



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Ingenieros geólogos como actores clave en la Gestión
y elaboración del Atlas Municipal de Riesgos
Naturales del municipio de Ecatepec de Morelos,
Estado de México.**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Geólogo

P R E S E N T A

Gilberto Ernesto Suárez Pacheco

ASESORA DE INFORME

Mtra. Wendy Vanesa Morales Barrera



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

AGRADECIMIENTOS

A mis padres que jamás han dejado de creer en mi, que me han inculcado amor, respeto, tolerancia y comprensión ante todos los desafíos que nos presenta la vida, por guiarme en el camino del bien y del buen actuar, por estar ahí sin necesidad de tener un reconocimiento, por cuidarme, por amarme y sobre todo por ser un ejemplo de superación y de respeto.

A mi hermano que a pesar de ser totalmente distintos siempre estamos juntos, que siempre nos apoyaremos y nos guiaremos conforme a lo que nuestros padres nos inculcaron.

A Selva por estar ahí por todo este tiempo y apoyarme incondicionalmente ante todas las cosas que hemos pasado, por ser parte de esta familia y por darle todo para que nos superemos día a día, a mis chaparros que son mis motores para seguir adelante, que me han enseñado que unas personitas son capaces de cambiarte el mundo.

A todos mis amigos que siempre están ahí para escucharme y tener unas palabras o bromas que me alegran el día y que a pesar de que no nos veamos con tanta frecuencia siempre están ahí para reírnos y recordar anécdotas pasadas y nuevas.

A Alfredo por darme la oportunidad de crecer a su lado en algunos proyectos, por compartir sus conocimientos e inquietudes, por compartir su amistad y sobre todo por ser parte fundamental para el desarrollo de este trabajo.

A IIDEAR por darme la oportunidad de presentar este trabajo y de crecer profesionalmente en sus filas.

Gracias a mis sinodales Mtra. Wendy Vanesa Morales Barrera, Dr. Moises Davila Serrano, Dr. Sergio Raul Rodríguez Elizarraras, M. C. Sergio Salinas Sanchez y Al Ing. Javier Mancera Alejandrez por apoyarme y aportar un granito de arena para mejorar este trabajo.

Gracias a la Facultad de Ingeniería por ser parte de mi formación académica y por brindarme las mejores condiciones para desarrollarme dentro de sus aulas.

Gracias a la UNAM por permitirme ser parte de su alumnado y las oportunidades dadas a tantos estudiantes, tratarse ser un referente de sus principios.

CONTENIDO

1	Introducción.....	1
1.1	Etapa de Aprendizaje	2
1.2	Etapa de Consolidación	4
2	Antecedentes	5
3	Metodología.....	9
4	Aplicación de metodologías para la identificación Inestabilidad de laderas.....	13
4.1	Factores de Susceptibilidad.....	13
4.1.1	Energía del relieve.....	13
4.1.2	Índice de topográfico de humedad (ITH)	14
4.1.3	Densidad de lineamentos	15
4.1.4	Análisis de Pendientes.	16
4.1.5	Densidad de Disección	17
4.1.6	Litología.....	18
4.1.7	Uso de Suelo y Vegetación.....	19
4.1.8	Edafología	20
4.2	Susceptibilidad por Flujos.....	23
4.3	Susceptibilidad de Caídos y Derrumbes	27
5	Resultados y Conclusiones	31
5.1	Peligro	31
5.1.1	Peligro por Deslizamiento de laderas.....	31
5.1.2	Peligro por Flujos	41
5.1.3	Peligro por Caídos y derrumbes.....	47
5.2	Riesgo	53
5.2.1	Ejemplos de Riesgo por Deslizamiento de Laderas.....	54
5.2.2	Ejemplo de Riesgo por Flujos	59
5.2.3	Ejemplos de Riesgo por Caídas o Derrumbes.....	61
6	Bibliografía	69

1 INTRODUCCIÓN

La experiencia laboral es considerada como un conjunto de aptitudes y conocimientos adquiridos durante un periodo de tiempo, en donde, es posible reforzar y consolidar las bases de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, es importante que el desarrollo sea integral y complementario para fomentar el crecimiento intelectual y profesional.

Dentro de este proceso de adquisición de experiencia se han tomado como referencia los años y proyectos relevantes en los que he participado, a continuación, se resumen en la figura 1.

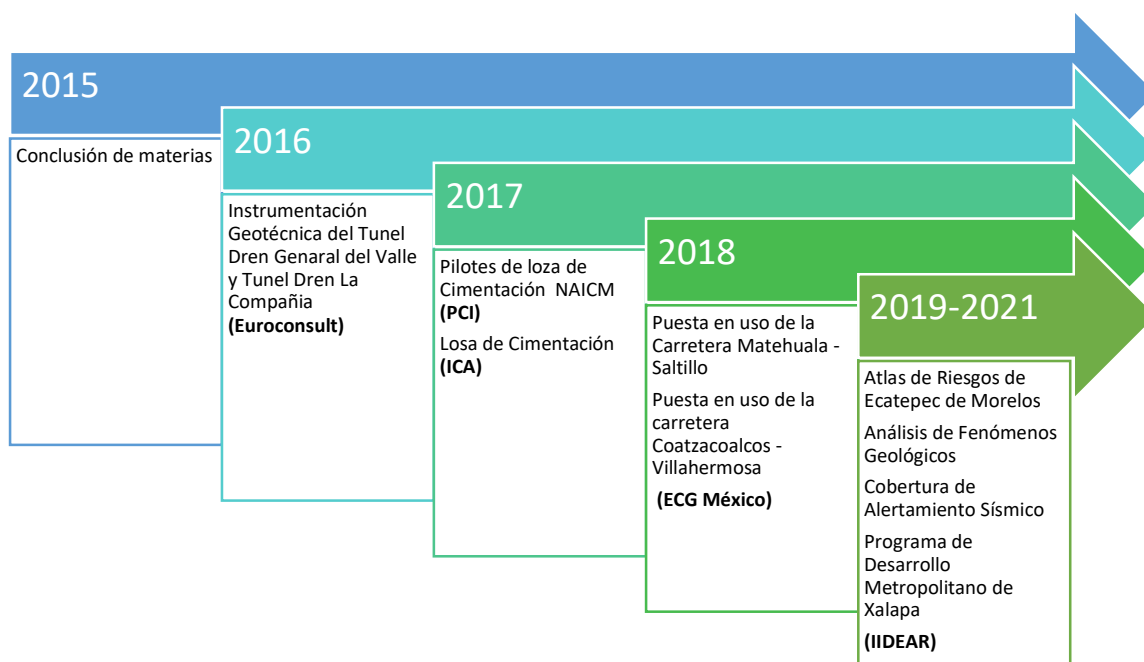


Figura 1 Cronograma de participaciones relevantes en Proyectos.

1.1 ETAPA DE APRENDIZAJE

En el año 2016 participé dentro del proyecto: **“Instrumentación Geotécnica del Túnel Dren General del Valle y Río de La Compañía”** en donde adquirí experiencia como supervisor de la instalación de más de 70 instrumentos de medición, dentro de los que destacan piezómetros de cuerda vibrante, piezoceldas, piezómetros de casagrande y pozos de observación.

Por las condiciones del proyecto, las instalaciones se ejecutaron a diferentes profundidades por lo que una de las principales actividades que realicé fueron las siguientes:

- elaboración e interpretación de columnas estratigráficas, control y planificación de perforaciones en campo,
- calibración e instalación de instrumentos,
- automatización de toma de datos con *Datalogger*,
- elaboración de fichas de instalación,
- conformación de carpetas de entrega de proyecto.

En **2017**, participé en el proyecto a cargo del Gobierno Federal, Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM), que se ubica a las afueras de la Ciudad de México en la carretera Peñón-Texcoco.

En este proyecto formé parte del equipo de dibujantes para la ***“Supervisión del hincado de pilotes de cimentación del Edificio Terminal y de Torre de Control”***, en donde mis actividades correspondían a:

- Actualización de planos de control
- Elaboración de bitácora diaria de obra
- Llenado de reportes diarios de avance
- Conformación del Libro Blanco
- Control Documental

Posteriormente en el mismo año, formé parte del equipo de instrumentación de “Losa de Cimentación del Edificio Terminal del NAICM” y mis actividades consistían en la supervisión de la instalación de equipos geotécnicos (piezómetros de Cuerda Vibrante, piezómetros Abiertos, Inclínómetros, extensómetros, bancos de nivel) y su automatización, así como el monitoreo de los equipos después de los colados de losas.

En **2018** formé parte del equipo de consultores que participó en la ***“APP REHABILITACIÓN Matehuala Saltillo carretera 57 del Km 0+0 al 200+00”***, dentro de mi especialidad se realizó la auscultación en Taludes y Terraplenes para verificar las condiciones en las que se encontraban. Como actividades llevé a cabo la planeación y estimación de campaña de campo, obtención de información, generación de perfiles topográficos, planos generales de Cortes y Terraplenes, determinación de estado del talud por medio de la metodología del Instituto Mexicano del Transporte, uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), determinación de volúmenes de rectificación en Taludes y apoyo a la especialidad de señalización Horizontal y Vertical del proyecto.

Dentro de los apoyos de otras áreas y especialidades del grupo consultor, apoyé en el proyecto “**APP COATZACOALCOS - VILLAHERMOSA**” en donde realicé el análisis de perfiles topográficos y revisión de las alturas de terraplenes para la identificación de zonas de protección o de colocación de barreras y determinar su tipo a utilizar.

1.2 ETAPA DE CONSOLIDACIÓN

Para el año del 2019 me uní al Instituto de Investigaciones y de Estudios sobre Alertas y Riesgos, Asociación Civil (IIDEAR A.C.) en donde me desempeñé como Analista de Riesgos Geológicos. Mi aporte fue en diferentes posiciones, desde administrativos hasta consultor, esto por la experiencia obtenida previamente, mis actividades estuvieron envueltas en diferentes proyectos a Nivel Municipal y Federal.

Los proyectos con mayor relevancia en los que participé fueron el **Atlas Municipal de Riesgos de Ecatepec, Visualizador de Riesgos de Ecatepec de Morelos y el Programa de Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Xalapa**. En ellos cumplí el reforzamiento e incremento de capacidades técnicas - operativas ejecutadas en diferentes actividades como: análisis de marcos normativos, programación y análisis de presupuestos en proyectos, calendarización de proyectos, análisis y aplicación de términos de referencia, aplicación de metodologías sobre análisis de riesgos, participación en licitaciones, capacitación a comunidades, gestión de recursos, uso y especialización en SIG, entre otras.

Para la elaboración del presente informe se toma como referencia la experiencia profesional de la participación en la conformación del proyecto del Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Ecatepec, en donde gestioné y elaboré parte del proyecto, también incluyo la participación en el desarrollo en el Marco Legal, los generales del documento y el apartado de Deslizamiento de Laderas.

2 ANTECEDENTES

Parte de mi participación en la elaboración del “**Atlas Municipal de Riesgos Naturales del Municipio de Ecatepec de Morelos**”, fue la de realizar actividades complementarias a la formación de Ingeniería Geológica. Un aspecto importante fue el desarrollo del Marco Jurídico en donde se encuentran los alcances, deberes, obligaciones y la forma que hay que cumplir con la parte normativa.

De acuerdo con la **Ley General de Protección Civil (LGPC)** la **Gestión Integral de Riesgos (GIR)** es: *“El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción”*. (México G. d., 2021).

Por lo anterior, para la **GIR** se han considerado fases específicas distribuidas en cuatro etapas:

- 1.- **Prospectiva:** En la cual se evita la generación de condiciones de riesgos futuros. Aquí se realizan las acciones y obras destinadas a prevenir o mitigar los posibles riesgos.
- 2.- **Correctiva:** Reduce las condiciones de vulnerabilidad con el fin de disminuir el riesgo. Son el conjunto de acciones dirigidas a la identificación y gestión de los riesgos ya existentes, internos y externos, naturales o antropogénicos, que podrían afectar o dañar a la población que habita o transita zonas específicas.
- 3.- **Reactiva:** Establece las directrices para la respuesta ante situaciones de emergencia o desastre con el fin de responder a la emergencia y así generar una resiliencia en la población. Son el conjunto de acciones específicas utilizadas para reaccionar ante el impacto de algún fenómeno perturbador de origen natural o antropogénico, se pueden considerar distintas acciones de acuerdo con tipo de fenómeno manifestado en el territorio.
- 4.- **Prospectiva/Correctiva:** Restaura y mejora las condiciones del entorno donde se presentó algún fenómeno perturbador, busca dotar de mejores condiciones de seguridad y así evitar la construcción social del riesgo. Son las acciones de recuperación y en algunos casos de corrección, contempla las evaluaciones de daños y análisis de necesidades; en esta etapa se pueden establecer medidas correctivas que reduzcan o eviten la generación de riesgos futuros.

Al contemplar estas cuatro fases, la GIR se puede representar de la siguiente forma (Fig. 2):



Figura 2. Gestión Integral de Riesgos (GIR).

Fuente: Instituto de Investigaciones y de Estudios sobre Alertas y Riesgos A.C. (IIDEAR, 2019).

Como se ha mencionado, en la Fase Prospectiva se debe de tener en cuenta las herramientas que deben estar disponibles para el conocimiento del Riesgo, una de ellas es el Atlas de Riesgos, el cual tiene como definición, de acuerdo con la LGPC:

“Sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables” (Art. 2 Fracc. IV, LGPC (México G. d., 2021).

Un Atlas de Riesgos consiste en la identificación espacial del riesgo, al considerar las diferentes variables que lo componen como el peligro, la vulnerabilidad y la exposición.

Por otro lado, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) siendo la institución pública a cargo del Atlas Nacional de Riesgos (ANR) considera que los mismos son:

“Instrumentos que sirven como base de Conocimientos del territorio y de los peligros que pueden afectar a la población y a la infraestructura en el sitio” (CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2015).

El CENAPRED ha desarrollado un compendio de metodologías y guías para poder realizar estudios y análisis multidisciplinarios para la integración de los mismos, destaca el “ACUERDO POR EL QUE SE EMITE LA GUÍA DE CONTENIDO MÍNIMO PARA LA ELABORACIÓN DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de Diciembre de 2016, en donde establecen las metodologías y requerimientos de los análisis mínimos requeridos para la elaboración de los Atlas de Riesgos Nacional, Estatal y Municipal.

Esta Guía tiene por objetivo “Establecer los elementos y características mínimas que deberán contener los atlas de riesgos, a fin de posibilitar la integración de manera uniforme al ANR” (CENAPRED, ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos., 2016), considera los fenómenos naturales y antropogénicos establecidos en el Artículo 2 de la LGPC identificándolos como “Fenómenos Perturbadores” y que se enlistan a continuación (Fig. 3):

1. **Fenómenos Geológicos**
2. **Fenómenos Hidrometeorológicos**
3. **Fenómenos Químico-Tecnológicos**
4. **Fenómenos Sanitario-Ecológicos**
5. **Fenómenos Sociorganizativos**

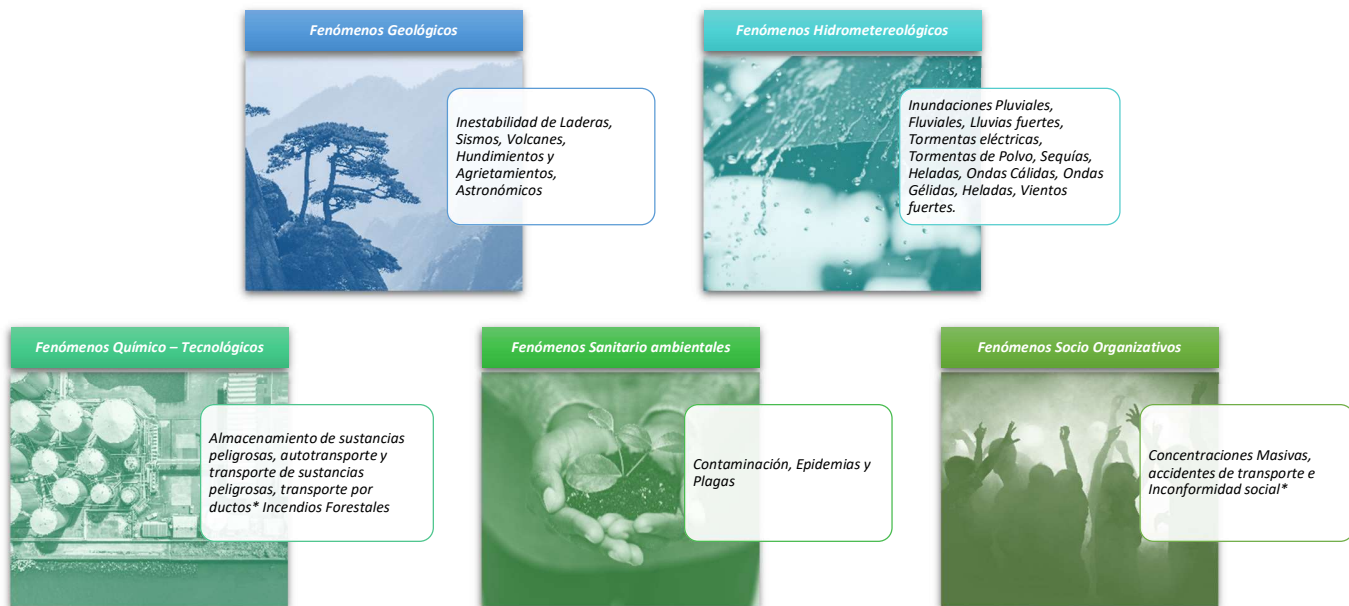


Figura 3 Ejemplos de Fenómenos perturbadores

Fuente: Instituto de Investigaciones y de Estudios sobre Alertas y Riesgos A.C. (IIDEAR, 2020)).

Los Atlas de Riesgos deben estar integrados en una plataforma tecnológica basada en **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** y que de acuerdo con el artículo 112 del reglamento de la LGPC deberá contener mapas de peligro, mapas de susceptibilidad (para los fenómenos que aplique), inventarios de bienes expuestos, inventario de vulnerabilidades, mapas de riesgo y escenarios de riesgos.

Se debe de recordar que estas bases de datos deben ser alimentadas y son complementarias, el Atlas de Riesgos Municipal nutre al Atlas de Riesgos Estatal y este último al Atlas Nacional de Riesgos, por lo que existe una dependencia entre los mismos, en donde se deben establecer los diferentes niveles de Peligro y Riesgo a los cuales está sujeta la población dentro de sus límites correspondientes.

Estos también son mencionados en leyes Estatales como en el Libro Sexto del Código Administrativo del Estado de México (México E. L., 2016) que es el encargado de regular las disposiciones Administrativas referentes a la GIR y PC en el estado México, en el cual menciona que la Coordinación Ejecutiva tiene dentro de atribuciones **“CAP. SEGUNDO, Art.8, fracc. XI Promover la creación, desarrollo y actualización de los atlas municipales de riesgo”**, reforzando en párrafo anterior.

Para el municipio de Ecatepec de Morelos dentro de su Reglamento de Protección Civil y Bomberos (Morelos M. d., 2006) menciona que dentro de las atribuciones de la Dirección de Protección Civil está la Identificación de los riesgos, elaboración, actualización y difusión del Atlas de Riesgos para fomentar la mejora de las condiciones de los pobladores del municipio a través del conocimiento de los riesgos presentes en el municipio.

3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del apartado de Inestabilidad de Laderas utilicé y referí la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (2016) y la guía básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos de (Fenómenos Geológicos) 2014, emitidas por el CENAPRED.

Dentro del fenómeno de inestabilidad de laderas se consideraron factores detonantes a los que se les asignaron valores cualitativos y cuantitativos para su análisis. Los cuales nos brindaron la información necesaria para poder determinar el índice de peligro y riesgo cualitativo establecido por parte del CENAPRED.

El peligro por deslizamientos se determinó cuando los diferentes factores se encuentran cerca del equilibrio límite, lo cual al momento de aumentar alguno de ellos, desencadena los eventos que pueden ocasionar daños a la población y/o infraestructura.

El análisis de susceptibilidad se refiere al proceso de cuantificación relativa de la importancia que puede tener cada uno de los factores intrínsecos o condicionantes de la posibilidad que se produzcan fenómenos de inestabilidad de laderas. Con la suma de los pesos (contribución) de cada uno de los factores se obtuvieron diferentes valores de susceptibilidad en una determinada área del territorio. Estos valores de susceptibilidad se clasificaron generalmente en categorías genéricas: susceptibilidad muy alta, alta, moderada, baja y muy baja.

La forma más frecuente de presentar este análisis es a través de la elaboración de mapas en donde se muestra la probabilidad de que una ladera pueda moverse independiente del mecanismo de remoción y por lo tanto inducir la inestabilidad de laderas. Estos mapas presentan la clasificación de la estabilidad relativa o la propensión a la inestabilidad de un área en diferentes categorías a las que se asigna una escala de color, de acuerdo con los criterios habituales para los análisis de peligros y riesgos (rojos y naranjas para las categorías de susceptibilidad alta y muy alta, amarillos y verdes para los rangos de susceptibilidad media, baja o muy baja) y muestra donde existen o no, condiciones para que pueda ocurrir inestabilidad de laderas (CENAPRED, 2014).

Para el desarrollo del trabajo existen procedimientos para la elaboración de mapas de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas; sin embargo, el realizar el trabajo a nivel local con levantamientos en sitio me permitió considerar variables que mencionan las diferentes metodologías. Lo más común es que se realice una combinación de las cartografías de los factores condicionantes (pendiente, litología, fallas, fracturas, hidrología, etc.), asignando un valor relativo a cada factor según su contribución a la inestabilidad y sumar estas contribuciones para obtener los valores finales de susceptibilidad. La utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite el tratamiento de la información y realización de numerosos análisis con diferentes combinaciones.

De acuerdo a las condiciones particulares es posible realizar un procedimiento acorde a la región, lo cual permite ajustar los parámetros y considerar variables que son relevantes en el sitio y así, realizar la cuantificación del peligro y en su caso, del riesgo.

