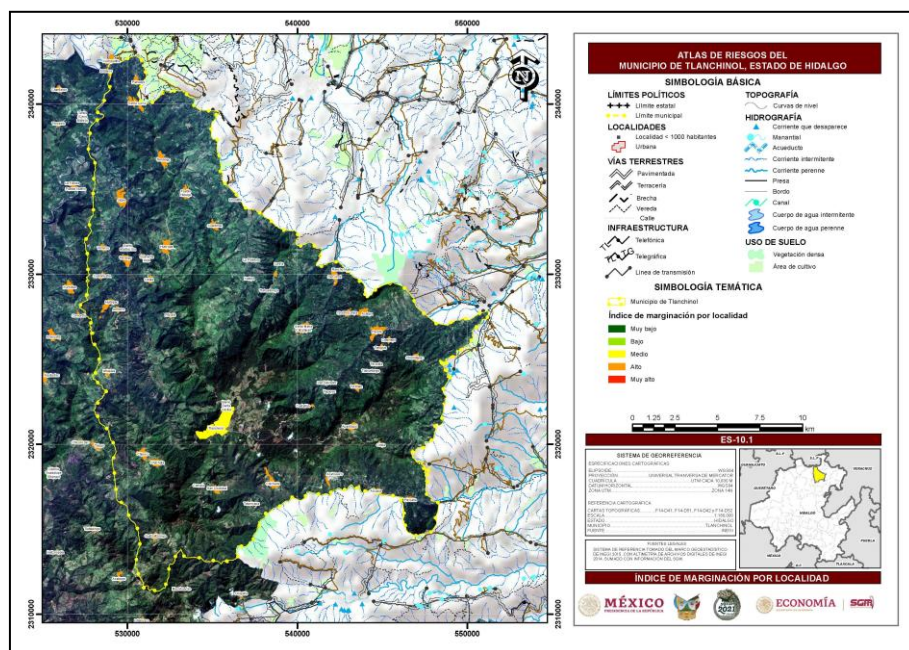


Figura 18. Índice de marginación por localidad.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, 2010.

FASE II. IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS Y PELIGROS, ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN NATURAL

8. FENÓMENOS NATURALES DE ORIGEN GEOLÓGICO

8.1. Vulcanismo

Para identificar los volcanes que pudieran afectar a Tlanchinol se realizó un análisis de todos aquellos aparatos volcánicos activos dentro de un radio de 100 km (Figura 20).

El mapa indica que solo se encuentra el **Volcán Acoculco** dentro del radio de análisis y parte de la **Caldera Acoculco**, la cual se localiza al Sur del municipio de Tlanchinol y noreste de la Faja Volcánica Transmexicana donde se intersecta con la provincia de la Sierra Madre Oriental entre los límites de los estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. Se clasifica como categoría 5 (peligro indefinido), ya que el IEV es igual o mayor a 3, con un tiempo medio de recurrencia indeterminado.

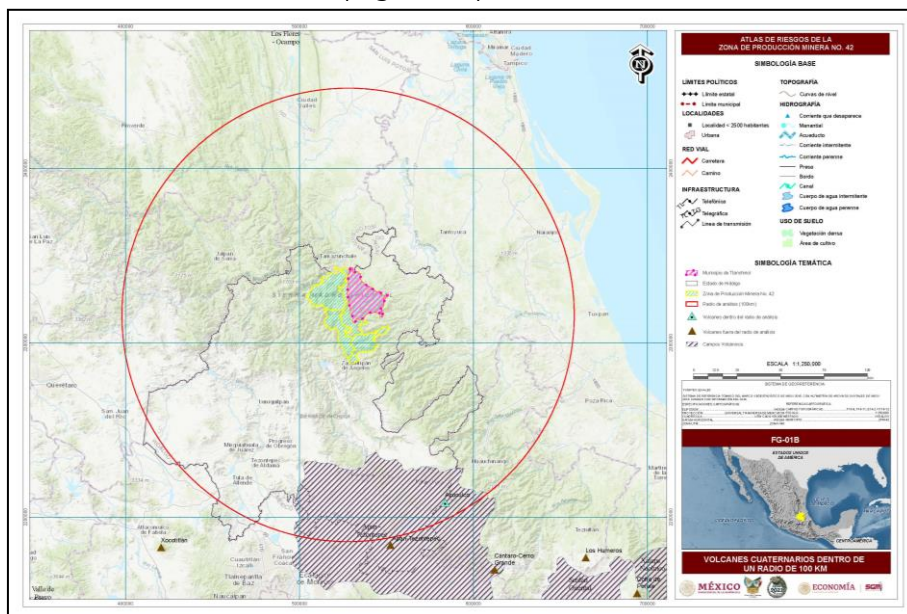


Figura 20. Volcanes cuaternarios dentro de un radio de 100 km.
Fuente: Elaboración propia del SGM con información de CENAPRED, 2006.

Amenaza por vulcanismo. Para evaluar la amenaza volcánica del volcán Acoculco dentro del radio de análisis, se tomó como referencia los parámetros de las propiedades físicas referidos en la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos del CENAPRED (Tabla 2).

Tabla 2. Propiedades físicas para amenazas volcánicas.

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS ESTIMADAS PARA AMENAZAS VOLCÁNICAS							
Amenaza	Distancia hasta las cuales se han experimentado efectos		Área afectada		Velocidad		Temperatura °C
	Promedio (km)	Máximo (km)	Promedio (km)	Máximo (km)	Promedio (km)	Máximo (km)	
Caída de Cenizas	20-30	> 800	100	> 100,000	15	30	Medio Ambiente
Proyectiles Balísticos	2	15	10	80	50-10	100	1000
Flujos piroclásticos	10	100	5-20	10,000	20-30	100	600-800
Lahares	10	300	5-20	200-300	3-10	>30	100
Flujos de Lava	3-4	> 100	2	> 1,000	5	30	700-1150
Ondas de Choque	10-15	> 800	1,000	> 100,000	300	500	Medio ambiente
Lluvia ácida y gases	20-30	> 2,000	100	20,000	15	30	Medio ambiente

Fuente: Elaboración propia con información de CENAPRED, 2006.

Conclusiones. Con base a las distancias hasta las cuales se han experimentado efectos y que se especifican en la tabla de las propiedades físicas estimadas para determinar los radios de afectación por las amenazas de caída de ceniza, proyectiles balísticos, flujos piroclásticos, lahares o flujos de lodo, flujos o coladas de lava, lluvia ácida y ondas de choque, el municipio de Tlanchinol no se encuentra expuesta ante ningún tipo de estas amenazas que pudiera originar el volcán Acoculco.

8.2. Sismicidad

El análisis de sismicidad está basado en la Regionalización Sísmica del Manual de Obras Civiles y en los registros históricos de sismos ocurridos dentro del estado de Hidalgo y en sus alrededores. El catálogo de sismos del SSN tiene registro de 433 eventos sísmicos ubicados en Hidalgo; del año 1990 al 2021.

La mayoría de los epicentros registrados se encuentra por debajo de 10 registros por municipio mientras otros presentan más de 30 epicentros; no se descarta la posibilidad de que estos eventos se sigan presentando en el estado. En la figura 21, se observa las regiones que han presentado actividad sísmica, siendo la zona centro-sur con la mayor actividad, mientras que el resto del territorio tiene poca o nula actividad sísmica. La incidencia sísmica por municipio se muestra en la gráfica 8.

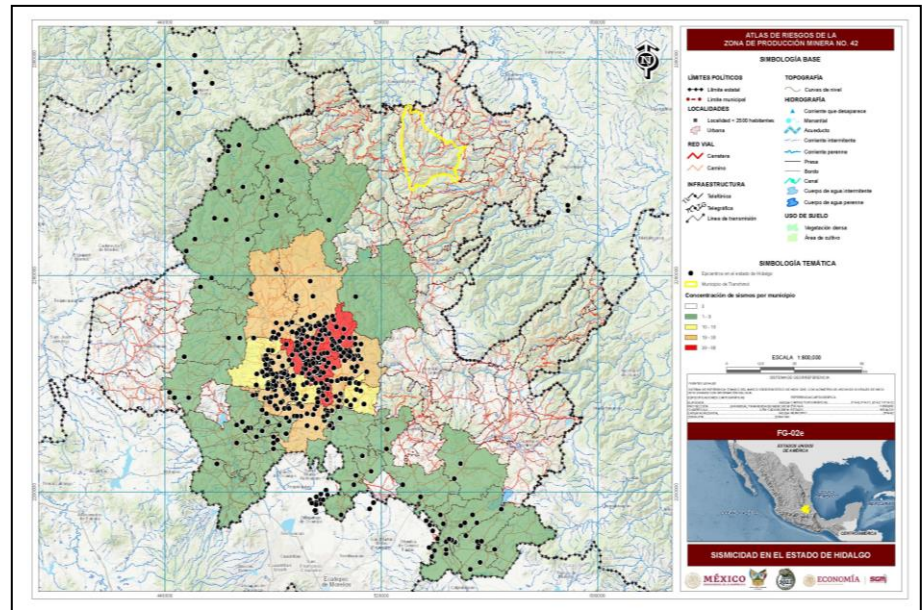


Figura 21. Epicentros en los municipios del estado de Hidalgo.
Fuente: Elaboración propia con datos del SSN, 1990-2001.

En el estado de Hidalgo la sismicidad es recurrente, pero no de grandes magnitudes como los sismos que se registran en la costa del Pacífico, eso no significa que sean de menor importancia, ya que en cualquier momento pudiera presentarse un evento de mayor magnitud, además de que algunos poblados, principalmente aquellos más cercanos al epicentro podrían llegar a tener afectaciones.

Las zonas que aparecen en tonalidades anaranjadas o rojizas, no necesariamente se refieren a un gran sismo, los datos históricos arrojan que el sismo de mayor magnitud con epicentro en alguno de los municipios del estado de Hidalgo registra apenas 4.3° en la escala de Richter, por lo que las zonas con tonalidades rojas reflejan como máximo, esa intensidad.

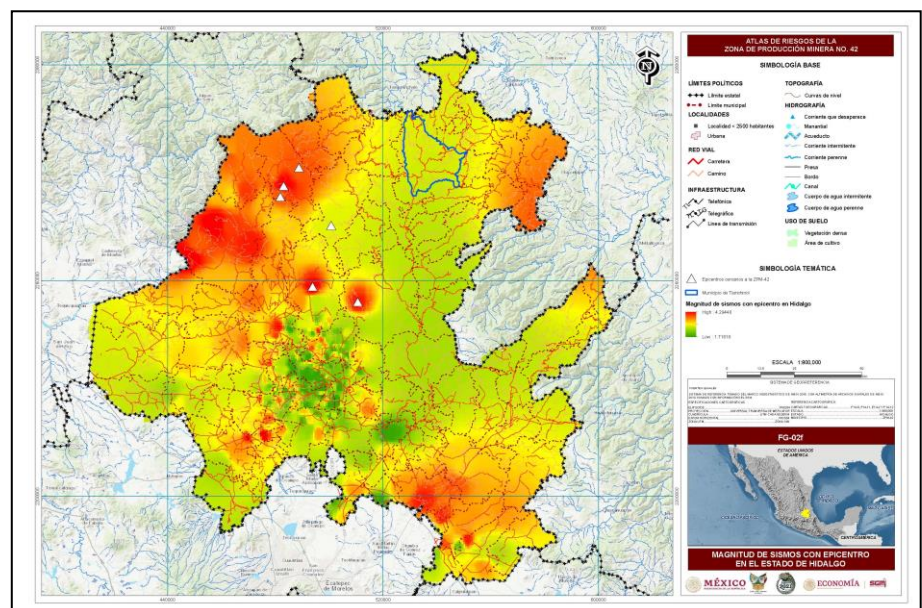
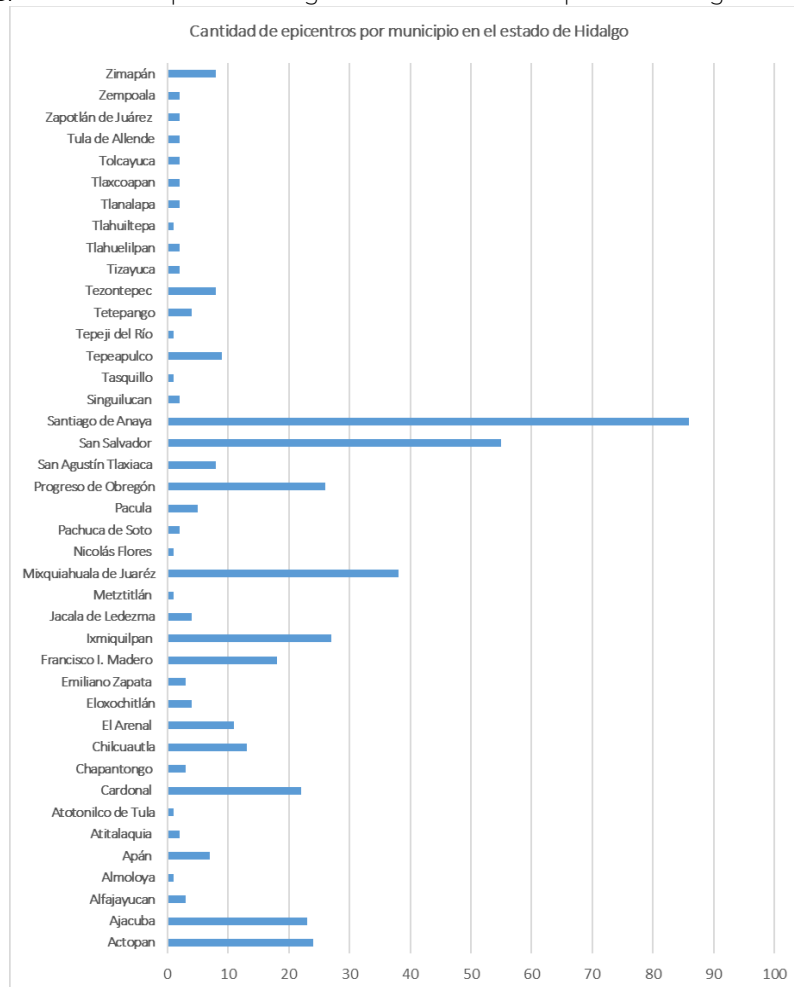


Figura 22. Magnitud y epicentros de sismos cercanos al municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia con datos del SSN, 1990-2021.

Gráfica 8. Número de epicentros registrados en los municipios de Hidalgo de 1990 a 2021.



Fuente: Elaboración propia con datos del SSN.

Sismicidad en el municipio de Tlanchinol

La regionalización sísmica, indica que el municipio de Tlanchinol se ubica dentro de la zona “B” donde los temblores grandes son poco frecuentes y las aceleraciones del terreno se esperan menores al 70% del valor de la gravedad (g). En el catálogo de sismos del SSN en el territorio del municipio de Tlanchinol no se han registrado sismos, los más cercanos se ubican hacia el SW, la distancia de los epicentros más cercanos varía de 32 a 44 km, sin embargo, han sido de magnitudes bajas.

Conclusiones

La región en la que se encuentra el municipio de Tlanchinol se caracteriza por una sismicidad baja y ausencia de registros de movimientos de alta magnitud, por lo que es de vital importancia conocer los mapas de peligro que se generan a partir de los datos de aceleración del terreno, ya que tienen por objetivo contar con una base actualizada que permita tomar medidas apropiadas y orientar decisiones para la evaluación y mitigación del riesgo por sismos.

8.3. Procesos de Remoción en Masa (PRM)

El fenómeno de Remoción en Masa o movimiento de ladera, engloba diferentes tipos de procesos como deslizamientos, flujos, caída de bloques, reptaciones, avalanchas y la combinación de las anteriores, estos últimos resultan de la combinación de uno o más procesos. Los tres tipos básicos de remoción en

masa son: caída de bloques, deslizamientos y flujos, se caracterizan porque los materiales que componen la masa fallada se mueven por una superficie de falla.

8.3.1. Deslizamientos

Localidad Cuatlimax. En la comunidad de Cuatlimax se inspeccionó el punto ZPM04 con coordenadas 14Q 535025 E y 2333026 N y elevación de 475 m s.n.m., en el año 2003 se realizaron obras de remodelación en la iglesia, realizaron excavaciones hasta una profundidad de 2 m, en la cual encontraron flujo de agua. En el año 2013 se comenzó a deformar el terreno, mismo que afectó alrededor de seis viviendas. En su momento las familias fueron reubicadas, en la actualidad la zona afectada se encuentra estable (Fotografía 1).

Localidad El Mirador. Cerca de la localidad el Mirador (Casetas), con punto de control ZPM050 con coordenadas 14Q 533383 E y 2318123 N y elevación de 1318 m s.n.m., cerca de Tochintla se produjo un fuerte deslizamiento, la cual afectó los dos carriles; este evento se debió por el exceso de humedad, provocada por las lluvias y la composición litológica de la roca (Fotografía 2).

Apantlazol. En el punto de control ZPM069 con coordenadas 14Q 542492 mE y 2320569 mN con elevación de 1419 m s.n.m., cerca de la localidad de Apantlazol, existe una amplia zona susceptible a deslizamientos traslacionales; los taludes están constituidos por material tobáceo, además de retener gran cantidad de humedad. La afectación principal es hacia el camino de concreto que comunica a las localidades de Tlanchinol-Apantlazol (Fotografía 3).



Fotografía 1. Afectación en viviendas en Cuatlimax.

Fotografía 2. Deslizamiento afectando la carretera federal 105

Fotografía 3. Zona susceptible a deslizamientos.

