



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE
CHIAPAS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DE
RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO**

TESIS

**EL PAISAJE COMO UNIDAD DE ANÁLISIS PARA
EVALUAR LA SUSCEPTIBILIDAD A
DESLIZAMIENTOS DE LA CUENCA ARROYO
SABINAL, TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO
CLIMÁTICO**

PRESENTA

ANA JUDITH DE COSS PÉREZ

DIRECTOR

DR. HORACIO MORALES IGLESIAS

CO-DIRECTOR

DR. LUIS GIOVANNI RAMÍREZ SÁNCHEZ

ASESOR

DR. LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS. FEBRERO DE 2024



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 15 de enero de 2024
Oficio No. SA/DIP/0030/2024
Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Ana Judith De Coss Pérez
CVU: 1190353
Candidata al Grado de Maestra en Gestión de Riesgos y Cambio Climático
Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático
UNICACH
Presente

Con fundamento en la opinión favorable emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **El paisaje como unidad de análisis para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos de la cuenca Arroyo Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas** cuyo Director de tesis es el Dr. Horacio Morales Iglesias (CVU: 922632) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestra en Gestión de Riesgos y Cambio Climático**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
"Por la Cultura de mi Raza"

Dra. Carolina Orantes García
Directora



C.c.p. Dra. Sandra Uranía Moreno Andrade, Directora del Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH. Para su conocimiento.
Mtra. Ana Lucía López Pimentel, Coordinadora del Posgrado, Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

RJAG/COG/igp/gv

2024 Año de Felipe Carrillo Puerto
BENEMÉRITO DEL PROLETARIADO,
REVOLUCIONARIO Y DEFENSOR DEL MAYAB.



Dirección de Investigación y Posgrado
Libramiento Norte Poniente 1550 C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Teléfono: (961) 61 70440 Ext: 4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

Dedicatoria

A Dios, mi Guía, mi Fuerza, mi Consolador, mi Refugio y mi Amigo Fiel.

A mi papá Roberto † por ser mi ejemplo y mi motivación.

A mi mamá Eudocia Amparo por sus consejos y su compañía.

A mis hermanos por impulsarme a concluir un grado más de mis estudios.

Agradecimientos

Dad gracias en todo, porque esta es la voluntad de Dios para con vosotros en Cristo Jesús. 1 Tesalonicenses 5:18. Agradezco a Dios por darme la vida, la sabiduría y las fuerzas para concluir una de mis metas.

A mis padres, Roberto † y Eudocia Amparo que desde pequeña me inculcaron a luchar por mis sueños, por apoyarme en todo momento, por sus consejos y acompañarme en cada etapa de mi vida.

Director de tesis, Dr. Horacio Morales Iglesias por su apoyo, paciencia, consejos y por animarme siempre a seguir adelante.

Co-director, Dr. Luis Giovanni Ramírez Sánchez, por compartir sus conocimientos, su tiempo, dedicación y por guiarme durante el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Asesor, Dr. Luis Miguel Espinosa Rodríguez, por sus asesorías, enseñanzas impartidas y orientación en la elaboración de mi tesis.

Mis hermanos que me brindaron su apoyo moral y me impulsaron a seguir creciendo.

Amigos, Obed gracias por tu apoyo incondicional, Griseida, Diana, Marco Peralta, Jorge, por su compañía durante este proceso de mis estudios.

UNICACH, en particular al Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, por darme la oportunidad de mi formación a nivel posgrado.

CONAHCYT por la beca otorgada durante mis estudios de maestría en "Gestión de Riesgos y Cambio Climático".

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Hipótesis.....	6
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Preguntas de investigación.....	6

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

2.1 Cartografía y aplicación de los Paisajes Físico-Geográficos.....	7
2.2 Susceptibilidad a deslizamientos de laderas.....	11

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1 Geoecología del paisaje.....	15
3.1.1 Geoecología.....	15
3.1.2 Paisajes Físico-Geográficos.....	15
3.2 Procesos de remoción en masa.....	17
3.2.1 Factores que influyen en los procesos de remoción en masa.....	18
3.2.2 Clasificación de los tipos de movimiento.....	19
3.3 Deslizamientos.....	19
3.4 Zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento de laderas.....	21
3.4.1 Método heurístico.....	22
3.4.2 Método determinístico.....	22
3.4.3 Método estadístico.....	22
3.5 Amenaza a deslizamientos de laderas.....	23
3.6 Eventos registrados por procesos de remoción en masa en el estado de Chiapas.....	24

CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio.....	35
4.1.1 Cuenca del Arroyo Sabinal.....	35
4.2 Aspectos físico-geográficos.....	36
4.2.1 Litología.....	36
4.2.2 Edafología.....	38
4.2.3 Cobertura vegetal y uso de suelo.....	40
4.2.4 Clima.....	42
4.2.5 Hidrología.....	42
4.3 METODOLOGÍA	
4.3.1 Etapa 1. Revisión de información biblio-cartográfica.....	42
4.3.2 Etapa 2. Clasificación de las unidades de paisajes físico-geográfico.....	43
4.3.3 Etapa 3. Identificación de las zonas susceptibles a deslizamiento de laderas.....	45
4.3.4 Trabajo de campo.....	49
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1 Factores diferenciadores de los paisajes.....	50
5.2 Características de las unidades de paisajes.....	51
5.3 Trabajo de campo.....	56
5.4 Susceptibilidad a deslizamientos en la cuenca Arroyo Sabinal.....	68
5.5 Zonificación de amenaza.....	82
CONCLUSIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deslizamiento rotacional.....	20
Figura 2. Deslizamiento traslacional.....	21
Figura 3. Viviendas deterioradas en la colonia La Cueva del Jaguar.....	25
Figura 4. Deslizamiento rotacional en la carretera Tuxtla Gutiérrez – Villaflores.	25
Figura 5. Deslizamiento traslacional, Juan de Grijalva, Ostuacán.....	26
Figura 6. Flujo de detritos en Motozintla.....	27
Figura 7. Casas demolidas por deslizamiento y flujo en la colonia Lomas del Oriente.....	27
Figura 8. Deslizamiento de ladera en el municipio de Amatán.....	28
Figura 9. Flujo de lodo en Nueva Colombia, municipio de Ángel Albino Corzo....	29
Figura 10. Afectación en las viviendas de la localidad Matzam, municipio de Tenejapa.....	30
Figura 11. Deslizamientos y flujos.....	30
Figura 12. Deslizamiento de laderas en el Cantón Chiquihuite, Unión Juárez....	31
Figura 13. Deslizamiento de tierra en el municipio de Chamula.....	31
Figura 14. Deslizamientos en Acapetahua, Escuintla, Tapachula y Catazajá...	32
Figura 15. Deslizamiento de Laderas en el municipio de Amatán.....	33
Figura 16. Deslizamiento de tierra, Tuxtla Gutiérrez.....	33
Figura 17. Localización de la Cuenca Arroyo Sabinal.....	35
Figura 18. Litología.....	37
Figura 19. Edafología.....	39

Figura 20. Cobertura vegetal y uso de suelo.....	41
Figura 21. Diagrama de flujo de la secuencia metodológica.....	48
Figura 22. Paisajes Físico-geográficos de la cuenca Arroyo Sabinal.....	55
Figura 23. Trabajo de campo para verificación de la cartografía de paisajes.....	57
Figura 24. A) III. Rampas de piedemontes fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo. B) I. Montañas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	58
Figura 25. A) III. Rampas de piedemontes fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo. B) I. Montañas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	59
Figura 26. VIII. Planicies onduladas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	60
Figura 27. VIII. A) Planicies onduladas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	61
Figura 28. A) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	62
Figura 29. A) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	63
Figura 30. A) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido	