Entre los aspectos fundamentales para la construcción de los mapas de susceptibilidad están los criterios para la ponderación de los factores condicionantes (asignación de los valores relativos), para lo cual no existe un procedimiento estándar.

De acuerdo con la metodología indicada en el Anexo proporcionado en la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, en la que se basa este Atlas Municipal, se consideraron 8 factores predominantes para determinar la susceptibilidad de los deslizamientos de laderas (Figura 1):

- Energía del relieve
- Índice Topográfico de Humedad (ITH)
- Densidad de lineamientos
- Análisis de Pendientes.
- Densidad de Disección
- Litología
- Cobertura vegetal y uso de suelo
- Edafología

Con estos factores se determinaron las zonas con mayor susceptibilidad, mismas que fueron visitadas para realizar una inspección en campo.

De acuerdo con la metodología proporcionada por el CENAPRED se realizaron los siguientes pasos para generar el mapa de susceptibilidad de laderas del municipio:

1. Obtención y preparación de las imágenes ráster obtenidas del portal del INEGI (MDE a 5m de resolución del año 2015).
2. Generación de imágenes Ráster de la Energía del relieve.
3. Generación de imágenes ráster del cálculo del Índice topográfico de humedad.
4. Generación de imágenes Ráster de la Densidad de lineamientos.
5. Generación de Ráster de análisis de pendientes.
6. Generación de imágenes Ráster de la Densidad de disección del terreno.
7. Obtención y preparación de capas de litología del Servicio Geológico Mexicano con escala 1:20,000.
8. Obtención y preparación de las capas de: Uso de suelo, Vegetación y Edafología, de las plataformas de CONABIO y CONAFOR, obtenidas por medio de los Mosaicos (Tiles) generados por la plataforma Sentinel-2, escala 1:50,000.
9. Ponderación relativa y normalización de los valores de los Ráster obtenidos por medio de algebra de mapas en un SIG (SAGA Gis y QGIS).
10. Suma algebraica de las capas en el SIG, para la generación de mapa de susceptibilidad de remoción.
11. Obtención del Mapa de Susceptibilidad relativa de remoción.
12. Obtención de capas de isoyetas de precipitación de 24 horas con periodo de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, y 100 años.

13. Reponderación y normalización de los ráster de periodos de retorno de las isoyetas elaboradas por CONAGUA y el Instituto de Ingeniería de la UNAM.
14. Obtención de los diferentes Mapas de Peligro por deslizamiento de Laderas a través del algebra de mapas por medio de un SIG.
15. Generación de mapas de peligro por deslizamiento, caída de rocas y flujos, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años utilizando las Isoyetas de Precipitación desarrolladas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.
16. Obtención de zonas de mayor inestabilidad de acuerdo con los valores relativos arrojados en el Ráster de salida.



Figura 1 Diagrama de factores desencadenantes para la Susceptibilidad de Deslizamiento de Laderas.

Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo de la identificación de los sistemas de Vulnerabilidad estuvo a cargo de un equipo especializado, el cual tomó como referencia la metodología de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica) (CENAPRED, 2014), en donde se utilizó como base el grado de marginación calculada en el 2015 por el INEGI.

4 APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA IDENTIFICACIÓN INESTABILIDAD DE LADERAS.

4.1 FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD.

4.1.1 Energía del relieve

La energía del relieve se refiere a la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena. Está representada por la diferencia altitudinal en un área determinada (SIGEMA, 2014) obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 1, la cual está representada en la Figura 2 con rampa de colores en tonos verdes de bajos a Oscuros según corresponda de Muy Bajo a Muy Alto respectivamente.

Tabla 1 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Energía del relieve

Intervalo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	0.0000856	MUY BAJO	5%	0.00%
0.0000856	0.000169	BAJO		1.25%
0.000169	0.000252	MEDIO		2.50%
0.000252	0.000335	ALTO		3.75%
0.000335	0.00041875	MUY ALTO		5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos DEM INEGI (2015).

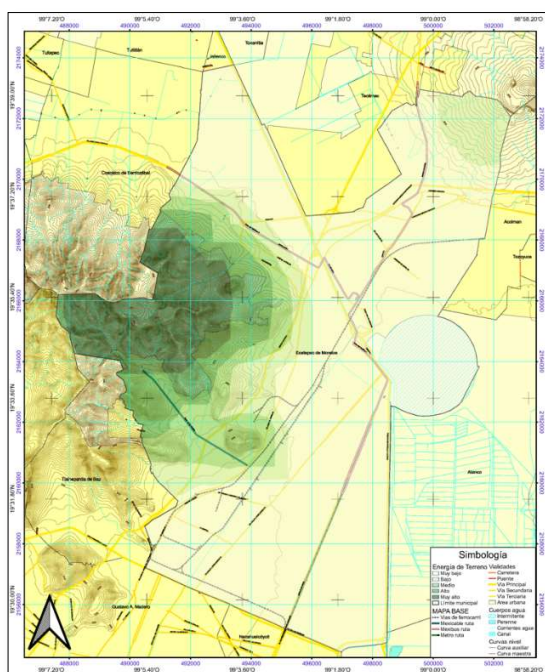


Figura 2 Energía del Relieve

Fuente: Elaboración propia con datos DEM INEGI (2015).

4.1.2 Índice de topográfico de humedad (ITH)

El Índice topográfico de humedad es el potencial de concentración o acumulación de agua (BEERS, 2018), determinado por el análisis morfológico del territorio en una determinada área. Es utilizada para determinar las zonas de mayor potencial de retención de humedad, estableciendo los rangos como se observa en la Tabla 2 y representada en la Figura 3 con la rampa de colores claros a azules oscuros y que representan los valores de Muy Bajo a Muy Alto respectivamente.

Tabla 2 Índices Cuantitativo y Cualitativo de humedad del terreno

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	4.4	MUY BAJO	0.00%
4.4	7.54	BAJO	1.25%
7.54	10.7	MEDIO	2.50%
10.7	13.8	ALTO	3.75%
13.8	16.7	MUY ALTO	5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos MDE INEGI.

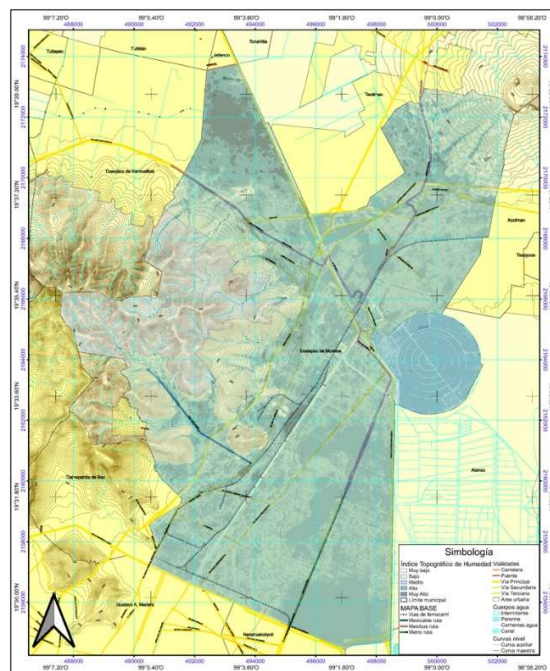


Figura 3 Índice Topográfico de Humedad (ITH).

Fuente: Elaboración propia con datos MDE INEGI (2015).

4.1.3 Densidad de lineamientos

La densidad de lineamientos del terreno está definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas (Morelos C. d., 2017) por unidad de superficie. Esto permite detectar las zonas de terreno en donde se tiene una mayor concentración de alineamientos estructurales (Tabla 3 y Figura 4).

Tabla 3 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Densidad de lineamientos

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	0.000503	MUY BAJO	0.00%
0.000503	0.00124	BAJO	1.25%
0.00124	0.00198	MEDIO	2.50%
0.00198	0.00272	ALTO	3.75%
0.00272	0.00345	MUY ALTO	5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Riesgos de Ecatepec de Morelos (2017).

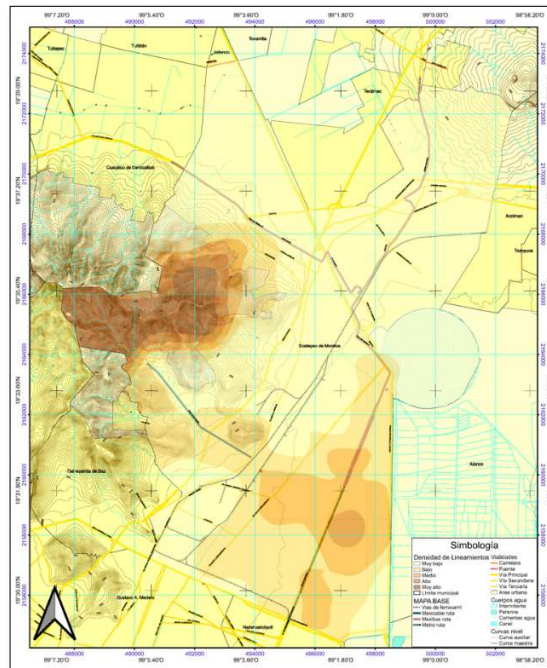


Figura 4 Densidad de Lineamientos

Fuente: Elaboración propia con datos SGM.

4.1.4 Análisis de Pendientes.

Las pendientes son un factor determinante en la generación de inestabilidad de terreno, así como la dirección, es la representación estadística del terreno. Es determinada por la variación de alturas entre píxeles dentro de una distancia estimada. Se expresa en grados y fueron determinados los valores cuantitativos y cualitativos según el ángulo en que se encuentra la pendiente (Tabla 4 y Figura 5).

Tabla 4 Índices Cuantitativos y Cualitativos del Análisis de Pendientes

índice cuantitativo	índice cualitativo	peso del factor	peso relativo
0 °	6 °	MUY BAJO	0.00%
6 °	15 °	BAJO	7.50%
15 °	30 °	MEDIO	15.00%
30 °	45 °	ALTO	22.50%
45 °	90 °	MUY ALTO	30.00%

Fuente: Elaboración propia con datos MDE INEGI (2015).

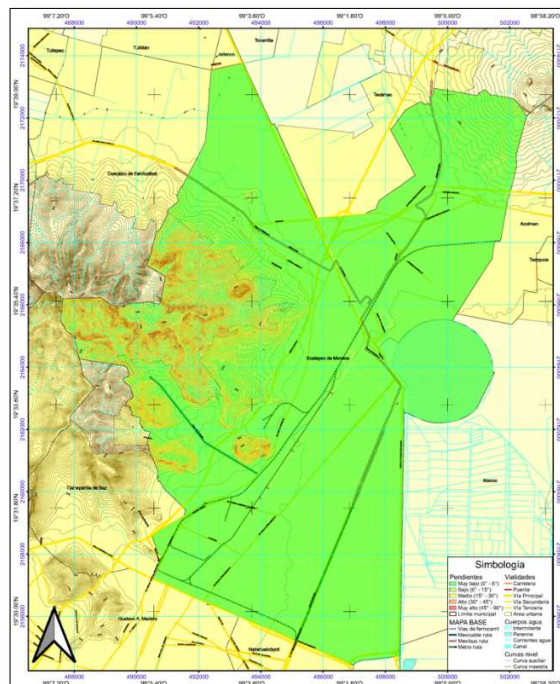


Figura 5 Pendientes

Fuente: Elaboración propia con datos MDE INEGI.

4.1.5 Densidad de Disección

Este índice está definido por el valor de la longitud del número de cauces por unidad de superficie en 1km² por medio del algebra de mapas (Morelos C. d., 2017), la cual permitió detectar las zonas de terreno con mayor ocurrencia de procesos erosivos de tipo fluvial concentrado, la capa utilizada para la elaboración de este mapa fue obtenida del Portal de Geoinformación (CONABIO, 2018), obteniendo la Tabla 5 y la Figura 6.

Tabla 5 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Densidad de Disección

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	0.00239	MUY BAJO	0.00%
0.00239	0.00479	BAJO	1.25%
0.00479	0.00718	MEDIO	2.50%
0.00718	0.00957	ALTO	3.75%
0.00957	0.01197	MUY ALTO	5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del CONABIO (2002).

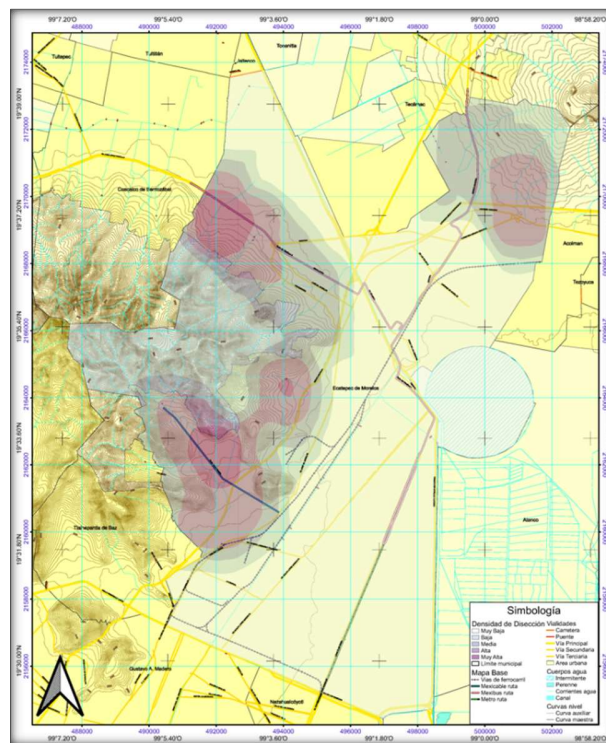


Figura 6 Densidad de Disección

Fuente: Elaboración propia con datos del CONABIO (2002)

4.1.6 Litología.

Las formaciones geológicas presentes en el área de estudio son categorizadas por medio de grupos de clasificación según su litología (composición, susceptibilidad de erosión y fracturamiento), las cuales fueron vectorizadas manualmente a partir de la imagen presentada en el Atlas de Riesgos del año 2017, los índices pueden verse en Tabla 6 y la litología en la Figura 7.

Tabla 6 Índice Cuantitativo y Cualitativo por Litología

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Litología	Peso del factor	Peso relativo
1	MUY BAJO	<ul style="list-style-type: none"> DACITA DACITA PORFÍDICA 	25%	0.00%
2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> ANDESITA ANDESITA PORFÍDICA PÓRFIDO ANDESÍTICO PÓRFIDO DACÍTICO 		6.25%
3	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> BRECHA VOLCÁNICA 		12.50%
4	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> LAHAR ZONA DE TRANSICIÓN 		18.75%
5	MUY ALTO	<ul style="list-style-type: none"> LACUSTRE 		25.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de Atlas de Riesgos de Ecatepec de Morelos (2017)

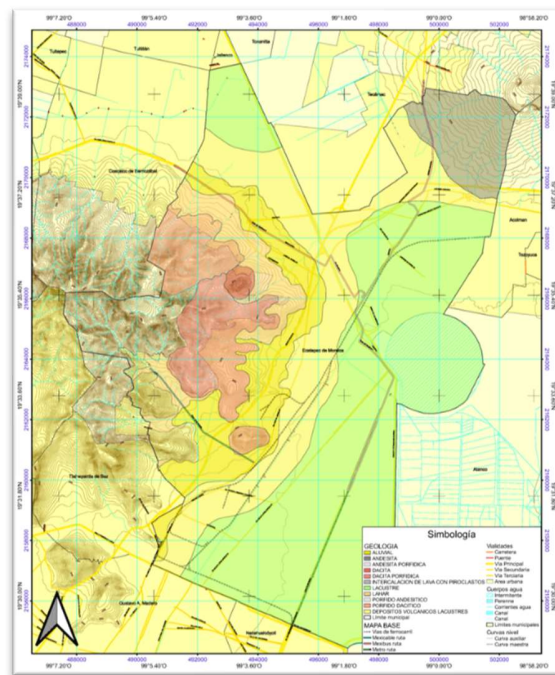


Figura 7 Litología

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Riesgos de Ecatepec de Morelos 2017

4.1.7 Uso de Suelo y Vegetación.

Los datos dentro de este factor fueron obtenidos en el portal de la CONABIO en el apartado de mosaicos (*Tiles*) generados por la plataforma Sentinel-2 del año 2019, a escala 1:50,000. Utilicé las claves E14A29, E14A39 y E14B21; las ponderaciones se realizaron de acuerdo con la metodología del CENAPRED publicada en la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de riesgos del año 2016 (Figura 8 y Tabla 7).

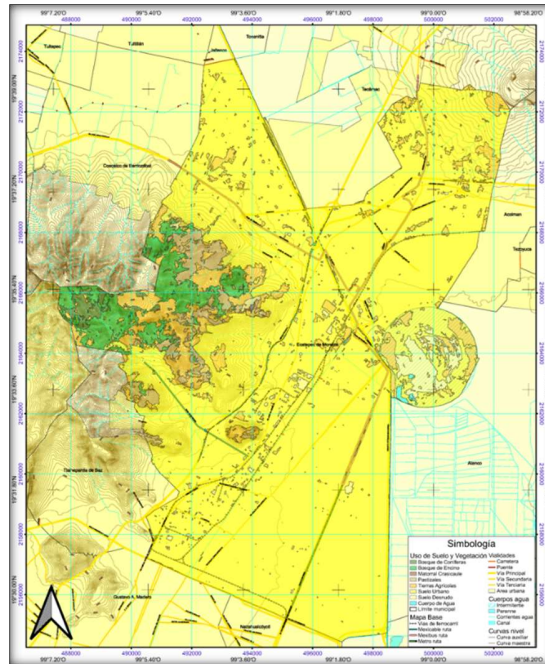


Figura 8 Uso de Suelo

Fuente CONABIO (2019)

Tabla 7 Índices Cuantitativo y Cualitativo del Uso de Suelo y Vegetación

Uso de suelo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
Bosque	1	MUY BAJO	20%	4.00%
Matorral	2	BAJO		8.00%
Pastizales	3	MEDIO		12.00%
Tierras Agrícolas	4	ALTO		16.00%
Suelo Urbano o Suelo desnudo	5	MUY ALTO		20.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO-Sentinel 2 y CONAFOR.

4.1.8 Edafología

Para la Edafología se realizó la ponderación cualitativa y cuantitativa de acuerdo con los suelos presentes en el territorio municipal, en ella se considera su composición y naturaleza, respecto a la resistencia y estabilidad dando los valores de la Tabla 8, la información fue tomada de la carta Edafológica de INEGI del año 2004 y se puede ver representada en la Figura 9.

Tabla 8 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Edafología

Índice cuantitativo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
SOLONCHAK	2	BAJO	5%	1.25%
URBANO	3	MEDIO		2.50%
LITOSOL	4	ALTO		3.75%
FEZEM	5	MUY ALTO		5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO y CONAFOR.

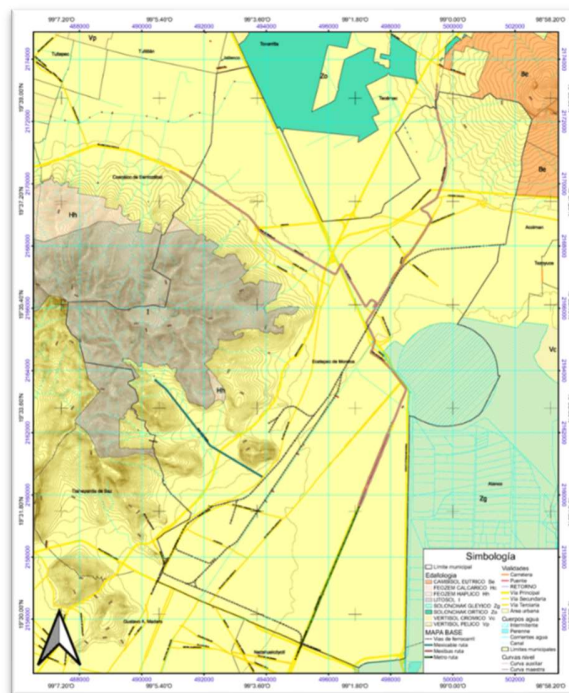


Figura 9 Edafología

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, 2004

i. Mapa de Susceptibilidad de deslizamiento de laderas

En el Mapa de Susceptibilidad de Deslizamiento de Laderas representa la probabilidad de que se llegue a presentar este fenómeno y lo categoriza en colores rojos los lugares identificados con muy alta susceptibilidad, los colores naranjas representan la susceptibilidad alta, en amarillos la media y los verdes una baja o muy baja susceptibilidad, los cuales se puede ver en la Tabla 9 y gráficamente en el Mapa 1.