Tochintla-Totonicapa. Otro de los caminos con problemas de inestabilidad de laderas es el que se identificó con la clave ZPM080 con coordenadas 14Q 535118 mE y 2316041 mN con elevación de 1,203 m s.n.m., Las laderas están constituidas por lutita y limolita, con escaso contenido de caliza, el exceso de humedad y los cortes de talud de forma casi vertical, propician los deslizamientos. Afectación al camino que comunica a las localidades de Tochintla-Totonicapa (Fotografía 4).



Fotografía 4. Deslizamiento traslacional con arrastre de bloques

Tlahuelongo-Tecontla

En el tramo que comprende las localidades de Tlahuelongo-Tecontla se prospectó el punto de control ZPM092 con coordenadas 14 544537 mE y 2324383 mN con elevación de 607 m s.n.m., se identificaron zonas de deslizamientos traslacionales, las laderas están constituidas por arenisca y lutita, la eminente

afectación es al camino de terracería y a cuatro viviendas; adicional a esto, existen bloques sueltos que pudieran rodar pendiente abajo (Fotografía 5).

Cerca de la localidad de Tecontla se prospectó el sitio ZPM095 con coordenadas 14Q 544776 mE y 2324897 mN con elevación de 628 m s.n.m., en el área se observa un deslizamiento de grandes dimensiones, constituido por lutita y arenisca, este fenómeno ocurrió en el año 2014, motivo por el cual el Servicio Geológico Mexicano realizó un estudio y proyecto de viabilidad y costo beneficio para la reubicación de la población en zonas de riesgos de la localidad de Tecontla. En la actualidad la ladera se encuentra estable (Fotografía 6).

Acahuasco. Otro de los sitios prospectados es el ZPM103 con coordenadas 541861 mE y 2318043 mN y elevación de 677 m s.n.m., en la localidad de Acahuasco, en el barrio el Zacoalco, se identificaron pequeños asentamientos por deslizamiento del terreno, el lugar es muy accidentado con una pendiente que varía entre 25 y 30°, además de que en el sitio el nivel freático es somero, afectando a 12 viviendas (Fotografía 7).



Fotografía 5. Deslizamientos traslacionales afectando camino Tlahuetongo-Tecontla.



Fotografía 6. Deslizamiento de grandes dimensiones cerca de la localidad de Tecontla.



Fotografía 7. Afectación a 12 viviendas en la localidad de Acahuasco.

Ehuatitla. Con el punto prospectado ZPM105 con coordenadas 14Q 536335 mE y 2334204 mN con elevación 187 m s.n.m., en la localidad de Ehuatitla, se presenta un deslizamiento traslacional, la cual afecta parte de una vivienda y con el riesgo de que la corona (parte superior) aumente y pueda afectar en su totalidad a dicha vivienda (Fotografía 8).

De igual manera, otros sitios que presentan inestabilidad de laderas por deslizamientos, por mencionar algunas de ellos: Huitepec, Barrio Chicaco, San Salvador, Tlahuelongo, Temango, cabecera municipal de Tlanchinol, Apantlazol, Olotla, Chichatla, San Miguel y camino Temango-Santa Lucía (Figura 23).



Fotografía 8. Deslizamiento traslacional con afectación a una vivienda en la localidad de Ehuatitla.

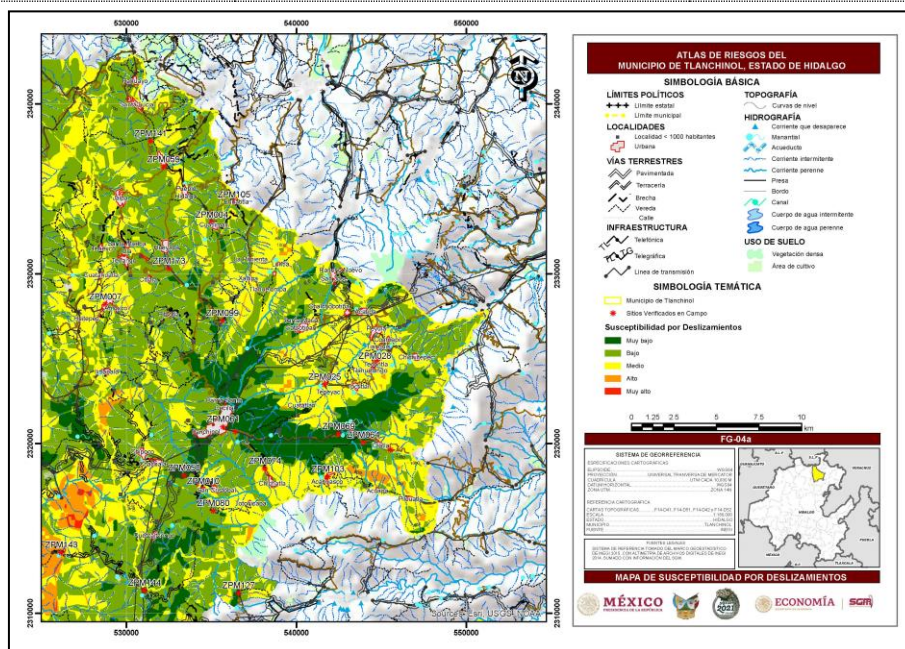


Figura 23. Mapa de susceptibilidad por deslizamientos del municipio de Tlanchinol.
Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2022.

8.3.2. Caída de bloques (Derrumbes)

Temango. Uno de los sitios que fue de gran interés geológico, es el prospectado con la clave ZPM001 con coordenadas 14Q 532180 mE y 2336546 mN con elevación de 580 m s.n.m., en la localidad de Temango, de acuerdo con información de Protección Civil municipal, en el sitio se realizaban obras para la instalación de la red de drenaje y pavimentación, situación que provocó la inestabilidad de la ladera, aunado a la gran cantidad de humedad que predomina en el lugar. Con base a la prospección de campo, se observa que el afloramiento consiste de marga y lutita, con estratos de 0.2 a 0.3 m y una inclinación en el rango que oscila entre 15 y 20°, las cuales se encuentran a favor del corte de donde realizaron las obras de drenaje. Entre las capas se encuentra material arcilloso de color verde, que al contacto con el agua obtiene una textura jabonosa, siendo esta, el plano de falla donde se movieron los bloques superiores, teniendo un desplazamiento promedio de 3 a 5 m, con brincos de falla de hasta 1 m. La afectación fue a tres viviendas. En su momento, realizaron obras de mitigación en donde anclaron varillas de grueso calibre y levantaron muros de contención de varilla y concreto (Fotografías 9 - 14).



Fotografía 9. Desplazamiento de bloques de hasta 1.5 metros afectando a viviendas.



Fotografía 10. Desplazamiento generando sistema de grietas de tensión y movimiento del suelo.



Fotografía 11. Desplazamiento genera un sistema de grietas de tensión, afectando el piso de viviendas.



Fotografía 12. Deslizamientos con grietas que tienen aberturas de más de 2 metros.



Fotografía 13. Desplazamiento con una abertura de más de 2 metros de longitud.



Fotografía 14. Dirección del desplazamiento, mostrando los estratos de las rocas terrígenas.

Conforme a los datos levantados en campo, el talud presenta cinco familias de discontinuidades, las cuales están representadas por las fracturas J1 ($84^\circ/279^\circ$); J2 ($87^\circ/151^\circ$); J3 ($78^\circ/201^\circ$); J4 ($83^\circ/97^\circ$), estratificación So ($19^\circ/66^\circ$) y talud T ($88^\circ/44^\circ$).

En la Figura 24 se muestra la esterofalcilla con clave ZPM001, que corresponde a los datos estructurales tomados de los bloques de roca, el cual se interpreta desplazamiento de los bloques paralelo al talud (noreste) y rotura tipo cuña en la intersección con las fracturas J1 con J2 y J3 y J4 con J2 y J3. En este caso, la litología influye en gran medida, aunque la inclinación de los estratos es menos a 20° , las arcillas que componen a la unidad litológica, sirve de lubricante para que se desplacen los estratos.

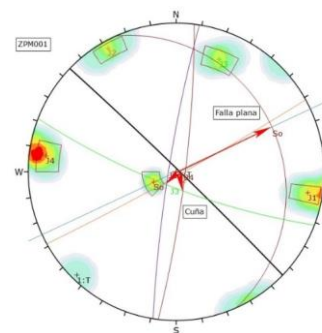


Figura 24. La esterofalcilla indica el desplazamiento de bloques y rotura en la intersección de las fracturas (flechas rojas).

Pueblo Nuevo. En el punto de prospección ZPM002 con coordenadas 533497 mE y 2334564 mN y con elevación de 400 m. s.n.m., se localiza la localidad de Pueblo Nuevo, se presenta algo muy parecido a lo acontecido en la comunidad de Temango. Las obras para la instalación de la red de drenaje provocaron la inestabilidad de la ladera, dañando a tres viviendas. La litología del sitio consiste de una secuencia de caliza y lutita con estratificación de 0.2 a 0.3 m de espesor y una inclinación de 25 a 30° . Por las condiciones antes descritas y a la gran cantidad de humedad que predomina en la región, este tipo de litología se vuelve susceptible a los procesos de remoción en masa (Fotografía 15).



Fotografía 15. Parte de la ladera presentó movimiento causado por las obras de drenaje, provocando desplazamiento entre los bloques.

Xochititla. El punto prospectado ZPM016 con coordenadas 14Q 544277 mE y 2317493 mN y elevación 436 m s.n.m., cerca de la localidad de Xochititla, en los taludes se observa material de pie de monte, que, con la acción del agua, los bloques comienzan a rodar. Afectación al camino de terracería que comunica a las localidades de Acahuasco-Acuapa (Fotografía 16).



Fotografía 16. Rodados de rocas de grandes dimensiones, zona de material suelo de pie de monte.

San José. Cerca de la localidad de San José, el punto prospectado ZPM048 con coordenadas 14 Q 542085 mE y 2330650 mN con elevación de 255 m s.n.m., se tiene una zona de taludes casi verticales, las cuales están constituidas de una secuencia de arenisca y lutita con estratificación de 0.05, 0.10 y 0.2 m de espesor, aunque la inclinación de los estratos no está a favor del corte de los taludes, el arreglo estructural (fracturas) provocan caídas de bloques que van de escasos centímetros, hasta de 0.6 m. La afectación es hacia la carretera que comunica a las comunidades de San José con El Puente (El Vado) (Fotografía 17). Con base a los datos estructurales levantados en campo, el talud presenta discontinuidades, representado por cuatro familias, cuyos datos son: J1 ($36^\circ/270^\circ$); J2 ($82^\circ/155^\circ$); J3 ($34^\circ/211^\circ$), So ($65^\circ/65^\circ$) y T ($70^\circ/148^\circ$).

En la Figura 25, se muestra la esterofalsilla del sitio ZPM048, en la cual se interpretan tres familias de fracturas y una de estratificación. El cruce de las fracturas J1 y J2, así como el de las fracturas J2 con la estratificación, forma rotura de bloques tipo cuña con caída en dirección del talud. La estratificación no representa algún problema, ya que es casi perpendicular al talud.



Fotografía 17. El talud presenta alto riesgo por caída de bloques, estos eventos se intensifican en temporada de lluvias.

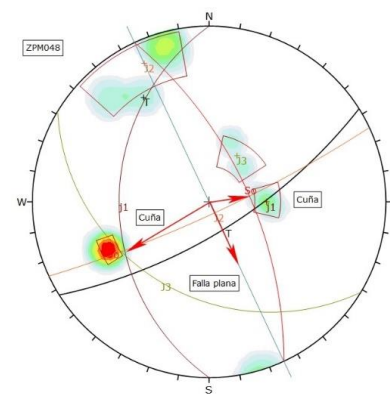


Figura 25. Bloques en cuña debido al cruce de las fracturas J1 con J2 y J3 con la estratificación (So).

Chichatla-Acahuasco. Con clave de prospección ZPM077 y con coordenadas 14Q 540795 mE y 2317543 mN y elevación de 823 m s.n.m., se presenta el camino que comunica a las localidades de Chichatla-Acahuasco. En el sitio se tienen desprendimientos de bloques que van del tamaño de la grava a bloque de 1 m de diámetro. La litología del sitio es de lutita y marga con estratos potentes; la inestabilidad del talud se debe a la erosión diferencial, cuya afectación es al camino de terracería (Figura 26).

Los datos estructurales tomados en la pared del talud, muestra cuatro familias de discontinuidades, cuyos valores son: J1 ($76^\circ/14^\circ$); J2 ($69^\circ/87^\circ$); J3 ($37^\circ/261^\circ$); So ($37^\circ/261^\circ$) y T ($82^\circ/228^\circ$). La fractura J3 genera bloques con desplazamientos a favor del talud y origina bloques en forma de cuña al intersectarse con las fracturas J1 y J2. Prueba de ello, son los caídos en el camino de terracería (Fotografía 18).



Fotografía 18. Desprendimiento y rodado de bloques, zona de pliegues y fracturas.

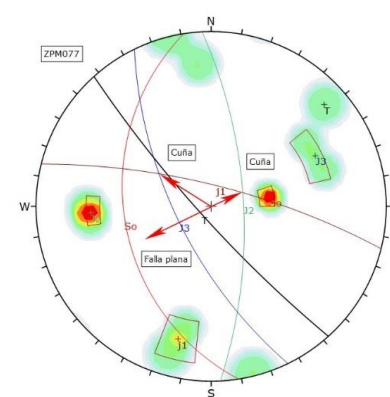


Figura 26. La fractura J3 genera bloques a favor del talud y movimientos en cuña.

Tierra Colorada. Con la clave ZPM083 y coordenadas 14Q 540764 mE y 2322177mN con elevación 1,111 m s.n.m., en la localidad Tierra Colorada, presenta taludes constituidos por una secuencia de arenisca-lutita con alto grado de fracturamiento, aunque la estratificación es subhorizontal, existe gran cantidad de humedad, lo que puede ser el detonante que el macizo rocoso se desprenda en bloques y llegue a afectar principalmente a la vía de comunicación (Fotografía 19).

El Salvador. Con punto de prospección ZPM090 con coordenadas 541280 mE y 2323730 mN con elevación 484 m s.n.m., sobre el camino pavimentado que conduce a la localidad el San Salvador, se tiene una secuencia estratificada de arenisca y lutita bastante fracturada, con desprendimiento de bloques de grandes dimensiones por gravedad, de igual manera se observan rodados de bloque de laderas constituidas por material de pie de monte que con la acción del agua pierden cohesión, y tienden a rodar pendiente abajo, provocando afectación al camino. Sobre el mismo camino se tiene una secuencia de arenisca y lutita con falla vertical por gravedad, detonado por la gran cantidad de humedad y las condiciones antropogénicas (Fotografía 20).



Fotografía 19. Corte del talud labrado en una secuencia de arenisca, lutita con monte, compuesto por bloques planos de falla paralelo al corte del subredondeados en una matriz arcillo-talud, lo que lo hace susceptible a caída arenosa de bloques.



Coamapil. A escasos metros antes de llegar a la localidad de Coamapil con punto de prospección ZPM094 con coordenada 14 Q 545819 mE y 2325698 mN con elevación de 593 m s.n.m., se encuentra una zona de taludes casi verticales, las cuales consisten en una secuencia de lutita y arenisca con estratos que varían de 0.2 a 0.3 m de espesor; debido a la distribución geométrica de las discontinuidades, se llegan a formar bloques de forma tabular. El sitio presenta una actividad antropogénica, cuyo material explotado es utilizado para la construcción; en caso de no contar con un buen control de explotación, el talud puede presentar problemas por inestabilidad (Fotografía 21).

Los datos de campo levantados sobre el talud, indican tres sistemas de discontinuidades, representados por J1 (62°/59°); J2 (86°/335°); So (25°/247°) y T (80°/243°). En el sitio con clave ZPM094 se presentan dos mecanismos de movimiento; el de tipo volteo la origina la estratificación y el de tipo cuña se origina en la intersección de la estratificación con el fracturamiento J2 (Figura 27).



Fotografía 21. El arreglo de los planos de las discontinuidades forman bloques tabulares que facilita la explotación del material pétreo.

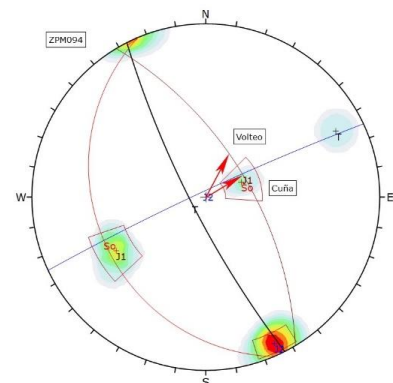


Figura 27. Se Mecanismo de volteo por la posición de la estratificación (So) con respecto al talud y tipo de cuña So y J1.

Comala. En el punto de prospección ZPM072 con coordenadas 14Q 534096 mE y 2317751 mN con elevación de 1,393 m s.n.m., cerca de la comunidad de comala, se presenta una zona con cortes de talud vertical, en donde presenta fracturamiento en roca volcánica de composición basalto-andesita, la unidad presenta grietas amplias mayor a los 0.10 m, lo que provoca el flujo de agua a través de las aberturas. No se han registrado afectación al camino que comunica de la desviación carretera (105) a la comunidad de Comala; sin embargo, existe la susceptibilidad de que los bloques puedan afectar a la vialidad (Fotografía 22).

En función a los datos estructurales levantados en campo, el talud presenta tres familias de discontinuidades, representados por J1 (77°/147°); J2 (86°/45°); J3(45°/326°) y T (80°/84°). En la Figura 28, se muestra la esterofalsilla con clave ZPM072, en la cual se interpreta la caída de bloques por cuña, en la intersección de las fracturas J1 con J2 y J2 con J3.