subhúmedo.....	64
Figura 31. II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	65
Figura 32. II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	66
Figura 33. II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	67
Figura 34. A) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.....	68
Figura 35. Grados de susceptibilidad a deslizamientos.....	70
Figura 36. Susceptibilidad a deslizamientos de laderas.....	71
Figura 37. Grado de susceptibilidad Muy Baja.....	73
Figura 38. Grado de susceptibilidad Baja.....	75
Figura 39. Grado de susceptibilidad Media.....	77
Figura 40. Grado de susceptibilidad Alta.....	79
Figura 41. Grado de susceptibilidad Muy Alta.....	81
Figura 42. Zonificación de amenaza a deslizamientos	85
Figura 43. Grado de amenaza Muy Baja.....	87
Figura 44. Grado de amenaza Baja.....	89
Figura 45. Grado de amenaza Media.....	91
Figura 46. Grado de amenaza Alta.....	93
Figura 47. Grado de amenaza Muy Alta.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios realizados con un enfoque geoecológico.....	7
Tabla 2. Trabajos realizados sobre susceptibilidad a procesos de remoción en masa y deslizamientos de laderas.....	11
Tabla 3. Factores condicionantes y desencadenantes.....	19
Tabla 4. Insumos utilizados para la caracterización y obtención de los elementos bio-físicos.....	43
Tabla 5. Niveles taxonómicos de las unidades de paisajes.....	44
Tabla 6. Ponderaciones de variables	47
Tabla 7. Localidades de paisajes en la cuenca.....	53
Tabla 8. Datos recabados del trabajo de campo.....	56
Tabla 9. Definición de los grados de susceptibilidad a deslizamientos de ladera.....	69
Tabla 10. Paisajes con grado de susceptibilidad Muy Baja.....	72
Tabla 11. Paisajes con grado de susceptibilidad Baja.....	74
Tabla 12 Paisajes con grado de susceptibilidad Media.....	76
Tabla 13. Paisajes con grado de susceptibilidad Alta.....	78
Tabla 14. Paisajes con grado de susceptibilidad Muy Alta.....	80
Tabla 15. Zonificación de amenaza en la cuenca.....	83
Tabla 16. Zonificación de la cuenca a nivel de manzanas.....	83
Tabla 17. Zonificación de la cuenca a nivel de localidades.....	84

RESUMEN

En México, uno de los peligros naturales que más desastres ocasionan; son los deslizamientos de laderas, debido al sistema montañoso, las intensas lluvias y las actividades humanas (deforestación y cambio de uso de suelo) que en su territorio se presentan. Esto tiene como consecuencia pérdidas de vidas humanas y económicas, afectando a la infraestructura de viviendas, drenaje, vías de comunicación, alumbrado público, entre otros. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas a partir del análisis de unidades de paisajes físico-geográficos a escala 1:50 000, para contribuir a la generación de estrategias de prevención y/o mitigación ante este tipo de fenómenos. La elaboración cartográfica de los paisajes se basó en los preceptos teórico-metodológicos de la geoecología y para la identificación de la susceptibilidad se aplicó el método de Mora-Vahrson (1994). Como resultado se obtuvo la tipología del mapa de paisajes con la cual se identificaron que las zonas con un grado de susceptibilidad media, alta y muy alta se encuentran en los paisajes compuestos por Montañas, Lomeríos y Piedemontes, debido a que presentan características favorables para la ocurrencia de deslizamientos como: pendientes pronunciadas, tipo de roca, tipo de suelo y uso de suelo. La aplicación de la metodología para la zonificación de la susceptibilidad a partir de unidades de paisajes permitió conocer las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas a partir de factores condicionantes como son: pendiente, litología, tipo de suelo y vegetación y uso de suelo.

Palabras clave: Paisajes, Arroyo Sabinal, Susceptibilidad, Deslizamientos de laderas

ABSTRACT

In Mexico, one of the natural hazards that causes the most disasters; They are slope landslides, due to the mountain system, intense rains and human activities (deforestation and change in land use) that occur in its territory. This results in loss of human and economic life, affecting housing infrastructure, drainage, communication routes, public lighting, among others. The objective of this work is to evaluate the areas susceptible to slope slides based on the analysis of physical-geographical landscape units at a scale of 1:50,000, to contribute to the generation of prevention and/or mitigation strategies for this type of phenomena. The mapping of the landscapes was based on the theoretical-methodological precepts of geoecology and the Mora-Vahrson method was applied to identify susceptibility. As a result, the typology of the landscape map was obtained with which it was identified that the areas with a medium, high and very high degree of susceptibility are found in the landscapes composed of Mountains, Hills and Foothills, because they present favorable characteristics for the occurrence of landslides such as: steep slopes, type of rock, type of soil and land use. The application of the methodology for susceptibility zoning based on landscape units allowed us to know the areas susceptible to slope landslides based on conditioning factors such as: slope, lithology, type of soil and vegetation, and land use.

Keywords: Landscapes, Arroyo Sabinal, Susceptibility, landslide

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

A nivel internacional los procesos de remoción en masa (PRM) han tenido mayor relevancia en las últimas tres décadas del siglo XX (Lugo *et al.*, 2005). Debido al crecimiento de las zonas urbanas hacia áreas peligrosas (montañas y ambientes tropicales) (Jiménez y Aristizábal, 2018). Lo cual aumenta la probabilidad de sufrir afectaciones severas en la infraestructura y pérdidas de vidas humanas (Lakakis, *et al.*; 2009; Huang y Zhao, 2018).

El territorio mexicano ha sido impactado de manera considerable por PRM, en específico deslizamientos de laderas (Borja y Alcántara, 2004; Flores *et al.*, 2012). Los estados que registran más casos de deslizamientos son: Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas (González, *et al.*, 2015). Debido a que en gran parte de su territorio predominan los relieves montañosos con características geológicas, geomorfológicas, estructurales y climáticas que contribuyen a la inestabilidad del terreno y con una ocurrencia mayor en la temporada de lluvias (mayo-noviembre) (Domínguez *et al.*, 2016).

Chiapas es un estado, que por su ubicación geográfica está expuesto a frecuentes sismos y al impacto de ciclones tropicales, al conjugarse estos factores con la actividad antrópica como la modificación de la pendiente favorecen la ocurrencia a deslizamientos (Gómez, *et al.*, 2016). Los cuales representan un riesgo cuando hay presencia de un grupo social (Romero-Rojas *et al.*, 2018).

Actualmente, es importante la planeación y el ordenamiento del territorio, para evitar y/o prevenir afectaciones por deslizamientos (Paz, *et al.*, 2011). Para ello, la evaluación de este fenómeno, se considera una importante herramienta de prevención y mitigación para las comunidades que se encuentran en riesgo, así como para instituciones y autoridades encargadas del ordenamiento territorial (Oliva y Gallardo, 2018).

En la Cuenca del Arroyo Sabinal (CAS), específicamente en el Cerro Mactumatzá se han presentado tres eventos por PRM y se encuentran en un grado de susceptibilidad de media a muy alta (Paz, *et al.*, 2017). Sin embargo, el resto de la cuenca está constituida por sistemas montañosos donde se conjugan las características físicas que pueden propiciar deslizamientos, los cuáles no han sido estudiados.

Debido a lo anterior, la presente investigación busca identificar las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas en la CAS, municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, con esto conocer el impacto que esta amenaza provoca a la población, así como para contribuir a la generación de estrategias de prevención y/o mitigación ante la probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos.

Para cumplir con los objetivos planteados se trabajó con la clasificación de los paisajes físico-geográficos a escala 1:50 000, los cuáles se utilizaron como unidad de análisis para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos con la aplicación del método Mora-Vahrson (1994). Para ello, se consideraron los factores condicionantes de pendiente, litología, tipo de suelo y uso de suelo.

La estructura del documento se divide en seis capítulos, en el primero se describe la problemática, justificación, hipótesis y objetivos; en el segundo se mencionan los antecedentes del trabajo; en el tercero se expone el marco teórico con los conceptos clave que se abordaron en toda la investigación y se muestran los eventos registrados por deslizamientos en el estado de Chiapas; en el cuarto se describen las características físicas de la CAS, así como los pasos metodológicos adoptados en el presente estudio; en el quinto se explican las discusiones de los resultados obtenidos.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones, donde es relevante mencionar que, de acuerdo con los resultados la categoría media y alta abarcan el 27.98% y 19.69% del total de la cuenca, en paisajes de Piedemontes, Lomeríos, Planicies, Montañas y Valles. Otro de los resultados importantes a recalcar, es que 35,475 habitantes que corresponden al 39.59% de la población

total y 9,441 viviendas que representan el 39.10% de la misma, se ubican en un grado de amenaza alta y muy alta. Lo cual, en caso de que ocurra un deslizamiento, las afectaciones lo resentirán directamente los residentes de la CAS.

1.1 Planteamiento del problema

Los deslizamientos de tierra se consideran uno de los principales peligros naturales más devastadores (Dai, *et al.*, 2001 y Azarafza *et al.*, 2021). Debido a que pueden provocar afectaciones de manera directa por la pérdida de vidas humanas y, de manera indirecta por los daños a la infraestructura como: viviendas, vías de comunicación, drenaje, agua entubada, alumbrado público, entre otros (McCann y Foster, 1990; Segoni *et al.*, 2018). Por esta razón, representan un problema importante en términos humanos y financieros (Mujica y Pacheco, 2013).