Tabla 9 Índices de Susceptibilidad de Deslizamientos

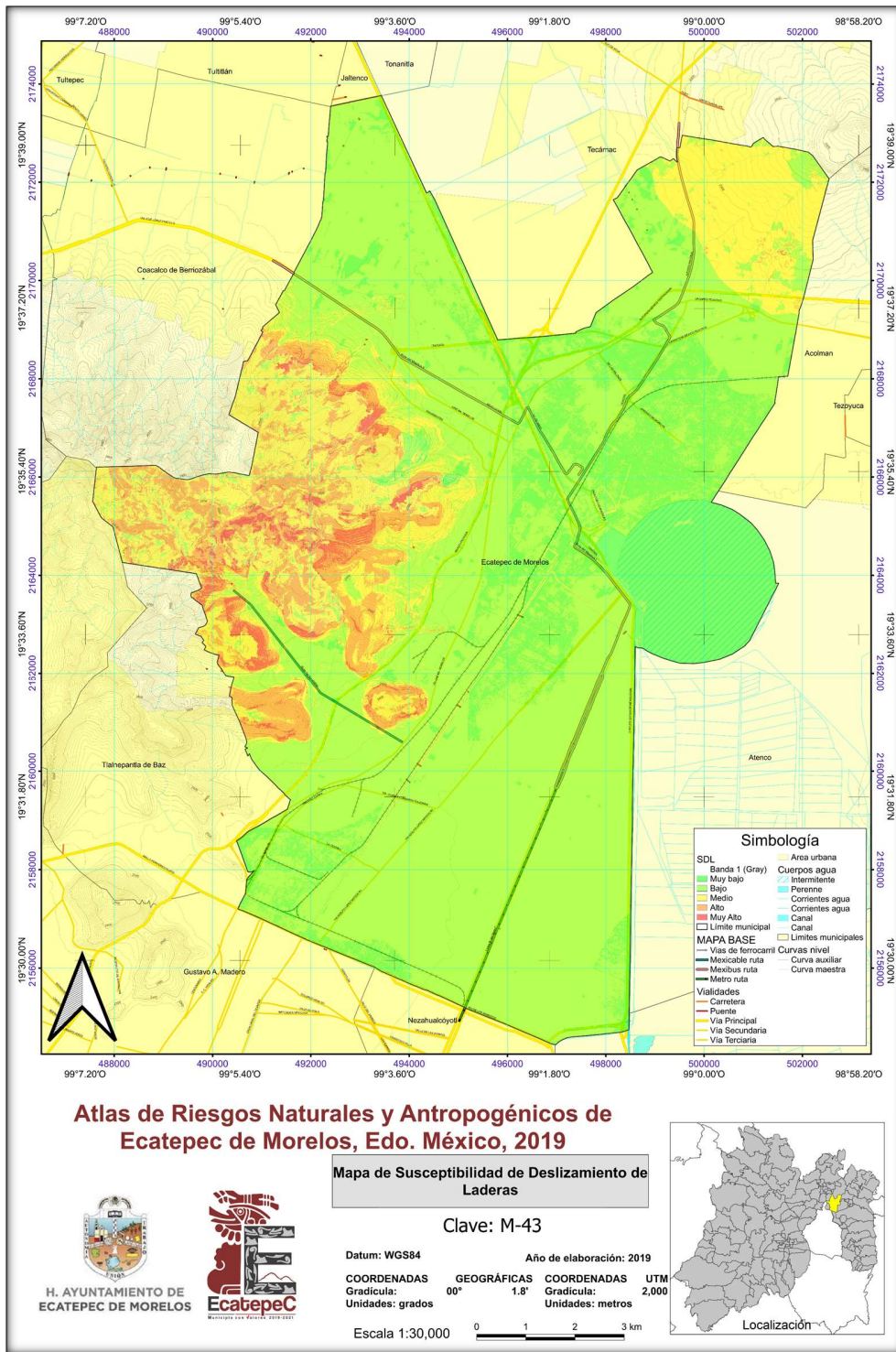
Id	Índice cualitativo	Índice cuantitativo	Color
1	MUY BAJO	0.25	Verde 1
2	BAJO	0.35	Verde 1
3	MEDIO	0.45	Amarillo
4	ALTO	0.60	Naranja
5	MUY ALTO	Mayor a 0.60	Rojo

Por medio del mapa se identificaron algunas zonas con una alta probabilidad de desarrollar este problema dentro del territorio municipal y se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 Ubicación de sitios con mayor susceptibilidad dentro del índice (ejemplo de ponderación)

Id	Colonia	Latitud	Longitud	Pendiente	Litología	Vegetación y uso de suelo	Susceptibilidad
2	SANTA CLARA	19.54527467	99.056697	MÁS DE 45°	Suelo Aluvial del Cuaternario	ZONA URBANA	MUY ALTA
3	CERRO GORDO	19.54823417	99.054833	MÁS DE 45°	Suelo Aluvial del Cuaternario	ZONA URBANA	MUY ALTA
7	BENITO JUÁREZ NORTE XALOSTOC	19.54349265	99.084529	35° - 45°	Ígnea extrusiva Volcanoclástico del Neógeno	ZONA URBANA	MUY ALTA
8	TABLA DEL POZO	19.54360119	99.088117	35° - 45°	Ígnea extrusiva Volcanoclástico del Neógeno	ZONA URBANA	MUY ALTA
10	LA PALMA	19.55937123	99.061022	MÁS DE 45°	Ígnea extrusiva Volcanoclástico del Neógeno	ZONA URBANA	MUY ALTA
11	TULPETLAC TEXALPA	19.56128094	99.057202	MÁS DE 45°	Ígnea extrusiva Volcanoclástico del Neógeno	ZONA URBANA	MUY ALTA
12	CHALPA	19.5607267	-99.06012	35° - 45°	Ígnea extrusiva Volcanoclástico del Neógeno	ZONA URBANA	MUY ALTA
13	CHALPA	19.5616206	99.060681	35° - 45°	Ígnea extrusiva Volcanoclástico del Neógeno	ZONA URBANA	MUY ALTA

Fuente: Elaboración propia.



Mapa 1. Susceptibilidad de Deslizamiento de Laderas

4.2 SUSCEPTIBILIDAD POR FLUJOS

Para el caso de susceptibilidad por Flujos de Detritos fue utilizado el procedimiento antes mencionado en la metodología. Se descartaron algunos factores ya que se consideran irrelevantes para el análisis en este apartado. Los factores utilizados son los siguientes:

- a. Energía del Relieve.
- b. Densidad de Disección.
- c. Análisis de Pendientes
- d. Litología.
- e. Uso de Suelo y Vegetación.
- f. Edafología.

i. Factores de susceptibilidad

a) *Energía del relieve*

La energía del terreno se refiere a la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena representada por la diferencia altitudinal en un área determinada.

Tabla 11 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Energía del relieve.

Intervalo		Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	0.0000856	MUY BAJO	9.60%	0.00%
0.0000856	0.000169	BAJO		2.40%
0.000169	0.000252	MEDIO		4.80%
0.000252	0.000335	ALTO		7.20%
0.000335	0.00041875	MUY ALTO		9.60%

Fuente: Elaboración propia con datos DEM INEGI.

b) *Densidad de Disección*

Este índice está definido por el valor de la longitud del número de causas sobre la unidad de superficie en 1km², que permite detectar las zonas de terreno con mayor propensión de procesos erosivos de tipo fluvial.

Tabla 12 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Densidad de Disección.

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	0.00239	MUY BAJO	0.00%
0.00239	0.00479	BAJO	5.50%
0.00479	0.00718	MEDIO	11.00%
0.00718	0.00957	ALTO	26.50%
0.00957	0.01197	MUY ALTO	22.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del MDE INEGI.

c) *Análisis de Pendientes.*

Las pendientes son un factor determinante en la generación de inestabilidad de terreno, así como la dirección de este, es la representación estadística del terreno, es determinada por

la diferencia de alturas entre un píxel y otro expresada en grados y fueron determinados los valores cuantitativos y cualitativos según el ángulo en que se encuentra la pendiente.

Tabla 13 Índices Cuantitativos y Cualitativos del Análisis de Pendientes

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0 °	6 °	MUY BAJO	0.00%
6 °	15 °	BAJO	6.10%
15 °	30 °	MEDIO	12.20%
30 °	45 °	ALTO	18.30%
45 °	90 °	MUY ALTO	24.40%

Fuente: Elaboración propia con datos MDE INEGI.

d) *Litología.*

Las formaciones geológicas presentes en el área de estudio son categorizadas por medio de grupos de clasificación según su litología (composición, susceptibilidad de erosión y fracturamiento).

Tabla 14 Índice Cuantitativo y Cualitativo por Litología

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Litología	Peso del factor	Peso relativo
1	MUY BAJO	<ul style="list-style-type: none"> • DACITA • DACITA PORFÍDICA 	18.60%	0.00%
2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> • ANDESITA • ANDESITA PORFÍDICA • PÓRFIDO ANDESÍTICO • PÓRFIDO DACÍTICO 		4.65%
3	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> • BRECHA VOLCÁNICA 		9.30%
4	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> • LAHAR • ZONA DE TRANSICIÓN 		13.95%
5	MUY ALTO	<ul style="list-style-type: none"> • LACUSTRE 		18.60%

Fuente: Elaboración propia con datos SGM

e) *Uso de Suelo y Vegetación.*

Los datos dentro de este factor fueron obtenidos en el portal de la CONABIO en el apartado de Tiles generados por el satélite Sentinel-2, a una escala 1:50,000, utilizando las claves E14A29, E14A39 y E14B21, las ponderaciones se realizaron de acuerdo con la metodología del CENAPRED.

Tabla 15 Índices Cuantitativo y Cualitativo del Uso de Suelo y Vegetación.

Uso de suelo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
Bosque	1	MUY BAJO	4.70 %	0.94%
Matorral	2	BAJO		1.88%
Pastizales	3	MEDIO		2.82%
Tierras Agrícolas	4	ALTO		3.76%
Suelo Urbano o Suelo desnudo	5	MUY ALTO		4.70%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO-Sentinel 2 y CONAFOR.

f) *Edafología*

Para la Edafología se realizó la ponderación cualitativa y cuantitativa de acuerdo con los suelos presentes en el territorio municipal, considerando su composición y naturaleza, respecto a resistencia y estabilidad.

Tabla 16 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Edafología

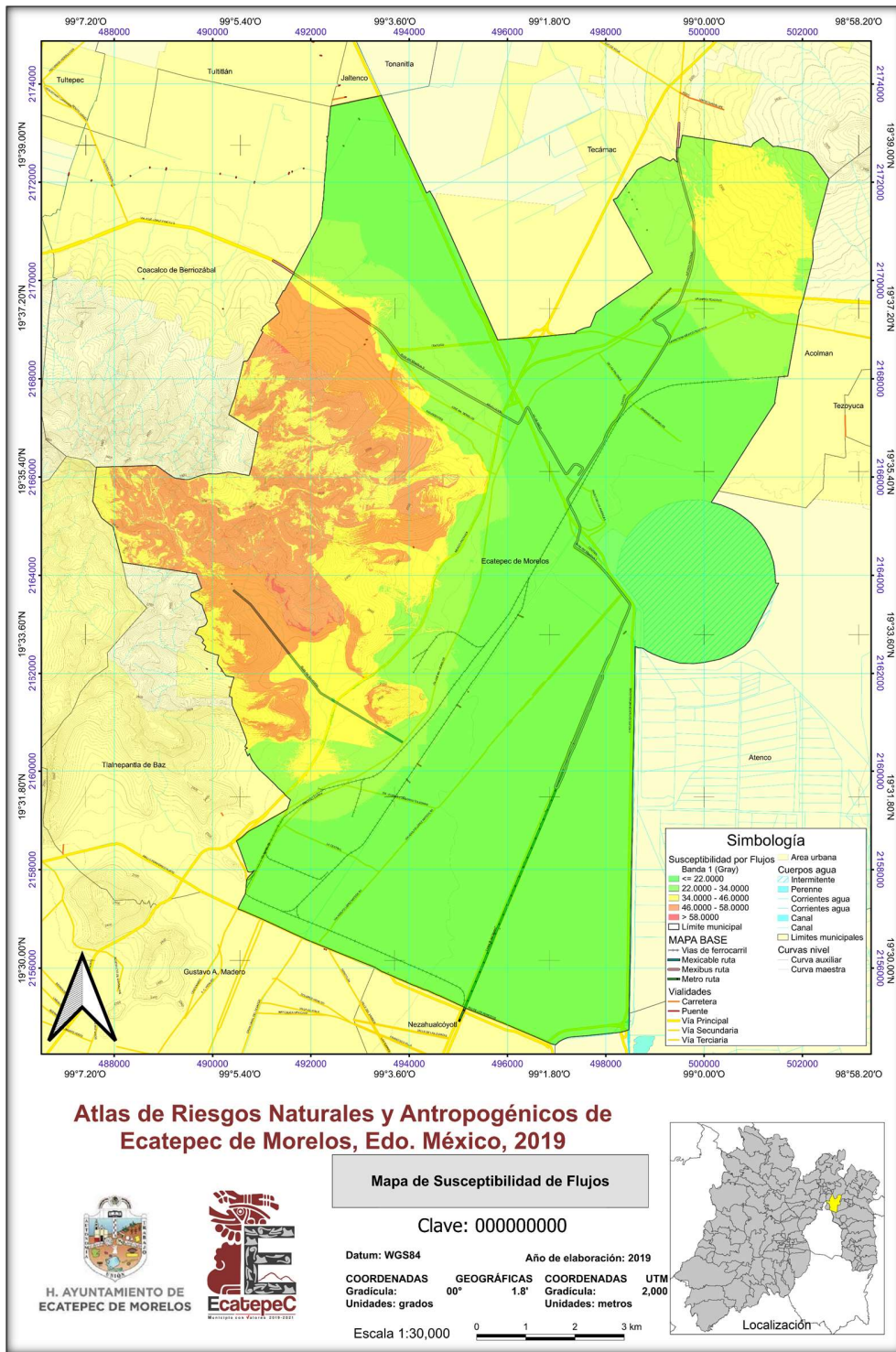
Índice cuantitativo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
SOLONCHAK	2	BAJO	20.70%	5.18%
URBANO	3	MEDIO		10.35%
LITOSOL	4	ALTO		15.73%
FEOZEM	5	MUY ALTO		20.70%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO y CONAFOR.

Dando como resultado los índices que se pueden ver en la Tabla 17 y se encuentran representados en el

Tabla 17 Índices de Susceptibilidad de Flujos

Id	Índice cualitativo	Índice cuantitativo	Color
1	MUY BAJO	0.25	Verde 1
2	BAJO	0.35	Verde 1
3	MEDIO	0.45	Amarillo
4	ALTO	0.60	Naranja
5	MUY ALTO	Mayor a 0.60	Rojo



Mapa 2 Susceptibilidad de Flujos

Fuente: Elaboración Propia

4.3 SUSCEPTIBILIDAD DE CAÍDOS Y DERRUMBES

Para el caso de susceptibilidad por Caídas o Derrumbes fue utilizado el procedimiento antes mencionado en la metodología para Deslizamientos de Ladera, en este caso fueron descartados algunos factores ya que se consideran irrelevantes para el análisis en este apartado, los factores utilizados son los siguientes:

- a. Energía del Relieve.
 - b. Análisis de Pendientes.
 - c. Densidad de Disección.
 - d. Litología.
 - e. Uso de Suelo y Vegetación.
 - f. Edafología.
- i. Factores de susceptibilidad.

a) *Energía del relieve*

La anergia del terreno se refiere a la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena representada por la diferencia altitudinal en un área determinada.

Tabla 18 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Energía del relieve.

Intervalo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	0.0000856	MUY BAJO	5%	0.00%
0.0000856	0.000169	BAJO		1.25%
0.000169	0.000252	MEDIO		2.50%
0.000252	0.000335	ALTO		3.75%
0.000335	0.00041875	MUY ALTO		5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos DEM INEGI.

b) *Análisis de Pendientes.*

Las pendientes son un factor determinante en la generación de inestabilidad de terreno, así como la dirección de este, es la representación estadística del terreno, es determinada por la diferencia de alturas entre un píxel y otro expresada en grados y fueron determinados los valores Cuantitativos y cualitativos según el ángulo en que se encuentra la pendiente.

Tabla 19 Índices Cuantitativos y Cualitativos del Análisis de Pendientes

Índice cuantitativo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0 °	6 °	MUY BAJO	30%	0.00%
6 °	15 °	BAJO		7.50%
15 °	30 °	MEDIO		15.00%
30 °	45 °	ALTO		22.50%
45 °	90 °	MUY ALTO		30.00%

Fuente: Elaboración propia con datos MDE INEGI.

c) *Densidad de Disección*

Este índice está definido por el valor de la longitud de del número de causas sobre la unidad de superficie en 1km², que permite detectar las zonas de terreno con mayor propensión de procesos erosivos de tipo fluvial.

Tabla 20 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Densidad de Disección.

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	0.00239	MUY BAJO	0.00%
0.00239	0.00479	BAJO	1.25%
0.00479	0.00718	MEDIO	2.50%
0.00718	0.00957	ALTO	3.75%
0.00957	0.01197	MUY ALTO	5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del MDE INEGI.

d) *Litología.*

Las formaciones geológicas presentes en el área de estudio son categorizadas por medio de grupos de clasificación según su litología (composición, susceptibilidad de erosión y fracturamiento).

Tabla 21 Índice Cuantitativo y Cualitativo por Litología

Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Litología	Peso del factor	Peso relativo
1	MUY BAJO	<ul style="list-style-type: none"> DACITA DACITA PORFÍDICA 	25%	0.00%
2	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> ANDESITA ANDESITA PORFÍDICA PÓRFIDO ANDESÍTICO PÓRFIDO DACÍTICO 		6.25%
3	MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> BRECHA VOLCÁNICA 		12.50%
4	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> LAHAR ZONA DE TRANSICIÓN 		18.75%
5	MUY ALTO	<ul style="list-style-type: none"> LACUSTRE 		25.00%

Fuente: Elaboración propia con datos SGM

e) *Uso de Suelo y Vegetación.*

Los datos dentro de este factor fueron obtenidos en el portal de CONABIO en el apartado de Tiles generados por el satélite Sentinel-2, a una escala 1:50,000, utilizando las claves E14A29, E14A39 y E14B21, las ponderaciones se realizaron de acuerdo con la metodología del CENAPRED.

Tabla 22 Índices Cuantitativo y Cualitativo del Uso de Suelo y Vegetación.

Uso de suelo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del	Peso relativo
--------------	---------------------	--------------------	----------	---------------

factor			
Bosque	1	MUY BAJO	4.00%
Matorral	2	BAJO	8.00%
Pastizales	3	MEDIO	12.00%
Tierras Agrícolas	4	ALTO	16.00%
Suelo Urbano o Suelo desnudo	5	MUY ALTO	20.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO-Sentinel 2 y CONAFOR.

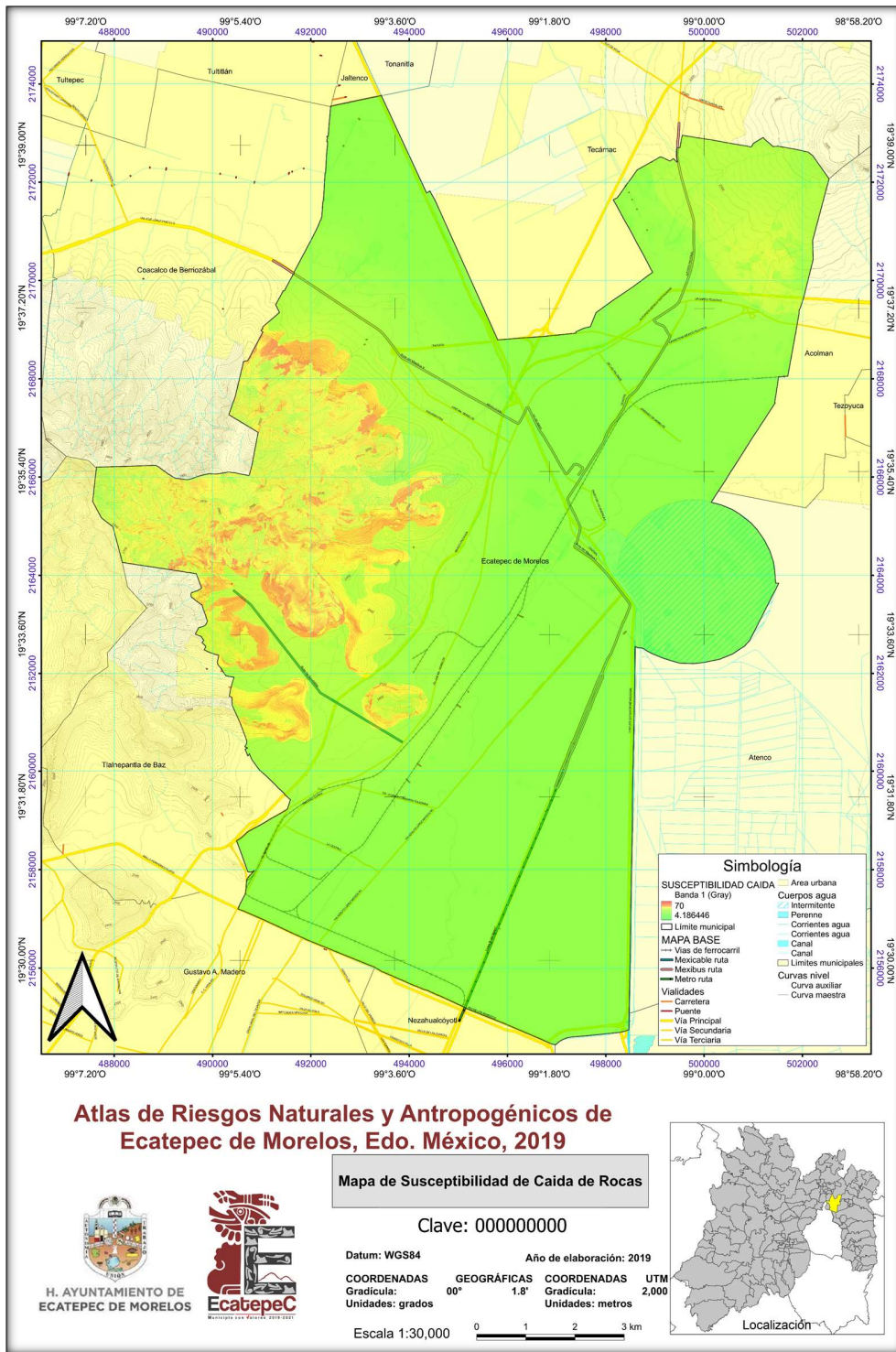
f) *Edafología*

Para la Edafología se realizó la ponderación cualitativa y cuantitativa de acuerdo con los suelos presentes en el territorio municipal, considerando su composición y naturaleza, respecto a resistencia y estabilidad.

Tabla 23 Índices Cuantitativo y Cualitativo de la Edafología

Índice cuantitativo	Índice cuantitativo	Índice cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
SOLONCHAK	2	BAJO	5%	1.25%
URBANO	3	MEDIO		2.50%
LITOSOL	4	ALTO		3.75%
FEOZEM	5	MUY ALTO		5.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO y CONAFOR.