Fotografía 22. Zona de caída de bloques de forma columnar formados por tres planos de discontinuidad, con afectación al camino de terracería.

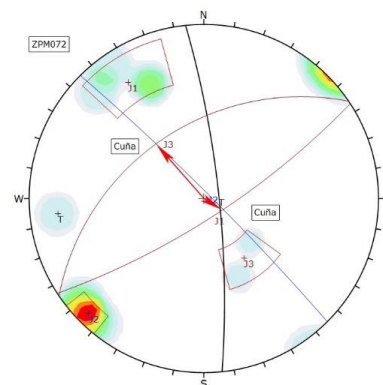


Figura 28. Se interpreta caída de bloques por cuña, entre la intersección de las fracturas J1 con J2 y J2 con J3.

Chichatla-Acahuasco. En el punto de prospección ZPM075 con coordenadas 14Q 538931 mE y 2317794 mN con elevación de 1,017 m s.n.m., entre las localidades de Chichatla y Acahuasco, se presenta una zona de inestabilidad de taludes, en donde la litología consiste de una secuencia de caliza y lutita, con espesores de 0.3 a 0.4 m para la caliza y de 0.15 a 0.2 m para la lutita. El arreglo geométrico que presentan las discontinuidades en el macizo rocoso, se forman bloques de forma tabular, facilitando a los taludes sean explotados para uso de la construcción; poniendo en riesgo la estabilidad del talud (Fotografía 23).

Jalpa. Cerca de la localidad de Jalpa en el sitio con clave ZPM106 y coordenadas 14Q 529689 mE y 2333640 mN tiene una elevación de 173 m s.n.m., se presenta una zona de taludes inestables, Este talud presenta material de pie de monte con fragmentos de roca que oscilan de tamaño de grava a bloques. Estos bloques se encuentran unidos por una matriz areno arcillosa, generando susceptibilidad al rodamiento y flujo al contacto con el agua a gran escala. Sitio de afectación al camino que une a las localidades de Jalpa-Santa Martha Ula (Fotografía 24).



Fotografía 23. Taludes inestables por la presencia de plegamiento y material de pie de monte, en una matriz fracturamiento que genera caída de arcillo-arenosa con acción del agua, se desprenden bloque de roca.

Santa Martha Ula. Sitio ZPM108 en coordenadas 530250 mE y 2331934 mN y elevación de 489 m s.n.m.

Los pobladores informaron que a fines del año de 2019 se presentaron caída de bloques que no afectaron a la localidad. Al nororiente de la localidad de Santa Martha Ula, existe un talud constituido por una secuencia de caliza, lutita y limolita; el macizo rocoso presenta gran fracturamiento de forma vertical como horizontal, originando el desprendimiento de bloques. Por sus condiciones geométricas, grado de pendiente del talud y la gran cantidad de vegetación que predomina en el sitio, los bloques llegan a rodar a poca distancia. Por el momento solo es afectación a la vegetación del lugar (Fotografía 25).



Fotografía 25. Caída de bloques en roca caliza, pendiente abajo localidad de Santa Martha Ula.

Garrapata. En el sitio prospectado con clave ZPM109 con coordenadas 14Q 534919 mE y 2323426 mN con elevación de 1,466 m s.n.m., entre Tlanchinol con la localidad Garrapata, se tienen taludes inestables ocasionadas por la erosión diferencial con factor detonante del agua. Los caídos y rodados son de diferentes tamaños, desde la grava a cantos rodados, afectando la carretera (Fotografía 26).

San Miguel. En el sitio prospectado con clave ZPM088 con coordenadas 14Q 534124 mE y 2327225 mN con elevación de 1,140 m s.n.m., en el sitio se tienen varios bloques de roca de grandes dimensiones; en la cual es eminente el rodamiento pendiente abajo. Hacia la parte baja de la ladera se tiene la localidad de San Miguel, mismos que han manifestado la preocupación de los bloques de las rocas que se encuentran sobre la carretera. Por lo que se recomienda desintegrarlos con un martillo neumático con el fin de evitar su rodamiento y con ello una posible afectación grave (Fotografía 27).

Tlanchinol-Hueyapan. Sobre el camino Tlanchinol-Hueyapan, sitio prospectado ZPM121 con coordenadas 14Q 534244 mE y 2329165 mN con elevación de 1,039 m s.n.m., el talud presenta intenso fracturamiento en diferentes direcciones, lo que genera constantemente desprendimientos, rodamiento y caída de bloques, la cual afecta a la vialidad; estos eventos se intensifican en temporada de lluvias (Fotografía 28).



Fotografía 26. Caída de bloques por efecto de erosión diferencial entre la toba y andesita-basalto.



Fotografía 27. Grande fragmento de roca susceptible a rodamiento pendiente abajo se ubica la localidad de San Miguel.



Fotografía 28. Fracturamiento en el talud genera rompimiento en la roca provocando desprendimientos y rodados de material pétreo.

Tlanchinol-Hueyapan. Sobre el camino Tlanchinol-Hueyapan, se tiene el punto de prospección ZPM120 con coordenadas 14Q 534677 mE y 2323692 mN con elevación 1,451 m s.n.m., se observan varios taludes inestables, en donde su composición litológica consiste hacia la base de material tobáceo y hacia la cima basalto-andesita, debido a la erosión diferencial y acción del agua, se producen desprendimientos

y caídas de bloques de diferentes dimensiones, estos llegan a tener dimensiones mayores a los cinco metros de largo, la afectación es al camino pavimentado (Fotografía 29).

El talud presenta cuatro familias de fracturas representadas con la nomenclatura J1 de dirección (75°/218°); J2(80°/81°); J3(69°/146°); J4(83°/253°) y dirección del talud T (85°/240°). En la Figura 29, se identifican movimiento de bloques por mecanismo tipo cuña, esto se debe a la intersección de las fracturas J1 con J4, J3 y J2.



Fotografía 29. Desprendimiento de bloques columnares por erosión diferencial de la toba y la andesita.

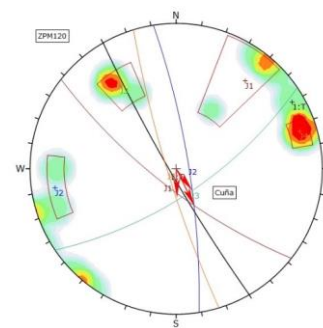


Figura 29. La intersección de las fracturas J1 con J4, J3 y J2. Genera movimiento en por cuña.

Camino a San Miguel. Sitio prospectado con clave ZPM122, a la altura a la desviación de la localidad de San Miguel ubicado en las coordenadas 14Q 534128 mE y 2327282 mN, es una zona de taludes en donde se presentan desprendimiento, rodamiento y caída de grandes bloques, litológicamente en su base de toba andesítica y hacia la cima de basalto-andesita; debido a la erosión diferencial y acción del agua, se producen los bloques columnares, con afectación a la vialidad (Fotografía 30).

El talud presenta cuatro familias de discontinuidades, las cuales están representadas por J1 (82°/59°); J2(84°/83°); J3(31°/262°); J4(88°/147°) y T (80°/112°). En la Figura 30, se interpreta un mecanismo por volteo, originado por el fracturamiento J3, así como movimientos en cuña originados por la intersección de las fracturas J1, J2 y J3.



Fotografía 30. Desprendimiento de bloques columnares por erosión diferencial de la toba y la andesita-basalto.

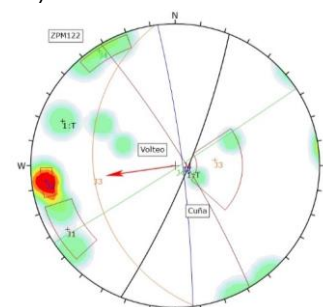


Figura 30. La intersección de las fracturas J1, J2 y J3. Genera un mecanismo de movimiento por volteo (J3) y por cuña.

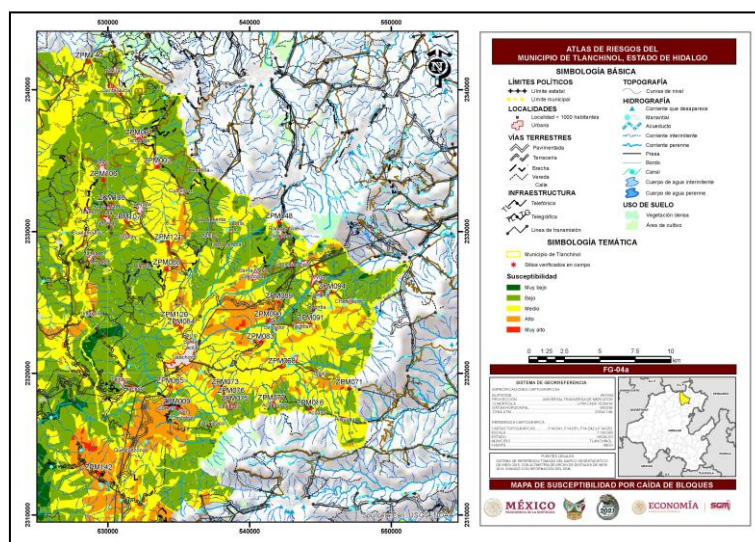


Figura 31. Mapa de susceptibilidad por caída de bloques del municipio de Tlanchinol.

8.3.3. Flujos (lodo, tierra, lahar y creep)

Xochititla-Acuapa. Sobre el camino de terracería en el punto de prospección ZPM078 con coordenadas 14Q 544372 mE y 2317660 mN con elevación 530 m s.n.m., se presentan laderas con flujo de material arrastre, estos varían desde el tamaño de la arena hasta bloques de 0.3 m de diámetro. En la ladera aflora una secuencia de lutita-arenisca con un alto contenido de humedad. La afectación es al camino de terracería que comunica a las localidades antes mencionadas (Fotografía 31).



Fotografía 31. Ladera presenta flujo de arrastre con rocas de tamaño de gravilla a bloques de 0.3 m de diámetro.

San Cristobal-Tochitla. En el camino de terracería, sitio prospectado con clave ZPM079 y coordenadas 14Q 534166 mE y 2316739 mN y elevación 1,199 m s.n.m., se observan laderas y taludes inestables; en el sitio se tienen flujos que van desde la gravilla has bloques con diámetros de hasta 0.3 m, zona de constante humedad. Afectación al camino de terracería (Fotografía 32).



Fotografía 32. Arrastre de material pétreo, el cual se incrementa en temporada de lluvias.

Chicaco-Tochintla. En el camino de terracería que comunica a estas dos localidades en el punto de prospección ZPM081 con coordenadas 14Q 534112 mE y 2317124 mN, hay laderas con flujos de material de arrastre. La litología compuesta por una secuencia de lutita, limolita y en ocasiones de conglomerado polimíctico. Por acción del viento y del agua, la intensidad del graneó de los flujos es intenso, provocando afectación al camino de terracería antes mencionada (Fotografía 33).

Chalchocotipa-Santa María Catzotipa. Con el sitio prospectado ZPM097 con coordenadas 14Q 541164 mE y 2327034 mN y elevación 485 m s.n.m., sobre la carretera que comunica a las localidades de Chalchocotipa – Santa María Catzotipa, se observan taludes inestables constituidos por una secuencia de arenisca y lutita con intenso fracturamiento, afectando a la vía de comunicación (Fotografía 34).

Xaltipa-Tlahuelompa. Sobre el camino pavimentado que comunica a las localidades de Xaltipa con Tlahuelompa con punto de prospección ZPM100 con coordenadas 14Q 538010 mE y 2328913 mN con elevación 423 m s.n.m., se tienen laderas y taludes inestables, en el sitio se presenta abundante actividad de graneó y flujo de material pétreo, provocado por la acción del viento y del agua en temporada de lluvias. La litología del lugar consiste en una secuencia de lutita-caliza con alto grado de fracturamiento. La afectación principal es hacia la vialidad antes comentada (Fotografía 35).



Fotografía 33. La acción del viento y de la lluvia, se originan flujos de arrastre de material pétreo.



Fotografía 34. Flujos de arrastre en material de lutita-arenisca con afectación a la carretera.



Fotografía 35. Flujos de arrastre en una secuencia de lutita-caliza, la erosión es principalmente en la lutita.

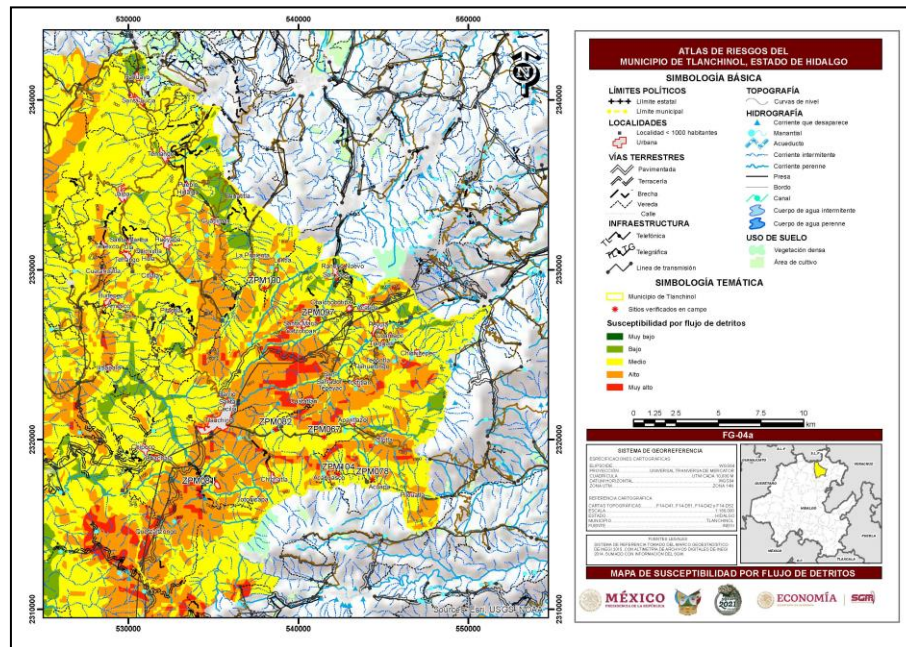


Figura 32. Mapa de susceptibilidad por flujos de detritos en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Servicio Geológico Mexicano, 2022.

8.3.4. Hundimientos – subsidencia - Agrietamientos

Se realizó una superposición ponderada de las capas geología, corriente de agua y lineamientos estructurales en el software ArcGis para identificar las zonas que son susceptibles a presentar hundimiento por karsticidad. Se realizaron varios recorridos en los sitios que Protección Civil identifica que presentan problemas de hundimientos, su distribución geográfica se puede observar en la figura 33 y la descripción de cada sitio se describe a continuación.

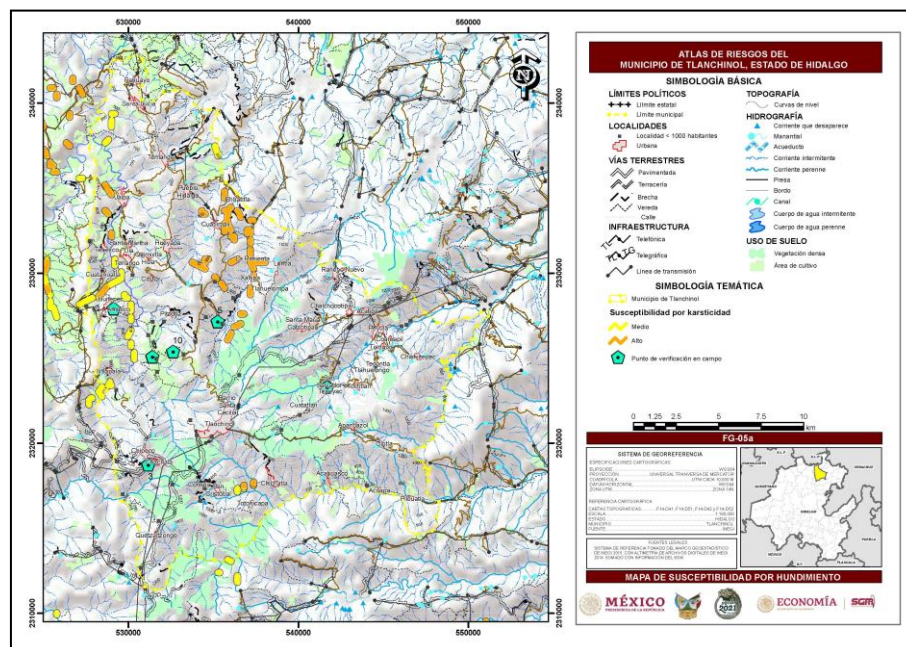


Figura 33. Susceptibilidad de hundimientos por karsticidad.
Fuente: Elaboración propia SGM, 2022.

Huitepec. Esta localidad sitio con clave de punto 1, ha presentado agrietamientos de varios kilómetros de longitud desde hace más de 40 años afectando a viviendas y escuelas, aunado a esto se han formado dolinas de hundimiento de aproximadamente un metro de diámetro y poca profundidad a lo largo de una ladera por donde escurre el agua pluvial, estas dolinas han sido utilizadas como sitios para disposición de basura (Fotografía 36).



Fotografía 36. Dolina de hundimiento con basura en su interior, ubicado en la localidad de Huitepec.

Xitlama. Sitio con clave de punto 4. Se observan dolinas de hundimiento sobre una ladera, la primer de seis metros de profundidad y la segunda de tres a cuatro metros de profundidad. El material que aflora son sedimentos sueltos y rocas calizas aflorando cerca del sitio observado (Fotografía 37).