El relieve montañoso de la República Mexicana favorece la presencia de deslizamientos (Borja y Alcántara, 2004). Aunado a los principales detonantes como las lluvias extremas y las actividades humanas, ocasionando afectaciones severas a las comunidades y vías de comunicación (Domínguez y De León Escobedo, 2021). Por el impacto que se generan en eventos extraordinarios de alta magnitud y baja frecuencia, así como impactos de baja magnitud y alta frecuencia (Alcántara y Murillo, 2008). Por tanto, se encuentra dentro de los eventos catastróficos más frecuentes en México (Romero-Rojas *et al.*, 2018).

Chiapas cuenta con más del 70% de zonas serranas con pendientes mayores a 40°, donde se asientan poblados (Oregel, *et al.*, 2016). Esto propicia a la ocurrencia de deslizamientos, aunado a la frecuente sismicidad que hay en el estado, además, de que es impactado por fenómenos hidrometeorológicos como huracanes, ciclones tropicales y frentes fríos (Gómez *et al.*, 2016), pero uno de los factores que causa mayor impacto es la actividad antrópica, principalmente la deforestación y los cambios de uso de suelo (López, 2020). Por

lo que, Chiapas está expuesto a peligros por deslizamientos, caídas de bloques y flujos de lodo (Oregel, *et al.*, 2016).

En Tuxtla Gutiérrez se han presentado deslizamientos, principalmente al sur de la ciudad (CECOM A. C., 2010). De manera específica en los depósitos de talud originados por la meseta kárstica de Copoya, la cual sufre procesos de disolución y erosión, que ocasionan el desprendimiento de bloques (Paz, *et al.*, 2017). Los daños son percibidos directamente por los pobladores, dentro de los cuáles se encuentran las grietas y hundimientos en calles, carreteras y banquetas; dislocamientos en muros, techos y pisos; abultamiento en construcciones de parques, canchas, estacionamientos; ruptura y fugas en el sistema de agua potable y drenaje; árboles, postes y muros inclinados en dirección de la pendiente (Paz, *et al.*, 2011).

De manera particular, la CAS está integrada por sistemas montañosos. Donde al Noreste del área de estudio en el Cerro Mactumatzá se tiene evidencia de tres eventos de PEM, misma zona que se encuentra en un grado de susceptibilidad de media a muy alta (Paz, *et al.*, 2017). Sin embargo, para el resto de la cuenca no se cuentan con estudios locales sobre deslizamientos, es por ello, que, la presente investigación analizará desde una perspectiva geoecológica la susceptibilidad a deslizamientos de laderas a escala 1:50 000.

1.2 Justificación

Los deslizamientos generan afectaciones como pérdida de vidas humanas, daños en la infraestructura, zonas productivas, entre otras. Esto se debe a la falta de estudios integrales previos y de una correcta planeación gubernamental (Gómez, *et al.*, 2016). En el municipio de Tuxtla Gutiérrez, las tendencias del aumento demográfico indican la necesidad de ordenar y reglamentar las nuevas construcciones, debido a que la falta de difusión sobre los estudios locales en el municipio y las inconsistencias de ordenamiento, dan lugar al establecimiento de zonas habitacionales y obra civil en zonas susceptibles a deslizamientos (Paz, *et al.*, 2017).

Es por ello, la importancia que las autoridades gubernamentales tengan conocimiento sobre el peligro que implica los deslizamientos (Dai, *et al.*, 2001), por lo que, actualmente es fundamental contar con una herramienta que contribuya en la gestión de riesgos ante deslizamientos, así como políticas de prevención, para la toma de decisiones en el uso del territorio (Mujica y Pacheco, 2013).

Las áreas susceptibles a deslizamientos se pueden evaluar y predecir, a través del análisis científico (Lee y Abdul, 2005). La elaboración de mapas de susceptibilidad a deslizamientos funge como una herramienta de utilidad para la prevención y/o mitigación de eventos catastróficos (Huang y Zhao, 2018).

Actualmente se cuenta con información sobre PRM en una porción de la CAS ubicada al Noreste (Paz *et al.*, 2017), pero el resto de la cuenca no ha sido estudiada en cuanto a las zonas susceptibles a deslizamiento de laderas, factores que influyen en la vulnerabilidad de los asentamientos humanos, además de que la expansión del crecimiento urbano se dirige hacia el Suroeste de la ciudad, zonas cuyas características físicas se conjugan para generar deslizamientos.

Dada esta realidad, la importancia de la presente investigación, radica en proporcionar información sobre las zonas susceptibles a deslizamientos, la cual, se realizó a partir de la aplicación de paisajes físico-geográficos como unidad de análisis, lo que permitió tener un conocimiento geográfico holístico, sistémico e integral sobre las zonas susceptibles a estos eventos.

Los resultados obtenidos son valiosos para la formulación de políticas y la toma de decisiones para la gestión del riesgo (Azarafza *et al.*, 2021). Los productos obtenidos en este trabajo servirán como una herramienta para la propuesta de estrategias de prevención y/o mitigación para la planificación y ordenamiento del territorio.

1.3 Hipótesis

La tendencia del crecimiento urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez hacia la Cuenca Arroyo Sabinal y la estructura física (litología, suelo, clima, pendiente y uso de suelo) de los paisajes físico-geográficos propician escenarios con potencial para la presencia de deslizamientos de laderas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas a partir del análisis de unidades de paisajes físico-geográficos de la Cuenca del Arroyo Sabinal; con la finalidad de determinar el impacto que este tipo de fenómeno (peligro) ocasionan a la población, además de proporcionar una herramienta útil para proponer estrategias de prevención y/o mitigación ante deslizamientos en el área de estudio.

1.4.2 Objetivos específicos

- Clasificar las unidades de paisajes de la CAS a escala 1: 50 000.
- Identificar las áreas susceptibles a deslizamientos de laderas que presentan las unidades de los PFG.
- Conocer que paisajes PFG son los más susceptibles a deslizamientos de laderas.
- Cuantificar la población e infraestructura propensa a sufrir afectaciones por un evento de deslizamientos de laderas en la CAS.

1.5 Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la composición, la estructura y la distribución espacial de las unidades de PFG?
- ¿Cuáles son las áreas susceptibles a deslizamientos de laderas que presentan las unidades de PFG?
- ¿Qué paisajes son los más susceptibles a deslizamientos de laderas?
- ¿Cuánta población e infraestructura está expuesta ante un evento de deslizamientos de laderas?

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

En este apartado se dan a conocer de manera breve los estudios desarrollados sobre la aplicación de la tipología de paisajes físico-geográficos y la susceptibilidad a deslizamientos de laderas. Los cuáles aportan las bases teórico-metodológicas del presente proyecto de investigación.

2.1 Cartografía y aplicación de los Paisajes Físico-Geográficos

Los trabajos sobre la cartografía de los paisajes físico-geográficos, se han generado en diferentes escalas, como los estudios desarrollados por: Priego *et al.*, (2004), Ramírez-Sánchez *et al.*, (2012), Morales *et al.*, (2017) y Herrera-Valencia (2021) a escala 1:250 000; Bollo y Hernández (2008), y Carbajal *et al.*, (2009) a escala 1:100 000; López-Navarro y Aguilar-Sánchez (2018), Romero y Bollo (2021), y Alfonso *et al.*, (2021) a escala 1:50 000; finalmente, Hernández-Trejo *et al.*, (2006) y Ramírez-Sánchez, *et al.*, (2019) a escala 1:25 000.

Los trabajos sobre paisajes físico-geográficos no se han quedado únicamente en la obtención de la cartografía, sino que, el producto obtenido es utilizado como una unidad de análisis para realizar una diversidad de investigaciones con un enfoque geoecológico. A continuación, se mencionan las aplicaciones que se le han dado a las unidades de paisajes (Tabla 1).

Tabla 1. Estudios realizados con un enfoque geoecológico.

