

Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Tlanchinol, Hidalgo 2014



TLANCHINOL

PRESIDENCIA MUNICIPAL 2012-2016

Fecha: 18 de marzo de 2015

Número de avance: Entrega Final

Número de obra: 413073PP003130

Número de expediente: PP14/13073/AE/1/0016

Municipio de Tlanchinol, Hidalgo



BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.

Dirección: Naciones Unidas # 15, Fracc. Lomas Esmeralda

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

C.P. 91060

Xalapa, Veracruz

Contenido

Índice de Fotografías	5
1. Antecedentes e Introducción	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivo	4
1.4. Alcances	4
2. Zona de estudio	7
2.1. Mapa base (Topográfico) y 2.2a Base localidad	10
3. Caracterización de los elementos del medio natural	13
3.1. Fisiografía	13
3.2. Geología	16
3.3. Geomorfología	19
3.4. Edafología	24
3.5. Cuencas y Subcuencas	27
3.6. Hidrografía	30
3.7. Climatología	32
3.8. Uso de suelo y Vegetación	35
3.9. Áreas naturales protegidas	38
4. Características demográficas	40
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, mortalidad, densidad de población.....	40
4.2. Características sociales	45
4.3. Estructura urbana y equipamiento	51
5. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	53
5.1. Peligros Geológicos e Hidrometeorológicos	53
5.1.1. Vulcanismo	53
5.1.2. Sismos	54
5.1.3. Tsunamis	57
5.1.4. Inestabilidad de laderas	58
5.1.5. Flujos (lahares / avalanchas)	69
5.1.6. Caídas, Derrumbes y Deslizamientos	70
5.1.7. Hundimientos.....	71
5.1.8. Subsidencia	72
5.1.9. Agrietamientos	73
5.1.10. Fallas y Fracturas	73
5.1.11. Ondas cálidas y gélidas.....	79

5.1.12.	Sequías	82
5.1.13.	Heladas	87
5.1.14.	Tormentas de granizo	90
5.1.15.	Tormentas de nieve	91
5.1.16.	Ciclones tropicales.....	93
	Vientos.....	95
5.1.17.	Tornados	97
5.1.18.	Tormentas de polvo	98
5.1.19.	Tormentas eléctricas.....	99
5.1.20.	Lluvias extremas	101
5.1.21.	Inundaciones Pluviales.....	103
5.2.	Vulnerabilidad Social	114
6.	Obras y Acciones de Mitigación	117
7.	Anexos.....	126
7.1.	Tablas de información sociodemográfica	126
7.2.	Bibliografía.....	144
7.3.	Glosario de Términos.....	148
7.4.	Anexo Fotográfico.....	154

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Clasificación de la unidades fisiográficas y su porcentaje en relación a la superficie municipal.	14
Gráfica 2. Unidades litológicas del municipio de Tlanchinol y su porcentaje en relación a la superficie municipal.	17
Gráfica 3. Clasificación de la unidades geomorfológicas del municipio de Tlanchinol y su porcentaje en relación a la superficie municipal.	19
Gráfica 4. Suelos del municipio de Tlanchinol	24
Gráfica 5. Pirámide poblacional por grupos quinquenales y sexo en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo.	40
Gráfica 6. Intensidad de amenaza por inestabilidad del terreno en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo	60
Gráfica 7. Intensidad de peligro por inestabilidad del terreno por disparo por lluvias en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo. En un periodo de retorno de 100 años.	62
Gráfica 8. Climograma del municipio	84
Gráfica 9. Análisis de la cobertura de suelo.....	85

Índice de Mapas

Mapa 1. Mapa de Determinación de la Zona de Estudio	9
Mapa 2. Mapa Base (Topográfico).....	11
Mapa 3. Mapa base de la localidad Tlanchinol	12
Mapa 4. Mapa fisiográfico	15
Mapa 5. Mapa Geológico	18
Mapa 6. Mapa geomorfológico.....	21
Mapa 7. Mapa Altimétrico.....	22
Mapa 8. Mapa de Pendientes	23
Mapa 9. Mapa Edafológico.....	26
Mapa 10. Mapa de Cuencas y Subcuencas	28
Mapa 11. Mapa Hidrográfico	30
Mapa 12. Mapa Climatológico.....	32
Mapa 13. Mapa de uso de suelo y vegetación.....	37
Mapa 14. Mapa de Áreas Naturales Protegidas	39
Mapa 15. Mapa de distribución de la población.....	42
Mapa 16. Densidad de la población por AGEB en la cabecera municipal.....	43
Mapa 17. Densidad de la población por manzana.....	44
Mapa 18. Distribución de la población según su grado de marginación	46
Mapa 19. Distribución de la población con discapacidad en la cabecera municipal	47
Mapa 20. Distribución de las localidades según su índice de Hacinamiento	49
Mapa 21. Mapa de hacinamiento por manzana en la cabecera municipal.....	50
Mapa 22. Mapa de peligros Sísmicos	56
Mapa 23. Distancia del Municipio de Tlanchinol, Hidalgo a la costa más cercana	57
Mapa 24. Mapa de amenaza por inestabilidad del terreno en el Municipio de Tlanchinol, Hidalgo. 61	
Mapa 25. Mapa de peligros por inestabilidad del terreno por disparo de lluvias en un periodo de retorno de 100 años	63
Mapa 26. Mapa de amenaza por inestabilidad del terreno en la localidad Tlanchinol	64
Mapa 27. Mapa de amenaza por inestabilidad del terreno localidad Cuatlimax	66

Mapa 28. Mapa de amenaza por inestabilidad del terreno localidad Citlala	67
Mapa 29. Mapa de peligros por fallas y fracturas	78
Mapa 30. Mapa de susceptibilidad por ondas gélidas	80
Mapa 31. Mapa de susceptibilidad por ondas cálidas	81
Mapa 32. Mapa de peligros por sequía.....	86
Mapa 33. Mapa de peligros por heladas.....	89
Mapa 34. Mapa de susceptibilidad por tormentas de nieve.....	92
Mapa 35. Mapa de peligros por ciclones tropicales	94
Mapa 36. Mapa de peligros por Viento	96
Mapa 37. Mapa de susceptibilidad por Tormentas Eléctricas	100
Mapa 38. Mapa de peligros por Lluvias Extremas.....	102
Mapa 39. Mapa de peligro por inundación en la localidad Ehuatitla.....	104
Mapa 40. Mapa de peligros por inundación en la localidad Ixtlapala	105
Mapa 41. Mapa de peligro por inundación en la localidad Cuatlahuatla	106
Mapa 42. Mapa de peligro por inundación en la localidad Jalpa	110
Mapa 43. Mapa de peligro por inundación en la localidad Peyula.....	111
Mapa 44. Mapa de peligro por inundación en la Localidad Pilcuatla.....	112
Mapa 45. Mapa de peligro por inundación en la localidad San José.....	113
Mapa 46. Mapa de Vulnerabilidad Social.....	116
Mapa 47. Mapa de obras de mitigación	125

Índice de Tablas

Tabla 1. Análisis histórico de las declaratorias emitidas por la Secretaría de Gobernación en el Municipio de Tlanchinol durante el periodo 2005 - 2013.	2
Tabla 2. Registro de Riesgos en los últimos 4 años en el municipio de Tlanchinol	3
Tabla 3. Nivel de análisis y escala de representación por fenómeno perturbador	8
Tabla 4. Extensión y porcentajes de las unidades litológicas del municipio.....	18
Tabla 5. Extensión y porcentajes de las unidades geomorfológicas del municipio	19
Tabla 6. Superficie de las subcuencas hidrográficas del municipio de Tlanchinol	29
Tabla 7. Tipos de clima y su distribución en superficie en el municipio.....	33
Tabla 8. Superficies absolutas y extensiones relativas por categoría de uso de suelo y vegetación para el municipio de Tlanchinol, Hidalgo.	35
Tabla 9. Proyecciones de población a 2030	41
Tabla 10. Grado de exposición de la población por amenaza de inestabilidad de laderas.....	59
Tabla 11. Localidades en peligro por movimientos de fallas. Pendiente, densidad de fallas, litología y nivel de peligro.....	74
Tabla 12. Grado de exposición de la población por peligro de inundación	103
Tabla 13. Propuesta de obras y acciones para peligros hidrometeorológicos	121
Tabla 14. Propuesta de obras y acciones para peligros geológicos.....	122
Tabla 15. Evolución Demográfica	126
Tabla 16. Tasa de Crecimiento de la Media Poblacional.....	126
Tabla 17. Distribución de la población por grupos quinquenales y género	127
Tabla 18. Población por tipo de discapacidad	128
Tabla 19. Niveles de rezago y marginación en el municipio.....	128
Tabla 20. Servicios básicos de las viviendas.....	131
Tabla 21. Otros servicios de las viviendas	134
Tabla 22. Viviendas con piso de tierra en cada localidad.....	138
Tabla 23. Vulnerabilidad Social por localidades	141

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Medición del tirante de inundación localidad de Peyula, Tlanchinol Hidalgo.	154
Fotografía 2. Muro de contención de la localidad Jalpa. Se observa la abertura de influencia hídrica.	155
Fotografía 3. Recopilación de información hidrometeorológica en campo. Localidad Jalpa.....	156
Fotografía 4. Esguerrimiento hídrico proveniente de uno de los múltiples manantiales en la localidad de Cuatahuatla.	157
Fotografía 5. Parte del personal de protección civil trabajando en coordinación con el equipo de hidrometeorología en el seguimiento de un esguerrimiento hídrico de tipo intermitente. Localidad de Ixtlapala.	158
Fotografía 6. Vivienda afectada por la acumulación hídrica en la localidad de Ixtlapala	159
Fotografía 7. Afectaciones de la mina Chipoco en la obtención de manganeso.	160
Fotografía 8. Emisiones a la atmósfera de la mina Chipoco.	161
Fotografía 9. Deslizamiento activo de suelo y roca por inestabilidad provocada por la apertura de camino y el peso sobre el estrato en la carretera Hueyapa - Cuatlimax.	162
Fotografía 10. Vuelco de una masa de suelo desencadenado por la apertura de un camino e introducción de drenaje en la localidad de Temango.....	163
Fotografía 11. Deposito de un flujo consistente en clastos redondeados de roca caliza y detritos camino a Tenexco.	164
Fotografía 12. Deslizamiento de suelo sobre el margen de un esguerrimiento provocado por el socavamiento de la corriente y la deforestación en el estrato superficial. Localidad Tlanchinol....	165
Fotografía 13. Roca de origen volcánico de composición andesítica en una matriz de suelo limoarcilloso, evento ocurrido por un deslizamiento en la localidad de Tecontla.	166
Fotografía 14. Medición de una cárcava desencadenada por la resurgencia de un esguerrimiento efímero en la localidad de Citlala.	167
Fotografía 15. Deslizamiento de suelo ocurrido en septiembre de 2013 en la localidad de Cuatlimax.....	168
Fotografía 16. Casa desplazada por el deslizamiento de suelo en el 2013. Localidad de Cuatlimax.	169
Fotografía 17. Casas en zonas inestables dentro de la cabecera municipal Tlanchinol.	170
Fotografía 18. Muro de gaviones construido en la carretera estatal 105 Huejutla - Pachuca, para la retención de un deslizamiento antiguo.....	171
Fotografía 19. Deslizamiento de roca de 189 metros de ancho se observan dos lavas de composición andesítica camino a San Cristóbal.....	172
Fotografía 20. Toma de muestra de un deslizamiento de suelo y roca de composición basáltica 55.93 metros de ancho. Camino San Cristóbal - Tonicapá.	173
Fotografía 21. Levantamiento de encuestas a la población sobre la percepción de los peligros en su comunidad. Localidad Cuatahuatla.	174

1. Antecedentes e Introducción

1.1. Introducción

"Las pérdidas que ocasionan los desastres van en aumento, acarreando graves consecuencias para la supervivencia, la dignidad y los medios de vida de los seres humanos, en particular los pobres, y para el desarrollo logrado a costa de mucho esfuerzo. El riesgo de desastres es un motivo de creciente preocupación mundial cuyo impacto y acción en una región pueden repercutir en los riesgos de otra y viceversa (Naciones Unidas, 2005)."

En el municipio de Tlanchinol, la ocurrencia de los embates de fenómenos naturales ha ocasionado importantes daños materiales sufridos en viviendas, terrenos utilizados para actividades productivas, caminos, puentes y zonas explotadas por la población para desarrollo de actividades económicas, así como la infraestructura de sus comunidades.

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

Esta evolución, ha generado importantes cambios en esquemas de acción en materia de protección, fomentando una transición de la reacción a la prevención; sustentados primordialmente en el conocimiento sobre el origen, manifestación e impacto de los fenómenos. Este conocimiento permite actuar para algunos fenómenos en forma temprana, con mayor eficacia operativa y buscando minimizar la pérdida de vidas y bienes materiales.

Por todo lo anterior el Municipio de Tlanchinol, Hidalgo., ha invertido un gran esfuerzo y recursos para presentar este **Atlas de Riesgos**, que constituye una aplicación de prevención y mitigación de los riesgos de forma práctica y precisa.

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

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

A lo largo del mismo, podrá encontrar los elementos que conforman el medio natural del municipio, posteriormente se presenta la descripción de las condiciones de vida de los habitantes por medio de indicadores sociodemográficos. La parte medular del presente documento, muestra los fenómenos perturbadores de origen geológico e hidrometeorológico que afectan el territorio municipal, cada uno con una descripción detallada y un mapa que permite ubicar fácilmente las localidades afectadas.

Luego de la descripción de los fenómenos perturbadores, se muestra un estudio de vulnerabilidad de la población y finalmente, la propuesta de obras y acciones de mitigación contra los diferentes peligros señalados.

1.2. Antecedentes

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

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

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

Tabla 1. Análisis histórico de las declaratorias emitidas por la Secretaría de Gobernación en el Municipio de Tlanchinol durante el periodo 2005 - 2013.

DECLARATORIAS DE DESASTRE NATURAL PARA EL MUNICIPIO DE TLANCHINOL, HIDALGO EN EL PERIODO 2005 – 2013		
Fechas en las que aconteció el desastre	Causa de la declaratoria	Fecha de publicación en el Diario Oficial de la Federación
4 al 8 de octubre de 2005	Lluvias extremas ocasionadas por el Ciclón Tropical Stan	11 de Noviembre de 2005
22 de Agosto de 2007	Ocurrencia y efectos del Ciclón Tropical Dean	30 de Agosto de 2007
1 al 4 de enero de 2008	Declaratoria de emergencia por Nevadas Atípicas y Heladas Atípicas	23 de enero de 2008
29 de junio al 1 de julio de 2011	Ocurrencia de Lluvia Severa	14 de julio de 2011
13 al 18 de Septiembre de 2013	Lluvia severa ocasionada por el Ciclón Tropical (Huracán 1) "Ingrid"	27 de Septiembre de 2013

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

A continuación se muestra información que la Dirección de Protección Civil Municipal ha registrado, sobre los acontecimientos de riesgo que han azotado al territorio municipal de Tlanchinol en los últimos 4 años:

Tabla 2. Registro de Riesgos en los últimos 4 años en el municipio de Tlanchinol

Localidad	Acontecimiento	Año
Pueblo Hidalgo	Deslizamiento de Tierra	2011
Tochintla	Deslizamiento de Tierra	2011
Cuatlimax	Deslizamiento de Tierra	2013
Ehuatitla	Inundación	2013
Ixtlapala	Deslizamiento de Tierra por Escurrimiento	2013
Pahuayo	Deslizamientos por Desforestación	2014
Santa Lucía	Deslizamientos por Desforestación	2014
Temango	Deslizamiento	2014
Citlala	Deslizamiento	2014
Tecontla	Deslizamiento de Tierra por Escurrimiento	2014
Cuamapil	Escurrimientos	2014
El Balcón Carretera km 186	Asentamiento de la carretera asfáltica	2014
Quetzalsongo carretera km 150	Asentamiento de la carretera asfáltica	2014
Pilcuatla	Inundación por río	2014
Jalpa	Inundación por río	2014
Tlanchinol. Barrio Independencia	Deslizamiento de Tierra	2014
Tlanchinol. Barrio Santa Cruz	Deslizamiento de Tierra	2014
Tlanchinol. Barrio Linda Vista	Deslizamiento de Tierra	2014
Tlanchinol. Barrio Morelos	Deslizamiento de Tierra	2014

Fuente: Dirección de Protección Civil Municipal

Fundamentos jurídicos del Atlas de Riesgos

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

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

- Ley General de Protección Civil
- Ley General de Asentamientos Humanos
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley de Protección Civil para el Estado de HIDALGO

1.3. Objetivo

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

Objetivos Generales

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

Objetivos específicos

- Recopilar la documentación técnica referente al municipio de Tlanchinol y que sea aplicable en la prevención de desastres a nivel municipal: documentación jurídica e histórica.
- Analizar y describir los elementos que conforman el medio natural y sociodemográfico del municipio de Tlanchinol.
- Integrar un documento donde se identifiquen los diversos peligros naturales a los que se encuentra expuesta la población del municipio de Tlanchinol, las Zonas de Riesgo (ZR) existentes y las zonas en las que la ocupación y el aprovechamiento del suelo resulten incompatibles con los peligros detectados.
- Generar las recomendaciones y propuestas de obras y acciones de mitigación y gestión del riesgo en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo.

1.4. Alcances

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

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

Metodología General

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

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

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

Contenido del Atlas de Riesgos

El Atlas Municipal de Riesgos de Tlanchinol, Hidalgo, se conforma de la siguiente manera:

- **Introducción y antecedentes**

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

- **Determinación de la zona de estudio**

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

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

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

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

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

- **Identificación de Amenazas, Riesgos, Peligros y Vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural**

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

2. Zona de estudio

Determinación de la zona de estudio

Para la elaboración del Atlas de Riesgos de Tlanchinol, Hidalgo, fue imprescindible abordar diferentes escalas en el análisis de los fenómenos naturales que pueden provocar situaciones de peligro, éstas se determinaron tomando en consideración las características propias de cada fenómeno así como su importancia e influencia en el municipio; de esta manera las escalas empleadas van desde lo regional hasta la local. Por otro lado, el nivel de análisis de cada peligro está determinado por la complejidad del mismo, así que varía desde el nivel 1 hasta el nivel 4, en relación a establecido por SEDATU (2014).

El estado de Hidalgo forma parte de la región central del país con una extensión territorial de 20,654 Km², en los que se encuentran distribuidos 86 municipios, Tlanchinol ocupa 388.58 Km² de esta superficie, lo que representa el 1.88% del estado, colinda al norte con el municipio de Tazamunchale del estado de San Luis Potosí y los municipios hidalguenses San Felipe Orizatlan, Huejutla de Reyes, Huazalingo, Calnalí y Lolotla.

En el contexto descriptivo regional, el municipio tiene una orografía compleja va desde los 100 hasta los 1800 msnm, asentada sobre las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, cadena montañosa de estratos complejos que se extiende por los estados de Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz y Puebla, está formada por crestas accidentadas, cañones profundos surcados por corrientes de agua, valles intermontanos, dolinas, cuevas, cañadas, etc., que al relacionarse con su posición altitudinal, presencia de efectos climáticos cíclicos como las lluvias o frentes fríos, posee una variada gama de relieves, suelos, climas, biodiversidad y etnias (Salinas, 2012).

A su vez, la superficie del municipio corresponde a la subprovincia fisiográfica del Carso Huasteco, consiste en una zona de sierras plegadas constituidas predominante por calizas, con un alto grado de disección, desarrollo de cañones y presencia de dolinas pozos y grutas. Es por esto que la complejidad fisiográfica de Tlanchinol responde a una a una serie de cambios altitudinales desde barrancas profundas hasta elevaciones severas y complejas.

En lo que respecta a los rasgos hidrológicos, Tlanchinol es uno de los municipios cuya superficie corresponde a la cuenca hidrológica del Río Panuco donde existe una diversidad de ríos y arroyos, que en su mayoría son de respuesta rápida. La dirección del drenaje de la cuenca es de oeste-este, sus escurrimientos superficiales y subterráneos nacen en las estribaciones del Cinturón Volcánico Transmexicano y en parte de la Mesa del Centro hasta desembocar en la costa del Golfo de México.

En lo que concierne al ámbito natural biótico, Tlanchinol se encuentra en una región Templada Húmeda, donde el tipo de vegetación predominante en es el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), entre remanentes de bosque de encino y una zona tropical húmeda, donde se pueden identificar diversos tipos de vegetación, tales como selva alta perennifolia y selva mediana subperennifolia.

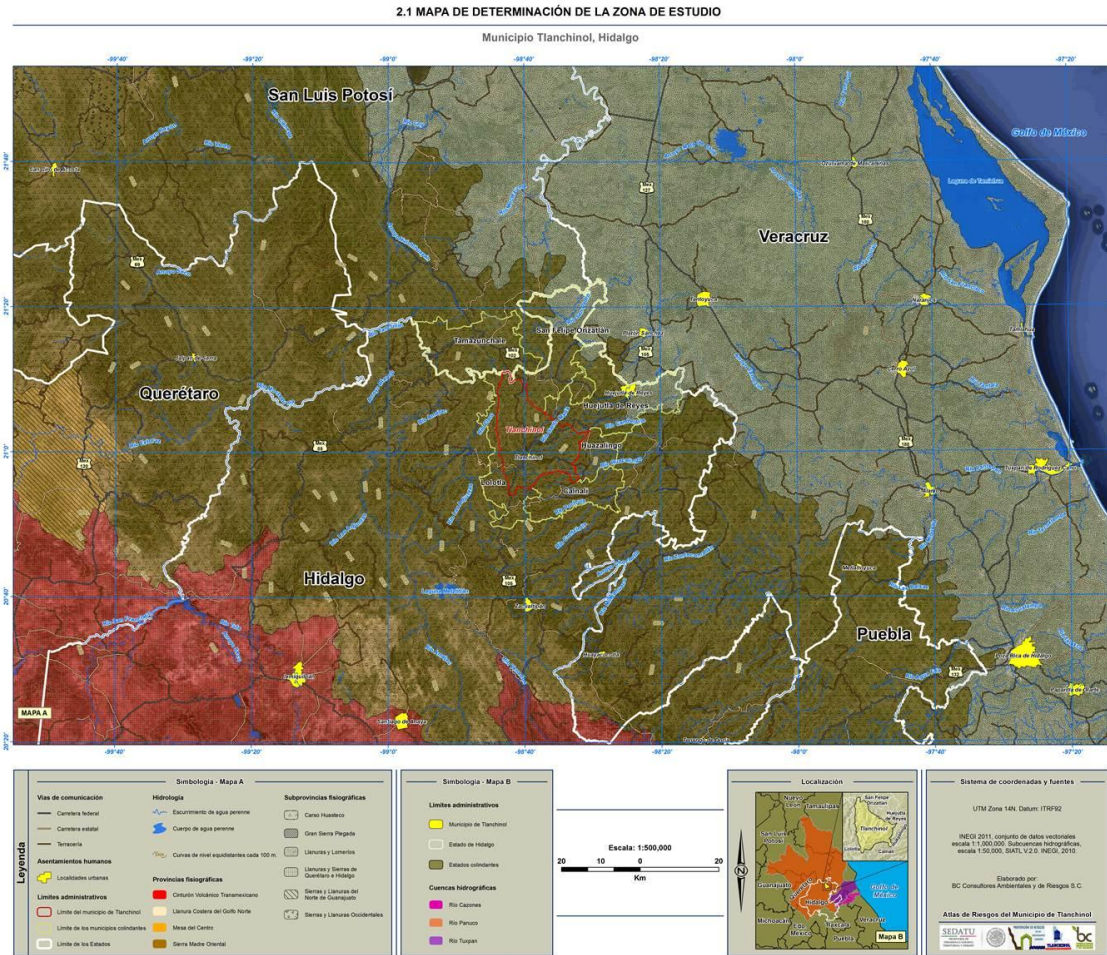
Se puede acceder al municipio a través de la carretera 105 al este con el municipio de Huejutla de Reyes y Platón Sánchez correspondiente del estado de Veracruz y al sur con la capital del estado Pachuca de Soto. Los centros urbanos más importantes dentro de la zona de estudio son de mediano a bajo desarrollo sin embargo se puede tener acceso a principales zonas urbanas a través de las carreteras federales Km. 105, Km. 102, Km. 127 y Km. 180, mismas que comunican a la zona costera con el centro del país.

Tabla 3. Nivel de análisis y escala de representación por fenómeno perturbador

Fenómenos hidrometeorológicos		
<i>Fenómeno perturbador</i>	<i>Nivel de análisis</i>	<i>Escala de representación</i>
Ondas cálidas	Nivel 1	Municipal 1:70,000
Ondas gélidas	Nivel 1	Municipal 1:70,000
Sequias	Nivel 2	Municipal 1:86,000
Vientos	Nivel 1	Municipal 1:70,000
Tornados	No aplica	No aplica
Tormentas eléctricas	Nivel 1	Municipal 1:70,000
Lluvias extremas	Nivel 2	Municipal 1:70,000
Heladas	Nivel 3	Municipal 1:86,000
Tormentas de granizo	No aplica	No aplica
Tormentas de nieve	Nivel 1	Municipal 1:70,000
Ciclones tropicales	Nivel 2	Municipal 1:107,000
Tormentas de polvo	No aplica	No aplica
Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	Nivel 2	Localidad escalas representativas 1:2,500, 1:2,000, 1:1,500, 1:1,100 y 1:1,000
Fenómenos geológicos		
<i>Fenómeno perturbador</i>	<i>Nivel de análisis</i>	<i>Escala de representación</i>
Sismos	Nivel 4	Municipal 1:86,000
Tsunamis	No aplica	No aplica
Vulcanismo	No aplica	No aplica
Flujos	Nivel 3	Municipal y localidad 1:86,000, 1:10,000, 1:2,400, 1:2,300 y 1:2,000
Derrumbes	Nivel 3	Municipal y localidad 1:86,000, 1:10,000, 1:2,400, 1:2,300 y 1:2,000
Deslizamientos	Nivel 3	Municipal y localidad 1:86,000, 1:10,000, 1:2,400, 1:2,300 y 1:2,000
Reptación	Nivel 3	Municipal y localidad 1:86,000, 1:10,000, 1:2,400, 1:2,300 y 1:2,000
Hundimientos y subsidencia	No aplica	No aplica
Fallas y fracturas	Nivel 3	Municipal 1:70,000

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

Mapa 1. Mapa de Determinación de la Zona de Estudio



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

2.1. Mapa base (Topográfico) y 2.2a Base localidad

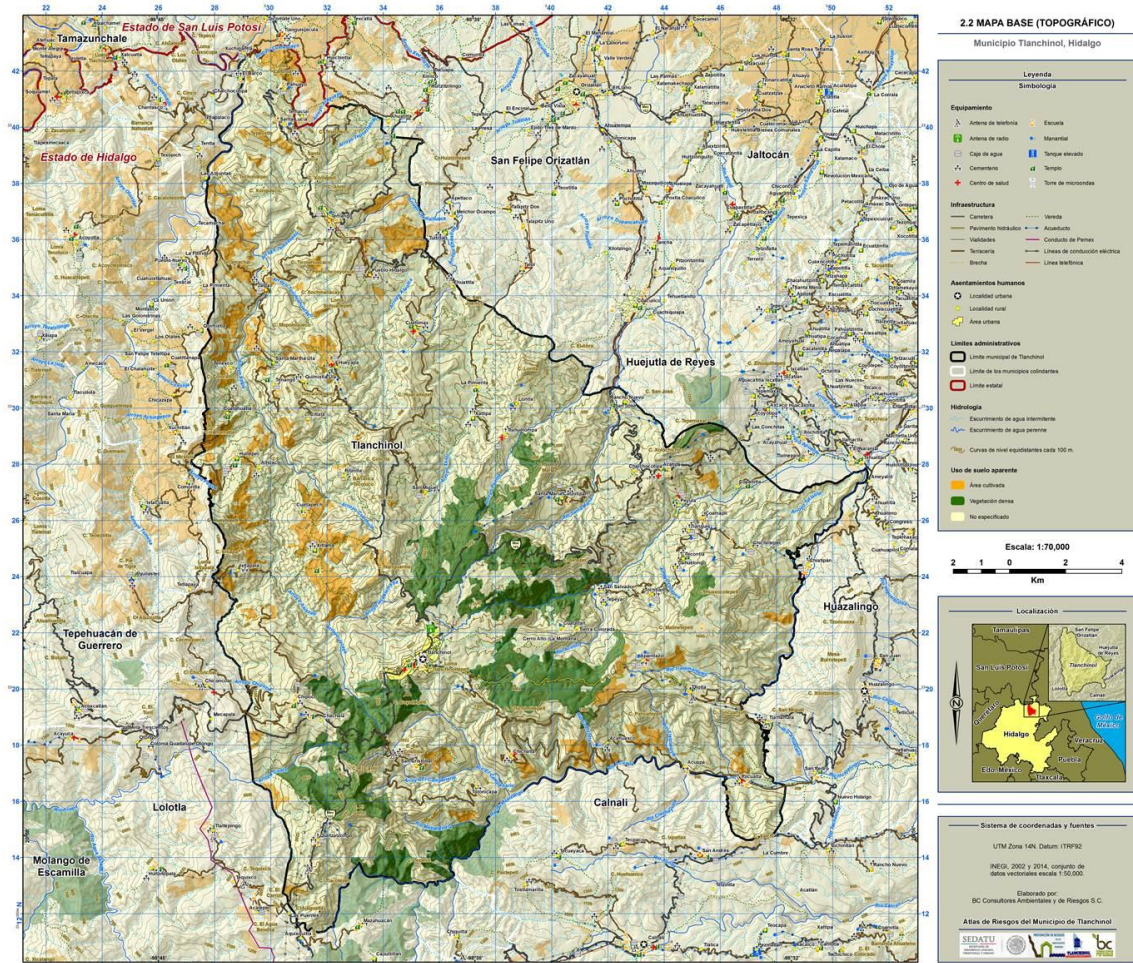
El municipio de Tlanchinol se localiza en el extremo norte del estado de Hidalgo, cuyas coordenadas geográficas son 19° 59' 21" de latitud norte y 98° 40' 43" de longitud oeste, con una altitud promedio de 1590 metros sobre nivel del mar (msnm), y a 166 km de distancia de la capital del estado. El municipio cuenta con una extensión territorial de 388.58 km² (1.88 % del total estatal), limita al norte con el estado de San Luis Potosí; al este con Huazalingo y Huejutla; al sur con Calnali y al oeste con Lolotla.

Tlanchinol se encuentra ubicado en la Sierra Madre Oriental, demarcada por accidentes orográficos bien definidos en todo el territorio, con pendientes mayores a los 45° de inclinación. De las principales elevaciones presentes en el municipio, se encuentran los cerros Ajaguatla, Tlacotepec, Tepatul, El Cantil, San Cristobal, Coyotepetl, Chichimitépetl, Pahualtépetl, Malinetepetl, Lontla, entre otros; todos ellos por encima de los 1,500 metros sobre el nivel del mar.

La hidrografía de Tlanchinol se encuentra posicionada en la cuenca del río Pánuco, donde se derivan las subcuencas del río San Pedro que riega el 28.28% de la superficie municipal, el río Amajac 33.81% y el río Los Hules que cubre el 38.73% restante. Las corrientes de agua que conforman el municipio son: Paintla, Santa María, Tehuetlán, Acuilco, Tlaltemaltlatec, Jacaya, Ajacayac y Coatzontla, por mencionar algunos. Por su posición geográfica el municipio de Tlanchinol se encuentra demarcado por tres tipos de vegetación distribuidos a lo largo del mismo; hacia la parte sur-occidente prevalece el bosque mesófilo de montaña; al norte, occidente, centro y sur se identifica selva alta perennifolia; y en la parte centro-oriente la selva mediana subperennifolia, vegetaciones que son bien definidas de acuerdo a la altitud y relieve, por lo que el empleo del uso del suelo es variado desde agrícola hasta ganadero.

Las características demográficas del municipio de Tlanchinol, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), revela una población total de 36,382 habitantes distribuidos en 55 localidades de las cuales sólo la cabecera municipal es urbana. Los accesos viales a Tlanchinol son complejos debido a los accidentes topográficos que dominan en la región por lo que hay acceso al municipio por la carretera nacional 105 México-Tampico que viene de Pachuca y da salida al municipio de Huehuetla de Reyes. El resto de los caminos son terracerías, brechas y veredas que comunican de forma paulatina con el resto de las localidades, además cuenta con una infraestructura muy básica que principalmente abastece a la cabecera municipal.

Mapa 2. Mapa Base (Topográfico)



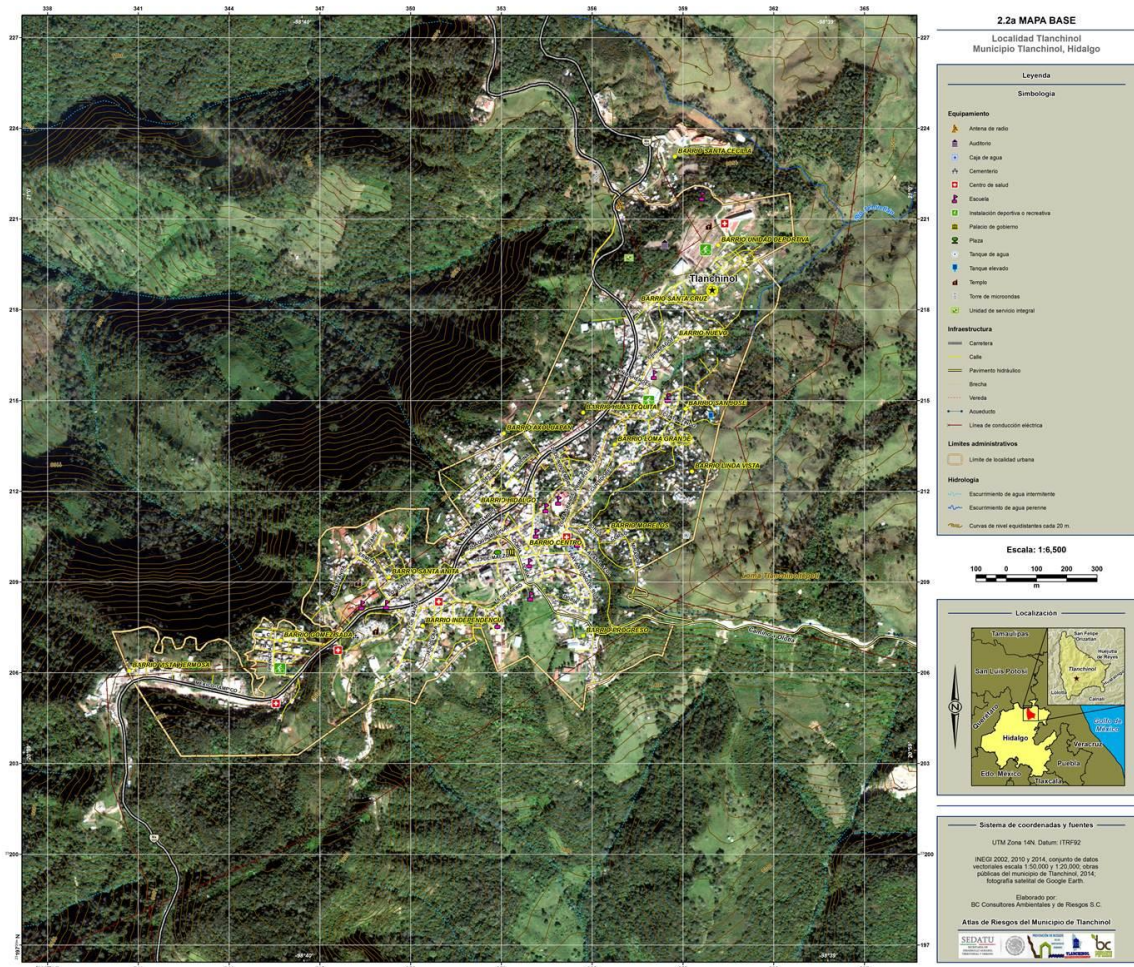
Fuente: BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.

2.2a Mapa base de la localidad Tlanchinol

La cabecera municipal se encuentra localizada en la parte centro-sur del municipio, con un promedio altitudinal de 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm); al oriente y nororiente del asentamiento se localiza la Loma Tlanchinotépetl y el río Tehuetlán respectivamente, siendo estos los rasgos naturales más sobresalientes dentro de esta área de estudio. La infraestructura y equipamiento dentro de la localidad son básicos; cuentan con energía eléctrica y agua potable a base de acueductos, infraestructura educativa desde preescolar a nivel medio superior; centros de salud, un cementerio, templos, un auditorio, una antena de radio y una unidad de servicio integral.

La localidad de Tlanchinol se integra por callejuelas, callejones y calles que, en su mayoría son pavimentadas. Su estructura urbana corresponde a un sistema lineal de plato roto; es decir, las viviendas se construyen a partir de una vía principal, en este caso, la carretera nacional Mx 105 México - Tampico; y aunado con la topografía se asientan de forma irregular y desordenada.

Mapa 3. Mapa base de la localidad Tlanchinol



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

3. Caracterización de los elementos del medio natural

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

3.1. Fisiografía

Dentro del análisis geomorfológico, la fisiografía se avoca a entender y explicar en dónde se sitúan las formas de la superficie terrestre, cómo se distribuyen y cuáles son las relaciones verticales y horizontales que las asocian al resto de los componentes del paisaje, es decir, identificar los parámetros y asociaciones que permiten contextualizar dichas formas en el ámbito regional al que pertenecen. Desde esta perspectiva, la Fisiografía concede a la Geomorfología un enfoque profundamente geográfico, debido a su carácter espacial, embebido definitivamente en la regionalización geográfica.

Bajo el punto de vista de la Fisiografía, formas particulares de la superficie de la Tierra se asocian a elementos bióticos y abióticos particulares; de esta forma, las unidades morfológicas no son más que elementos de la superficie terrestre asociados intrínsecamente al resto de los elementos que configuran la superficie de la Tierra (suelo, vegetación, actividades antrópicas, etc.) (Pedraza, 1996).

El análisis fisiográfico del municipio de San Andrés Tuxtla, se apegó a una clasificación configuracional, en la que se utilizó información sobre litología, geomorfología, vegetación y climatología. A partir de estos criterios se definió a la Morfología como el principal rasgo de clasificación y se delimitaron las unidades en base a las características dominantes de cada una de las variables. Como resultado se obtuvieron 15 unidades fisiográficas (Mapa fisiográfico), las cuales pueden agruparse en forma generalizada de acuerdo a su litología en montañas sedimentarias y montañas volcánicas; las montañas son elevaciones naturales superiores a 200 ó 300 metros desde su base y pueden encontrarse aisladas o constituir conjuntos mayores, que dependiendo de su elevación y características pueden catalogarse como cinturón, sistema, cordillera, entre otros. Se originan por procesos endógenos como plegamientos, tectónica de placas o magmatismo intrusivo y extrusivo. En la República Mexicana, las grandes formas del relieve se desarrollaron principalmente en el Neógeno-Cuaternario de la era Cenozoica (Lugo-Hubp, 1990). A continuación se describen las unidades:

Montañas sedimentarias

En el municipio de Tlanchinol las montañas sedimentarias se pueden diferenciar por su nivel de degradación en ligeramente diseccionadas y medianamente diseccionadas. Las primeras ocupan una extensión menor al 2% de territorio municipal y se relacionan con fragmentos de selva alta perennifolia y con pastizales y agricultura de temporal.

Las montañas sedimentarias medianamente diseccionadas se extienden por todo el territorio municipal por debajo de los 1300 msnm. Están relacionadas con todos los tipos de vegetación y usos de suelo identificados. Las montañas sedimentarias medianamente diseccionadas con cobertura de selva alta perennifolia se extienden desde el centro del municipio hacia el norte, norte-este y oeste y abarcan 181.75 km² (46.39% de total municipal). Otras zonas de la misma unidad cubiertas con bosque mesófilo de montaña se encuentran dispersas al sur y centro del municipio, estas se extienden 66.8 km², ocupando el 17.05% del territorio. Otros usos de suelo relacionados con esta unidad son la agricultura de temporal y el pastizal los cuales ocupan el 6.82% y el 2.79% respectivamente.

Montañas volcánicas

Las montañas de origen volcánico también están relacionadas tanto con vegetación natural como con usos de suelo antropogénicos. Esta unidad se extiende del sur al centro y oeste del municipio

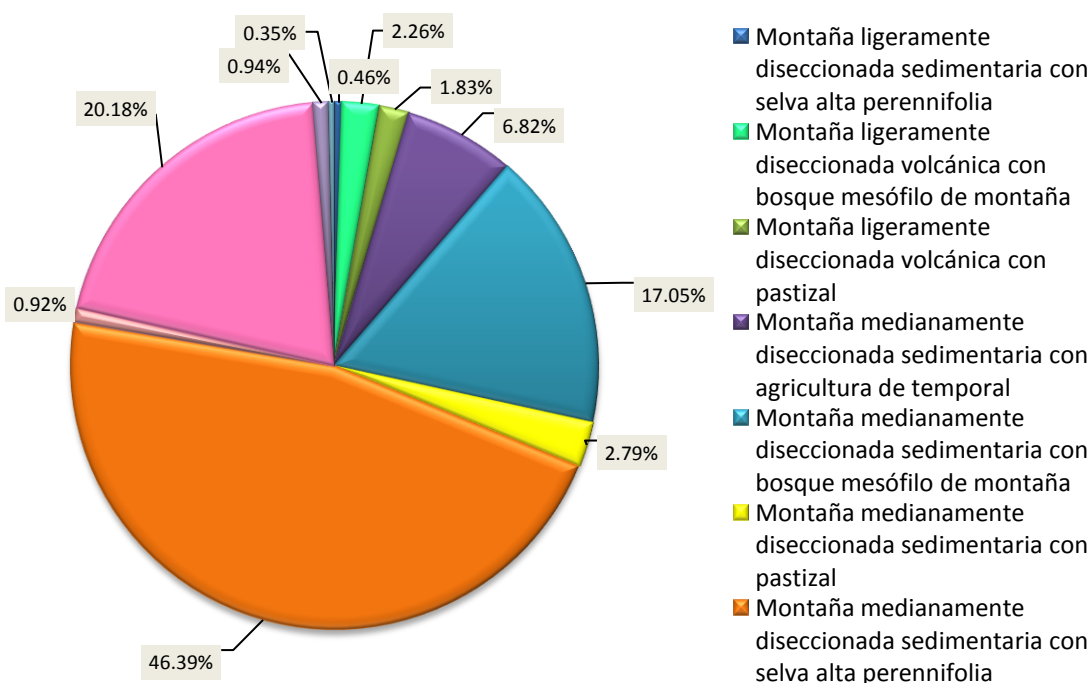
y corresponde a las elevaciones de mayor altitud. Al igual que en las montañas sedimentarias se pueden observar dos grados de erosión distintos, sin embargo la mayor parte presenta un grado avanzado de degradación, la cual se puede observar en las cárcavas y valles modelados por los escurrimientos.

Esta unidad está relacionada en su mayor parte con el bosque mesófilo de montaña, tanto en su fase ligeramente diseccionada como en la moderadamente diseccionada (2.26% y 20.18% del total municipal respectivamente). La montaña volcánica ligeramente diseccionada y moderadamente diseccionada está cubierta parcialmente por agricultura de temporal, 26.74% y 3.6% del territorio respectivamente, mientras que el pastizal en zonas medianamente diseccionadas abarca el 3.69% y el pastizal en zonas ligeramente diseccionadas ocupa el 7.19% de territorio municipal. El porcentaje restante lo ocupan pequeños fragmentos de montañas medianamente diseccionadas con selva alta perennifolia.

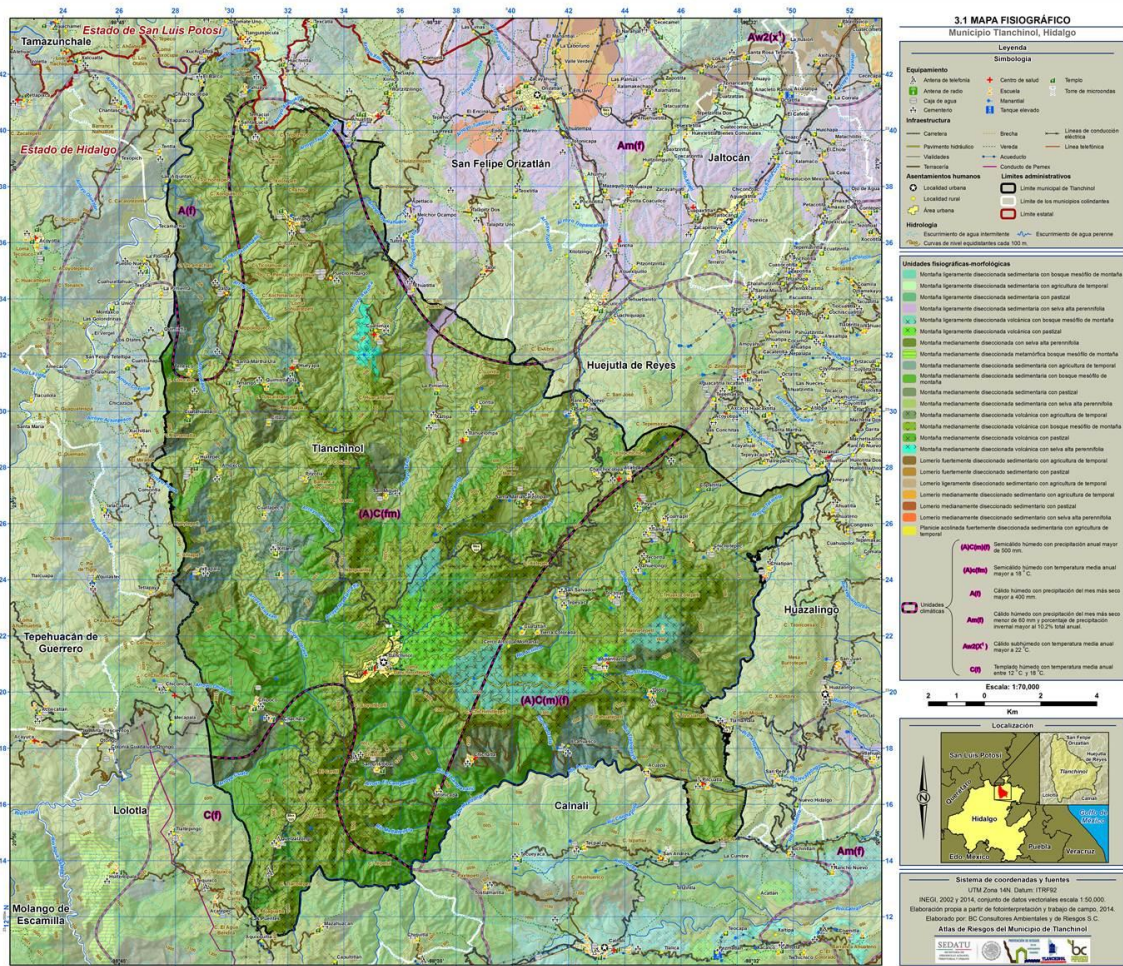
Finalmente en el extremo norte del municipio se encuentra un fragmento de una planicie acolinada fuertemente diseccionada sedimentaria relacionada con agricultura de temporal.

En la siguiente gráfica se observa la clasificación de unidades fisiográficas:

Gráfica 1. Clasificación de la unidades fisiográficas y su porcentaje en relación a la superficie municipal.



Mapa 4. Mapa fisiográfico



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

3.2. Geología

El análisis geológico del municipio de Tlanchinol permitió identificar la composición y origen de las unidades litológicas, así como su distribución, características físicas y químicas y relaciones estructurales. La litología se constituye como el sustrato subyacente a la capa superficial del terreno, por lo que de sus características dependerá el comportamiento del terreno ante diversos mecanismos, naturales o artificiales, los cuales pueden traducirse en peligros para la sociedad.

El análisis se realizó mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y ortofotos además de trabajo de campo, en donde se identificó la composición mineralógica y estructura de las unidades litológicas. El trabajo se complementó mediante la revisión y digitalización de las cartas geológico-mineras del Servicio Geológico Mexicano.

Las rocas más antiguas del municipio de Tlanchinol corresponden a una secuencia de gneis de foliación penetrativa a la cual se le ha llamado Gneis Huiznopala; Ortega *et al.* (1997) determinaron una edad de $1,212 \pm 132$ Ma (Proterozoico medio). En el municipio aflora al oeste, cerca de la comunidad de Ixtlapala.

Encima de la secuencia metamórfica se encuentra un estrato constituido por lutitas y areniscas del Jurásico inferior perteneciente a la formación Huayacocotla (Imlay *et al.*, 1948). En el municipio se observa al oeste, en una franja de sur a norte, en donde está relacionado con el anticlinal de Xalpa, en donde se le ha estimado un espesor máximo de 900 m. A esta unidad sobreyace un estrato de limolita y arenisca de la Formación Cahuásas definida por Carrillo (1965) perteneciente al Jurásico medio, en el que se depositaron lechos rojos continentales; en el municipio de Tlanchinol se encuentra al oeste colindante con el arroyo Cuate y el arroyo Chipoco. Posterior a esta unidad se encuentra una caliza de textura arenosa nombrada Formación Tepéxic, a la cual se le ha definido un espesor variable entre 20 a 350 m.

Del Jurásico superior, perteneciente al Kimmeridgiano, afloran las formaciones Chipoco (Hermoso de la Torre y Martínez, 1972) y Tamán (Heim, 1926), cuyo depósito se ha interpretado recientemente como un cambio de facie, la primera en ambiente de cuenca y la segunda de talud. La formación Chipoco se caracteriza por contener Caliza rica en magnesio; la formación Tamán está constituida por una secuencia de caliza negra bien estratificada, con intercalaciones de lutita negra. El contacto superior de ambas formaciones es concordante y transicional con la Formación Pimienta, la cual consiste en una secuencia rítmica de calizas y lutitas de estratificación delgada.

Sobre estas unidades se encuentra el depósito de la Formación Tamaulipas (Cretácico inferior) la cual posee una caliza gris oscuro de estratificación gruesa con presencia de líneas estiolíticas, nódulos y lentes de pedernal negro en la parte inferior y caliza color gris claro, de estratificación delgada o laminar, con intercalaciones de lutita y bandas y nódulos de pedernal negro, en la parte superior. Esta unidad se encuentra distribuida al centro del municipio, de norte a sur. Sobre la anterior, del Cretácico superior, aflora una secuencia de caliza de textura wackstone, con intercalaciones de lutita, limolita y bandas de pedernal negro, de la Formación Agua Nueva; de forma concordante y transicional se tiene una secuencia de marga bien estratificada de color gris verdoso con intercalaciones de lutita bentonítica y arenisca de la Formación San Felipe, sobre la que sobreyace transicionalmente una secuencia de marga poco estratificada con intercalaciones de lutita frecuentemente bentonitizada que corresponde a la Formación Méndez.