Mapa 3 Susceptibilidad de Caída de Rocas

Fuente: Elaboración Propia

5 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1 PELIGRO

5.1.1 Peligro por Deslizamiento de laderas

El peligro ante deslizamiento de laderas corresponde a la cartografía de los polígonos de peligro por deslizamientos que es resultado de la suma algebraica de imágenes rasterizadas ponderadas con los factores de precipitación normalizados, dando un peso del 70 % a los factores detonantes de deslizamientos y un 30 % al factor de precipitación obtenido por medio de las Isoyetas de Precipitación acumulada a 24 horas con periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años respectivamente (Mapa 4 al 9), dando como resultado 6 Mapas de Peligro para Deslizamiento de Laderas. Expresándose con la siguiente formula:

$$P = \sum_0^n F(N)_i * (0.7) + ((Pa(N)) * (0.3))$$

Donde:

P = Peligro

$F(N)$ = Factor de Delizamiento Normalizado

i = Número de Factores Normalizados

$Pa(N)$ = Precipitacion Acumulada Normalizada

Las intensidades de lluvia que fueron tomadas como referencia de la clasificación de la precipitación acumulada en 24 horas son las emitidas por la Secretaría de Protección Civil en el año 2017 y se enlistas a continuación:

Tabla 24 Intervalos e Índices Cualitativos de Precipitación Acumulada en 24 horas

Intervalo (mm)		Cualitativo	Peso del factor	Peso relativo
0	10	LLUVIA LIGERA	30%	0.00%
10	30	LLUVIA FUERTE		7.50%
30	50	LLUVIA MUY FUERTE		15.00%
50	70	LLUVIA INTENSA		22.50%
70	MAYOR	LLUVIA SEVERA		30.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaría de Protección Civil 2017 (Federal, 2017).



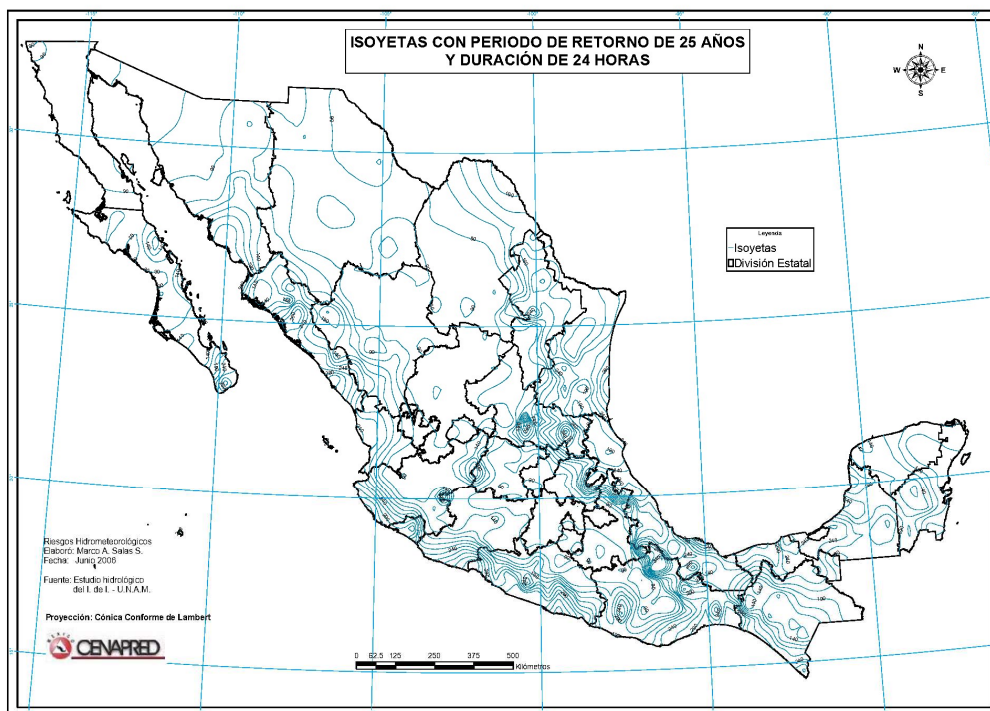
Mapa 4 Isoyetas con periodo de retorno de 2 años y duración de 24 horas. (CENAPRED, ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos., 2016)



Mapa 5 Isoyetas con periodo de retorno de 5 años y duración de 24 horas. (CENAPRED, ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos., 2016)



Mapa 6 Isoyetas con periodo de retorno de 10 años y duración de 24 horas. (CENAPRED, ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos., 2016)



Mapa 7 Isoyetas con periodo de retorno de 25 años y duración de 24 horas. (CENAPRED, ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos., 2016)



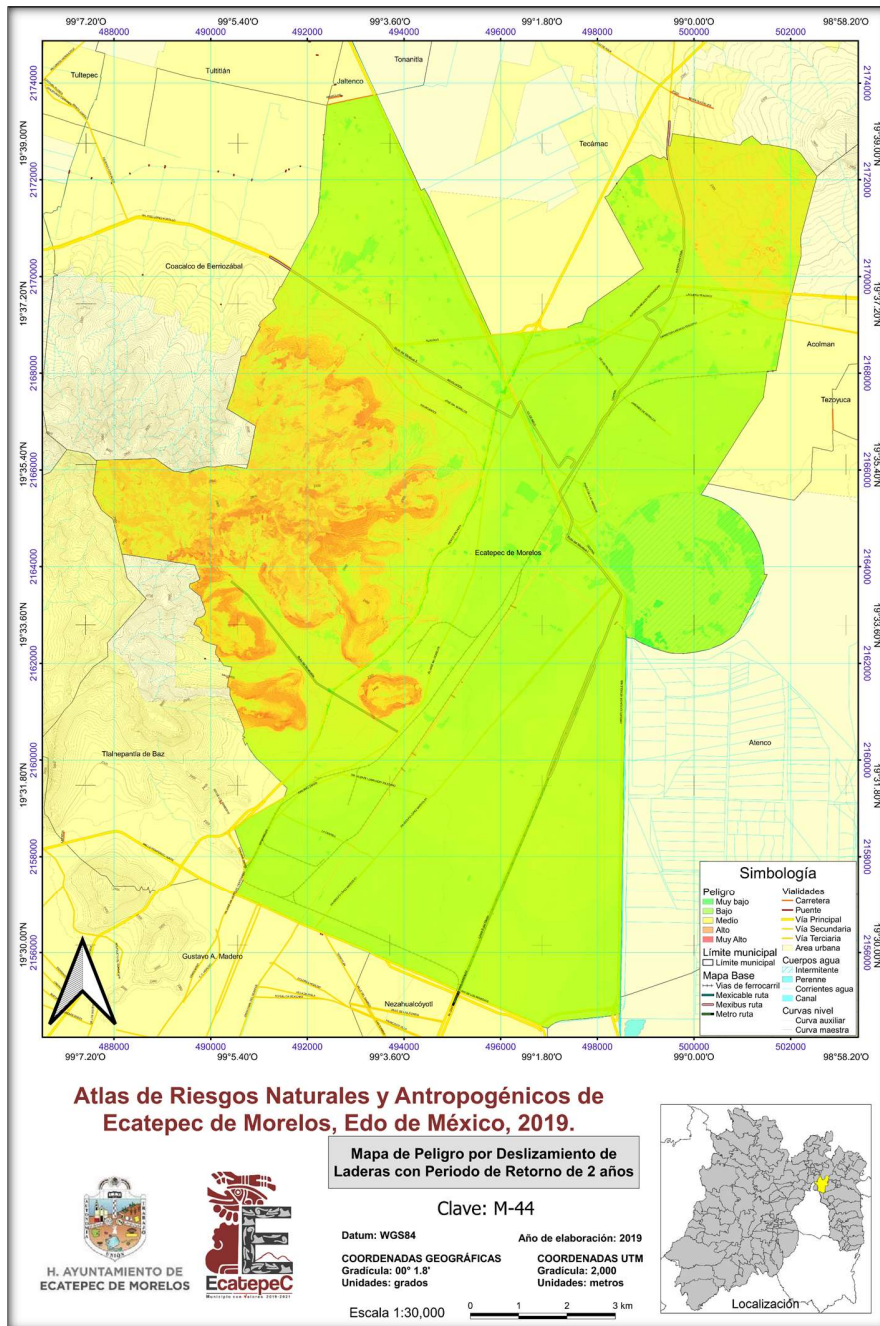
Mapa 8 Isoyetas con periodo de retorno de 50 años y duración de 24 horas. (CENAPRED, ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos., 2016)



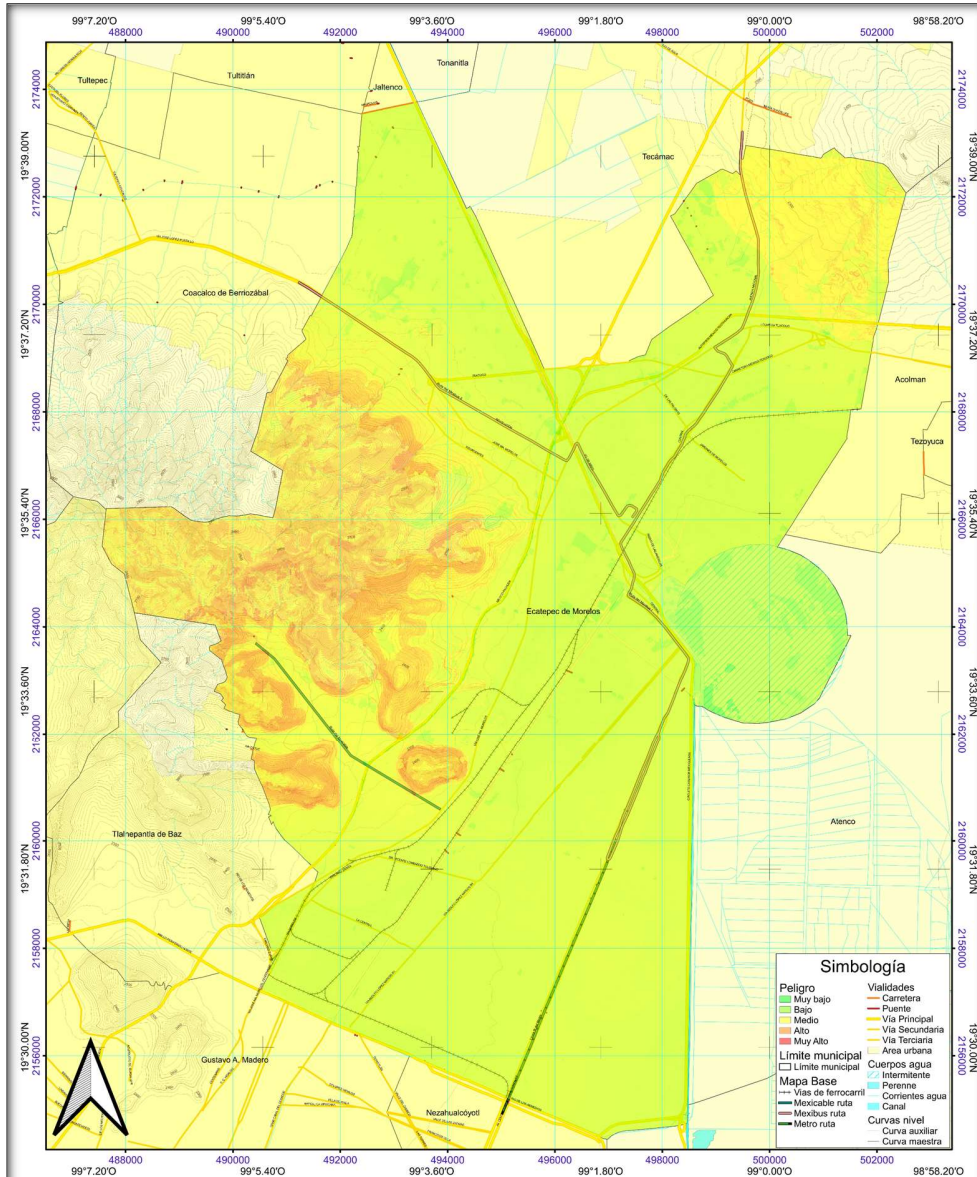
Mapa 9 Isoyetas con periodo de retorno de 100 años y duración de 24 horas. (CENAPRED, ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos., 2016)

El grado de clasificación cualitativa ante dicho fenómeno perturbador se enlistó en cinco niveles según el grado de peligro:

A continuación, se muestran los mapas de Peligro por Deslizamiento de Laderas de acuerdo con los distintos periodos de retorno.



Mapa 10 Peligro por Deslizamientos de Ladera con Periodo de Retorno de 2 años



Atlas de Riesgos Naturales y Antropogénicos de Ecatepec de Morelos, Edo de México, 2019.

Mapa de Peligro por Deslizamiento de Laderas con Periodo de Retorno de 5 años

Clave: M-45

Datum: WGS84

Año de elaboración: 2019

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

COORDENADAS UTM

Gradicula: 00° 1.8'

Gradicula: 2,000

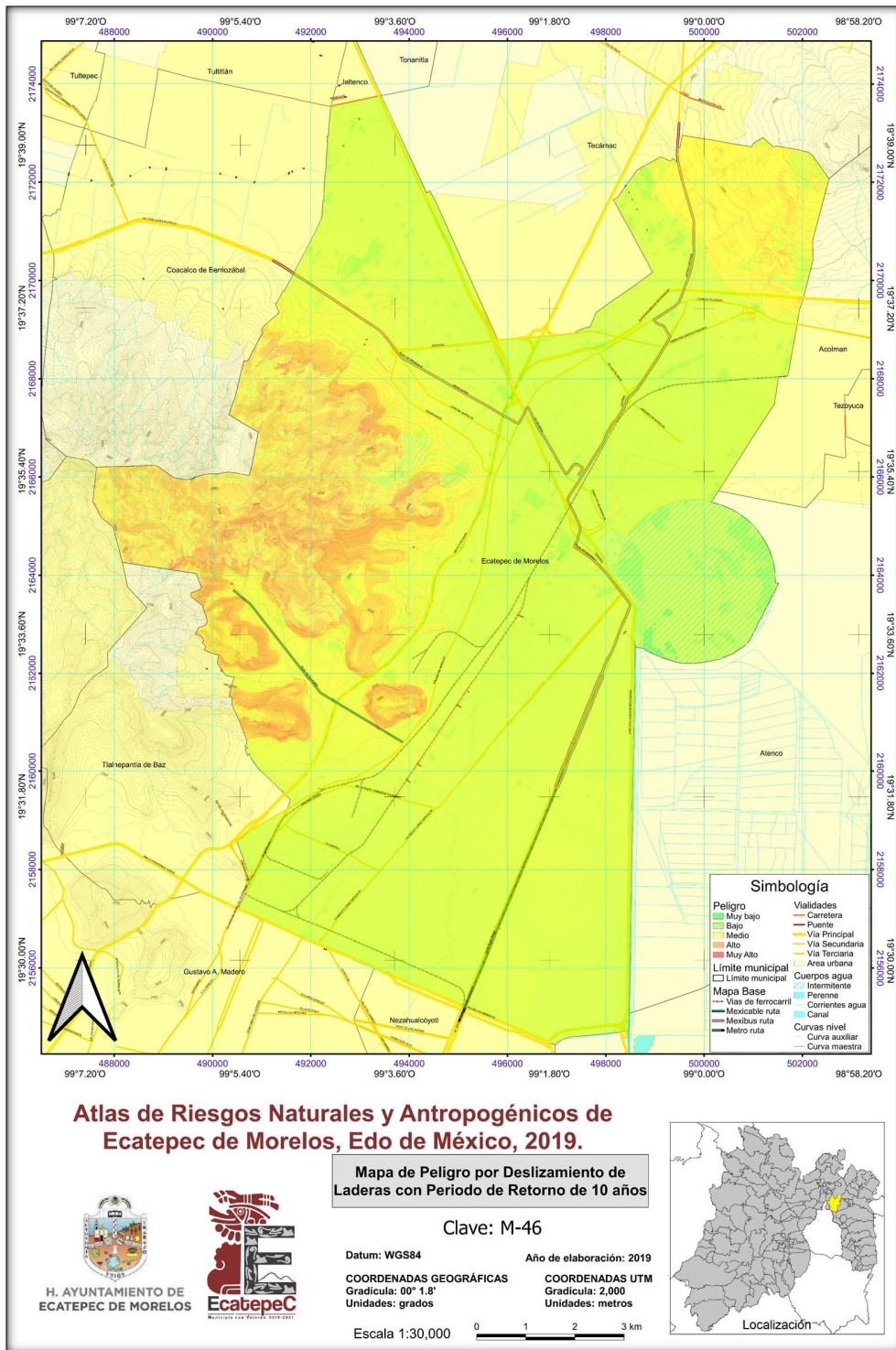
Unidades: grados

Unidades: metros

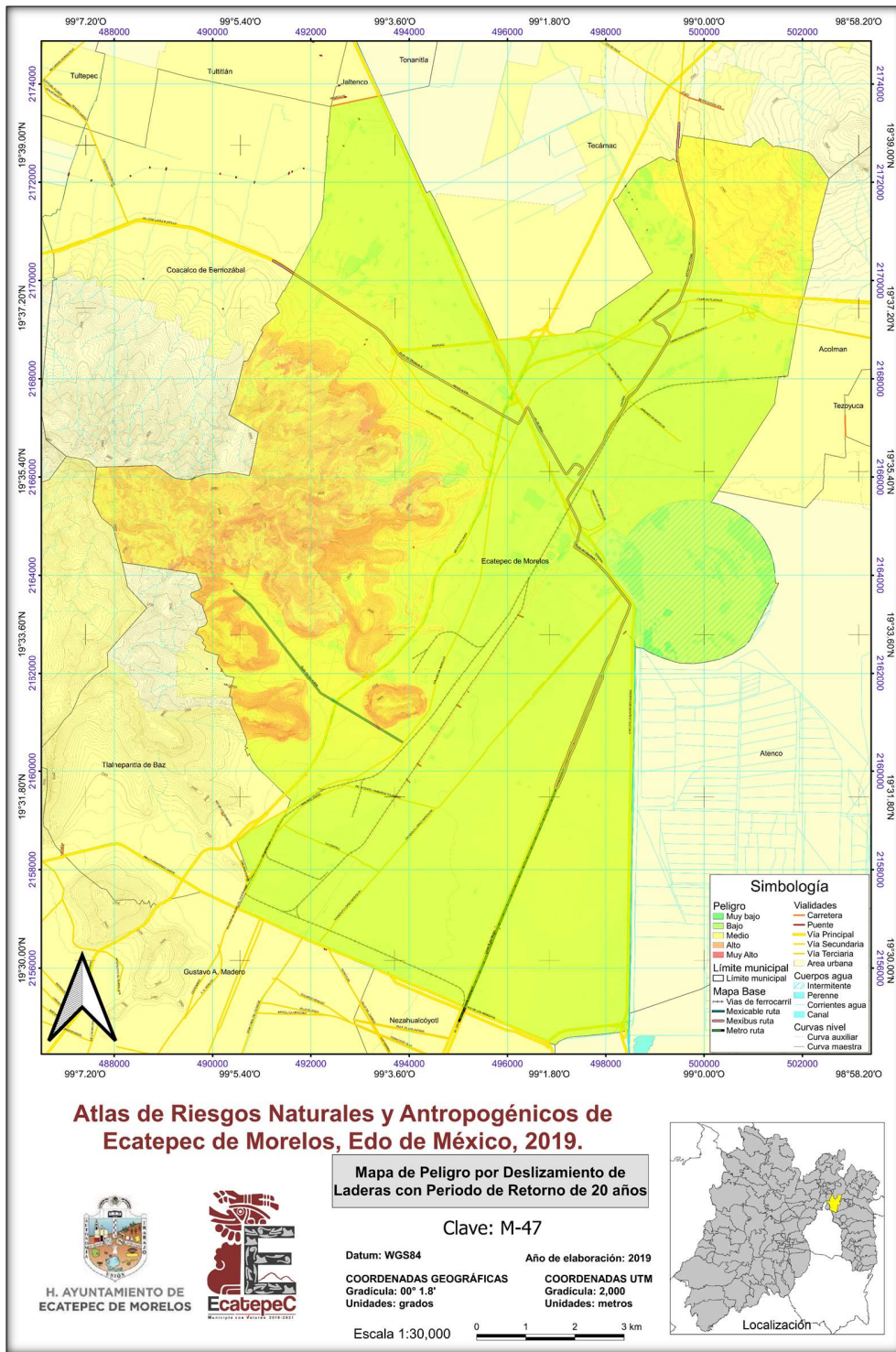
Escala 1:30,000



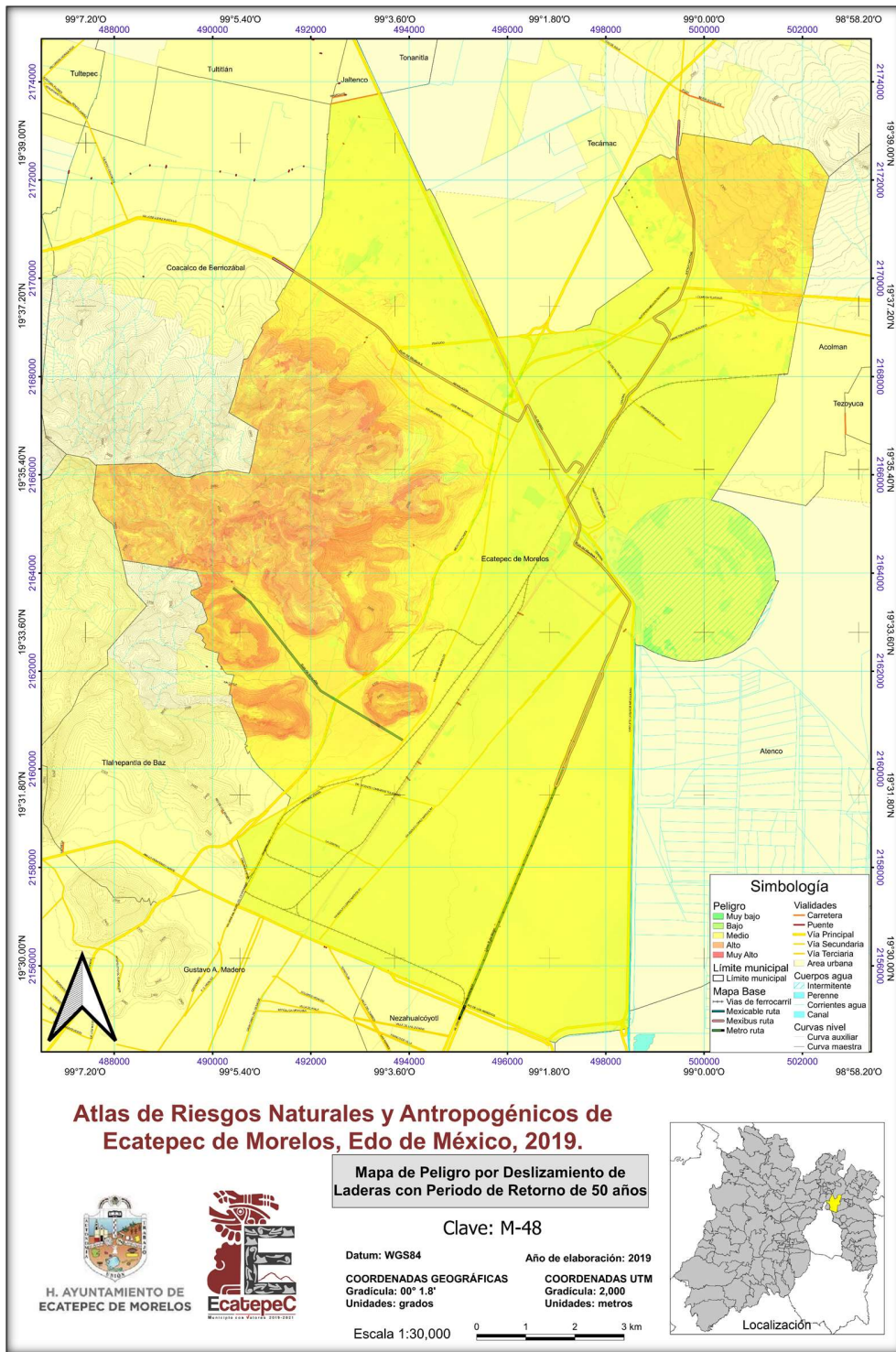
Mapa 11 Peligro por Deslizamientos de Ladera con Periodo de Retorno de 5 años