Fotografía 37. Dolina de hundimiento en la localidad de Xitlama.

San Miguel (Punto 5). Se observan pequeñas dolinas de subsidencia en las laderas que los pobladores utilizan como zona de pastoreo. Sus dimensiones son de dos metros de diámetro (Fotografía 38).

La Garrapata (Punto 10). En esta localidad se encuentran respiraderos en distintos puntos de la ladera donde se ha observado que sale vapor. Exploradores del lugar, se adentraron en uno de estos respiraderos descendiendo 15 m encontrando una bóveda de 35 m de largo, a esta caverna se le denominó “El Tlaco” (Fotografía 39).



Fotografía 38. Dolina de subsidencia en la localidad de San Miguel.



Fotografía 39. Respiradero (entrada) a la caverna ubicada en la localidad de La Garrapata.

San Salvador y Chachala. En los puntos 2 y 3 se observaron hundimientos locales que no se relacionan con procesos de disolución kárstica, sino a procesos de erosión pluvial y fluvial, por lo que no se describen detalladamente en este apartado (Fotografías 40 y 41).



Fotografía 40. Socavón rellenado, posible deslizamiento antiguo en la localidad de San Salvador.



Fotografía 41. Evidencia de hundimiento en el patio de una casa de la localidad de Chachala.

Conclusiones. El municipio de Tlanchinol presenta dolinas de hundimiento y subsidencia, así como cavernas que se generan por la percolación del agua ya sea pluvial o fluvial provocando karsticidad.

8.4. Erosión

Se muestra el mapa de pérdida de suelo, en el cual se determina en toneladas de suelo por hectárea al año, como se puede observar a pesar de la presencia intensa de precipitación y las fuertes pendientes en el municipio el nivel de pérdida de suelo en gran medida es baja, esto es derivado a la gran cobertura vegetal que existe en la zona.

Con el mapa desarrollado se verificaron en campo las áreas que presentaron un grado de pérdida mayor de suelo, en la tabla 3 se muestra las características de los puntos prospectados en campo.

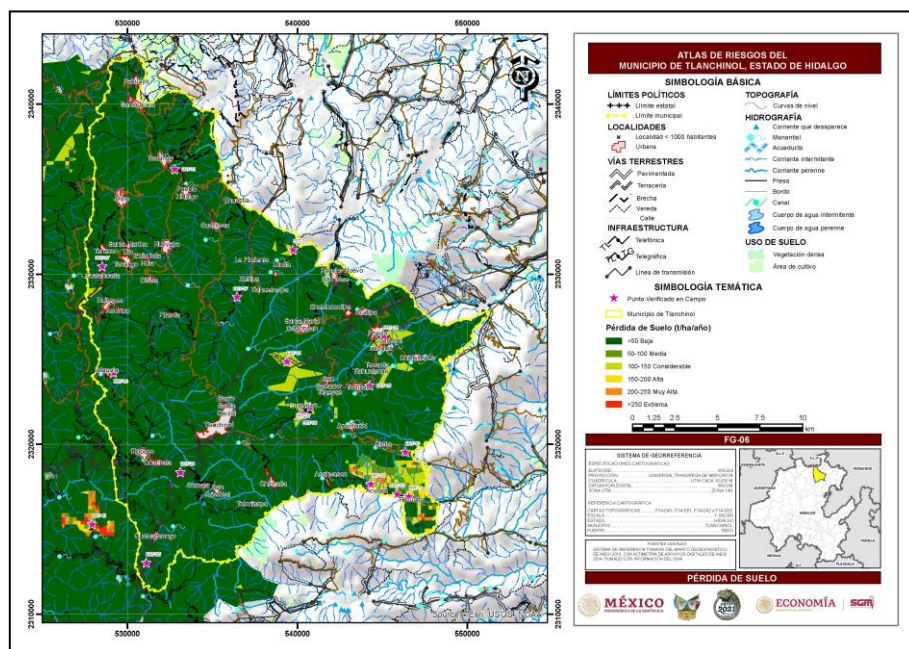


Figura 34. Pérdida de suelo en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM.

Tabla 3. Listado de los sitios de erosión prospectados en el municipio de Tlanchinol.

Puntos verificados en Campo en el Municipio de Tlanchinol.										
Punto	x	y	z	Localidad	Erosión	Clave	Vegetación	Área km²	Litología	Edafología
ERT-01	539375	2324850	1267	La Quebrada	Moderada	Eh2	Agricultura de Temporal Permanente	1-10	Basalto-Andesita	Litosol
ERT-03	545077	2326365	539	Peyula y Coamapil	Moderada	Eh2	Agricultura de Temporal Anual	1-10	Arenisca Lutita	Feozem
ERT-05	544262	2323444	834	Toctitlán	Moderada	Eh2	Agricultura de Temporal Permanente	1-10	Arenisca Lutita	Litosol
ERT-07	540764	2322183	1113	Tierra Colorada	Moderada	Eh2	Agricultura de Temporal Permanente	1-10	Basalto-Andesita	Litosol
ERT-08	540307	2321758	1386	Cerro Alto	Moderada	Eh2	Agricultura de Temporal Permanente	1-10	Arenisca Lutita	Litosol
ERT-10	546366	2319540	1023	Olotla	Moderada	Eh2	Agricultura de Temporal Permanente	< 1	Arenisca Lutita	Litosol
ERT-11	546557	2316917	433	Pilcuatla	Moderada-Alta	Eh2-Eh3	Agricultura de Temporal Anual	1-10	Lutita Caliza	Regosol
ERT-12	545867	2317061	449	Acuapa y Pilcuatla	Moderada-Alta	Eh2-Eh3	Agricultura de Temporal Permanente	1-10	Lutita Caliza	Regosol
ERT-13	544324	2317662	516	Acuapa y Xochititla	Moderada-Alta	Eh2-Eh3	Agricultura de Temporal Anual	1-10	Lutita Caliza	Regosol
ERT-17	536452	2328657	503	Tenexatl	Baja	Eh1	Agricultura de Temporal Anual	21-30	Caliza Lutita	Litosol
ERT-18	539746	2331440	791	Lontla	Moderada	Eh2	Agricultura de Temporal Anual	< 1	Arenisca Lutita	Litosol
ERT-21	532772	2336185	641	Temango	Baja	Eh1	Agricultura de Temporal Permanente	21-30	Lutita Caliza	Rendzina
ERT-25	531117	2313025	1518	Las Puentes	Baja	Eh1	Pastizal Cultivado	21-30	Basalto-Andesita	Regosol y Feozem
ERT-27	528514	2330459	528	Cuatahuatla	Baja	Eh1	Agricultura de Temporal Anual	11-20	Caliza Lutita	Litosol
ERT-29	533118	2318343	1542	Chachala y San Cristóbal	Baja	Eh1	Bosque Mesófilo de Montaña	>31	Basalto-Andesita	Litosol
ERT-30	529186	2324200	822	Ixtlapala	Baja	Eh1	Pastizal Cultivado	>31	Caliza Lutita Limolita	Litosol



Fotografía 42. Baja sustentabilidad del suelo por los cultivos temporales o permanentes entre las localidades de Acuapa y Xochititla, Tlanchinol.



Fotografía 43. Baja sustentabilidad del suelo por los cultivos temporales o permanentes entre la localidad de Olotla en el municipio de Tlanchinol.



Fotografía 44. Tala presente en la localidad de Pilcuautla en el municipio de Tlanchinol.



Fotografía 45. Erosión de material causado por los flujos de origen pluvial en la localidad de Tierra Colorada, municipio de Tlanchinol..

Conclusiones. El municipio de Tlanchinol presenta una erosión de suelo baja, con algunas áreas con un grado medio, estas zonas están representadas por pastizales vegetación baja, zonas de cultivo (fotografías 42 y 43) y zonas de tala (Fotografía 44) en donde se pierde la sustentabilidad del suelo y que, por la acción pluvial, aunado a las pendientes de las laderas el arrastre de material se facilita (Fotografía 45).

9. FENÓMENOS NATURALES DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO

9.1. Ondas cálidas y gélidas

Este fenómeno se refiere a los cambios de temperatura que se operan en el ambiente entre dos extremos, temperaturas muy altas (ondas cálidas) y temperaturas muy bajas (ondas gélidas), que se producen por los cambios en el transcurso de las estaciones del año. Se refieren a las temperaturas mínimas y máximas extremas del aire alcanzadas en un lugar en un día, mes o en un año.

9.2. Temperaturas máximas y mínimas extremas

Las temperaturas máximas se encuentran entre 36 y 50°C de acuerdo al análisis de datos de 14 estaciones meteorológicas en el periodo de 1981 a 2015. Se realizó la interpolación de los datos obtenidos y se generó el mapa de la figura 35, se observa que las temperaturas máximas extremas en el municipio de Tlanchinol se encuentran en un rango de 42°C a 48.5°C, siendo la porción norte la que registra los valores más altos.

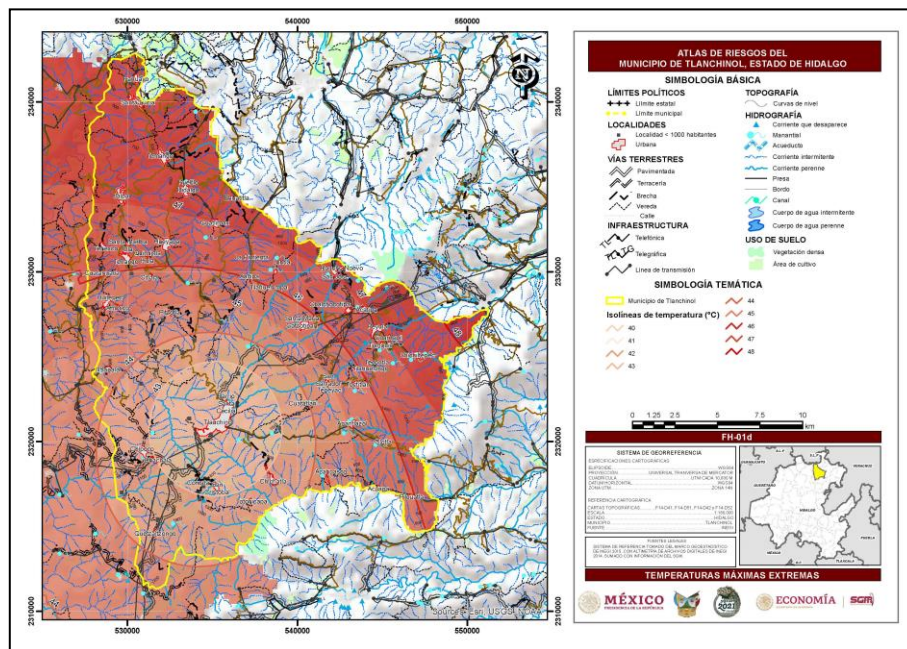


Figura 35. Temperaturas máximas extremas en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos del SMN y CONAGUA 1981-2015.

Para el caso de temperaturas mínimas, los resultados de la interpolación de los valores arrojan que las temperaturas mínimas extremas en el municipio de Tlanchinol oscilan entre -1.3°C y -7.9°C, la parte centro-sur del municipio es la que registra los valores más bajos (Figura 36).

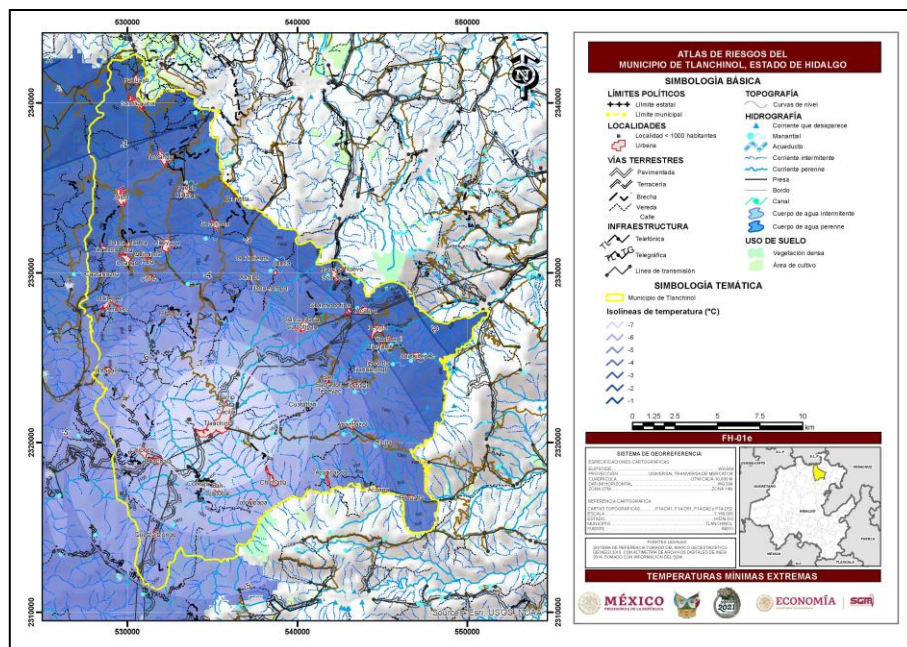


Figura 36. Temperaturas mínimas extremas en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos del SMN y CONAGUA 1981-2015.

Gradiente térmico vertical

Para el cálculo del gradiente térmico altitudinal se siguió considerando a las 14 estaciones del análisis anterior, cercanas al municipio y con la suficiente cantidad de datos. El objetivo es determinar la correlación entre la altitud en cualquier parte de la zona y la temperatura presente.

La temperatura que resulta para el municipio de Tlanchinol se muestra en la Figura 37. El municipio presenta valores del gradiente térmico entre 16° y 24.3°C.

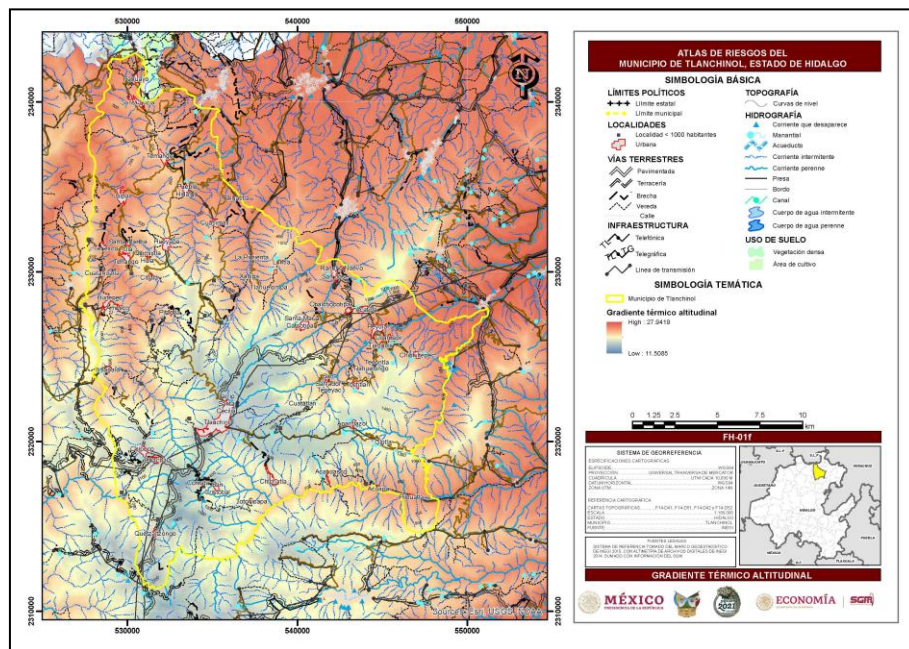


Figura 37. Gradiente térmico altitudinal en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos del SMN y CONAGUA 1981-2015.

Conclusiones. Las temperaturas menores dentro del municipio se localizan en su porción sur, que es en donde se concentran los elementos geográficos con mayor elevación, alcanzando una altitud de 1,800 m s.n.m., donde la temperatura es inferior a los 16° C.

Las temperaturas mayores se encuentran principalmente al norte, llegando hasta los 24.3°C.

Los datos son consistentes mediante la aplicación de esta metodología; las temperaturas menores corresponden con zonas de mayor altitud y zonas de menor altitud con temperaturas mayores.

9.3. Sequía e incendios forestales

La canícula o sequía relativa o intraestival, consiste en la disminución de precipitación durante la temporada de lluvias. Para determinar la sequía intraestival, se utilizó información de 6 estaciones climatológicas para el análisis de índice de severidad de sequía; con los datos se obtuvo valores en porcentaje que van de 4.48% a 8.20%, lo que significa que esta se presenta con una intensidad débil o baja, es decir, entre el 0.1% y 10%. La figura 38 se muestra la intensidad de la sequía intraestival está entre 5.8% y 8.1%.