Al oeste del municipio se observa la Formación Chicontepec del Terciario, compuesta por sedimentos turbidíticos de origen mixto que originaron calizas, areniscas y lutitas.

Finalmente, del Mio-Plio afloran lavas basálticas y andesíticas del evento volcánico conocido como Formación Tlanchinol. Esta unidad ocupa las mayores altitudes del municipio y posee espesores hasta de 120 m. Los flujos varían en composición (basaltos ricos en olivinos y andesitas con piroxenos y anfíboles), pero en general se trata de rocas melanócratas, faneríticas bastante densas. La cabecera municipal de Tlanchinol se ubica sobre la parte más alta del depósito, en donde también se encuentra en buen estado de conservación.

La erosión de las unidades descritas anteriormente ha formado depósitos aluviales y coluviales del Cuaternario, los cuales generalmente se observan formando pequeñas planicies y cercanos a los valles modelados por los escurrimientos.

Gráfica 2. Unidades litológicas del municipio de Tlanchinol y su porcentaje en relación a la superficie municipal.

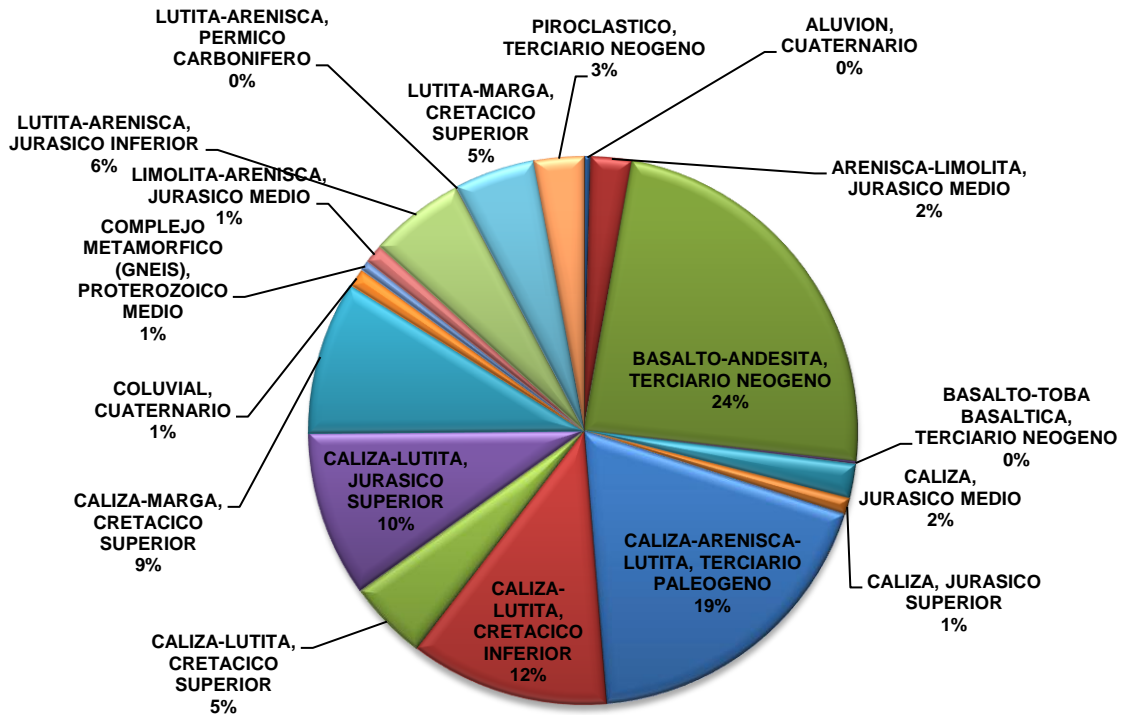
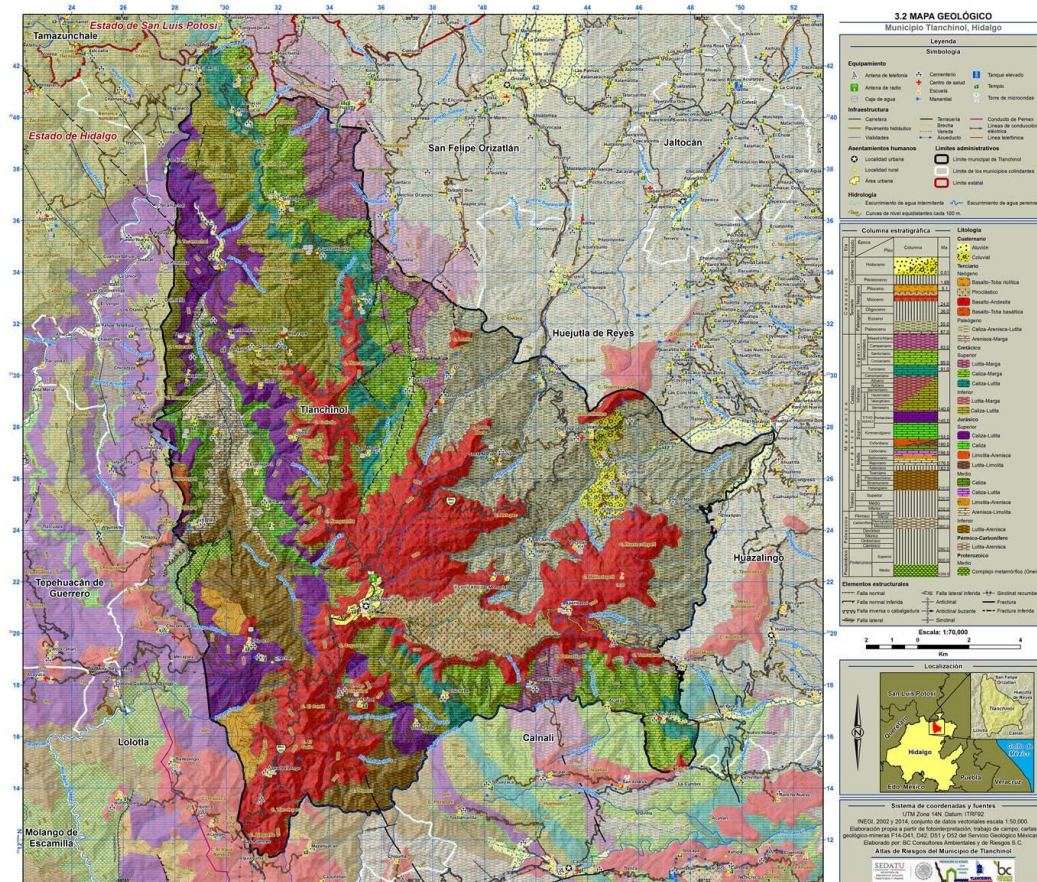


Tabla 4. Extensión y porcentajes de las unidades litológicas del municipio

Categoría	Edad	Área km ²	Porcentaje municipal
Caliza-Lutita	Cretácico superior	18.312	5%
Caliza-Marga	Cretácico superior	35.3371	9%
Lutita-Marga	Cretácico superior	18.5348	5%
Caliza-Arenisca-Lutita	Terciario paleógeno	73.4232	19%
Basalto-Andesita	Terciario neógeno	93.7419	24%
Caliza-Lutita	Jurásico superior	38.2045	10%
Aluvión	Cuaternario	1.63405	0%
Basalto-Toba basáltica	Terciario neógeno	0.626337	0%
Arenisca-Limolita	Jurásico medio	9.50481	2%
Caliza	Jurásico superior	3.94133	1%
Caliza	Jurásico medio	7.88638	2%
Complejo metamórfico (Gneis)	Proterozoico medio	2.37894	1%
Caliza-Lutita	Cretácico inferior	46.0406	12%
Limolita-Arenisca	Jurásico medio	4.48868	1%
Lutita-Arenisca	Jurásico inferior	21.9802	6%
Piroclasto	Terciario neógeno	11.3417	3%
Lutita-Arenisca	Pérmico carbonífero	0.145225	0%
Coluvial	Cuaternario	4.28753	1%

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

Mapa 5. Mapa Geológico



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

3.3. Geomorfología

El análisis geomorfológico se elaboró mediante interpretación de imágenes de Google Earth, referencias bibliográficas y posteriormente se realizaron recorridos en campo para levantar información y corroborar el análisis elaborado previamente.

El 70% del municipio de Tlanchinol se encuentra formada por diferentes unidades de rocas calizas del cretácico superior y jurasico superior, las cuales se componen principalmente de carbonato de calcio (CaCO_3) y los procesos exógenos que convergen en la zona han originado una geomorfología mayormente definida en cada una de sus geofomas.

Gráfica 3. Clasificación de la unidades geomorfológicas del municipio de Tlanchinol y su porcentaje en relación a la superficie municipal.

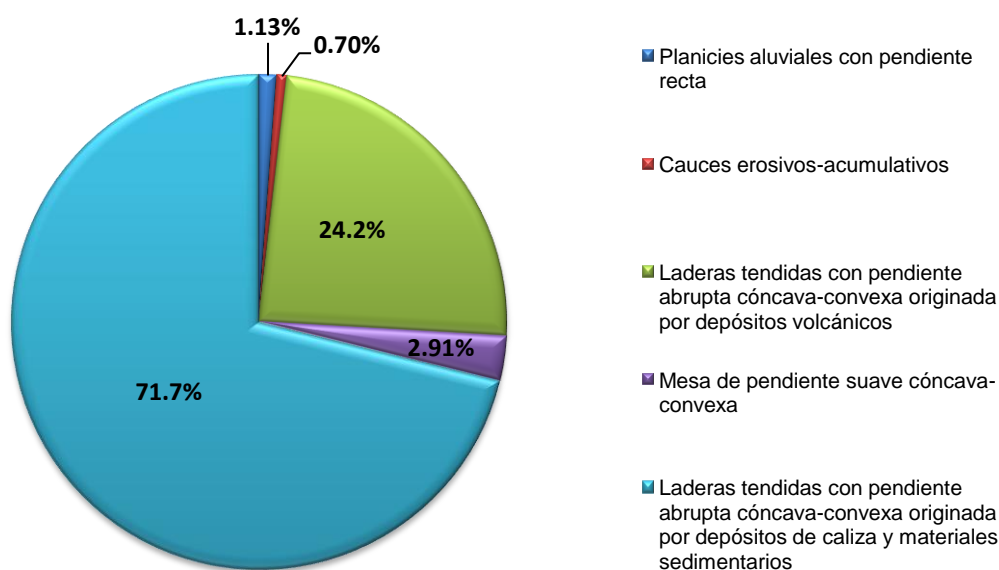


Tabla 5. Extensión y porcentajes de las unidades geomorfológicas del municipio

Unidad	Área km ²	Porcentaje municipal
Planicies aluviales con pendiente recta	4.40833	1.13%
Cauces erosivos-acumulativos	2.73866	0.70%
Laderas tendidas con pendiente abrupta cóncava-convexa originada por depósitos volcánicos	94.3682	24.2%
Mesa de pendiente suave cóncava-convexa	11.3416	2.91%
Laderas tendidas con pendiente abrupta cóncava-convexa originada por depósitos de caliza y materiales sedimentarios	278.958	71.7%

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

La geomorfología del municipio de Tlanchinol está claramente determinada por la génesis endógena, principalmente acumulativa, la cual ha generado formas mayores del relieve, representadas en las formaciones sedimentarias por la acumulación de material procedente de la erosión. Los procesos acumulativos que actúan sobre las anteriores han originado formas por morfogénesis fluvial y gravitacional en las planicies aluviales (Mapa geomorfológico).

El clima tiene una gran influencia en la modelación y configuración del relieve del municipio ya que determina algunos de los procesos exógenos actuantes. Tanto la morfogénesis como la morfoevolución del relieve están condicionadas en gran medida por los procesos que se derivan de la temperatura y la precipitación. Con un régimen de precipitación tan alto (ver apartado de clima), el modelado fluvial es claramente el proceso exógeno de mayor influencia, el cual se manifiesta en formas negativas del relieve producto de la denudación y transporte de material, y de formas positivas en las zonas de acumulación del material desprendido. Estas zonas se observan como planicies aluviales en los márgenes de los escurrimientos debido al material que se ha denudado o en vastas planicies las cuales son receptoras del material tanto volcánico como sedimentario denudado.

Habiendo identificado los procesos morfogenéticos y formas del relieve, se definieron las unidades mayores, tomando en consideración la morfogénesis y morfometría (pendiente, curvatura y disección vertical y horizontal):

El relieve exógeno hace referencia a las geoformas que han resultado de los procesos modeladores del relieve (intemperismo, transporte, acumulación) ocurridos en la superficie terrestre (Lugo-Hubp J. , 2011). Las primeras están representadas en las planicies aluviales, las cuales presentan diferente morfometría, las de mayor extensión corresponde a la porción norte del municipio provocada por depósitos de materiales provenientes de las altas regiones al sur del mismo; esta planicie presenta una geometría cóncava-convexa debido a los remanentes de la erosión fluvial que ha formado regueros y cárcavas que se extienden principalmente en dirección S-N, esta planicie corresponde a la zona de menor altitud al norte del municipio, entre los 400 a los 100 msnm, a pesar que se halla fuera de la zona de estudio sobre ella se concentran varias localidades de los municipios circunvecinos de San Felipe Orizatlán y Jaltocán; otras planicies de menor extensión están establecidas fondo de los cauces que recorren la mayoría la extensión total del municipio, estas presentan una morfometría predominantemente plana y se compone de sedimentos y cantos rodados arrastrados por los ríos (Mapa geomorfológico).

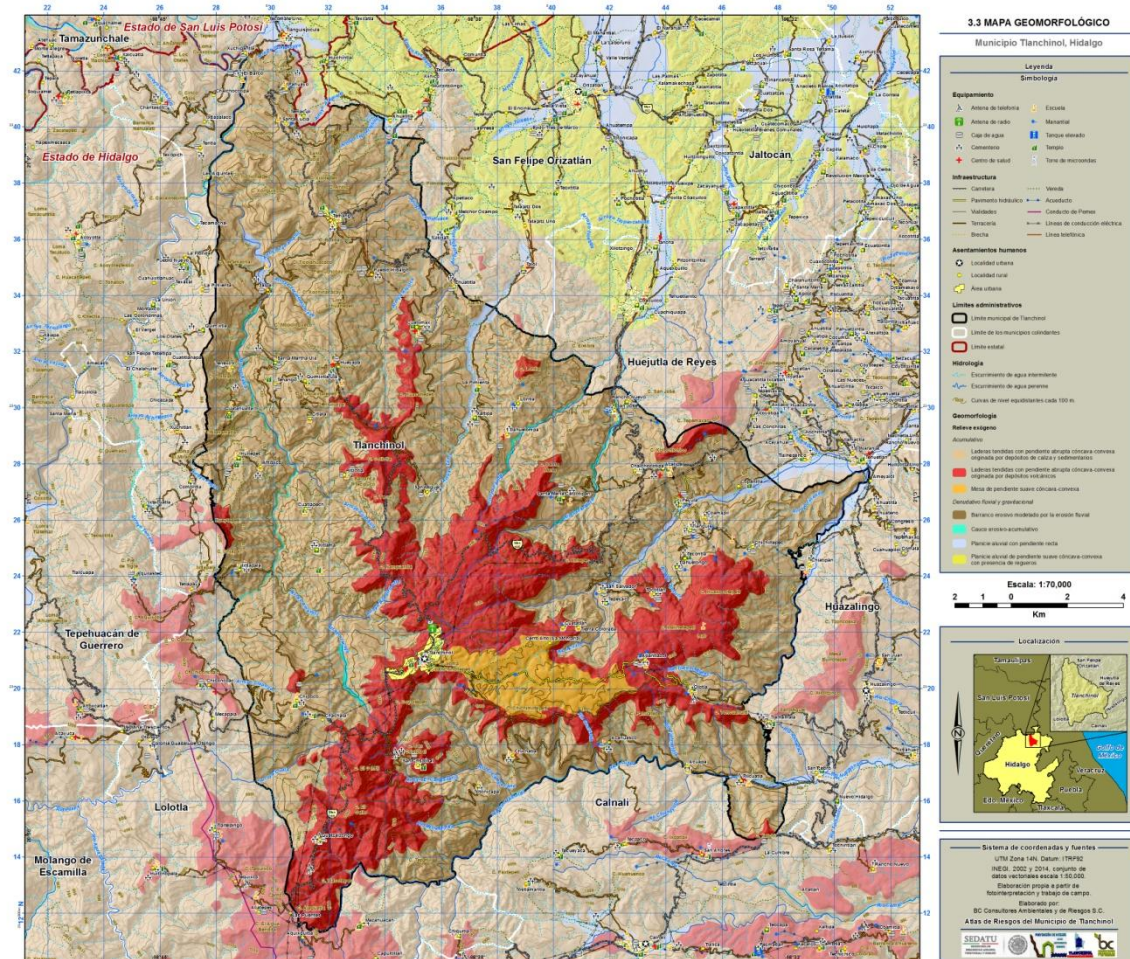
A lo que corresponde las laderas se pueden diferenciar por su composición y grado de erosión, las laderas formadas por depósitos volcánicos son las más conservadas, poseen pendientes desde planas hasta mayores de 45° de inclinación. La gran extensión de estas laderas ha permitido que el escurrimiento fluvial variable que genera formas exógenas distintivas en el municipio desde paredes rocosas y barrancos significativos que finalmente con la disminución de la pendiente provoca que estos se conviertan en pequeños valles aprovechando los márgenes de los cauces donde ejercen una erosión diferencial; estos se encuentran en el Mapa geomorfológico como cauces erosivos. Las laderas más antiguas corresponden a las formadas en los depósitos sedimentarios los cuales se muestran como expresiones del relieve exógeno acumulativo. La inestabilidad propiciada por la inclinación de estas laderas, su composición y estado de degradación han originado desprendimientos o derrumbes, formando pequeños depósitos coluviales en su base, constituidos por material no consolidado.

Por otro lado, las formas acumulativas originadas por el afloramiento de la roca caliza y su dinámica erosiva, se identifican como laderas de pendiente tendida (5°-15°) a abrupta (>35°), las cuales se extienden por casi todo el territorio de Tlanchinol. Estas laderas han originado un relieve irregular e inestable sobre el cual se encuentran la mayoría de las localidades del municipio. En ocasiones, la inclinación de la pendiente es superior a los 60° por lo que se observan escarpes, principalmente en la zona de transición entre el afloramiento de caliza y la planicie aluvial.

El relieve exógeno denudativo es aquél que se ha formado por el intemperismo y denudación o transporte de las partículas de las geoformas preexistentes (Lugo-Hubp J. , 2011). En el municipio

de Tlanchinol los principales procesos denudativos son el fluvial y el gravitacional, los cuales se han intercalado y resultado en diversas formas negativas del relieve. Sobre la planicie aluvial, mediante un mecanismo principalmente fluvial originado por el escurrimiento continuo de los ríos, se observan barrancas de paredes escarpadas que recorre la mayor parte del municipio y que llega a presentar más de 100 a 200 m de profundidad en algunas partes (Mapa geomorfológico).

Mapa 6. Mapa geomorfológico



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

Altimetría

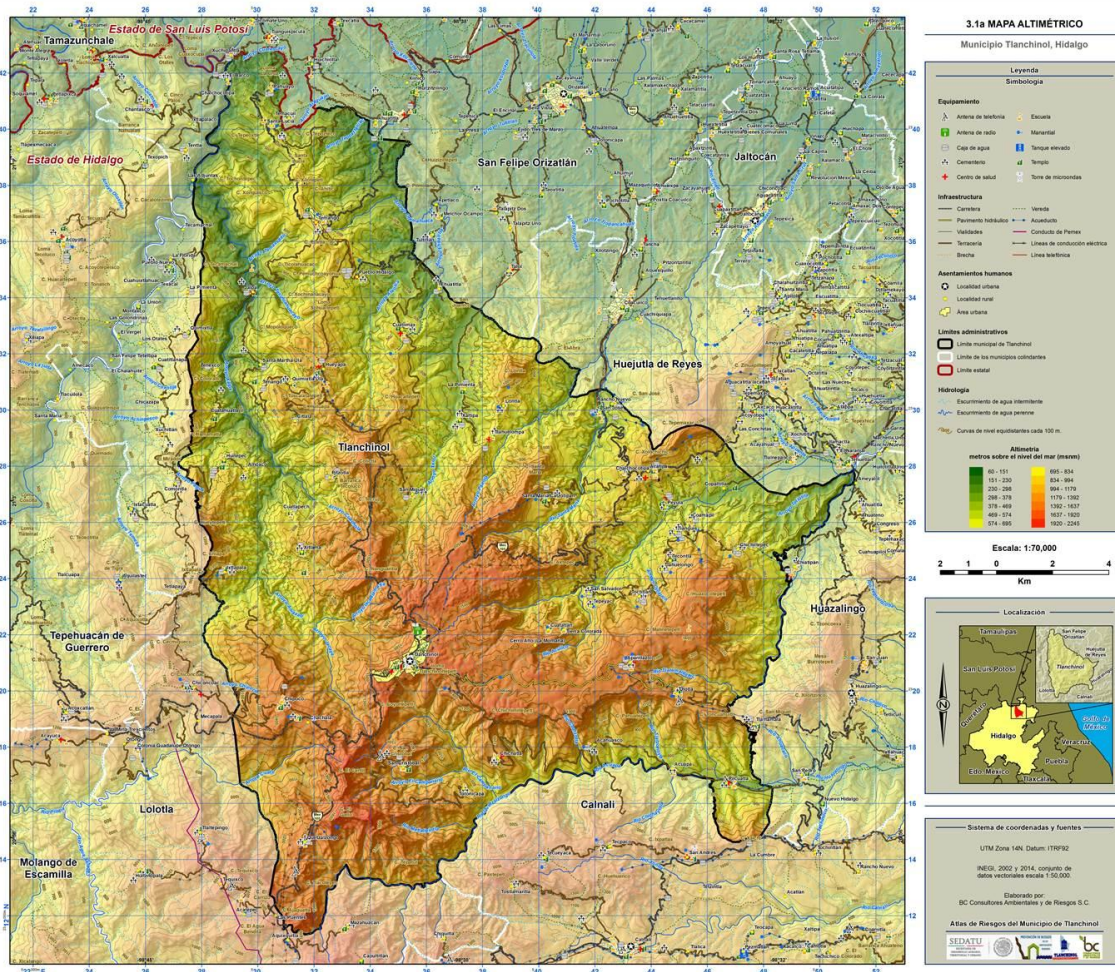
El municipio de Tlanchinol se localiza sobre la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, en las estribaciones de la misma con la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico (INEGI, 2001), lo cual le ha otorgado una topografía muy heterogénea y en la cual se identifica un gradiente altitudinal que oscila entre los 60 y los 2245 metros sobre el nivel del mar (msnm). La Sierra Madre Oriental se caracteriza por la presencia de laderas escarpadas y pendientes abruptas, así como por la formación de valles en V” (Lugo-Hubp J. , 2011) Cabe mencionar que es en las partes altas del municipio donde se originan gran cantidad de escurrimientos perennes como el Arroyo Paintla, Río Jacaya, Río Tehueltlán, Arroyo Cuachola, Río Ixcoalamatla, Río El Campanario, así como una infinidad de escurrimientos intermitentes y cuyo cauce se dirige hacia las partes bajas, tanto del municipio como de la Sierra Madre Oriental, hacia la vertiente norte y oriental del territorio municipal (Mapa altimétrico).

Como se muestra en el Mapa altimétrico, los rangos altitudinales mayores, de 1179 a 2245 msnm, se distribuyen desde el suroeste hacia centro, sureste y norte. Sobre este rango se localizan 18 de las 55 comunidades totales, y de las cuales destacan: Tlanchinol, Olotla, Chipoco, Apantlazol, Chicatla, San Cristobal, Quetzalongo, Chachala, Tierra Colorada, Cerro Alto (La Montaña) y Cuatatlán cuyo número de habitantes oscila entre 1 y 1500 habitantes.

El siguiente rango, de 574 a 1178 msnm, se distribuye de forma uniforme dentro del territorio, específicamente en dirección hacia los límites municipales, al sur, sureste, centro, centro-norte y oeste. Dentro de este intervalo se encuentran las localidades Tecontla, Tepeyac, Temango, Chichiltépec, Pueblo Hidalgo, Hueyapa, Acahuasco, Huitepec, Cuatahuatla, Tlahuelongo, Tenango, Quimixtla Ula, Cuatlapech, Tlahuelompa, Tianguis, Amoxco, Cuatlimax, Toctitlan y entre otras localidades más.

Finalmente, el rango 60 a 573 msnm, es decir, las partes más bajas; se encuentran sobre el extremo norte, este y sur del municipio. En este intervalo se encuentran 16 localidades de las cuales, destacan: San José, Jalpa, Acuapa y Tenexco.

Mapa 7. Mapa Altimétrico



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

Pendientes

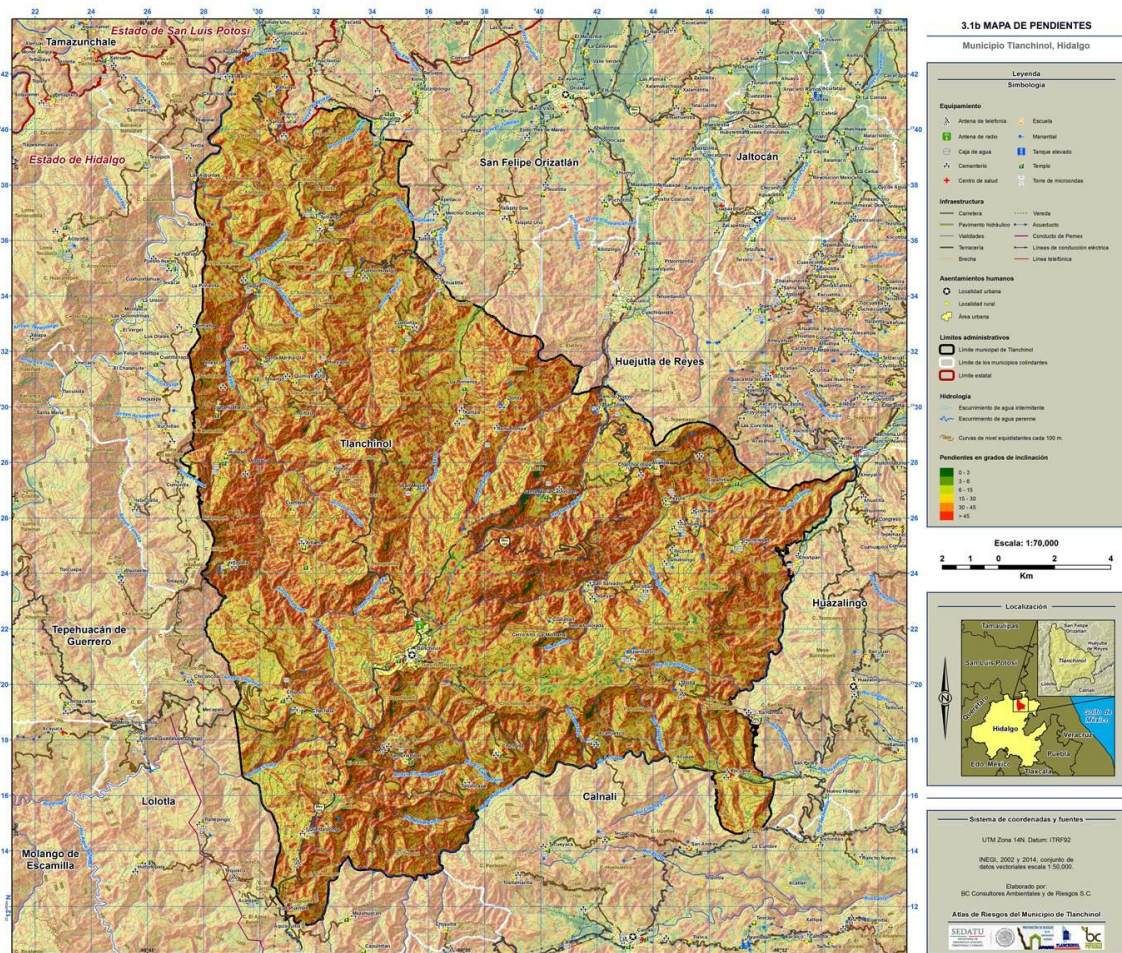
Los diferentes procesos morfotectónicos y de modelado que se han desarrollado en el municipio de Tlanchinol, han originado una geomorfología muy diversa, la cual evidencia desde planicies hasta escarpes muy abruptas, con pendientes que oscilan desde 0° hasta más de 45° de inclinación.

Las pendientes de 0 a 3° de inclinación se presentan en todo el municipio; sin embargo, predominan en la vertiente norte y noreste del municipio, donde se encuentran las localidades de Quimixtla Ula y San Miguel, así como los cauces de algunos ríos perennes e intermitentes como: Arroyo Chichitépétl y Río Jacaya, ubicados al sureste y suroeste respectivamente.

El rango 3 a 15° de inclinación, se presenta prácticamente en la misma proporción que la categoría anterior, en éste se identifican 22 localidades de las cuales, se pueden mencionar: Tlanchinol, Jalpa, San José, Chichatla, San Cristobal y Cuatlimax.

Como se observa en el Mapa de pendientes, prácticamente en la totalidad del municipio predominan las pendientes entre 15° y mayores a 45°; no obstante, las pendientes con mayor grado de inclinación, es decir aquellas superiores a 45°, se ubican en las laderas de la barranca Tecolulo, Cerro Tepatul, Cerro Xalchi, Cerro Tlacotepec, Cerro el Gallo, Cerro Axtepec, Cerro Xilotepetl, así como en las cañadas de los ríos Acuilco, Metlaltzintla, Ajacayac, Tehuetlán, Santa María; así como de los arroyos Chipoco, El Campanario, Ojocuyo, Temango, Xalpa, Jacaya y otros más en todo el municipio.

Mapa 8. Mapa de Pendientes



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

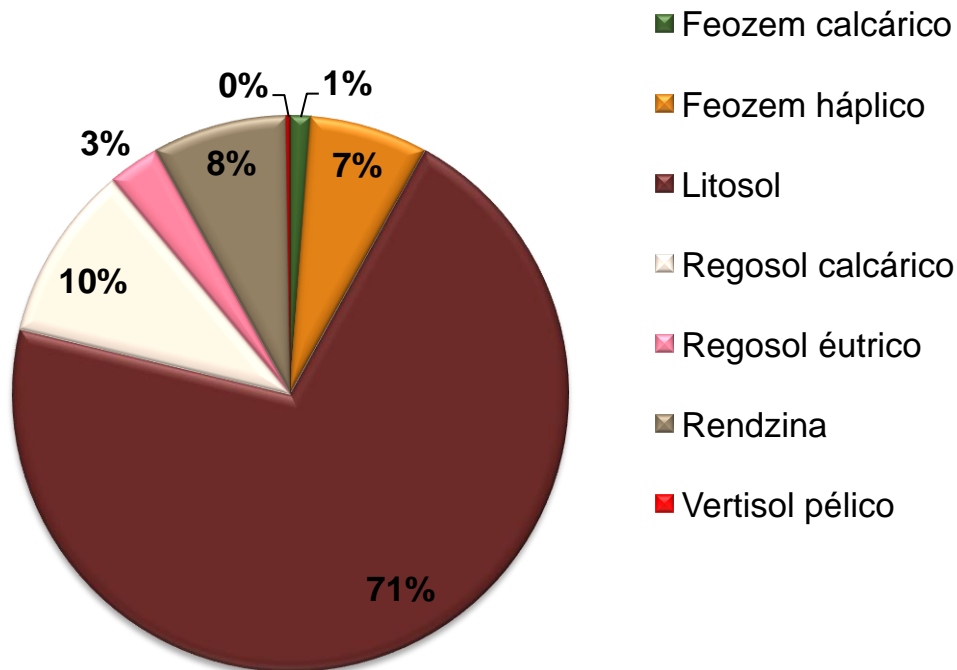
3.4. Edafología

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

El desarrollo de los diferentes tipos de suelo depende de varios factores, entre ellos: el material parental, el relieve, el clima y la actividad biológica. La acción de la meteorización sobre la roca madre origina suelos que difieren mucho en textura, saturación de bases, pH, tipo de arcilla predominante y fertilidad (SEMARNAT, 2012). Por ello, el conocimiento de la distribución de los suelos y sus propiedades es un factor crucial para definir un plan de manejo en cualquier territorio.

El presente mapa edafológico muestra la distribución espacial de los diferentes tipos de suelos dentro del municipio de Tlanchinol, se elaboró con la información presentada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el Conjunto Nacional de Datos Vectorial Edafológico escala 1:250,000. En el municipio se encuentran siete unidades edafológicas: Litosol (71%), Regosol calcárico (10%) y éutrico (3%), Rendzina (8%), Feozem háplico (7%) y calcárico (1%) y Vertisol pélico (0%).

Gráfica 4. Suelos del municipio de Tlanchinol



Los **litosoles** son los suelos más abundantes del país, ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales.

El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. En el municipio de Tlanchinol es el suelo de mayor predominancia cubriendo en su totalidad gran parte del territorio en un total de 277.07 km², desde el norte hasta el centro-sureste del mismo, es decir en las localidades de Citlala, Pitzotla, La Pimienta, Tlanchinol, Tecontla y toctitlán.

Los **regosoles** son suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y 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 que les da origen.

En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad. Es común en regiones montañosas, caso particular del municipio de Tlanchinol. Este suelo puede ser calcárico 40.01 km², regosol con algo de cal a menos de 50 cm de profundidad y eútrico 11.73 km², regosol con subsuelo rico o muy rico en nutrientes, tiene su mayor predominancia al sur.

Las **rendzinas** estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos por debajo de los 25 cm pero llegan a soportar vegetación de selva alta perennifolia. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión. La rendzina abarca mayoritariamente la parte norte del municipio con un total de 30.69 km², las localidades que se destacan aquí son Temango principalmente y pequeñas localidades rurales como Santa Lucía y Pueblo Hidalgo.

Los **feozems** son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego. En Tlanchinol los feozems se pueden encontrar con subhorizonte calcárico (4.74 km²), es decir feozem con algo de cal a menos de 50 cm de profundidad, alta fertilidad y permeables, o bien feozem háplico (26.8 km²), con fertilidad moderada y permeable. De las localidades más representativas en estas unidades son Coamapil y Copaltitla al este y Chipoco y Chachala al oeste.

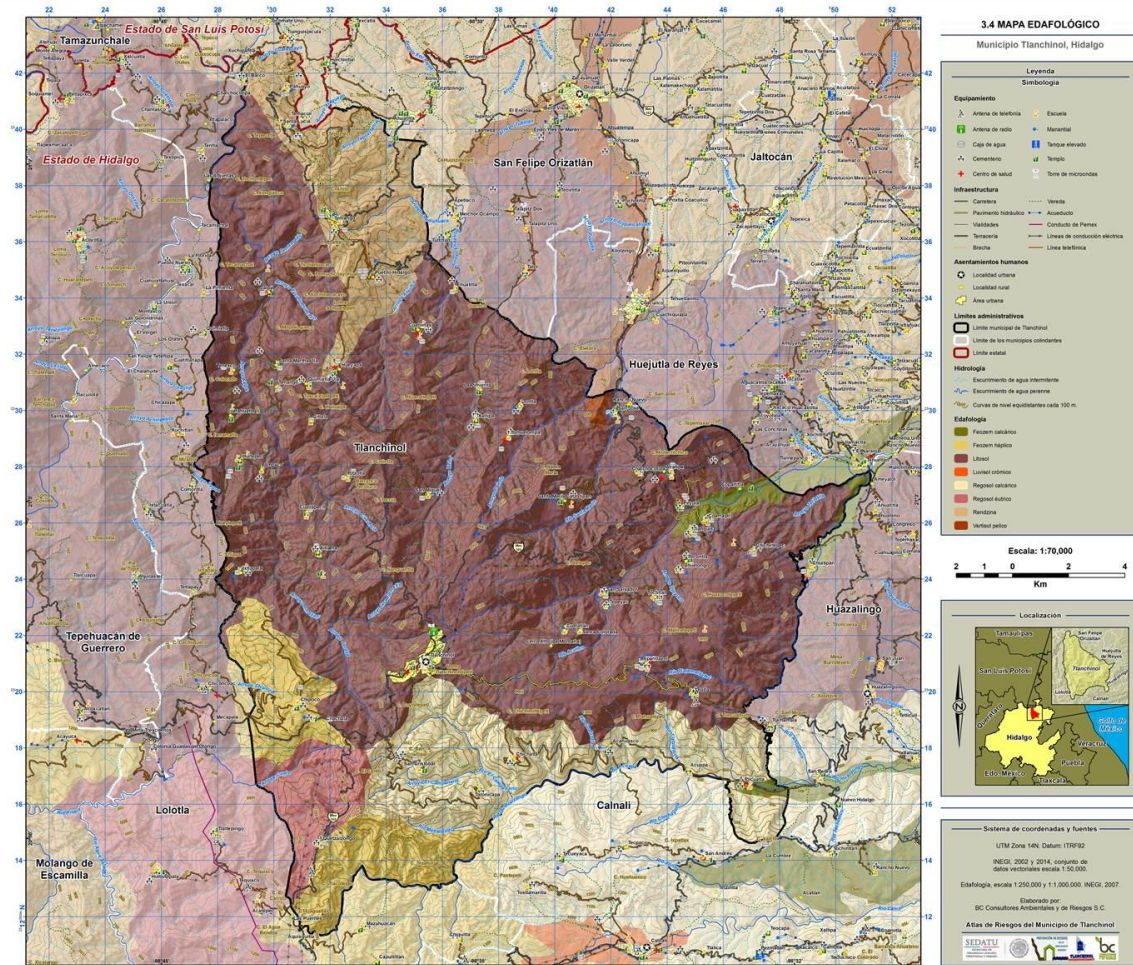
Los **Vertisoles** son suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro en la zona centro a oriente de México y de color café rojizo hacia el norte del país. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Son muy fértiles pero su dureza dificulta la labranza. En estos suelos se produce la mayor parte de caña, cereales, hortalizas y algodón. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización. Los vertisoles pueden ser muy oscuros característicos del subhorizonte de un vertisol pélico, la superficie de este en Tlanchinol es de 0.77 km² y se sitúa al este.

En resumen los suelos del municipio de Tlanchinol son arcillosos con una capa muy grande de materia orgánica en forma de humus, por lo que tienen un color oscuro. Las diferentes asociaciones vegetales los proveen de grandes cantidades de humus, que a su vez los hace ricos

en nutrientes para las plantas. Son comunes las rendzinas, los litosoles y los feozem principalmente. Se caracterizan por tener un alto contenido de carbonatos derivados de calizas por la acción de la precipitación y de la temperatura.

Las propiedades de uso agrícola son pocas, debido a que en su mayoría la región está ocupada por zonas montañosas con abruptas pendientes, poco espesor del suelo y afloramiento de rocas, lo que limita la actividad agrícola. No obstante, se utilizan para agostaderos, fines agrícolas y forestales.

Mapa 9. Mapa Edafológico



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

3.5. Cuencas y Subcuencas

De acuerdo con diversos autores, las cuencas hidrográficas son una porción del territorio donde drenan escurrimientos de agua que confluyen hacia altitudes menores de la superficie, se incorporan a cuerpos de agua de mayor magnitud considerados como corrientes principales, para finalmente desembocar en el mar (cuencas exorreicas), en lagos o lagunas (cuencas endorreicas), además son consideradas como un sistema natural dinámico compuesto de unidades físico-biológicas y también unidades socio-políticas que evolucionan permanentemente en función de las actividades antrópicas, es por esto que son espacios geográficos imprescindibles para la planificación y ordenación de los recursos naturales (FAO, 1992; Lugo, 1998; Saltav, 1995; WWF, 2014). A su vez, las cuencas se dividen en subcuencas, que están definidas como unidad hidrográfica en la que su drenaje va directamente al río principal de la cuenca; de la misma forma, las subcuencas se dividen en microcuencas, que es toda área en que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca.

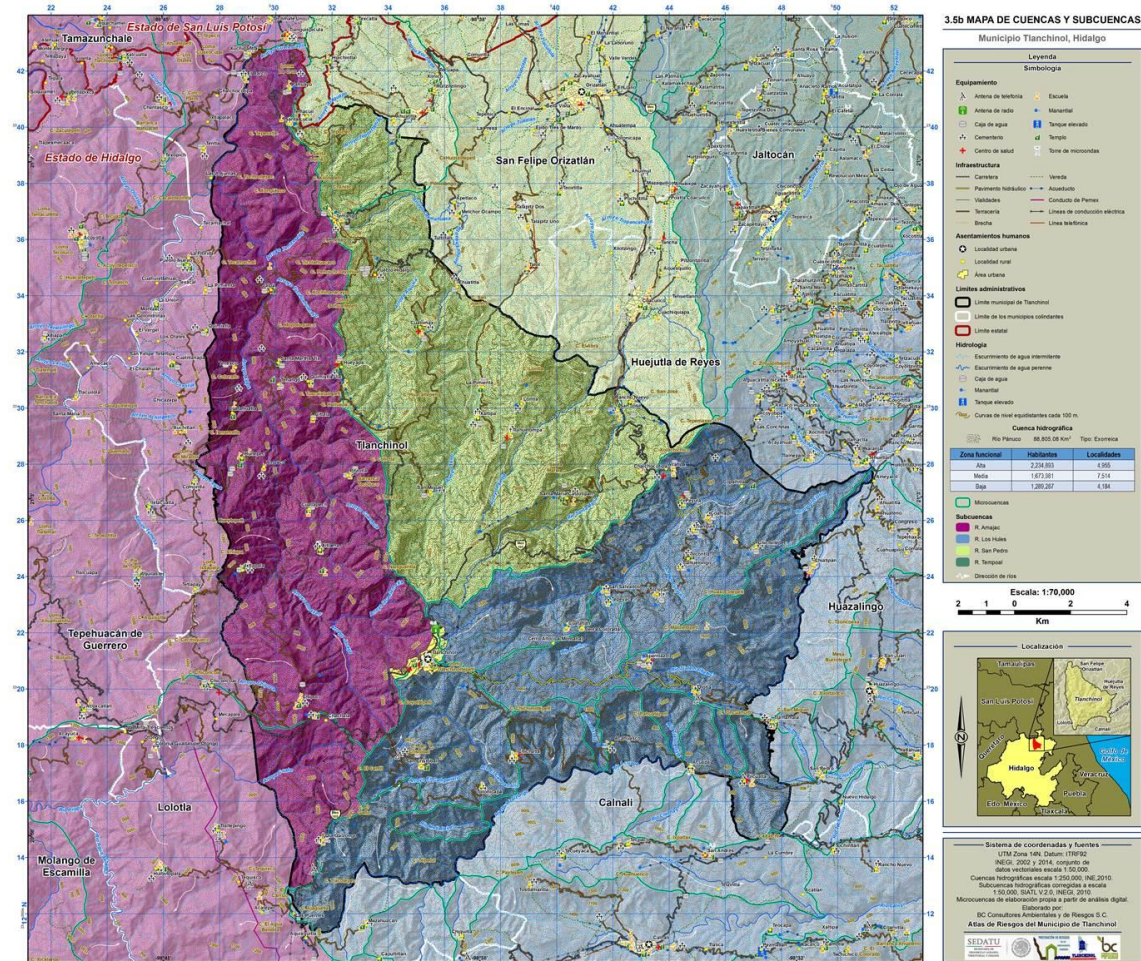
En este sentido, es importante mencionar que las actividades que desarrolla el ser humano en una cuenca son el eje integrador para su manejo integrado, lo que representa una vía favorable para la mitigación y reducción de la vulnerabilidad a los desastres naturales.

Las consecuencias del manejo inadecuado de los recursos naturales ocurren a mediano o largo plazo, principalmente están relacionados por inundaciones en las partes medias y bajas; sequías o falta de agua para sus diferentes usos, principalmente el de consumo humano; contaminación de agua, tanto física, química o biológica; sedimentación en las zonas bajas; baja productividad de la tierra; entre otros.

México es considerado como uno de los países con riqueza media en lo que a recursos hídricos concierne; pues con base en los trabajos realizados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas, permitiendo así tener una disponibilidad promedio anual per cápita de cinco mil metros cúbicos aproximadamente (CONAGUA, 2011) e (INEGI, 2013). Los estados ubicados en las cuencas más húmedas son: Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas (manifestando un escurrimiento superficial mayor a los 10 mil litros por persona al año); mientras que Baja California, Baja California Sur y Coahuila son estados localizados en las cuencas menos húmedas (manifestando un escurrimiento superficial disponible no mayor a los 200 litros por persona al año) (INEGI, 2013).

En el estado de Hidalgo se encuentran las cuencas: río Pánuco, río Tecolutla, río Cazones, río Tuxpan (Pantepec) y la cuenca de México (INE, 2013). El municipio de Tlanchinol está albergado en la zona funcional media de la cuenca del río Pánuco, cuenca de tipo exorréica ocupada por un total de 5,198,161 habitantes (INECC, 2012). La zona funcional media de una cuenca representa área transicional entre la cuenca alta y la cuenca baja del sistema hidrográfico, en esta, se observa una mayor integración de la red de drenaje con corrientes de segundo, tercero y cuarto orden, suelen ser zonas aptas para el almacenamiento hídrico, pues la red de drenaje comienza a integrarse y robustecerse debido a la confluencia de afluentes de órdenes mayores, así que es una zona funcional de mezcla y transición hidrológica hacia las zonas de desembocadura o salida del sistema (Cotler, 2010), el municipio ocupa 32% del total de habitantes que habitan en esta zona.

Mapa 10. Mapa de Cuencas y Subcuencas



Fuente: BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C., 2015

A su vez, con base en la información proporcionada por el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL, 2010) del INEGI se identifican tres subcuencas: la del río San Pedro, al norte, centro y este del municipio, con una superficie de 109.89 km² (28.27% del territorio municipal), sobre esta porción se localizan 21 comunidades, de las que destacan: Santa María, Chalchocotipa y Cuatlimax cuyo número de habitantes es mayor a 1000; la del río Amajac, al centro, norte y oeste, con 131.39 km² (33.81%) donde se encuentran 28 localidades, de las que destacan: la cabecera municipal, Quetzalongo, Chachala, Chipoco y Quimixtla Ula, por ser las más pobladas; y la del río Los Hules, al centro, sureste-suroeste, con una superficie de 150.52 km² (38.73%), es la subcuenca más grande dentro del territorio y, por consiguiente, la que contiene mayor número de localidades. De las cuales, destaca: Chichatla, Chichiltepec, Acahuasco, Toctitlán y Olotla, además de otras 29 localidades (mapa 3.5b Cuencas y subcuencas). En la tabla 1 se tiene la superficie que ocupa cada subcuenca en el municipio así como el total de habitantes que las habitan.

Tabla 6. Superficie de las subcuencas hidrográficas del municipio de Tlanchinol

SUBCUENCA	SUPERFICIE	% CON RESPECTO AL TOTAL MUNICIPAL	NÚMERO DE LOCALIDADES
Río San Pedro	109.89 km ²	28.27	15
Río Amajac	131.39 km ²	33.81	18
Río Los Hules	150.52 km ²	38.73	22

Fuente: elaboración propia a partir de datos de INE, SIATL e INEGI, 2010.

En lo que respecta a las microcuencas, se realizó una modelación de los parteaguas a través de la topografía para su delimitación. Se tiene entonces que la superficie que ocupa el municipio de la subcuenca del río San Pedro, existen dos microcuencas, cuyos afluentes principales son los ríos Santa María y Xochititla; de la subcuenca del río Amajac, el municipio ocupa dos microcuencas, cuyos ríos principales son Agua Salada y Xalpa; mientras que la subcuenca del río Los Hules, el municipio ocupa 14 microcuencas debido a la orografía ya que en la zona sur es la más accidentada topográficamente.

3.6. Hidrografía

Una región hidrológica es la agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares.

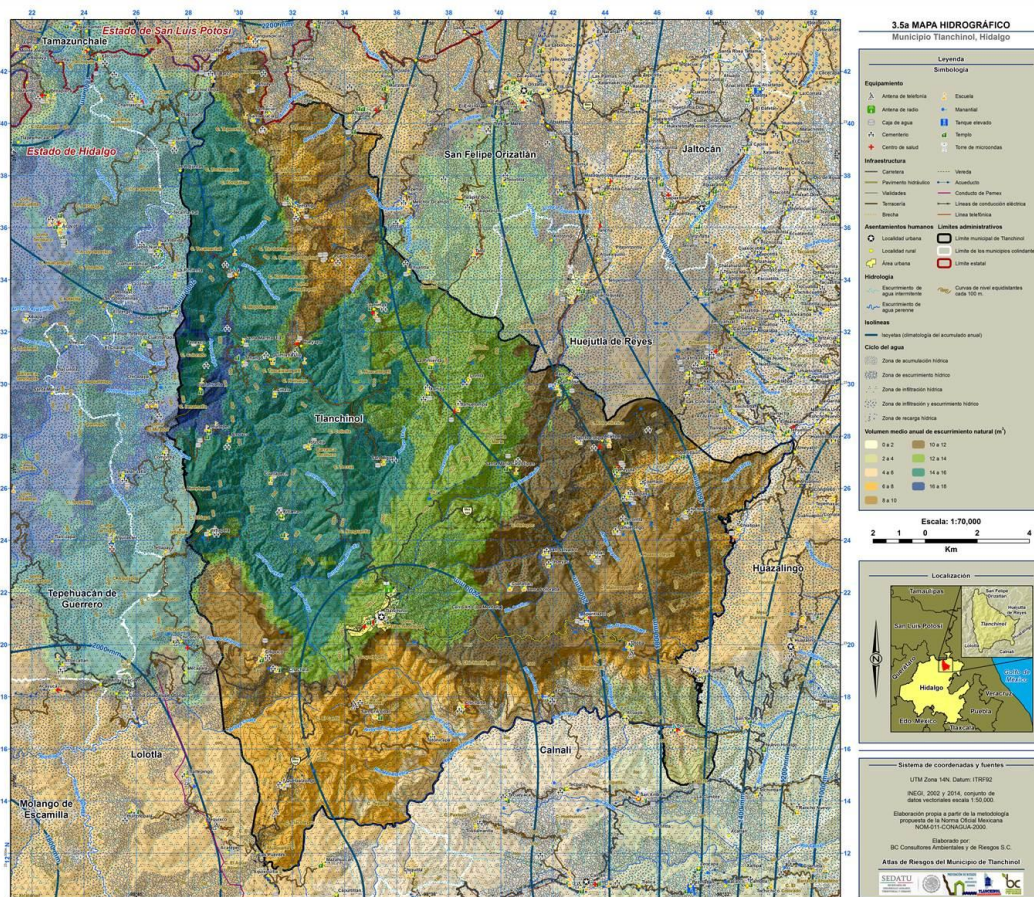
En México existe 37 regiones hidrológicas, las regiones húmedas, sistema Grijalva-Usumacinta, Coatzacoalcos, Papaloapan y la región de la Costa de Chiapas; Las regiones secas del país son, la del Vizcaíno, la Magdalena, la Laguna Salada; la de Sonora norte y la región Mapimí. Las más densamente pobladas son la región Tuxpan-Nautla y la región Lerma-Santiago (INEGI, 2013).