Autor	Descripción de la investigación
Priego, (2004)	Elaboró una investigación utilizando el enfoque geoecológico para estimar la heterogeneidad del espacio geográfico. Esto permitió encontrar la relación que existe entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies, donde los resultados arrojaron una alta heterogeneidad en la zona de estudio.
Morales et al., (2006).	Evaluó la heterogeneidad de los paisajes y su relación con la distribución de la biodiversidad en la Cuenca Lerma-Chapala. El enfoque paisajístico permitió identificar la estructura

	geográfica del territorio y conocer que en la zona de estudio existe una relación entre la riqueza florística y la heterogeneidad Geoecológica.
Priego et al., (2008)	En el trabajo elaborado, identificaron dos geosistemas prioritarios para la conservación: el primero con potenciales mixtos para la conservación Geoecológica y de valores arqueológicos, y el segundo los que garantizan el funcionamiento geoecológico de las dumas marino-eólicas
Aguirre, (2010)	Desarrolló una investigación para conocer la relación geográfica que existe entre la clasificación científica y campesina de los paisajes, en el ejido Nexpa, Michoacán. El método aplicado, permitió la diferenciación de 5 localidades de paisaje, 9 parajes complejos y 47 parajes simples. Siendo el principal factor diferenciador el geológico-geomorfológico.
Bollo et al., (2010)	Evaluaron las potencialidades naturales en el ordenamiento ecológico territorial en el noroeste del estado Chiapas, a partir de las unidades de paisaje físico-geográfico. Los productos arrojaron los potenciales naturales para las actividades: agrícola, pecuaria, forestal, cacaotera y de conservación, de acuerdo a las características geográficas de la región.
Flores y Priego, (2011)	En la zona costera de Michoacán, zonificaron áreas funcionales ecoturísticas, a partir de tipología de los paisajes costeros. Con lo que se pudo conocer la distribución del potencial natural del territorio para la actividad ecoturística como: observación de aves, contemplación de paisajes y senderismo; así como actividades de turismo de aventura principalmente el espeleoturismo y la escalada en roca.
Machuca, (2011)	Evaluó el potencial natural que tiene el territorio para prestar Servicios Ambientales Hídricos con el enfoque físico-geográfico. Se identificaron 69 subcuencas hidrográficas con sus respectivas zonas funcionales (cabecera, captación-transporte, emisión y emisión-confinamiento). Donde se pudo conocer que más del 97% del territorio cuenta con disponibilidad para ofrecer servicios ambientales hídricos.
Sánchez, (2011)	Determinó el potencial de los paisajes naturales para actividades de turismo de naturaleza en el sector de la costa michoacana Río Coalcomán – el Farito. Los resultados mostraron que la zona de estudio tiene muy alto potencial natural para el desarrollo de actividades de turismo.
Ramírez-Sánchez, (2013)	Evaluó la heterogeneidad de los paisajes físico-geográficos de Michoacán, donde la cuarta parte de la superficie total del estado tiene un potencial alto para la conservación de la

	geodiversidad, sobre todo en la Meseta Purépecha y el Bajío Michoacano.
Espinoza, (2013)	Elaboró una propuesta de clasificación de paisajes antroponaturales en Tzintzuntzan, que permitió conocer la modificación antrópica relacionando el uso de suelo y el grado de Antropización en cada nivel taxonómico.
Zaragoza, (2014)	Elaboró una propuesta de áreas de geoconservación de la península de Baja California, a partir de una regionalización físico-geográfica. Donde el 40% del área total de la zona de estudio a nivel distrito, debería estar en un régimen de conservación por su biodiversidad y geodiversidad. Para las regiones el 24% del total del área sería lo más óptimo.
Pablo y Hernández, (2016)	Evaluaron la aptitud natural de los paisajes físico-geográficos en la cuenca del río Grande, Oaxaca. Se identificó que la aptitud del territorio corresponde a actividades: agropecuarias y pecuarias con el 15.6% y 12.5% respectivamente; de conservación-agropecuaria 6.5%; conservación-pecuaria 11%: conservación-forestal 11.7%; conservación 17.1%; y el 25.6% del área total tiene condiciones de actividad agropecuaria, de conservación-pecuario y de conservación
Ortiz, (2016)	En la investigación sobre la regionalización físico-geográfica y la degradación de los paisajes en el estado de Guerrero, se obtuvieron las categorías de degradación baja con el 29%, muy alta 28%, alta 18%, media el 19% y muy baja el 6%.
Ramírez-Sánchez et al., (2016)	Realizaron un estudio sobre el potencial para la conservación de la geodiversidad de los paisajes del estado de Michoacán. Los principales resultados indicaron que la Meseta Purépecha y la Región Sierra-Costa cuentan con potenciales importantes para la conservación de la geodiversidad.
Valdés y Hernández, (2018)	Delimitaron las zonas funcionales y clasificaron las unidades de paisaje físico-geográficos en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. Identificaron tres zonas funcionales: captación (alta), transición (media) y descarga (baja), distribuidas en 39 unidades de paisaje.
Morales y Priego, (2019)	En la investigación realizada evaluaron la distribución de la complejidad y diversidad de las unidades de paisajes físico-geográficos del estado Chiapas, México. Donde se esclareció las particularidades más relevantes de la heterogeneidad paisajística en el estado de Chiapas, desde una visión de la Geografía Física Compleja.

<p>Morales et al., (2019).</p>	<p>En el trabajo de Antropización de la cobertura vegetal a partir de los paisajes físico-geográficos del estado de Chiapas. Obtuvieron que el 29% se encuentra en un grado de Antropización bajo en paisajes montañosos y de planicie; el 27% en un nivel alto en paisajes de planicie, piedemonte y valle; el 26% en un grado medio en relieves de montaña y lomeríos; el 16% muy bajo en paisajes montañosos; y el 2% en un nivel muy alto en planicies y valles.</p>
<p>Valdés, (2020)</p>	<p>En el trabajo elaborado sobre la optimización del uso de las unidades de paisaje en las zonas funcionales de la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit. Obtuvieron la descripción a detalle del estado socio-ambiental de los paisajes, con las cuales se propusieron nueve usos del suelo: conservación, conservación-turístico, pecuario, pecuario-turístico, agrícola, agrícola-turístico, agropecuario, agropecuario-turístico y asentamientos-turístico.</p>
<p>Cruz, (2020)</p>	<p>Analizó el potencial paisajístico-geológico-geomorfológico de la Sierra Gorda de Querétaro. El estudio demostró que el área cuenta con una diversidad de espacios que destacan por su alto valor patrimonial de carácter natural e histórico-cultural.</p>
<p>Ramírez-Sánchez et al., (2022)</p>	<p>Identificaron el grado de modificación antropogénica de la cobertura vegetal de los paisajes físico-geográficos del estado de Michoacán. Donde las zonas extensas representan poca modificación antrópica, los paisajes con alteración alta están en las zonas agrícolas y en áreas con grandes centros urbanos del estado.</p>
<p>Ramírez-Sánchez et al., (2022)</p>	<p>Realizó un estudio sobre el estado de la heterogeneidad geoecológica en las áreas naturales protegidas en Michoacán. Los resultados indican que los índices de heterogeneidad de las clases media, baja y muy baja son más representativos dentro de los polígonos de las ANP.</p>
<p>Gutiérrez, (2022)</p>	<p>Realizó una evaluación de la Antropización de la cobertura vegetal de los paisajes de la cuenca Río la Virgen, Ocosingo, Chiapas. Donde obtuvo que el 67.7% del territorio se presentó una categoría media, alta y muy alta de Antropización.</p>
<p>Morales et al., (2022)</p>	<p>Identificaron las mejores condiciones naturales de los paisajes del estado de Chiapas, a través de la evaluación de la biodiversidad con el cálculo del número de especies de plantas vasculares para cada unidad de paisaje. Obtuvieron que los niveles con mayor biodiversidad se encuentran en los paisajes predominantes y recurrentes.</p>

Cruz y Ramírez-Sánchez, (2023).

Determinaron los grados de Antropización de la cobertura vegetal de los paisajes de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. El territorio estudiado presentó áreas extensas con alta modificación antrópica en sus paisajes.

2.2 Susceptibilidad a deslizamientos de laderas

Los primeros estudios sobre la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de laderas iniciaron en la década de los 70 (Reichenbach, *et al.*, 2018); estas investigaciones tuvieron la finalidad de mostrar la distribución espacial de los factores que se conjugan para que un área determinada sea propensa a un movimiento de ladera (Chacón, 2008). Los mapas de susceptibilidad a deslizamientos son importantes para identificar áreas de riesgo ante este tipo de eventos (Suárez, 2006).

Se han realizado diferentes estudios sobre PRM y de manera específica en el tipo proceso de deslizamientos de laderas, que es el tipo de movimiento que se abordará en la presente investigación. Sin embargo, es importante mencionar algunos estudios sobre los PRM y trabajos sobre susceptibilidad a deslizamientos (Tabla 2). Estos trabajos abordan distintas zonas de estudio y que, a través de distintas metodologías, se han podido identificar las zonas susceptibles a deslizamientos.

Tabla 2. Trabajos realizados sobre susceptibilidad a procesos de remoción en masa y deslizamientos de laderas.