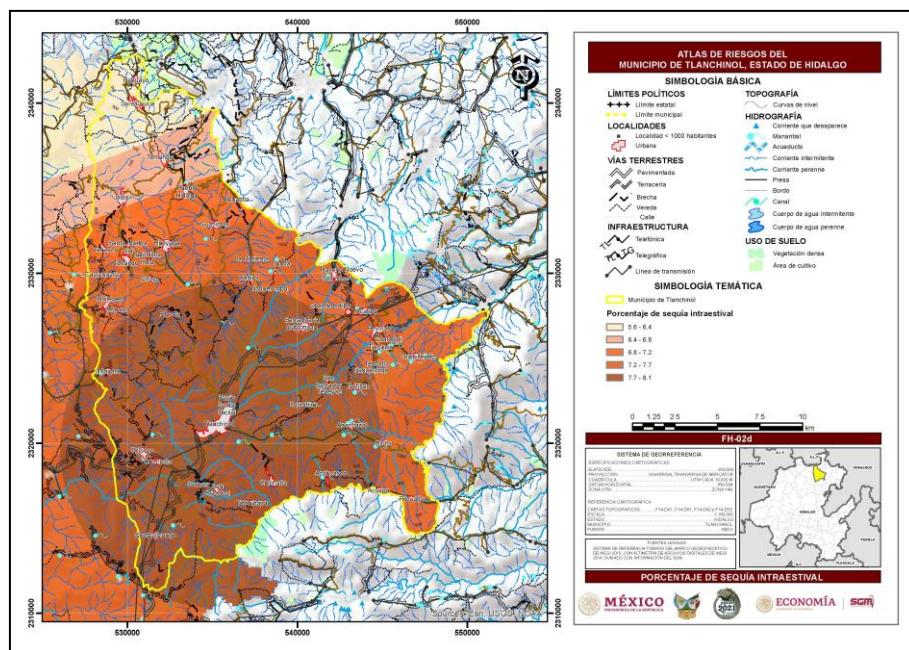


Figura 38. Porcentaje de intensidad de la sequía intraestival.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos del SMN y CONAGUA 1969-2014.

La sequía como desencadenante de incendios forestales

Como daño secundario por las sequías se consideran a los incendios forestales. El incendio forestal se produce cuando el fuego (calor) afecta a los combustibles vegetales naturales situados en el monte, cuya quema no estaba prevista. La falta de humedad en las plantas aumenta la materia orgánica potencialmente combustible y con la sola presencia de una pequeña llama de fuego (natural o intencional) hace que se forme un incendio forestal.

El mapa de régimen de humedad del suelo clasifica a la totalidad del municipio como údico, con valores entre 270 y 365 días de humedad anualmente (Figura 39).

La ocurrencia de incendios forestales, en el municipio de Tlanchinol, muestra en su porción norte y centro, un riesgo de bajo a medio con pequeñas ventanas con nivel muy bajo; una pequeña porción al sur presenta un rango alto, coincidiendo con las zonas que han registrado incendios forestales por causas de actividades humanas (Figura 40).

Conclusiones. La alta cantidad de lluvia y humedad así como la baja intensidad de la sequía intraestival son factores que dificultan la iniciación del fuego y su propagación, por lo que los incendios forestales por causas naturales no son tan comunes, sin embargo, actividades como la quema de basura y pastizales, son un factor que puede desencadenar un incendio si no son llevadas de manera adecuada y controlada, principalmente en las porciones donde los regímenes de humedad son bajos.

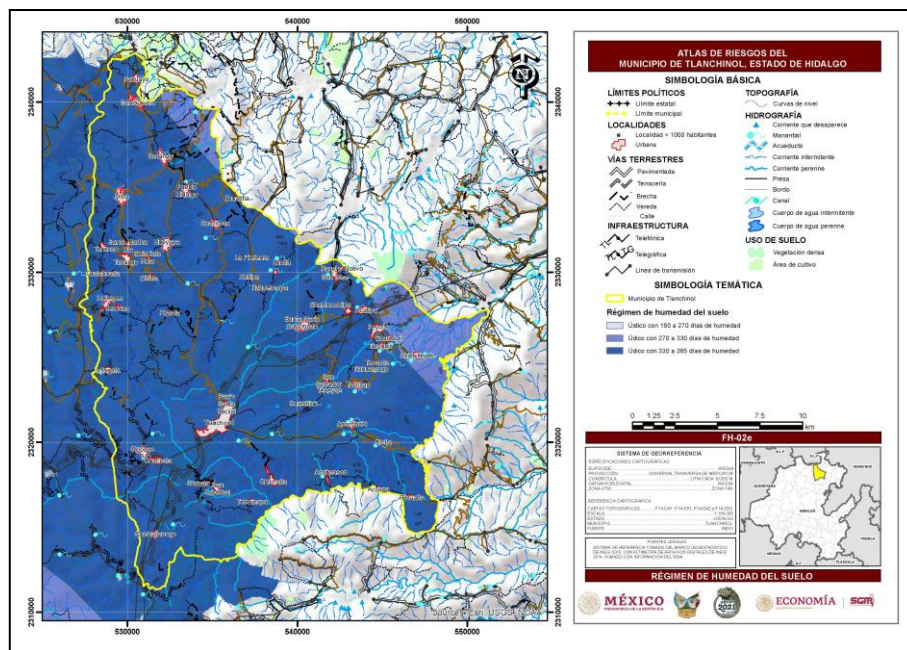


Figura 39. Régimen de humedad del suelo en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con información de CONABIO, 2002.

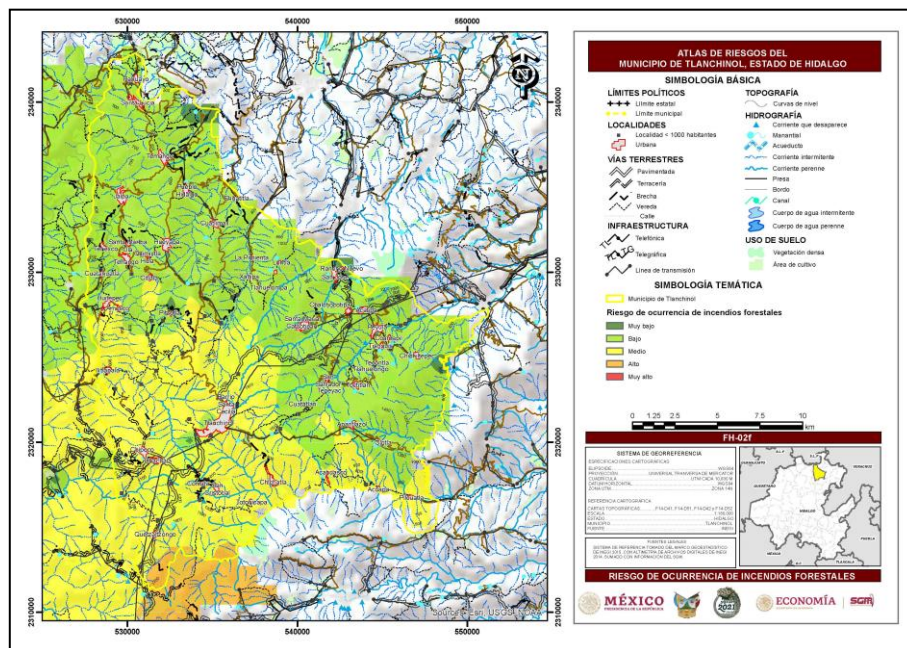


Figura 40. Riesgo de ocurrencia de incendios forestales, Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con información de CONAFOR, 2020.

9.4. Heladas

Para valorar el índice de peligro por bajas temperaturas, se procedió a estimar el índice de peligro por bajas temperaturas, con base en la siguiente fórmula:

$$IPBT = I_{tmext}(0.5) + I_{hel}(0.5)$$

Dónde:

IPBT es el índice de peligro por bajas temperaturas

I_{hel} es el índice de días con heladas

I_{tmext} corresponde al índice de temperaturas mínimas extremas

Se cuantificó el número de temperaturas mínimas registradas por mes de 11 estaciones meteorológicas a lo largo de un periodo de 45 años, dicha temperatura deberá ser igual o menor a los 3° centígrados. Una vez obtenida esta información se realizó la sumatoria de las heladas registradas y se dividieron entre el total de los años del periodo analizado, para determinar el promedio de heladas de cada estación (Figura 41).

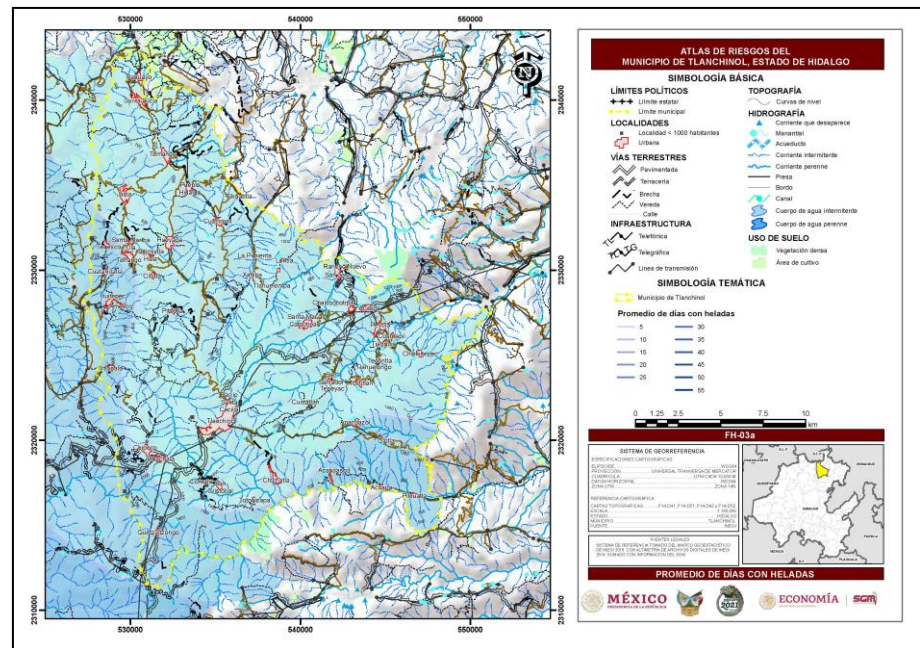


Figura 41. Promedio del número de días con heladas.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CONAGUA y SMN 1970-2015.

Para el caso de las temperaturas mínimas extremas, se partió de la información analizada y obteniendo el dato de la temperatura mínima máxima registrada en los datos históricos de cada una de las estaciones. Determinando que Tlanchinol registra una temperatura mínima extrema de entre -1 y -4 °C (Figura 42).

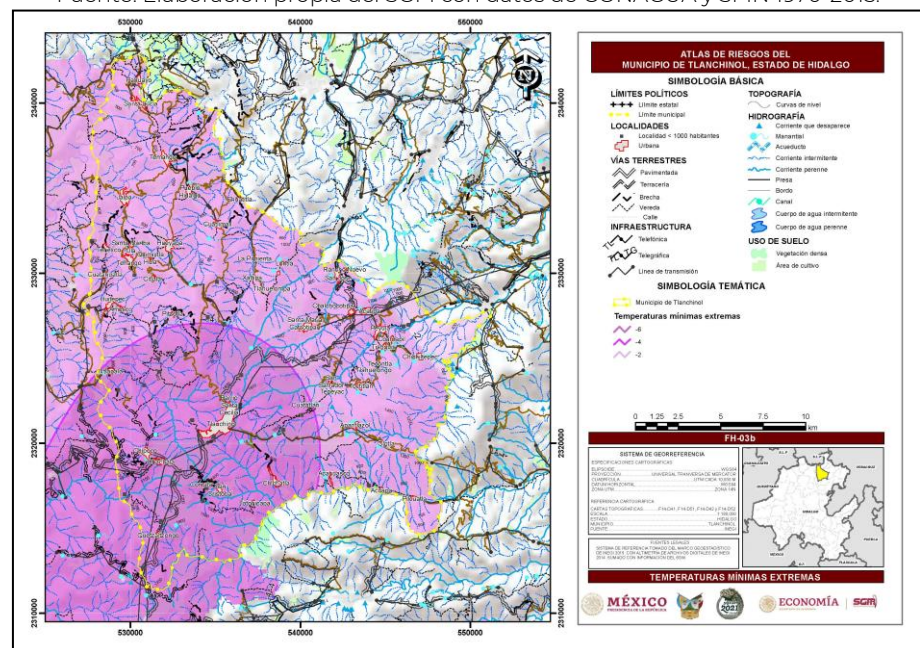


Figura 42. Temperatura mínima extrema.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CONAGUA y SMN 1970-2015.

Finalmente se realizó el mapa de la figura 43, en el que se exponen los valores que forman el índice de frío, el cual se clasifica en cinco categorías, las cuales servirán para determinar las áreas de posible afectación dentro de Tlanchinol, el cual presenta un índice muy bajo.

Conclusiones. Las heladas se consideran un evento poco frecuente ya que, en el transcurso de 45 años, Tlanchinol registró entre 2 y 10 días con temperaturas menores a 3°C por año.

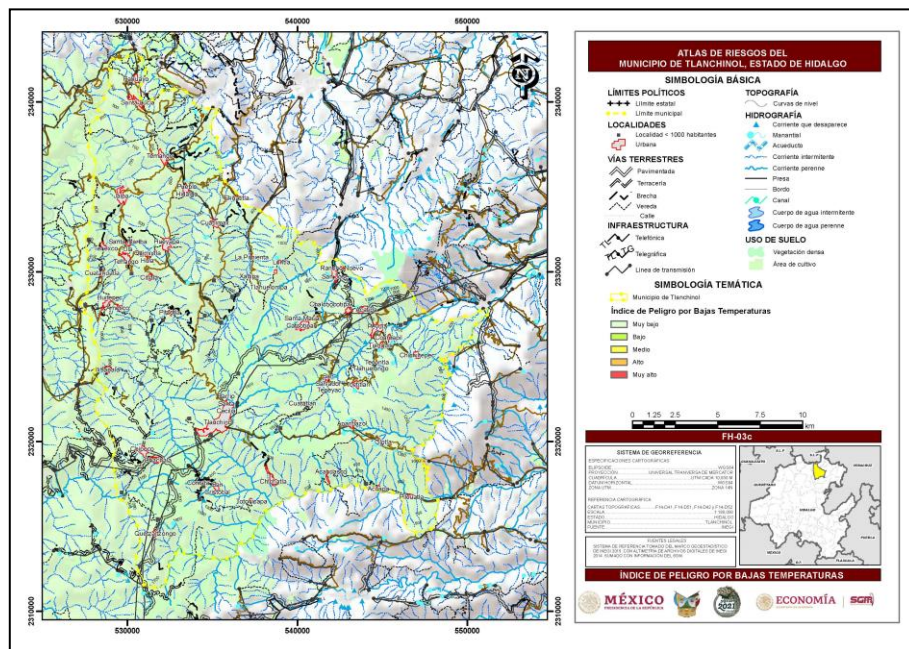


Figura 43. Índice de Peligro por Bajas Temperaturas.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CONAGUA y SMN 1970-2015.

9.5. Tormentas de Granizo

Para determinar el índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG), se cuantificó el número de días con granizo de cada estación a lo largo de un periodo de 45 años de las 10 estaciones analizadas, Tlanchinol registra un intervalo de 8 a 16 días con granizo (Figura 44). Las precipitaciones de tormentas de granizo se desarrollan con más frecuencia entre los meses de abril y mayo, donde se tienen los mayores registros.

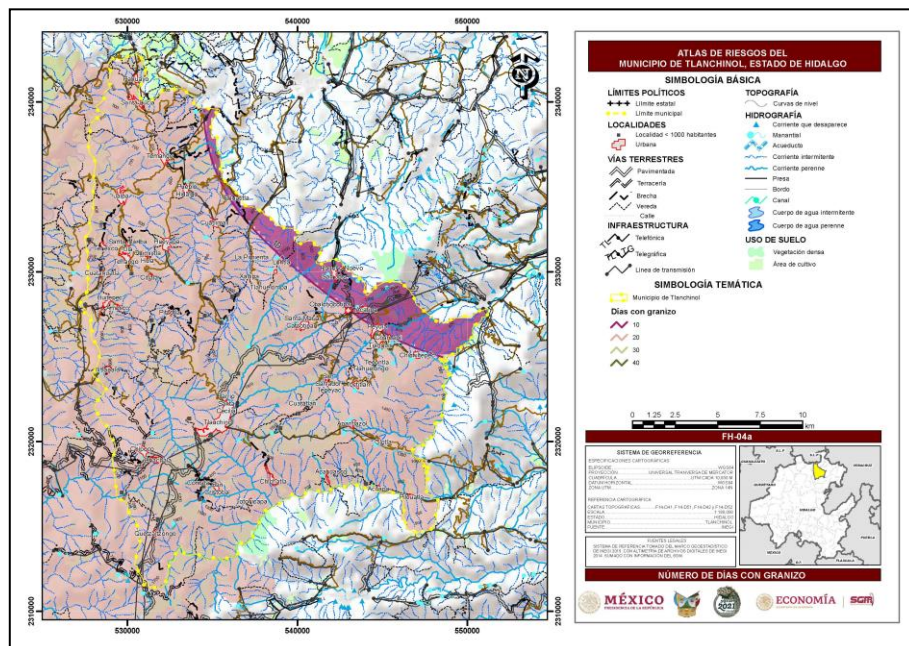


Figura 44. Número de días con granizadas en 45 años.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CONAGUA y SMN 1970-2015.

De acuerdo al resultado anterior, se utilizó como parámetro el número de días con granizo del mapa del Nuevo Atlas Nacional de México en donde se tienen los intervalos a los que se le asignó un valor, el cual se calculó a partir de las diferencias de los límites superiores de los intervalos de los números de días con granizo. Para conocer la distribución de los valores obtenidos se procedió a elaborar la figura 45, la cual representa un bajo índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG).

Conclusiones

Las tormentas de granizo se consideran un evento poco frecuente ya que, en el transcurso de 45 años, Tlanchinol registró 16 eventos de este tipo, en promedio en se registran 0.35 días con granizo al año.