Para el estado de Hidalgo el INEGI, en 2013, presenta de manera general un escurrimiento superficial de 50 a 100 milímetros, aumentando hacia el este hasta presentarse valores de 100 a 200 milímetros de escurrimiento(INEGI, Climatología, 2013).

En particular para el municipio de Tlanchinol, Hidalgo, se realizó un método indirecto y semi-empírico de cálculo del Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural, según lo estipulado en el Apéndice Normativo "A" de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, sobre conservación del recurso agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002).

A partir de la información de tipo de suelo (edafología) y de vegetación y uso de suelo generados para el territorio municipal, se calcularon los coeficientes de escurrimiento para obtener el Volumen de Escurrimiento Medio Anual Natural asociado a la información climatológica de la precipitación media anual, y con esto, la delimitación de las zonas de los ciclos de recarga hídrica relacionadas con el ciclo del agua.

Mapa 11. Mapa Hidrográfico



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

Volumen medio anual de escurrimiento

Para determinar los intervalos del volumen medio anual de escurrimiento se realizó una jerarquización estadística asociada a la frecuencia.

Volumen medio anual de escurrimiento natural de 16 a 18 m³

Este volumen medio anual de escurrimiento se presenta en el norte del centro del municipio, en la región de montaña con selva alta perennifolia, en donde el gradiente pluviométrico se intensifica hasta presentar valores 2000 mm. También hay pequeñas áreas localizadas hacia el noreste del territorio municipal.

Volumen medio anual de escurrimiento natural de 14 a 16 m³

Este valor se presenta se extiende desde el oeste del centro del municipio hasta el oeste del norte de éste, además de esta correlacionado con la montaña con selva alta perennifolia y con valores de precipitación del acumulada climatológico anual de 2000 hasta 2200 mm.

Volumen medio anual de escurrimiento natural de 12 a 14 m³

Este escurrimiento esta correlacionado con el bosque mesófilo de montaña y con la selva alta perennifolia, además de percibir hasta más de 2200 mm de precipitación en el acumulado anual climatológico. Se extiende desde el centro del municipio hacia el norte hasta llegar al límite con el municipio de Huejutla de Reyes.

Volumen medio anual de escurrimiento natural de 10 a 12 m³

Este volumen de escurrimiento está relacionado con la selva alta perennifolia, bosque mesófilo de montaña y pastizal, en un tipo de suelo litosol y una precipitación media anual climatológica que va desde los 1600 hasta 2200 mm. Esta cantidad de escurrimiento se extiende en el oeste del municipio de Tlanchinol.

Volumen medio anual de escurrimiento natural de 8 a 10 m³

Este volumen de escurrimiento esta correlacionado en este caso con la vegetación de bosque mesófilo de montaña, así como los suelos de tipo litosol y feozem háplico. Presenta un precipitación característica al rededor de los 2000 mm. Se observa en el este del municipio circunscribiendo a la localidad de Chipoco y en oeste a la altura del cerro Huaxocotepetl.

Volumen medio anual de escurrimiento natural de 6 a 8 m³

Este escurrimiento esta correlacionado con tipos de suelo regosol calcárico, regosol eútrico y rendzina, así como con bosque mesófilo de montaña. La precipitación que se observa es cercana a 2200. Este valor volumétrico se extiende en su mayoría al sur del municipio en las localidades de Quetzalongo, San Cristobal y Chichatla. Se observan pequeñas áreas localizadas al norte del municipio.

un total de 235.86 km², es decir, el 60.69% de la superficie municipal; con temperatura media anual mayor a 18°C, temperatura del mes más frío menor a 18°C y temperatura del mes más caliente mayor a 22°C, éste abarca 48 localidades, de las cuales, se pueden mencionar Chipoco, San Cristobal, Tlanchinol y Cerro Alto (La Montaña).

En el sureste y sur del territorio municipal, con una superficie aproximada de 95.16 km² (24.88%) se extiende el clima semicálido húmedo del grupo C, a diferencia del anterior, este presenta una precipitación media anual mayor de 500 mm y un porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2% del total anual; sobre este tipo de clima se encuentran 23 localidades, de las cuales destacan: Chichatla, Acahuasco y Olotla. Por último, en las localidades Quetzalzungo y Chachala, ubicadas al suroeste del municipio, el clima que se presenta es el templado húmedo; este ocupa una extensión de 29.02 km² (lo que representa el 7.46% del total municipal) presenta una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Con precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.

Cabe mencionar que en la región que rodea al municipio también se presentan los climas cálido húmedo con 10.2% de lluvia invernal respecto a la total anual y el cálido subhúmedo con porcentaje mayor al 10.2% de lluvia invernal. En la tabla 5 se tiene los tipos de clima en el municipio de Tlanchinol y sus principales características.

Tabla 7. Tipos de clima y su distribución en superficie en el municipio

TIPO DE CLIMA	SUPERFICIE (km ² y %)	LOCALIDADES	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN
A(f) Cálido húmedo	28.53 km ² 7.34%	Jalpa, Tenexco y Pahuayo	18 – 22°C	>18% de lluvia invernal con respecto al total anual
(A)C(fm) Semicálido húmedo del grupo C	238.86 km ² 60.69%	31	>18°C	>18% de lluvias con respecto al total anual
(A)C(m)(f) Semicálido húmedo del grupo C	95.16 km ² 24.88%	19	18°C	media anual mayor de 500 mm y un porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2% del total anual;
C(f) Templado húmedo	29.02 km ² 7.46%	Quetzalzungo y Chachala	-3°C y 18°C	mes más seco menor de 40 mm; lluvias todo el año > 18% del total anual.

Fuente: García E. y CONABIO, 1998

Temperatura

De acuerdo al análisis de esta variable, la temperatura media anual dentro del municipio de Tlanchinol oscila entre los 16 y 20°C como se observa en el mapa 12 delimitado por isóneas en color amarillo. La tendencia del descenso de la temperatura media anual obedece a la altitud, es decir, en la parte centro, oeste y noroeste del municipio, donde la altitud va de los 60 a los 1500 msnm, se presentan las temperaturas más altas; mientras que, desde centro, oeste y suroeste del territorio, donde la altitud aumenta hasta los 1800 msnm, la temperatura disminuye hasta las 16°C.

Precipitación

Se realizó un análisis climatológico para determinar el comportamiento de la variable de precipitación acumulada anual, en el que se concluye que hacia la parte sur del territorio municipal, la precipitación acumulada anual es de 2200 mm, donde se ubican las localidades: Totonicapa, San Cristobal y Tlanchinol. La precipitación acumulada anual disminuye conforme disminuye la

altitud, esta tendencia se presenta de suroeste a noreste del municipio; por ello, hacia el este la precipitación acumulada anual oscila entre los 1600-2000 mm, donde están las localidades de Olotla, Acahuasco, Acuapa, Pilcuatla, Apantlazol, Tlahuelongo, Tecontla, Tianguis, Copaltitla, Rancho Nuevo, entre otras. El rango de precipitación acumulada que va de 2000 a 2200 mm ocupa la mayor superficie del municipio en la parte centro.

Viento

El viento que se desplaza en el municipio se dirige en distintas direcciones, oeste noroeste y suroeste con rachas que van desde 0.79 hasta 5.03 km/hr en promedio anual. La dirección del viento está regida principalmente por las condiciones orográficas del municipio, los cerros del Cantil, Coyoltépetl, Naguantla, Axtepec, y Huayotepetl cumplen la función de barrera, lo que provoca el efecto de cambio de dirección del viento, ya que hacia el noroeste de esta, predominan en el año los vientos del oeste, mientras que hacia el suroeste de esta barrera predominan los vientos del suroeste. En la porción noreste del municipio, hacen función de barrera los cerros San Juanico, Ahitic, Xilotépetl, Santa Lucía, Tepozteco y Loma de la Cruz, en donde predominan los vientos desde el noroeste.

La rapidez del viento, se ha clasificado de acuerdo a la escala propuesta por Beaufort (1806), en la que se determina por medio de la observación de los efectos en el oleaje del mar, aplicado en los efectos en la superficie. Es así que se tiene clasificada la rapidez en tres rangos, el primero que va de 0.79 a 3.21 km/hr, cuyos efectos son de calma, en donde el humo sube verticalmente, esta rapidez es la media anual que ocurre al norte de los cerros del Cantil, El Gallo y Tepatul, al sur de esta barrera, se acelera la rapidez media anual, a razón de la altitud, en un rango que va de 3.21 a 4.09 km/hr, esta rapidez provoca la sensación de ventolina y se puede apreciar por la dirección del humo.

Hacia el extremo suroeste fuera de los límites del municipio, la rapidez media anual del viento incrementa de 4.09 a 5.03 km/hr, con sensación del viento en el rostro, las hojas se mueven ligeramente, se clasifica como viento ligero.

3.8. Uso de suelo y Vegetación

El tema de uso de suelo y vegetación para el municipio de Tlanchinol, Hidalgo, se elaboró principalmente a partir de dos fuentes de información: datos de trabajo de campo recabados en el municipio; e imágenes satelitales de la plataforma Landsat 8 del sensor Oli, escena 026-045 capturada el 31 de enero de 2014. La información recogida en campo fue agrupada en clases para su representación cartográfica, considerando que dichas clases fueran representativas de la diversidad de usos de suelo y vegetación en el municipio.

Para el análisis de las imágenes satelitales fue necesario realizar su preprocesamiento, que consistió en el cálculo de niveles de reflectancia con corrección de ángulo solar y una corrección atmosférica absoluta. Además, se realizó una fusión de datos de las escenas multiespectrales, de resolución espacial de 30 metros, con la escena pancromática, a resolución espacial de 15 metros, con el objetivo de obtener información espectral a mayor detalle. Finalmente, con los puntos de control de campo, agrupados en clases, se realizó una clasificación supervisada por el método de máxima verosimilitud.

Como resultado se obtuvo un total de siete clases de uso de suelo y vegetación para el municipio de Tlanchinol, Hidalgo. Cada una de estas clases se en listan en el cuadro 1, junto con su extensión absoluta y relativa respecto a la superficie del municipio.

Tabla 8. Superficies absolutas y extensiones relativas por categoría de uso de suelo y vegetación para el municipio de Tlanchinol, Hidalgo.

Clase	Superficie absoluta (km ²)	Extensión relativa
Sin vegetación aparente	3.82	0.97
Asentamiento humano	5.76	1.47
Agricultura de temporal	27.86	7.11
Pastizal	41.67	10.64
Selva Alta Perennifolia	80.88	20.64
Bosque Mesófilo de Montaña	101.01	25.78
Vegetación secundaria	130.82	33.39

Sin vegetación aparente

Es la clase con menor extensión dentro del municipio, con un área de 3.82 km², que corresponde con un 0.97% de la extensión municipal. Esta clase está representada principalmente por zonas de suelo desnudo en zonas rurales, terrazas aluviales a las márgenes de los ríos, suelos rocosos y caminos de terracería.

Asentamiento humano

Esta clase define las zonas ocupadas por asentamientos humanos, tanto rurales como urbanos, que se caracterizan por agrupaciones de viviendas, así como infraestructuras o equipamientos. En general esta cobertura de suelo ocupa un área de 5.76 km², que representa el 1.47% del total municipal. El principal asentamiento humano con mayor extensión en el municipio corresponde a la cabecera municipal de Tlanchinol, con un área de 1.18 km². Otras localidades consideradas en esta clase de uso de suelo son Acahuasco, Olotla, Chipoco, Cuatlimax, Santa María Catzotipa, San José, Hueyapa, Jalpa, Pueblo Hidalgo, Huitepec, Temango y Santa Lucía.

Agricultura de temporal

Las zonas de agricultura de temporal ocupan un área de 27.86 km², que comprenden el 7.11% del área municipal. De acuerdo con la información recogida en campo, los principales cultivos dentro del municipio son maíz, frijol, café, cítricos como mandarinas y pequeños cultivos de plátano. Las zonas con mayor extensión de agricultura de temporal se distribuyen principalmente hacia el norte y noroeste del municipio, en donde se ubican las localidades de Hueyapa, Jalpa, Temango y Santa Lucía, y hacia el oeste hacia la localidad de Ixtlapala.

Pastizal

El uso de suelo de pastizal ocupa un área 41.67 km², que corresponde con el 10.64% del total de la extensión municipal. Esta clase considera pastizales de origen antrópico, sean cultivados o inducidos. Sin embargo, con base en el trabajo de CONABIO (2010), se puede considerar que se tratan de pastizales inducidos, es decir, pastizales producto de la perturbación o remoción de la vegetación natural por la actividad ganadera y en ocasiones mezclado con cultivos de temporal.

Selva Alta Perennifolia (SAP)

El ecosistema de Selva Alta Perennifolia es la tercera cobertura con mayor extensión dentro del municipio, ocupando un área de 80.88km², que representa el 20.64% de la extensión del municipio. Es considerado un ecosistema prioritario por los servicios ambientales que otorga y por su riqueza de especies, de las cuales un gran número están consideradas bajo alguna categoría de riesgo por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Este ecosistema se distribuye de manera general desde el nivel del mar hasta una altura máxima de 1,500 msnm. Con base al trabajo de campo se definió que este ecosistema se distribuye en el municipio desde las zonas más bajas en altitud (160 msnm) hasta alrededor de los 800 msnm, altura a la cual comienza la zona de transición con el ecosistema de Bosque Mesófilo de Montaña. Las zonas con vegetación de SAP que fueron reconocidas en trabajo de campo se localizaron a los alrededores de las localidades de San José, Citlala, Cuatlimax, Tenexco, Tlahuelongo y Pitzotla, principalmente.

Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)

El Bosque Mesófilo de Montaña es el ecosistema con la segunda mayor extensión dentro del municipio, abarcando aproximadamente 101.01 km², que representan el 25.78% respecto a la extensión municipal. Según un estudio realizado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2010) el municipio de Tlanchinol se ubica en la región de BMM de la Huasteca Alta Hidalguense; subregión del noreste de Hidalgo a Huayacocotla. Esta subregión presenta una alta riqueza de especies en áreas relativamente extensas, principalmente al noreste del Estado de Hidalgo (CONABIO, 2010:61).

Sin embargo, los niveles de amenaza en esta subregión son altos, debido principalmente al cambio de uso de suelo por actividades ganaderas, como los pastizales inducidos y cultivados, así como por la construcción de caminos y tala de rodales. Estas amenazas aumentan también con los conflictos por la propiedad de la tierra que se presentan al interior del municipio (CONABIO, 2010:62). Por lo tanto, las oportunidades para conservar este ecosistemas en esta subregión son en general bajas, ya que además no existen iniciativas concretas para su conservación por parte de las instituciones gubernamentales, por lo que se considera como una región con categoría de prioridad crítica para su conservación, además por su gran número de especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (CONABIO, 2010:62).

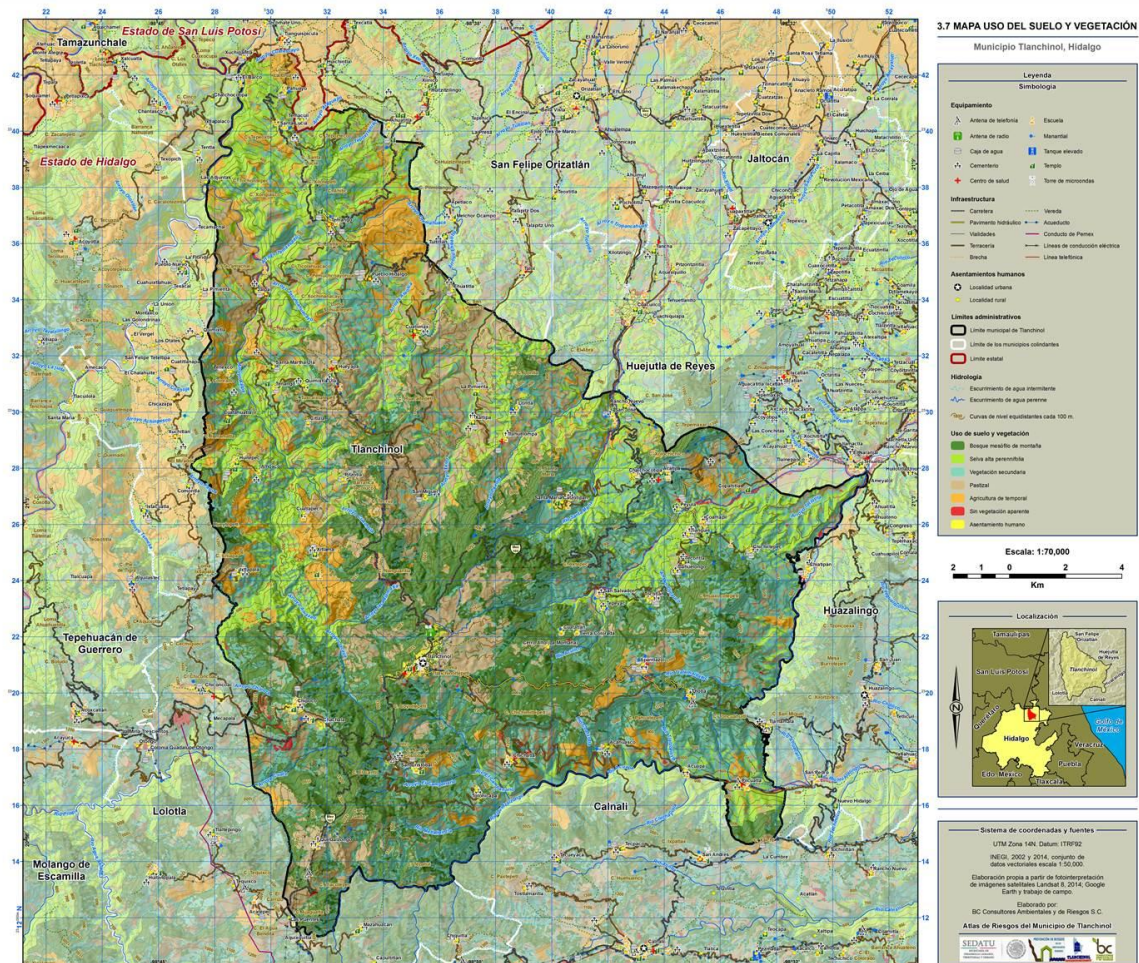
En términos generales, el ecosistema de BMM se desarrolla en rangos altitudinales de 800 a 2,400 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo con esto, y con base en el trabajo de campo realizado, se definió que en el municipio este ecosistema se distribuye más frecuentemente a partir de los 800 msnm, donde se encuentra asociado también con vegetación de Selva Alta Perennifolia, hasta las regiones más altas que alcanzan alturas de alrededor de 1,955 msnm, donde se puede encontrar mezclado con zonas de bosque de coníferas pero que son poco representativas. Este tipo de vegetación se encuentra hacia la zona noroeste de Tlanchinol (cabecera municipal), así como en otras localidades como por ejemplo Olotla, Chipoco y Tierra Colorada.

Vegetación Secundaria

Es el tipo de cobertura que ocupa mayor extensión en el municipio, con una superficie de 130.82 km², que representa el 33.39% del municipio. Este tipo de cobertura se refiere en términos generales a vegetación en sucesión que ha sido perturbada o intervenida, que comprende vegetación tanto de Bosque Mesófilo de Montaña como de Selva Alta Perennifolia, así como zonas de vegetación herbácea y pastizales con vegetación arbustiva. Este tipo de cobertura se puede

encontrar hacia la zona de sur de Tlanchinol (cabecera municipal) y alrededor de otras localidades como Tlahuelongo, Pitzotla y San José.

Mapa 13. Mapa de uso de suelo y vegetación



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

3.9. Áreas naturales protegidas

En el municipio de Tlanchinol no existen áreas naturales protegidas legalmente declaradas por la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), sin embargo, existen superficies reconocidas y apoyadas por el programa Pro-Árbol de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) denominadas superficies asignadas para el pago por servicios ambientales hidrológicos.

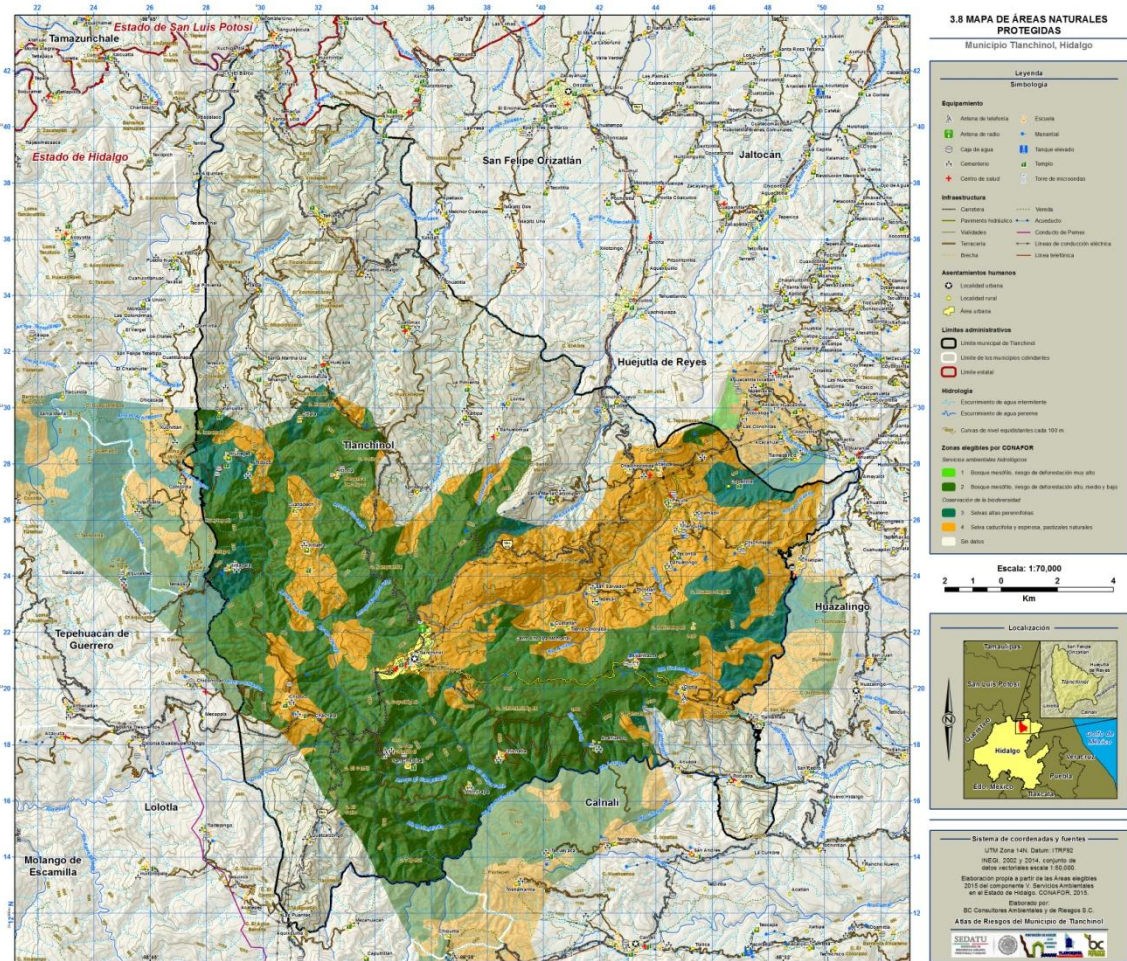
Estas áreas cumplen la función de conservación y/o aprovechamiento sustentable, ya que de acuerdo a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento, los servicios ambientales son los que brindan los ecosistemas de manera natural o por medio del manejo sustentable, tales como la provisión del agua en calidad y cantidad; captura de carbono, contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento de los impactos de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación; entre otros.

Los servicios ambientales pueden ser clasificados como hidrológicos y forestales, los primeros incluyen una variedad de beneficios como la provisión de agua, regulación de flujos pluviales, purificación de agua, regulación de la erosión, entre otros, que dependen del buen funcionamiento hidrológico de una cuenca, así como el uso y manejo del recurso hídrico, suelo, vegetación, residuos, etcétera (Madrid, 2014).

El objetivo de esta política pública es proteger la capacidad de provisión de los servicios ambientales hidrológicos mediante el pago que se hace a los beneficiarios, dueños y/o legítimos poseedores de terrenos con recursos forestales, por el servicio que presta el buen estado de sus bosques y selvas para evitar el cambio de uso de suelo de los bosques (CONAFOR, 2007).

En el municipio de Tlanchinol se tienen tres zonas que han sido beneficiadas bajo el esquema de pago por servicios ambientales hidrológicos, la primera abarca las localidades de Chichantla y Toctitlán, ubicadas al sureste de la cabecera municipal, con una superficie total de 200 hectáreas (CONAFOR, 2013); la otra zona se localiza hacia suroeste de la cabecera municipal, en las localidades de Texical y Cochoatl con una superficie de 100 hectáreas, por último, la superficie de Bienes Comunales Huitepec, que consiste en 200 hectáreas (CONAFOR, 2012). En estas áreas se alberga el ecosistema de bosque mesófilo de montaña, el cual es considerado en peligro de extinción ya que menos del 1% de la superficie del país está cubierto por este tipo de vegetación con una diversidad importante de flora y fauna, de acuerdo con Rzedowski (1996), se estima que lo componen de 2500 a 3000 especies de plantas, lo que representa entre el 10 y el 12% de todas las especies de plantas que existen en México lo que a su vez hace que este tipo de bosque sea el más diverso por unidad de superficie (Williams, Manson, & Isunza, 2002).

Mapa 14. Mapa de Áreas Naturales Protegidas



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

En el mapa se tienen las zonas elegibles que propone CONAFOR en el año 2015 para el otorgamiento de apoyos en el esquema antes mencionado. En Tlanchinol se tienen consideradas alrededor de 1.2 hectáreas de bosque mesófilo con un grado muy alto de riesgo por deforestación, 12,626.3 has. de bosque mesófilo con un grado de riesgo de alto a bajo, 1891 has. de selva alta perennifolia y 8,577.31 has. de superficie de selva caducifolia.

4. Características demográficas

En este capítulo se muestran las características generales de la situación demográfica, social y económica del municipio de Tlanchinol, Hidalgo.

La información contenida en este apartado, muestra a través de diversos indicadores, la dinámica demográfica del municipio de Tlanchinol. Dentro de las principales características que se presentan se encuentran: la escolaridad de la población y el grado de marginación de la misma. Por otro lado, se hace una breve descripción de las principales actividades económicas que se llevan a cabo en este municipio, y además se ofrece información sobre de las condiciones de la población económicamente activa y de la infraestructura urbana del territorio municipal.

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

Población total

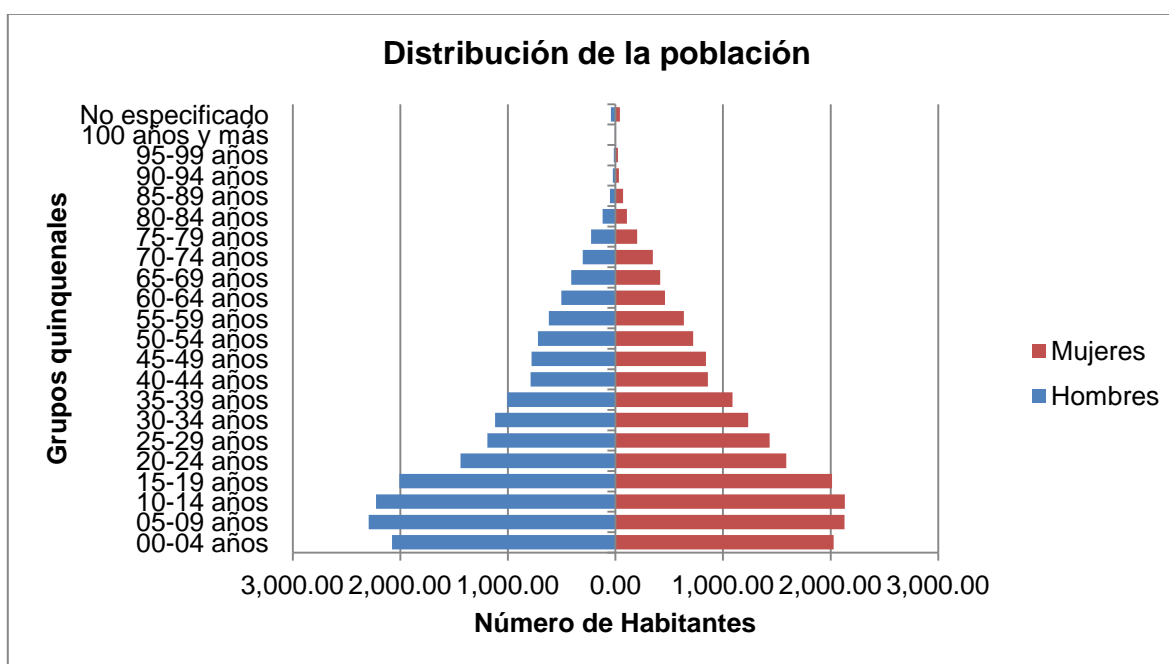
De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 de INEGI, la población total del municipio de Tlanchinol es de 36,382 habitantes; de los cuales 17,975 son hombres y 18,407 son mujeres.

En lo que respecta a la evolución demográfica, las tablas del apartado de Anexos, muestran las relaciones de crecimiento y el grado de variación de la población del municipio de Tlanchinol. En éstas se observa que en los últimos años hay un importante y progresivo ascenso en el número de habitantes.

Dinámica demográfica

De acuerdo con los datos de INEGI (2010), la población total del municipio se distribuye de la siguiente manera: el 50.59 % son mujeres y el 49.41 % son hombres. La siguiente gráfica muestra cómo se distribuye la población por grupos quinquenales de edad y sexo; en ella se observa que la mayoría de la población se concentra entre los rangos de edad entre 0 y 24 años (54.79%), y que dentro de estos rangos, los que presentan tales edades son en ligera mayoría hombres.

Gráfica 5. Pirámide poblacional por grupos quinquenales y sexo en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo.



Fuente: BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C. con datos del INEGI

Mortalidad

El número total de defunciones registradas en el año 2012 fue de 149 personas. Esto genera un índice de mortalidad de 4.09 personas por cada mil habitantes.

Es importante señalar que se registraron 938 nacimientos en el mismo periodo.

Proyección de la Población al año 2030

Según las proyecciones realizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), para el año 2030 se contará con un aproximado de 43,907 habitantes en el municipio de Tlanchinol. La tabla que se presenta a continuación muestra las proyecciones realizadas para las principales localidades del municipio.

Tabla 9. Proyecciones de población a 2030

Nombre de la localidad	Año				
	2010	2015	2020	2025	2030
Tlanchinol	5,252	5,626	6,146	6,717	7,298
Acahuasco	1,302	1,565	1,918	2,353	2,868
Santa María Catzotipan (Santa María Tepetzintla)	2,330	2,429	2,581	2,744	2,901
Resto de las localidades	27,866	28,114	28,981	29,951	30,840
Todo el municipio	36,750	37,734	39,626	41,765	43,907

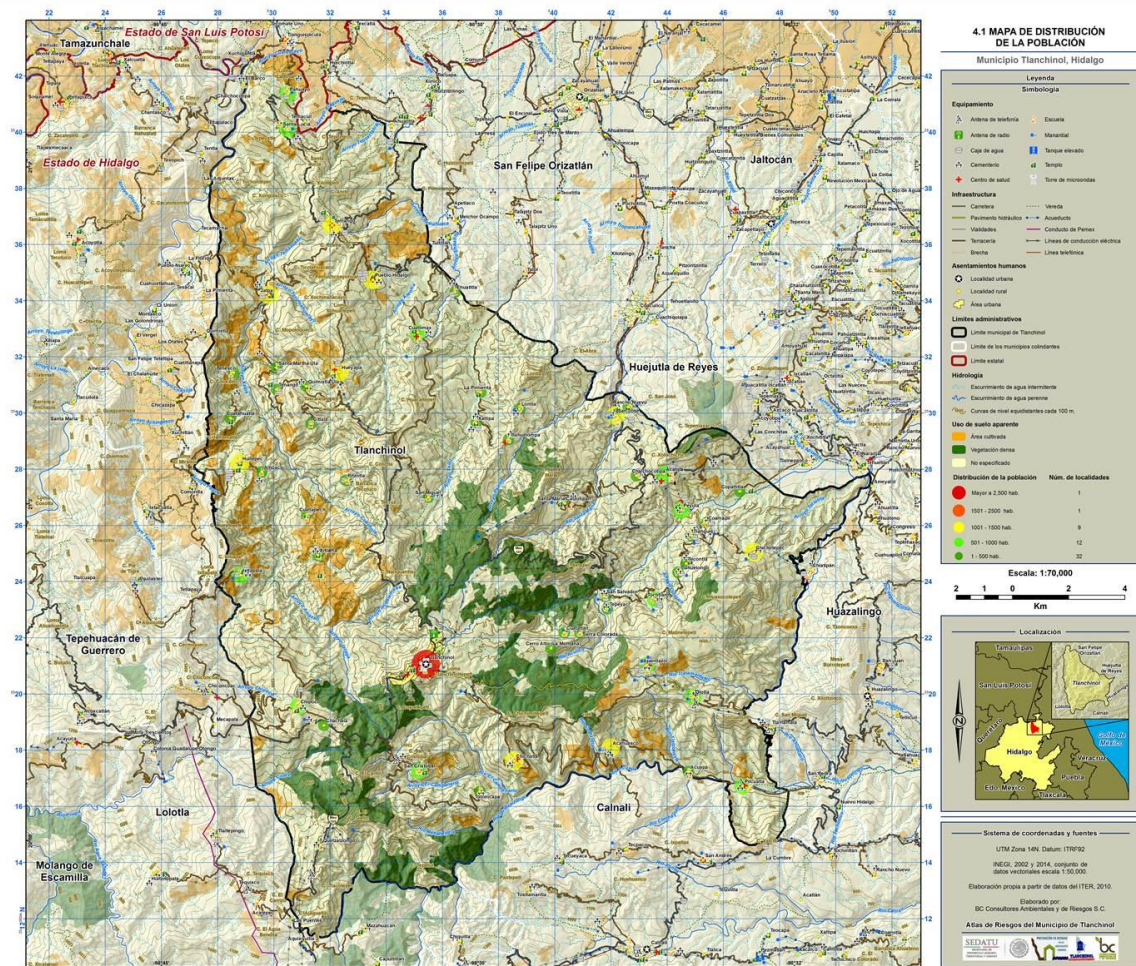
Fuente: elaboración propia con base en información de CONAPO

Localidades y densidad de población

El municipio de Tlanchinol se encuentra conformado por 55 localidades, de las cuales, la cabecera municipal es la única localidad urbana y el centro de población con más habitantes entre todas las comunidades de la demarcación municipal. Otras localidades de gran importancia de acuerdo con la cantidad de población que se concentra en ellas son: Santa María Catzotipan (2,307 habitantes), Hueyapa (1,478 habitantes) y Huitepec (1,400 habitantes).

El siguiente mapa muestra las localidades y su distribución de acuerdo con su número de habitantes:

Mapa 15. Mapa de distribución de la población

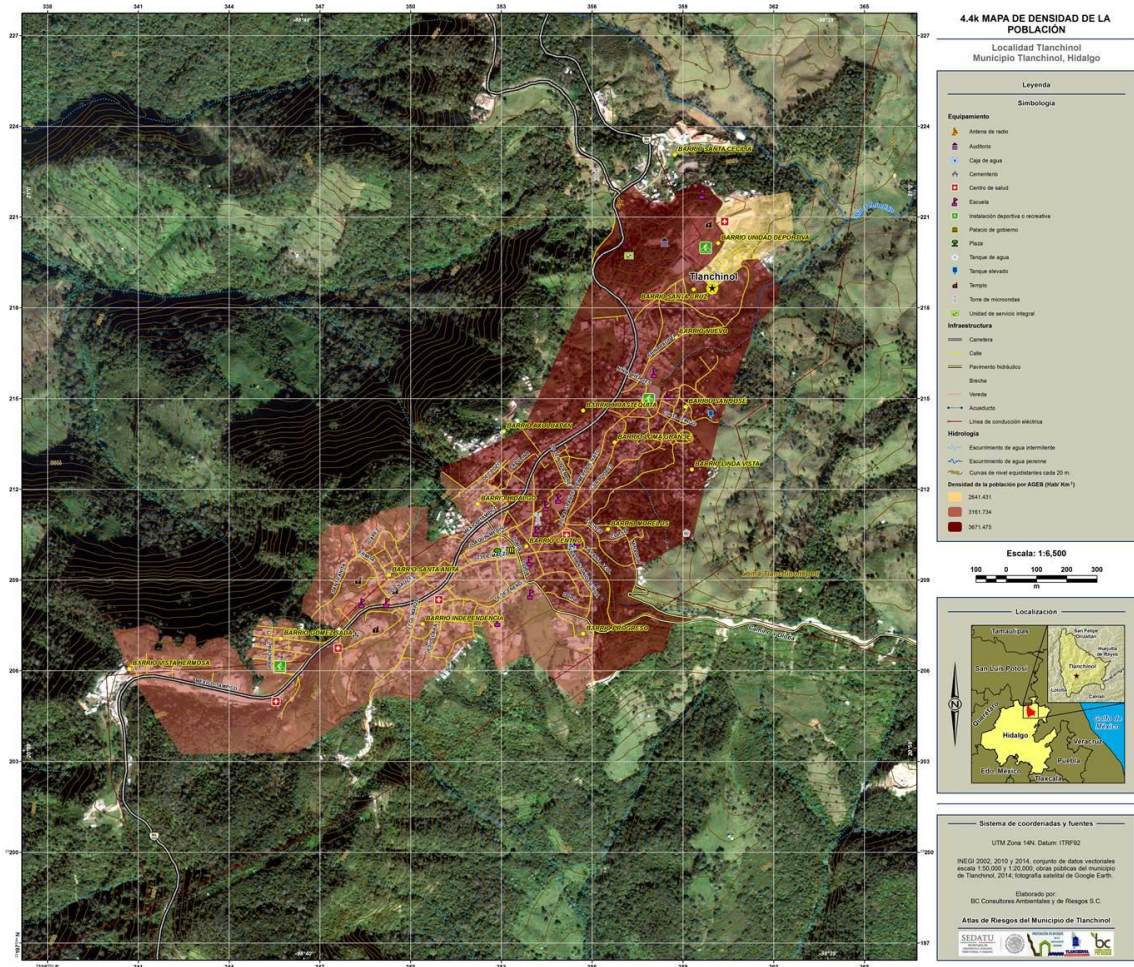


Fuente: BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.

En lo que respecta a la densidad de población, el índice a nivel municipal es de 93.62 habitantes por cada kilómetro cuadrado (Km²). Este indicador refleja una muy baja incidencia de peligros propios de la dinámica social como el hacinamiento.

Para la cabecera municipal, el mapa de densidad de población para la localidad Tlanchinol muestra la densidad por AGEB y manzana. Este mapa se presenta a continuación:

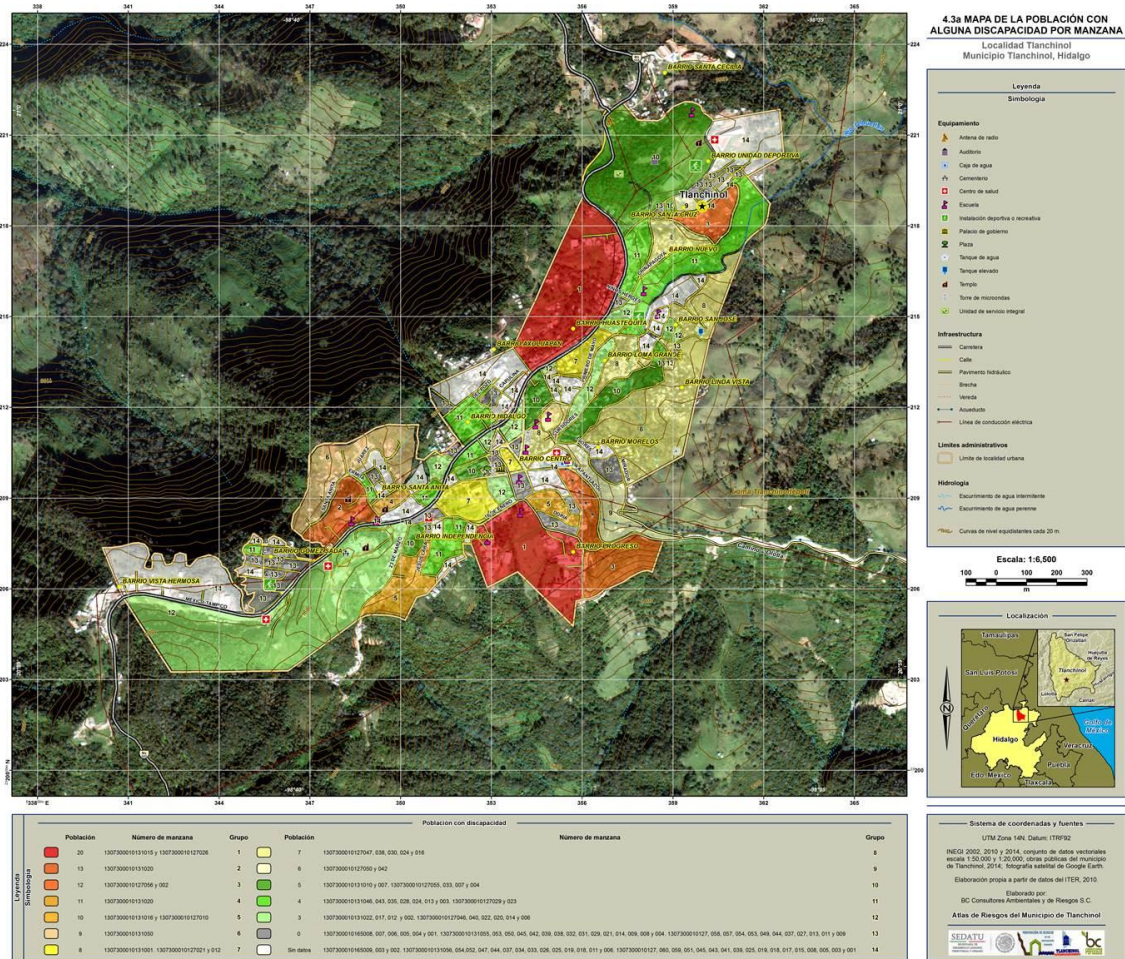
Mapa 16. Densidad de la población por AGEB en la cabecera municipal



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

Un análisis de la densidad de población a nivel de manzana se muestra en el siguiente mapa. Como se puede apreciar hay zonas muy densamente pobladas al centro de la localidad y se nota un descenso en el indicador de densidad hacia la periferia de la ciudad.

Mapa 17. Densidad de la población por manzana



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

Población indígena

En relación a la población indígena, datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010) revela que en todo el territorio municipal, existen 16,398 habitantes mayores de cinco años que hablan algún dialecto indígena, lo que representa el 45.07% del total de la población.

El porcentaje de población indígena citado en el párrafo anterior, permite afirmar que Tlanchinol es un municipio con población predominantemente indígena.

4.2. Características sociales

Escolaridad

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del INEGI (2010), el grado promedio de escolaridad a nivel municipal es de 6.23 años, lo cual refleja una escolaridad inferior al promedio estatal que es de 8.10 años. En el anexo cartográfico, se presenta un mapa que muestra la distribución de la población de la localidad urbana, de acuerdo a su grado promedio de escolaridad.

La distribución de acuerdo a los Agregados Geoestadísticos Básicos (AGEBS) por manzana, muestra un grado de escolaridad que 8.86 años en la cabecera municipal.

La escolaridad de la población es un factor que impacta en el grado de vulnerabilidad de la localidad de forma inversa, es decir, a mayor grado de escolaridad, menor grado de vulnerabilidad. De acuerdo con la ponderación establecida por CENAPRED (CENAPRED, 2009), es posible identificar grados de vulnerabilidad que van desde la "muy baja" hasta la "muy alta", teniendo un sentido del centro hacia la periferia de la localidad.

Por otro lado se sabe que el porcentaje de la población analfabeta a nivel municipal alcanza el 20.93%. Este porcentaje se encuentra radicando particularmente en las zonas rurales del municipio.

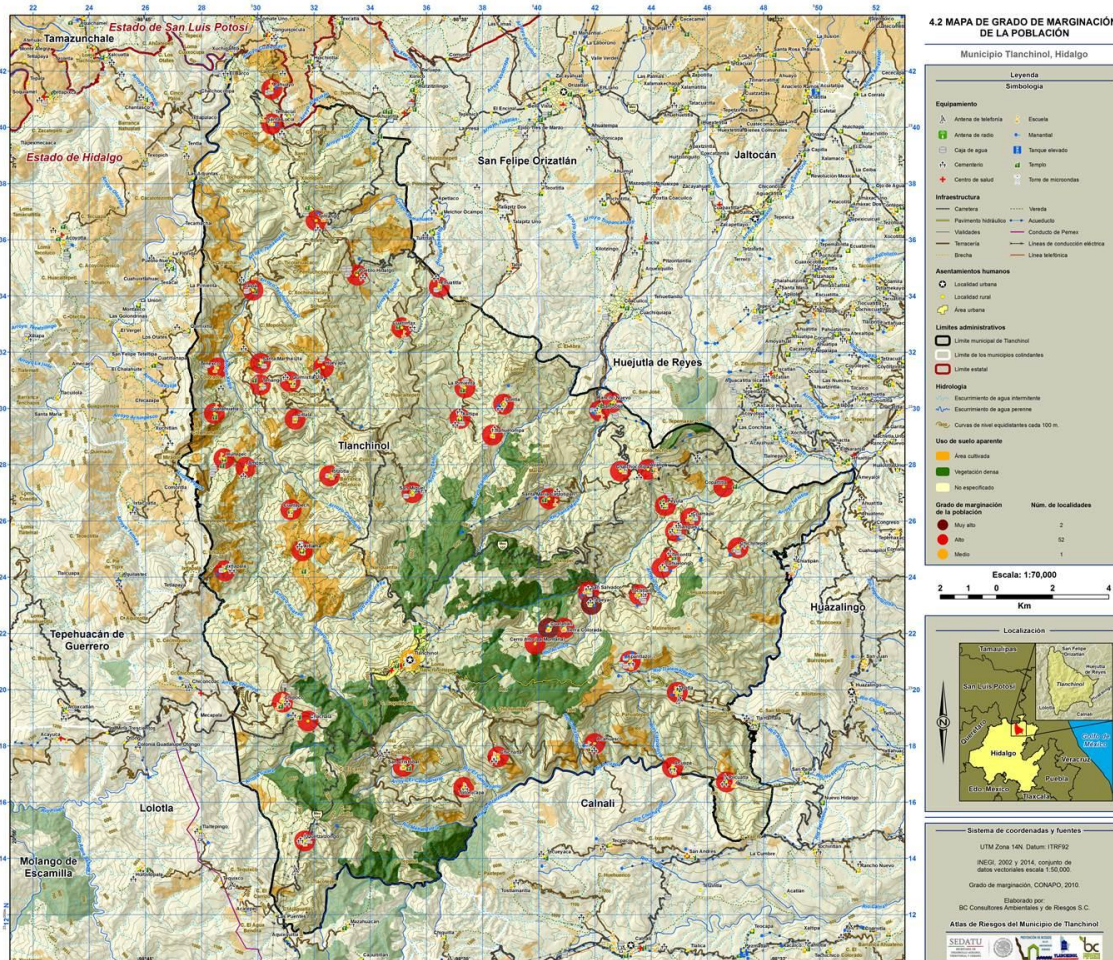
En referencia a los niveles alcanzados por la cobertura de educación básica, las cifras de la población que se encuentra en el rango de los 6 y los 14 años que asiste a la escuela es del 97%. Esta cifra refleja que existe una buena cobertura.

Nivel de Marginación

De acuerdo con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO, Índice de Marginación por Entidad Federativa y Municipio 2010, 2013), el municipio de Tlanchinol presenta un índice de marginación de 0.64642, clasificándolo así como un municipio que posee un grado de marginación Alto. Debido a esto, el municipio se posiciona en el lugar número 644 dentro del contexto nacional.

En el apartado de anexos se encuentra una tabla donde se pueden observar las localidades que presentan mayor y grado de marginación en el municipio de Tlanchinol. En el siguiente mapa se presenta la distribución espacial de los niveles de marginación dentro del territorio municipal.

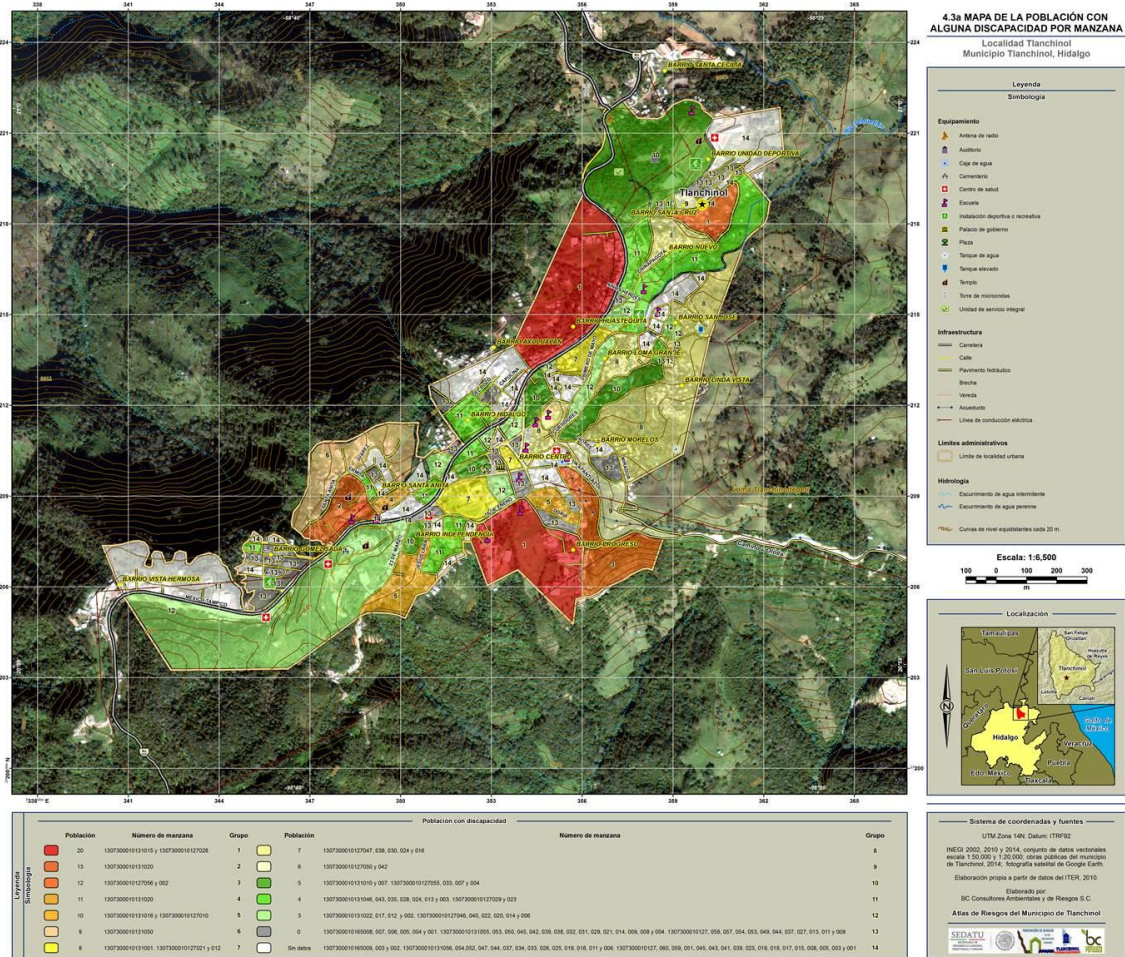
Mapa 18. Distribución de la población según su grado de marginación



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

Entre la población marginada se encuentra la población con alguna discapacidad. En el apartado de anexos se presenta una tabla que contiene el número de habitantes que presentan alguno de los diferentes tipos de discapacidad, por otro lado, la distribución territorial de las personas con discapacidad a nivel de AGEB en la cabecera municipal se muestra en el mapa que se presenta a continuación (mapa 4.3a).