Autor	Descripción de la investigación
Procesos de remoción en masa	
Borja y Alcántara, (2004)	Realizaron un análisis de inestabilidad de laderas, con la modelación del relieve, la concentración de humedad y las propiedades de los materiales, donde combinaron los resultados con un índice de vulnerabilidad con datos de población y vivienda. Con ello, obtuvieron un mapa de riesgos por procesos de remoción en masa en el municipio de Zacapoaxtla, Puebla.
Alcántara y Murillo, (2008)	Elaboraron una propuesta para hacer un inventario de procesos de remoción en masa en México, a partir de observaciones en

	campo y análisis de imágenes satelitales IKONOS, para una porción de la Sierra Norte de Puebla. Los resultados arrojaron que se ha presentado 756 PRM, de los cuales el 55% del total corresponde a deslizamientos, el 22% a movimientos complejos, el 15% a caídas y el 4% a flujos.
Paz et al., (2011)	Hicieron una investigación sobre la génesis, las limitaciones y los efectos de los procesos de remoción en masa, en el crecimiento urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Donde se identificó la poca planeación y ordenamiento del territorio, así como el desconocimiento de la inestabilidad de la zona.
Muñiz-Jauregui y Hernández-Madrigal, (2012)	Realizaron la zonificación de los procesos de remoción en masa en Puerto Vallarta, Jalisco, mediante combinación de análisis multicriterio y método heurístico. Se obtuvieron las capas temáticas que presentan las condiciones de inestabilidad de ladera, donde el 68.91% del área de estudio presentó un nivel de susceptibilidad de media a muy alta y el 29.54% un nivel alto.
Muñiz, (2014)	Evaluó por medio de un modelo estadístico espacial aplicado al análisis del factor antropogénico en la zonificación de la susceptibilidad por procesos de remoción en masa en el municipio de Francisco León. Los resultados arrojan que el 11% del área total se encuentra en un grado muy alto a susceptibilidad, el 21% alto, el 32% medio y el 32% bajo.
Paz Tenorio, et al., (2016)	Caracterizaron los procesos gravitacionales en diferentes ambientes geológicos de Chiapas. Donde se ubican las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, aunado a factores ambientales y antrópicos. Se identificaron ocho casos registrados en diferentes condiciones geológicas, de las cuales seis se ubican en ambientes sedimentarios y dos en ígneos, sobre todo en las zonas norte, centro y centro-sur del estado, destacando a la litología como factor condicionante.
Romero-Rojas et al., (2018)	Realizaron un estudio de susceptibilidad a procesos de remoción en masa en la zona centro del Estado de Guerrero, mediante herramientas geotecnológicas. Se obtuvo como resultado que el modelo aplicado permitió identificar y categorizar las zonas de riesgo, así como el análisis de los factores (condicionantes y detonantes) considerados como el modelo de susceptibilidad y la representación de sus valores expresados espacialmente.
Susceptibilidad a deslizamiento de laderas	
Valdez et al., (2022)	Determinaron la susceptibilidad a deslizamientos en Malinalco, Estado de México, bajo un contexto geográfico. Emplearon la metodología Mora y Vahrson (1994), tomando en cuenta

	factores condicionantes (pendiente, litología y humedad) y desencadenantes (precipitación, sismicidad y uso de suelo). La cartografía obtenida arrojó cuatro niveles de susceptibilidad: muy bajo, bajo, moderado y medio 12%.
Suárez (2006)	Elaboraron un estudio sobre la susceptibilidad a deslizamientos de laderas en la Sierra Madre Oriental. Se consideraron los factores de: formaciones geológicas, estructuras geológicas, precipitación, sismicidad, topografía y fallas activas. Obteniendo como resultado la identificación de las zonas susceptibles a deslizamientos a nivel regional.
Segura et al., (2011)	Hicieron una zonificación de la susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba. Los resultados fueron que el 33.9% del área total corresponde a un nivel de susceptibilidad bajo, el 25.3% y 13.4% en un nivel medio y alto, respectivamente. Este trabajo se realizó bajo la interpretación de fotografías aéreas, información bibliográfica y la aplicación del método Mora y Vahrson (1992).
Paz (2012)	Realizó un estudio sobre las Laderas inestables y la construcción social del riesgo en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, donde los resultados arrojaron los niveles de amenaza a inestabilidad de laderas de la siguiente manera: muy baja 5%, baja 27.1%, media 39.3%, alta 15.3% y muy alta 13.3%, siendo la última la que ocupa la mayor parte en las zonas de pie de monte, así como también a los alrededores de la Meseta de Copoya.
Mujica y Pachecho, (2013)	Desarrollaron una metodología para un modelo de amenaza por deslizamientos en la cuenca del río Camurí Grande, Estado Vargas, Venezuela, tomando en cuenta los factores de susceptibilidad como: geología, pendiente, geomorfología, vegetación y conflicto de uso del espacio; y variables desencadenantes de precipitación y sismos. La metodología propuesta resultó estratégica para el manejo de datos, información y variables para la generación de mapas de amenaza.
Chaverri (2016)	Realizó la zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del Río Macho con la aplicación de la metodología Mora-Vahrson. Bajo el análisis de cinco variables que son: pendiente, litología, humedad, sismos y precipitación. Donde el 35.4% de la zona de estudio tiene una susceptibilidad a media a deslizamientos, y el 8% alto.
López (2016)	Identificó el grado de riesgo a deslizamiento de laderas en la subcuenca de Tuxtla Gutiérrez, donde el 69.47 % del área total

	de la zona de estudio se encuentra en un grado de riesgo medio, alto y muy alto, estos se ubican al norte, poniente, centro y sur de la zona de estudio.
Esquivel (2018)	Analizó la susceptibilidad a deslizamientos en el sector centro norte de la ciudad de Toluca, aplicando la metodología Mora-Vahrson (1994) modificada. Las variables utilizadas fueron: geología, pendientes, orientación de laderas y uso de suelo. Obtuvo como resultado que el 35% del área total se encuentra en un nivel medio de susceptibilidad a deslizamientos, mientras que el 25% en un nivel alto y en un 10% con nivel muy alto.
Oliva y Gallardo, (2018)	Evaluaron el grado de riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana. Consideró la interrelación entre la amenaza a través de métodos probabilísticos y determinísticos, y la vulnerabilidad física tomando en cuenta las edificaciones, su distribución espacial, la profundidad de las cimentaciones y el volumen probable de masa de terreno inestable. Como resultado se obtuvo que la ladera en estudio es inestable y presenta una alta probabilidad de ocurrencia a deslizamiento.
Jiménez (2022)	Evaluó mediante el uso de sistemas de información geográfica la susceptibilidad a deslizamientos en la Parroquia Cutchil. Aplicó la metodología de Mora y Vahrson que utiliza factores condicionantes como: geología, geomorfología, pendiente y cobertura vegetal; y factores desencadenantes como: sismos y precipitación. Dentro de los resultados relevantes, se encontró en un nivel de susceptibilidad muy alto en un 43.28% de la superficie total.

El trabajo realizado por Mendoza (2014), es pionero en utilizar al paisaje como herramienta para la evaluación y zonificación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa, en la porción sur del área urbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. De acuerdo con la estructura de las diferentes unidades de paisaje, se observó que, debido al alto grado de Antropización de los paisajes de la porción sur de la ciudad antes mencionada, presentan un cambio en su funcionamiento, propiciando los procesos de remoción.

CAPÍTULO 3

MARCO TEÓRICO

En este apartado se sintetizan los fundamentos teóricos-metodológicos que sustentan el desarrollo de la presente investigación, donde se abordan diversos conceptos que se utilizaron a lo largo del estudio.

3.1 Geoecología del paisaje

3.1.1 Geoecología

La presente investigación retoma los fundamentos teóricos-metodológicos de la Geoecología de los Paisajes. La cuál surgió a partir de los trabajos realizados por Humboldt, Lomonosov, Dokuchaev, Passarge y Berg durante el siglo XIX (Mateo, 2000; Bollo, 2018). La Geoecología se basa en los fundamentos de la geografía del paisaje, desarrollados en Europa, América del Norte y Latinoamérica (Bollo *et al.*, 2014), la cual utiliza como unidad de análisis a los paisajes físico-geográficos (Ramírez-Sánchez, 2016).

La Geoecología es una ciencia ambiental, a partir de la cual se puede conocer las condiciones en las que se encuentra el territorio (Mateo, 2000). Se define también como una disciplina que se centra en el estudio de los cambios espacio-funcionales y temporales del territorio natural, originados por las actividades humanas (Bollo, 2018). Por esta razón, la Geoecología juega un papel importante, debido a que brinda las bases necesarias para comprender la dinámica que existe entre la sociedad y la naturaleza, y con ello se puede obtener el diagnóstico y análisis de los geosistemas (Martins *et al.*, 2022).