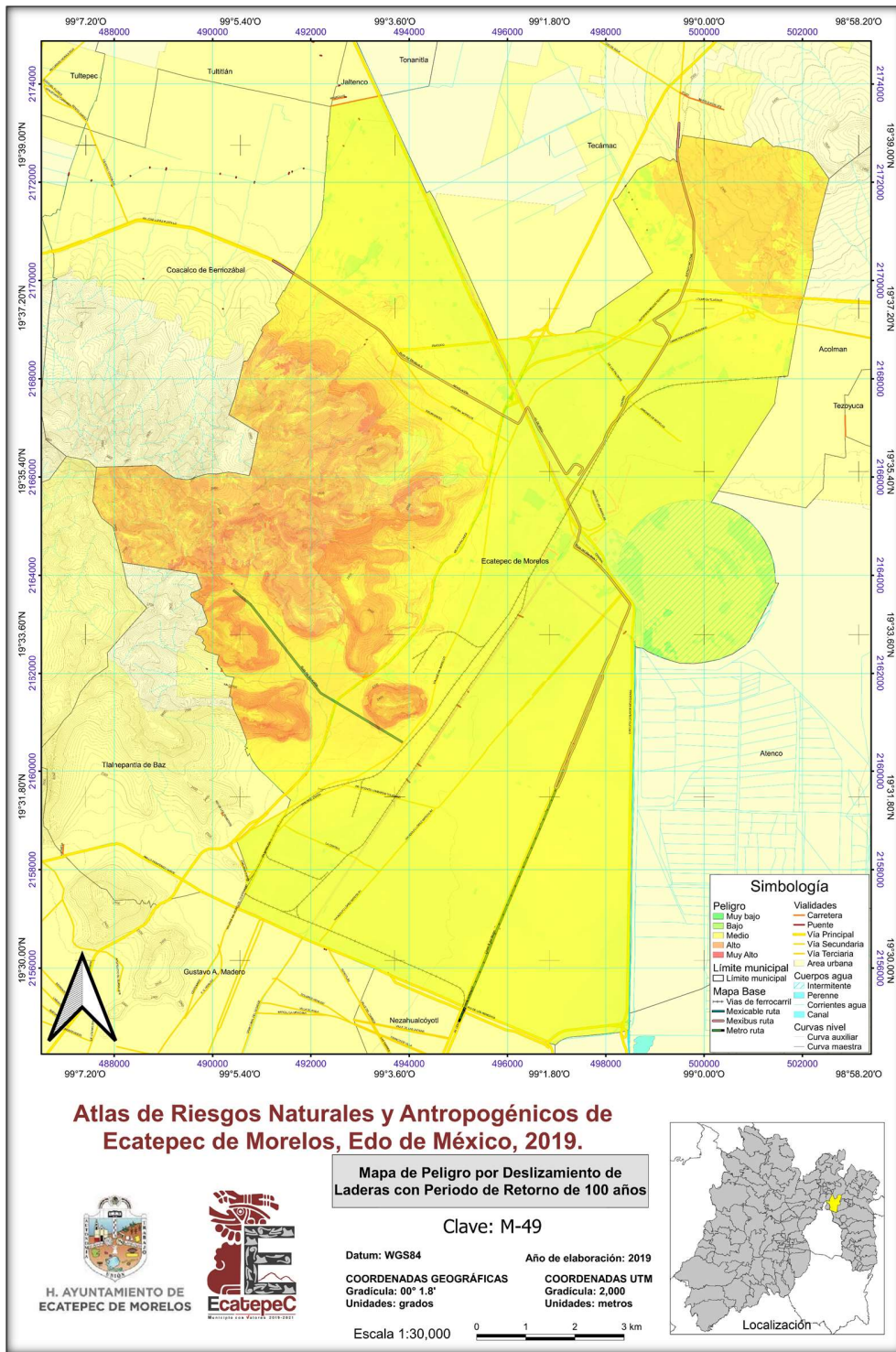
Mapa 12 Peligro por Deslizamientos de Ladera con Periodo de Retorno de 10 años



Mapa 13 Peligro por Deslizamientos de Ladera con Periodo de Retorno de 20 años



Mapa 14 Peligro por Deslizamientos de Ladera con Periodo de Retorno de 50 años



Mapa 15 Peligro por Deslizamientos de Ladera con Periodo de Retorno de 100 años

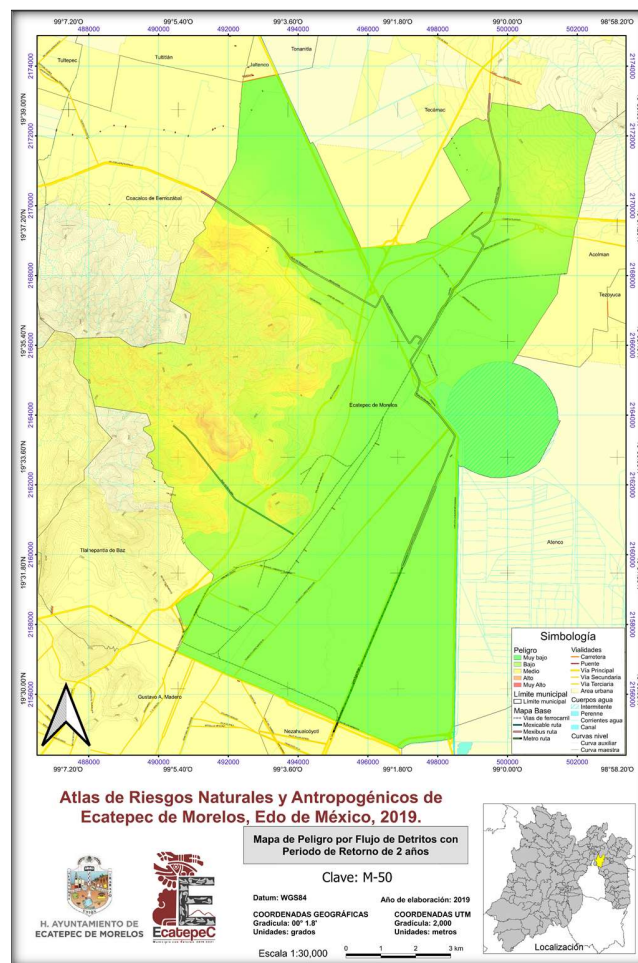
Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Peligro por Flujos

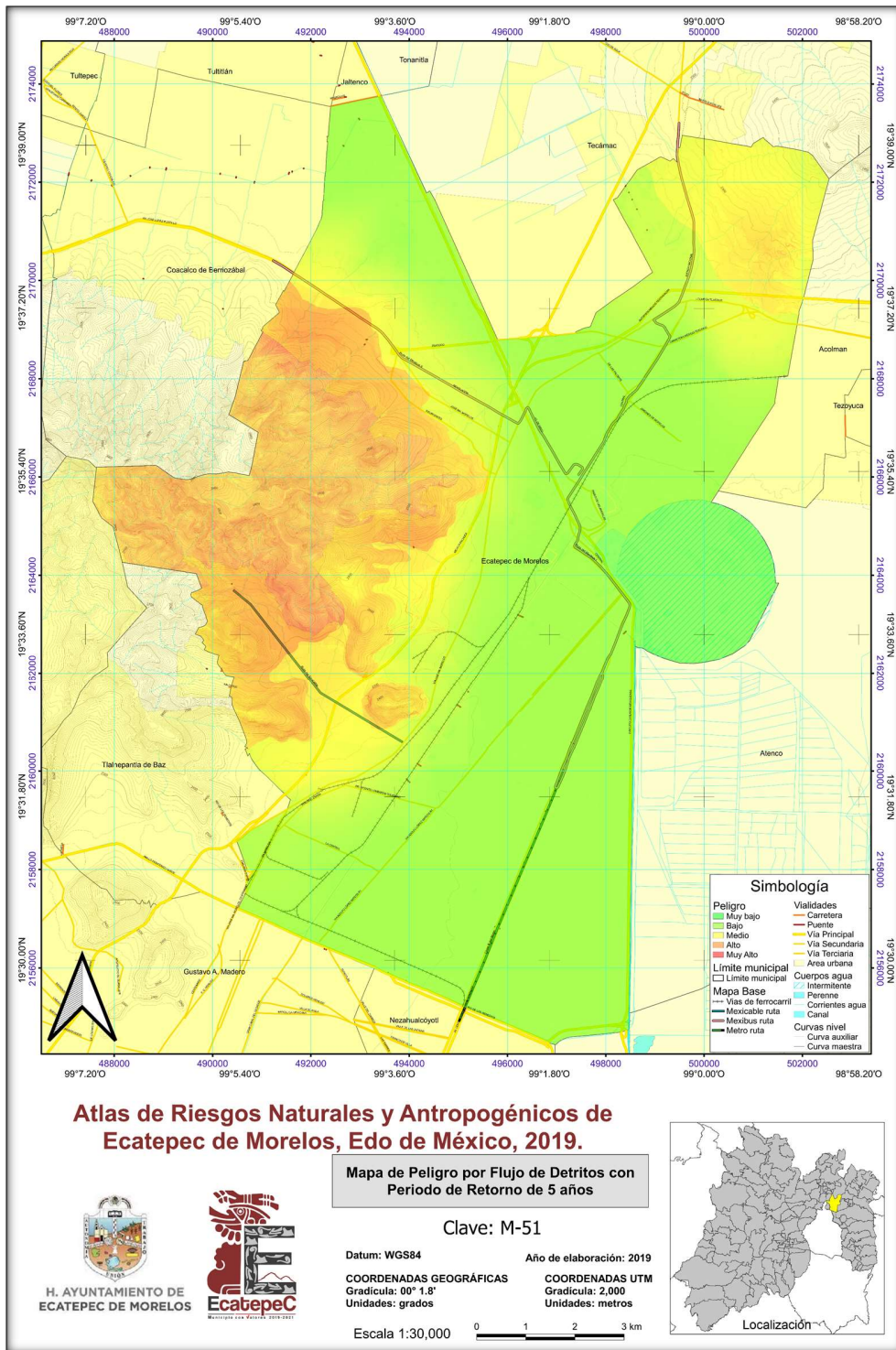
El peligro ante Flujo de Detritos corresponde a la cartografía de los polígonos de peligro por flujos de materiales, es resultado de la suma algebraica de imágenes rasterizadas ponderadas con los factores de precipitación normalizados, dando un peso del 70 % a los factores detonantes de deslizamientos y un 30 % al factor de precipitación obtenido por medio de las Isoyetas de Precipitación acumulada a 24 horas con periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años respectivamente, dando como resultado 6 Mapas de Peligro para Flujo de Detritos.

El grado de clasificación cualitativa ante dicho fenómeno perturbador se enlistó en cinco niveles según el grado de peligro:

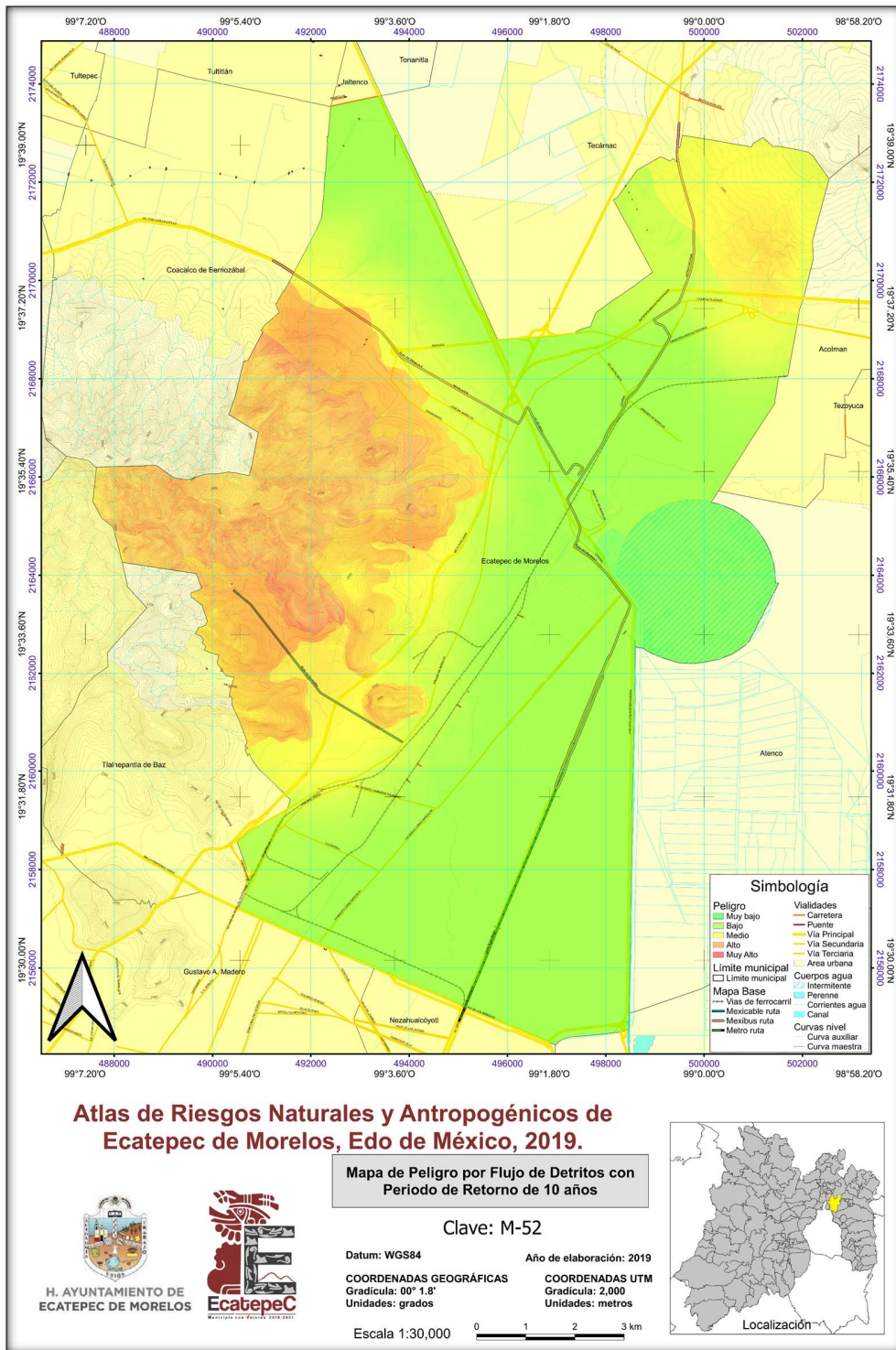
A continuación, se muestran los mapas de Peligro por Flujos de acuerdo con los distintos periodos de retorno.



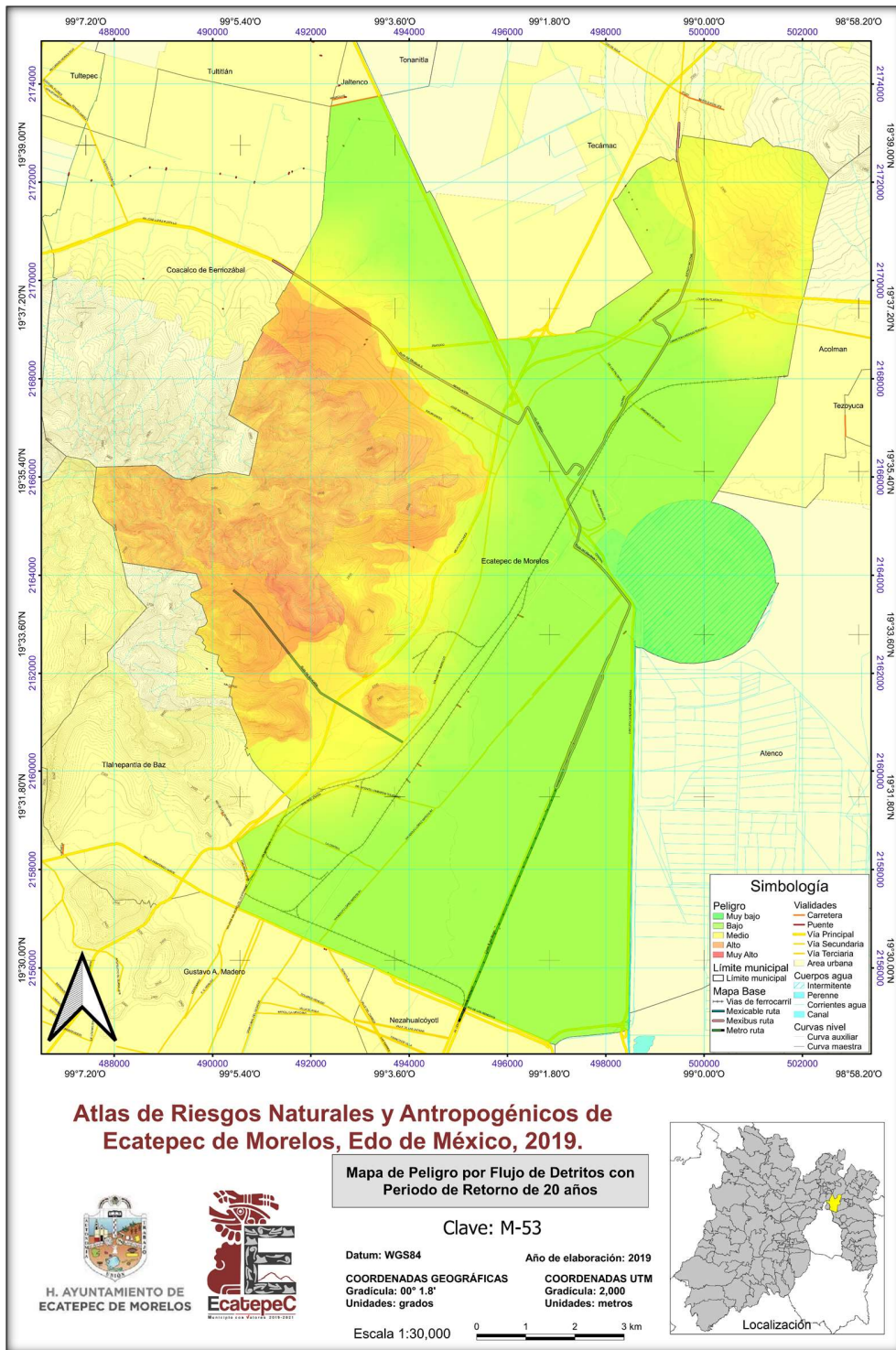
Mapa 17 Peligro por Flujos con Periodo de Retorno de 2 años.