Mapa 19. Distribución de la población con discapacidad en la cabecera municipal



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

En el mapa anterior se pueden apreciar en colores más rojizos los aquellos AGEBs que tienen un mayor número de personas con algún tipo de discapacidad. Esto le permitirá a la dirección de Protección Civil municipal, emprender las acciones necesarias para tener localizada a esta población y establecer dentro de su programa de acción, las actividades para brindar una atención adecuada y pronta para estos habitantes.

Pobreza y rezago social

Bajo este tema, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social (CONEVAL, 2013) expresó que, al año 2010, el municipio de Tlanchinol, presentó un Índice de Rezago Social (IRS) de 0.4386, posicionándolo como un municipio cuyo grado de rezago es Medio, ubicándolo en el lugar número 744 a nivel nacional (esto, de acuerdo con el orden descendente de pobreza y rezago social existente en cada municipio del país).

En lo que respecta al rubro de la pobreza, el CONEVAL indica que el 82% de la población vive en pobreza, con un promedio de 2.9 carencias; en tanto que el 35.8% se encuentra en situación de pobreza extrema. Este dato ubica al municipio en el lugar 307 según su pobreza extrema a nivel nacional.

Otro factor a considerar, es la vulnerabilidad derivada del número de carencias sociales, donde el municipio de Tlanchinol, alcanza una cifra del 15% de la población, con 2.3 o más carencias sociales; por otra parte, el 0.7% de la población se considera vulnerable por contar con un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo.

Hacinamiento

El hacinamiento habla de la carencia de espacios de la vivienda o desde otro punto, la sobreocupación de personas en la vivienda. Cuando existe hacinamiento es necesario ampliar el tamaño de la vivienda para que pueda cumplir con sus funciones principales: protección, habitabilidad y salubridad. Algunos estudios consideran que existe hacinamiento cuando dos o más hogares conviven en una sola vivienda, pero esta perspectiva se enfoca a la necesidad de nuevas viviendas para hogares que no cuentan con una, mientras que el enfoque adoptado en este indicador es sobre la problemática de la vivienda existente y su necesidad de mejoramiento.

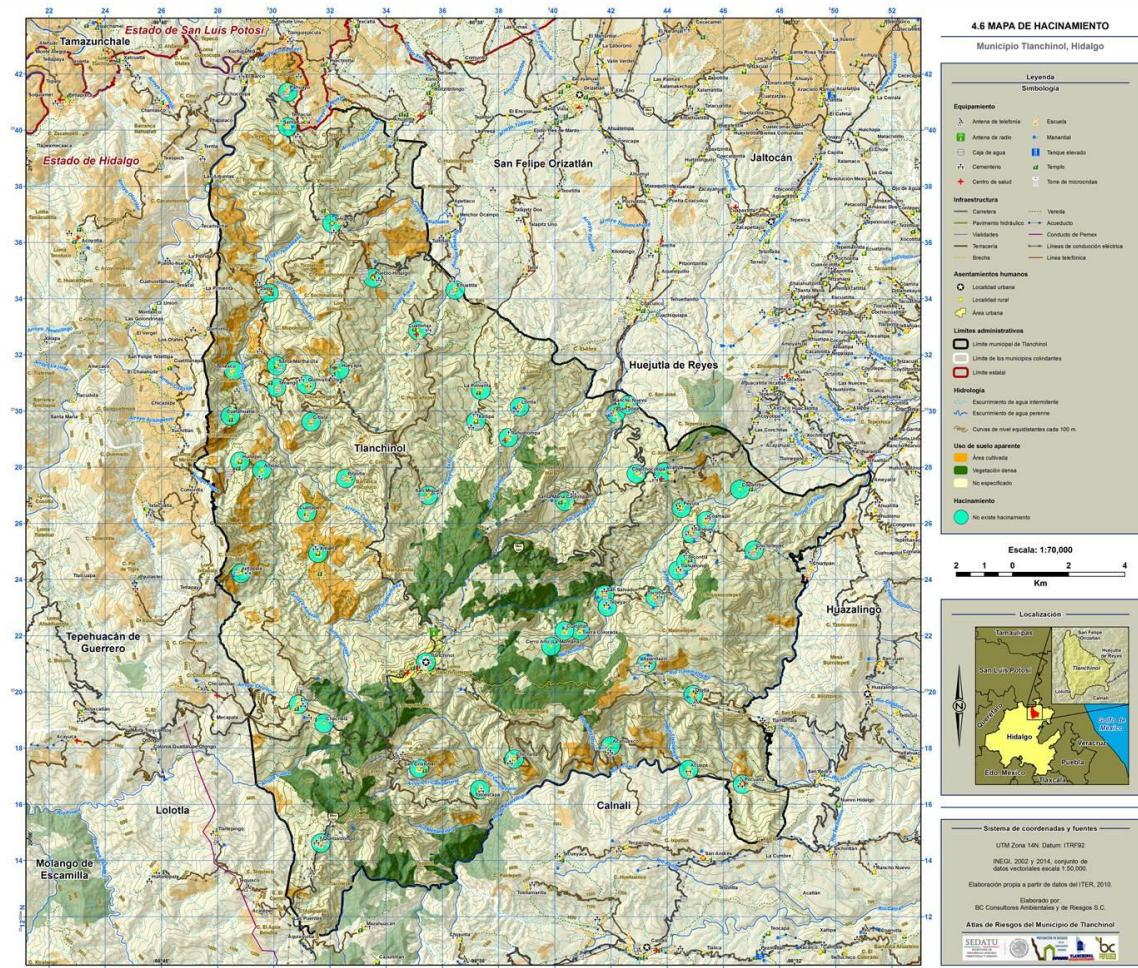
Existen dos criterios utilizados para determinar la existencia de hacinamiento, el número de personas por cuarto y por dormitorio; y el umbral adoptado con mayor frecuencia es el de 2.5 personas. En este caso, se calculó el hacinamiento según el criterio del promedio de ocupantes por cuarto.

Cuando una vivienda presenta hacinamiento, sus ocupantes presentan mayor riesgo de sufrir ciertas problemáticas como la violencia doméstica, desintegración familiar, bajo rendimiento escolar, entre otros.

En el caso del municipio de Tlanchinol, se puede establecer que todas las localidades no presentan hacinamiento, sin embargo no están exentas a presentar algún tipo de problema.

El siguiente mapa muestra la ubicación de las comunidades que no tienen problemas de hacinamiento. Sin embargo las comunidades deberán ser consideradas como prioritarias por parte de la administración pública municipal, con la intención de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y de minimizar el impacto de los riesgos naturales que pueden afectarles.

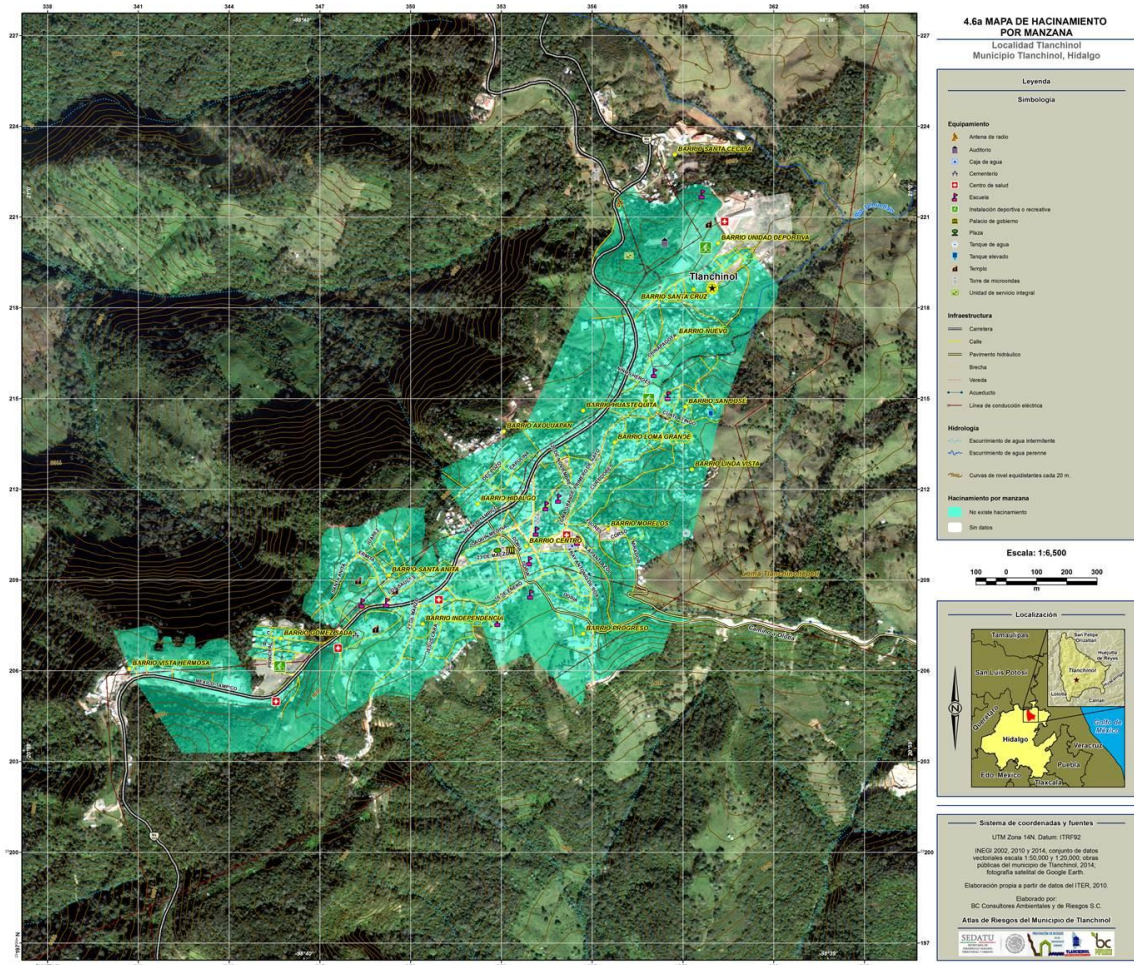
Mapa 20. Distribución de las localidades según su índice de Hacinamiento



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

Para el caso de la cabecera municipal, el siguiente mapa muestra que actualmente, no existen problemas de hacinamiento.

Mapa 21. Mapa de hacinamiento por manzana en la cabecera municipal



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

Actividades económicas

Actividades agrícolas

Las actividades agrícolas ocupan un lugar dentro del desarrollo económico del municipio de Tlanchinol.

La superficie total sembrada al año 2011 fue de 12,165 hectáreas (ha).

Entre los principales productos que se cultivan en el municipio se encuentran: el maíz de grano (4,210 ha), los pastos (3,866 ha), el frijol (90 ha) y el chile verde (10 ha).

En lo que respecta al volumen e ingresos que generaron los cultivos mencionados en el párrafo anterior se tiene que, en el valor de la producción agrícola total es de más de 55 millones de pesos.

Actividades ganaderas

En lo que respecta a la ganadería, dentro del municipio de Tlanchinol, hay una producción importante de ganado bovino (473 toneladas), posteriormente de ganado porcino (89 toneladas), seguido del ganado ovino (10 toneladas), aves de corral (51 toneladas) y caprino (0 toneladas).

Actividades comerciales y de servicios

En cuanto a actividades comerciales, de abasto y de servicios, el Anuario Estadístico 2011, señala que en el municipio se encuentran instalados 4 tianguis, 30 oficinas postales, 1 sucursal de la banca de desarrollo, 56 cuartos de hospedaje y 6 establecimientos de hospedaje,

Características de la población económicamente activa

Según los datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI, dentro del municipio de Tlanchinol, existe una población económicamente activa de 11,104 habitantes, divididos en 9,372 hombres y 1,732 mujeres. De esta población se tiene que 10,737 personas se encuentran ocupadas y 367 personas se encuentran desocupadas.

4.3. Estructura urbana y equipamiento

Vivienda

En el municipio de Tlanchinol, existen 9,046 viviendas, de las cuales 8,055 son viviendas habitadas. La mayoría de las viviendas son propias y de tipo fija, los materiales utilizados principalmente para su construcción son el cemento, el tabique, el ladrillo, la madera, la lámina de zinc, asbesto o de cartón. Las viviendas con piso diferente a tierra ascienden a 5,870 viviendas, según datos estadísticos del Censo de Población (INEGI, 2010),

En cuanto a los bienes y características con que cuentan los hogares, el INEGI (2010) ofrece datos importantes sobre las viviendas, sus bienes y servicios, mismos que se encuentran descritos con detalle las tablas que se presentan en el apartado de anexos.

Reserva territorial

El municipio de Tlanchinol no tiene un área de Reserva Territorial legalmente declarada.

Educación

En relación al desarrollo dentro del sector educativo, el apartado de anexos contiene una tabla que muestra el número de centros educativos en el municipio por nivel académico y el total de estudiantes en cada nivel en el periodo 2010-2011.

Como se puede ver en la tabla, el mayor número de estudiantes se concentra en la educación primaria, representando en el 51.80% de los estudiantes inscritos en el periodo.

El nivel educativo que le sigue es el de Secundaria, con un 21.50% del total de los estudiantes en el periodo. En tercer lugar, se encuentra la población estudiantil de Preescolar, pues se encuentra representada por un 20.20%.

En cuanto al número de planteles, se observa que en el municipio de Tlanchinol, existen 65 escuelas de preescolar, 61 primarias, 33 secundarias y 3 bachilleratos.

Salud

Dentro del municipio de Tenango, la atención de los servicios médicos es proporcionada por dos instituciones: Secretaría de Salud de Hidalgo y el programa IMSS - Oportunidades. La distribución de clínicas y consultas se presenta con mayor detalle en las tablas del apartado de anexos.

Población derechohabiente y no derechohabiente

La población de Tlanchinol que tiene derecho a servicios de salud asciende a 32,861 habitantes, lo que representa el 90.32% de la población. En las tablas de los anexos se muestra cuáles son las instituciones que tienen mayor y menor número de derechohabientes.

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

En este apartado se presenta la identificación de los peligros de origen Geológico e Hidrometeorológico que afectan al municipio de Tlanchinol, Hidalgo. Al finalizar, se encuentran los resultados de un estudio de vulnerabilidad social realizado en las zonas de mayor intensidad de peligro.

5.1. Peligros Geológicos e Hidrometeorológicos

A continuación, se describen los peligros de origen geológico así como hidrometeorológicos que afectan el territorio municipal de Tlanchinol, Hidalgo.

5.1.1. Vulcanismo

La actividad volcánica es una de las manifestaciones más violentas de la dinámica terrestre y los volcanes constituyen la expresión física superficial –continental y oceánica- más notable de los procesos involucrados en este fenómeno. Los productos emanados de un edificio volcánico varían en función de la viscosidad, composición y contenido de gases y agua del magma; y se pueden presentar como coladas de lava o piroclastos. Los piroclastos a su vez pueden mostrar diferente comportamiento el cual depende de la composición y de la modalidad de expulsión y emplazamiento (Macías & Capra, 2005). Sparks y Walker (1973) diferencian tres tipos principales de emisiones de piroclastos: de caída, flujos piroclásticos y oleadas piroclásticas, los cuales presentan características particulares en sus depósitos.

A pesar de que el municipio de Tlanchinol presenta evidencias de actividad volcánica como fue descrito en el apartado de Geología, éste se manifestó en el periodo conocido como Mio-Plio por lo que el aparato volcánico debe considerarse extinto. Debido a ello no se reconoce peligro alguno por la manifestación de actividad volcánica dentro del municipio.

5.1.2. Sismos

La sismicidad es uno de los fenómenos geológicos potencialmente más destructivos del globo terrestre, la cual está íntimamente relacionada con los procesos geofísicos de la tectónica de placas. La capa externa de la Tierra o litósfera se encuentra constituida por placas las cuales se mueven horizontalmente sobre una superficie de consistencia plástica, la astenósfera, mediante movimientos de convergencia o subducción y divergencia o creación de nueva corteza. Los sismos ocurren mayormente en zonas de convergencia de placas cuando se produce la liberación de la energía acumulada debido a la fricción de los materiales que constituyen a dichas placas.

Más del 80% de la sismicidad del globo terrestre se agrupa en el Cinturón de Fuego o Circumpacífico, el cual se extiende por 40,000 km y recorre las costas de Asia y América. La sismicidad en el territorio mexicano, asociada al Cinturón de Fuego, está dada por la interacción entre las placas tectónicas: Norteamericana, Cocos, Rivera y del Pacífico.

La generación de sismos en el territorio mexicano se debe a dos tipos de interacciones entre placas. A lo largo de la margen costera de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, las placas de Rivera y Cocos se insertan debajo de la placa Norteamericana, debido a la diferencia de densidades, dando lugar al fenómeno tectónico conocido como subducción; por otra parte, entre la placa del Pacífico y la Norteamericana se observa un desplazamiento lateral el cual se extiende desde la zona norte de la península de Baja California, hasta el estado de California en los Estados Unidos. En ocasiones, aunque con menos frecuencia, la placa se fractura lejos de la línea de subducción originando sismos generalmente de menor intensidad y a menores profundidades, a estos se les conoce como eventos intraplaca.

En el manual de Obras Civiles de la Comisión Nacional de Electricidad (CFE) se encuentra publicado el mapa de Regionalización Sísmica de México en el que se clasifica el territorio mexicano en cuatro zonas sísmicas, de la A a la D, las cuales representan un nivel de peligro creciente. De acuerdo a ésta, el municipio de Tenango de Doria se encuentra en una zona de sismicidad media (zona sísmica B, Mapa de peligros sísmicos), en donde se registran menor cantidad de epicentros sísmicos y de menor magnitud que en las zonas C y D (catálogo de epicentros sísmicos de la República Mexicana en el periodo 1998-2013, Servicio Sismológico Mexicano), y cuyas aceleraciones no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2).

Mediante el trabajo de campo realizado en el municipio no se encontraron evidencias de afectaciones por sismos a la infraestructura o a la vivienda; por otro lado, a través de encuestas realizadas a la población, no se recogieron testimonios acerca de eventos sísmicos. El epicentro sísmico más cercano al municipio se encuentra a 24.31 km, a 15 km al sur de Huauchinango, Puebla, correspondiente a un sismo de 3.9 en la escala de Richter ocurrido a 81 km de profundidad, el 9 de febrero de 2011 (catálogo de epicentros sísmicos del Servicio Sismológico Nacional, SSN). La mayor aceleración calculada en el municipio fue de 0.00859 de g (0.8% de la aceleración de la gravedad), la cual corresponde al mismo sismo mencionado anteriormente.

En este sentido, el análisis del peligro sísmico debe considerar la relación de la magnitud de cada epicentro sísmico y la distancia que existe de éstos al área de estudio, al igual que la determinación de la susceptibilidad del terreno al movimiento, en base a su composición y características litológicas. Para la determinación del peligro sísmico se tomó como referencia la metodología RADIUS (Risk Assessment tools for Diagnosis of Urban areas against Seismic Disasters: Herramientas de evaluación del riesgo para el diagnóstico de áreas urbanas ante el peligro sísmico), desarrollada por las Naciones Unidas (1998).

Se calculó la aceleración máxima del terreno (PGA, por sus siglas en inglés: Peak Ground Acceleration) mediante la ley de atenuación propuesta por Campbell (1981), la cual se basa en la magnitud del sismo (M) y la distancia del punto de interés al epicentro sísmico (D) y una serie de constantes dependientes de las condiciones locales, haciendo uso de la base de datos de epicentros sísmicos de la República Mexicana del SSN (disponible en <http://www.ssn.unam.mx/>). Para el cálculo de D se tomó en cuenta la magnitud de cada epicentro localizado en un radio de

300 km y la distancia entre estos y 188 puntos de campo considerados (Mapa de peligros sísmicos), los cuales representan los centroides de cada unidad litológica (Mapa geológico).

La susceptibilidad del terreno al movimiento se determinó mediante el cálculo de la velocidad con la que las ondas S (V_s : shear wave velocity) se desplazarían a través de cada una de las unidades geológicas del área de estudio, tomando en consideración los cambios en su topografía. Para este propósito se consideraron como referencia los trabajos de Sun y Chung (2008) y Yong *et al.* (1998). Las ondas S o secundarias, son ondas que se desplazan a través de materiales sólidos en un movimiento de cizalla generando oscilaciones en el terreno, su velocidad varía en función de la composición y topografía del material por el que se transporta; son éstas las que ocasionan la mayor cantidad de afectaciones durante un evento sísmico (Alva, 1996).

Debido a la baja magnitud de los epicentros sísmicos considerados en el análisis y a la distancia a la que se encuentran del municipio, las aceleraciones obtenidas presentan valores muy bajos. El valor de aceleración más alto obtenido corresponde a un sismo ocurrido al límite de Puebla y Oaxaca a una profundidad de 92 km, de 6.7 de magnitud en la escala de Richter, el cual produjo una aceleración de 0.5673% de g en el punto de referencia de campo más cercano, tomando como referencia que $100\% = 1 g = 9.8 \text{ m/s}^2$. La aceleración más baja se obtuvo de un epicentro del 28 de abril de 20010, ubicado al suroeste de Teloloapan, Guerrero, a 294 km del municipio y a una profundidad de 59 km, el cual produjo un sismo de 3 en la escala de Richter y originó una aceleración de 0.004% de g .

Mediante el análisis de la susceptibilidad del terreno al movimiento se establecieron valores de V_s de 200 a 840, dependiendo del grado de dureza y composición de cada unidad litológica. A los depósitos aluviales y coluviales (epiclásticos) se les asociaron valores de 200 a 530, los cuales se componen de material poco consolidado en el que las ondas S rebotan y amplifican su efecto. A las rocas sedimentarias se les adjudicó un rango de V_s de 340 a 630 de forma generalizada, aunque las características estructurales de las rocas marinas y terrígenas son disímiles, sin embargo, no fue posible determinar su comportamiento de manera particular. Los depósitos piroclásticos, principalmente de caída, constituyen estratos masivos más o menos bien consolidados, por lo que se les asignaron valores de V_s de 345 a 730. Finalmente, los depósitos volcánicos extrusivos, representados en lavas basálticas y andesíticas constituyen las rocas más densas y consolidadas del municipio por lo que se les asignó un valor de V_s de 440 a 840. Sobre este respecto cabe mencionar que, aunque estos valores se han estandarizado en pruebas en laboratorio, dependen en gran medida del grado de alteración que pueda poseer cada estrato. Mediante las salidas de campo realizadas en el municipio se observó que los depósitos formados por derrames de lava se encuentran frecuentemente más alterados que las rocas sedimentarias, sobre todo en la zona de contacto entre un estrato y otro, sin embargo no fue posible separar las unidades geológicas por grado de alteración debido a la complejidad del relieve.

Por otro lado, de acuerdo a diversos modelos, las ondas S modifican su velocidad al encontrarse con cambios en la inclinación de los estratos litológicos, desacelerando cuando el grado de inclinación es mayor, por lo que se consideró a la pendiente como un factor diferenciador dentro del análisis.

Debido a que la sismicidad está ligada al comportamiento de las placas litosféricas, y debido a la reducida base de datos sísmicos que se conocen para la República Mexicana, es relevante realizar una proyección temporal que permita crear escenarios con el objetivo de establecer medidas prevención y mitigación ante este fenómeno. Con esta finalidad se calcularon periodos de retorno sísmico a 10, 100 y 500 años mediante un análisis estadístico, empleando el método de distribución de valores extremos generalizada, los resultados se interpolaron mediante el método *spline* con el fin de obtener isolinéas que relacionaran puntos de igual aceleración.

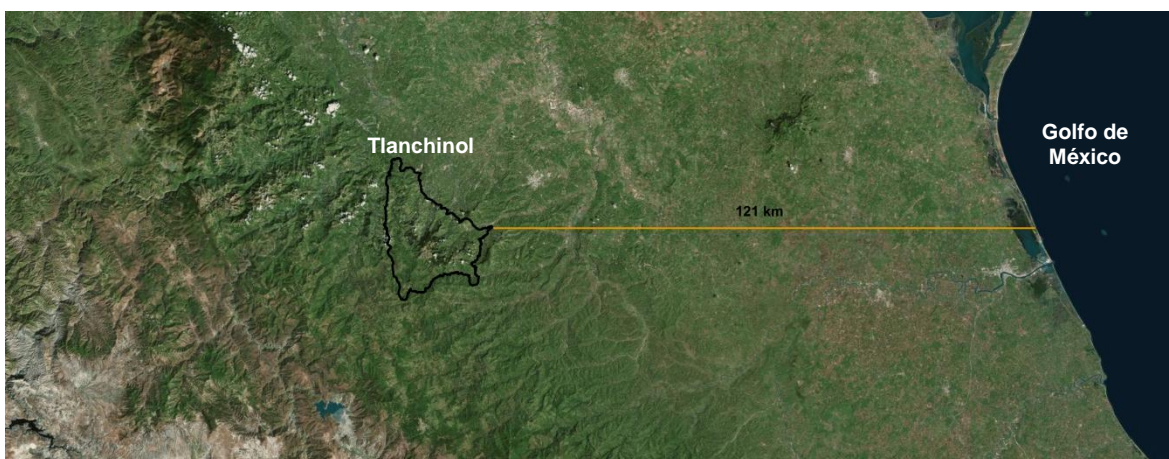
Se considera que para los tipos constructivos que se emplean normalmente en México, los daños son considerables a partir de una aceleración del terreno (PGA) igual o mayor a 15% de g (CENAPRED, 2006). Se ha observado también que un sismo puede ocasionar afectaciones menores desde aceleraciones de 5% de g .

5.1.3. Tsunamis

Los tsunamis o maremotos, son una secuencia de olas de gran altura que se desplazan a gran velocidad, originadas cerca o en el fondo marino, producto de la ocurrencia de un terremoto, las cuales arriban a las costas y pueden tener efectos destructivos, como pérdidas humanas y materiales. Los tsunamis se clasifican según la distancia de desplazamiento desde su origen en tsunamis locales, regionales y lejanos. En los tsunamis locales, el lugar de arribo a la costa está muy cercano a la zona de generación y su tiempo de desplazamiento es menor a 1 hora, dichos maremotos representan un peligro mayor; en los maremotos regionales el tiempo de desplazamiento es de algunas horas mientras que los lejanos se originan a más de 1,000 km de distancia y su tiempo de arribo puede ser desde horas hasta días (CENAPRED, 2005).

En México, el peligro por ocurrencia de tsunamis se presenta en las costas del Pacífico debido a la subsidencia de la Placa de Cocos y la Placa de Rivera debajo de la Placa Norteamericana, en donde se generan sismos mayores a 7 en la escala de Richter, sin embargo no se tienen reportes de eventos en el Golfo de México, en donde la magnitud de los sismos es menor. Por lo anterior se considera que este fenómeno no representa ningún nivel de peligro en el municipio de Tlanchinol.

Mapa 23. Distancia del Municipio de Tlanchinol, Hidalgo a la costa más cercana



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

5.1.4. Inestabilidad de laderas

La inestabilidad de laderas constituye uno de los mayores peligros para el hombre y sus actividades debido a que causa pérdidas económicas, daños a la infraestructura y vivienda, e incluso lesiones o pérdidas humanas (Pantelidis, 2009). El impacto de este tipo de peligros se acrecienta en zonas de escasos recursos debido a la alta vulnerabilidad de la población.

Existen diversos términos con los que se hace referencia a la inestabilidad de laderas y a la clasificación de sus procesos: procesos de remoción en masa, movimientos de ladera, movimientos del terreno, procesos de ladera, etc., los cuales varían en cuanto a la disciplina en la que se hagan uso. Esta terminología, frecuentemente mal empleada, deriva de la literatura en inglés lo cual ocasiona confusión. Aunque existen diversas clasificaciones de los procesos que derivan de la inestabilidad de laderas, en el Atlas de Riesgos del Municipio de Tlanchinol se utilizó la clasificación y terminología propuesta por Alcántara (2000) debido a que, además de ser la clasificación más aceptada internacionalmente, se basa en el mecanismo del movimiento y se subdivide de acuerdo a los materiales formadores. En este sentido, los movimientos de terreno entonces se clasifican en: desprendimientos o caídas, vuelcos o desplomes, deslizamientos, flujos, expansiones laterales y movimientos complejos; los cuales pueden ser de rocas, de detritos o derrubios y de suelo.

Los procesos que ocasionan la inestabilidad de una ladera están determinados por dos tipos de factores, externos e internos. Los factores externos producen una mayor concentración de las fuerzas motoras, mientras que los factores internos reducen la resistencia de los materiales, es decir, la concentración de las fuerzas resistentes (CENAPRED, 2013). Entre los factores externos que más frecuentemente funcionan como disparadores de un proceso de ladera se encuentran la sismicidad y la precipitación.

Para el análisis de inestabilidad de laderas se obtuvo una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse mediante la combinación, valoración y peso relativo de diversos indicadores, basada en la metodología propuesta por Mora (1994, 2004) y los trabajos de Bieniawski (1989) y Hernández (2008).

La combinación de los factores y parámetros se aplicó tomando en consideración que un movimiento del terreno ocurre en una ladera con una litología, pendiente y humedad determinada, cuando alcanza cierta susceptibilidad. Como factor externo de disparo se consideró a la precipitación máxima anual histórica en un periodo de 24 horas; la sismicidad no se consideró en este sentido debido a las bajas aceleraciones obtenidas mediante el análisis. La integración de los parámetros se realizó mediante la fórmula:

$$H = EP * D$$

En donde:

H: grado de susceptibilidad al movimiento del terreno,

EP: valor producto de los elementos pasivos,

D: valor del factor de disparo.

Los elementos pasivos, por su parte, se refieren a los siguientes parámetros (Mora, *et al.*, 1992):

$$EP = Si * Sh * Sp$$

En donde:

Si: valor del parámetros de susceptibilidad litológica,

Sh: valor del parámetro de humedad del terreno,

Sp: valor del parámetro de la pendiente.

Cabe mencionar que, aunque no se incluyen en la fórmula de susceptibilidad, en el análisis realizado se integró a la vegetación, aspecto y curvatura del relieve como parámetros de

importancia ya que tanto la morfometría del relieve como la vegetación pueden coadyuvar o impedir un movimiento en el terreno.

En este caso se realizaron dos análisis, el primero para calcular la amenaza tomando en consideración los elementos pasivos sin el mecanismo disparador. Posteriormente se calculó el peligro por inestabilidad de laderas por disparo por lluvias calculando periodos de retorno en 100 años para la precipitación mediante una distribución de valores extremos generalizada con un ajuste de máxima verosimilitud.

En el caso del primer análisis resultó que el 13.9% del territorio municipal se encuentra en una intensidad de amenaza Muy alta y el 51.3% en una amenaza Alta. Estas categorías se relacionan principalmente con zonas de pendientes abruptas y rocas sedimentarias mientras que las zonas en amenaza media (22.9%) se relacionan con los depósitos volcánicos o con calizas en pendientes suaves (Gráfica 4).

En el análisis de peligro mediante el cálculo de periodos de retorno se puede observar que el peligro Muy alto ocupa el 9.22% del territorio municipal mientras que el peligro Alto abarca el 52.8%(Gráfica 5). Estas zonas están relacionadas con los estratos de caliza y lutita y con pendientes abruptas o con áreas en donde se esperan precipitaciones máximas en 24 horas de 300 a más de 400 mm.

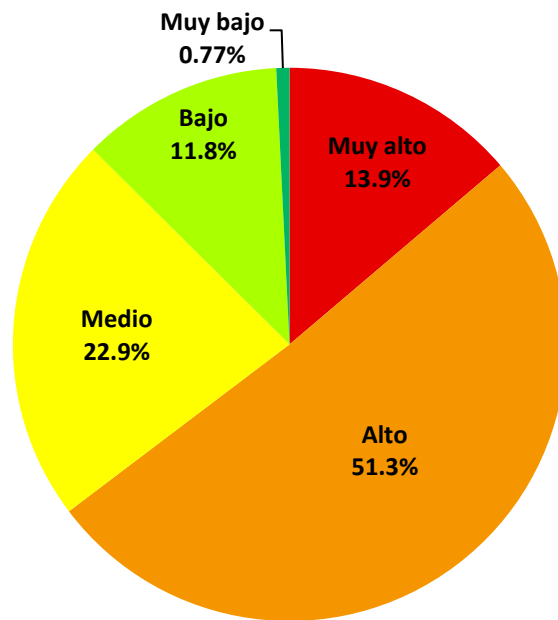
Mediante los recorridos en campo se observó que de forma general los movimientos de terreno son más frecuentes en sustratos sedimentarios y en depósitos volcánicos muy alterados, sobre todo piroclastos y algunas lavas. La inclinación de las pendientes es un factor determinante al igual que la cobertura vegetal. Estas variables están íntimamente relacionadas con las prácticas antropogénicas debido a que frecuentemente se modifica la topografía para la apertura de caminos sin tomar en consideración la litología o los procesos geomorfológicos. La deforestación y el cambio de uso del suelo, ligada a las actividades productivas, contribuye a la desestabilización de las laderas, ya que frecuentemente se practica en pendientes muy abruptas y en suelo poco consolidados. Como resultado del análisis de inestabilidad de laderas, se considera que el municipio de Tlanchinol se encuentra en una categoría de peligro por inestabilidad de laderas Alta.

Tabla 10. Grado de exposición de la población por amenaza de inestabilidad de laderas

Amenaza por inestabilidad de laderas			
Localidades de mayor amenaza	Intensidad de la amenaza	Vulnerabilidad	Exposición de la población
Tlanchinol	Media-Alta	Baja	Media
Tecontla	Muy alta	Baja	Muy alta
Citlala	Media-Alta	Muy baja	Alta
Cuatlimax	Media-Alta	Baja	Alta

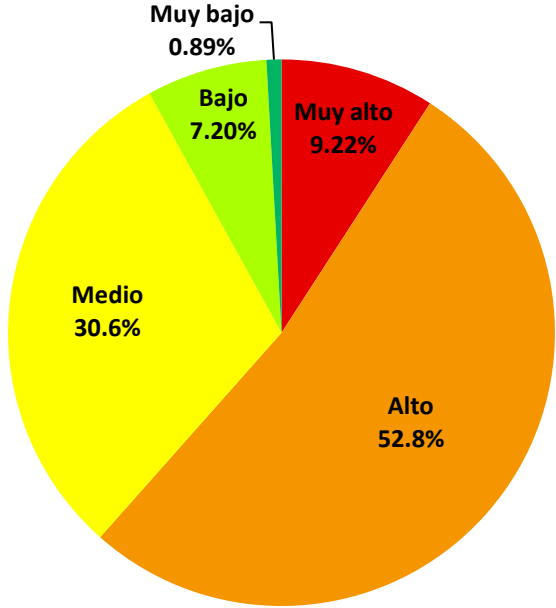
Fuente: BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.

Gráfica 6. Intensidad de amenaza por inestabilidad del terreno en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo



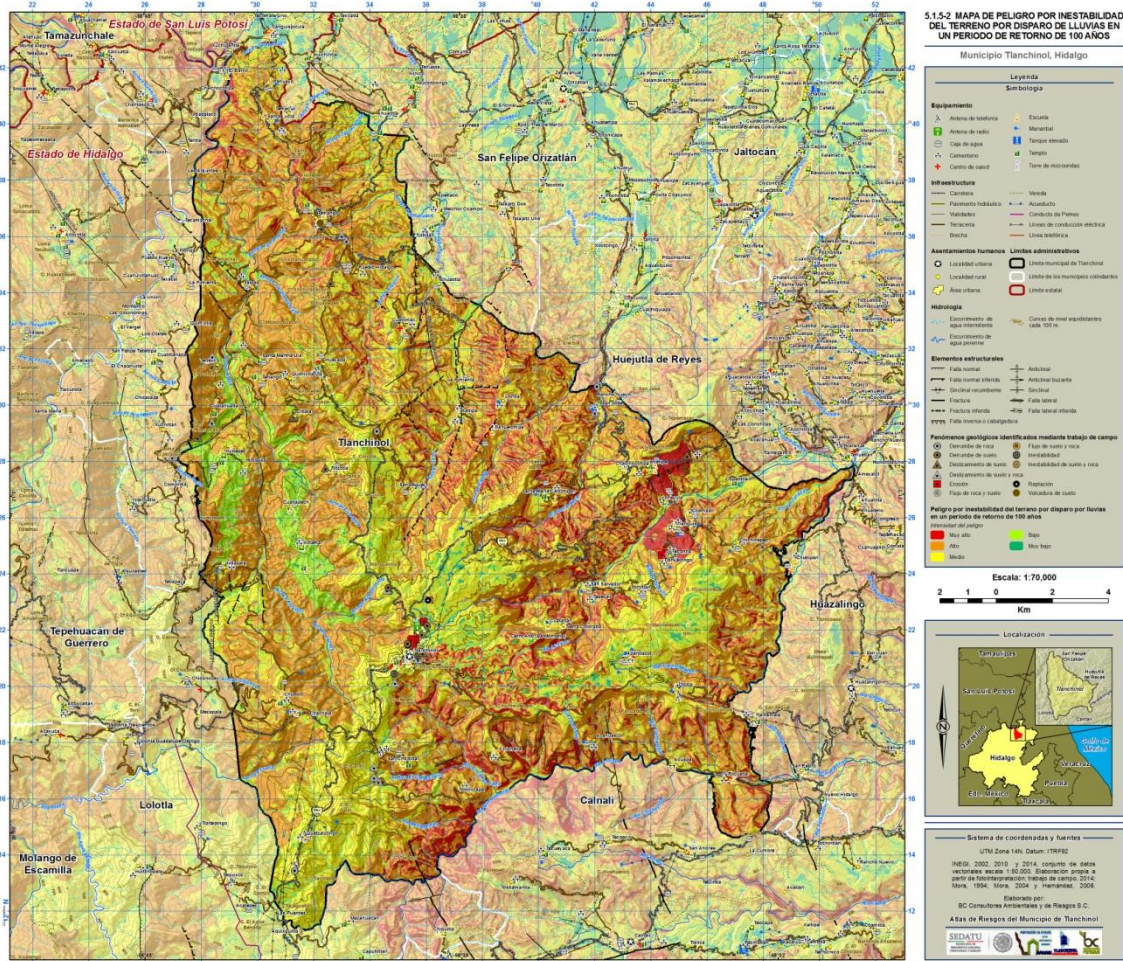
Fuente: BC Consultores Ambientales y de Riesgos S.C.

Gráfica 7. Intensidad de peligro por inestabilidad del terreno por disparo por lluvias en el municipio de Tlanchinol, Hidalgo. En un periodo de retorno de 100 años.



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

Mapa 25. Mapa de peligros por inestabilidad del terreno por disparo de lluvias en un periodo de retorno de 100 años



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

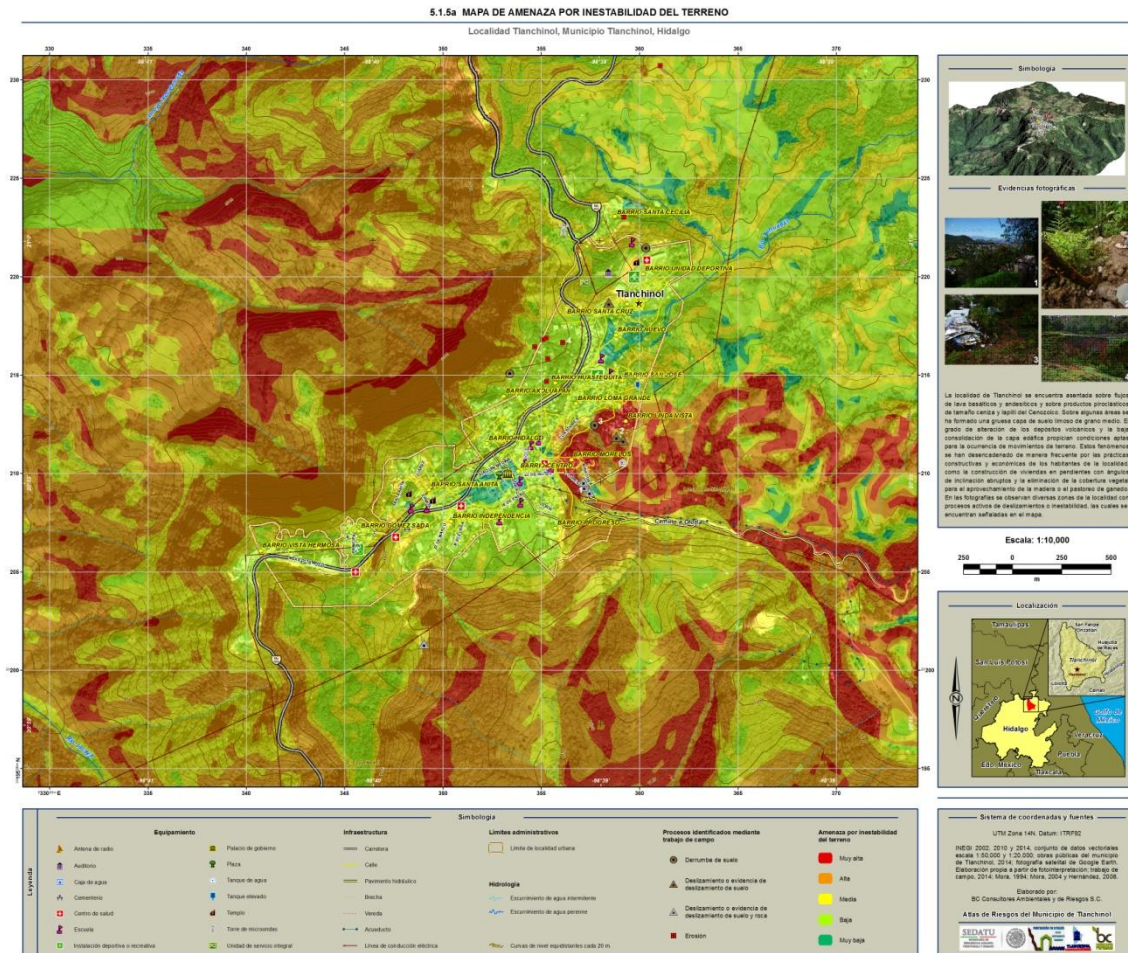
Tlanchinol (Cabecera municipal)

En la localidad de Tlanchinol se observaron diversos procesos de inestabilidad. Los deslizamientos y derrumbes de suelo y roca respectivamente, identificados se han originado principalmente por los modelos constructivos imperantes en los que se realizan cortes sobre terrenos inestables y sin aplicar estrategias de estabilización de taludes.

Por otro lado, los problemas de erosión están relacionados con resurgencias y con actividades de deforestación y cambio de uso del suelo. Tal es el caso de un escurrimiento que se ha convertido en desagüe, en las márgenes de este escurrimiento se ha retirado la vegetación lo que ha agravado la erosión y ha provocado pequeños deslizamientos la interior del cauce.

Cabe destacar el caso de Barrio Nuevo en el que se observaron varias viviendas en peligro por el deslizamiento de la ladera. Los habitantes han observado el retroceso del escarpe de la ladera sobre la que se encuentran hasta estar a escasos centímetros de sus viviendas.

Mapa 26. Mapa de amenaza por inestabilidad del terreno en la localidad Tlanchinol



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

Cuatlimax

En la localidad de Cuatlimax se realizó un recorrido en el cual se recabaron datos de un deslizamiento ocurrido en septiembre de 2013 en dirección NNE. El movimiento afectó directamente una vivienda la cual fue desplazada unos 15 metros de su ubicación original y provocó daños en 14 más. También se observan daños en la capilla, la casa parroquial, un almacén usado por la comunidad y 3 vialidades. Las viviendas afectadas se encuentran dentro de la corona de deslizamiento, la cual no fue posible medir, debido a que el terreno fue estabilizado y la zona se ha cubierto de vegetación herbácea y arbustiva. Los daños consisten en agrietamientos en paredes y techos o en los terrenos sobre los que se encuentran las viviendas; en la capilla y la casa parroquial se observan agrietamientos en paredes, techos, piso y muros, las grietas alcanzan en ocasiones varios centímetros mientras que los muros se han desplazado hasta 1 metro en un ángulo de unos 30° de inclinación. En las vialidades se observa ruptura y desplazamiento de las placas de concreto. Los habitantes de las 15 viviendas que evidenciaron daños han sido evacuados y reubicados, por su parte la capilla, la casa parroquial y el almacén, así como las vialidades fueron inhabilitadas en su totalidad.

En las imágenes tomadas y puestas a comparación de imágenes del momento del deslizamiento se observa mayor agrietamiento y expansión de las grietas existentes; en este sentido, los pobladores han señalado que ocasionalmente escuchan que el terreno “cruje”. En el recorrido realizado se observó una alta deforestación de la zona alta de la ladera, así como grietas y fisuras en el asfalto y en algunas viviendas. Se observó también que la zona es muy rica en escurrimientos, principalmente en escurrimientos subterráneos y subsuperficiales, debido a que la roca predominante es la caliza, la cual permite la infiltración de agua a través de grietas y ésta disuelve la roca provocando la erosión del material de forma mecánica y química. Se observaron también algunas resurgencias en cortes del terreno realizados para la edificación de viviendas y evidencias de inestabilidad en la parte superior de la ladera, en dirección OSO del deslizamiento.

La subsecretaría de protección civil realizó la zonificación de peligrosidad en (Mapa 5.1.5d.2):

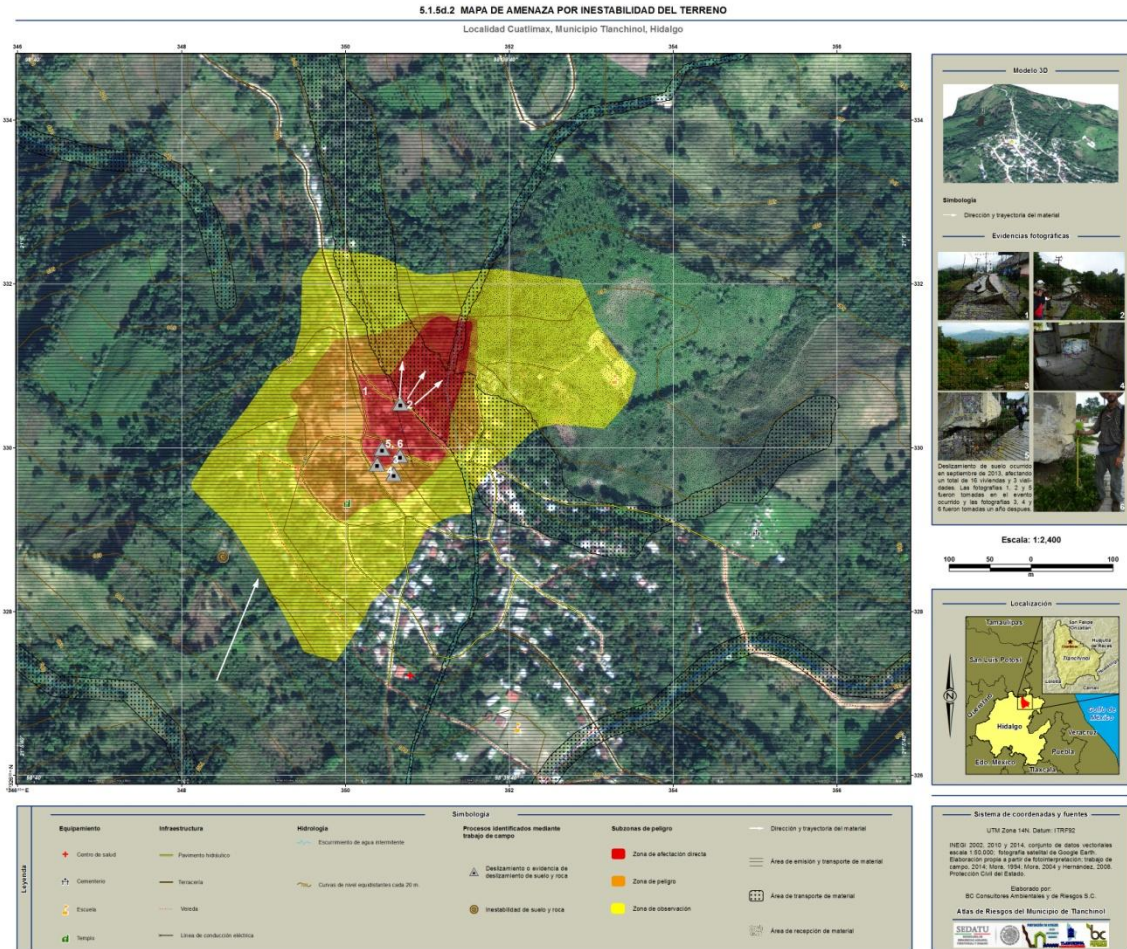
Zona de peligro: viviendas desalojadas

Zona de afectación directa: área que deberá quedar inhabilitada de manera definitiva, y

Zona de observación: zona de monitoreo y vigilancia permanente

Mediante el análisis realizado se determinó que gran parte de la localidad se encuentra en una zona de peligro alto, debido principalmente a lo abrupto de la pendiente. La zona en donde ocurrió el deslizamiento se ubica en un área de peligro medio. Aquí vale la pena recalcar que el análisis se alimenta del grado de inclinación de la pendiente el cual se obtiene de las curvas de nivel, equidistantes cada 20 metros, por lo que el detalle de la información a la escala presentada no refleja la amenaza identificada en campo de algunas zonas.