3.1.2 Paisajes físico-geográficos

El término paisaje geográfico, geosistema, geocomplejo, complejo geográfico o complejo natural (Antrop y Van, 2019; Miklós *et al.*, 2019), se define como el espacio donde existe interacción entre la sociedad y los elementos naturales como: clima, tipo de roca, tipo de suelo y uso de suelo (Mateo, 2000). De esta manera el paisaje se puede considerar como el lugar que ocupan los

grupos sociales, en donde realizan sus diferentes actividades, con las cuales modifican el territorio (Mateo *et al.*, 2004).

El paisaje es considerado como un sistema, debido a la interacción dialéctica entre los elementos naturales (Mateo *et al.*, 2005; Miklós *et al.*, 2019). Así como por los procesos complejos que se llevan a cabo dentro de los paisajes, donde interactúan los factores físicos, biológicos y antrópicos, estas características nos permiten considerar al paisaje como un todo desde una visión holística (Priego *et al.*, 2004; Ortiz, 2019).

El concepto paisaje físico-geográfico tiene su antecedente a partir de las ciencias geográficas y de manera puntual en la Geografía Física Compleja (Mateo, 2000). Esta ciencia ha sido fundamentada por distintos autores, tales como: Solntsev (1948), Preobrazhenskii (1966), Kalesnik (1970), Isachenko (1973), Armand (1975), Sochava (1978), Mateo (1984), Hasse (1986), Rougerie y Beroutchachvili (1991), Salinas (1994), Mishchenko (1996), Naveh (1999), Solntsev (1997), Bastian (2000 y 2001), Mateo (2002), Richling (2007), Antipov (2006) (Priego, 2004; Morales, 2006; Ramírez-Sánchez 2013), Ermoshin (2012), Sofronov (2020) y Solodyankina (2021). Esta disciplina explica la génesis, la estructura, la evolución y la dinámica de las unidades de paisaje (Bocco *et al.*, 2009).

La estructura del paisaje permite conocer las particularidades propias de un espacio determinado y la relación de sus componentes que la integran, esta se divide en vertical y horizontal (Mateo, 2002):

- Estructura vertical de los paisajes: compuesto por elementos del paisaje de forma vertical como la litología, el relieve, el agua, el suelo, la vegetación y la fauna. Estos elementos sirven como base para delimitar, clasificar y determinar las características propias de una unidad de paisaje.
- Estructura horizontal de los paisajes: o bien, estructura morfológica, genético-morfológica o planar, formada por la integración espacial de los paisajes con rangos de inferior a superior.

Los estudios de paisaje son importantes porque a través de ellos se puede analizar de manera sintética e integral las condiciones en las que se encuentra en territorio (Carbajal *et al.*, 2009; Ramírez-Sánchez, 2013); donde los resultados como son los mapas de paisajes se consideran una herramienta para la planificación del territorio, porque brindan información sobre los recursos naturales y a través de las zonas sólidas de cada unidad se puede evaluar el territorio de manera integral, con fines socio-económicos (Morales *et al.*, 2017). Además, de que los productos obtenidos con un enfoque paisajístico proporcionan una visión sinóptica y cuantitativa sobre la evaluación de las condiciones de los recursos naturales (Bollo *et al.*, 2014).

Los estudios de los geosistemas dan origen a los “Mapas de paisajes físico-geográficos” (Bollo, 2018). Los productos cartográficos de los mapas de paisajes representan las características de cada unidad, la función, la estabilidad, la variabilidad del territorio y la estructura espacial de los procesos que ocurren en el espacio (Solodyankina *et al.*, 2021); donde el relieve es un factor diferenciador para la clasificación y cartografía de las unidades de paisajes, debido a que se sustenta en dos principios básicos que son: estructuro-genético e histórico-evolutivo de la geosfera (Priego *et al.*, 2004; Bocco *et al.*, 2009). Por tanto, el mapa de paisaje puede utilizarse como una herramienta analítica (Makunina, 2014).

Para la presente investigación, los paisajes físico-geográficos son una unidad de análisis espacial que brinda un conocimiento geográfico integral del medio natural de la zona de estudio; lo que permitió obtener una zonificación de las áreas susceptibles a deslizamientos de laderas de una manera taxonómica y objetiva.

3.2 Procesos de remoción en masa

Para el concepto de PRM existen diferentes términos que son usados como sinónimos, tales como: procesos de remoción en masa (mass movement processes), procesos gravitacionales (gravitational processes), procesos de

laderas (slope processes) y deslizamientos de tierra (landslides) (Alcántara, 2000). Para este trabajo se usará el término de procesos de remoción en masa.

Los PRM son movimientos de materiales de roca, escombros, suelos, o la combinación de estos (Flentje *et al.*, 2007). Implican la salida descendente del material formador de las laderas, derivado de la acción de la gravedad (Glade *et al.*, 2005), a través de una superficie de falla, donde se ha superado la resistencia del terreno (Cuanalo y Gallardo, 2016). Por lo tanto, los PRM consideran diversos materiales litológicos que varían desde las rocas a sedimentos no consolidados (McCann y Foster, 1990).

Los PRM son fenómenos naturales que se presentan sobre la superficie de la Tierra, lo que produce un cambio en las condiciones originales de las laderas, por medio del transporte del material a distinta intensidad y velocidad (Paz *et al.*, 2017). Los materiales de las laderas pierden su equilibrio principalmente en las zonas deforestadas, donde los procesos erosivos son mayores (García *et al.*, 2022), lo que representa una amenaza importante, debido a que se presentan a diferentes escalas y condiciones climáticas, geológicas, geomorfológicas y sociales (Alcántara y Murillo, 2008).

3.2.1 Factores que influyen en los procesos de remoción en masa

Los PRM son propiciados por factores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, y antrópicos (Aristizábal-Giraldo *et al.*, 2016). De manera específica son: litología, distancia a lineamientos, pendiente, la distancia al drenaje, intensidad y frecuencia de las lluvias, cobertura vegetal, consolidación del suelo, uso de tierra (Lee y Abdul, 2005; Redin, 2014). Así como por la frecuencia e intensidad de sismos y las lluvias extremas (Oliva y Gallardo, 2018).

Las variables mencionadas anteriormente se han clasificado en dos tipos de factores, que son los que influyen en la ocurrencia de los PRM y estos son: a) factores condicionantes que considera los elementos como el tipo de roca, la pendiente y la humedad; y b) factores desencadenantes como la precipitación, los sismos y la actividad antrópica (Tabla 3) (Lara y Sepúlveda, 2008).

Tabla 3. Factores condicionantes y desencadenantes. Fuente: Lara y Sepúlveda (2008).

Factores que influyen en los PRM		
Condicionantes	Litología	Tipo de depósito y tipo de material como la densidad, la plasticidad, la humedad y la permeabilidad, así como el tipo de roca, su estructura, alteración y meteorización.
	Geomorfología	Morfología, pendiente, extensión y altura de las laderas.
	Hidrología	Red de drenaje, nivel freático, caudales, escurrimiento e infiltración, lo que influyen en la saturación del suelo y de la roca.
Desencadenantes	Precipitación	Saturación del suelo, erosión.
	Sismos	Frecuencia e intensidad.
	Actividad antrópica	Deforestación, excavaciones, rellenos, edificaciones, urbanización, cambio de uso de suelo, entre otros.

3.2.2 Clasificación de los tipos de movimiento

Para los PRM existe una serie de clasificaciones que dependen de su complejidad y del enfoque con el cual se investiguen, a nivel internacional la clasificación más acertada y aplicada se divide en: deslizamientos, desprendimientos o caídas, vuelcos o desplomes, desplazamientos laterales, flujos, expansiones laterales y movimientos complejos (Alcántara, 2000).

Como se mencionó anteriormente, existen diferentes tipos de PRM, sin embargo, para la presente investigación se identificaron las zonas susceptibles específicamente al proceso de deslizamientos de laderas, con un enfoque geoecológico.