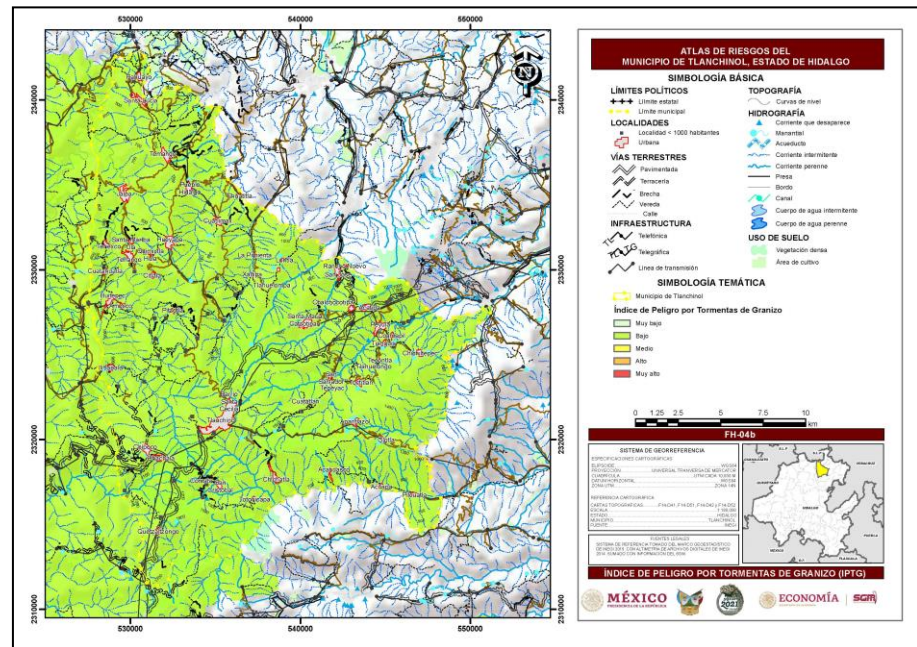


Figura 45. Índice de Peligro por Tormentas de Granizo (IPTG).
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CONAGUA y SMN 1970-2015.

9.6. Ciclones tropicales (Huracanes-Ondas tropicales)

De acuerdo al análisis realizado, la frecuencia con la que alguna trayectoria cruzan el municipio de Tlanchinol es baja en los 172 años (1849-2021) que se tiene de registro.

Las trayectorias que se han presentado son Gert como ciclón categoría 1 dejando un registro acumulado de 90 mm de precipitación del 19 al 23 de septiembre de 1993; un evento ciclónico de categoría 1 el 15 de agosto de 1947, degradándose a tormenta tropical en el municipio y la tormenta tropical Arlene el 30 de junio del 2011 dejando un acumulado de 709 mm precipitación del 29 al 31 de junio en el municipio de Tlanchinol en donde se dispó (Figura 46).

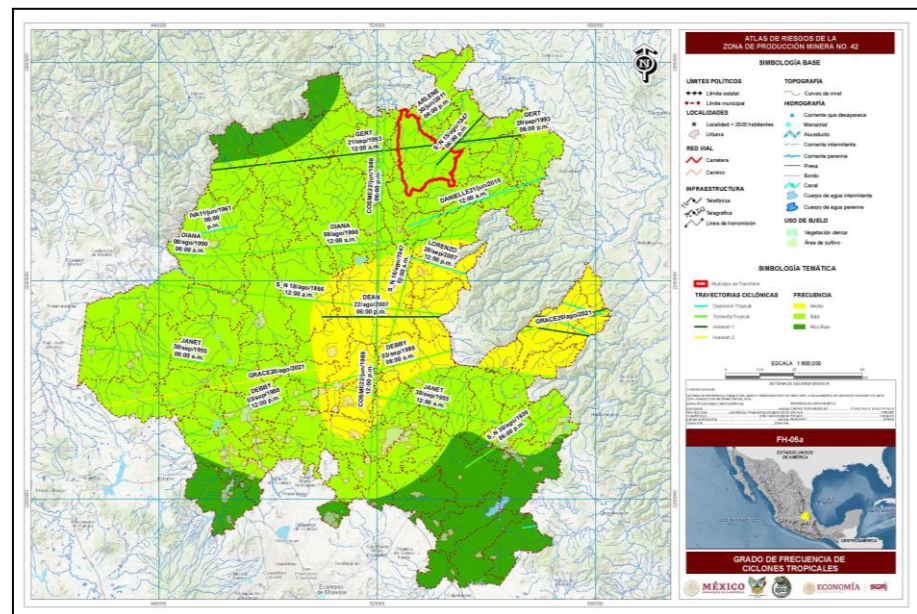


Figura 46. Frecuencia de las trayectorias de los ciclones tropicales.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CENAPRED, 2017.

En lo que respecta al análisis de peligro se determinó que el estado presenta dos niveles, el grado bajo, presente en la porción oriente, centro y nor-oriente, área en donde se localiza el municipio de Tlanchinol, esto derivado a que en esta región se concentran las trayectorias que han cruzado esta entidad, el resto del estado presenta un grado de peligro muy bajo (Figura 47). Este análisis no exime de otros fenómenos relacionado a los ciclones tropicales, como la precipitación, vientos y procesos de remoción en masa.

Conclusiones. De acuerdo al análisis estadístico realizado se determinó que en el estado se han presentado 15 trayectorias originarias del océano Atlántico y 2 trayectorias provenientes del océano Pacífico, Para el primer caso el registro que se tiene es desde 1851 al 2015, mientras que para el segundo caso el registro se tiene a partir de 1949 al año 2015.

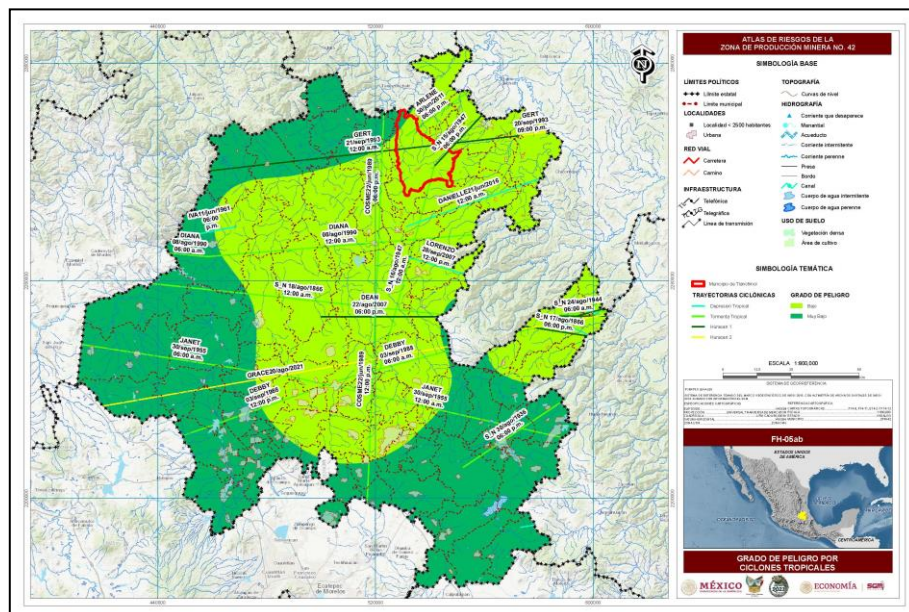


Figura 47. Grado de peligro por ciclones tropicales en el estado de Hidalgo.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CENAPRED, 2017.

9.7. Precipitación y Lluvias extremas

Con los resultados de la información de las estaciones analizadas se realizó la interpolación para determinar los valores de precipitación acumulada anual en el intervalo de 1969 a 2014 en el municipio de Tlanchinol, la precipitación varía de 2 200mm en la porción sur a 1 990mm en la porción norte (Figura 48).

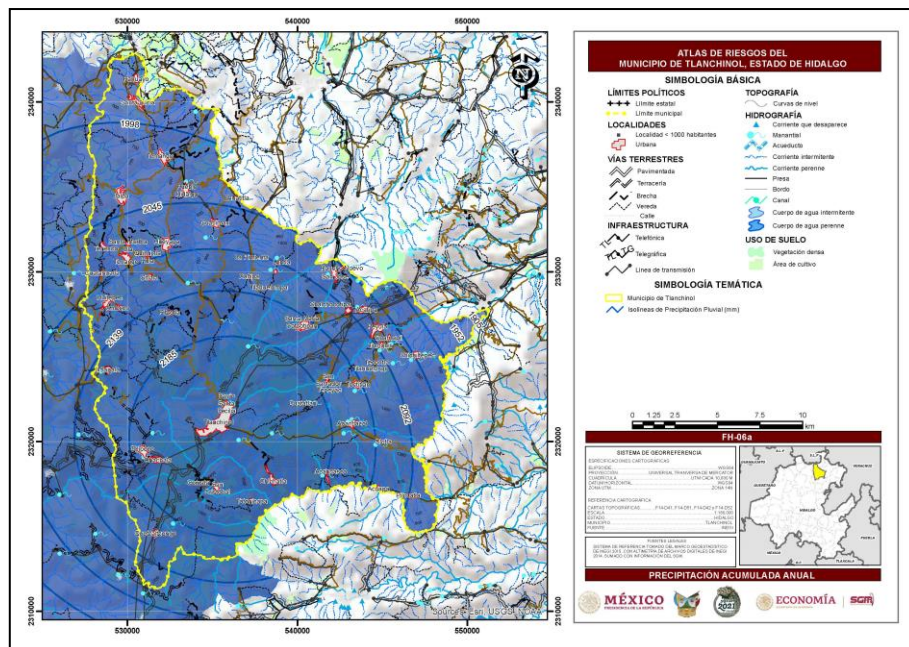


Figura 48. Precipitación acumulada promedio anual, periodo de 1969 a 2014 en el municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CLICOM, 2020.

Umbrales de precipitación

De acuerdo al análisis y a los resultados obtenidos, se considera un día muy lluvioso en el municipio cuando se registran valores mayores a 50mm de precipitación al día (Figura 49).

Conclusiones. De acuerdo al registro histórico de precipitaciones, en las fechas analizadas, estos eventos generaron una cantidad de agua en el municipio, incluyendo los eventos en los que se vincula un temporal extraordinario como la presencia de un ciclón tropical en las costas del Golfo de México que sobrepasan la tendencia normal de las lluvias que generan afectaciones en la infraestructura y ponen en riesgo a la vida humana.

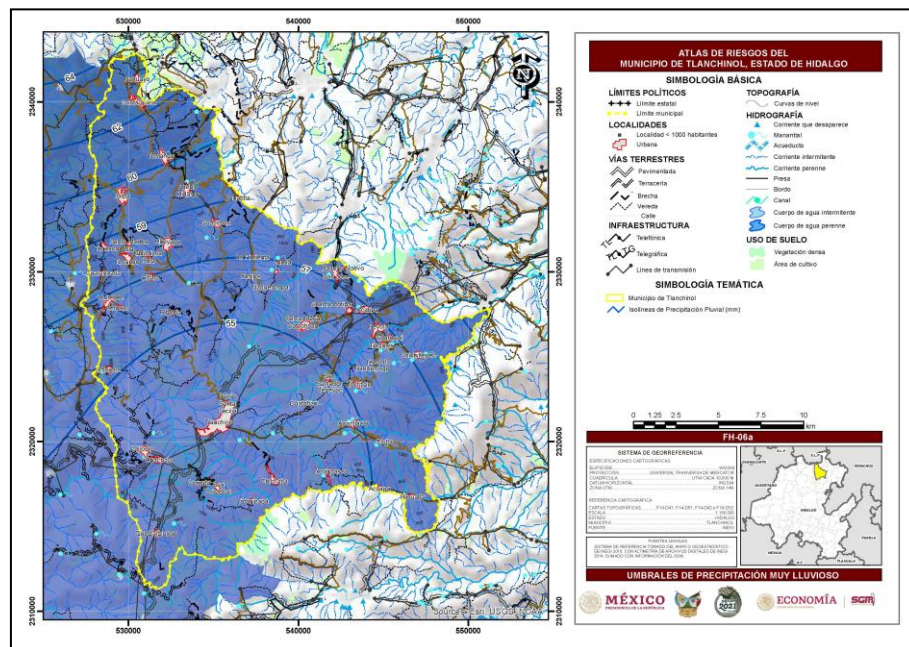


Figura 49. Configuración de umbrales de precipitación muy lluvioso en el municipio de Tlanchinol.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CLICOM, 2020.

Adicionalmente, lluvias extremas y al valor del umbral de precipitación que se obtuvo en este análisis en relación a un día muy lluvioso, resultó de 50 mm de lluvia en 24 hora, con el cual se recomienda poner atención las zonas susceptibles a la acumulación pluvial, así como al monitoreo de los ríos, principalmente en la época de lluvias que comprende los meses de junio a octubre, haciendo mención que estos eventos extraordinarios se presentaron en los meses de agosto, septiembre y octubre.

9.8. Inundaciones

De los datos de campo y la información proporcionada por personal de PC y habitantes del municipio, se identificaron seis localidades con problemas por inundaciones (Tabla 4). La información depende de la percepción del fenómeno y los datos pueden variar de acuerdo a cada persona.

Tabla 4. Sitios verificados en campo por el fenómeno de inundación.

SITIOS PROSPECTADOS EN CAMPO		
Localidad	Municipio	Afectación
Ehuatitla	Tlanchinol	Desbordamiento
Jalpa	Tlanchinol	Desbordamiento
Acuapa	Tlanchinol	Desbordamiento
Tenexco	Tlanchinol	Desbordamiento
San Salvador	Tlanchinol	Desbordamiento
Santa María	Tlanchinol	Arrastre de material
Toctitlán	Tlanchinol	Arrastre de material
San José	Tlanchinol	Desbordamiento
San Miguel	Tlanchinol	Desbordamiento
Chichiltepec	Tlanchinol	Arrastre de material
Pitzotla	Tlanchinol	Arrastre de material

Fuente: Elaboración propia del SGM.

Se observa que en el municipio de Tlanchinol existen principalmente 2 tipos de afectaciones a las localidades, los desbordamientos ocurren en los sitios donde las viviendas se encuentran asentadas muy cerca de ríos o pequeños arroyos, que en época de lluvia elevan su nivel de forma considerable y afectan a los habitantes ubicados más próximos a estos cauces (Fotografías 46 y 47).

El otro tipo de afectaciones ocurre cuando en época de lluvia ésta arrastra material de zonas altas, provocando taponamientos en tuberías de drenaje, cunetas y afectando a viviendas que se ubican en las pendientes donde es el paso natural de los escurrideros (Fotografía 48).



Fotografía 46. Vivienda cerca al cauce del río, provoca que en temporada de lluvias y huracanes el nivel del agua aumente de nivel afectando la infraestructura, localidad de Acuapa.



Fotografía 47. Vivienda cerca al cauce del río, provoca que en temporada de lluvias y huracanes el nivel del agua aumente de nivel afectando la infraestructura, localidad de Jalpa.



Fotografía 48. La localidad de Toctitlán se encuentra asentada en una ladera, y no cuenta con infraestructura para evitar que el escurrimiento de agua y material de arrastre.

La CONAGUA elaboró el Atlas Nacional de Riesgo por Inundación (ANRI), el cual se encuentra disponible en el ANR y muestra las zonas que se verían afectadas por inundaciones de acuerdo a un periodo de retorno de 10 y 50 años. El periodo de retorno de 10 años representa las zonas que están en un peligro alto, mientras que el periodo de retorno de 50 años representa un peligro medio (Figura 50).

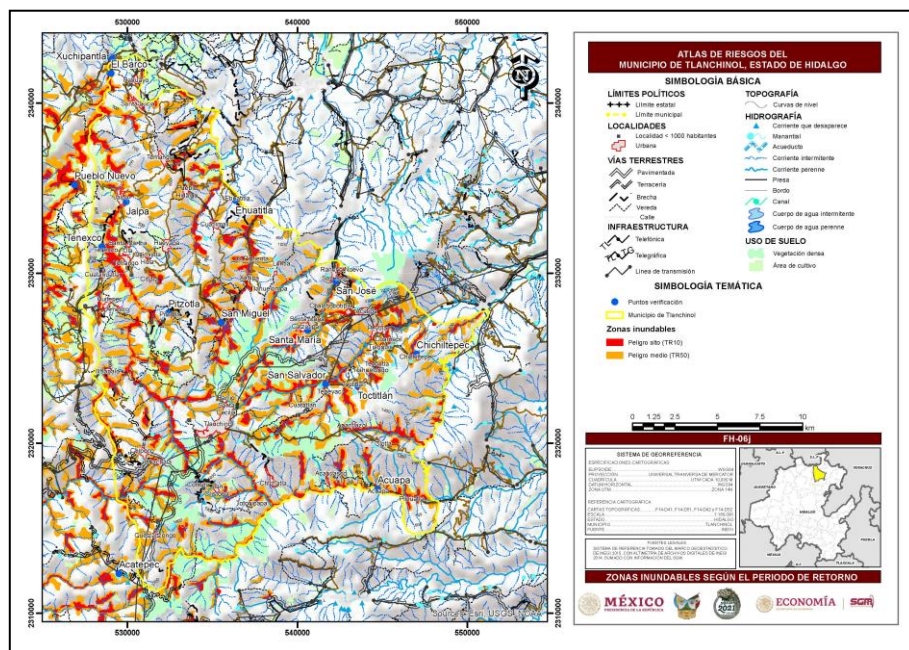


Figura 50. Zonas inundables en los municipios de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM con información de ANR y CONAGUA.

Conclusiones. En la figura 50 se puede observar que los puntos prospectados en campo se encuentran en alguna de estas dos zonas, como se observa, existen además localidades que se encuentran dentro de las zonas inundables y que no se encuentran consideradas en la tabla 4, esto es porque en la información recabada éstas no han presentado afectaciones, pero no significa que estén exentas de este peligro.