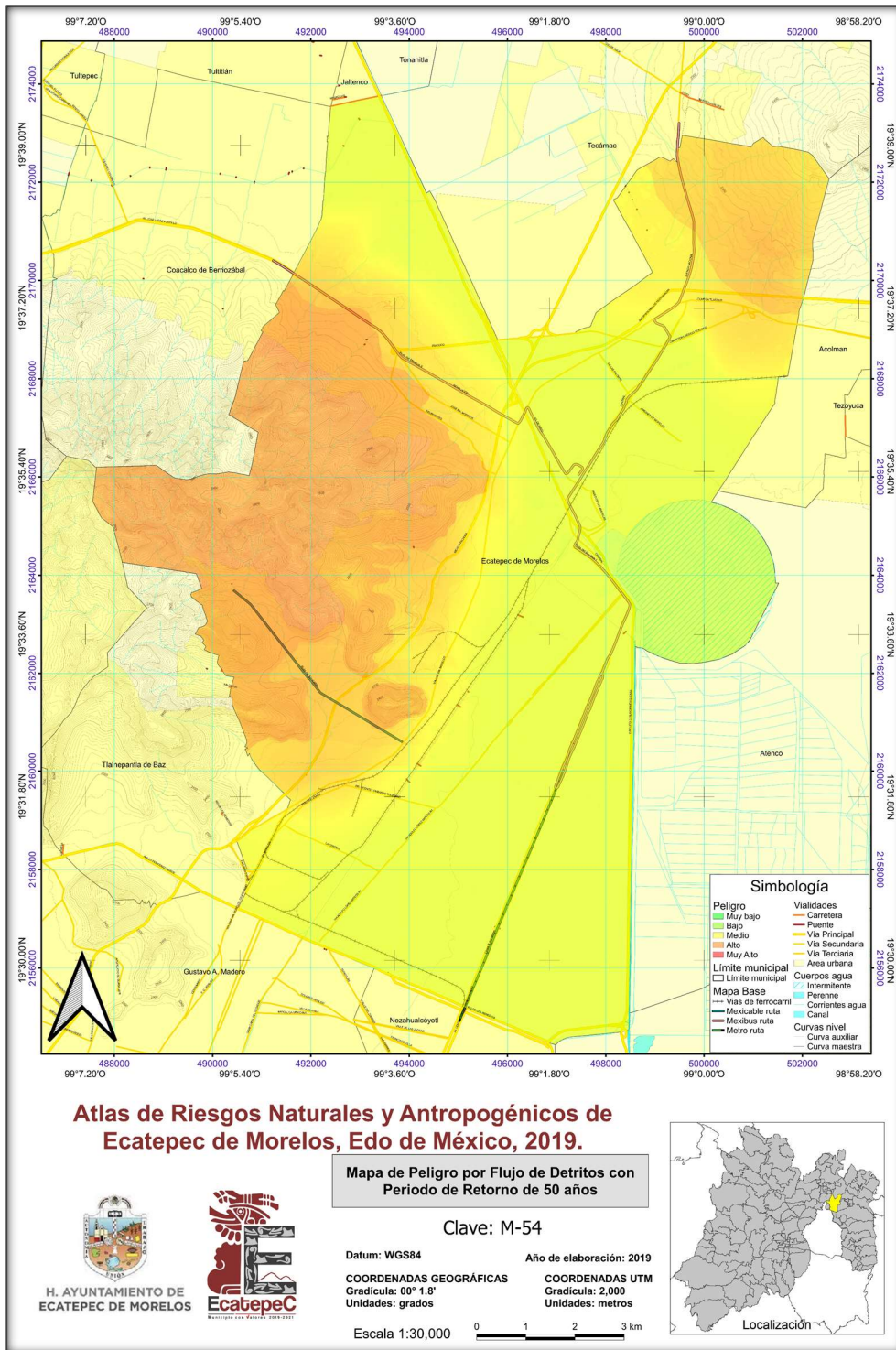
Mapa 18 Peligro por Flujos con Periodo de Retorno de 5 años.



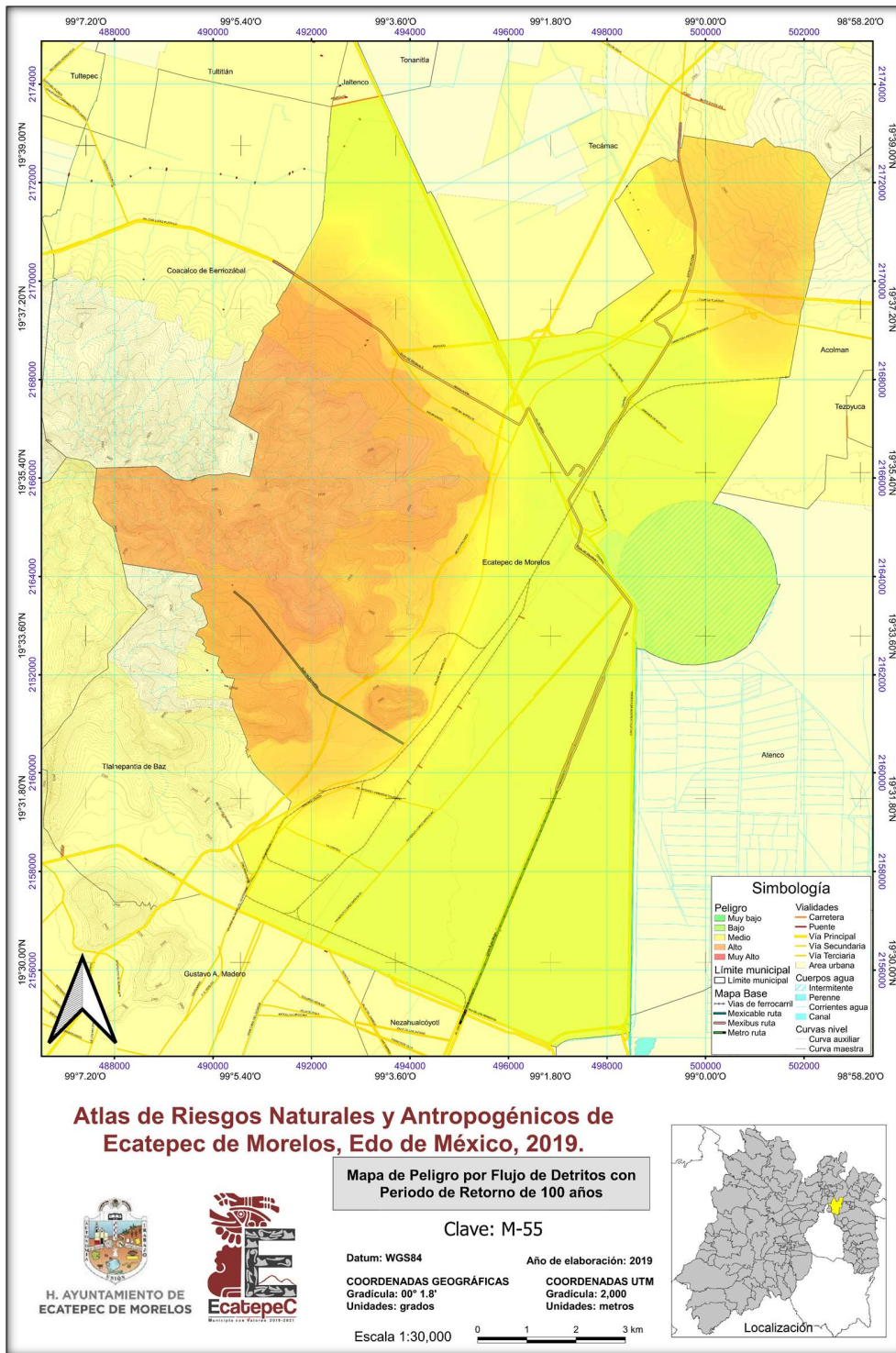
Mapa 19 Peligro por Flujos con Periodo de Retorno de 10 años.



Mapa 20 Peligro por Flujos con Periodo de Retorno de 20 años.



Mapa 21 Peligro por Flujos con Periodo de Retorno de 50 años.



Mapa 22 Peligro por Flujos con Periodo de Retorno de 100 años.

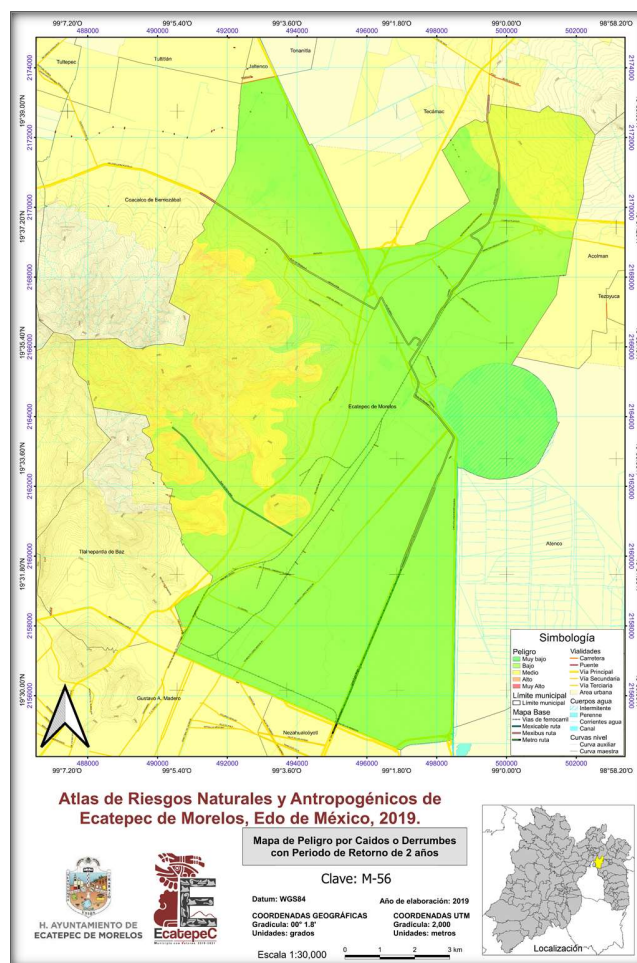
Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Peligro por Caídos y derrumbes

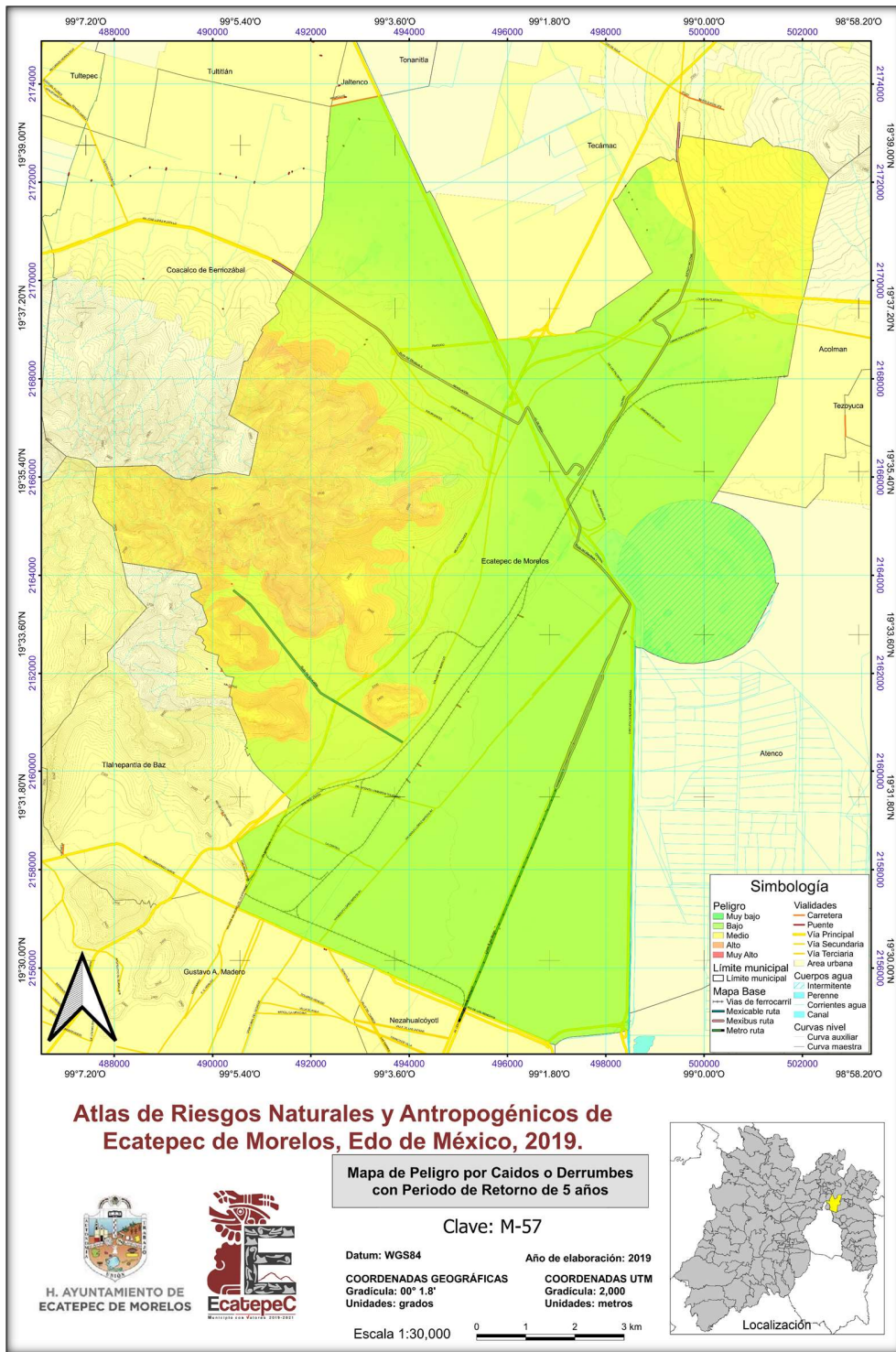
El peligro ante Caídos o Derrumbes corresponde a la cartografía de los polígonos de peligro por Caídos o Derrumbes, es resultado de la suma algebraica de imágenes rasterizadas ponderadas con los factores de precipitación normalizados, dando un peso del 70 % a los factores detonantes de deslizamientos y un 30 % al factor de precipitación obtenido por medio de las Isoyetas de Precipitación acumulada a 24 horas con periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años respectivamente, dando como resultado 6 Mapas de Peligro por Caída o Derrumbes.

El grado de clasificación cualitativa ante dicho fenómeno perturbador se enlisto en cinco niveles según el grado de peligro:

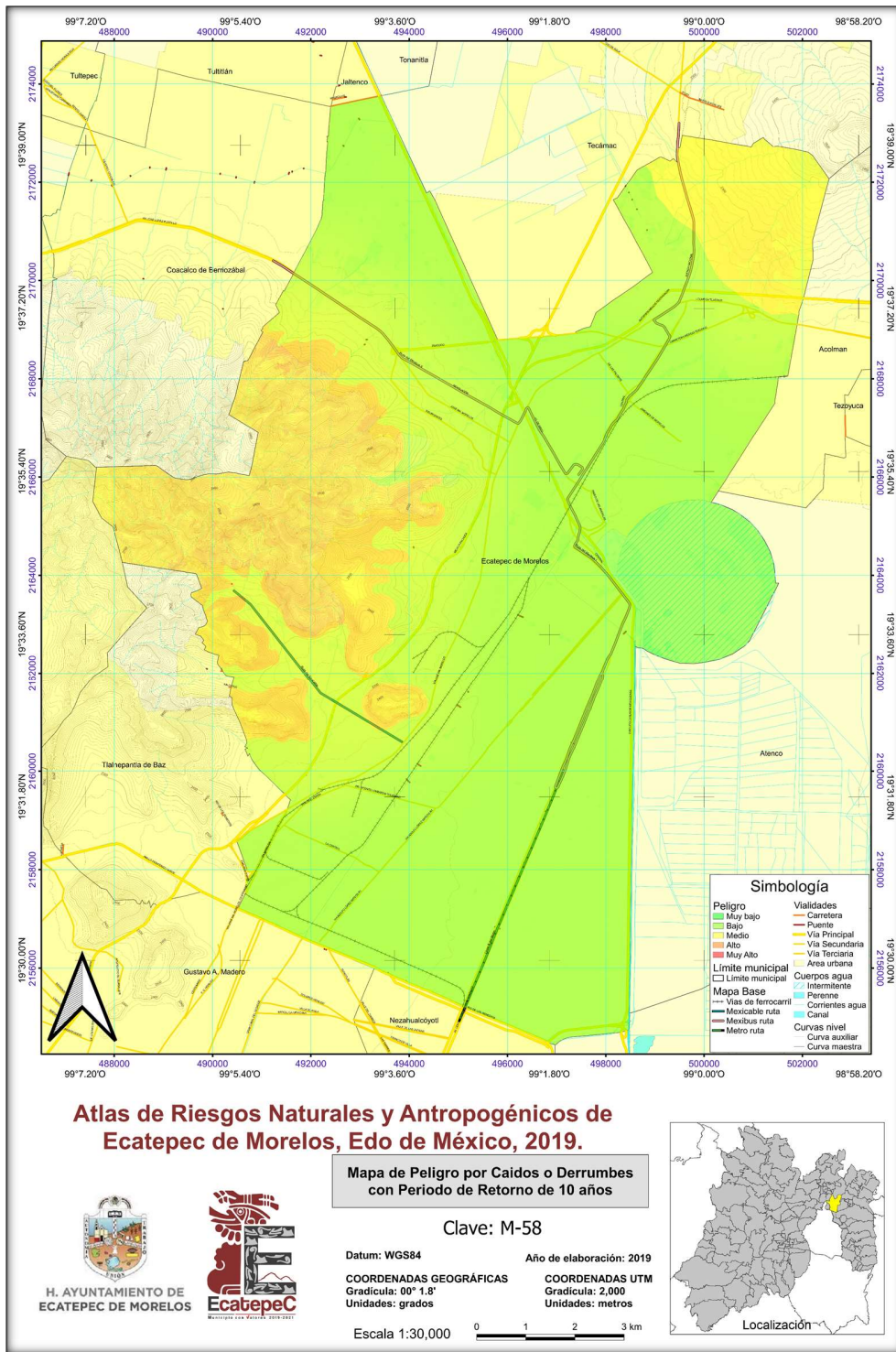
A continuación, se muestran los mapas de Peligro por Caídas y derrumbes de acuerdo con los distintos periodos de retorno.



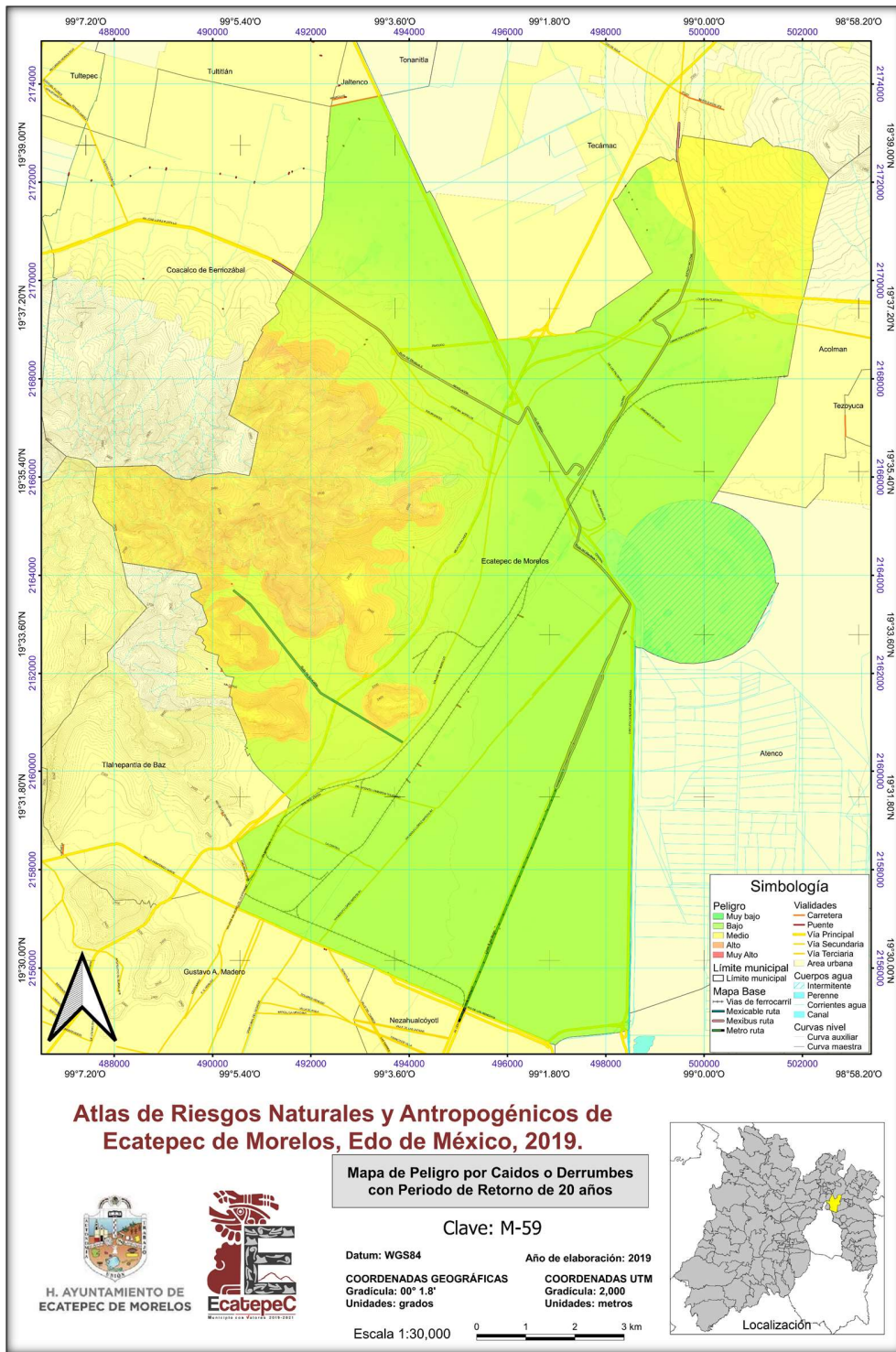
Mapa 23 Peligro por Caídos o Derrumbes con Periodo de 2 años.