3.3 Deslizamientos

Los deslizamientos se refieren a los movimientos ladera abajo, de materiales de suelo, detritos o roca, derivado de la acción de la gravedad (Varnes, 1978). Los deslizamientos de rocas ocurren cuando los bloques rocosos se desprenden y se transportan pendiente abajo, estos suelen presentarse en ambientes geológicos con estratos inclinados, o con presencia de diaclasas y

fracturas paralelas a la pendiente; cuando el material es poco consolidado, se denomina deslizamiento de derrubios, que se encuentra dentro de los movimientos de masa más rápidos y destructivos (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Los deslizamientos pueden ocurrir de manera natural o por la desestabilización de los materiales que lo integran, como cortes, rellenos, deforestación, entre otros (Suárez, 1998). Una ladera se considera inestable cuando pierde su equilibrio y se presenta transporte de materiales por acción de la gravedad o bien, por factores como la erosión, las lluvias extremas o sismos (Oregel *et al.*, 2016); por lo que, los deslizamientos se presentan cuando una ladera es inestable por los cambios en el relieve (Borja y Alcántara, 2004).

Los deslizamientos se dividen en dos tipos de eventos, principalmente por la forma en la que se deslizan y son: rotacional y traslacional (Varnes, 1978).

a.- Deslizamiento rotacional. Este ocurre a lo largo de una superficie de ruptura que se curva de manera cóncava, es decir, en forma de cuchara (Figura 1) (Cruden y Varnes, 1996). Este movimiento es casi vertical e inestable, precedidos por deslizamientos pequeños en las paredes del área cóncava, son desencadenados por la influencia de baja profundidad del agua que mantiene a la superficie y la zona de escarpe húmedos, dando lugar a configuraciones morfológicas en forma de escalones, estabilizando la masa desplazada (Lara y Sepúlveda, 2008).

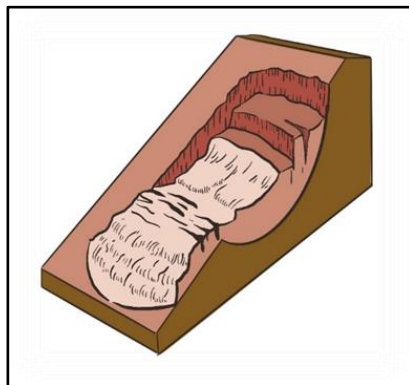


Figura 1. Deslizamiento rotacional. Fuente: modificado de Varnes (1978).

b.- Deslizamiento traslacional. Este se presenta cuando el material avanza hacia abajo y hacia afuera, sobre la superficie original del suelo (Figura 2) (Varnes, 1978). Son cuerpos de materiales que se deslizan sobre superficies poco resistentes, debido a discontinuidades como fallas, diaclasas o superficies de estratificación que se presentan en la roca o suelo (Lara y Sepúlveda, 2008).

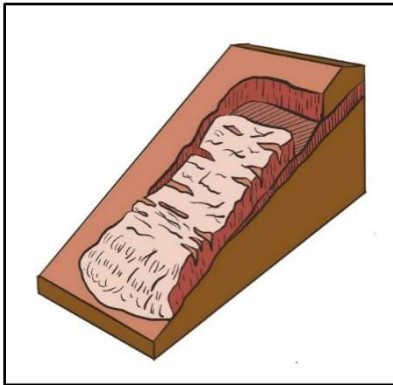


Figura 2. Deslizamiento traslacional. Fuente: modificado de Varnes (1978).

3.4 Zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento de laderas

Uno de los conceptos clave que se aborda en la presente investigación es el de susceptibilidad a deslizamientos de laderas, el cual se refiere a la probabilidad de que ocurra un desplazamiento de material rocoso o suelo (Reichenbach *et al.*, 2018). También se puede definir como la propensión que tiene un área de originar eventos de deslizamientos (Guzzetti *et al.*, 2006), que puede aumentar la probabilidad de ocurrencia por las actividades antrópicas, principalmente las excavaciones o la deforestación (Chacón, 2008).

La identificación de áreas susceptibles a deslizamientos es esencial para la gestión de riesgos ante estos eventos (Azarafza *et al.*, 2021). Los mapas de susceptibilidad no indican la temporalidad de la ocurrencia de los procesos, si no que muestran la distribución espacial de las zonas con las condiciones favorables para que se pueda propiciar un deslizamiento (Borja y Alcántara, 2004). Lo cual es importante para el manejo del uso del suelo y para la generación de acciones que ayuden a prevenir desastres por deslizamientos (El-fengour *et al.*, 2021).

Una vez explicado el concepto de susceptibilidad, eje central de la presente investigación, se mencionan los métodos para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos que han sido propuestos y aplicados (Guzzetti, 2005). Para la elaboración de los mapas de susceptibilidad se toman en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes (Oliva-González *et al.*, 2019), donde los tres métodos más empleados son: heurístico, determinístico y estadístico (Montoya-Montes *et al.*, 2012).

3.4.1 Método heurístico

Este método requiere de una serie de procesos que se deben seguir para poder resolver un problema y que los resultados sean de calidad (Pont, 2019). Toma como antecedentes los procesos de ocurrencia de los deslizamientos, donde el análisis debe ser por parte de personal con experiencia en el tema y que tenga conocimiento sobre la zona de estudio (Suárez, 1998). Es un método indirecto, donde las variables se clasifican y se ponderan de acuerdo con su importancia influyente para la ocurrencia de un deslizamiento, los resultados obtenidos dependen principalmente de la comprensión por parte del investigador en temas geomorfológicos (Guzzetti, 2005).

3.4.2 Método determinístico

Para la aplicación de este modelo se necesita información detallada, sobre las características de los materiales formadores de las laderas (Suárez, 1998). Este método busca minimizar el factor de seguridad en un rango de potenciales superficies de falla, identificando las superficies críticas a deslizamientos (Ramos, 2019). Este método proporciona información detallada, a través de valores absolutos en forma de factores de seguridad o de la probabilidad de ocurrencia (Barredo *et al.*, 2000).

3.4.3 Método estadístico

Este método es indirecto, pues se basa en el análisis estadístico para calcular las zonas donde pueden ocurrir procesos de deslizamientos (Londoño-Linares, 2017). Considera la relación que existe entre la distribución de

deslizamientos pasados y presentes, donde la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos puede ser un tanto objetiva debido a que los factores son calculados con base a la estadística, además de que los resultados obtenidos dependen de la calidad y cantidad de datos disponibles (Segura *et al.*, 2011).

De manera particular, para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos del presente estudio, se utilizó el método heurístico, con la aplicación de la metodología Mora-Vahrson (1994), que considera factores condicionantes como la pendiente, la litología y la humedad del suelo, y factores desencadenantes como los sismos y la precipitación (Mora, 1994); que para esta investigación se usó la metodología Mora-Vahrson (1994) modificada, debido a que se consideró únicamente los elementos condicionantes.

3.5 Amenaza a deslizamientos de laderas

La amenaza se define como la probabilidad de que ocurra un fenómeno natural o humano y que este provoque afectaciones a los grupos sociales (Rojas y Martínez, 2011). También se refiere a eventos físicos naturales como sequías, terremotos, inundaciones, deslizamientos, entre otros, o amenazas antropogénicas como contaminación, accidentes, hambrunas o pérdida del empleo (Ruíz, 2011). Con una intensidad, en un lugar determinado y en un cierto tiempo de exposición específico (Orozco-Hernández *et al.*, 2018)

Para el presente estudio, se considera la amenaza de tipo natural (fenómenos geológicos, hidrológicos, atmosféricos, entre otros) que pueden provocar daños a los bienes y actividades de la sociedad (Keipi *et al.*, 2005); en este sentido, la magnitud de una amenaza depende de las características naturales de cada región (Reyes *et al.*, 2017).

Los deslizamientos se consideran una amenaza natural que generan impactos en los ámbitos económicos, sociales y ambientales (Padrón, 2019), que, al evaluarse, se pueden identificar las afectaciones a la población, a sus bienes naturales y al ambiente, aunque no es suficiente para poder mitigar las afectaciones de los fenómenos naturales (Cardona *et al.*, 2020). Sin embargo, es

importante las capacidades individuales y grupales para mitigar las amenazas y responder de manera rápida ante la ocurrencia de un evento (Ruíz, 2011).

Por lo anterior, es importante tener conocimiento sobre las amenazas naturales, sin embargo, no es suficiente para mitigar el impacto que estos provocan, por lo que, la comunidad expuesta ante una amenaza debe estar consciente que se encuentra en una zona de riesgo (Cardona, 2008). En este sentido, es importante cuantificar la población e infraestructura de viviendas que se encuentra en algún grado de amenaza por deslizamientos, que para el caso de la CAS es hacia donde se dirige el crecimiento urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

3.6 Eventos registrados por procesos de remoción en masa en el estado de Chiapas

En el estado de Chiapas se tienen documentados 14 eventos por PRM, dentro de los cuáles predominan los deslizamientos de laderas. Mismos que han provocado el deterioro de las viviendas, afectaciones en las vías de comunicación, en el drenaje y alumbrado, así como el desalojo de poblados completos, entre otras (Paz, 2012; Paz *et al.*, 2017). A continuación, se describen en orden cronológico cada uno de los eventos ocurridos (CECOM A.C., 2010; Hinojosa-Corona *et al.*, 2011; Paz 2012; Pascacio, 2020; admin, 2020; Jiménez, 2021; Torres, 2022; GH, 2022; López, 2022; Alerta Chiapas, 2023).