Mapa 27. Mapa de amenaza por inestabilidad del terreno localidad Cuatlimax



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

Citlala

La comunidad de Citlala se encuentra asentada sobre dos depósitos sedimentarios diferenciados. Al sur se encuentra la Formación Pimienta que se conforma en su base de horizontes de caliza negra con estratificación mediana, con algunas intercalaciones de lutitas calcáreas; sobreyaciendo a ésta se observan estratos de caliza arenosa de color gris oscuro con algunas intercalaciones de lutita y limolita; en la parte superior se presenta una secuencia de caliza gris oscuro en estratos de 0.15 a 0.40 m de espesor con intercalaciones de lutita.

La parte norte está dominada por la Formación Tamaulipas, en la cual se incluye a tres formaciones. Mediante el trabajo de campo sólo se observaron afloramientos correspondientes a la Formación Tamaulipas Superior, la cual se compone de caliza gris oscuro con textura variable entre *mudstone* y *wackstone*, presenta estratificación en capas laminares de medianas a gruesas, ocasionalmente se intercala con lutitas bentoníticas color verde pálido.

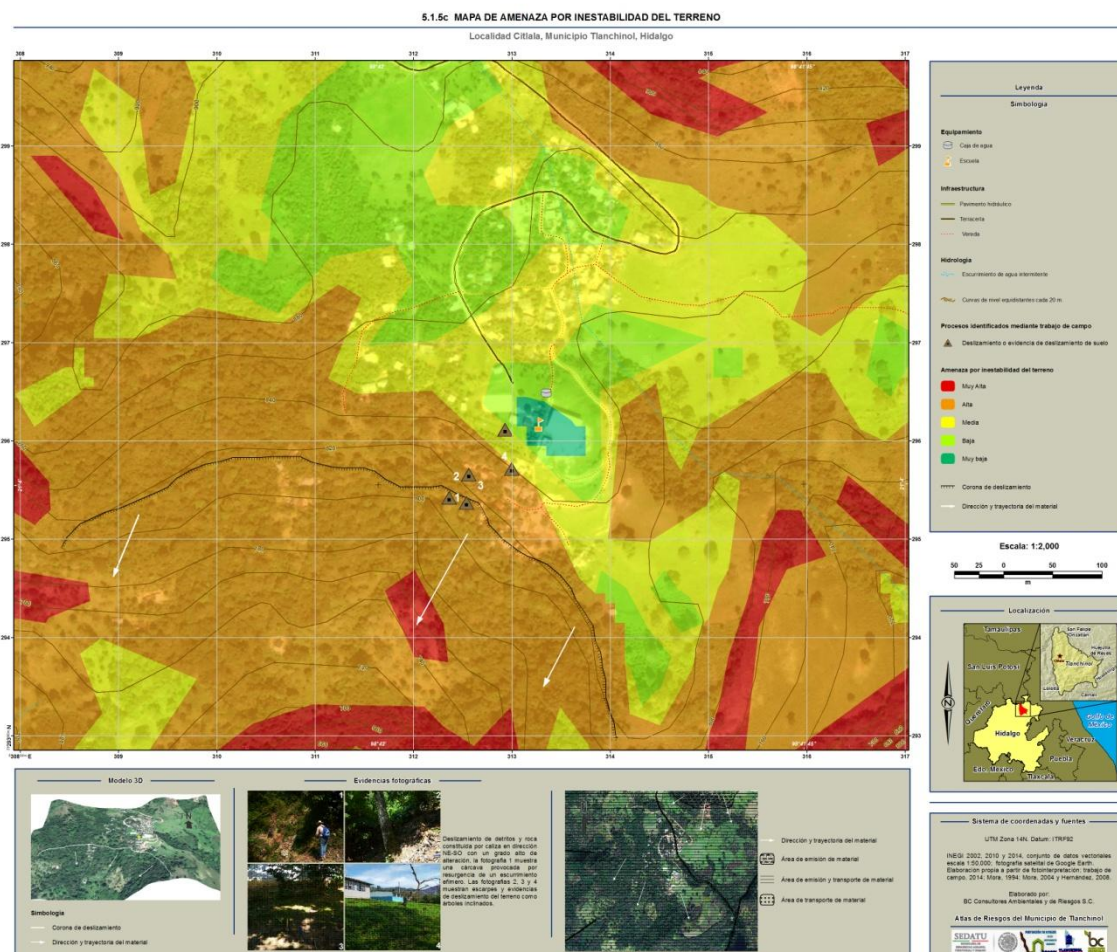
De acuerdo a lo mencionado por los pobladores, en el año 2010 se produjo un deslizamiento el cual afectó un camino local de terracería. Posteriormente en 2013, debido a las precipitaciones extraordinarias originadas por el paso de la tormenta tropical Ingrid y la depresión tropical No. 13 conocida como Manuel, el deslizamiento se volvió a activar.

El deslizamiento se encuentra en una ladera del cerro Huilapa, con pendiente de unos 40° a 50° de inclinación compuesta de material coluvial de suelo limo-arcilloso con clastos de caliza angulosos, de entre 1 y 10 cm. El depósito se encuentra poco consolidado y es bastante inestable, además de que permite la infiltración. Este depósito se ha formado debido a la erosión del estrato de caliza, debido a la precipitación y a la acción de la vegetación. Esta ladera fue cortada para crear un camino de terracería de unos dos metros de ancho la cual persiste activa a la fecha.

El movimiento fue descrito como un flujo de detritos de acuerdo a la opinión técnica realizada por personal del Servicio Geológico Mexicano. Es posible que el movimiento haya correspondido a un flujo debido a que ocurrió al inicio de una cárcava producida por la resurgencia de un escurrimiento efímero, sin embargo el proceso corresponde a un deslizamiento. El desplazamiento ocurre en dirección NE-SW desde el camino mencionado, hasta la escuela ubicada en la cima del cerro. Durante el recorrido se observaron varias grietas de tensión e inclinación de algunos árboles. Se contabilizaron ocho viviendas alrededor del punto de origen del flujo. Éstas fueron levantadas con muros de tabique y techos de lámina. Algunas paredes muestran grietas, las cuales pueden ser producto de vicios en constructivos.

De acuerdo al análisis realizado la zona en la que se encuentra el deslizamiento posee un nivel de amenaza alto debido a la inclinación de la pendiente, mientras que la parte alta del cerro se encuentra en amenaza media (Mapa 5.1.5c).

Mapa 28. Mapa de amenaza por inestabilidad del terreno localidad Citlala



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

San Cristóbal

En el camino que lleva a la localidad de San Cristóbal se observaron varios deslizamientos de suelo y de roca y suelo de dimensiones importantes. Uno de los deslizamientos

Estos deslizamientos se han originado sobre laderas convexas de pendientes muy abruptas originadas por la apertura de la carretera. Uno de los deslizamientos, muestra una anchura de 189 m a la altura del camino, originó la reubicación de una colonia de la localidad de San Cristóbal, que se encontraba ladera abajo.

La generación de los deslizamientos se debe a la inestabilidad del suelo debido a la inclinación del terreno y a la deforestación observada en las partes altas de las laderas. La litología de la zona corresponde a flujos de lava basálticos y andesíticos, con fisuras y grietas perceptibles encima de los cuales sobreyace una capa de suelo de textura limosa de grano grueso, con poca cohesión.

5.1.5. Flujos (lahares / avalanchas)

Los flujos son movimientos continuos de una masa de suelo y fragmentos de roca pendiente abajo de una ladera, sobre una superficie de falla, en donde sus partículas tienen movimientos relativos dentro de la masa en la que se mueven. Los flujos se caracterizan en base a la proporción de agua y sedimentos que los componen. En orden de mayor a menor concentración de material sólido, los flujos se clasifican en: flujos de lodo, flujos hiperconcentrados y flujos de escombros.

Mediante el trabajo de campo realizado en el municipio de Tlanchinol se identificó el depósito de un flujo de escombros ocurrido en septiembre de 2013 a las afueras de la localidad de Tenexco. La dirección del flujo fue de oeste – este; viajó unos 200 metros desde el punto de origen hasta el camino que lleva a la localidad, el cual fue completamente bloqueado. La composición del flujo no se determinó adecuadamente debido a que el material fue removido por retroexcavadoras sin embargo se observaron fragmentos de roca caliza. La corona que se formó por el desprendimiento del material posee 20.7 m de ancho por 2.4 m de altura.

Se determinó la ocurrencia de otro flujo en la localidad de Tecontla mediante los relatos de los habitantes locales, quienes han presenciado el evento en más de una ocasión. Estos señalaron la corriente de una mezcla de agua, sedimentos y roca por las calles de la localidad hasta un escurrimiento intermitente. Este flujo no fue observado ni se encontraron evidencias de sus depósitos.

Con base en los recorridos en campo y la evidencia histórica del fenómeno proveniente de la memoria oral de los pobladores puede considerarse que en el municipio de Tlanchinol la ocurrencia de flujos es muy baja, sin embargo a nivel de localidad debe prestarse atención puntual a las comunidades mencionadas anteriormente, en las cuales el fenómeno puede presentarse de forma periódica o recurrente como lo mencionaron los pobladores.

Por otro lado, Lahar es una palabra indonesia que refiere a un flujo que se desliza por las laderas de un volcán. El agua que forma la mezcla puede tener varios orígenes, tales como lluvia intensa, fusión de nieve o glaciares por actividad volcánica, o simplemente inestabilidad morfológica.

Aunque en el municipio de Tlanchinol existe una clara influencia volcánica sobre el relieve, y a pesar de que el régimen pluvial aporta una gran cantidad de agua a las inclinadas pendientes, no se encontraron depósitos claros de lahares, además de que en la literatura tampoco existen registros sobre este fenómeno en el área.

5.1.6. Caídas, Derrumbes y Deslizamientos

Los desprendimientos, caídos o derrumbes son movimientos en caída libre de cualquier tipo de material, ya sea roca, detritos o suelo. Este proceso se origina por el desprendimiento de material de una superficie inclinada, el cual posteriormente puede rodar, deslizarse o fluir (Alcántara, 2000). La velocidad de los desprendimientos puede ser rápida o extremadamente rápida, excepto cuando la masa inclinada sufre socavamiento y el desprendimiento o caída es precedido por deslizamiento o vuelcos que separan el material desplazado de la formación original (Cruden y Varnes, 1996).

Los derrumbes ocurren típicamente en pendientes mayores a 75° en taludes con un ángulo menor, los materiales rebotan y en pendientes menores a 45° los materiales tienden a rodar. En el municipio de Tlanchinol se observaron varios derrumbes, los cuales están señalados en el mapa de inestabilidad, sin embargo no fue posible realizar una modelación de este fenómeno debido a que la escala de las curvas de nivel que se requieren para el análisis no es suficientemente detallada y no permite diferenciar las pendientes abruptas, las cuales frecuentemente se encuentran en el margen de la carretera.

Este fenómeno se explica a fondo en el apartado de inestabilidad de laderas.

5.1.7. Hundimientos

Es un proceso de movimiento vertical y súbito, que desplaza al suelo desde algunos centímetros hasta varios metros; se presenta en cavidades subterráneas o bien en la superficie, debido a causas naturales o antrópicas. Cuando se origina de manera natural, se encuentra asociado a materiales kársticos o solubles y que debido a procesos de disolución generan estados de desequilibrio o inestabilidad, que derivan en la ruptura del techo si el material es poco resistente. En superficie, los hundimientos kársticos se denominan dolinas, que pueden generarse por disolución de las rocas o bien por subsidencia de suelos blandos. La ocurrencia de este fenómeno por actividades antrópicas se debe generalmente a actividades económicas y obras de ingeniería, como explotación minera, túneles carreteros o ferroviarios y excavaciones de diversa índole que carecen de los recubrimientos adecuados (González de Vallejo *et al.*, 2002).

A pesar de que una gran extensión del municipio de Tlanchinol se encuentra formada por caliza, la cual forma el característico relieve kárstico, no se encontraron evidencias de hundimientos, además que mediante las encuestas realizadas la población no manifestó la presencia de este fenómeno, por lo tanto se determinó que no existe peligro por hundimientos en el territorio.

5.1.8. Subsistencia

El fenómeno de subsidencia, se caracteriza por ser un proceso muy lento de descensos paulatinos de la superficie terrestre, el cual puede originarse por causas geológicas, por intervenciones antrópicas, o ambas (Vázquez, 2001).

La subsidencia se presenta por diversos factores, como el descenso del nivel freático, ya sea de manera natural (temporada de sequía) o bien debido a la sobreexplotación de acuíferos para abastecimiento humano, la presencia de minería, extracción de petróleo o gas, por disolución o lavado de materiales, por procesos morfotectónicos y de sedimentación, principalmente (González de Vallejo *et al.*, 2002); es decir que la subsidencia puede tener un origen tanto endógeno como exógeno.

Para identificar correctamente este fenómeno, resulta fundamental evaluar detalladamente la litología, el relieve, la morfología y los procesos naturales o antrópicos existentes en la zona de interés, ya que las rocas carbonatadas, yesos o salinos, suelen ser susceptibles a sufrir subsidencia (González de Vallejo *et al.*, 2002).

Pese a que la subsidencia es un fenómeno que no suele ocasionar víctimas mortales, su estudio es de gran importancia ya que puede causar cuantiosos daños materiales, específicamente en edificaciones, canales, conducciones y vías de comunicación en las zonas urbanas asentadas sobre el terreno donde se manifiesta (Tomás *et al.*, 2006).

Parte del municipio de Tlanchinol se encuentra dominado por depósitos de caliza y arenisca los cuales pueden asociarse a hundimientos o procesos de subsidencia, sin embargo no se identificaron evidencias de dicho fenómeno ni en gabinete ni durante el trabajo de campo por lo que se consideró que no existe peligro por subsidencia en el territorio.

5.1.9. Agrietamientos

Los agrietamientos hacen referencia a zonas de desplazamiento de dos planos de la superficie en un movimiento ya sea vertical u horizontal. Lugo-Hubp (2011) define un agrietamiento como la desmembración de las rocas en una serie de bloques por planos de fisuras debido a diferentes fenómenos, tales como movimientos tectónicos, desplazamiento por gravedad, compactación, congelación y deshielo, e intemperismo en general. De lo anterior se deduce que los agrietamientos son eventos que se originan como consecuencia de otro fenómeno, el cual funge como disparador. Los agrietamientos pueden causar severos daños a la infraestructura y a la vivienda y ocasionar cuantiosas pérdidas a la población.

En el municipio de Tlanchinol se encontraron varios agrietamientos producidos por movimientos terreno, por lo que serán tratados en el apartado correspondiente.

5.1.10. Fallas y Fracturas

La Tierra es un planeta dinámico, el desplazamiento de las placas tectónicas origina fuerzas de fricción entre ellas, lo que ocasiona esfuerzos de tensión. Cuando el esfuerzo se aplica en direcciones diferentes se denomina esfuerzo diferencial. Al esfuerzo diferencial que acorta un cuerpo rocoso se le conoce como esfuerzo compresivo. Los esfuerzos compresivos asociados a la colisión de las placas tienden a acortar y ensanchar la corteza terrestre, plegándose, fluyendo o fracturándose, cuando los esfuerzos superan su resistencia (Tarbuck y Lutgens, 2005). La fractura se produce de forma abrupta a lo largo de planos, llamados planos de falla. La ruptura comienza en un punto a partir del cual se propaga hasta romper todo el plano de falla; este proceso puede durar desde algunos segundos hasta varios minutos.

Jackson (1997) define una falla como una discontinuidad o superficie de fractura o zona de superficies de fractura que separa dos masas de roca, a través de la cual una masa se ha deslizado respecto de otra, cuando las fuerzas tectónicas superan su resistencia. Una fractura, por otro lado, es la ruptura de las rocas sin que ocurra el desplazamiento de los bloques que separa (Lugo-Hubp, 2011).

De acuerdo a su actividad, las fallas pueden ser activas o pasivas. Aunque es complicado definir el estado de actividad o pasividad de una falla, se puede considerar activa a una falla cuando se han identificado epicentros sísmicos sobre ella o cuando se tienen evidencias históricas de su desplazamiento. Las fallas pasivas no constituyen prácticamente peligro, debido a que no presentan desplazamiento, sin embargo sí pueden actuar como líneas de debilitamiento de la superficie, a través de las cuales pueden originarse movimientos de remoción en masa.

Las fallas activas se constituyen como un peligro constante, debido a que su movimiento o los sismos que producen pueden ocasionar graves daños a la infraestructura y la vivienda, romper caminos, tuberías, paredes, o bien, pueden desencadenar sismos, deslizamientos o derrumbes en las áreas inmediatas a la falla (CENAPRED, 2006).

Para la determinación de la intensidad del peligro asociado a fallas y fracturas, en primera instancia se calculó la densidad de las mismas. Para ello se definió una celda de 250 m de lado como unidad de representación, y un radio de consideración de 564.2 m; es decir que se consideró que una superficie de 0.0625 km² puede verse afectada por movimientos de fallas que se encuentren no sólo dentro de esa área sino en un área circundante de 1km².

También se determinó la susceptibilidad del terreno al movimiento mediante el cálculo de la velocidad con la que las ondas S se desplazan a través una unidad geológica específica, ya que son estas las que generan oscilaciones durante un evento sísmico. Típicamente se considera que las rocas de origen ígneo intrusivo e ígneo extrusivo son las que menor susceptibilidad al movimiento presentan, mientras que las rocas sedimentarias y los depósitos aluviales son las unidades que se mueven con mayor facilidad, sin embargo el vulcanismo que se presenta en el

municipio de Tlanchinol es muy antiguo y sus depósitos se encuentran fuertemente alterados, por lo que presentan un grado alto de inestabilidad.

Igualmente se tomó en consideración la inclinación de la pendiente, ya que se ha demostrado que la topografía se relaciona estrechamente con la velocidad con que las ondas S se desplazan (e.g. Wald y Allen, 2007). Se consideró que pendientes con mayor inclinación provocan que las ondas S se trasladen con menor velocidad, siendo de esta forma más susceptibles al movimiento.

Posteriormente, en base a los análisis anteriores se elaboró una clasificación mediante la aplicación de una escala Lickert con la cual se definieron tres categorías de intensidad del peligro: alta, media y baja; estas categorías deben entenderse como la probabilidad de desplazamiento del relieve por movimientos de fallas y la susceptibilidad del mismo a la oscilación debido a la energía liberada por ese movimiento.

Dentro del municipio de Tlanchinol se encuentran varias estructuras antiformas y sinformas y varios fallamientos normales y laterales generados en diferentes fases prelaramídicas, principalmente las fallas Cuatlimax, San Juanico, Xaltipa, Huacaltepec y Xala, con orientación principal N-S y N50°O (Mapa geológico).

El análisis de peligro por fallas arrojó valores de densidad de fallas de 0 a 4 km/km². El valor más alto se encuentra al oeste del municipio, cerca de la localidad de Ixtlapala, aunque la mayoría de la superficie que se determinó que puede ser influenciada por movimientos de fallas posee una densidad de 1 a 2 km/km².

Mediante el análisis de peligro se determinaron categorías de muy alto a bajo. El peligro muy alto y alto se relaciona principalmente con zonas aluviales y rocas sedimentarias como calizas, lutitas y margas, con pendientes desde planas hasta mayores a 45° de inclinación, las cuales, a pesar de que estén relacionadas a una densidad de fallas baja, presentan altos niveles de intemperismo y sus depósitos están poco consolidados. Algunas unidades de depósitos volcánicos de basalto y andesita también se encuentran en esta categoría debido a la alteración que evidencian, principalmente aquellas con pendientes mayores a 15° de inclinación.

Las zonas de peligro medio están constituidas por depósitos tanto sedimentarios como volcánicos, con pendientes desde planas hasta 45° de inclinación, sin embargo la densidad de fallas en estas áreas en menor y oscila entre 0 y 2 km/km².

Las zonas en peligro bajo finalmente también están asociadas a depósitos tanto volcánicos como sedimentarios, sin embargo las pendientes frecuentemente son menores al igual que la densidad de fallas, la es en todos los casos entre 0-1 km/km².

A continuación se enlistan las localidades afectadas en zona de peligro por movimientos de fallas:

Tabla 11. Localidades en peligro por movimientos de fallas. Pendiente, densidad de fallas, litología y nivel de peligro

Localidad	Litología	Edad	Vs30	Pendiente	Densidad de fallas (km/km ²)	Peligro
Acahuasco	Lutita-marga	Cretácico superior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Alta
Cuatlimax	Caliza-lutita	Cretácico superior	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Lontla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta

Localidad	Litología	Edad	Vs30	Pendiente	Densidad de fallas (km/km²)	Peligro
Tlahuelompa	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Xaltipa	Caliza-marga	Cretácico superior	340 - 630	15 - 30	1 - 2	Alta
La Pimienta	Lutita-marga	Cretácico superior	340 - 630	15 - 30	1 - 2	Muy alta
Jalpa	Caliza-lutita	Jurásico superior	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Huitepec	Caliza	Jurásico medio	340 - 630	15 - 30	1 - 2	Alta
Tochintlán	Caliza-marga	Cretácico superior	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
Tlalica	Basalto-andesita	Terciario neógeno	440 - 840	6 - 15	0 - 1	Baja
Chiquitla	Basalto-andesita	Terciario neógeno	440 - 840	6 - 15	0 - 1	Baja
Calnali	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
San Pedro	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Talol	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	0 - 3	1 - 2	Media
Malila	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
Acuapa	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Pochotitla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
Tamalcuatitla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	15 - 30	1 - 2	Alta
Huacaxtitla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Ateíxco	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	3 - 6	1 - 2	Alta
Cuaxocotitla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta

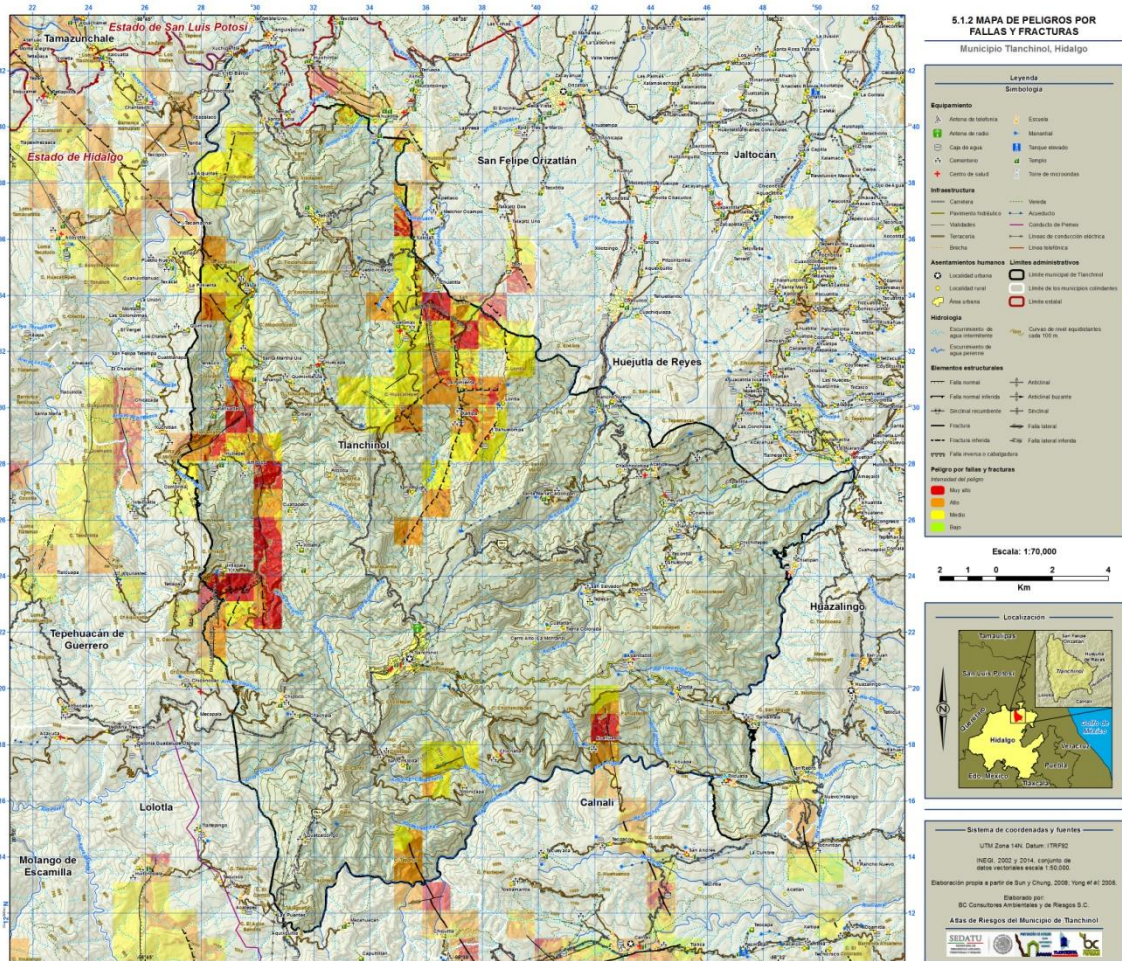
Localidad	Litología	Edad	Vs30	Pendiente	Densidad de fallas (km/km²)	Peligro
Tetzahapa	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Tepemalintla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
Ilamactla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Zapotitla	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Zitlán	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
El Naranjal	Caliza-arenisca-lutita	Terciario paleógeno	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Acoyotla	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	3 - 6	0 - 1	Media
Aquilastec	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Tlalcuapa	Caliza	Jurásico superior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Tlapexmecaca	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Tlalocuil	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
La Pimienta	Caliza-lutita	Jurásico superior	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Tetlapaya	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	15 - 30	1 - 2	Alta
Tecamachal	Caliza-lutita	Jurásico superior	340 - 630	30 - 45	1 - 2	Alta
Xalcuatla	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
El Barco	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	3 - 6	0 - 1	Media
Ahuatitla	Lutita-marga	Cretácico superior	340 - 630	0 - 3	0 - 1	Baja
Mecachiquico	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta
Monte Alegre	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta

Localidad	Litología	Edad	Vs30	Pendiente	Densidad de fallas (km/km ²)	Peligro
Mecapala	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
La Florida	Caliza-lutita	Jurásico superior	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Tentla	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	3 - 6	1 - 2	Alta
Zacualtipanito	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Ixtlapalaco	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	15 - 30	1 - 2	Alta
Cuahuixtlahuac	Caliza-lutita	Jurásico superior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Tlaíca	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	15 - 30	0 - 1	Media
Comontla	Caliza-lutita	Jurásico superior	340 - 630	6 - 15	0 - 1	Media
Lalastzintla	Caliza-lutita	Cretácico inferior	340 - 630	6 - 15	1 - 2	Alta

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

Finalmente, cabe mencionar que el análisis del peligro por fallas y fracturas no considera los fenómenos que pueden derivarse del desplazamiento de fallas o de la formación de fracturas, como flujos, avalanchas, deslizamientos o derrumbes. El análisis de estos fenómenos puede revisarse en el apartado correspondiente.

Mapa 29. Mapa de peligros por fallas y fracturas



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

Peligros Hidrometeorológicos

En las siguientes líneas se describen los peligros de origen hidrometeorológico que afectan al municipio de Tlanchinol, Hidalgo.

5.1.11. Ondas cálidas y gélidas

En algunos países, el fenómeno de las bajas temperaturas, o frío, como se le conoce comúnmente, es tan frecuente que la gente está acostumbrada a vivir con él; en cambio, en otros países, sobre todo aquellos de latitudes tropicales, ocurren ocasionalmente, por lo que toma desprevenida a la población. Las bajas temperaturas y los fenómenos relacionados con ellas pueden causar varios problemas en los países afectados, principalmente en la salud de la población, así como para sus animales domésticos y cultivos; también puede tener efectos negativos en la infraestructura de los inmuebles (CENAPRED, Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, 2006)

La República Mexicana se caracteriza por una diversidad de condiciones de temperatura y humedad. Por su ubicación geográfica se encuentra entre dos grandes regiones climáticas, la temporada al norte del trópico de Cáncer y la tropical, al sur de éste. Debido a la forma del relieve, la altitud, extensión territorial y su localización entre dos océanos se producen diversos fenómenos atmosféricos, según la época del año; por ejemplo, en el invierno que es frío y seco, el país se encuentra bajo los efectos de las masas polares y frentes fríos, que ocasionan bruscos descensos de temperatura, acompañados generalmente de problemas en la salud de la población (CENAPRED, Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, 2006)

El ser humano es vulnerable a ciertas temperaturas, tanto por arriba de un umbral, como por debajo de otro. Por otro lado, es de interés analizar aquellos eventos extremos que pueden perjudicar a la población, y no el evento normal que se presenta cada mañana antes del amanecer. Adicionalmente es un hecho que junto con la presencia de bajas temperaturas debe analizarse su duración. Dos de las enfermedades que puede presentar la población de Tlanchinol son las siguientes:

Dolor de cabeza: El frío provoca dolor de cabeza porque los músculos se contraen. Esto ocurre principalmente cuando hay viento. El dolor se presenta al reír, al toser, al estornudar, al levantar objetos pesados o por realizar grandes esfuerzos y puede ser corto e intenso.

Enfermedad de las vías respiratorias: en general, el mayor número de casos se registra durante las semanas de más bajas temperaturas. Los cambios bruscos de temperatura influyen mucho. Por ello, a partir de los primeros fríos, recrudecen otras infecciones de las vías respiratorias que no son virales, como el asma.

La tos, el catarro, la gripe, la bronquitis, la neumonía, la bronquiolitis, la rinitis, entre otras, forman parte de este tipo de dolencias que afectan alguna parte del sistema respiratorio. Así, el aire frío que se respira en el invierno es peligroso para los pulmones, los bronquios y la garganta. Además si éste es seco, provoca que las mucosas pierdan humedad. Por esta razón es conveniente fortalecer el sistema inmune durante el invierno.

En el municipio de Tlanchinol la temperatura mínima toma valores desde los 10 hasta los 18°C, la distribución espacial de las isotermas desciende de este a suroeste del municipio.

La superficie que ocupa una mayor porción en el municipio es el del rango que va de 12 a 14 °C.

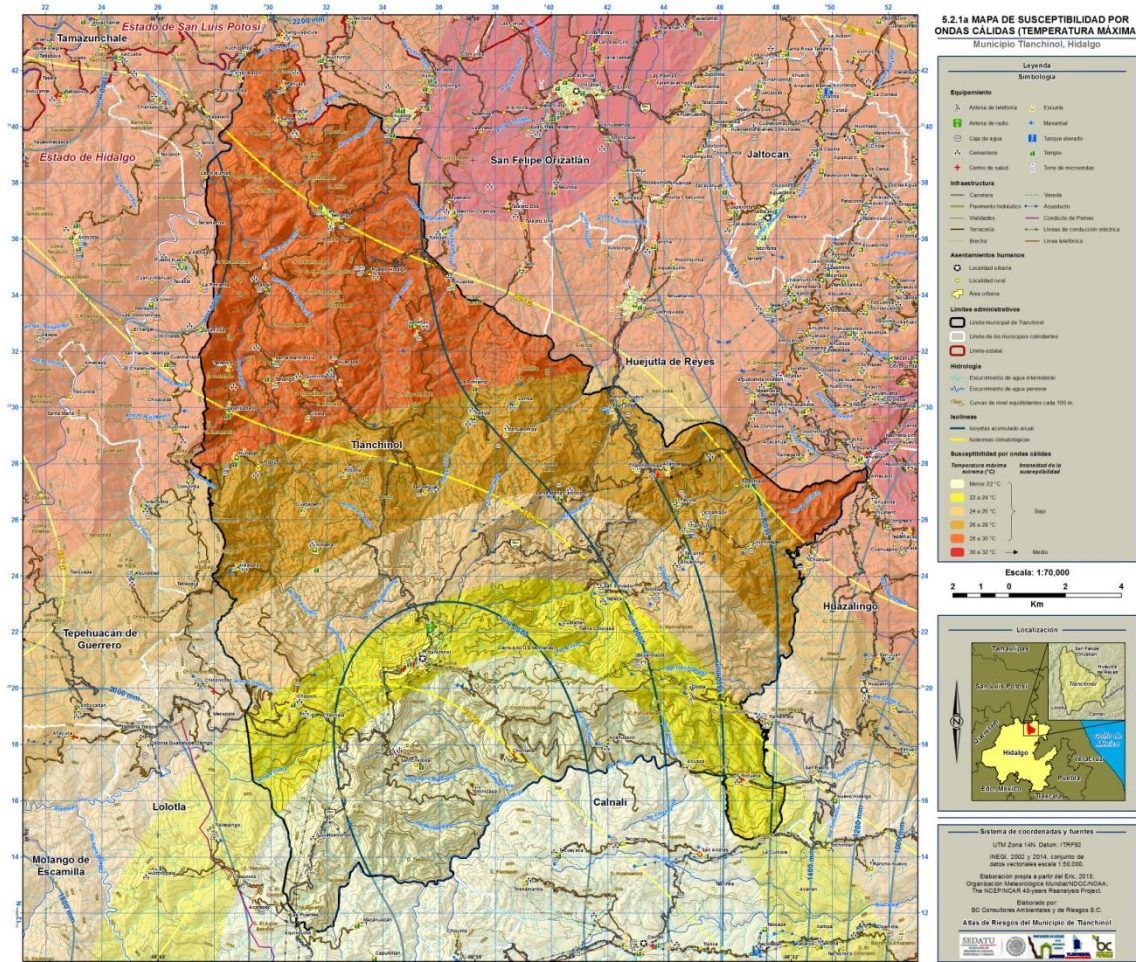
Sin embargo al realizar el análisis de temperatura mínima extrema se observaron valores por debajo de los 0° C siendo el más bajo de -4° C.

En particular para el municipio de Tlanchinol la temperatura máxima presenta sus valores extremos (28 a 30°C) al norte del territorio, desde la parte central, partiendo desde el Cerro Huacaltepetl hasta llegar a la colindancia con el estado de San Luis Potosí, asociándole una intensidad de peligro alta. Éste valor de la temperatura también se observa al oeste sobre el Arroyo Tetiotita.

El gradiente de la temperatura máxima desciende hacia el sur del territorio municipal hasta llegar a ser menor de 22° C

Es importante notar que la diferencia en el gradiente de temperatura máxima es de hasta 8° C si se recorre de norte a sur por lo que se deben tomar las precauciones pertinentes en tal caso.

Mapa 31. Mapa de susceptibilidad por ondas cálidas



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

5.1.12. Sequías

El fenómeno de sequía es interpretado de distintas formas que por principio se refieren a la deficiencia de precipitación durante periodos prolongados que impiden satisfacer una demanda dada del ambiente, las actividades humanas y su salud. A pesar de que este fenómeno es de ocurrencia natural, sus efectos son, en ocasiones, impactos económicos y ambientales significativos. Los impactos de la sequía parecen estar aumentando en los países desarrollados y en desarrollo, lo que indica que no existe un desarrollo sostenible en muchos casos. Para disminuir los impactos de las sequías futuras, es necesario el desarrollo de las políticas enfocadas a los sistemas de alerta temprana, planes de preparación para acciones y programas de mitigación apropiadas para mejorar el seguimiento de éstas (Vázquez, 2012 y Whilhite, 2005)

Conceptos y definiciones de sequía

Para definir la sequía es importante identificar en qué momento las variaciones de precipitación causan un impacto para satisfacer la demanda en un sector específico, ya sea en la población, en la economía, o en una actividad socioeconómica en particular. En este sentido, no existe una única definición de sequía, las múltiples definiciones reflejan las diferentes características climáticas de una región a otra así como los distintos impactos sectoriales, por ende, la sequía debe ser considerada como una condición relativa y no absoluta. A continuación se describen algunas definiciones con respecto al impacto que causan las sequías de acuerdo con Vázquez (2012).

La sequía meteorológica es cuando estrictamente se habla de un déficit de precipitación prolongado, por otra parte, cuando el déficit de precipitación es tal que la humedad disponible en el suelo y el agua necesaria para una especie vegetal es insuficiente para que se presenten adecuadamente las diferentes etapas de su desarrollo fenológico, se habla de la sequía agrícola.

Cuando el agua disponible y el déficit de precipitación se combinan de tal manera que los volúmenes de agua disponible en las presas ya no son suficientes para satisfacer las demandas por la población, así como para establecer los sistemas de riego y de suministro, entonces es sequía hidrológica.

Cuando no hay agua suficiente y el déficit de precipitación se sigue sosteniendo, para resolver la demanda de una ciudad, se habla de sequía urbana.

Además de la falta de una definición precisa, la sequía limita determinar su grado de severidad y por lo tanto la cuantificación de los impactos así como propuestas para su mitigación (Vázquez J. , 2012).

Características y severidad

Se pueden distinguir tres características principales que definen una sequía, éstos son su intensidad, duración y cobertura espacial. La intensidad se refiere al grado de déficit de la precipitación y/o severidad de los impactos asociados. En cuanto a duración, las sequías requieren un mínimo de dos a tres meses para establecerse y pueden continuar durante años o meses. En cuanto a sus características espaciales las zonas afectadas por las sequías se desarrollan gradualmente (CENAPRED, 2007).

Es importante mencionar que la sequía, a diferencia de otros fenómenos naturales, es de evolución lenta, es decir, no se presenta en forma abrupta, si no que se va estableciendo a lo largo de semanas, meses y a veces años, por tanto es una amenaza natural progresiva, sus efectos se acumulan en un periodo considerable de tiempo y pueden persistir incluso años después de la finalización del evento, es por esto difícil definir el inicio y final de una sequía (Whilhite, 2005).

Impactos de la sequía

Los impactos de la sequía son diversos, y fluctúan de acuerdo a la cantidad de grupos afectados y sectores relacionados con la sequía así como su extensión espacial, la dificultad de cuantificar los daños ambientales y sociales, por lo tanto es difícil determinar de manera precisa los costos financieros de la sequía.

Sin embargo, los impactos de la sequía se pueden clasificar en tres áreas, económica, ambiental y social. Las pérdidas económicas van desde pérdidas directas en los sectores agrícolas y pecuarios, pérdidas en las actividades de recreación, transporte y sector energético; las pérdidas ambientales son el resultado del daño a las especies vegetales y animales, hábitat, degradación de la calidad del paisaje y erosión del suelo; mientras que los impactos sociales se refieren a la seguridad pública, la salud, los conflictos entre usuarios del agua y las desigualdades en la distribución de impactos (CENAPRED, 2007).

Como daños secundarios por las sequías se consideran a los incendios forestales y aceleración de la erosión de los suelos ya que la falta de humedad en las plantas aumenta la materia orgánica potencialmente combustible y con la presencia de una fuente de ignición, provoca que se forme un incendio forestal. Como consecuencia, la erosión se produce debido a la pérdida de la capa vegetal debido al fuego, el suelo queda desprotegido ante los agentes climáticos como son el viento o la lluvia, acelerando el proceso de erosión (CENAPRED, 2007).

Muchos estudios indican que el comportamiento de las sequías recurrentes en México puede estar asociado a la variabilidad inter-decadal, es decir, lo que en climatología se llama oscilaciones de baja frecuencia, periodos muy largos que ocurren en lustros, décadas o mayores y que recurren. Por lo tanto se especula que puede ser que estamos entrando en un periodo en el que se tendrán frecuencias de sequías en México en forma de un dipolo, donde el norte estará persistentemente seco (Magaña & Graizbord, 2006).

La sociedad debe estar preparada para hacer frente a los efectos de la sequía en cualquier momento. Impactos en el pasado se han visto exacerbados por la ausencia de mecanismos de supervivencia, con muy poca preparación en los periodos sin sequía, el riesgo asociado a éste fenómeno tiene tanto un componente natural como un componente social, además de la probabilidad de recurrencia .

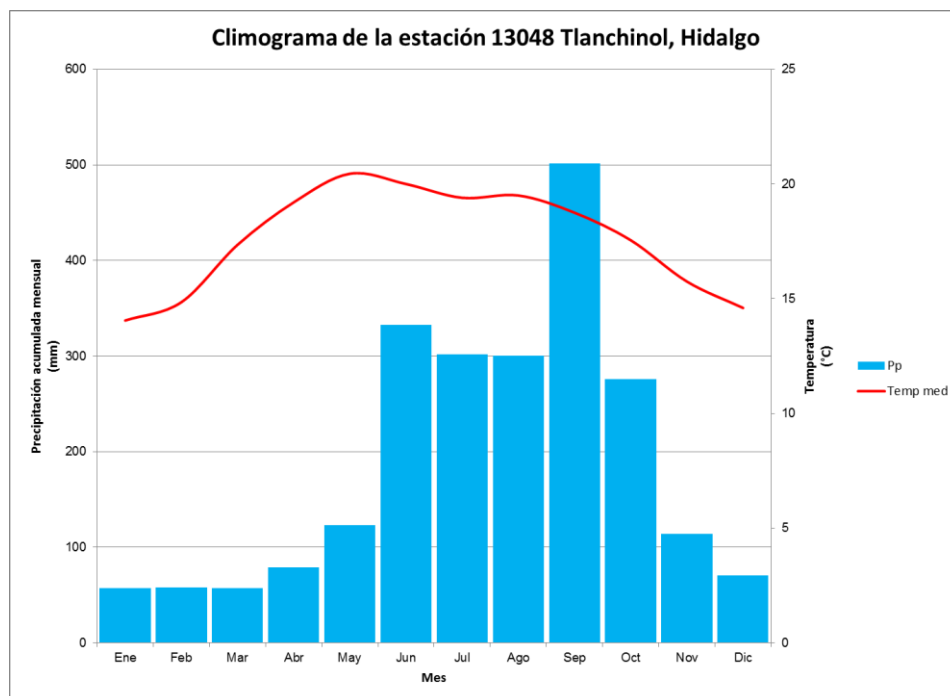
En México, la ocurrencia de sequías de gran magnitud data desde tiempos antiguos, en el siglo XX, se registraron cuatro grandes periodos de sequías que son de 1948 a 1954, de 1960 a 1964, de 1970 a 1978 y de 1993 a 1996. No obstante, se tienen datos de daños por sequía en años subsecuentes. El año 1998 fue crítico en casi todo el territorio nacional debido a las sequías, ondas de calor y altas temperaturas registradas (CENAPRED, 2007).

También se tiene como registro que en 9 de los 12 meses el año 2011 las lluvias estuvieron por debajo del promedio, y en el mes de junio se alcanzó hasta un 23% de la superficie del país con afectación de sequía excepcional, mientras que solo el 7% de la superficie del territorio nacional no presentó afectación. En este periodo hubo pérdidas generalizadas sobre todo en la agricultura, aumentó el riesgo de incendios exponencialmente, y se tuvo escases en su totalidad en embalses, arroyos y pozos. Se debe resaltar que este tipo de afectaciones no ocurren necesariamente por el fenómeno de la sequía, sino más bien qué tan preparados está la sociedad y gobierno, ya que se sabe de antemano que la sequía es una característica recurrente del clima. En este año se presentaron el mayor número de dictámenes técnicos emitidos por el servicio meteorológico por la sequía (Vázquez J. , 2012).

Determinación de sequía

Para determinar la presencia de una sequía es importante identificar el clima en la zona de estudio, además de cómo se comporta el régimen pluviométrico. Por ejemplo las principales lluvias son en la temporada húmeda y cálida que se denomina verano, no necesariamente coincide con el verano astronómico si no como el verano climatológico, que en el caso del municipio de Tlanchinol ocurren entre junio y octubre (ver siguiente figura). Entonces si ocurre déficit de precipitación entre noviembre y mayo se debe tomar en cuenta los impactos que representaría en distintos sectores socioeconómicos en términos de sequía. También es importante preguntarse qué actividades se llevan a cabo en la temporada de verano, para que la sociedad pueda prevenir los efectos que pudiera provocar un déficit de precipitación durante un periodo de tiempo prolongado.

Gráfica 8. Climograma del municipio



Fuente: de elaboración propia con datos de ERIC, 2013

El climograma que se toma como referencia es el de la estación climatológica con clave 13048 ubicada en la localidad Tlanchinol, en las coordenadas geográficas 98°39'25.2" de Longitud Oeste y 20°59'24" de Latitud Norte a una altitud de 1567 msnm. Es importante observar que los meses de enero, febrero y marzo son los que climatológicamente presentan una precipitación acumulada menor respecto a todos los meses (alrededor de 57.4 mm) y que durante los meses de abril y mayo la temperatura media asciende de 19.2 a 20.45 °C.

Por lo tanto en los meses señalados es cuando se puede establecer el fenómeno de sequía debido a que la cantidad de agua disponible aunado a las altas temperaturas pueden provocar un déficit de agua para la población, vegetación y sectores socioeconómicos.

Para la estimación de la sequía no se considera un solo índice definitivo, ya que existen muchos índices, que se pueden utilizar en su conjunto para diagnosticar en que regiones se presentan condiciones de sequía. Entre los indicadores para el diagnóstico y monitoreo de sequía se tiene el Índice Estandarizado de Precipitación, el índice de severidad de sequía de Palmer, el porcentaje de precipitación normal, el índice de salud de la vegetación, el Índice Estandarizado de Sequía Normalizado (NDDI), modelo de humedad del suelo, índice de severidad de sequía meteorológica (ISSQ), entre otros.

Para el caso del municipio de Tlanchinol, se utilizaron los modelos de NDDI y el de ISSQ, además de comparar espacialmente la temperatura máxima extrema y la precipitación acumulada mensual.

Se tiene entonces que la distribución espacial de la sequía meteorológica, definida en función del déficit de precipitación respecto a la medida pluviométrica media anual o estacional de largo periodo y su duración en una determinada región (Hernández, Torres, & Valdez, 2000), indica que en el municipio ocurre este fenómeno, y su grado de intensidad incrementa de -0.1 a -0.5 de sur a norte de municipio, presentándose el grado de intensidad más alto en la zona costera.

Por otra parte, se llevó a cabo el análisis espectral de imágenes satelitales Landsat ETM+, con fechas de 13 de abril de 2011, 10 de junio de 2012, 05 de junio de 2013 y 31 de mayo de 2014; para la obtención del índice de severidad de sequía estandarizada (NDDI), este índice da como

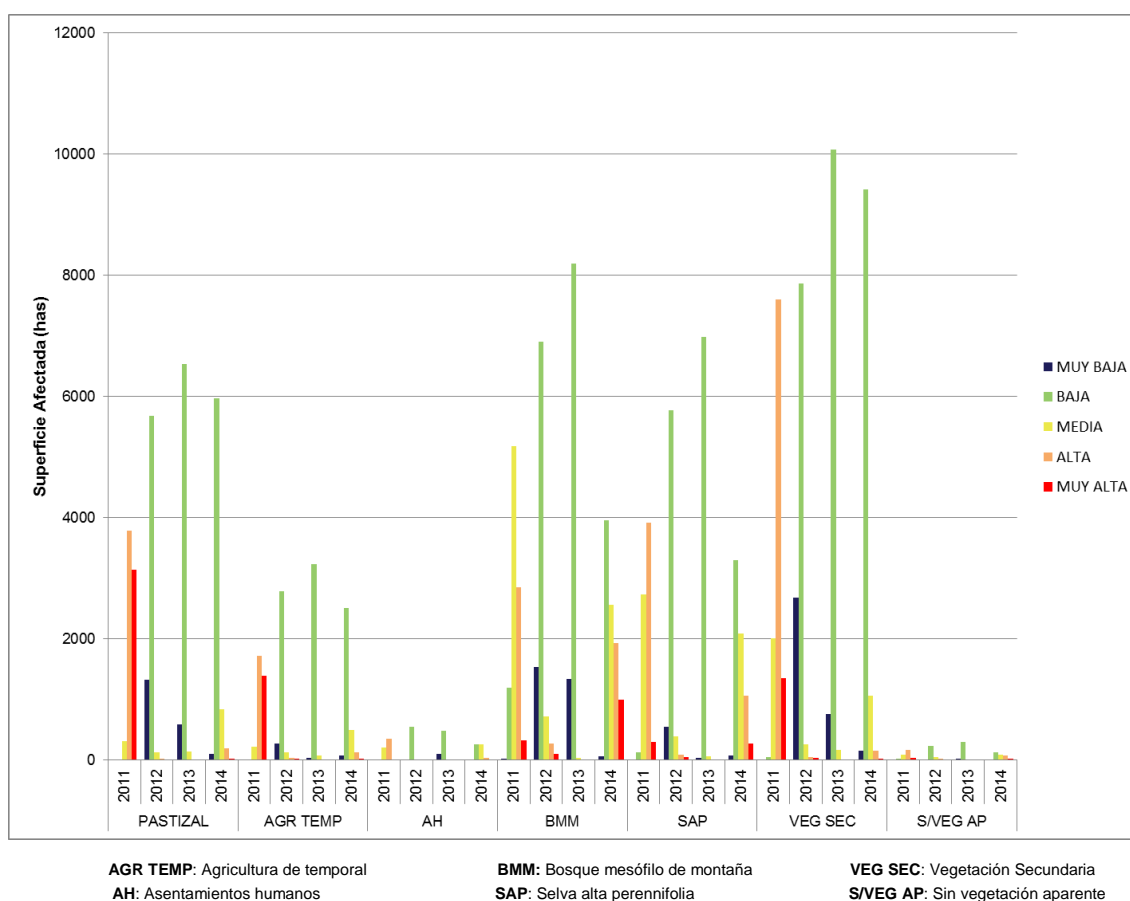
resultado una medida apropiada de la sequía en una zona determinada ya que combina información sobre vegetación y humedad (Renza, Martínez, Arquero, & Sánchez, 2010).

El resultado de éste índice tiene una escala de -1 a 1, en el que los números negativos representan superficies con mayor contenido de agua, mientras que los valores positivos representan superficies en los que el índice de vegetación es mayor que el del índice de agua, es decir, donde existe una sequía, para éste tipo de análisis.

El índice de sequía calculado para el mes de abril de 2011 fue el de mayor incidencia con 23.35 ha con intensidad muy baja; 1,440.95 ha con incidencia baja; 10,759.73 ha con incidencia media; 20,406.04 ha con incidencia alta y 6,552.10 ha con incidencia muy alta, en ésta última categoría se asocian principalmente usos de suelo relacionados con pastizales y cultivos de temporal.

Asimismo, se llevó a cabo un análisis de la cobertura de uso de suelo con respecto al NDDI calculado, los resultados se observan en el siguiente gráfico.