9.9. Tormentas eléctricas

El análisis consiste en sumar el número de eventos (tormentas eléctricas) por mes, para cada año registrado en cada una de las diez estaciones meteorológicas seleccionadas, con estos datos se obtiene el promedio anual de cada una de las estaciones y los resultados obtenidos se interpolan en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para obtener el mapa de distribución de días con tormentas eléctricas. En la figura 51 se observa el número de días de tormentas eléctricas en un periodo de 45 años, Tlanchinol registra un intervalo entre 545 y 900 días.

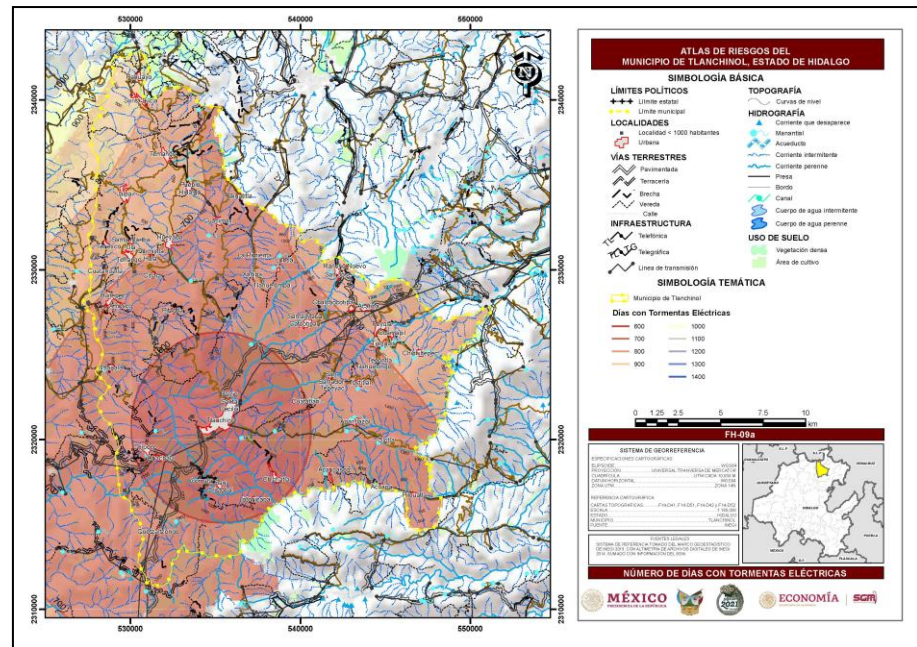


Figura 51. Número de días con tormentas eléctricas.

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CONAGUA y SMN (1970-2015).

Para determinar el índice o grado de peligro se consideró el promedio de días con tormentas eléctricas ponderando los valores en cinco categorías. La distribución de los valores obtenidos se observa en la Figura 52, la cual representa el Índice de Peligro por Tormentas Eléctricas (IPTE).

Conclusiones. El resultado obtenido por medio del análisis de las estaciones climáticas para Tlanchinol se categoriza como medio, con una zona en el centro con un índice bajo.

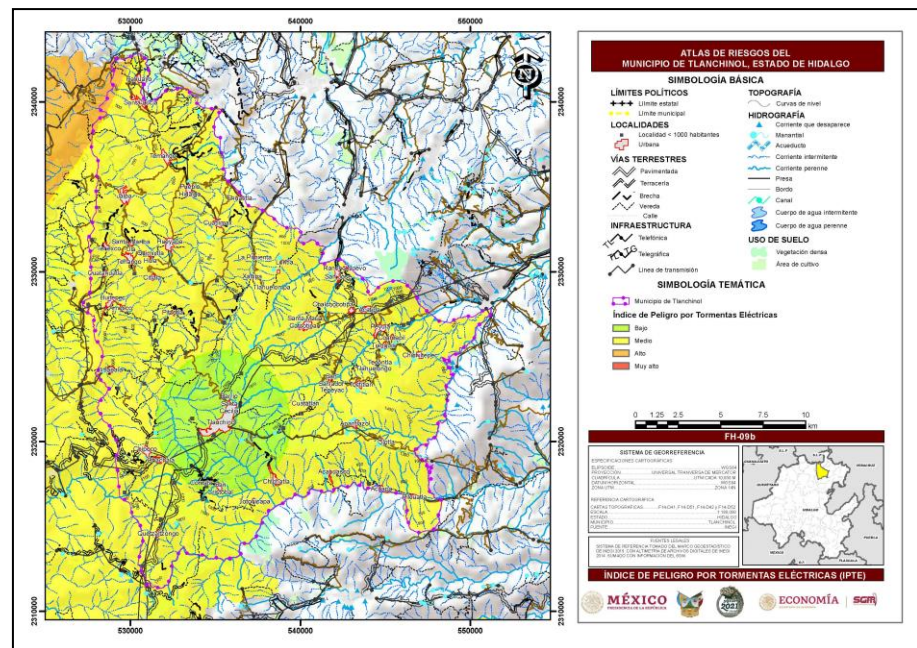


Figura 52. Índice de Peligro por Tormentas Eléctricas (IPTE).

Fuente: Elaboración propia del SGM con datos de CONAGUA y SMN (1970-2015).

FASE III. VULNERABILIDAD

10.1. Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad en una población depende del nivel de desarrollo, que está definido por la capacidad de acceso a los bienes y servicios básicos, como la salud, la educación, la vivienda, el empleo e ingresos y la población. Estas 5 categorías, divididas en conjunto en 18 indicadores, definen la primera de 3 partes para llevar a cabo el cálculo de la vulnerabilidad social (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados de los indicadores socioeconómicos para Tlanchinol.

RESULTADOS DE LOS INDICADORES SOCIOECONÓMICOS PARA TLANCHINOL					
Categoría	Indicador	Respuesta	Condición de Vulnerabilidad	Valor Agregado	Promedio por categoría
Salud	Médicos por cada 1000 habitantes	1.9	Muy baja	0.0	0.0
	Tasa de mortalidad infantil	12.9	Muy baja	0.0	
	Porcentaje de la población no derechohabiente	9	Muy baja	0.0	
Educación	Porcentaje de analfabetismo	16.8	Baja	0.25	0.25
	Porcentaje de población entre 6 y 14 años que asiste a la escuela	96.3	Muy baja	0.0	
	Grado promedio de escolaridad	7	Media	0.50	
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	1.9	Muy baja	0.0	0.17
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	7	Muy baja	0.0	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	1.3	Muy baja	0.0	
	Porcentaje de viviendas con materiales precarios en techos y paredes	13.4	Alta	0.75	
	Porcentaje de viviendas con pisos de tierra	12	Muy baja	0.0	
	Déficit de vivienda	25.6	Baja	0.25	
Empleo e ingresos	Porcentaje de la PEA que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	66	Media	0.50	0.25
	Razón de dependencia	68	Baja	0.25	
	Tasa de desempleo abierto	1.4	Muy baja	0.0	
Población	Densidad de población	96.2	Muy baja	0.0	0.67
	Porcentaje de la población de habla indígena	46.3	Predominantemente indígena	1.0	
	Dispersión poblacional	77	Muy alto	1.0	
Calificación final de las características socioeconómicas de Tlanchinol					0.27
Fuente: Elaboración propia con datos del CENAPRED, 2006.					

La calificación final obtenida para esta primera parte del análisis de vulnerabilidad social es de 0.26, que representará el 50% de la calificación final.

En la segunda parte se evalúa la capacidad de prevención y respuesta por parte del grupo de Protección Civil de Tlanchinol hacia las diferentes situaciones de emergencia causadas por los fenómenos naturales. Con ello es posible estimar la respuesta de las autoridades; su capacidad de planeación, organización y condiciones de mejora frente a los diferentes desastres que ocurren en las diferentes localidades de la región y que colocan en riesgo a la población.

El rango del promedio de la suma de las respuestas arroja un valor de 0.5, lo que refleja una capacidad de prevención y respuesta muy alta para PC. El valor asignado para la condición de vulnerabilidad es de 0.0 y también resulta la calificación final de la capacidad de respuesta

El último factor a considerar para la valuación de la vulnerabilidad social, es la percepción local de riesgo, es decir, la idea que tiene la población con respecto a las amenazas que existen en sus localidades y su grado de exposición frente a las mismas.

La calificación para la percepción local es de 0.5, ya que el promedio general fue de 13.5, lo que nos arroja un rango de vulnerabilidad de nivel Medio. Este resultado refleja cierto desconocimiento por parte de los pobladores acerca de las acciones preventivas y de respuesta que deben presentar en caso de un desastre causado por un fenómeno natural o una eventualidad climática.

De acuerdo a lo anterior se calculó el Grado de Vulnerabilidad Social mediante la siguiente ecuación.

$$GVS = (R1*0.50) + (R2*0.25) + (R3*0.25)$$

Donde:

GVS = Es el Grado de Vulnerabilidad Social asociada a desastres

R1 =Resultado de los indicadores socioeconómicos

R2 = Resultado del cuestionario de capacidad de prevención y respuesta

R3 = Resultado de percepción local del riesgo

Los porcentajes establecidos para cada parámetro de la ecuación han sido definidos por el CENAPRED en su anexo sobre la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social (Tabla 6).

Tabla 6. Resultado para determinar el Grado de Vulnerabilidad Social

EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL EN TLANCHINOL			
Concepto	Puntaje	Porcentaje	Puntaje Final
Indicadores Socioeconómicos	0.27	50%	0.14
Capacidad de Respuesta	0.0	25%	0.0
Percepción Local	0.5	25%	0.13
Grado de Vulnerabilidad Social			0.27 Bajo
Fuente: Elaboración propia con datos del CENAPRED, 2006.			

Distribución de la población por grupos de edad

En la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos es la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social de CENAPRED, 2014, se toma en cuenta los grupos más vulnerables ante un fenómeno natural.

Los niños con un rango edad de los 0 a 5 años y los adultos mayores con edades de 60 años o más, son el grupo con menos capacidad de respuesta a eventos naturales. La Figuras 53, indica la población por grupo de edades más vulnerable.

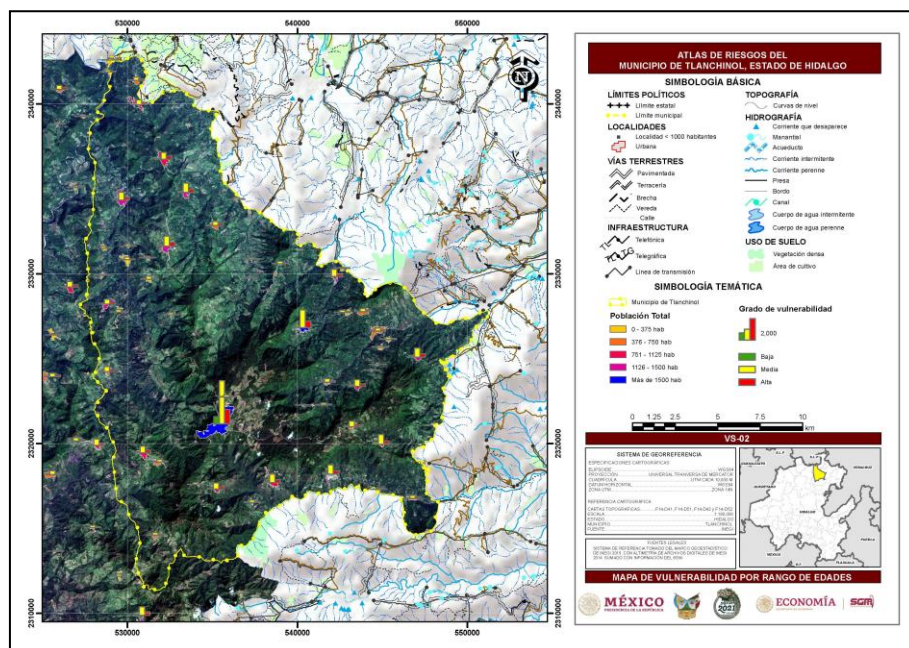


Figura 53. Vulnerabilidad de la población por rango de edades a nivel localidad.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos del Censo de Población, INEGI, 2020

10.2. Vulnerabilidad Física

El análisis de la vulnerabilidad física de la región se realiza en función a la tipología de vivienda propuesta por SEDATU, 2014, para sus programas de Reubicación de la Población en Zonas de Riesgos (REPZOR) donde se considera el material de construcción. La clasificación por tipología de vivienda se presenta en la (Tabla 7), así como fotografías que ejemplifican los tipos de viviendas que existen.

Tabla 7. Tipología de viviendas que existen en Tlanchinol.

TIPOLOGÍA DE VIVIENDA			
Tipo de vivienda	Descripción	Ejemplo	Costo de vivienda
Precaria o provisional TIPO I	Son construcciones sin cimentación, que se elaboran mediante marcos estructurales de baja resistencia a las cargas (polines, palos, tubos, etc.), estos a su vez son recubiertos con materiales prefabricados como láminas de asbesto, cartón, metal, plásticos, lonas, maderas o cualquier otro material provisional. No se utiliza ningún tipo de cementante para unir las partes.		\$18,510.44
Semipermanente o no consolidadas TIPO II	Son construcciones que cuentan con cimentación o con algún tipo de estructura-base, donde el aglutinante principal es el cemento. Los muros están hechos de materiales pétreos aglutinados con cemento o con algún otro tipo de mortero. Cuentan con dadas de desplante, castillos y cadenas de concreto reforzados. El techo es de lámina de cartón, asbesto o metal, lonas o plásticos u otros materiales de mediana resistencia.		\$81,673.34
Permanentes o consolidadas TIPO III	Son construcciones con estructura totalmente terminadas con o sin acabados que cuentan con los siguientes elementos estructurales: cimentación, muros de carga con castillos y cadenas o columnas y trabes, losa de concreto o algún otro material de alta resistencia.		\$222,532.22

Fuente: Elaboración propia con datos de la SEDATU, 2014.

En este análisis no se consideran las viviendas particulares deshabitadas y de uso temporal, debido a que INEGI no las tiene integradas a los parámetros que se consideraron para este fin, por lo que existirá discrepancia en el número total de viviendas con el total de acuerdo a la tipología de vivienda. De acuerdo al resultado obtenido se observa en la Figura 54 la vulnerabilidad por tipología de vivienda.

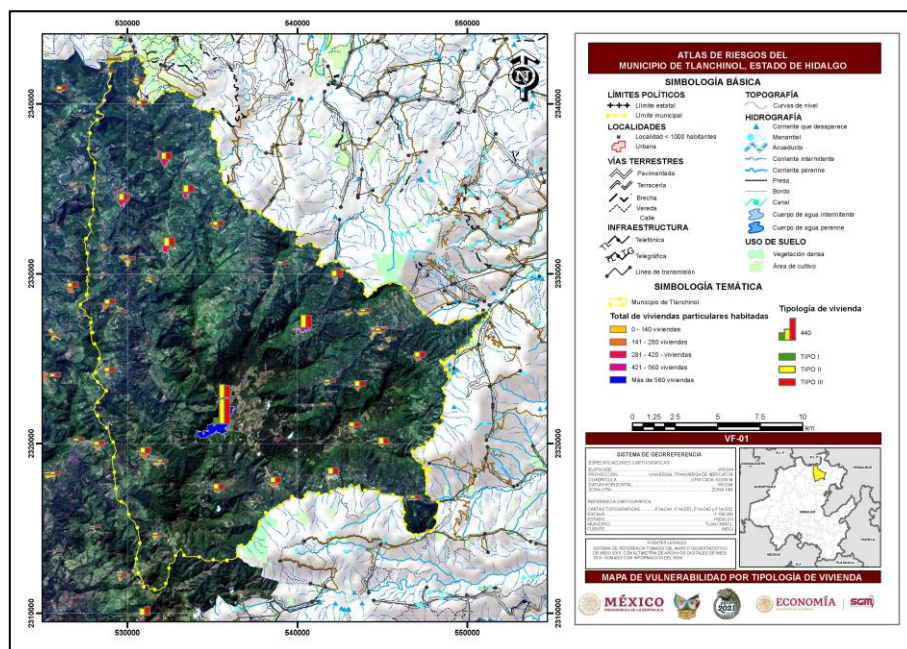


Figura 54. Mapa de vulnerabilidad por tipología de vivienda a nivel localidad.
Fuente: Elaboración propia del SGM con datos del Censo de Población, INEGI, 2020.

FASE IV. RIESGO/EXPOSICIÓN

11.1. Riesgo por Procesos de Remoción en Masa en el municipio

En el municipio de Blanchinol, se realizó un análisis de riesgo de los caminos de terracería y carreteras pavimentadas; con el apoyo de los mapas de susceptibilidad por deslizamientos, caída de bloques y flujo de detritos, se identificaron las vías de comunicación que son susceptibles a ser afectados por eventos de inestabilidad de ladera y/o talud, en los cuales existe el riesgo de provocar afectación a las vialidades. Figuras 55, 56, 57 y 58.