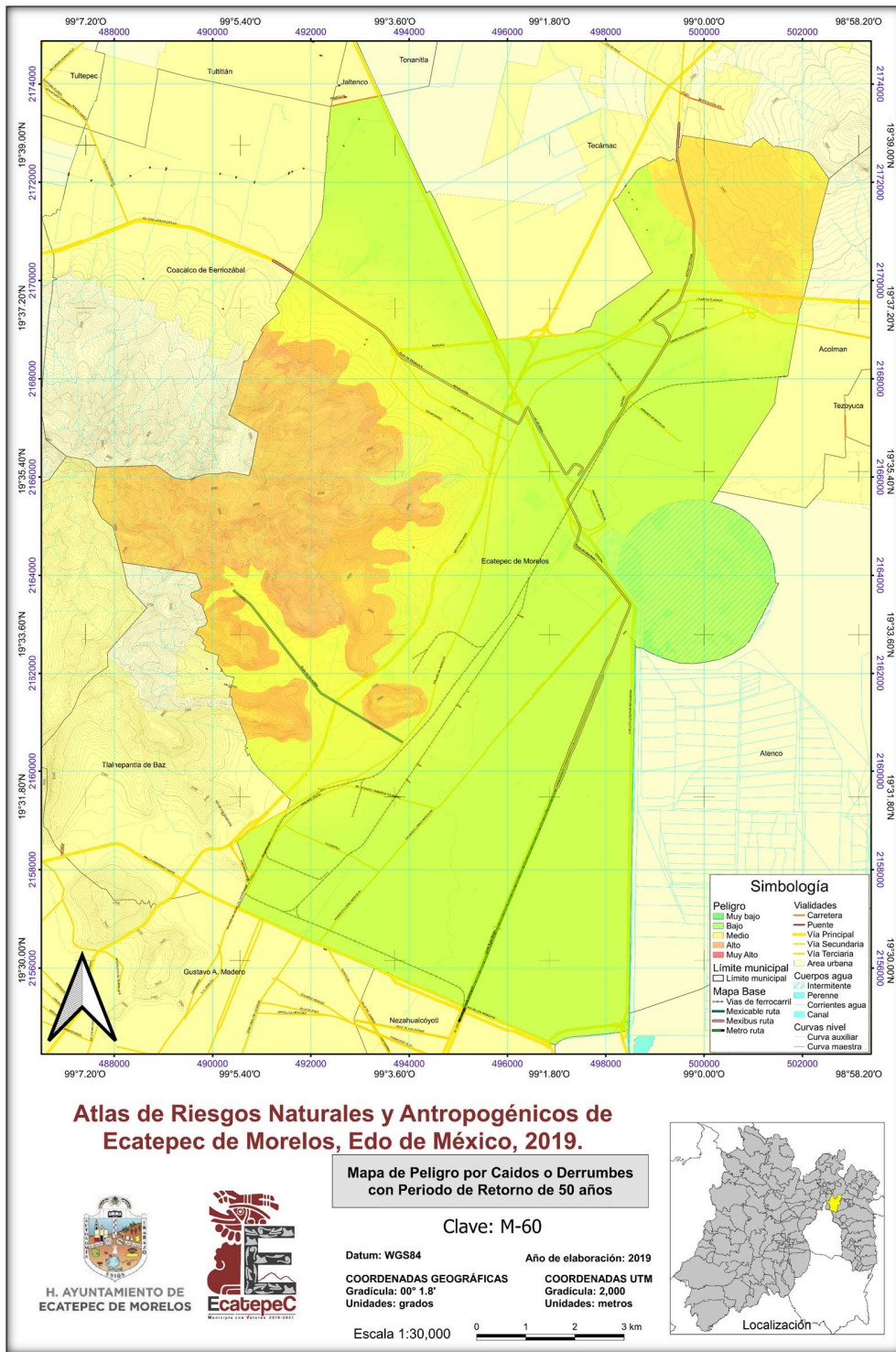
Mapa 24 Peligro por Caídos o Derrumbes con Periodo de 5 años.



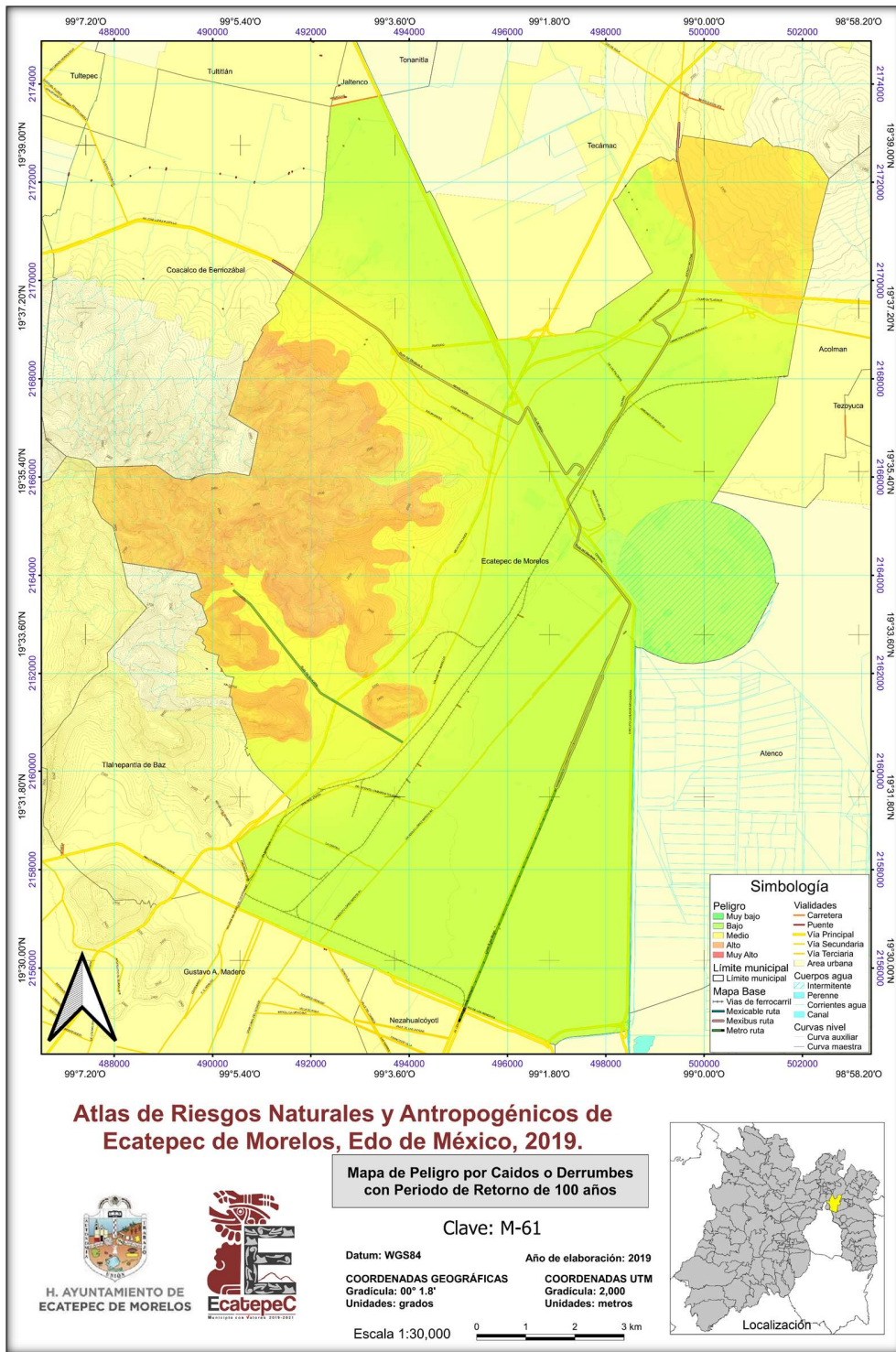
Mapa 25 Peligro por Caídos o Derrumbes con Periodo de 10 años.



Mapa 26 Peligro por Caídos o Derrumbes con Periodo de 20 años.



Mapa 27 Peligro por Caídos o Derrumbes con Periodo de 50 años.



Mapa 28 Peligro por Caídos o Derrumbes con Periodo de 100 años.

Fuente: Elaboración propia

5.2 RIESGO

Según la Ley General de Protección Civil el Riesgo se denomina como los daños o pérdidas probables sobre un afectable, que se da por la interacción de su vulnerabilidad y la exposición al agente perturbador, esto quiere decir que el riesgo es una probabilidad de que la población y sus bienes sean afectados por la ocurrencia de eventos relacionados con los movimientos de masa como se ha visto en el punto anterior.

Para el análisis de riesgo se ocupó la metodología señalada en la Guía de Contenido Mínimo en la cual para el desarrollo del Riesgo se utilizó la vulnerabilidad social y física a partir del Grado de Marginación (INEGI, Índice de marginación (carencias poblacionales) por localidad, municipio y entidad, 2017) la cual fue desarrollada por el personal del Instituto y aplicada en la metodología.

El grado de clasificación cualitativa ante dicho fenómeno perturbador se enlistó en cinco niveles según el grado de Riesgo para la población y fue calculado a nivel Manzana utilizando el Marco Geoestadístico del INEGI (INEGI, Marco Geoestadístico, 2018):



Por lo anterior aplicando la metodología antes citada se identificaron zonas de riesgo en el municipio de Ecatepec de Morelos y se mencionan a continuación.

5.2.1 Ejemplos de Riesgo por Deslizamiento de Laderas

A. Talud Texalpa

Tabla 25 Datos de Talud Texalpa

Talud Texalpa	
Tipo de Fenómeno	Geológico
Fenómeno perturbador	Deslizamiento de Ladera
Área de Afectación	34,147.13 m ²
Geología de la Región	Intercalación de depósitos volcánicos y Lahares
Edafología	Asentamiento Urbano
Uso de Suelo y Vegetación	Urbano
Peligro	Muy alto
Nivel de Vulnerabilidad	Medio
Vulnerabilidad Social Mínima Expuesta	683 personas.
Vulnerabilidad Física Mínima Expuesta	3 manzanas
Estudios de la zona	Estudios Geofísicos

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1.1.1 Descripción de la zona de riesgo

El Talud de Texalpa delimita las colonias de Texalpa y Cuauhtémoc, sobre la calle de Ruiz Cortines, se han encontrado referencias de que anteriormente era una mina en donde se explotaban materiales térreos para construcción y actualmente se encuentra abandonada e invadida por la mancha urbana.

Geológicamente el sitio se localiza en un ambiente vulcano-sedimentario, el cual descansa sobre un basamento ígneo. Los depósitos vulcanoclásticos (lahares y tobas) constituyen el subsuelo del lugar, presenta heterogeneidad granulométrica y una matriz constituida principalmente de arcilla, lo que da una menor estabilidad mecánica en comparación al basamento rocoso. Como producto de la erosión en superficie tiene depósitos aluviales no consolidados, constituidos por clastos y material de las unidades anteriores.

Por las condiciones antes mencionadas esto aumenta el grado de peligro en el que se encuentra el polígono de estudio, se han construido edificaciones habitacionales cercanas a un talud construido sin una planificación o consideración por estas estructuras. Debido a varios desprendimientos y deslizamientos cercanos a la corona del talud, se ha realizado un estudio para determinar el riesgo de las edificaciones y el estado de las unidades litológicas que componen el talud.



Foto 1 Talud Texalpa vista paralela a la calle Ruiz Cortínez, dirección sur.

El talud fue evaluado en dos márgenes; el norte constituido por depósitos vulcanoclásticos de baja velocidad y el Sur con unidades volcánicas más consolidadas. En todos los perfiles se marcaron los contactos litológicos y se dio una interpretación geológica con base en las propiedades y el tipo de litología local.

En la porción Norte, las unidades están menos consolidadas, son más susceptibles a desarrollar una cizalla que puede movilizarse de forma rotacional. Los contrastes de compacidad son menos evidentes debido a la compensación de los sedimentos que constituyen las unidades, no obstante, existe un basculamiento en la zona cercana a la línea de rotación.

En la porción Sur, la mayor compacidad de las unidades vuelve evidente el contraste, no obstante, sus características le dan mayor estabilidad al talud. La rotación es poco probable en comparación con el desprendimiento por falla. El agua al actuar como agente erosivo en la estructura del talud, debe ser evitado para reducir el continuo desgaste de la estructura.

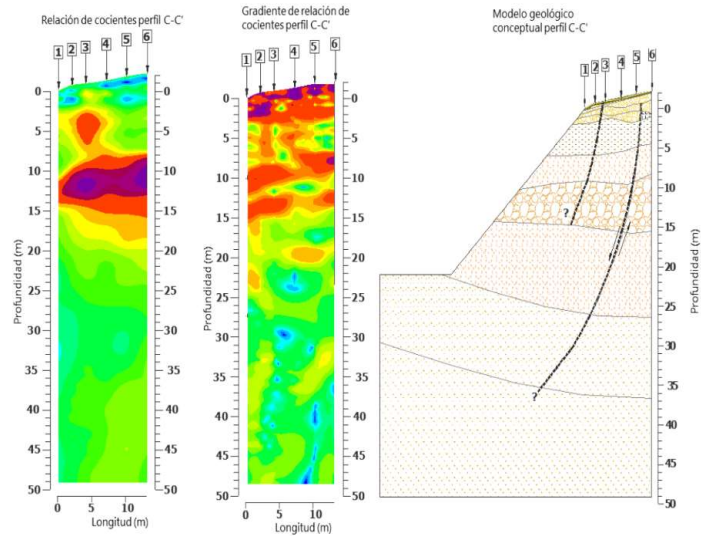


Ilustración 1 Perfil sísmico del talud Texalpa



Foto 2 Talud Texalpa, vista de perfil, con la base del talud en la calle de Ruiz Cortínez.



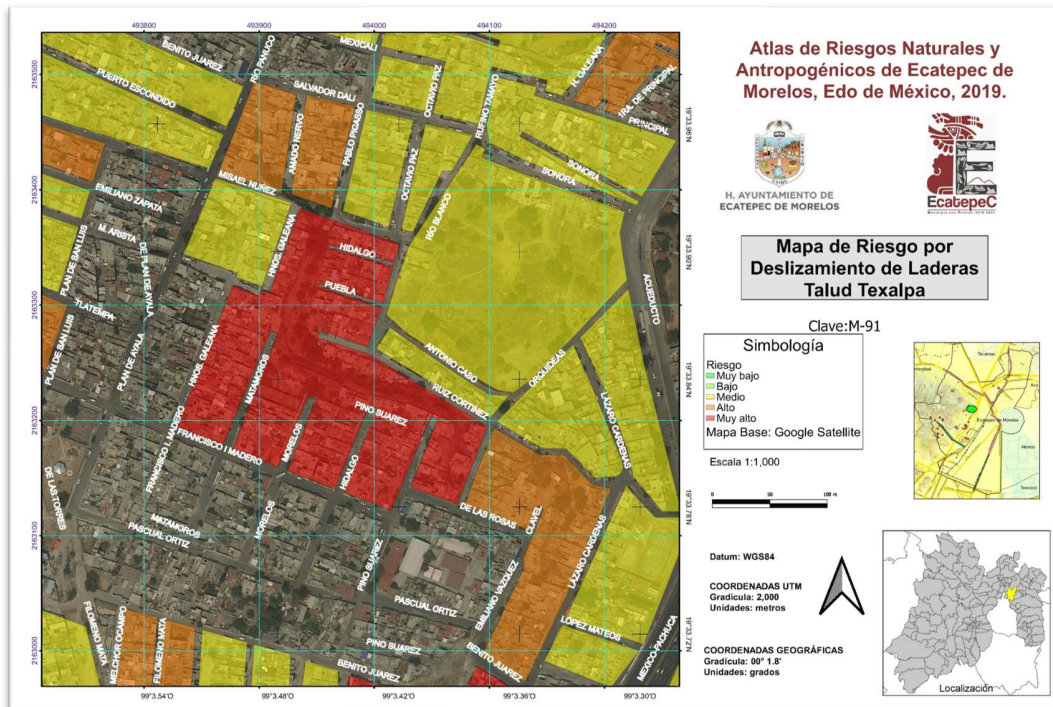
Foto 3 Domicilios afectados en la base del talud.



Foto 4 Parte trasera de casa afectadas por caída de material en talud Texalpa.



Foto 5 Vista en dirección Poniente del talud Texalpa con un muro de contención al fondo.



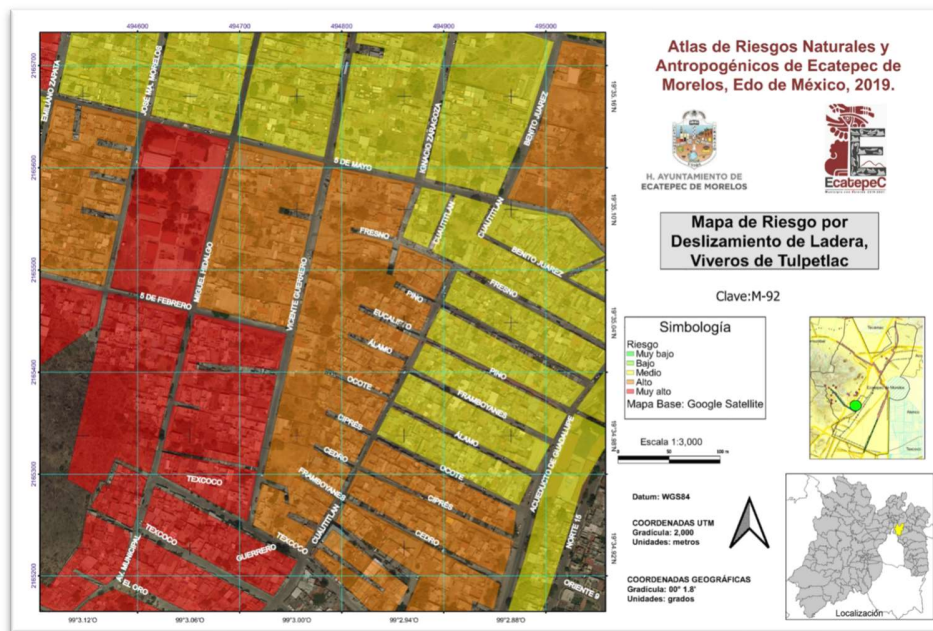
Mapa 30 Riesgo por Deslizamiento de Ladera, Talud Texalpa

Fuente: Elaboración Propia.

B. *Viveros de Tulpetlac*

Tabla 26 Datos Viveros Tulpetlac

Talud Viveros de Tulpetlac	
Tipo de Fenómeno	Geológico
Fenómeno perturbador	Deslizamiento de Ladera
Área de Afectación	32321 m ²
Geología de la Región	Intercalación de depósitos volcánicos y Lahares
Edafología	Asentamiento Urbano
Uso de Suelo y Vegetación	Urbano
Peligro	Muy alto
Nivel de Vulnerabilidad	Alto
Vulnerabilidad Social Mínima Expuesta	819 personas.
Vulnerabilidad Física Mínima Expuesta	209 viviendas
Estudios de la zona	Sin estudios



Mapa 31 Riesgo por Deslizamiento de Ladera, Viveros de Tulpetlac

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1.1.2 Descripción de la zona de riesgo

El talud de Viveros de Tulpetlac se encuentra ubicado en la colonia con el mismo nombre. Geológicamente el sitio comparte las mismas características del Talud Texalpa. Como producto de la erosión en la parte más superficial se tienen depósitos aluviales no consolidados, constituidos por clastos y material de las unidades anteriormente descritas, con una altura aproximada de 15-20 m, con ángulos que van de 70 a 90°, se reconoció caída de material en temporada de lluvias por los colonos que habitan los alrededores.

En la corona y base del talud se encuentran edificaciones de mampostería de Tipo 1, en algunos casos las bardas descansan en la cara del talud aumentando el grado de peligro. En la cara del talud también se han detectado cárcavas favorecidas por la fauna del sitio que al hacer sus nidos desgasta la cara del talud (palomas y otras aves) y por acciones del agua de lluvia que remueve y altera esta zona. La zona no cuenta con estudios para determinar la estabilidad del talud y así poder determinar el área de influencia para algún tipo de desprendimiento o deslizamiento.

Algunas de las construcciones se encuentran en contacto directo con la cara del talud aumentando el peligro exponencialmente.



Foto 6 Cara del talud en la calle de Eucalipto



Foto 7 Cárcavas y huecos en la cara del talud y casa descansando sobre esta.



Foto 8 Casas con posible afectación por desprendimiento de material del talud.



Foto 9 Construcciones en contacto directo con la cara del talud.

5.2.2 Ejemplo de Riesgo por Flujos

A. Las Venitas

Tabla 27 Datos de Las Venitas

Las Venitas	
Tipo de Fenómeno	Geológico
Fenómeno perturbador	Flujos
Área de Afectación	m ²
Geología de la Región	Rocas ígneas de composición Dacítica
Edafología	Asentamiento Urbano
Uso de Suelo y Vegetación	Urbano
Peligro	Muy alto
Nivel de Vulnerabilidad	Alto
Vulnerabilidad Social Mínima Expuesta	1,838 personas.
Vulnerabilidad Física Mínima Expuesta	22 Manzanas
Estudios de la zona	Sin estudios



Mapa 32 Riesgo por Flujos, Las Venitas.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2.1.1 Descripción de la zona de riesgo

La geología de la zona está conformada por rocas de composición dacítica muy fracturadas y erosionadas. Los principales peligros observados en la zona se presentan como derrumbes, caída de rocas, flujo de escombros, arrastramiento o una combinación de estos.

La sierra de Guadalupe presenta una elevación aproximada de 3,000 m sobre el nivel del mar, por lo que, en épocas de lluvias la captación de agua llega a ser muy alta y los ríos estacionales presentan una corriente turbulenta y rápida.

Parte de la problemática presente en la zona se debe a que los colonos de esta zona han construido dentro del derecho de vía de la cañada, imposibilitando el libre tránsito de las aguas abajo del río, se detectaron construcciones de losa con columnas fijas al lecho del río, como se mencionó, en temporadas de lluvias estas colapsan provocando daños y pérdidas patrimoniales por inundaciones y el arrastre de vegetación y de rocas.