Gráfica 9. Análisis de la cobertura de suelo



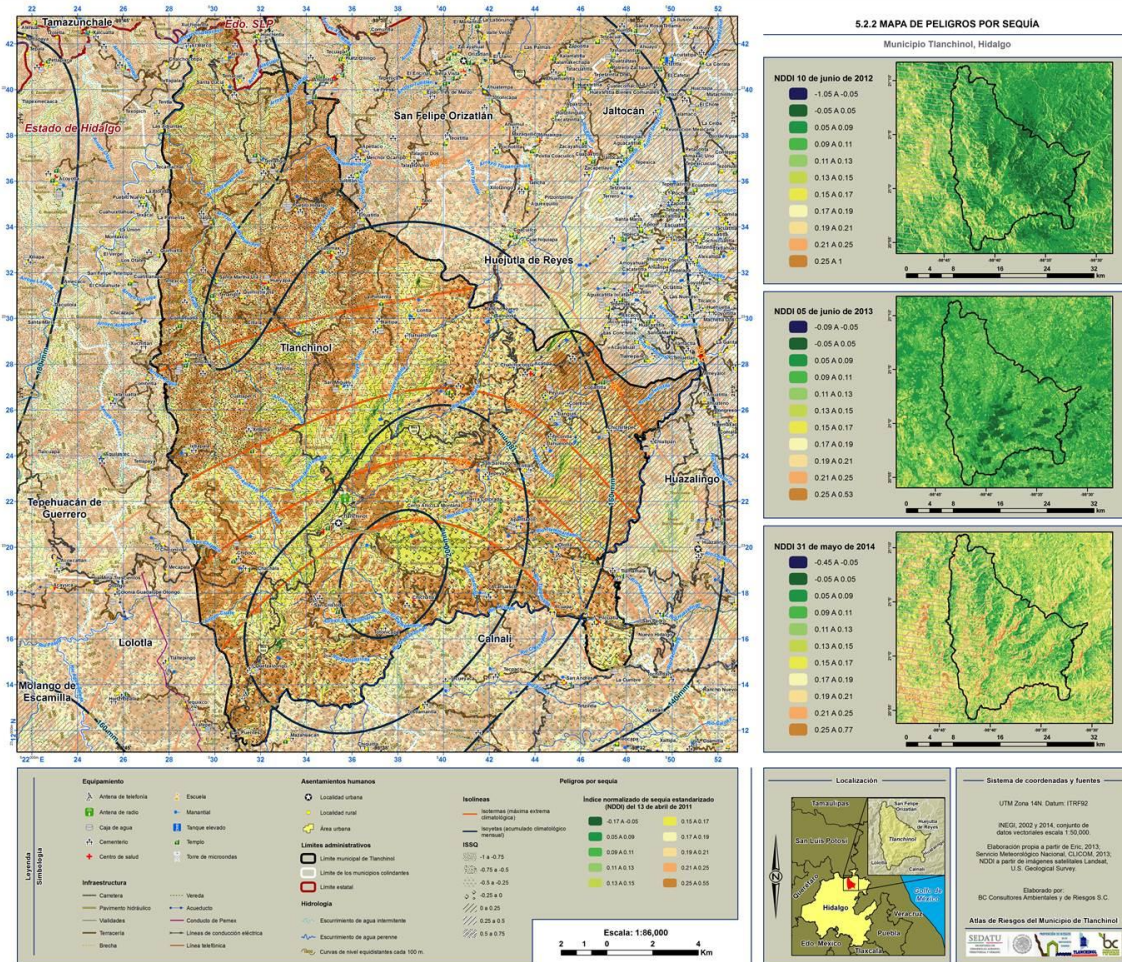
Fuente: de elaboración propia con datos calculados para el NDDI multitemporal

Como se observa en la figura gráfica anterior, la vegetación secundaria el bosque mesófilo de montaña, selva alta perennifolia, así como los suelos destinados a agricultura de temporal y pastizales, son los que han presentado un mayor grado de peligro, sobre todo en el año 2011, que, como se mencionó, fue el año en el que se presentó una intensa sequía en el país. Lo anterior es importante debido a que merece atención para prevenir posibles pérdidas de cosecha en el municipio.

Por último se observa que las isoyetas de acumulación mensual incrementan de extremos hacia el centro del municipio y las isotermas de temperatura máxima extrema incrementan de sur a noreste,

por lo cual se puede establecer que la zona más vulnerable a sequías es la zona noreste del municipio, a su vez es contrastado con el ISSQ, en el que se establece que el déficit de precipitación con respecto a la normal se presenta de manera más intensa en el norte del municipio. Mapa 5.2.2

Mapa 32. Mapa de peligros por sequía



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

5.1.13. Heladas

El fenómeno de heladas consiste en el descenso de la temperatura cercana a la superficie del terreno a 0°C o menos durante un periodo mayor a cuatro horas, por lo general, la ocurrencia de este fenómeno es durante las madrugadas o cuando sale el sol. La severidad de una helada depende de la disminución de la temperatura del aire con respecto a la resistencia de los seres vivos a ésta (CENAPRED, Fascículo de Heladas, 2001).

Las principales variables de tiempo que influyen en la formación de las heladas son el viento, la nubosidad, la humedad atmosférica y la radiación solar. La ausencia de viento favorece la ocurrencia de heladas y aumenta si existe una inversión térmica, es decir, que la temperatura incrementa conforme aumenta la elevación. Cuando la temperatura disminuye a 0°C o menos y el viento es escaso cerca de la superficie, el vapor de agua contenido en el aire se condensa, si la humedad es abundante se produce niebla y cuando tiene poco contenido de humedad se produce una helada. Cuando los días son más cortos y las noches más largas, aumenta la ocurrencia de heladas debido a que existe menos acumulación de calor en el suelo y más tiempo para que se transmita hacia el aire.

Las heladas se pueden agrupar en varias categorías de acuerdo a distintos criterios, en lo que respecta al efecto visual en los cultivos, se tienen dos tipos de heladas, la blanca y la negra. Las blancas forman una capa de hielo color blanco sobre la superficie de la planta u objetos expuestos, mientras que las negras se observan en las plantas que adquieren un aspecto negruzco debido a que se congela el agua contenida en las mismas.

A partir de su origen climatológico, existen heladas por advección y por radiación. Las heladas por advección, se forman cuando llegan grandes masas de aire frío de origen continental a una región ubicada en las partes bajas de las montañas, en las cañadas o valles; se presentan indistintamente en el día o la noche acompañadas de vientos moderados a fuertes, durante su ocurrencia no existe una inversión térmica. Las heladas por radiación se presentan por la pérdida de calor del viento durante la noche por lo que ocurren generalmente durante el invierno ya que las noches son más largas.

Por otra parte, las heladas también se clasifican por la época en la que ocurren primaverales, otoñales e invernales. Las primaverales afectan principalmente a los cultivos de ciclo natural como el maíz, cuando se encuentra en la etapa de brote de ramas o con pocos días de nacimiento. Las otoñales o también llamadas heladas tempranas, son perjudiciales para los cultivos ya que pueden interrumpir de manera intensa el proceso de formación de botones de flores y maduración de frutos. Las heladas invernales se forman durante el invierno si la temperatura ambiente disminuye notablemente, este tipo de heladas afecta sobre todo a árboles perennes con frutos y especies forestales (CENAPRED, Fascículo de Heladas, 2001).

La forma del relieve donde se presentan con mayor frecuencia las heladas son los valles y depresiones, las heladas suelen afectar principalmente a las plantas que poseen frutos. En México, la ocurrencia de heladas es por lo general en el centro y norte del país durante los meses fríos del año (noviembre-febrero)(CENAPRED, Fascículo de Heladas, 2001).

Las heladas en el mundo se distribuyen en ocho zonas, la primera, ubicada en los trópicos donde la ocurrencia de heladas es escasa; la zona dos se refiere a las regiones donde las heladas son ocasionales durante la estación de invierno; en la zona tres la ocurrencia de heladas es durante los 120 días de invierno; en la zona cuatro las heladas se presentan en un periodo de 125 a 185 días; en la zona ocho la ocurrencia de heladas asciende a más de 300 días, donde el desarrollo agrícola es muy limitado (CENAPRED, Fascículo de Heladas, 2001).

En el año 2008 se reportaron pérdidas importantes debido a la ocurrencia de heladas en el mes de octubre, que afectaron principalmente la zona del altiplano del estado de Hidalgo un total de 692 hectáreas de cultivo de maíz, frijol y cebada en los municipios Chapantongo, Mineral del Chico, Omitlan y Villa de Tezontepec (Universal, 2008).

En el municipio de Tlanchinol, el análisis de las heladas se hizo a través de la temperatura mínima extrema, a la que se ajustó la distribución de valores extremos generalizada para obtener el

valor de la probabilidad de que la temperatura mínima extrema registrada en las estaciones estudiadas sea por debajo de los 0 °C. Lo cual dio como resultado únicamente las regiones, dentro del territorio municipal que son más susceptibles a presentar este tipo de temperaturas en la temporada invernal (noviembre a febrero) de manera climatológica (1970 - 2009).

El mayor valor de probabilidad encontrado dentro del municipio es al suroeste en donde se observa que va desde el 40 hasta 50% de probabilidad de que la temperatura descienda por debajo de los 0° C, en la estación de invierno, lo cual permite con facilidad la ocurrencia de heladas.

La probabilidad disminuye hacia el noreste del municipio hasta llegar a ser del 10%, en donde se observa incluso la presencia de cítricos cultivados en esa región municipal.

Metodología del cálculo de probabilidad de la temperatura por debajo de 0° C

Distribución del valor extremo generalizada

La clase de distribuciones que satisfacen a $\lim_{n \rightarrow \infty} F^n(a_n x + b_n) = G(x)$, se denominan distribuciones del Valor Extremo. El Teorema de Fisher y Tippet (1928) y Gnedenko (1943), establecen que la forma de G está dada por:

$$G_\gamma(x) = \exp\left(- (1 + \gamma x)^{-1/\gamma}\right),$$

con γ real, y cuando $\gamma = 0$ debe ser interpretado como $\exp(-e^{-x})$. El parámetro γ se llama el índice del valor extremo (Stuart Coles, 2008).

La distribución G_γ fue propuesta por Von Mises (1936) y luego por Jenkinson (1955). Esta distribución tiene importantes consecuencias en la aplicación de la teoría de valores extremos. En principio muestra que el límite de la función de distribución forma una familia de un sólo parámetro explícito aparte de los parámetros de escala y posición a y b donde $G_\gamma = (ax + b)$.

Consideremos 3 casos, esenciales de la parametrización del teorema de las distribuciones de valores extremos:

Consideremos a $\gamma > 0$ usando a $G_\gamma\left(\frac{(x-1)}{\gamma}\right)$. Se obtiene con $\alpha = \frac{1}{\gamma} > 0$,

$$\phi_\alpha(x) := \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ \exp(-x^{-\alpha}), & x > 0. \end{cases}$$

Esta familia de distribuciones es conocida como la familia de distribuciones de Fréchet.

La función de distribución con $\gamma = 0$,

$$G_0(x) = \exp(-e^{-x}),$$

para todo real x , se llama la distribución doble exponencial o la distribución de Gumbel.

Para $\gamma < 0$, usando $G_\gamma(- (1 + x)/\gamma)$ y con $\alpha = -1/\gamma > 0$ se obtiene

$$\psi_\alpha := \begin{cases} \exp(-(-x)^\alpha), & x < 0 \\ 1, & x \geq 0, \end{cases}$$

Esta familia de distribuciones se llama Weibull.

Cambiando la notación y usando a $\gamma = \xi$, además de $G(x)$, con $x = \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$, tenemos lo que se conoce como la Distribución Generalizada del Valor Extremo (DGVE):

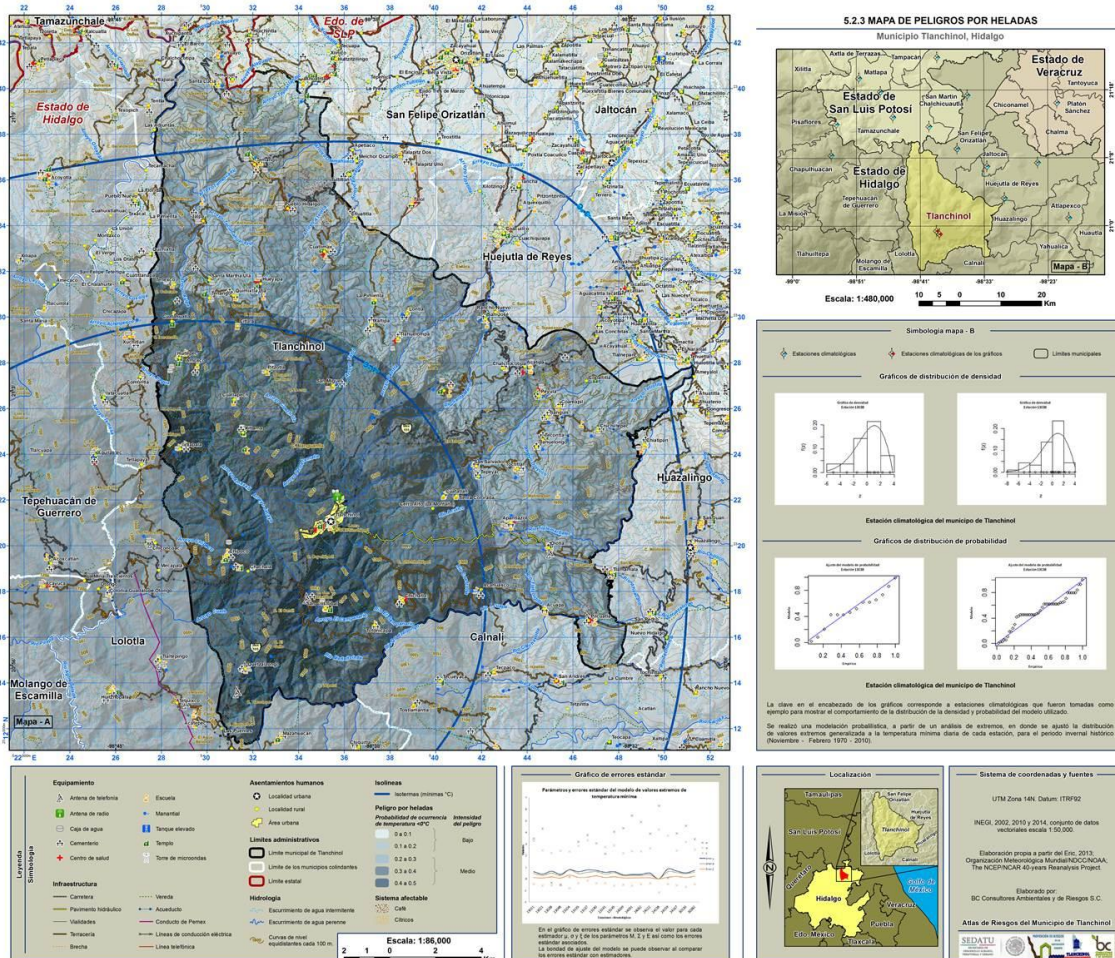
$$G(x) = \exp\left\{- \left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)_+^{-1/\xi}\right]\right\},$$

definida en $\{x: 1 + \xi(x-\mu)/\sigma > 0\}$ y $x_+ = \max(x, 0)$, μ y σ son parámetros de posición y escala respectivamente, ξ es el parámetro de forma, el cual determina la razón del decaimiento de la cola.

Probabilidad de temperatura por debajo de 0° C.

Para el cálculo de la probabilidad se realizó un análisis de la series de tiempo de temperatura mínima de cada estación a un radio de 100 km del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, para después realizar el ajuste a la distribución del Valor Extremo Generalizada, descrita en la sección anterior a través de máxima verosimilitud.

Mapa 33. Mapa de peligros por heladas



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

5.1.14. Tormentas de granizo

El granizo es un tipo de precipitación compuesta de esferas concéntricas de hielo transparente u opaco con un diámetro de hasta 50 mm o más. Han sido reconocidos tres tipos de granizo, el granizo blando, el pequeño y el severo. El primero se compone de cristales de hielo compactados sin apretar, esferoide, con una tendencia a la fractura al chocar contra el suelo, estos tienen un diámetro menor a 5 mm de diámetro, éste tipo de granizo se funde comúnmente antes de llegar a la tierra, sobre todo durante el verano. El granizo pequeño es de tamaño similar al del blando, su color es semitransparente con un centro traslúcido o blanco lechoso, con frecuencia el granizo blando sirve como núcleo del granizo pequeño, lo que provoca que sea menos compresible; cuando el granizo pequeño golpea superficies duras a menudo se mantiene intacto. El granizo severo está compuesto por piedras de granizo de más de 5mm que pueden causar daños (Wixon, 2004).

El granizo se forma durante tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbus a alturas superiores al nivel de congelación y crecen por colisiones sucesivas de partículas de hielo con gotas de agua a una temperatura menor que la del punto de solidificación pero que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube que viaja y son arrastrados por corrientes descendientes de aire. La mayoría de las tormentas de granizo ocurren durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como el sur (CENAPRED, Tormentas severas, 2010).

Afectaciones

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas (CENAPRED, Fascículo de Heladas, 2001).

Distribución de la ocurrencia de granizo

El granizo ocurre con mayor frecuencia en las latitudes medias y con menor frecuencia hacia los polos y el ecuador. La presencia de granizo es rara en zonas tropicales debido al efecto de tijera del gradiente horizontal de temperatura y vientos fuertes verticales, este fenómeno también es poco común sobre los océanos templados debido a la ausencia de calentamiento sobre la superficie.

La frecuencia máxima de granizo a menudo se producen en la parte más seca del sotavento de las altas montañas, como en las pampas de oeste de Argentina, el Valle de Po de Italia, el sur de Francia, el este de Nueva Zelanda, Sudáfrica y la región del Cáucaso de Rusia. El granizo se produce con frecuencia sólo una vez al año a lo largo de la llanura costera del Atlántico y del Golfo (Wixon, 2004).

En la República Mexicana se producen granizadas principalmente en la región del altiplano, particularmente en los valles de su porción sur y en la Sierra Madre Occidental, así como en la Sierra Madre del Sur y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Las ciudades que son afectadas con mayor frecuencia son Puebla, Pachuca, Tlaxcala, Zacatecas y el Distrito Federal, donde se tiene la mayor incidencia durante los meses de mayo julio y agosto (CENAPRED, Tormentas severas, 2010)

En el municipio de Tlanchinol, no hay registro de la ocurrencia de tormentas de granizo, por lo que no existe afectaciones por éste fenómeno.

5.1.15. Tormentas de nieve

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia el continente. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve (CENAPRED, Tormentas severas, 2010).

Las nevadas pueden ocasionar graves problemas a la población como son muerte por hipotermia, aumento de enfermedades en vías respiratorias, acumulación de nieve en los techos de las casas y su colapso, bloqueo de caminos, congelamiento de la red de agua potable, suspensión de las actividades aéreas, suspensión de labores y clases en las escuelas, presencia de avalanchas, pérdidas en la producción de cultivos, el ganado que está a la intemperie puede morir congelado, etc (Jimenez, Matías, García, Vázquez, & Mendoza, 2006).

Las nevadas principalmente ocurren en el norte del país, y rara vez se presentan en el sur; en las sierras del Estado de Chihuahua, durante la estación invernal suceden en promedio más de seis nevadas al año, y en algunas regiones al norte de Durango y Sonora, las nevadas tienen una frecuencia de tres veces al año.

En el altiplano de México eventualmente pueden formarse nevadas por la influencia de las corrientes frías provenientes del norte del país. En las ciudades donde ocurren las nevadas, se manifiestan algunos efectos negativos como problemas de tránsito, apagones en colonias, taponamiento de drenajes, daños inmediatos a estructuras endebles y colapso de los techos. Esto, puede causar decesos en la población que no tiene la protección adecuada contra el frío, especialmente indigentes o personas de bajos recursos económicos. En las zonas rurales, las comunidades son más vulnerables, pues el material de las casas con frecuencia es de lámina o madera, situación que no ayuda a mantener calor dentro de la vivienda. En cuanto a las zonas de cultivo, si el fenómeno es de fuerte intensidad puede resultar una afectación extensa, dependiendo del tipo de cultivo y de la etapa de crecimiento en la que se encuentre dicha siembra. Existe una vulnerabilidad social generada por diversos factores, como el desconocimiento de la población sobre los fenómenos naturales y sus medidas preventivas, además de una insuficiente educación y capacitación que se traducen en escasa organización, por lo que se hace necesario conocer los riesgos para poder afrontarlos (CENAPRED, 2012). En el mapa 5.2.5 se tiene la distribución espacial de nieve y aguanieve en el municipio.

5.1.16. Ciclones tropicales

Un ciclón tropical es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. Como su nombre lo indica, el ciclón tropical se origina en las regiones tropicales de nuestro planeta. Como la circulación ciclónica y bajas presiones atmosféricas relativas normalmente coexisten, es común usar los términos ciclón y baja presión de forma intercambiable.

Los ciclones tropicales juegan un papel importante en la distribución de la lluvia en nuestro país, consiguiendo que las zonas áridas y semiáridas puedan beneficiarse de lluvias excedentes, cuyo escurrimiento generado por éstas pueda ser almacenado en presas que permiten, en algunos casos por varios años, contar con el preciado líquido. Aún sin grandes almacenamientos construidos por el hombre, éste se puede beneficiar de las lluvias producidas por los ciclones tropicales al recargarse importantes acuíferos a lo largo y ancho del territorio nacional. (CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos, 2013)

En relación a las perturbaciones ciclónicas, las áreas de la República Mexicana regularmente afectadas abarcan más del 60% del territorio nacional. De hecho, éste es uno de los fenómenos hidrometeorológicos que expone con mayor frecuencia a una parte importante de la población del país y genera cuantiosas pérdidas materiales. Como prueba de esto, tenemos que entre los años de 1961 y 1988 penetraron en los estados costeros del país 43 ciclones tropicales, considerándose como el más importante de ellos el huracán Gilberto, que penetró en tierras mexicanas durante el mes de septiembre de 1988, causando serios daños a la agricultura y a la población de 6 estados y dejando un total de 95,007 hectáreas totalmente destruidas, 269,121 hectáreas parcialmente destruidas, 9,739 casas habitación destruidas, 139,374 habitantes evacuados, 51,610 damnificados, 225 muertos y 46 heridos. De este tipo de fenómenos, el huracán Gilberto es el de mayor incidencia que se haya registrado en la historia del país. (Latina, 2001).

Vientos

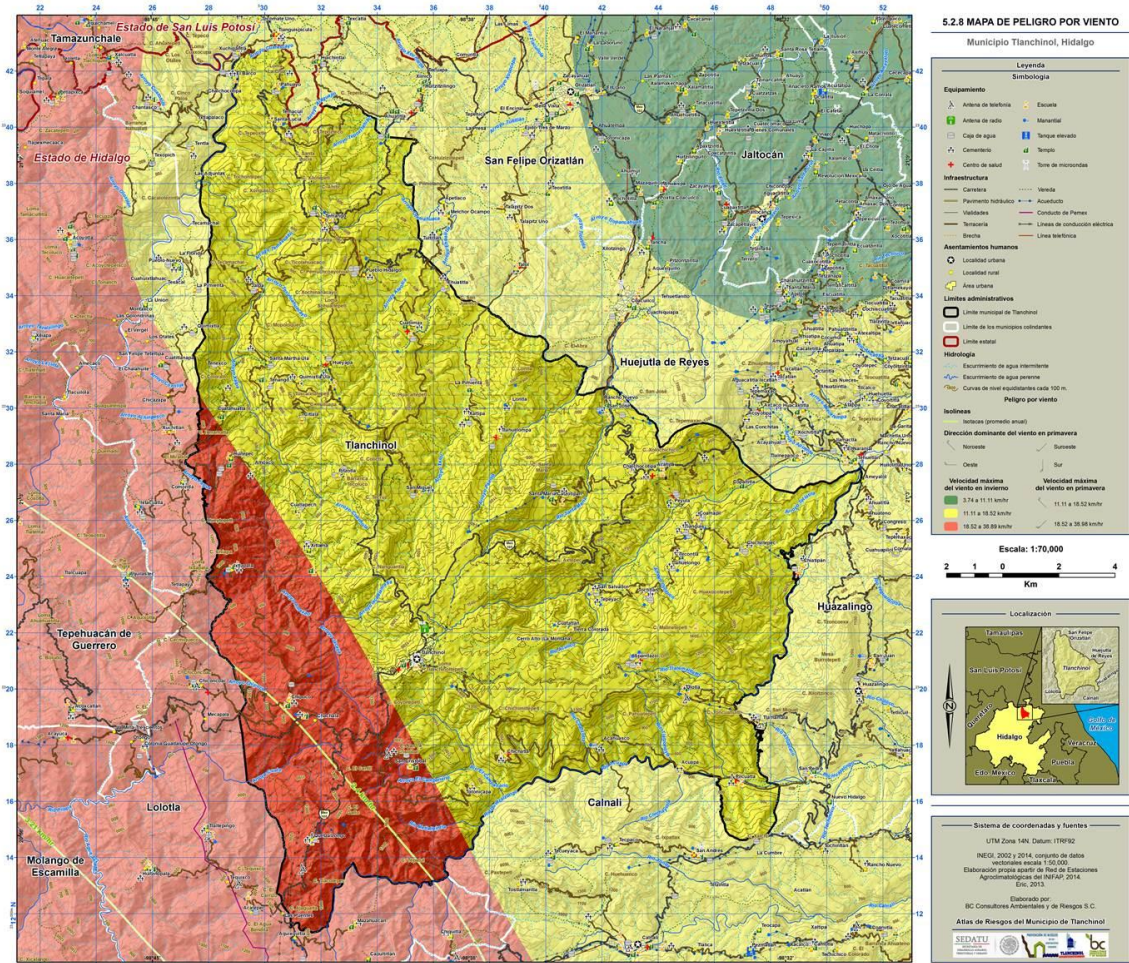
Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura. En el caso de que el origen del viento sea una diferencia térmica una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su entorno, su volumen aumenta, lo cual hace disminuir su densidad, por efecto de la flotación la masa de aire caliente ascenderá, y su lugar será ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionarán el viento. Éste es el origen de las tormentas estivales y, a mayor escala, de los vientos predominantes en los trópicos (Rodríguez, Benito, & Portela, 2004).

En nuestro país, la mayor parte del territorio presenta dos tipos de masas de aire, la tropical, asociada al semestre de verano, mismo en el que predominan las lluvias; y la polar, relacionada con el semestre de invierno o temporada seca. En la transición de semestres, en el invierno, el aire polar avanza del norte hacia el sur y en el verano llega el aire tropical del oriente (Ruiz, Tejeda, Miranda, & Flores, 2010). Delimitando el área de estudio, la dinámica del Golfo de México se ve fuertemente afectada por el paso de frentes fríos atmosféricos en los meses de invierno, la duración de esta actividad frontal es de 1 a 2 días y está asociada con los valores más altos de rapidez y esfuerzo del viento. Al analizar series temporales de magnitud y dirección del viento con datos cada 12 horas se concluyen que existen fuertes variaciones temporales en los meses de invierno y verano (Salas de Leon, 1992), estos eventos se asocian también a la formación de oleaje de gran energía o altura en algunas ocasiones (R. O. G., 2007).

La intensidad del viento está sujeta a variaciones, tanto en periodo como en amplitud. Esto se debe a que el flujo de aire conocido como viento no es laminar. El viento sobre la superficie de la Tierra es un flujo turbulento, que comprende remolinos de diversos tamaños y parámetros físicos que se desplazan con el flujo. La orografía de la Tierra es el principal factor que determina la estructura turbulenta del viento. Esta estructura del flujo de aire se manifiesta a través de la llamada rafagosidad del viento, o sea fluctuaciones de los parámetros del viento de superficie (CONAGUA, 2010).

El mapa de peligros por vientos del municipio de Tlachinol señala una variedad de dirección y rapidez en los valores de viento. Se analizó el comportamiento de esta variable en las cuatro estaciones del año, lo que dio como resultado que durante la temporada de invierno y primavera es cuando se presentan rachas de viento de mayor intensidad. Durante el invierno, la intensidad de la rapidez de viento va de 11.11 a 18.52 km/hr hacia el noreste, mientras que hacia el suroeste, el viento se desplaza de 18.52 a 38.89 km/hr. En la temporada de primavera, la barrera orográfica formada por los cerros de Naguantla, Chichimiltépetl, Tecruz, Colictla, Ixmamatla, Loma Tlachinoltepec y Barranca Tecoloco provocan efectos en la rapidez del viento máxima, ya que hacia el noreste de ésta, las rachas van de 11.11 a 18.52 km/hr con direcciones desde noreste y este; mientras que al suroeste de la barrera, se presentan rachas de 18.52 a 38.98 km/hr con direcciones desde el noreste.

Mapa 36. Mapa de peligros por Viento



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

5.1.17. Tornados

Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice, el cual aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme, resultado de una gran inestabilidad, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste. De acuerdo con el Servicio Meteorológico de los EUA (NWS, 1992), los tornados se forman cuando chocan masas de aire con diferentes características físicas de densidad, temperatura, humedad y velocidad (CENAPRED, 2012).

Cuando se observa un tornado se puede distinguir una nube de color blanco o gris claro, mientras que el vórtice se encuentra suspendido de ésta; cuando el vórtice hace contacto con la tierra se presenta una nube de un color gris oscuro o negro debido al polvo y escombros que son succionados del suelo por la violencia del remolino.

En nuestro país se presentan las condiciones meteorológicas necesarias para la formación de los tornados superceldas y no-superceldas (Macías, 2001). En algunos lugares se presentan estacionalmente y en otros esporádicamente. En la actualidad, los registros que se han logrado recabar para conocer la frecuencia e intensidad de estos fenómenos, además de su localización geográfica, son pocos, remitiéndose exclusivamente a una recopilación de información existente entre testimonios históricos en la época de 958-1822, siglo XIX-XX, notas periodísticas 2000-2007 e información popular obtenida en trabajo de campo, la cual se muestra en la figura 27 (Avendaño, 2006). Esta distribución de tornados debe de tomarse con las reservas necesarias, ya que no hay una validación en cada uno de los eventos registrados. (CENAPRED, 2012)

En el Estado de Hidalgo existe un reporte del municipio de Apan en Agosto del año 2007 donde una víbora de agua (como se conoce localmente este fenómeno) ocasionó el desprendimiento de al menos 25 árboles pequeños y la techumbre de un corral, así como inundaciones en los campos de cultivo de la comunidad de Cocinilla (Milenio, 2007). En el municipio de Tlanchinol no hay registros históricos de este fenómeno por lo que no se puede analizar la ocurrencia de este fenómeno.

5.1.18. Tormentas de polvo

Las tormentas de polvo se forman cuando el suelo de un desierto se calienta y existe un rápido descenso de la temperatura sobre la superficie de la tierra, lo que provoca condiciones inestables que crean rachas de viento turbulento. Esto tiene como consecuencia el levantamiento de partículas de la superficie (Oliver J. , 2005).

La ocurrencia de este fenómeno provocan los patrones dinámicos de las dunas de arena e influyen en la erosión superficial, así como en la formación de tormentas de polvo y pequeños remolinos de polvo con menor tiempo de duración. Las partículas pesadas no permanecen mucho tiempo suspendidas en el aire, en cambio las partículas pequeñas se sostienen en el aire. La capa de polvo del Sahara, por ejemplo, se extiende a más de 5 kilómetros de altitud, lo que produce colores rojos vivos en las nubes a esta altura.

Cuando una tormenta de polvo se produce en el desierto, sus efectos pueden ser devastadores. En tan sólo unos minutos, el aspecto de un día con sol brillante cambia al aspecto de un anochecer con neblina de color marrón rojizo y la temperatura puede bajar a más de 15°C (Oliver J. , 2005).

Un tipo particular de tormenta de polvo, llamado en el norte de África y el suroeste de Estados Unidos, se origina como una corriente descendente fuerte y turbulenta como se forma en una tormenta eléctrica. El polvo es impulsado, por lo que se llama corriente de densidad y el aire frío se hunde en la tierra. Al llegar a la superficie, se extiende lateralmente, distribuyendo el polvo en violentas ráfagas que pueden exceder de 60 mph, lo que disminuye la visibilidad. Derivado de lo anterior, se puede deducir que el municipio de Tlanchinol, no es propenso a este tipo de agente perturbador, ya que su paisaje bioclimático no corresponde a un desierto.

5.1.19. Tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica es una nube con convección profunda (cumulonimbos) que produce truenos, rayos, fuertes precipitaciones pluviales y de granizo y en raras ocasiones tornados. Las tormentas eléctricas pueden generarse cuando una nube convectiva se desarrolla en una atmósfera inestable, donde la energía potencial y el calor latente se convierten en energía cinética y se presenta un movimiento ascendente, (CENAPRED, 2010).

Tipos de formación de una tormenta eléctrica.

Tormenta eléctrica de celda única (ordinaria)

Este primer tipo de formación de tormenta eléctrica es generada por el calor solar, sucede dentro de una masa homogénea lejos de frentes u otros sistemas a gran escala. En general éste tipo de tormentas tienen tres distintas fases, fase de cumulo, fase madura y fase de disipación.

Tormenta eléctrica de multicelda

Este tipo de tormentas eléctricas se genera por la organización de celdas con distintos mecanismos de formación de manera independiente en un instante dado. Esta tormenta de multicelda puede presentar severos vientos en superficie y granizo.

Tormenta eléctrica de supercelda

Son tormentas severas con una extraordinaria estructura durante la fase madura, está relacionado con la formación de mesociclón que a su vez puede generar tornados muy intensos (Brown, 2004).

Para la República Mexicana se observan más de 30 días de ocurrencia al año por tormentas eléctricas sobre todo en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Jalisco y Zacatecas, (CENAPRED, 2010).

En el municipio de Tlanchinol el Centro Nacional de Prevención y Desastres en 2014, en el Subsistema de Información Sobre Riesgos Peligros y Vulnerabilidad, muestra que el territorio municipal observa de 10 a 19 días con tormentas eléctricas (UNAM, 2007); sin embargo en el mapa de peligros por tormentas eléctricas elaborado en éste estudio se observan desde 6 a 8 días, hacia el sureste del municipio, hasta 8 a 10 días, hacia el noroeste, hasta 12 días con tormentas eléctricas en el extremo norte, por lo que se sugiere un riesgo bajo debido a la poca frecuencia de este tipo de eventos.

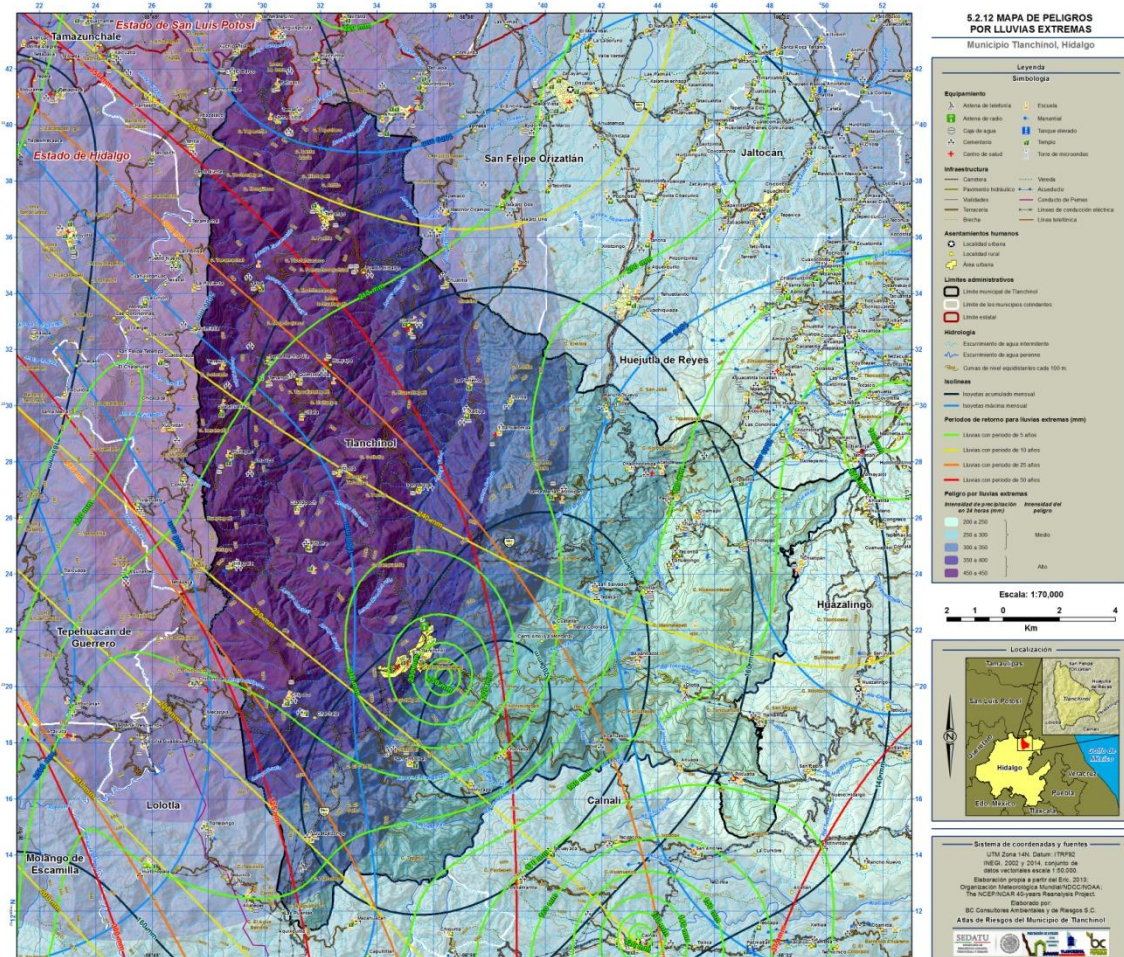
5.1.20. Lluvias extremas

Para entender el comportamiento de la lluvias extremas se requiere saber que la variable que se evalúa es la precipitación, misma que se refiere a partículas de agua fase sólida o líquida que se forman en la atmósfera y con el peso se precipitan a la superficie de la Tierra. Esta cantidad se mide generalmente en forma lineal (por ejemplo, milímetros o centímetros) con una suposición de que esta medición es una lamina de área.(Oliver J. E., 2004)

En México ha habido algunos estudios sobre la distribución de la precipitación y varía enormemente en espacio y tiempo; la variabilidad interanual de las lluvias está relacionada con los patrones de circulación sobre los océanos Atlántico y Pacífico (Pereyra-Díaz, 2004) tomando en cuenta que el calentamiento del planeta en los últimos 50 años, ha mostrado cambios importantes generalizados en las cantidades de precipitación, salinidad de los océanos, patrones de viento, sequías, lluvias torrenciales, ondas de calor e intensidad de los ciclones tropicales(Conde Álvarez, 2007). La precipitación es heterogénea a lo largo del año, geográficamente aumenta en dirección norte-sur debido a la influencia de la latitud, está regulada en gran medida por la proximidad al océano Pacífico y Golfo de México (Campos, 1992), la orografía del país y los rasgos de la circulación atmosférica (García, 2003), así como la teleconectividad del fenómeno del Niño (Cavazos y Hastenrath, 1990). Estudios de varios años indican que el 70% de la precipitación en México se registra de mayo a octubre (Mosiño y García, 1974).

La presencia de lluvia durante el año es muy importante ya que influye en cierta medida en el sector agrícola (Englehart y Douglas, 2000), en especial en la agricultura de temporal ya que es completamente dependiente de la precipitación y por tanto altamente vulnerable a la variabilidad interanual e interestacional de la misma. Recientemente se ha acumulado enorme evidencia de que el clima en México exhibe fluctuaciones distintas a las registradas años atrás. La evaluación de un posible cambio en el régimen pluviométrico es fundamental, ya que la precipitación tiene un papel importante en el manejo de los recursos naturales debido a que controla las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, así como a una gran variedad de actividades económicas e incluso al comportamiento y desarrollo social (Corte-Real et al., 1998). El interés actual por comprender las causas de la variabilidad climática, impone la necesidad de analizar tendencias de series de variables climatológicas (Méndez González, 2007).

Mapa 38. Mapa de peligros por Lluvias Extremas



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

La precipitación del estado de Hidalgo según el Atlas Climático Digital de México va desde los 20 mm en el oeste hasta los 540 mm al noreste en el mes más lluvioso, esa precipitación es precisamente dentro del municipio de Tlanchinol (UNAM, 2011).

Para el análisis de la precipitación máxima en el municipio de Tlanchinol se elaboraron isoyetas máximas mensuales y el despliegue espacial de la precipitación máximas en 24 horas, en donde se puede observar que los valores máximos del máximo del acumulado mensual climatológico va desde los 1500 mm hasta los 2000 mm de este a oeste respectivamente. Por su parte la precipitación máxima extrema en 24 horas aumenta de sureste, con valores de 250 mm, a noroeste hasta alcanzar valores de 450 mm. Lo anterior indica que dentro de la temporada de tormentas severas se pueden esperar lluvias intensas, avenidas de ríos de respuesta rápida en las siguientes 3 horas, así como invasión de cuerpos de agua en las localidades aledañas a los mismos.

5.1.21. Inundaciones Pluviales

La Organización Meteorológica Mundial y la UNESCO en su glosario hidrológico internacional definen a la inundación como " Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua. Acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas. Encharcamiento controlado para riego" ,. Por su parte el Centro nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) define inundación como un evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay, además de daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura(CENAPRED, Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, 2006).

El Centro Nacional de Prevención de Desastres cuenta con registros de siniestros provocados en México por inundaciones desde 1943 hasta el 2004, los cuales contemplan desbordamientos de ríos hasta localidades incomunicadas y aisladas, así como algunos otros fenómenos asociados a las precipitaciones pluviales torrenciales como pérdidas de cultivos, deslizamientos y hasta derrumbes.

Tabla 12. Grado de exposición de la población por peligro de inundación

Peligro por inundación			
<i>Localidad de mayor peligro</i>	<i>Intensidad del peligro</i>	<i>Vulnerabilidad</i>	<i>Exposición de la población</i>
Euatitla	Alta	Baja	Media
Jalpa	Alta-Muy alta	Baja	Muy alta
Peyula	Alta-Muy alta	Muy baja	Muy alta
Pilcuatla	Media-Alta	Baja	Media
San José	Media-Muy alta	Baja	Media-Alta

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

Peligro por inundación en la localidad de Ehuatitla

La localidad de Ehuatitla se encuentra ubicada en las coordenadas 21° 6'34.40" de latitud norte y 98°38'6.56" de longitud oeste a una altitud de 299 metros sobre el nivel del mar, localizada al noreste del centro del municipio a 13.5 km en línea recta de la cabecera municipal. Cuenta con una población de 272 habitantes de los cuales 130 son del sexo femenino y 142 del sexo masculino, de acuerdo con el Censo de población y vivienda(INEGI, Censo de Población y Vivienda , 2010).

Es importante mencionar que el índice de marginación en el que se encuentra la localidad es alto por lo que se recomienda tomar las medidas necesarias para subsanar la problemática hídrica(CONAPO, Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación y lugar que ocupa en los contextos nacional y estatal por localidad, 2010).

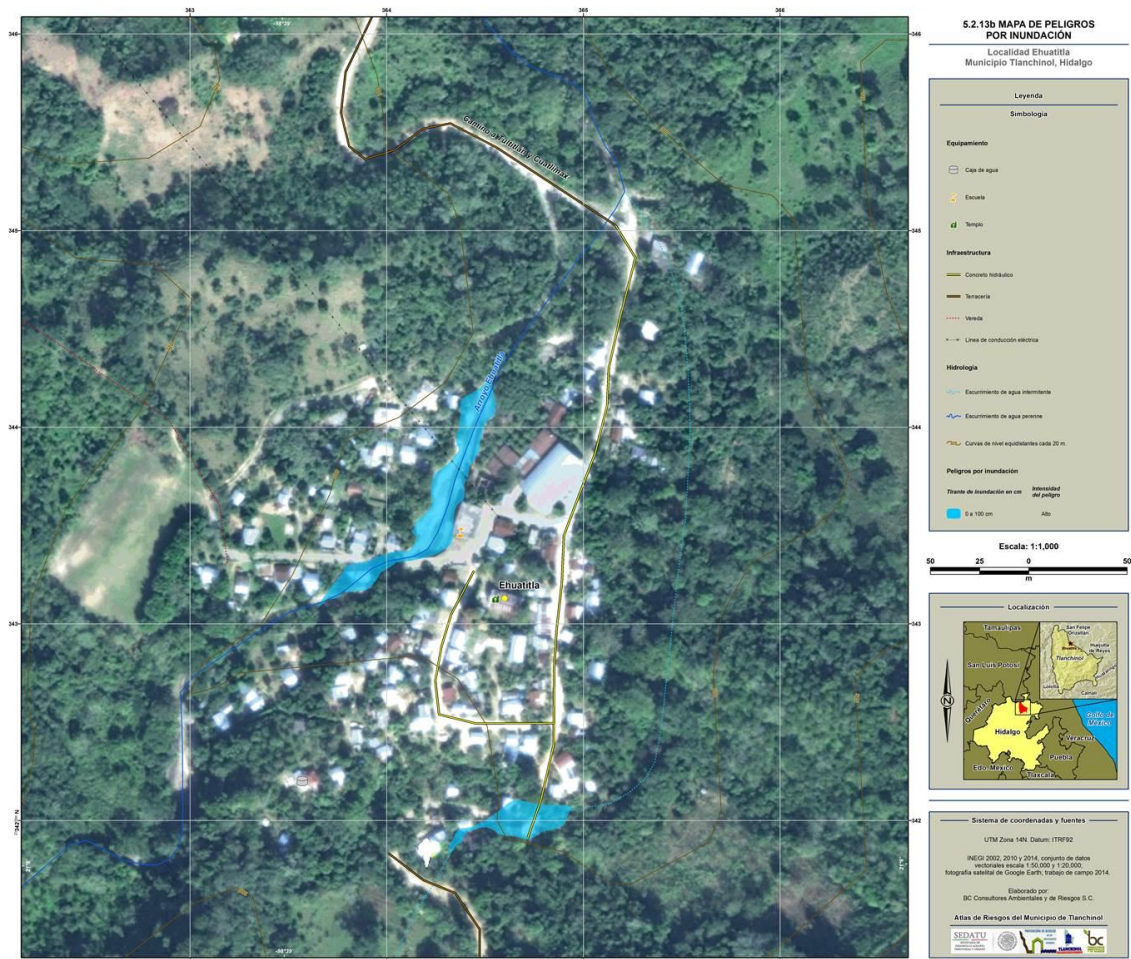
La subcuenca del río San Pedro, que circunscribe a la localidad de Ehuatitla, presenta un coeficiente de compacidad de 1.7909, lo que indica que existen avenidas caudalosas ya que valores cercanos a 1 presentan un mayor gasto en los cauces.

Los ríos que conforman esta subcuenca pueden clasificarse por su geometría como río meandrente ya que presenta curvas alternadas por tramos rectos y cortos, en el que se presentan erosión en las márgenes exteriores de las curvas.

La inundación en esta localidad es provocada por la invasión del Arroyo Ehuatitla y por uno de sus afluentes de tipo intermitente. El Arroyo Ehuatitla invade al noroeste de la localidad, pasando por la escuela de norte a sur hasta llegar volver a tomar su cauce a la altura del puente. Esta inundación puede alcanzar hasta los 100 cm de acumulación hídrica.

La inundación provocada por el afluente de tipo intermitente esta zonificada al sur de la cabecera municipal únicamente, al término de la calle principal.

Mapa 39. Mapa de peligro por inundación en la localidad Ehuatitla



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

Peligros por inundación en la localidad de Ixtlapala

La localidad de Ixtlapala se encuentra ubicada en las coordenadas 21° 1'6.85" de latitud norte y 98°43'21.47" de longitud oeste a una altitud de 860 metros sobre el nivel del mar, localizada al oeste del centro del municipio a 7.3 km en línea recta de la cabecera municipal. Cuenta con una población de 601 habitantes de los cuales 303 son del sexo femenino y 298 del sexo masculino, de acuerdo con el Censo de población y vivienda.

Es importante mencionar que el índice de marginación en el que se encuentra la localidad es alto por lo que se recomienda tomar las medidas necesarias para subsanar la problemática hídrica (CONAPO, Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación y lugar que ocupa en los contextos nacional y estatal por localidad, 2010).

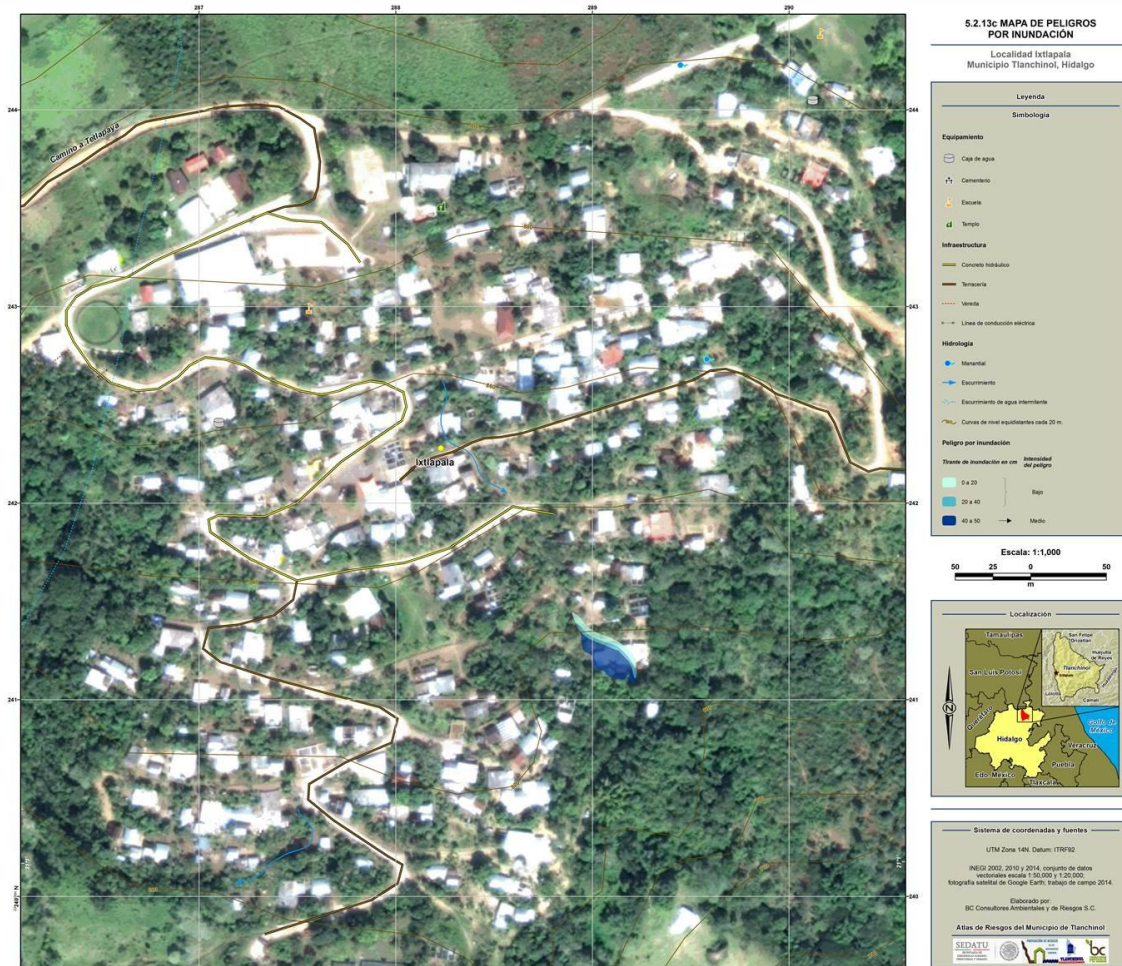
Esta localidad se encuentra contenida dentro de la subcuenca del río Amajac, la cual presenta un coeficiente de compacidad de 2.149, lo que indica que existen avenidas no tan caudalosas ya que valores cercanos a 1 presentan un mayor gasto en los cauces.