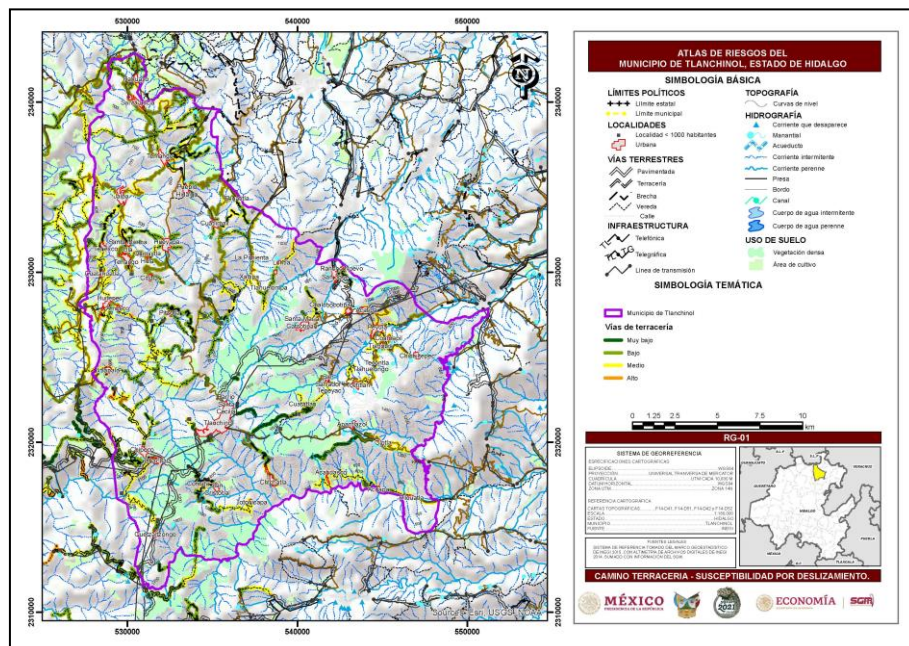


Figura 55. Caminos de terracería con diferentes grados de susceptibilidad por deslizamientos.

Fuente: Elaboración propia del SGM, 2022.

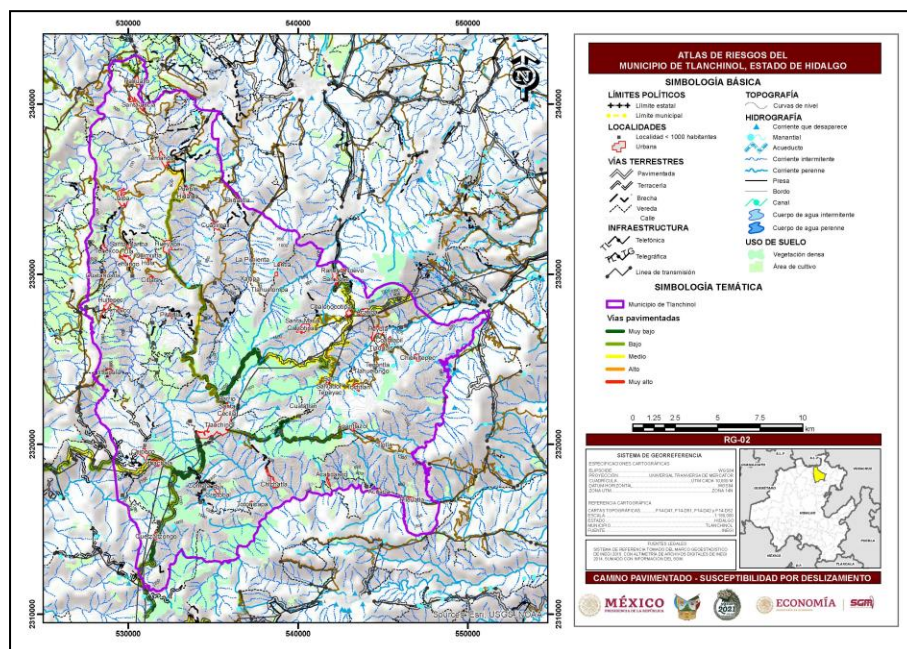


Figura 56. Caminos pavimentados con diferentes grados de susceptibilidad por deslizamientos.

Fuente: Elaboración propia SGM, 2022.

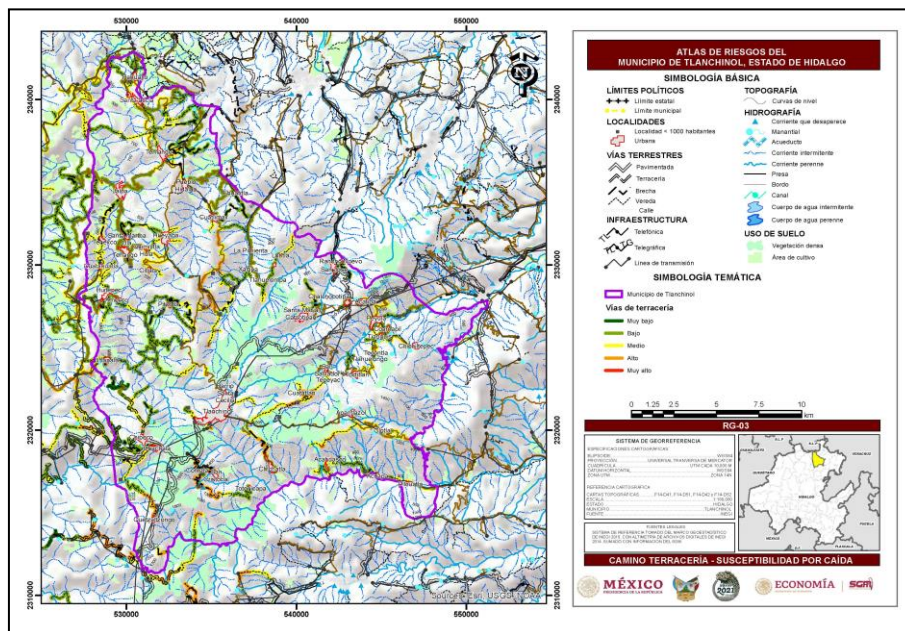


Figura 57. Caminos de terracería con diferentes grados de susceptibilidad por caída de bloques.
Fuente: Elaboración propia del SGM, 2022.

En base al análisis de las longitudes de los caminos de acceso, tanto de terracería como de pavimento, se determinaron los tramos de mayor exposición y que nivel de susceptibilidad presenta de acuerdo a los Procesos de Remoción en Masa. Los deslizamientos y caída de bloques presentan una susceptibilidad baja-media, mientras que los flujos de detritos son de nivel medio. Tabla 8.

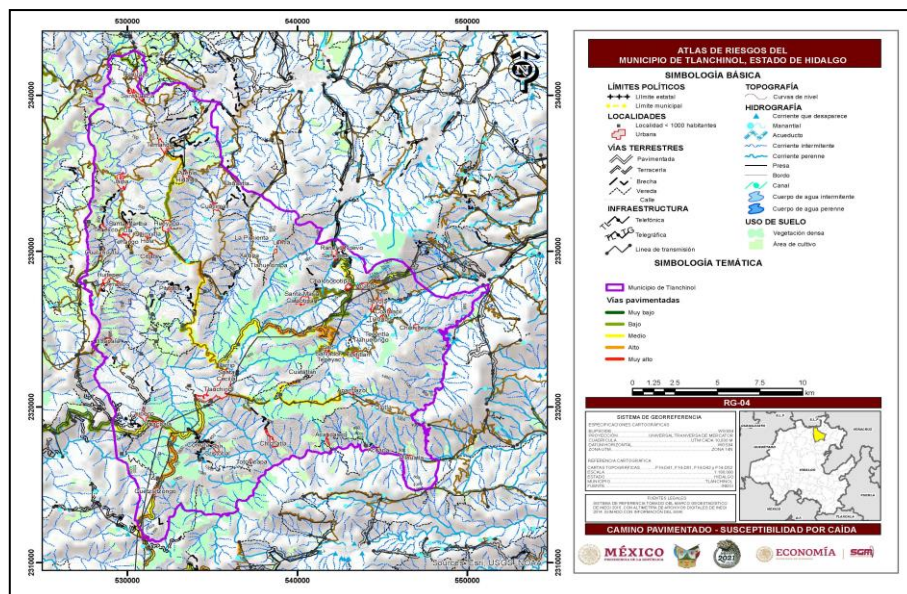


Figura 58. Caminos pavimentados con diferentes grados de susceptibilidad por caída de bloques.
Fuente: Elaboración propia SGM, 2022.

Tabla 8. Caminos de terracería y pavimento del municipio de Tlanchinol.

LONGITUD DE CAMINOS DE ACCESO EN EL MUNICIPIO DE TLANCHINOL						
Susceptibilidad	Deslizamiento		Caída de bloques		Flujo de detritos	
Nivel	Terracería (km)	Pavimento (km)	Terracería (km)	Pavimento (km)	Terracería (km)	Pavimento (km)
Muy Alto	0	0	0.1	0.03	3	3.48
Alto	2	0.04	20.29	17.28	66.44	33.89
Medio	122	31.08	110.12	47.78	247.47	69.13
Bajo	201.5	39.97	216.55	35.5	29.91	3.14
Muy bajo	22.68	29.85	3.56	0.01	0	0
Total	348.18	100.94	350.62	100.6	346.82	109.64

Fuente: Elaboración propia, SGM, 2022.

El análisis cualitativo del riesgo se puede consultar en el Atlas de Riesgos de la Zona de Producción Minera No 42, Estado de Hidalgo. El riesgo se expresa por la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento (P) y las consecuencias de su impacto (I), La cual está dada por la siguiente ecuación:

$$R = P \times I$$

Donde:

R = Riesgo

P = Probabilidad

I = impacto

Para el análisis cuantitativo, se cuantifican los riesgos que tienen prioridades e impactos que pertenecen en el rango de moderado a alto. En la tabla 9, en la columna de observaciones, los cálculos se realizaron por un día de trabajo, el cual, corresponde a ocho horas; generalmente la renta de la retroexcavadora y camión es por hora, en el caso del bacheo, es por metro cúbico, el cual cubre una superficie de 13 m², pero como los cálculos son por una jornada de trabajo, una cuadrilla emplea 7 m³ por jornada, lo que llega a cubrir un promedio de 91 m². Es importante mencionar que la aplicación de este tipo de asfalto es en frío, el cual no es muy recomendable debido a su poca durabilidad, sin embargo, es relativamente económico. En el supuesto caso de querer usar asfalto en caliente, este monto se llegaría a triplicar.

Tabla 9. Cuantificación de riesgos con prioridades moderadas a altas en los caminos de acceso.

CUANTIFICACIÓN DE RIESGOS CON PRIORIDADES MODERADAS A ALTAS					
Tipo	Riesgo	Probabilidad	Valor del impacto (\$)	Impacto cuantitativo (\$)	Observaciones
Terracería	Flujo de detritos	0.5	8,768.80	4,384.40	En caso de una evento y que pueda ser atendido en un día, se requiere: Una retroexcavadora con 8 horas de trabajo (\$ 4,053.04); la renta de un camión por día (\$ 4,715.76)
	Deslizamiento	0.3	13,350.02	4,005	En caso de una evento y que pueda ser atendido en un día, se requiere: Una retroexcavadora con martillo hidráulico con 8 horas de trabajo (\$ 8,634.26); la renta de un camión por día (\$ 4,715.76)
	Caída de bloques			4,005	
Pavimento	Flujo de detritos	0.5	8,768.80	4,384.40	En caso de una evento y que pueda ser atendido en un día, se requiere: Una retroexcavadora con 8 horas de trabajo (\$ 4,053.04); la renta de un camión por día (\$ 4,715.76)
	Deslizamiento	0.3	25,093.22	7,527.96	Supuesto caso que se genere un evento, el cual pueda ser atendido en un día, se tendría: Una retroexcavadora con martillo hidráulico (en caso de ser necesario), con 8 horas de trabajo (\$ 8,634.26); la renta de un camión por día (\$ 4,715.76), y bacheo (\$ 11,743.20)
	Caída de bloques			7,527.96	
	Monto de contingencia (por día)			31,834.72	
Fuente: Elaboración propia SGM, 2022.					

Fuente: Elaboración propia SGM, 2022.

El monto de la contingencia está en función de la magnitud del PRM, ya que los cálculos fueron considerados por día de trabajo, sin embargo, si el evento es de mayor magnitud, los trabajos de reparación se pueden incrementar a más días y con ello, elevar considerablemente el costo de la contingencia. Recurso que las autoridades municipales deben tener en cuenta con la finalidad de brindar una buena capacidad de respuesta. Para reducir los montos de contingencia, se deben emplear las medidas de mitigación necesarias para minimizar el riesgo. En este proceso se debe implementar y dar seguimiento a las acciones de respuesta, de manera que los impactos en los riesgos se reduzcan al máximo y monitorear cuidadosamente los riesgos residuales que quedan una vez que se han implementado las acciones.

Se concluye que, en los tres niveles de riesgos, calificados con impactos y prioridades de moderadas a altas, se cuantificaron numéricamente, el cual se obtuvo un monto de contingencia por día de \$31,834.72. Según la magnitud del riesgo donde se presentes los PRM, será proporcional al número de días que se requieran para una capacidad de respuesta inmediata.

11.2. Riesgo por inundaciones

El municipio de Tlanchinol tiene 10 localidades con riesgo por inundaciones, la localidad de Jalpa presenta riesgo por inundaciones fluviales con un nivel de riesgo de grado medio a alto (Figura 59), las casas cercanas a los ríos son de tipo II en su mayoría. Fotografía 49.

Las localidades afectadas por aguas pluviales son: Acuapa, Ehuatitla, Pitzotla, San Miguel, Tenexco y Toctitlán, todas presentan un riesgo de grado medio (Figura 59), el tipo de vivienda en las zonas inundables son de tipo II a III, las avenidas por escurrimientos y arroyos en estas localidades causan que el agua ingrese a las casas. En el caso de Acuapa, aunque está cerca del río, su cauce es ancho y el bordo es lo suficientemente alto para evitar un desbordamiento. Fotografía 50.

Chichiltepec, tiene un riesgo de grado medio a alto (Figura 59), la zona de riesgo alto no cuenta con sistema de captación de agua (canaletas) adecuado, solo zanjeo alrededor de las calles, pero no es suficiente para la descarga y se puede corroborar con los rastros de escurrimiento que se dirige hacia las viviendas. Fotografía 51.

Santa María y San José actualmente no presentan casos de inundaciones ya que los pobladores desazolvan el cauce del arroyo y proporcionan mantenimiento a sus canaletas para que evitar que se obstruyan, sin embargo, por las condiciones geomorfológicas y la presencia de arroyos en la localidad tienen el riesgo de inundación de grado medio por un periodo de retorno a 50 años.



Fotografía 49. Zona afectada en la localidad de Jalpa.



Fotografía 50. Acuapa, bordo con 6 metros de altura.



Fotografía 51. Ecurridero en localidad de Chichiltepec con casas en sus cercanías.

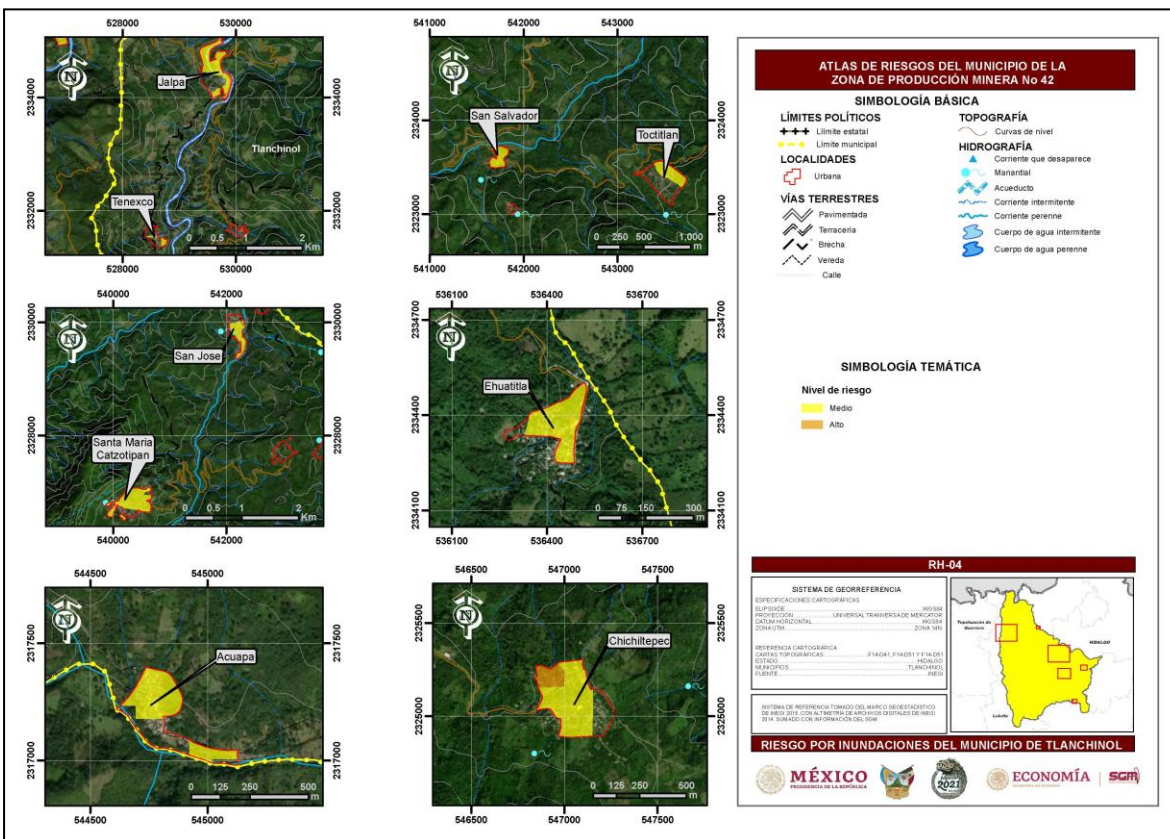


Figura 59. Niveles de riesgo en localidades del municipio de Tlanchinol.
Fuente: Elaboración propia del SGM 2021 a partir de datos de INEGI 2020-CENAPRED 2018.