Como parte de soluciones previas ante las lluvias torrenciales, se observó en el lugar tres presas de gavión, de las cuales, unas de ellas presentan daños estructurales provocados por el afluente (Ilustración 3). La inspección en este lugar no se pudo verificar detalladamente, ya que, por características de la zona, se dificultaba el descenso al sitio por lo que no podemos descartar que se presenten más daños como este en otras estructuras de Gavión.



Foto 10 Límites del Área Federal y la mancha urbana.



Foto 11 Presa gaviones colocadas a lo largo de la cañada.



Foto 12 Gaviones Dañados por los Flujos ocurridos en la zona.

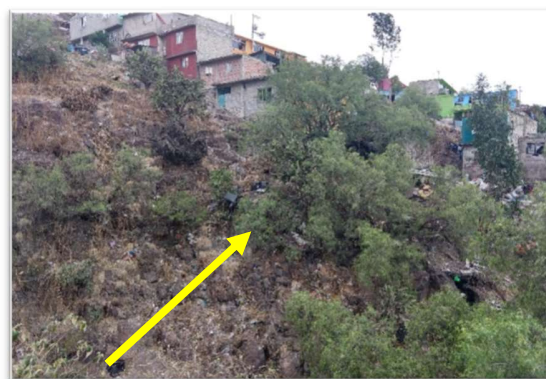


Foto 13 Casas construidas en las pendientes de la cañada.

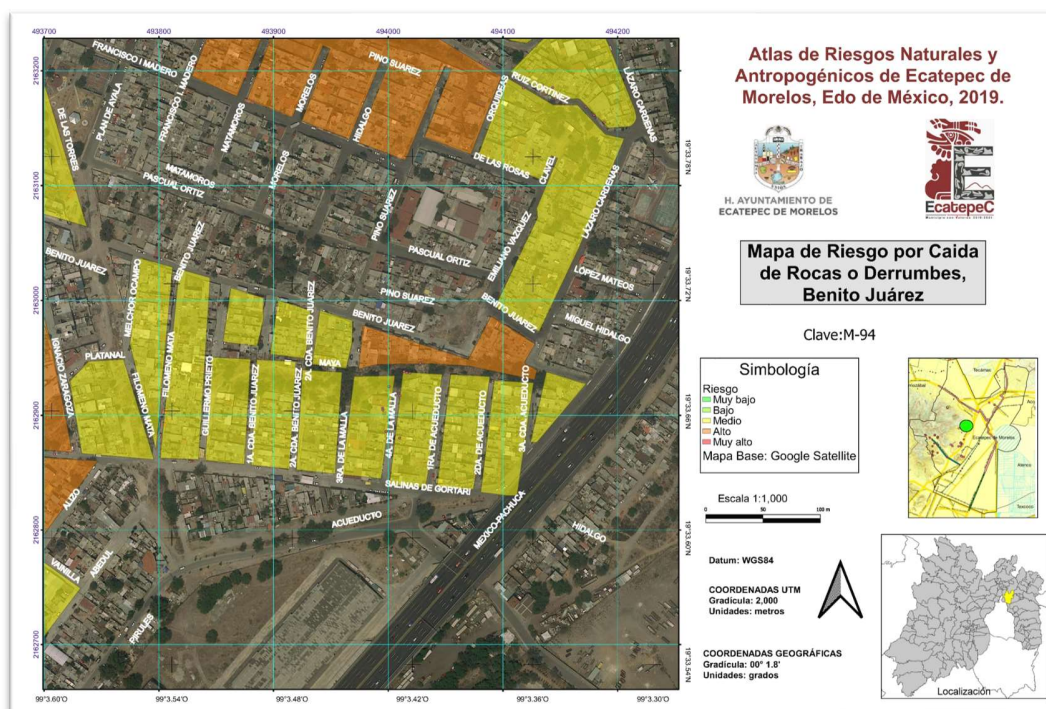
I.1.2 Ejemplos de Riesgo por Caídas o Derrumbes

A. Benito Juárez

Tabla 28 Datos de Benito Juárez

Benito Juárez	
Tipo de Fenómeno	Geológico
Fenómeno perturbador	Deslizamiento de Ladera
Área de Afectación	m ²
Geología de la Región	Brecha volcánica y lahares
Edafología	Asentamiento Urbano
Uso de Suelo y Vegetación	Urbano
Peligro	Alto
Nivel de Vulnerabilidad	Medio
Vulnerabilidad Social Mínima Expuesta	1,7190 personas.
Vulnerabilidad Física Mínima Expuesta	18 Manzanas
Estudios de la zona	Sin estudios

Fuente: Elaboración Propia.



Mapa 33 Riesgo por Caida de Rocas, Benito Juárez.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2.1.2 Descripción de la zona de riesgo

El talud se encuentra ubicado en la colonia Benito Juárez, geológicamente el sitio se localiza en un ambiente vulcano-sedimentario, el cual descansa sobre un basamento ígneo. Está

compuesto por rocas de diferentes tamaños que oscilan en el orden de los cm a los 2 metros en algunas partes de la cara del talud, con una altura aproximada de 15-20 m y con ángulos que van de 70 a 90°; se han registrado desprendimientos de rocas de gran tamaño que han afectado algunas bardas de los domicilios,

En la corona y base del talud se encuentran edificaciones habitacionales, en algunos casos; La zona no cuenta con estudios para determinar la estabilidad del talud y así poder determinar el área de influencia y la calidad de la roca que se encuentra expuesta.



Foto 14 Zona de riesgo Col. Benito Juárez, casas en corona y pie del talud.



Foto 15 Vegetación en parte del cuerpo del talud.



Foto 16 Caídos de rocas en las bardas de las casas.



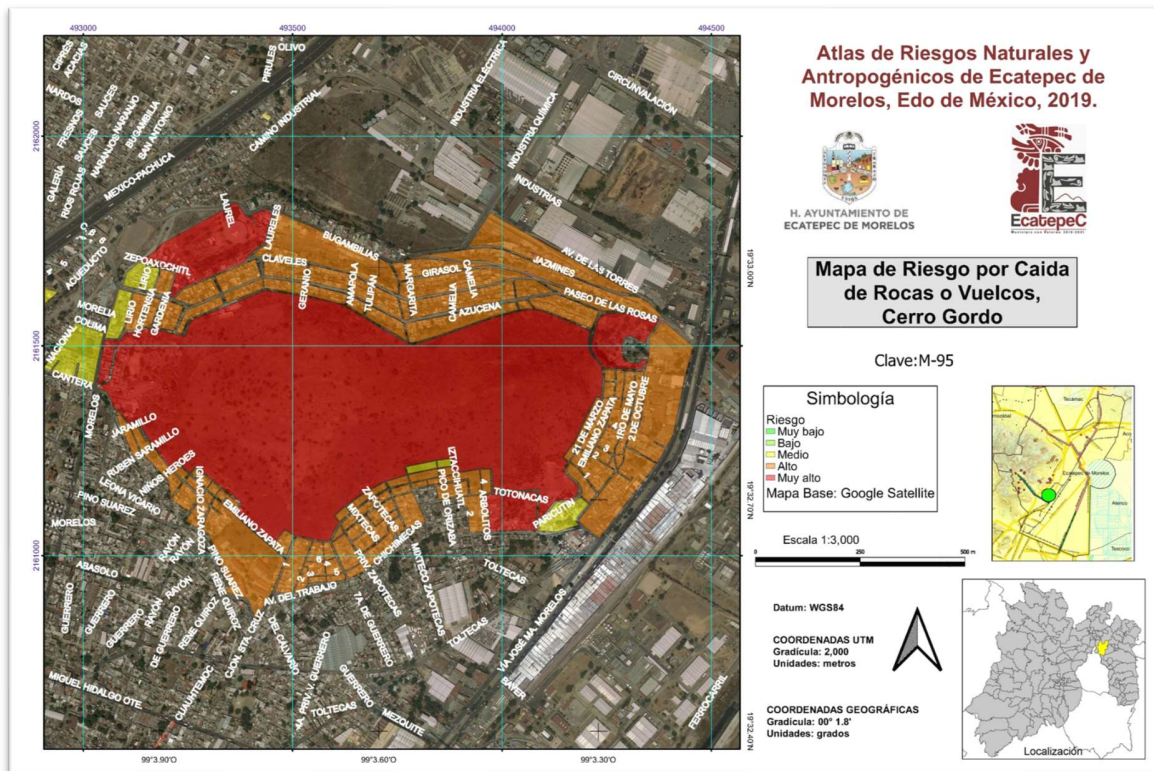
Foto 17 Pared del talud con rocas salientes y en peligro de caída.

B. Cerro gordo

Tabla 29 Datos de Cerro Gordo

Cerro Gordo	
Tipo de Fenómeno	Geológico
Fenómeno perturbador	Caída de Rocas o Derrumbes
Área de Afectación	655583 m ²
Geología de la Región	Roca ígnea de composición Dacítica
Edafología	Asentamiento Urbano
Uso de Suelo y Vegetación	Urbano
Peligro	Muy alto
Nivel de Vulnerabilidad	Medio
Vulnerabilidad Social Mínima Expuesta	4,348 personas.
Vulnerabilidad Física Mínima Expuesta	80 manzanas
Estudios de la zona	Sin estudios

Fuente: Elaboración Propia.



Mapa 34 Riesgo por Caída de Rocas, Cerro Gordo.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2.1.3 Descripción de la zona de riesgo

En el cerro se encuentran ubicadas los barrios de Bellavista, el Gallito, San Ignacio, Cerro Gordo, Santa Clara Rinconada de Santa Clara, Buenavista, Carlos Hank González y La Palma. Geológicamente el sitio se localiza en un ambiente volcánico que forma parte del complejo de

la Sierra de Guadalupe. Está compuesto por rocas ígneas de composición Dacítica, este material ha sido explotado a lo largo de la historia por los pobladores de la región y se ha utilizado como agregados, mampostería y otros materiales de construcción. En la actualidad cuenta con tres zonas de explotación, la más grande está ubicada en la parte poniente y las otras dos en la parte oriente. En la parte alta al ser considerada una manzana se presentan zonas de riesgo que consideran toda la parte alta del Cerro

Por las condiciones antes mencionadas esto aumenta el grado de Riesgo en el que se encuentra el polígono de estudio, se han construido edificaciones habitacionales cerca de los cortes y sin una planificación o consideración por estas estructuras. Dentro del riesgo que representa esta zona se ha detectado la caída de rocas en las zonas explotadas y deforestadas.



Foto 18 Mina de explotación de materiales zona poniente.



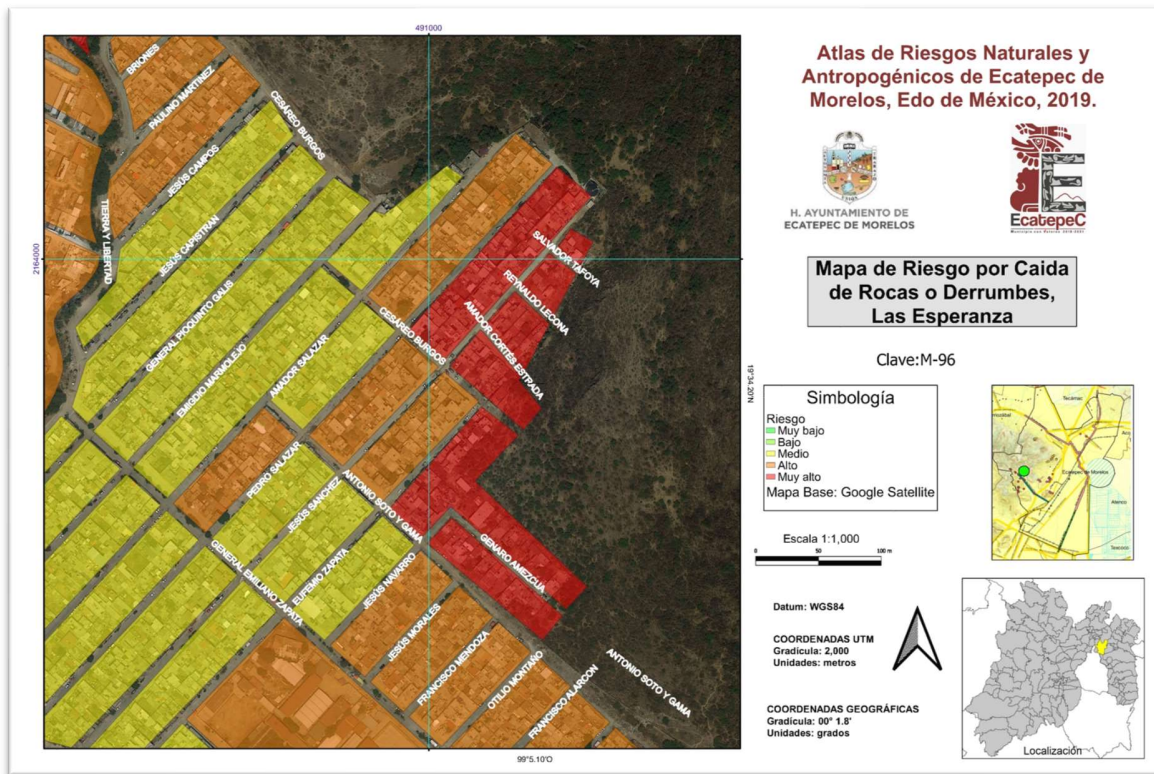
Foto 19 Cimentación de casas en zonas de antiguos flujos de roca.

C. La Esperanza

Tabla 30 Datos La Esperanza.

La Esperanza	
Tipo de Fenómeno	Geológico
Fenómeno perturbador	Caída de Rocas y Derrumbes
Área de Afectación	48,317 m ²
Geología de la Región	Rocas ígneas de Composición dacítica
Edafología	Asentamiento Urbano
Uso de Suelo y Vegetación	Urbano
Peligro	Muy alto
Nivel de Vulnerabilidad	Muy Alto
Vulnerabilidad Social Mínima Expuesta	1,185 personas.
Vulnerabilidad Física Mínima Expuesta	13 manzanas
Estudios de la zona	Sin estudios

Fuente: Elaboración Propia.



Mapa 35 Riesgo por Caída de Rocas, La Esperanza.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2.1.4 Descripción de la zona de riesgo

Esta zona de estudio se encuentra en la parte sur poniente del municipio, la zona se encuentra en los límites del Área Natural Protegida y la mancha urbana, geológicamente

esta región está constituida por rocas dacíticas con algunos flujos de escombros visibles en las bases de las edificaciones, que van de tamaños de 20 cm a 5 m en algunas zonas.

Por las condiciones antes mencionadas esto aumenta el grado de peligro en el que se encuentra el polígono de estudio, se han construido edificaciones habitacionales cerca de los cortes y se han construido sin una planificación o consideración por estas estructuras. Dentro del riesgo que representa esta zona se ha detectado la caída de rocas en las zonas explotadas y deforestadas.



Foto 20 Viviendas en el límite de la zona urbana y el área natural protegida.



Foto 21 Fragmentos de roca provenientes de la parte alta en zona urbana.

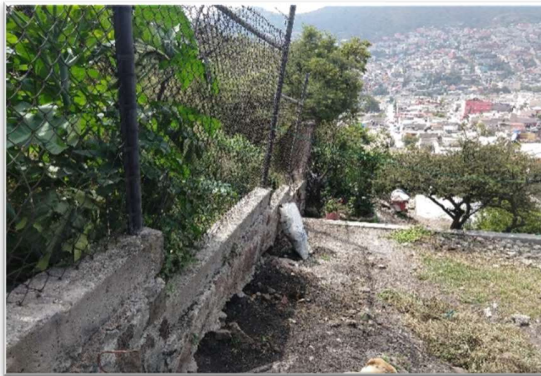


Foto 22 Barda desplazada por las condiciones de caída de rocas y flujos en la zona.



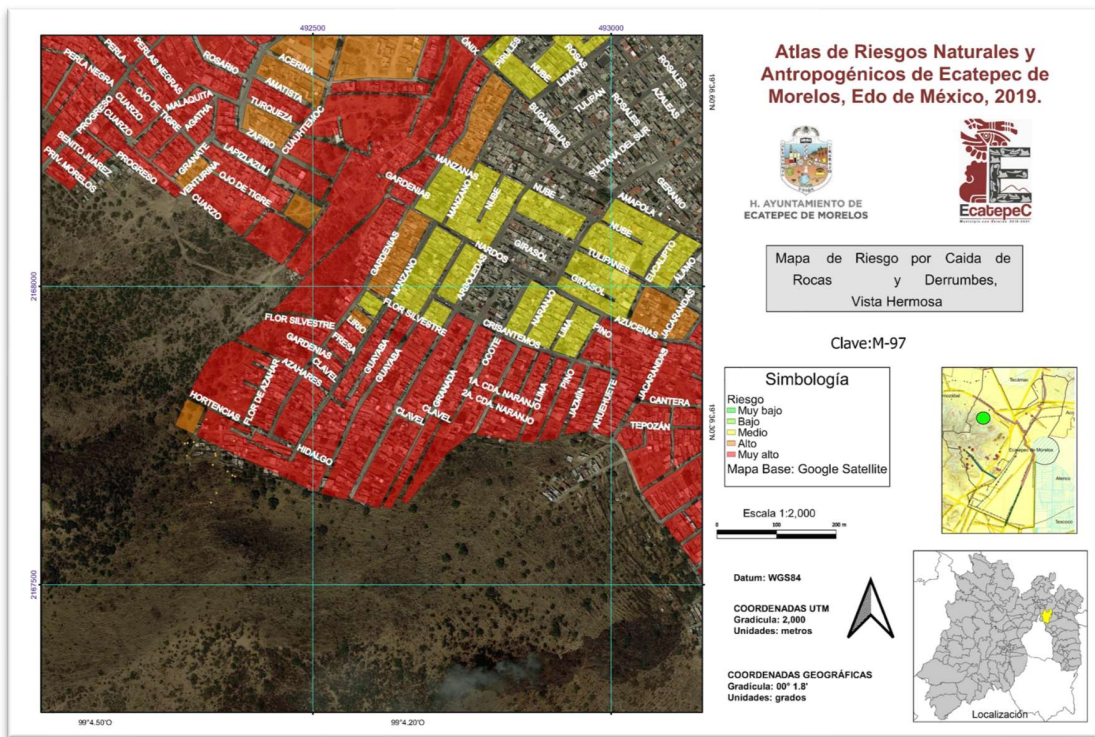
Foto 23 Limite de la reserva.

D. Colonia Vista Hermosa

Tabla 31 Datos de la Colonia Vista Hermosa

Vista Hermosa	
Tipo de Fenómeno	Geológico
Fenómeno perturbador	Caída de Rocas y Derrumbes
Área de Afectación	m ²
Geología de la Región	Roca ígnea de composición
Edafología	Asentamiento Urbano
Uso de Suelo y Vegetación	Urbano
Peligro	Muy Alto
Nivel de Vulnerabilidad	Muy Alto
Vulnerabilidad Social Mínima Expuesta	1,838 personas.
Vulnerabilidad Física Mínima Expuesta	22 Manzanas
Estudios de la zona	Sin estudios

Fuente: Elaboración Propia.



Mapa 36 Riesgo por Caída de Rocas, Vista Hermosa.

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2.1.5 Descripción de la zona de riesgo

La zona se encuentra ubicada en la colonia de Vista hermosa en la parte norponiente del municipio, la geología de la región está compuesta por lahares y rocas ígneas de composición Dacítica muy fracturada en las partes altas, con bloques que van de 0.30 a 5 m en algunas zonas, el peligro de la zona es por vuelcos o caída de rocas, pendientes mayores de 35°, con un espesor de suelo no mayor a 30 cm, la zona más crítica cuenta con

una barda de contención de 40 cm de espesor y 1.90 m de altura , las estructuras de las casas utilizan esta barda de contención como parte de las mismas



Foto 24 Bloques sueltos y diferentes tamaños de rocas disgregadas en el cuerpo de la ladera.



Foto 25 Vista de perfil en dirección sur de la zona de desprendimientos.

6 BIBLIOGRAFÍA

- BEERS, G. &. (3 de Julio de 2018). *GIS & BEERS*. Obtenido de GIS & BEERS: <http://www.gisandbeers.com/calculo-del-indice-topografico-de-humedad-twi/>
- CENAPRED. (2014). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica)*. Distrito Federal: CENAPRED.
- CENAPRED. (19 de Noviembre de 2015). *Centro Nacional de Prevención de Dasastres*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/cual-es-la-utilidad-de-los-atlas-de-riesgos-conveccionnacionaldeproteccioncivil2015>
- CENAPRED. (2016). *ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- CONABIO. (2018). *PORTAL DE GEOINFORMACIÓN*. Obtenido de PORTAL DE GEOINFORMACIÓN: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Federal, S. d. (2017). *Clasificación de Niveles de Alerta por Fenómenos Hidrometeorológicos*. Ciudad de México.
- IIDEAR. (2020). *Fenómenos Perturbadores*. CDMX.
- INEGI. (01 de 01 de 2017). *Índice de marginación (carencias poblacionales) por localidad, municipio y entidad*. Obtenido de Datos Abiertos: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indice-de-marginacion-carencias-poblacionales-por-localidad-municipio-y-entidad>
- INEGI. (2018). *Marco Geoestadístico*. Ciudad de México.
- México, E. L. (2016). *Libro Sexto del Código Administrativo del Estado de México*. Toluca: Gobierno del Estado de México.
- México, G. d. (2021). *Ley General de Protección Civil (LGPC)*. Estados Unidos Mexicanos: Diario Oficial de la Federación.
- Morelos, C. d. (2017). *Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec de Morelos*. Ecatepec de Morelos: SD.
- Morelos, M. d. (2006). *Reglamento de Protección Civil y Bomberos*. Ecatepec de Morelos.
- SIGEMA. (2014). *Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Guadalupe Victoria*. Guadalupe Victoria: Secretaría de Desarrollo Territorial y Urbano (SEDATU).
- Transporte, I. M. (2012). *Metodología para la Gestión de Cortes Carreteros*. Querétaro, México.