Los ríos que conforman esta subcuenca pueden clasificarse por su geometría como río meandrente ya que presenta curvas alternadas por tramos rectos y cortos, en el que se presentan erosión en las márgenes exteriores de las curvas.

La inundación en esta localidad se encuentra al sur de la misma, afectando a 2 viviendas instaladas en los márgenes de un escurrimiento de tipo intermitente con un tirante de inundación de hasta 50 cm y con una intensidad del peligro media.

La problemática hídrica en esta localidad no está únicamente representada por la inundación, sino también por los escurrimientos hídricos provocados por la orografía del lugar que se ven alimentados por manantiales activos durante todo el año. Estos escurrimientos se dan con mayor intensidad al norte del centro de la localidad y al sur de la misma.

Mapa 40. Mapa de peligros por inundación en la localidad Ixtlapala



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

Peligros por inundación en la localidad de Cuatahuatla

La localidad de Cuatahuatla se encuentra ubicada en las coordenadas 21° 4'8.90" de latitud norte y 98°43'33.92" de longitud oeste a una altitud de 606 metros sobre el nivel del mar, localizada al noreste del centro del municipio a 11.22 km en línea recta de la cabecera municipal. Cuenta con una población de 156 habitantes de los cuales 76 son del sexo femenino y 80 del sexo masculino, de acuerdo con el Censo de población y vivienda.

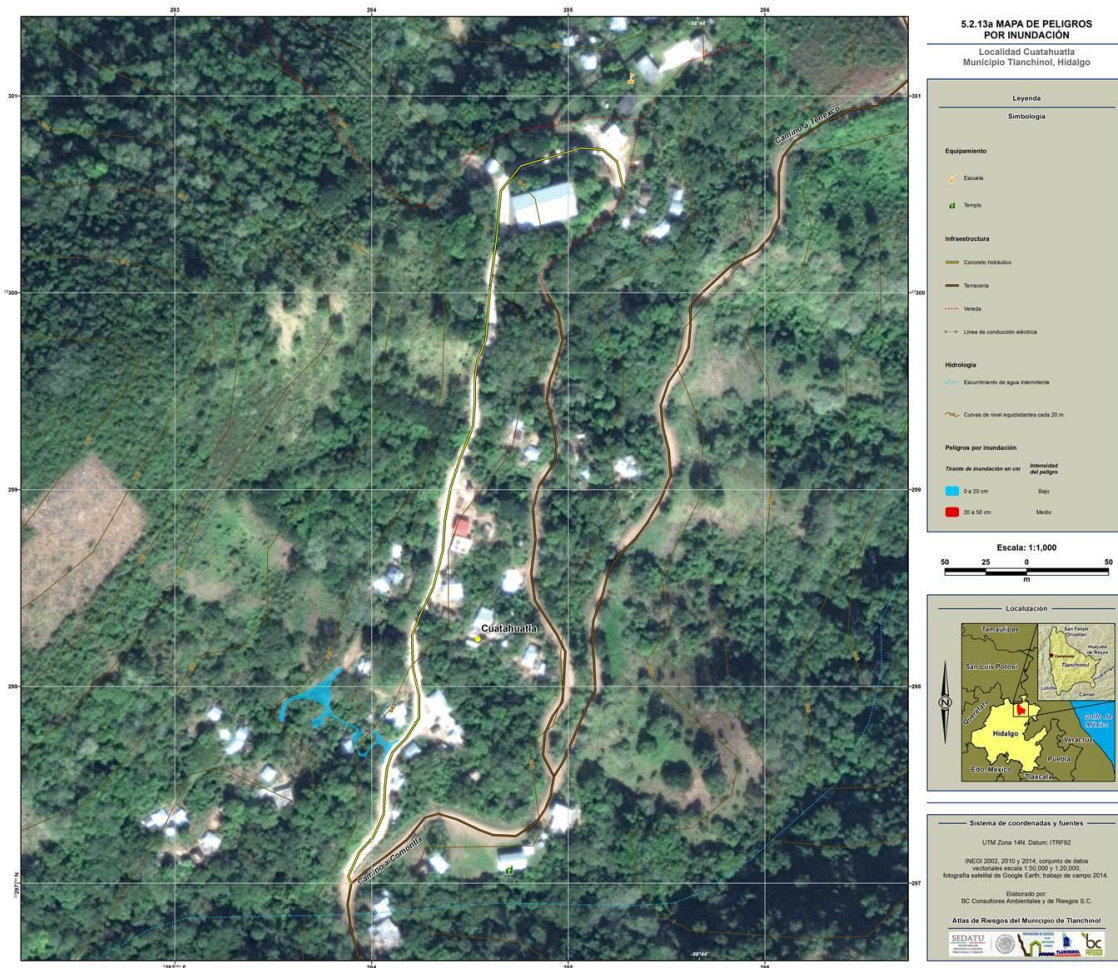
Es importante mencionar que el índice de marginación en el que se encuentra la localidad es alto por lo que se recomienda tomar las medidas necesarias para subsanar la problemática hídrica (CONAPO, Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación y lugar que ocupa en los contextos nacional y estatal por localidad, 2010).

Esta localidad se encuentra contenida dentro de la subcuenca del río Amajac, la cual presenta un coeficiente de compacidad de 2.149, lo que indica que existen avenidas no tan caudalosas ya que valores cercanos a 1 presentan un mayor gasto en los cauces.

Los ríos que conforman esta subcuenca pueden clasificarse por su geometría como río meandreante ya que presenta curvas alternadas por tramos rectos y cortos, en el que se presentan erosión en las márgenes exteriores de las curvas.

La inundación en esta localidad está localizada al sur y llega a afectar la calle principal debido al arrastre de material generado por el escurrimiento de la acumulación hídrica. Existe una vivienda afectada por esta localidad en donde, en temporada de ciclones tropicales, se pueden observar hasta 50 cm de tirante de inundación.

Mapa 41. Mapa de peligro por inundación en la localidad Cuatlahuatla



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

Inundación en la localidad de Jalpa

La localidad de Jalpa se ubica a 14.2 km lineales hacia el noroeste de la cabecera municipal de Tlanchinol, en las coordenadas geográficas 98°42'45" de longitud oeste y 21°06'33" de latitud norte a una altitud de 259 msnm. De acuerdo con los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda (INEGI, 2010), esta localidad está ocupada por 1,228 habitantes, 612 hombres (0.498%) y 616 mujeres (0.502%), ocupados principalmente en actividades del sector primario con un grado de marginación alto (CONAPO, 2014).

En términos hidrológicos, esta localidad está asentada en la cuenca del río Moctezuma y a su vez en la subcuenca del río Amajac, que es de tipo exorreica. De acuerdo al Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL, 2010), esta subcuenca tiene una densidad de drenaje 1.7668, refiriéndose a la longitud total de los cauces existentes en el área total de una cuenca, expresados en km/km^2 ; coeficiente de compacidad de 2.1493, el cual describe la concentración de agua entre el punto más alto de un cauce tributario y el de la corriente principal; cuya elevación va desde 3180 hasta 120 msnm y una pendiente media 50.2%, este parámetro está definido a través de la corriente de mayor longitud dentro de la cuenca, medida desde su inicio, tomando en cuenta la altura máxima hasta la altura mínima del cauce; pendiente de la corriente principal, 0.968, este término es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta; y sinuosidad = 2.295, definida como el mecanismo natural por el cual un río ajusta su pendiente buscando un equilibrio dinámico en los procesos de erosión, transporte y sedimentación que constituyen la configuración y geometría del cauce.

Lo anterior es importante para explicar la recurrencia de inundaciones en la localidad de Jalpa, ya que estas características físicas son factores determinantes para que se presenten inundaciones y con ello el riesgo asociado a pérdidas materiales e incluso humanas.

La temporalidad de las inundaciones en la localidad de Jalpa coincide con la temporada de ciclones tropicales, pues datos históricos indican que durante la temporada de lluvias es que el río se desborda. Durante la visita de campo también se identificaron los tirantes de inundación dentro de la localidad, así como la forma en la cual se da este fenómeno y con base en ello, determinar cuáles son las zonas de peligro por inundación.

Las inundaciones en dicha localidad se presentan de una forma particular, ya que la localidad se asienta sobre la formación de dos meandro del río Jalpa, es así que la invasión del agua ocurre en dos puntos distintos. El primero se identifica al sureste de la localidad, cerca de uno de sus accesos, con un tirante de 0 a 20 cm que incrementa hasta incorporarse al río nuevamente afectando sobre todo los patios traseros de las viviendas e incluso se han registrado pérdidas de animales de corral ya que el tirante más alto es de 100 cm. Es importante señalar que en esta primera zona, se cuenta con un muro de contención, en el que es necesario se haga un rediseño de ingeniería para que cumpla su función de manera eficiente para evitar que durante crecidas de río el agua afecte a los habitantes.

El otro punto por donde penetra el agua se ubica donde la localidad está dividida por el río, y fluye hacia la zona norte, por lo que invade calles y viviendas. Esta es la zona más crítica de inundación, debido a que en el trabajo de campo se registraron tirantes históricos hasta de 180 cm. El río se incorpora a su cauce después de su paso por esta área, y cuando ocurre, se queda incomunicada la escuela primaria.

Modelación hidrológica del Río Jalpa

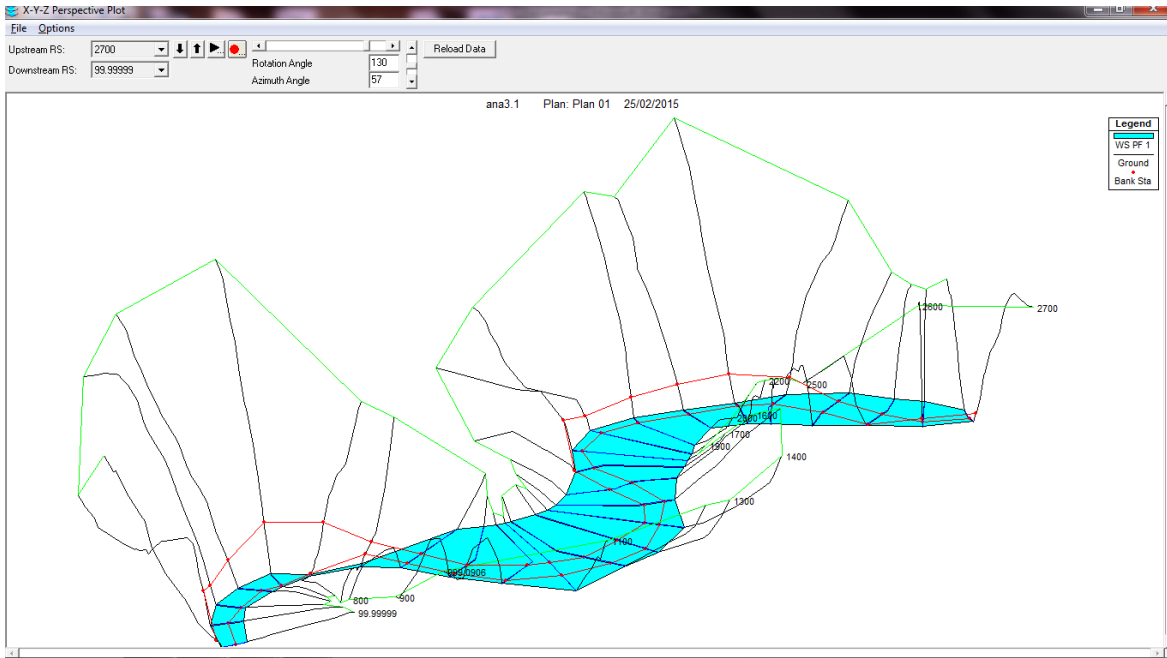
En la modelación hídrica a través del modelo HEC-RAS, no se ajustó a la realidad debido a la falta de un modelo de elevación adecuado.

Las secciones transversales se realizaron a través de un sistema de información geográfica cada 100, 150 y 200 metros hasta cubrir el recorrido del Río Jalapa al borde de la localidad Jalpa por completo, en donde se realizaron corridas con el HEC-RAS para cada uno de los trazos de las distintas secciones.

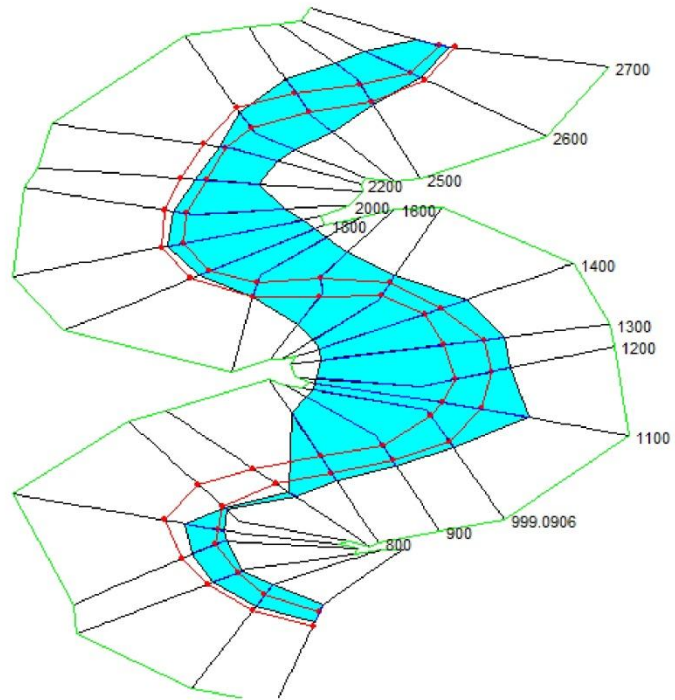
La modelación para el escurrimiento laminar de la precipitación y del gasto del Río Jalpa se realizó a través de la metodología hidrometeorológica, así como con el uso del hidrograma unitario.

En la siguiente figura se muestra el resultado de la modelación:

Ilustración . Modelación hidráulica del la inundación para el Río Jalpa.



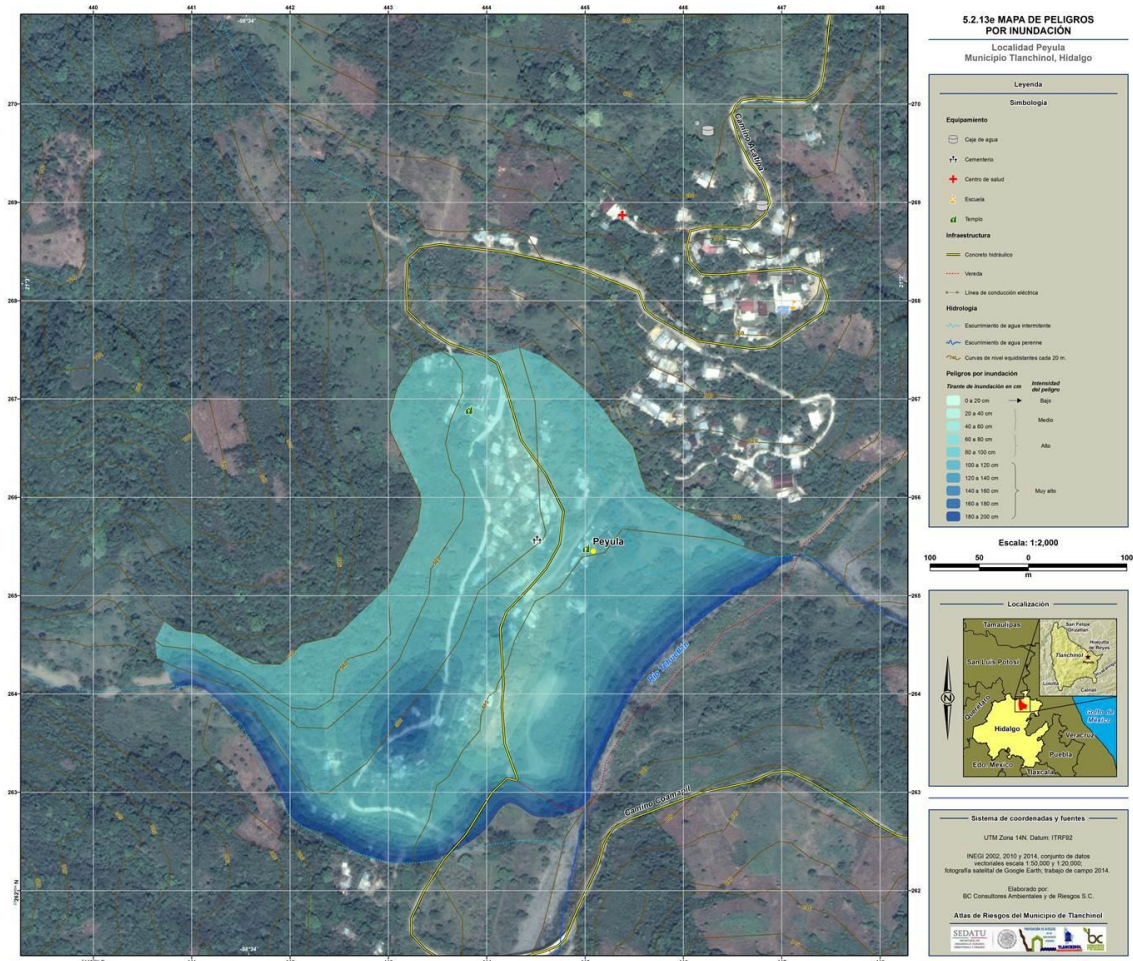
La comparación de la imagen anterior con la imagen satelital se muestra en siguiente figura, en donde se aprecia la falta de precisión del modelo para trazar el paso de la avenida del Río Jalpa, por lo que no se ajusta a la realidad.



Modelación hidráulica del Río Jalpa, y localidad Jalpa.

además de provocar grandes flujos sobre las calles. La intensidad de la inundación, de acuerdo a registros históricos levantados en trabajo de campo, va desde 0 a 200 cm de profundidad, el zona donde se registra el mayor tirante es hacia el suroeste de la localidad, donde el flujo de un camino y el escurrimiento natural de la ladera se unen y descienden por una zona con poca pendiente. Finalmente el agua se incorpora en el arroyo que esta al sur, afectando el jardín de niños con un tirante de 80 cm.

Mapa 43. Mapa de peligro por inundación en la localidad Peyula



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

Inundación en la localidad de Pilcuatla

La localidad de Pilcuatla se localiza a 12.1 km lineales hacia el sureste de la cabecera municipal, en las coordenadas geográficas 98°33'00" de longitud oeste y 20°57'01" de latitud norte a unos 442 msnm. En esta localidad viven 587 habitantes, 283 hombres (48.2%) y 304 mujeres (51.8%), de acuerdo con INEGI, 2010; CONAPO (2014) la caracteriza en un grado de marginación alto.

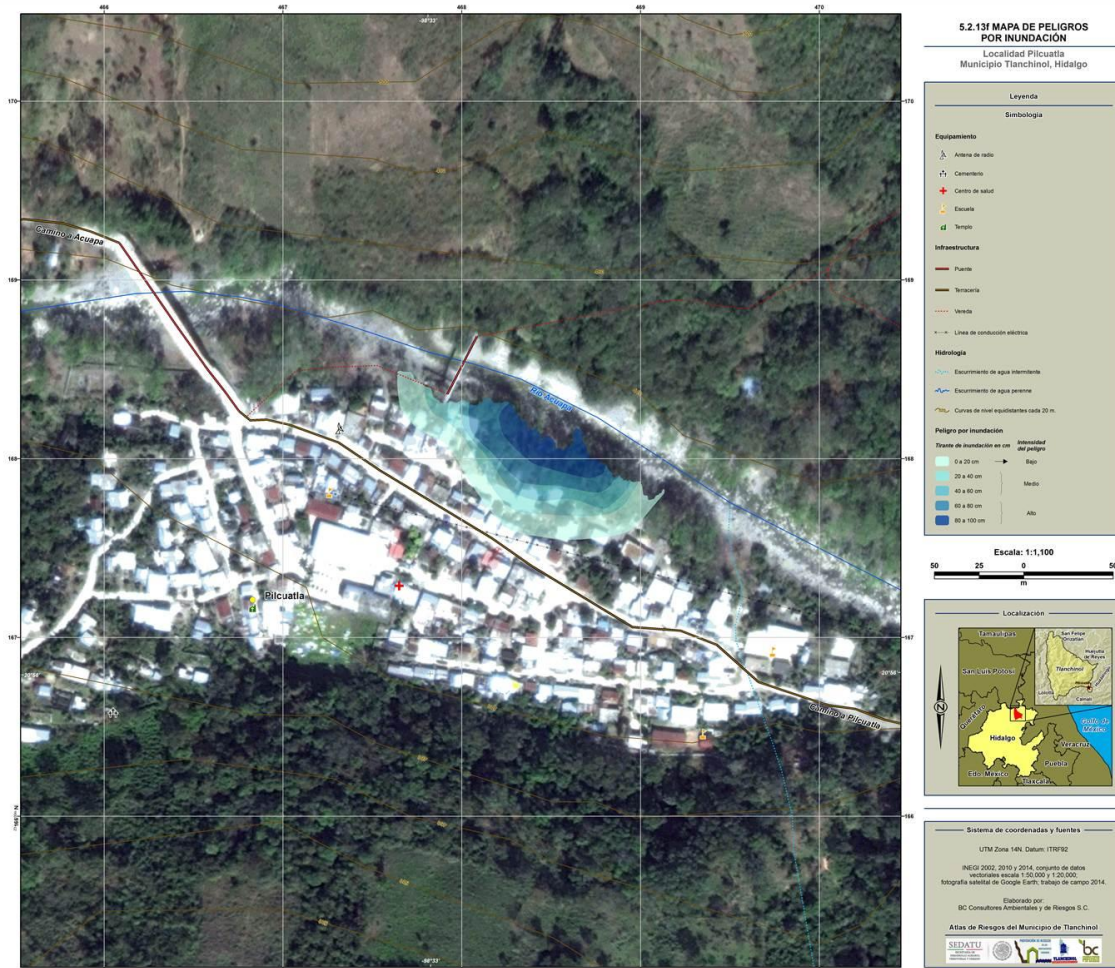
Está asentada también en los límites de la subcuenca del río Los Hules, sus características hidrográficas han sido descritas anteriormente.

La inundación ocurre en esta localidad debido a la invasión de la corriente superficial perenne que pasa en el norte, ya que debido a la sinuosidad, se acumula en el meandro y provoca que ingrese a la localidad afectando en viviendas que viven en la margen del río.

El tirante histórico de mayor intensidad (80 cm) fue registrado durante la ocurrencia de un ciclón tropical, que provocó el transporte de sedimentos y acarreo de material como troncos e incluso

árboles que se detuvieron en un puente que estaba ubicado al noreste de la localidad, por lo que el agua se acumuló e ingresó a algunas viviendas. También provocó encharcamiento en las calles aledañas, no se registraron daños mayores, sin embargo es importante tomar este hecho histórico como un punto de partida para la regulación de las actividades en la zona alta de la subcuenca y así evitar este tipo de accidentes.

Mapa 44. Mapa de peligro por inundación en la Localidad Pilcuatla



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

Inundación en la localidad de San José

Esta localidad se encuentra a 11.1 km en línea recta hacia el noreste de la cabecera municipal en las coordenadas 98°35'40" y 21°04'09", con una altitud de 433 msnm. En esta localidad viven alrededor de 1126 en total con 558 hombres (49.6%) y 568 mujeres (50.4%). Tiene un grado de marginación alto de acuerdo con CONAPO (2014).

Está asentada en la subcuenca del río San Pedro, cuyas características hidrográficas se describen según SIATL (2010), es de tipo exorreica, drena a la corriente principal río Tempoal, ocupa una superficie total de 691.21 km², tiene un coeficiente de compacidad de 1.7909, su altitud va de 40 a 1640 msnm.

La inundación que ocurre en esta localidad es de tipo fluvial, debido al meandro que se forma en el río San Juan, que provoca que el flujo natural salga de su cauce e invada algunas viviendas localizadas al suroeste. El tirante de inundación histórico registrado de mayor intensidad es de 180 centímetros, y ocurre justamente en el límite de un muro de contención con el que cuentan hecho a

5.2. Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como: "*una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre* (CENAPRED, 2013)".

La vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, el incremento demográfico y de la urbanización acelerada sin planeación. Asimismo, la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define como: una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre (CENAPRED, 2013).

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

- Indicadores Socioeconómicos
- Capacidad de Respuesta
- Percepción Local

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

A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los indicadores socioeconómicos del municipio de Tlanchinol, Hidalgo. Posteriormente, se muestran los resultados de la evaluación de la capacidad de respuesta de las autoridades de dicho municipio, la cual fue aplicada al Director de Protección Civil. Finalmente, se expresan los resultados obtenidos de la encuesta que fue aplicada a una muestra de la población que habita en las localidades seleccionadas con algún tipo de peligro en el municipio; con la finalidad de obtener la percepción que tienen los habitantes sobre los peligros a los que están expuestos y que pueden originar un desastre.

Indicadores socioeconómicos

Los resultados de los indicadores socioeconómicos, según su tipo son:

Educación

El resultado obtenido para este indicador es de **0.00**

Educación

El resultado obtenido para este indicador es de **0.25**

Vivienda

El resultado obtenido para este indicador es de **0.20833**

Empleo e Ingresos

El resultado obtenido para este indicador es de **0.41667**

Población

El resultado obtenido para este indicador es de **0.6667**

Una vez que se obtuvieron las calificaciones de cada rubro: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingreso y Población; se procedió a obtener su promedio y determinar el impacto de los mismos en el índice municipal de vulnerabilidad social.

Para la obtención de la calificación final de las características socioeconómicas, se sumaron los resultados ponderados de cada rubro y compararon su resultado con una tabla de valores. Para el municipio de Tlanchinol, Hidalgo, la suma de los factores socioeconómicos arrojó un valor de **1.541667**, mismo que al dividirlo entre 5, que es el número total de rubros que se han analizado, da como resultado una calificación de **0.308333**. Esta cantidad será ponderada nuevamente cuando se calcule el índice de vulnerabilidad del municipio. Estos cálculos se muestran más adelante.

Capacidad de respuesta

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

Esta parte consta de un cuestionario cuya importancia radica en el conocimiento de los recursos, programas y planes con los que dispone la Unidad de Protección Civil Municipal en caso de una emergencia, por lo que va dirigido al responsable de ésta (CENAPRED, 2006).

En lo que respecta al municipio de Tlanchinol, el resultado obtenido de la encuesta, arrojó un valor de **1**. De acuerdo a los valores establecidos por la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, en su apartado de Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social (CENAPRED, 2006), corresponde a un grado de vulnerabilidad de **0**, indicando esto una capacidad de prevención y respuesta **Muy Alta** por parte de las autoridades.

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

Percepción local

Para identificar la percepción que tiene la población de las localidades más afectadas por la presencia de fenómenos perturbadores de origen natural, se realizó una encuesta mediante un muestreo no probabilístico y con una encuesta categórica.

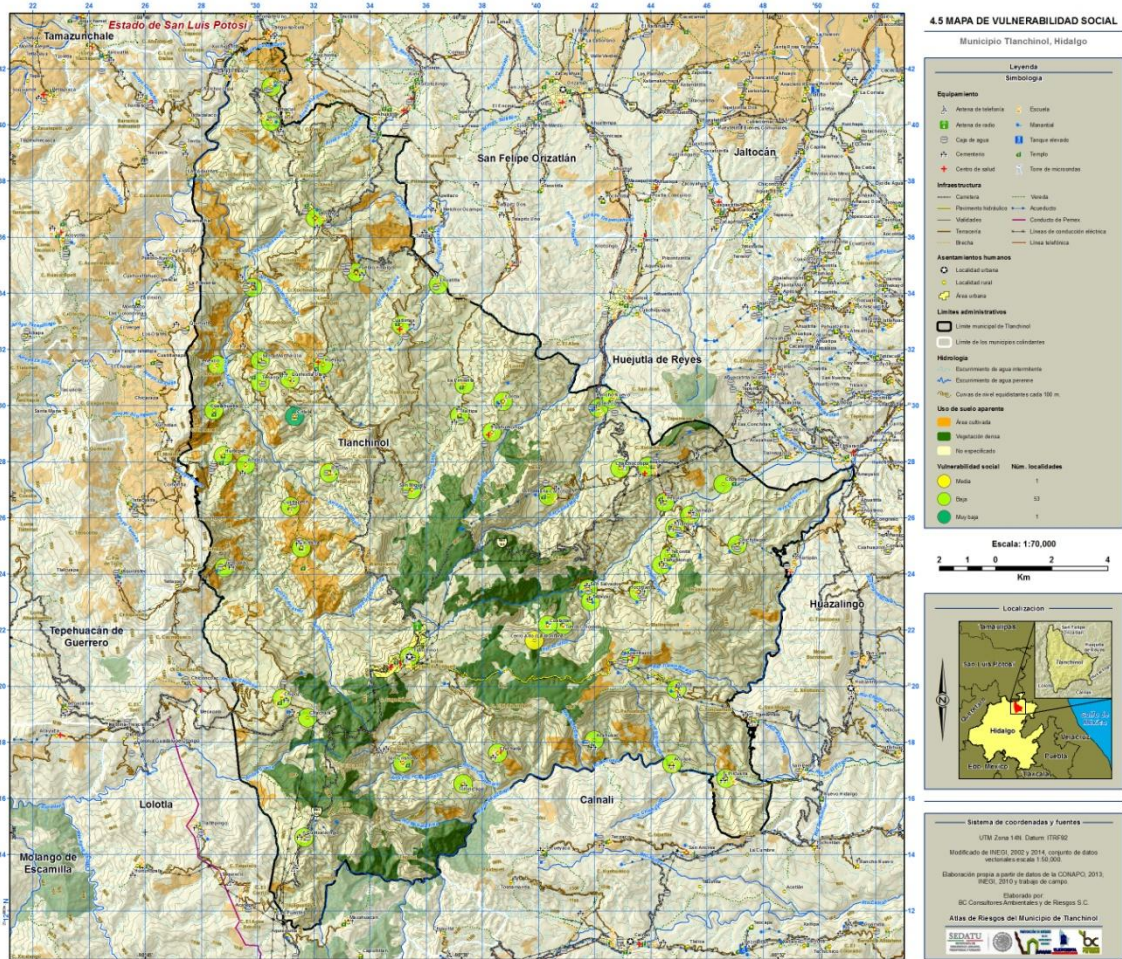
Las localidades en estudio fueron Tlanchinol, Acuapa, Cuatlimax, Ehuatitla, Jalpa, Peyula, Pilcuatla, La Pimienta, Pitzotla, San Cristobal, San José y Temango.

Grado de vulnerabilidad social

Una vez obtenida la calificación final de los tres aspectos a evaluar (características socioeconómica, capacidad de respuesta y percepción local de riesgo), se procedió a ponderar cada uno los rasgos considerados; en donde las características socioeconómicas determinaron un 50%, la capacidad de respuesta un 25% y la percepción local de riesgo un 25%. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra detalladamente los resultados para cada uno de los factores que se ponderan para obtener el índice de vulnerabilidad social. En dicha tabla se puede observar el cálculo realizado para todas las localidades del municipio.

Asimismo, el siguiente mapa muestra la distribución de las localidades según su vulnerabilidad social. Como puede apreciarse, si bien el municipio se ve afectado constantemente por los fenómenos perturbadores de origen natural, la población ha desarrollado una buena capacidad de respuesta. Prueba de ello es que no ha habido decesos.

Mapa 46. Mapa de Vulnerabilidad Social



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

6. Obras y Acciones de Mitigación

Acciones de mitigación social

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

Protección civil

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

Equipamiento de la unidad municipal de Protección Civil:

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

Adquirir una lancha con motor que permita realizar labores de prevención, monitoreo y rescate en los ríos que se encuentran en el territorio municipal.

Obras y acciones de mitigación (Hidrometeorología)

Inundaciones

Debido a que las inundaciones han provocado pérdidas sociales, ambientales y económicas, en el municipio de Tlanchinol desde fechas históricas, se hace hincapié en la construcción de obras para mitigar los efectos asociados a los efectos causados por inundaciones y de esta manera prevenir desastres.

Bordos perimetrales, desvío permanente para escurrimiento hídrico y recolector pluvial

Las estructuras vulnerables a condiciones de inundación están sujetas al colapso de paredes por empujes laterales, desestabilización y asentamientos diferenciales por supresiones verticales, entre otros. Por otra parte, la inundación por escorrentía puede producir deterioro del revestimiento y exposición de la armadura de estructuras, colapso de muros por erosión de cimientos. Asimismo el impacto y escorrentía del agua de lluvia puede producir erosión del material de cobertura, debilitación de la estructura por corrosión del acero de refuerzo y colapso de techo.

En este sentido, se propone el diseño, construcción y mantenimiento del desvío permanente para el escurrimiento hídrico, cuya función es desviar, mediante un canal hacia el mar, una laguna, otro cauce o alguna zona previamente definida, lo que reduce la magnitud de la avenida, así como la altura de los bordos perimetrales o muros de encauzamiento localizados aguas abajo del sitio donde se ubica dicho desvío. Este tipo de obras también son conocidas como cauces de alivio.

Es por esto necesario que en los cauces de alivio, como los bordos se instalen sobre todo en los meandros, es decir, en las curvas con mayor sinuosidad de los ríos, debido a que reciben la avenida de los distintos ríos, en específico el Río Jalpa, lo anterior con la finalidad de minimizar los gastos excedentes.

Estudio Hidrológico e Hidráulico

Para llevar a cabo el diseño de cualquier tipo de infraestructura hidráulica-hidrológica, es necesario un estudio hidrológico/hidráulico para determinar el tamaño de los bordos y el ancho de canal, así como las avenidas con del río con sus respectivos periodos de retorno.

Cabe mencionar que la reforestación de rivera de ríos y zonas desforestada mejora las condiciones del cauce natural proporcionándole una estructura más firme, evitando la erosión y en algunas ocasiones hasta el desbordamiento del río.

Instalación de estaciones agrometeorológicas e hidrométricas

El monitoreo de la temperatura es de suma importancia, tanto como para las actividades primarias, así como la parte social y de peligros naturales.

Las estaciones agrometeorológicas, además de ser climatológicas están destinadas a monitorear las condiciones meteorológicas para un tipo de cultivo en específico, logrando con esto un mejor desarrollo y entendimiento de la agricultura del municipio de Tlanchinol.

Por su parte la estación e tipo hidrométrica es necesaria para el monitores de ríos de grande envergadura, o bien de cierto nivel de peligrosidad tal como el Río Jalpa los es para la localidad de Jalpa, por lo que se recomienda ampliamente la instalación y el seguimiento del monitoreo hidrométrico del río antes mencionado.

Restauración de caminos

La necesidad de las vías terrestres de comunicación entre localidades es de vital importancia para el monitoreo frecuente de las mismas. Por lo que se considera necesario la rehabilitación de caminos, así como la construcción de nuevos caminos para las distintas localidades y crear el acceso pertinente a todas las localidades.

Reforestación de rivera de ríos y zonas desforestadas

Debido a que los árboles de manera natural forman una barrera para los ríos es importante dedicar cierto recurso a su manutención como a la reforestación en las zonas aledañas de todos los cuerpos de agua, logrando con esto el respeto a el espacio federal que requiere cada río para el emplazamiento de alguna vivienda y con ello desarrollar una cultura de la prevención a desastres naturales.

Zanjas verdes o encausamiento de escurrimientos

Las zanjas verdes son zanjas o canales que varía de 1 a 3 metros de profundidad rellenos de material granular. El objetivo es que la escorrentía se almacene e infiltre de manera más eficiente y no se encauce hacia viviendas o poblaciones.

Por otro lado el encausamiento de escurrimientos en los distintas localidades asentadas en los lomeríos del municipio de Tlanchinol se recomienda encausamientos de los escurrimientos para protección de las viviendas que se encuentran en las regiones bajas de los cerros, ya que al estar saturados no permiten mayor infiltración y la escorrentía empieza a crecer de manera abrupta afectando a las localidades.

Reubicación

La reubicación en este municipio, con respecto a la parte hidrometeorológica es para una vivienda en la localidad de Picuatla. Lo anterior por la cercanía del cuerpo de agua, ya que esta persona está localizada dentro del cauce del Río Huazalingo.

Obras y acciones de mitigación (Geología y Geomorfología)

Los fenómenos de mayor peligrosidad en el municipio de Tlanchinol son, sin duda, los procesos de ladera o movimientos de terreno, los cuales incluyen los deslizamientos, derrumbes y vuelcos, los cuales se originan en este caso por la saturación de agua del subsuelo. Estos ocurren frecuentemente en pendientes con una inclinación mayor a 16°, en depósitos con abundante humedad y poco consolidados como las lutitas, y piroclastos, y en materiales más densos pero con un grado avanzado de intemperización y fisurados, como las rocas volcánicas o las calizas, en los que son frecuentes los desprendimientos y vuelcos.

Existen áreas en peligro alto y muy alto por procesos derivados de la inestabilidad en todo el territorio municipal; muchas de ellas coinciden con zonas de contacto entre los depósitos volcánicos muy alterados y el estrato de caliza subyacente.

Estudios geotécnicos y geohidrológicos

En algunas zonas con peligro alto y muy alto ubicadas en asentamientos humanos importantes en las cuales se han originado movimientos de terreno recientes y se ha observado que el proceso está activo, se recomienda realizar estudios geotécnicos y geohidrológicos para determinar las estrategias y acciones más pertinentes. Tal es el caso de la localidad de Cuatlimax, en la cual se presentó un deslizamiento en 2013 que causó la afectación directa de una vivienda y daños en 16 viviendas más, la capilla, la casa parroquial, un almacén y 3 vialidades. Este proceso continúa activo y se suma a otros procesos que han ocurrido en la comunidad, como resurgencias o agrietamientos.

También se recomienda llevar a cabo estudios de este tipo en la localidad de Citlala debido a que el deslizamiento observado afecta a toda una ladera por aproximadamente 80 metros de longitud, implicando a varias viviendas y poniendo en potencial peligro a una escuela. En este sentido es necesario tener un conocimiento profundo de las características geológicas sobre las que se asienta la localidad y de la dinámica hidrológica subterránea a fin de comprender el proceso con mayor precisión y poder tomar acciones para garantizar la seguridad de los habitantes.

Conservación y reforestación

Una de las medidas de mitigación principales es la conservación y reforestación de la vegetación, sobre todo en zonas de pendientes mayores a 35° de inclinación, que coinciden con un grado de erosión alta o en donde se evidencien coronas de deslizamientos o procesos de ladera, en estas áreas se debe limitar el uso del suelo al aprovechamiento forestal. La tala y las actividades agropecuarias deben de evitarse totalmente en pendientes mayores a 55° dado que estas zonas no producen buenos rendimientos ni son aptas para la ganadería, además de que el desmonte provoca la desestabilización del terreno.

Se recomienda también implementar prácticas de cultivo en terrazas y de policultivos, sobre todo en pendientes de 15° a 35° de inclinación, debido a que la falta de cobertura vegetal y la pendiente inclinada provoca la pérdida de suelo y vuelve al terreno más susceptible a movimientos como deslizamientos o reptación.

Reforzamiento estructural y estabilización de taludes

El reforzamiento estructural se refiere a la implementación de barreras físicas para contener o impedir el desarrollo o la continuación de un movimiento en el terreno. Esta medida debe emplearse en la localidad de Citlala en la base del deslizamiento, el cual está provocando el retroceso en el terreno de una vivienda y afectaciones visibles en los terrenos de otras ocho. Se recomienda a la par del estudio geotécnico realizar un análisis de mecánica de suelos por parte de especialistas antes de establecer una obra civil, aunque se propone la consideración de muros de gaviones.

En el caso del deslizamiento ocurrido en la localidad de San Cristóbal, se recomienda además de la reforestación de la parte alta de la ladera, la implementación de obra civil al margen de la carretera, debido a que el material rocoso y detrítico que se desprende llega hasta el camino imposibilitando el libre y seguro paso de vehículos.

Existen tres casos relevantes de movimientos de terreno sobre la carretera; sobre ellos se profundizará en los informes elaborados. Sobre este respecto cabe describir que esas zonas presentan corrimientos de suelo que han provocado agrietamientos y rupturas en la carretera. El material sobre el que se encuentran estas vialidades está poco consolidado y corresponde a material de relleno o coluvión, por lo que es fácilmente desplazado por el debilitamiento y erosión provocado por escurrimientos subsuperficiales y por el peso de los vehículos. En estas zonas se recomienda la instalación de obra pública como muros de gaviones y enmallado para evitar la continuación del proceso.

En cuanto a la estabilización de taludes, esto se refiere a acciones de aterrazamiento de laderas, sobre todo a las orillas de los caminos para evitar que el material continúe desplazándose. Esta medida debe estar vigente no sólo como mitigación sino como medida de prevención en la apertura de nuevos caminos.

Un caso que es relevante comentar se encuentra en la carretera de San Juan a Coacuilco, al límite del municipio, en esta zona el camino está bordeado de dos inmensas paredes de caliza de las cuales frecuentemente se desprenden bloques de diversos tamaños. La caliza está bien conservada y no evidencia un grado de alteración importante, sin embargo el estrato está plegado y presenta varios agrietamientos por los cuales se infiltra el agua y desgasta la roca, lo cual puede conducir a derrumbes. En esta área es necesario instalar alguna obra civil que evite o contenga los fragmentos desprendidos.

Reubicación

Respecto a los fenómenos geológicos se recomienda la reubicación de la población de Tecontla debido al deslizamiento y el flujo ocurridos en 2011 por las lluvias extraordinarias y a que se encontraron zonas de fractura en algunas de las laderas de la localidad, además de que la población señaló la periódica formación de flujos que afectan a varias viviendas.

En el caso de la localidad de Cuatlimax se recomienda la reubicación de todos los habitantes cuya vivienda se encuentre en el polígono de peligro (Mapa 5.1.5d.2), debido a que el proceso de deslizamiento está activo y puede acelerarse en condiciones de precipitación extrema.

La reubicación debe de emplearse también en algunas de las viviendas de Barrio Nuevo, en la cabecera municipal, debido a que el retroceso del escarpe del deslizamiento está avanzando hacia las viviendas poniendo en peligro la vida de los habitantes. Este proceso ha originado la ocurrencia de pequeños flujos que han afectado una vivienda ladera abajo, la cual debe también de reubicarse.

Tabla 13. Propuesta de obras y acciones para peligros hidrometeorológicos

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
Hidrometeorológicos				
Fenómeno/Riesgo	Ubicación	Causa	Obra o acción propuesta	Observaciones
inundaciones	Jalpa	Inundación por invasión de cuerpo de agua	Estudio hidrológico e hidráulico, estación hidrométrica, bordo perimetral	Sin observaciones
inundaciones	Peyula	inundación por escurrimiento pluvial	Desvío hídrico permanente, recolector pluvial, estudio hidrológico e hidráulico, restauración de caminos	Sin observaciones
inundaciones	San José	Invasión de cuerpo de agua	Estudio hidrológico e hidráulico, bordo perimetral	Sin observaciones
inundaciones	Picuatla	Invasión de cuerpo de agua	Reubicación, bordo perimetral	Reubicación de las viviendas en los márgenes del río
inundaciones	Cuatahuatla	Escurrimiento hídrico	Recolector pluvial, zanjas verdes	Sin observaciones
inundaciones	Ehuatitla	Invasión de cuerpo de agua	Estudio hidrológico e hidráulico, Bordo perimetral, estudio hidrológico e hidráulico, reubicación	1 Vivienda en reubicación
inundaciones	Ixtlapala	Escurrimiento hídrico	Desvío hídrico permanente, bordo perimetral	Sin observaciones

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

Tabla 14. Propuesta de obras y acciones para peligros geológicos

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
Geológicos				
Fenómeno/Riesgo	Ubicación	Causa	Obra o acción propuesta	Observaciones
Deslizamiento	Cuatlimax	Inestabilidad provocada por resurgencias y erosión kárstica	Estudios geotécnicos y geohidrológicos	Se presentó un deslizamiento en 2013 que causó la afectación directa de una vivienda y daños en 16 viviendas más, la capilla, la casa parroquial, un almacén y 3 vialidades. Este proceso continúa activo y se suma a otros procesos que han ocurrido en la comunidad, como resurgencias o agrietamientos.
Deslizamiento	Cuatlimax	Inestabilidad provocada por resurgencias y erosión kárstica	Se recomienda la reubicación de todos los habitantes cuya vivienda se encuentre en el polígono de peligro (Mapa 5.1.5d.2), debido a que el proceso de deslizamiento está activo y puede acelerarse en condiciones de precipitación extrema.	Se presentó un deslizamiento en 2013 que causó la afectación directa de una vivienda y daños en 16 viviendas más, la capilla, la casa parroquial, un almacén y 3 vialidades. Este proceso continúa activo y se suma a otros procesos que han ocurrido en la comunidad, como resurgencias o agrietamientos.
Deslizamiento	Citlala	El depósito se encuentra poco consolidado y es bastante inestable, además de que permite la infiltración. Este depósito se ha formado debido a la erosión del estrato de caliza, debido a la precipitación y a la acción de la vegetación. Esta ladera fue cortada para crear un camino de terracería de unos dos metros de ancho la cual persiste activa a la fecha.	Estudios geotécnicos y geohidrológicos	Deslizamiento se encuentra en una ladera del cerro Huilapa, con pendiente de unos 40° a 50° de inclinación compuesta de material coluvial de suelo limo-arcilloso con clastos de caliza angulosos, de entre 1 y 10 cm.
Deslizamiento	Citlala	Inestabilidad del terreno debido a su composición y al corte de la ladera.	Reforzamiento estructural y estabilización de talud en la base del deslizamiento, el cual está provocando el retroceso en el terreno de una vivienda y afectaciones visibles en los terrenos de otras ocho. Se recomienda a la par del estudio	Sin observaciones

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
Geológicos				
Fenómeno/Riesgo	Ubicación	Causa	Obra o acción propuesta	Observaciones
			geotécnico realizar un análisis de mecánica de suelos por parte de especialistas antes de establecer una obra civil, aunque se propone la consideración de muros de gaviones.	
Inestabilidad del terreno y erosión	Zonas de pendientes mayores a 35° de inclinación, que coinciden con un grado de erosión alta o en donde se evidencien coronas de deslizamientos o procesos de ladera.	Tala, desmonte, actividades agropecuarias.	Conservación y reforestación de la vegetación. La tala y las actividades agropecuarias deben de evitarse totalmente en pendientes mayores a 55° dado que estas zonas no producen buenos rendimientos ni son aptas para la ganadería, además de que el desmonte provoca la desestabilización del terreno. Implementar prácticas de cultivo en terrazas y de policultivos, sobre todo en pendientes de 15° a 35° de inclinación, debido a que la falta de cobertura vegetal y la pendiente inclinada provoca la pérdida de suelo y vuelve al terreno más susceptible a movimientos como deslizamientos o reptación.	Sin observaciones
Deslizamiento	Márgenes de carretera	Corte de carretera	Aterrazamiento de laderas, señalética y acondicionamiento de carretera como fantasmas.	Sin observaciones
Desprendimiento	Carretera de San Juan a Coacuilco	Corte de carretera	Enmallado y señalética	El camino está bordeado de dos inmensas paredes de caliza de las cuales frecuentemente se desprenden bloques de diversos tamaños. La caliza está bien conservada y no evidencia un grado de alteración importante, sin embargo el estrato está plegado y presenta varios agrietamientos por los cuales se infiltra el agua y desgasta la roca, lo cual puede conducir a derrumbes.
Deslizamiento	Tecontla	Deslizamiento al norte de la localidad debido a la baja consolidación del terreno. Se encontraron zonas de fractura en algunas de las laderas de la localidad, además de que la población señaló la periódica	Reubicación de toda la población	Sin observaciones

PROPUESTAS DE OBRAS Y ACCIONES				
Geológicos				
Fenómeno/Riesgo	Ubicación	Causa	Obra o acción propuesta	Observaciones
		formación de flujos que afectan a varias viviendas.		
Deslizamiento	Barrio Nuevo	Deforestación. Cambio de uso del suelo y material inestable.	Reubicación de algunas viviendas al borde del escarpe formado por el deslizamiento.	Sin observaciones
Deslizamiento	Camino a Temango	Inestabilidad del terreno debido a su composición y al corte de la ladera.	Obra civil (se recomienda muros de gaviones)	Sin observaciones

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

7. Anexos

7.1. Tablas de información sociodemográfica

Tabla 15. Evolución Demográfica

Año	1990	1995	2000	2005	2010
Población total	28,002	31,193	32,265	33,694	36,382
Hombres	13,945	15,734	15,887	16,519	17,975
Mujeres	14,057	15,459	16,378	17,175	18,407

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI

Tabla 16. Tasa de Crecimiento de la Media Poblacional

TASA MEDIA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	
Periodo	Incremento Porcentual
1990-1995	2.18%
1995-2000	0.68%
2000-2005	0.87%
2005-2010	1.55%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 17. Distribución de la población por grupos quinquenales y género

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR GRUPOS QUINQUENALES Y GÉNERO		
Grupos Quinquenales	Hombres	Mujeres
00-04 años	2,078	2,027
05-09 años	2,294	2,128
10-14 años	2,226	2,133
15-19 años	2,007	2,013
20-24 años	1,440	1,589
25-29 años	1,190	1,433
30-34 años	1,119	1,233
35-39 años	1,007	1,088
40-44 años	790	860
45-49 años	781	842
50-54 años	721	722
55-59 años	620	637
60-64 años	504	460
65-69 años	412	415
70-74 años	305	346
75-79 años	227	202
80-84 años	119	107
85-89 años	50	70
90-94 años	24	32
95-99 años	14	24
100 años y más	6	4
No especificado	41	42

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 18. Población por tipo de discapacidad

Tipo de marginación	Población
Población con limitación en la actividad	1,530
Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	598
Población con limitación para ver, aun usando lentes	448
Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	219
Población con limitación para escuchar	272
Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	64
Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	150
Población con limitación mental	156

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 19. Niveles de rezago y marginación en el municipio.

Localidad	Índice de Rezago Social	Grado de rezago social	Índice de Marginación	Grado de Marginación
Tlanchinol 1	-1.007172	Muy bajo	-0.914144371	Medio
Acahuasco 2	0.690154	Medio	0.635333252	Alto
Acatipa 3	-0.532929	Bajo	-0.509657271	Alto
Acuapa 4	0.055665	Medio	-0.221506555	Alto
Apantlazol 5	0.235163	Medio	0.204073817	Alto
Citlala 6	0.021979	Medio	0.106774881	Alto
Coamapil 7	0.140114	Medio	-0.107373722	Alto
Copaltitla 8	0.496212	Medio	0.23994332	Alto
Cuatatlán 9	0.617713	Medio	0.86123824	Muy alto
Cuatlapech 10	0.023357	Medio	0.32363578	Alto
Cuatlimax 11	-0.311741	Bajo	-0.308357787	Alto
Cuatlapextla	0.774441	Medio	0.741481399	Muy alto
Chachala 12	-0.87433	Bajo	-0.749070884	Alto
Chalchocotipa 13	-0.297396	Medio	-0.52134023	Alto
Chichatla 14	0.601076	Medio	0.595107755	Alto
Chichiltépec 15	0.353447	Medio	0.218607746	Alto
Chipoco 16	-0.704909	Bajo	-0.62590839	Alto
Ehuatitla 17	-0.099401	Medio	-0.145125088	Alto
Pueblo Hidalgo 18	0.325966	Medio	0.069292499	Alto
Hueyapa 19	-0.083703	Medio	0.079876527	Alto
Huitepec 20	-0.339266	Bajo	-0.25179129	Alto
Ixtlapala 21	-0.30806	Bajo	-0.380749325	Alto
Jalpa 22	0.026317	Medio	-0.198081533	Alto
Lontla 23	-0.072829	Medio	-0.277790991	Alto
Olotla 24	-0.100066	Medio	0.124394947	Alto

Localidad	Índice de Rezago Social	Grado de rezago social	Índice de Marginación	Grado de Marginación
Pahuayo 25	-0.179606	Medio	-0.089688696	Alto
Peyula 26	-0.227941	Medio	-0.142948339	Alto
Pilcuatla 27	-0.545907	Bajo	-0.577636843	Alto
La Pimienta 28	-0.175728	Medio	-0.530497385	Alto
Pitzotla 29	0.015706	Medio	0.120855118	Alto
Quetzaltzongo 30	-0.838982	Bajo	-0.79293566	Alto
San Cristóbal 31	-0.394367	Bajo	-0.393689152	Alto
San José 32	-0.510474	Bajo	-0.670296404	Alto
San Miguel 33	0.226151	Medio	0.327675765	Alto
San Salvador 34	0.076561	Medio	0.066305121	Alto
Santa Lucía 35	0.364434	Medio	0.153267698	Alto
Santa María Catzotipan (Santa María Tepetzintla) 36	0.148623	Medio	-0.11348545	Alto
Tecontla 37	-0.500568	Bajo	-0.387534408	Alto
Temango 38	-0.17146	Medio	-0.267238567	Alto
Tenango 39	0.45054	Medio	0.543289556	Alto
Tenexco 40	0.141938	Medio	-0.101653226	Alto
Tepeyac 41	0.808483	Medio	0.714600869	Muy alto
Tianguis 42	-0.482097	Bajo	-0.445073674	Alto
Tlahuelompa 43	0.078487	Medio	-0.231040406	Alto
Toctitlán 44	0.076773	Medio	-0.007650098	Alto
Totonicapa 45	0.112977	Medio	-0.226767164	Alto
Santa Martha Ula 46	-0.133638	Medio	-0.144889507	Alto
Xaltipa 47	-0.247647	Medio	-0.687856823	Alto
Xitlama 48	0.288481	Medio	0.404144899	Alto
Quimixtla Hula 49	-0.009126	Medio	-0.027148551	Alto
Rancho Nuevo 50	-0.249708	Medio	-0.777950905	Alto
Tlahuelongo 51	-0.27408	Medio	-0.336410714	Alto
Tierra Colorada 52	0.524024	Medio	0.699758407	Alto
Tochintla	0.247178	Medio	0.639746457	Alto
Comala	-0.098428	Medio	0.05818265	Alto
Las Puentes	-0.924154	Muy bajo	-1.194390508	Bajo
El Suspiro	-1.174028	Muy bajo	-1.388447914	Muy bajo
Amoxco 53	0.345404	Medio	0.229346207	Alto
El Balcón	-1.290443	Muy bajo	-1.574592788	Muy bajo
Chicaco	-0.165826	Medio	0.126639126	Alto
Cuatahuatla 54	0.362815	Medio	0.143747822	Alto
Tamazolapa	1.216067	Alto	1.287583245	Muy alto

Localidad	Índice de Rezago Social	Grado de rezago social	Índice de Marginación	Grado de Marginación
Atoscalao	-0.501022	Bajo	-0.479152915	Alto
Catlapani	0.499302	Medio	0.836050527	Muy alto
Cerro Alto (La Montaña) 55	0.562057	Medio	0.678754284	Alto
Vista Hermosa	-0.754519	Bajo	-0.877974848	Medio
La Montaña	0.543471	Medio	0.602503389	Alto
Cececapa	-0.353145	Bajo	-0.923265763	Medio
Barrio Independencia	-0.304931	Bajo	-0.098069493	Alto
Barrio Santa Cecilia	-0.047257	Medio	0.214972519	Alto
Barrio Tlacomul	0.359119	Medio	0.101088514	Alto
Xochititla 56	1.095731	Alto	1.289386777	Muy alto

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CONAPO y CONEVAL

Tabla 20. Servicios básicos de las viviendas

LOCALIDAD	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada	Viviendas particulares que disponen de luz eléctrica	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje
Total del Municipio	9046	1565	7625	5374
Tlanchinol	1476	158	1191	1227
Acahuasco	221	208	195	2
Acatipa	123	8	115	112
Acuapa	63	0	52	2
Apantlazol	168	65	149	139
Citlala	83	2	73	76
Coamapil	99	63	84	10
Copaltitla	21	3	16	1
Cuatatlán	31	4	23	26
Cuatlapech	46	0	41	41
Cuatlimax	235	54	168	150
Cuatlapextla	13	12	11	1
Chachala	111	5	95	92
Chalchocotipa	66	5	58	36
Chichatla	222	176	191	106
Chichiltépec	193	11	176	4
Chipoco	263	6	227	188
Ehuatitla	68	3	56	47
Pueblo Hidalgo	269	82	236	15
Hueyapa	354	16	309	307
Huitepec	375	75	295	292
Ixtlapala	153	17	135	105
Jalpa	314	7	279	110
Lontla	117	2	101	41
Olotla	221	2	209	212
Pahuayo	131	5	105	106
Peyula	133	9	107	99
Pilcuatla	145	0	125	110
La Pimienta	66	4	55	14
Pitzotla	71	4	64	67
Quetzaltzongo	148	7	114	116
Quimixtla (Xitlama)	*	*	*	*
San Cristóbal	226	6	201	184

LOCALIDAD	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada	Viviendas particulares que disponen de luz eléctrica	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje
San José	288	4	257	143
San Miguel	42	1	27	24
San Salvador	102	2	91	72
Santa Lucía	176	2	162	3
Santa María Catzotipan (Santa María Tepetzintla)	494	49	447	105
Tecontla	25	0	23	23
Temango	359	8	277	230
Tenango	46	43	40	39
Tenexco	62	0	53	0
Tepeyac	24	0	2	4
Tianguis	64	0	61	62
Tlahuelompa	59	0	48	15
Toctitlán	207	15	192	127
Totonicapa	85	27	78	27
Santa Martha Ula	71	0	61	62
Xaltipa	45	0	42	9
Xitlama	29	3	13	13
Quimixtla Hula	59	56	53	53
Rancho Nuevo	39	0	31	5
La Providencia	*	*	*	*
Tlahuelongo	28	0	27	15
Tierra Colorada	78	40	65	63
Tochintla	19	16	17	17
Comala	51	39	46	48
Las Puentes	10	6	7	7
El Suspiro	9	0	7	7
Amoxco	88	76	69	26
El Balcón	6	0	5	5
Chicaco	17	12	15	16
El Mirador (Casetas)	*	*	*	*
Tlazolapa	*	*	*	*
Tolapa	*	*	*	*
Cuatahuatla	41	35	32	0
Tamazolapa	7	6	0	1
Atoscalao	4	4	4	3

LOCALIDAD	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada	Viviendas particulares que disponen de luz eléctrica	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje
Catlapani	7	0	6	6
Cerro Alto	24	21	21	18
Cuahuilacats	*	*	*	*
Vista Hermosa	7	1	7	7
La Montaña	8	0	1	4
Los Pemuches	*	*	*	*
Cececapa	6	1	4	0
Xuchiatitla	*	*	*	*
Barrio Independencia	23	5	21	21
Barrio Santa Cecilia	52	36	23	43
Barrio Tlacomul	22	19	18	5
Moyotla	*	*	*	*
Xochititla	10	10	10	0
Tecruz	*	*	*	*
La Quebradora	*	*	*	*

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2010)

Tabla 21. Otros servicios de las viviendas

LOCALIDAD	Viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de radio	Viviendas particulares habitadas que disponen de televisión	Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador	Viviendas particulares habitadas que disponen de lavadora	Viviendas particulares habitadas que disponen de automóvil o camioneta	Viviendas particulares habitadas que disponen de computadora	Viviendas particulares habitadas que disponen de línea telefónica fija	Viviendas particulares habitadas que disponen de teléfono celular	Viviendas particulares habitadas que disponen de Internet
Total del Municipio	9046	5214	5436	3371	1015	932	340	795	1790	71
Tlanchinol	1476	861	1103	809	515	399	234	199	924	67
Acahuasco	221	134	139	29	0	0	1	8	28	0
Acatipa	123	72	83	54	16	19	8	2	38	0
Acuapa	63	47	42	31	1	0	0	0	4	0
Apantlazol	168	108	99	22	4	4	3	20	11	0
Cittlala	83	46	24	15	2	5	0	1	5	0
Coamapil	99	50	46	38	1	0	0	0	12	0
Copaltitla	21	11	13	6	1	1	0	0	6	0
Cuatatlán	31	10	10	1	0	0	0	0	0	0
Cuatlapech	46	20	22	2	0	4	0	1	2	0
Cuatlimax	235	115	135	77	12	13	2	2	74	1
Cuatlapextla	13	8	7	5	0	2	0	0	0	0
Chachala	111	76	72	65	37	23	2	4	13	0
Chalchocotipa	66	43	46	34	2	3	0	17	2	0
Chichatla	222	112	113	22	1	3	1	2	16	0
Chichiltépec	193	79	81	24	1	5	0	2	5	0
Chipoco	263	138	187	145	87	56	12	10	81	0
Ehuatitla	68	38	32	19	0	2	1	9	3	0
Pueblo Hidalgo	269	149	162	42	3	9	1	4	20	0

Hueyapa	354	181	230	105	30	20	9	45	74	0
Huitepec	375	198	180	129	25	21	11	19	5	1
Ixtlapala	153	96	83	55	12	13	1	20	81	1
Jalpa	314	168	185	132	8	18	4	15	1	0
Lontla	117	74	75	44	4	8	4	14	8	0
Olotla	221	108	135	24	9	7	2	8	8	0
Pahuayo	131	78	79	52	0	5	0	0	21	0
Peyula	133	78	64	66	19	7	1	26	13	0
Pilcuatla	145	90	92	96	8	9	4	26	2	0
La Pimienta	66	35	36	27	3	3	0	3	12	0
Pitzotla	71	27	31	11	0	4	1	2	9	0
Quetzaltzongo	148	79	101	81	41	39	3	15	13	0
Quimixtla (Xitlama)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
San Cristóbal	226	150	144	85	7	23	1	22	12	0
San José	288	215	205	209	48	24	7	67	42	0
San Miguel	42	18	10	8	0	1	0	2	2	0
San Salvador	102	65	49	18	4	5	1	5	5	0
Santa Lucía	176	134	122	60	2	2	1	33	7	0
Santa María Catzotipan (Santa María Tepetzintla)	494	350	342	228	40	45	7	49	7	0
Tecontla	25	19	11	11	2	0	1	1	2	0
Temango	359	211	200	121	20	44	5	65	72	0
Tenango	46	22	19	13	0	1	0	0	1	0
Tenexco	62	34	36	12	0	1	0	1	0	0
Tepeyac	24	10	3	0	0	0	0	0	1	0
Tianguis	64	40	41	25	4	1	0	11	4	0
Tlahuelompa	59	35	31	15	0	2	0	6	7	0
Toctitlán	207	98	73	25	4	5	0	32	16	0
Totonicapa	85	58	65	34	5	6	0	2	21	0

Santa Martha Ula	71	35	38	24	3	11	1	1	3	0
Xaltipa	45	27	27	21	4	5	0	10	5	0
Xitlama	29	7	1	0	0	0	0	0	5	0
Quimixtla Hula	59	35	31	22	4	5	1	4	1	1
Rancho Nuevo	39	26	23	21	2	4	1	1	18	0
La Providencia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Tlahuelongo	28	17	4	8	0	0	0	3	0	0
Tierra Colorada	78	33	38	8	0	0	0	0	0	0
Tochintla	19	13	10	4	0	0	0	0	0	0
Comala	51	37	38	21	4	5	2	3	9	0
Las Puentes	10	4	7	7	2	1	1	0	4	0
El Suspiro	9	6	7	7	1	0	0	0	6	0
Amoxco	88	44	36	29	1	7	3	0	0	0
El Balcón	6	5	5	5	2	2	0	0	4	0
Chicaco	17	11	12	7	1	1	0	0	0	0
El Mirador (Casetas)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Tlazolapa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Tolapa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cuatahuatla	41	20	14	13	0	1	0	1	0	0
Tamazolapa	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Atoscalao	4	3	2	4	1	2	0	0	0	0
Catlapani	7	2	3	0	0	0	0	0	0	0
Cerro Alto	24	15	11	3	0	0	0	0	1	0
Cuahuilacats	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vista Hermosa	7	6	7	4	0	6	1	0	5	0
La Montaña	8	2	1	0	0	1	0	0	1	0
Los Pemuches	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cececapa	6	3	0	3	0	0	0	0	1	0

Xuchiatitla	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Barrio Independencia	23	18	19	11	5	6	0	0	12	0
Barrio Santa Cecilia	52	27	30	13	7	11	1	0	22	0
Barrio Tlacomul	22	12	10	8	0	2	1	2	1	0
Moyotla	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Xochititla	10	10	3	2	0	0	0	0	0	0
Tecruz	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
La Quebradora	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2010)

Tabla 22. Viviendas con piso de tierra en cada localidad

Localidad	Viviendas particulares habitadas	Viviendas con piso de tierra	Porcentaje de viviendas con piso de tierra
Total del Municipio	9046	5870	64.89%
Tlanchinol	1476	1119	75.81%
Acahuasco	221	115	52.04%
Acatipa	123	94	76.42%
Acuapa	63	46	73.02%
Apantlazol	168	62	36.90%
Citlala	83	32	38.55%
Coamapil	99	77	77.78%
Copaltitla	21	11	52.38%
Cuatatlán	31	0	0.00%
Cuatlapech	46	9	19.57%
Cuatlimax	235	110	46.81%
Cuatlapextla	13	4	30.77%
Chachala	111	86	77.48%
Chalchocotipa	66	58	87.88%
Chichatla	222	84	37.84%
Chichiltépec	193	171	88.60%
Chipoco	263	202	76.81%
Ehuatitla	68	45	66.18%
Pueblo Hidalgo	269	179	66.54%
Hueyapa	354	148	41.81%
Huitepec	375	312	83.20%
Ixtlapala	153	124	81.05%
Jalpa	314	226	71.97%
Lontla	117	76	64.96%
Olotla	221	163	73.76%
Pahuayo	131	67	51.15%
Peyula	133	61	45.86%
Pilcuatla	145	110	75.86%
La Pimienta	66	45	68.18%
Pitzotla	71	13	18.31%
Quetzaltzongo	148	94	63.51%
Quimixtla (Xitlama)	*	*	
San Cristóbal	226	187	82.74%
San José	288	253	87.85%

Localidad	Viviendas particulares habitadas	Viviendas con piso de tierra	Porcentaje de viviendas con piso de tierra
San Miguel	42	4	9.52%
San Salvador	102	78	76.47%
Santa Lucía	176	43	24.43%
Santa María Catzotipan (Santa María Tepetzintla)	494	334	67.61%
Tecontla	25	14	56.00%
Temango	359	183	50.97%
Tenango	46	9	19.57%
Tenexco	62	52	83.87%
Tepeyac	24	11	45.83%
Tianguis	64	61	95.31%
Tlahuelompa	59	35	59.32%
Toctitlán	207	148	71.50%
Totonicapa	85	71	83.53%
Santa Martha Ula	71	38	53.52%
Xaltipa	45	29	64.44%
Xitlama	29	4	13.79%
Quimixtla Hula	59	32	54.24%
Rancho Nuevo	39	31	79.49%
La Providencia	*	*	
Tlahuelongo	28	19	67.86%
Tierra Colorada	78	16	20.51%
Tochintla	19	17	89.47%
Comala	51	35	68.63%
Las Puentes	10	6	60.00%
El Suspiro	9	7	77.78%
Amoxco	88	73	82.95%
El Balcón	6	5	83.33%
Chicaco	17	16	94.12%
El Mirador (Casetas)	*	*	
Tlazolapa	*	*	
Tolapa	*	*	
Cuatahuatla	41	30	73.17%
Tamazolapa	7	4	57.14%
Atoscalao	4	3	75.00%
Catlapani	7	0	0.00%
Cerro Alto	24	4	16.67%

Localidad	Viviendas particulares habitadas	Viviendas con piso de tierra	Porcentaje de viviendas con piso de tierra
Cuahuilacats	*	*	
Vista Hermosa	7	6	85.71%
La Montaña	8	2	25.00%
Los Pemuches	*	*	
Cececapa	6	4	66.67%
Xuchiatitla	*	*	
Barrio Independencia	23	12	52.17%
Barrio Santa Cecilia	52	32	61.54%
Barrio Tlacomul	22	14	63.64%
Moyotla	*	*	
Xochititla	10	0	0.00%
Tecruz	*	*	
La Quebradora	*	*	

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Vulnerabilidad Social por localidades

ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL A NIVEL DE LOCALIDADES EN EL MUNICIPIO DE TLANCHINOL, HIDALGO					
LOCALIDAD	INDICADORES SOCIODEMOGRÁFICOS	CAPACIDAD DE RESPUESTA	PERCEPCIÓN LOCAL	VALOR DE VULNERABILIDAD	GRADO DE VULNERABILIDAD
Total del Municipio	0.125	0.0625	0.125	0.3125	BAJA
Tlanchinol	0.0875	0.0625	0.125	0.275	BAJA
Acahuasco	0.170833333	0.0625	0.125	0.358333333	BAJA
Acatipa	0.1375	0.0625	0.125	0.325	BAJA
Acuapa	0.145833333	0.0625	0.125	0.333333333	BAJA
Apantlazol	0.158333333	0.0625	0.125	0.345833333	BAJA
Citlala	0.083333333	0.0625	0.0625	0.208333333	MUY BAJA
Coamapil	0.145833333	0.0625	0.125	0.333333333	BAJA
Copaltitla	0.108333333	0.0625	0.125	0.295833333	BAJA
Cuatatlán	0.1375	0.0625	0.125	0.325	BAJA
Cuatlapech	0.179166667	0.0625	0.125	0.366666667	BAJA
Cuatlimax	0.125	0.0625	0.125	0.3125	BAJA
Cuatlapextla	0.15	0.0625	0.125	0.3375	BAJA
Chachala	0.133333333	0.0625	0.125	0.320833333	BAJA
Chalchocotipa	0.145833333	0.0625	0.125	0.333333333	BAJA
Chichatla	0.0875	0.0625	0.0625	0.2125	BAJA
Chichiltépec	0.145833333	0.0625	0.125	0.333333333	BAJA
Chipoco	0.166666667	0.0625	0.125	0.354166667	BAJA
Ehuatitla	0.170833333	0.0625	0.125	0.358333333	BAJA
Pueblo Hidalgo	0.125	0.0625	0.125	0.3125	BAJA
Hueyapa	0.154166667	0.0625	0.125	0.341666667	BAJA
Huitepec	0.141666667	0.0625	0.125	0.329166667	BAJA
Ixtlapala	0.15	0.0625	0.125	0.3375	BAJA
Jalpa	0.104166667	0.0625	0.125	0.291666667	BAJA
Lontla	0.1125	0.0625	0.125	0.3	BAJA
Olotla	0.154166667	0.0625	0.125	0.341666667	BAJA
Pahuayo	0.15	0.0625	0.125	0.3375	BAJA
Peyula	0.145833333	0.0625	0.125	0.333333333	BAJA
Pilcuatla	0.179166667	0.0625	0.125	0.366666667	BAJA
La Pimienta	0.166666667	0.0625	0.125	0.354166667	BAJA
Pitzotla	0.158333333	0.0625	0.125	0.345833333	BAJA
Quetzaltzongo	0.1125	0.0625	0.125	0.3	BAJA
Quimixtla (Xitlana)	0.141666667	0.0625	0.125	0.329166667	BAJA
San Cristóbal	0.120833333	0.0625	0.0625	0.245833333	BAJA

ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL A NIVEL DE LOCALIDADES EN EL MUNICIPIO DE TLANCHINOL, HIDALGO					
LOCALIDAD	INDICADORES SOCIODEMOGRÁFICOS	CAPACIDAD DE RESPUESTA	PERCEPCIÓN LOCAL	VALOR DE VULNERABILIDAD	GRADO DE VULNERABILIDAD
San José	0.129166667	0.0625	0.125	0.316666667	BAJA
San Miguel	0.1375	0.0625	0.125	0.325	BAJA
San Salvador	0.145833333	0.0625	0.125	0.333333333	BAJA
Santa Lucía	0.116666667	0.0625	0.125	0.304166667	BAJA
Santa María Catzotipan (Santa María Tepetzintla)	0.125	0.0625	0.125	0.3125	BAJA
Tecontla	0.195833333	0.0625	0.125	0.383333333	BAJA
Temango	0.091666667	0.0625	0.0625	0.216666667	BAJA
Tenango	0.116666667	0.0625	0.125	0.304166667	BAJA
Tenexco	0.120833333	0.0625	0.125	0.308333333	BAJA
Tepeyac	0.15	0.0625	0.125	0.3375	BAJA
Tianguis	0.141666667	0.0625	0.125	0.329166667	BAJA
Tlahuelompa	0.0875	0.0625	0.125	0.275	BAJA
Toctitlán	0.129166667	0.0625	0.125	0.316666667	BAJA
Totonicapa	0.104166667	0.0625	0.125	0.291666667	BAJA
Santa Martha Ula	0.104166667	0.0625	0.125	0.291666667	BAJA
Xaltipa	0.129166667	0.0625	0.125	0.316666667	BAJA
Xitlama	0.133333333	0.0625	0.125	0.320833333	BAJA
Quimixtla Hula	0.175	0.0625	0.125	0.3625	BAJA
Rancho Nuevo	0.1625	0.0625	0.125	0.35	BAJA
La Providencia	0.091666667	0.0625	0.125	0.279166667	BAJA
Tlahuelongo	0.158333333	0.0625	0.125	0.345833333	BAJA
Tierra Colorada	0.1375	0.0625	0.125	0.325	BAJA
Tochintla	0.083333333	0.0625	0.125	0.270833333	BAJA
Comala	0.220833333	0.0625	0.125	0.408333333	BAJA
Las Puentes	0.141666667	0.0625	0.125	0.329166667	BAJA
El Suspiro	0.116666667	0.0625	0.125	0.304166667	BAJA
Amoxco	0.179166667	0.0625	0.125	0.366666667	BAJA
El Balcón		0.0625	0.125		
Chicaco	0.175	0.0625	0.125	0.3625	BAJA
El Mirador (Casetas)	0.158333333	0.0625	0.125	0.345833333	BAJA
Tlazolapa	0.129166667	0.0625	0.0625	0.254166667	BAJA
Tolapa	0.120833333	0.0625	0.125	0.308333333	BAJA
Cuatahuatla	0.141666667	0.0625	0.125	0.329166667	BAJA
Tamazolapa	0.129166667	0.0625	0.125	0.316666667	BAJA

ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL A NIVEL DE LOCALIDADES EN EL MUNICIPIO DE TLANCHINOL, HIDALGO					
LOCALIDAD	INDICADORES SOCIODEMOGRÁFICOS	CAPACIDAD DE RESPUESTA	PERCEPCIÓN LOCAL	VALOR DE VULNERABILIDAD	GRADO DE VULNERABILIDAD
Atoscalao	0.083333333	0.0625	0.0625	0.208333333	MUY BAJA
Catlapani	0.158333333	0.0625	0.125	0.345833333	BAJA
Cerro Alto	0.229166667	0.0625	0.125	0.416666667	MEDIA
Cuahuilacats	0.15	0.0625	0.125	0.3375	BAJA
Vista Hermosa	0.166666667	0.0625	0.125	0.354166667	BAJA
La Montaña	0.1625	0.0625	0.125	0.35	BAJA
Los Pemuches	0.1125	0.0625	0.125	0.3	BAJA
Cececapa	0.075	0.0625	0.125	0.2625	BAJA
Xuchiatitla	0.145833333	0.0625	0.125	0.333333333	BAJA
Barrio Independencia	0.170833333	0.0625	0.125	0.358333333	BAJA
Barrio Santa Cecilia	0.179166667	0.0625	0.125	0.366666667	BAJA
Barrio Tlacomul	0.116666667	0.0625	0.0625	0.241666667	BAJA
Moyotla	0.183333333	0.0625	0.125	0.370833333	BAJA
Xochititla	0.204166667	0.0625	0.125	0.391666667	BAJA
Tecruz	0.104166667	0.0625	0.125	0.291666667	BAJA
La Quebradora	0.1625	0.0625	0.125	0.35	BAJA

Fuente: elaboración propia

7.2. Bibliografía

- Alva, L. (1996). *Propiedades geofísicas de la Tierra*. Cuadernos del Instituto de Geofísica, Instituto de Geofísica, UNAM: Plaza y Valdés.
- Brown, R. (2004). Thunderstorms. En J. Olive, *Encyclopedia of world climatology* (págs. 719-723). Estados Unidos: Springer.
- Campbell, K. (1981). Near source attenuation of peak horizontal acceleration. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2039-2070.
- Campos, O. E. (1996). El Bosque Mesófilo de Montaña y su Importancia Forestal. *Ciencias*, 32-39.
- CENAPRED. (1993). Las inundaciones causadas por el Huracán 'Gert' sus efectos en Hidalgo, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz. *Prevención*.
- CENAPRED. (2001). *Fascículo de Heladas*. México: Secretaría de Gobierno.
- CENAPRED. (2001). *Fascículo de Heladas*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2001). *Inestabilidad de laderas, serie de fascículos*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2005). *Tsunamis (Serie Fascículos)*. México: CENAPRED.
- CENAPRED. (2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2006). *Guía básica para la elaboración de Atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. D.F., México: CENAPRED.
- CENAPRED. (2007). *Sequía. Serie de Fascículos*. D.F.: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2007). *Sequía. Serie de Fascículos*. D.F.: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2009). *Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social*. México.
- CENAPRED. (2010). *Tormentas severas*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (2010). *Tormentas severas*. México: Secretaría de Gobernación.
- CENAPRED. (01 de Enero de 2013). *Atlas Nacional de Riesgos*. Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=61&Itemid=215
- CONABIO. (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAFOR. (2007). Las políticas públicas para instrumentar programas de pago por servicios ambientales: logros y avances. *Servicios Ambientales y Pro Árbol*. D.F.
- CONAFOR. (2012). *Resultados de la convocatoria del Programa ProÁrbol 2012*. Resultados, Comisión Nacional Forestal, Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque, D.F.
- CONAFOR. (2013). *Resultados de la convocatoria del Programa Nacional Forestal 2013*. Comisión Nacional Forestal, Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque, D.F.
- CONAGUA. (2010). *Manual Teórico-Práctico del Observador Meteorológico de Superficie*. México, D.F.: SEMARNAT.
- CONAGUA. (2011). *Reporte del Clima en México*. México, D.F.: Servicio Meteorológico Nacional.
- CONAGUA. (07 de OCTUBRE de 2013). *GLOSARIO METEOROLÓGICO*. Obtenido de CONAGUA: <http://smn.cna.gob.mx/glosario/glos-t.html>
- CONAPO. (2010). *Población total, indicadores socioeconómicos, índice y grado de marginación y lugar que ocupa en los contextos nacional y estatal por localidad*.
- CONAPO. (15 de 02 de 2013). *Índice de Marginación por Entidad Federativa y Municipio 2010*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio
- CONAPO. (2014). *Índice de marginación 2014*. DF: Secretaría de Gobernación.

- Conde Álvarez, C. &. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos , vulnerabilidad y adaptación. *Revista Ambiente y Desarrollo*.
- CONEVAL. (1 de Marzo de 2013). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*. Obtenido de http://www.coneval.gob.mx/rw/resource/Estados_y_Municipios.xls.zip
- Cotler, H. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- FAO. (2007). *Base referencial mundial del recurso suelo*.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Prentice Hall.
- Hernández, M., Torres, M., & Valdez, G. (2000). Sequía Meteorológica. En C. (. Gay, *México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. (págs. 28-37). D.F.: Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program.
- INE. (2013). *Sistema de Consulta de las Cuencas Hidrográficas de México*. Obtenido de Instituto de Ecología: <http://cuencas.ine.gob.mx/cuenca>
- INECC. (20 de Enero de 2012). *Sistema de consulta de las cuencas hidrográficas de México*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <http://cuencas.ine.gob.mx/cuenca/>
- INECC. (Septiembre de 2014). Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx/cuencas-conceptos>
- INEGI. (1998). *Perfiles de suelos, un recorrido por los suelos de Mexico*. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía y e Informática.
- INEGI. (2004). Unidades y subunidades de suelo capitulo. En *Guía para la elaboración de cartografía y edafología* (págs. 11-24). México: INEGI.
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda* .
- INEGI. (2010). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. D.F.: INEGI.
- INEGI. (2013). *Climatología*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/clima/>
- INEGI. (05 de Marzo de 2013). *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática*. Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=30>
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007*. Roma: Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO.
- Jimenez, M., Matías, L., García, F., Vázquez, M., & Mendoza, D. R. (2006). *Análisis del peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas*. D.F.: CENAPRED.
- Latina, R. d. (2001). Desastres y desarrollo en México. *Desastres y sociedad*, 1-12.
- Lugo-Hubp. (1990). *El relieve de la República Mexicana*. México: UNAM.
- Lugo-Hubp, J. (2011). *Diccionario geomorfológico*. México: UNAM, Instituto de Geografía.
- Luna Vega, I., Ocegueda Cruz, S., Ayala, A., & O. (1994). Florística y notas biogeográficas del bosque mesofilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. 31-62.
- Macias, J., & Capra, L. (2005). *Los volcanes y sus amenazas: La ciancia para todos* (Vol. 210). Distrito Federal, México: Fondo de Cultura Económica.
- Madrid, L. (2014). Los pagos por servicios ambientales hidrológicos: más allá de la conservación pasiva de los bosques. *Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C*.
- Magaña, V. P. (2004). El Niño y el Clima. En M. R. Víctor, *Los impactos del niño en México* (págs. 23-68). México: UNAM - Secretaría de Gobernación.
- Magaña, V., & Graizbord, B. (2006). Escenarios de cambio climático para México. En V. Magaña, *Escenarios de cambio climático y tendencias* (págs. 572-673). México: INECC.
- Méndez González, J. N. (2007). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Boletín del Instituto de Geografía. UNAM*.
- Milenio. (1 de Agosto de 2007). *Noticias del agua*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de <http://noticiasdelagua.blogspot.mx/2007/08/1318-vbora-de-agua-arras-con-25-rboles.html>

- Naciones Unidas. (2005). *Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres*. Hyogo, Japón: Naciones Unidas.
- Nations, U. (1998). *Understanding urban seismic risk around the world: "Radius Project"*. Switzerland: United Nations Publication.
- Oliver, J. (2005). *Encyclopedia of world climatology*. Estados Unidos: Springer.
- Oliver, J. E. (2004). *ENCICLOPEDIA of WORLD CLIMATOLOGY*. Indiana: Springer.
- Pereyra-Díaz, D. B. (2004). *Influencia de la Niña y el Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México*. México: Universidad y Ciencia.
- Priego, A., & Bocco, G. (2008). *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes. Fundamentos y métodos*. México: SEMARNAT, UNAM, INE.
- R. O. G. (2007). *Climatología del viento y oleaje frente a las costas de Costa Rica*. Costa Rica: Ciencia y Tecnología: Investigación.
- Renza, D., Martínez, E., Arquero, Á., & Sánchez, J. (2010). Drought Estimation Maps by means of Multidate Landsat Fused Images. *Remote Sensing for Science, Education and Natural and Culture Heritage*, 775-782.
- Rodríguez, R. M., Benito, Á., & Portela, A. (2004). *Meteorología y Climatología*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Ruiz, A., Tejeda, A., Miranda, S., & Flores, R. (2010). Climatología. En E. Florescano, & J. Ortiz, *Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz* (págs. 65-84). Xalapa: Comisión del estado de Veracruz para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana.
- Salas de Leon, D. M. (1992). Periodos característicos en las oscilaciones de parámetros meteorológicos en Cayo Arcas. *Atmósfera UNAM*.
- Salinas, M. (2012). La sierra madre oriental: conocimiento, manejo y conservación de su biodiversidad. *Seminarios de posgrado*, 84-94.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *NOM-011-CNA-2000*. México: Diario Oficial de la Federación.
- SEDATU. (2014). *Bases para la estandarización en la elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de datos geográficos para representar el Riesgo*. México: SEDATU.
- SEMARNAT. (2012). Capítulo 3. Suelos. En *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SEMARNAT. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*. México: SEMARNAT.
- SEV. (28 de Enero de 2013). *Secretaría de Educación de Veracruz*. Obtenido de Anuario Estadístico: <http://www.sev.gob.mx/servicios/anuario/2013/buscar.php?mm=23>
- SIATL. (2010). *Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas*. Recuperado el 22 de Enero de 2015, de http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/
- SIATL. (2010). *Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2014, de INEGI: http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#
- Stuart Coles, A. D. (2008). *Statistical Modelling of Extreme Values*.
- Sun, C., & Chung, C. (2008). Assessment of site effects of a shallow and wide basin using geotechnical information-based spatial characterization. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 28, 1028-1044.
- Tomás, R., Márquez, Y., López-Sánchez, J., Delgado, J., Blanco, P., Mallorqui, J. J., . . . Mulas, J. (2006). Monitorización de la subsidencia del terreno en la Vega Media del río Segura mediante interferometría SAR diferencial (DInSAR). *Geogaceta*, 107-110.
- UNAM. (2007). *Mapa de tormentas eléctricas y precipitación máxima, Nuevo Atlas de Riesgos*. DF: UNAM- Instituto de geología.
- UNAM. (2011). *ATLAS CLIMÁTICO DIGITAL DE MÉXICO*. Obtenido de ATLAS CLIMÁTICO DIGITAL DE MÉXICO: <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/>

- Universal, E. (20 de Octubre de 2008). *El Universal*. Obtenido de <http://www.eluniversal.com.mx/notas/548607.html>
- Vázquez, J. (2012). Información meteorológica y climática para el manejo de riesgos asociados con Sequías. Servicio Meteorológico Nacional. (págs. 3-7). DF: INEGI.
- Vázquez, N. (2001). Cálculo de la subsidencia unidimensional debida a los descensos del nivel piezométrico. Aplicación al casco urbano de Murcia y a los efectos sobre sus edificios. *Tesis Doctoral*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Wald, D., & Allen, T. (2007). Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(5), 1379-1395.
- Whilite, D. (2005). Drought. En J. Oliver, *Enciclopedia of world climatology* (págs. 338-340). USA: Springer.
- Williams, G., Manson, R., & Isunza, E. (Primavera de 2002). La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y bosques*, 8(1), 73-89.
- Wixon, L. (2004). Hail. En J. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (págs. 399-402). Londres: Springer.
- Yong, A., Hough, S., Abrams, & Wills, C. (1998). Preliminary results for a semi-automated quantification of site effects using geomorphometry and ASTER satellite data for Mozambique, Pakistan and Turkey. *Journal of Earth System Science*, 117(S2), 797-808.

7.3. Glosario de Términos

Afluente: corresponde a un curso de agua que desemboca en otro río más importante.

Altimetría: parte de la Topografía que se encarga de estudiar los métodos e instrumentos necesarios para determinar la situación de puntos del terreno sobre la vertical y con respecto a una superficie de comparación.

Antropogénico: de origen humano o derivado de la actividad del hombre.

Biodiversidad: variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente.

Brisa Marina: este tipo de circulación consta de dos flujos contrarios uno en la superficie y uno en la altura, ambos generados por la diferencia de presión atmosférica entre la tierra y el mar generado por la energía recibida del sol.

Ciclón tropical: un ciclón tropical es un fenómeno meteorológico que se caracteriza por vientos fuertes, marejadas y tormentas acompañadas de fuertes lluvias. Es un sistema de bajas presiones que se origina sobre aguas oceánicas templadas, generalmente entre las latitudes 30° N y 30°S.

Conglomerado polimíctico: compuesto por fragmentos de rocas y minerales diversos.

Costas de emersión: se forman por elevación de la costa con respecto al nivel del mar.

Cuenca exorreica: cuenca cuya corriente principal descarga al mar.

Cuenca hidrográfica: espacio geográfico que contiene los escurrimientos de agua y que los conduce a un punto de acumulación terminal.

Deslizamiento: movimiento de una masa de roca, detritos o tierra pendiente abajo, bajo la acción de la gravedad.

Depósito: conjunto de materiales sólidos acumulados. De acuerdo las características del tipo de deposición se les puede llamar depósitos aluviales, glaciares, coluviales, fluviales, etc.

Depósitos aluviales: son materiales transportados y depositados por el agua. Su tamaño varía desde la arcilla hasta las gravas gruesas, cantos y bloques. Las facies más gruesas presentan bordes redondeados.

Depocentro: área o lugar de una cuenca sedimentaria en la que una unidad estratigráfica concreta alcanza el máximo espesor.

Derrubios: acumulación de fragmentos de roca desplazados de su localización inicial debido a la gravedad, corrientes de agua, viento, etc.

Detritos: término colectivo para rocas y materiales minerales fragmentarios sueltos, tales como arenas, limos y arcillas, derivadas de rocas anteriores por medios mecánicos, principalmente abrasión y desintegración.

Diorita: roca ígnea intrusiva de composición química intermedia, formada por cristales de plagioclasa, hornblenda, biotita y piroxeno. Su equivalente volcánico es la andesita.

Dunas: resultan de la acumulación de material previamente erosionado por acción del viento.

Edafización: procesos de intemperismo y erosión mediante los cuales las rocas o sedimentos se convierten en suelo.

Edafología: ciencia que estudia la composición y la naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.

Energía térmica: es la energía liberada en forma de calor por un medio físico.

El Niño-Oscilación del sur: comportamiento inusual del clima e incluso una disminución infinitesimal en la rotación de la tierra, asociado a desastres alrededor del mundo.

Epicentro: es el punto de la superficie terrestre, directamente arriba del hipocentro, donde se origina un temblor.

Erosión: es la degradación y el transporte de material o sustrato del suelo, por medio de un agente dinámico, como son el agua, el viento y el hielo.

Escala de Richter: esta escala logarítmica asigna un número para cuantificar la magnitud de un terremoto. Mide los terremotos en términos de la energía liberada y la intensidad crece de forma exponencial de un número al siguiente. Está numerada del 1 al 9 y la potencia aumenta conforme la numeración.

Escala de Saffir Simpson: es una escala que clasifica los ciclones tropicales, en una escala de cinco niveles, basada en la velocidad del viento y la presión atmosférica.

Escarpes de falla: pendiente o acantilado desarrollado directamente por el movimiento de un bloque a lo largo de la falla, y representa la superficie expuesta de la falla antes de ser modificada por la erosión y el intemperismo.

Esquisto: roca metamórfica derivada, generalmente, de la transformación de arcillas y en menor medida, de rocas ígneas de grano fino. Puede estar formado por minerales de mica, clorita, anfíbol y grafito intercalados con cuarzo y feldespato, alargados y aplanados hasta obtener una foliación escamosa, de manera que el esquisto puede separarse en láminas.

Fallas: una falla geológica es una fractura en la corteza de la tierra que separa dos masas de roca y donde una de las masas se ha desplazado con respecto a la otra.

Falla lateral: desplazamiento lateral entre dos masas de la corteza, debido principalmente a esfuerzos tectónicos horizontales y en menor medida verticales, sin que las dos porciones desplazadas en cuestión se encimen o interpongan. Un ejemplo de este tipo de falla es la "Falla de San Andrés" en California, EUA.

Falla normal: desplazamiento vertical o de caída de una masa con respecto a otra, en un ángulo de inclinación o buzamiento dado, ocasionado por esfuerzos extensionales que debilitan la corteza y que son perpendiculares al plano de falla.

Fluvial: se utiliza para referirse a los procesos asociados a los ríos y arroyos, y a los depósitos y relieves creados por ellos.

Fracturas: rompimiento generado por intenso plegamiento a fallamiento.

Fisiografía: ciencia que estudia las modificaciones y evolución de los relieves terrestres.

Flujos de detritos: se componen de una mezcla de materiales clásticos, incluyendo grandes piedras, troncos, etc,

Fractura: rotura o abertura producida por esfuerzos.

Fragmentos volcanosedimentarios: relativo a los materiales de origen volcánico cuyo medio de transporte y sedimentación presenta gran similitud con los depósitos de origen detrítico.

Frente polar: Masa de aire frío que se caracteriza por tener ascenso de aire y provocar lluvias con temperatura bajas.

Geoforma: se refiere a cualquier componente o rasgo físico de la superficie terrestre que ha sido formado por procesos naturales y que tiene una forma o cuerpo diferente.

Gneis: roca metamórfica producida por la transformación de una roca ígnea (ortogneis) o una roca sedimentaria (paragneis), debido a cambios en la presión y la temperatura originados en la corteza. Está compuesta por minerales de cuarzo, feldespato y mica orientados en bandas, que se alternan entre minerales claros y oscuros.

Gradiente: Intensidad de aumento o disminución de una magnitud variable, y curva que lo representa.

Granodiorita: roca ígnea intrusiva de composición intermedia-ácida, similar al granito pero con cristales de menor tamaño. Se encuentra principalmente formada por minerales de cuarzo, feldespato, plagioclasa, ortosa en menos cantidad que el granito, y minerales secundarios de biotita, hornblenda y piroxeno.

Granulometría: es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Hidrología: ciencia que estudia la distribución, cuantificación y utilización de los recursos hídricos que están disponibles en el planeta.

Hipocentro: zona profunda de la corteza terrestre donde se inicia un sismo.

Holoceno: última y actual época geológica del período Cuaternario. Periodo interglaciar que abarca desde finales del Pleistoceno hasta la actualidad (aproximadamente últimos 11,000 años).

Interpolación: se denomina interpolación a la obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos. Consiste en hallar un dato dentro de un intervalo en el que conocemos los valores en los extremos.

Isobaras: líneas con igual presión barométrica.

Isolínea: curva que conecta los puntos en que la función tiene un mismo valor constante.

Isotacas: líneas que unen puntos donde el viento sopla con la misma intensidad.

Isoterma: líneas de igual temperatura en el aire.

Isoyeta: es una línea trazada sobre un plano cartográfico con la que se unen puntos donde se registra igual cantidad de precipitación.

Loma: pequeña elevación del terreno, de altura relativa de algunos metros a 300 m, con una configuración suave de sus laderas y base ancha.

Mioceno: primera época del período Neógeno. Comenzó hace 23,03 millones de años y terminó hace 5.32 millones.

Niebla: es la presencia de nubes que se encuentran en la superficie de la tierra o muy cerca de ésta.

Nubes convectivas: también llamadas cumulonimbos, nubes de tipo cumulo, las cuales son formadas por fuertes corrientes ascendentes.

Oligoceno: época final del Paleógeno y comprende entre los 33.9 a 23 millones de años.

Placa Norteamericana: placa tectónica que cubre América del Norte, los archipiélagos de Cuba y las Bahamas en el mar Caribe, la parte occidental del océano Atlántico Norte, una parte del océano Glacial Ártico y el territorio siberiano al este de la cordillera Verjoyansk.

Perenne: que dura indefinidamente o se mantiene completo o con vida durante un periodo de tiempo largo.

Permeabilidad: capacidad de un cuerpo de permitir el flujo de un fluido a través de él.

Periodos de retorno: también llamado de recurrencia, intenta explicar, en términos de un determinado período habitualmente expresado en años, una idea de hasta qué punto un suceso puede considerarse raro.

Planicie: espacio o accidente geográfico con poca o ninguna variación en la altura de la superficie o terreno con respecto al nivel del mar

Pleistoceno: época geológica que comienza hace aproximadamente 2.5 millones de años y estuvo caracterizado por la presencia de diversas glaciaciones.

Procesos endógenos: se originan en el interior de la Tierra debido a las altas temperaturas y presiones que ahí se generan.

Procesos exógenos: la Tierra está sometida a una serie de procesos que tienden a allanar relieves, a destruir rocas creando cosas nuevas, etc. Los ríos, las aguas subterráneas, los glaciares, el viento y los movimientos de masas de agua son agentes geomorfológicos primarios. Puesto que se originan en el exterior de la corteza, estos procesos se llaman exógenos.

Procesos sedimentarios: básicamente, corresponden a erosión (mecánica, química y biológica) en áreas fuente continentales; transporte por corrientes de agua (ríos), hielo (glaciares), o atmósfera (viento), depósito en cuencas deprimidas (lagos, deltas, estuarios, plataformas marinas relativamente someras, fosas y cuencas abisales), y compactación y diagénesis durante la formación en estas cuencas de pilas sedimentarias estratificadas que pueden llegar a tener miles de metros de espesor.

Rocas detríticas: todas las rocas detríticas presentan textura clástica, esto es, formadas por clastos embutidos en una matriz de grano más fino, y pueden estar cementadas o no por material ortoquímico y/o diagenético (formado con posterioridad al depósito del sedimento). El cemento suele estar formado por material carbonatado, silíceo o ferruginoso como casos más generales.

Rocas ígneas intrusivas: rocas formadas por el enfriamiento y solidificación de magma al interior de la corteza. También se conocen como rocas plutónicas y se encuentran formadas por cristales grandes, en el orden de los centímetros, en comparación con las rocas volcánicas, en el orden de las micras y milímetros.

Rocas metamórficas: rocas formadas por la transformación de rocas ígneas o rocas sedimentarias, cuando han sido sometidas a altas presiones (aprox. 1.5 Kbar), a altas temperaturas (mínimo 150-200°C), o han sido afectadas por fluidos que alteran la composición inicial (metaformismo hidrotermal).

Sensación térmica: es la sensación aparente que las personas tienen en función de los parámetros que determinan el ambiente en el que se mueven (p. ej., temperatura, velocidad del aire)

Sismo: movimiento vibratorio que se origina en el interior de la Tierra y se propaga por ella en todas direcciones en forma de ondas

Sistemas de baja presión: sistema de isobaras (curvas de igual presión) cerradas concéntricas en el cual la presión mínima se localiza en el centro. La circulación es en sentido contrario a las manecillas del reloj. Este fenómeno provoca convergencia y convección por lo que se asocia a la presencia de gran nubosidad y chubascos.

Subducción: la subducción de placas es un proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente. La causa de la subducción es la diferencia de densidad entre la litósfera oceánica, de mayor densidad, la que subduce y se introduce por debajo de la continental, menos densa.

Tonalita: roca ígnea intrusiva de composición silícica, formada por cristales de cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita.

Topografía: ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie terrestre, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos pueden ser: dos distancias y una elevación o una distancia, una dirección y una elevación.

Orogénesis: sistema montañoso edificado sobre una porción inestable de la corteza terrestre que ha sufrido un importante acortamiento y presenta pliegues y mantos de corrimiento.

Orografía: parte de la geografía física que describe y clasifica las formas de la superficie terrestre y las sistematiza según los rasgos extremos, con independencia de su origen.

7.4. Anexo Fotográfico

Fotografía 1. Medición del tirante de inundación localidad de Peyula, Tlanchinol Hidalgo.



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

Fotografía 2. Muro de contención de la localidad Jalpa. Se observa la abertura de influencia hídrica.



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

Fotografía 3. Recopilación de información hidrometeorológica en campo. Localidad Jalpa



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

Fotografía 4. Esguerrimiento hídrico proveniente de uno de los múltiples manantiales en la localidad de Cuatahuatla.



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

Fotografía 5. Parte del personal de protección civil trabajando en coordinación con el equipo de hidrometeorología en el seguimiento de un escurrimiento hídrico de tipo intermitente. Localidad de Ixtlapala.



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

Fotografía 6. Vivienda afectada por la acumulación hídrica en la localidad de Ixtlapala



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

Fotografía 7. Afectaciones de la mina Chipoco en la obtención de manganeso.



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

Fotografía 8. Emisiones a la atmósfera de la mina Chipoco.



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

Fotografía 9. Deslizamiento activo de suelo y roca por inestabilidad provocada por la apertura de camino y el peso sobre el estrato en la carretera Hueyapa - Cuatlimax.



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

Fotografía 10. Vuelco de una masa de suelo desencadenado por la apertura de un camino e introducción de drenaje en la localidad de Temango.



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

Fotografía 11. Deposito de un flujo consistente en clastos redondeados de roca caliza y detritos camino a Tenexco.



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

Fotografía 12. Deslizamiento de suelo sobre el margen de un escurrimiento provocado por el socavamiento de la corriente y la deforestación en el estrato superficial. Localidad Tlanchinol.



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

Fotografía 13. Roca de origen volcánico de composición andesítica en una matriz de suelo limoarcilloso, evento ocurrido por un deslizamiento en la localidad de Tecontla.



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

Fotografía 14. Medición de una cárcava desencadenada por la resurgencia de un escurrimiento efímero en la localidad de Citlala.



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

Fotografía 15. Deslizamiento de suelo ocurrido en septiembre de 2013 en la localidad de Cuatlimax.



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

Fotografía 16. Casa desplazada por el deslizamiento de suelo en el 2013. Localidad de Cuatlimax.



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

Fotografía 17. Casas en zonas inestables dentro de la cabecera municipal Tlanchinol.



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

Fotografía 18. Muro de gaviones construido en la carretera estatal 105 Huejutla - Pachuca, para la retención de un deslizamiento antiguo.



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

Fotografía 19. Deslizamiento de roca de 189 metros de ancho se observan dos lavas de composición andesítica camino a San Cristóbal.



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

Fotografía 20. Toma de muestra de un deslizamiento de suelo y roca de composición basáltica 55.93 metros de ancho. Camino San Cristóbal - Totonicapa.



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

Fotografía 21. Levantamiento de encuestas a la población sobre la percepción de los peligros en su comunidad. Localidad Cuatahuatla.



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