1.- 2004 y 2005: este deslizamiento de ladera tuvo lugar al sur de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, afectó las viviendas e infraestructura hidráulica de las colonias Lomas de Oriente y La Cueva del Jaguar (Figura 3).



Figura 3. Viviendas deterioradas en la colonia La Cueva del Jaguar. Fuente: CECOM A.C. (2010).

2.- septiembre de 2006: el deslizamiento rotacional ocurrió en la carretera Tuxtla Gutiérrez-Villaflores, debido a la presencia de una falla lístrica y por las fuertes lluvias. Las afectaciones se presentaron principalmente en una planta de bombeo del Sistema de Agua Potable. Este proceso volvió a activarse en el mes de agosto de 2010 y duró hasta febrero de 2012 (Figura 4).



Figura 4. Deslizamiento rotacional en la carretera Tuxtla Gutiérrez - Villaflores. Fuente: Paz (2012).

3.- noviembre de 2007: se presentó un deslizamiento de ladera traslacional en el municipio de Ostucán. Este evento tuvo una extensión de 80 ha que removió 48 millones de m³ de roca y suelo, por lo que obstruyó la corriente del río Grijalva y formó una presa natural. Afectó la mitad de la localidad San Juan de Grijalva y se registraron 25 pérdidas de vidas humanas (Figura 5).



Figura 5. Deslizamiento traslacional, Juan de Grijalva, Ostucán. Fuente: Paz (2012).

4.- septiembre de 2010: un flujo de derrubios (lodo, piedra y arena) ocurrido en el municipio de Motozintla sepultaron las instalaciones del Sistema de Desarrollo Integral de la Familia, una gasolinera y puestos comerciales, así como daños en las viviendas (Figura 6). Esto fue propiciado por las fuertes lluvias de la depresión tropical 11E.



Figura 6. Flujo de detritos en Motozintla. Fuente: Paz (2012).

5.- septiembre de 2010: la ocurrencia de deslizamientos y flujos en la colonia Lomas del Oriente, Tuxtla Gutiérrez, provocó daños en las viviendas, en las líneas de agua potable y en el drenaje. Las casas fueron demolidas para evitar que los pobladores regresaran al lugar del evento, por lo que, la población fue reubicada (Figura 7).



Figura 7. Casas demolidas por deslizamiento y flujo en la colonia Lomas del Oriente.

Fuente: Paz (2012).

6.- septiembre de 2010: se presentó un flujo de lodo de aproximadamente 300 m de longitud y 60 m de ancho en los municipios de Reforma y Amatán. Hubo afectaciones en las viviendas y provocó la muerte de 16 personas y 12 lesionados (Figura 8).



Figura 8. Deslizamiento de ladera en el municipio de Amatán. Fuente: Paz (2012).

7.- septiembre de 2010: ocurrieron dos eventos en localidad de Nueva Colombia del municipio de Ángel Albino Corzo. Uno de ellos ocasionó la muerte de dos niños y 181 personas evacuadas por vía aérea y terrestre. En el segundo evento, se registran 80 personas evacuadas en la casa ejidal de la comunidad (Figura 9).



Figura 9. Flujo de lodo en Nueva Colombia, municipio de Ángel Albino Corzo. Fuente: Paz (2012).

8.- noviembre de 2020: en los Altos de Chiapas se presentaron deslizamientos en las montañas y afecto a los municipios de: Ixhuatán, Amatán, Ostucán y Tenejapa. Las afectaciones ocurrieron principalmente en la localidad de Matzam, municipio de Tenejapa donde 37 viviendas presentaron grietas en los muros y levantamiento del suelo (Figura 10); de las localidades Nueva Esperanza y El Malecón, municipio de Ixhuatán, 460 familias fueron evacuadas; el evento también provocó el cambio de curso de un río. Los deslizamientos fueron desencadenados por las fuertes lluvias asociadas a la tormenta tropical Eta y el frente Frío 11. Afortunadamente, no se reportaron pérdidas de vidas humanas.



Figura 10. Afectación en las viviendas de la localidad Matzam, municipio de Tenejapa.
Fuente: Pascacio (2020).

8.- octubre de 2020: ocurrieron tres eventos: a.- el primero fue un flujo de lodo en la comunidad Plan de Ayutla, municipio de Ángel Albino Corzo donde se reportaron 15 viviendas dañadas, 10 personas lesionadas y la muerte de una persona; b.- el segundo fue en el Ejido Monte Horeb, municipio de Solosuchiapa, donde un deslizamiento de suelo y flujo de lodo afectó 21 viviendas; y c.- el tercero fue un deslizamiento de suelo y arrastre de material pétreo, en la localidad de Zacualpa (Figura 11).



Figura 11. Deslizamientos y flujos. Fuente: Admin (2020).

9.- 2021: este deslizamiento de laderas sucedió en el Cantón Chiquihuite, municipio de Unión Juárez. Se reportó la muerte de una persona, un herido y dos casas afectadas (Figura 12).



Figura 12. Deslizamientos de laderas en el Cantón Chiquihuite, municipio de Unión Juárez. 2021. Fuente: Jiménez (2021).

10.- agosto de 2022: en la localidad de Chicumtantic, municipio de Chamula, se presentó un deslizamiento de tierra que afectó una vía de comunicación (Figura 13).



Figura 13. Deslizamiento de tierra en el municipio de Chamula. Fuente: GH ((2022).

11.- 2022: Deslizamientos de tierra que afectaron las vías de comunicación en los municipios de: Acapetahua, Escuintla, Tapachula y Catazajá. Se requirió la ayuda de los brigadistas para evacuar las personas que lo requerían, así como para remover escombros de tierra en las propiedades privadas y los que causaron obstrucción en los caminos. Esto fue como consecuencia de las fuertes precipitaciones (Figura 14).



Figura 14. Deslizamientos en Acapetahua, Escuintla, Tapachula y Catazajá. Fuente: Torres (2023).

12.- septiembre de 2022: un deslizamiento de ladera provocó afectación de la vía de comunicación principal en el municipio de Amatán (Figura 15). Esto fue propiciado por las fuertes lluvias de baja presión. También se reportan afectaciones por deslizamientos en los municipios de: Huixtla, Arriaga, Pichucalco y Juárez.



Figura 15. Deslizamientos de Laderas en el municipio de Amatán. Fuente: López (2022).

13.- 2023: un deslizamiento de tierra ocurrido en el Libramiento sur y carretera Villaflores, municipio de Tuxtla Gutiérrez, afectó a la infraestructura del inmueble Bodega Aurrerá, por lo que, los trabajadores y público en general fueron evacuados (Figura 16).



Figura 16. Deslizamiento de tierra, Tuxtla Gutiérrez. Fuente: Alerta Chiapas (2023).

De acuerdo con la información compilada, sobre los PRM en el estado de Chiapas, se puede concluir que estos se presentan con mayor frecuencia en temporadas de lluvia. Esto también es evidencia de la falta de conocimiento acerca de los PRM por parte de las autoridades correspondientes del ordenamiento territorial en el estado y la población en general, debido a que estos eventos ocurren como un efecto secundario por las lluvias intensas o bien, por los sismos (Paz *et al.*, 2011). Como se puede percatar en la información recabada, la precipitación es uno de los principales desencadenantes para la ocurrencia de los PRM, que afecta sobre todo a las viviendas y vías de comunicación.

CAPÍTULO 4

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

4.1.1 Cuenca del Arroyo Sabinal

La Cuenca del Arroyo Sabinal se ubica en la depresión central del estado de Chiapas. Geopolíticamente abarca una porción de los municipios de: Tuxtla Gutiérrez, Suchiapa, Ocozocoautla de Espinosa y Berriozábal (Figura 17). Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 16°37'57.7" y 16°45'2.1" latitud Norte y entre 93°8'20.92" y 93°16'40.1" longitud Oeste. Limita al Norte con la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez; al Este con la Meseta de Copoya; al Sur con Suchiapa; al Oeste con Ocozocoautla de Espinosa y al Noroeste con Berriozábal. Abarca una extensión territorial de 109.14 km² y tiene una población de 48,843 habitantes.

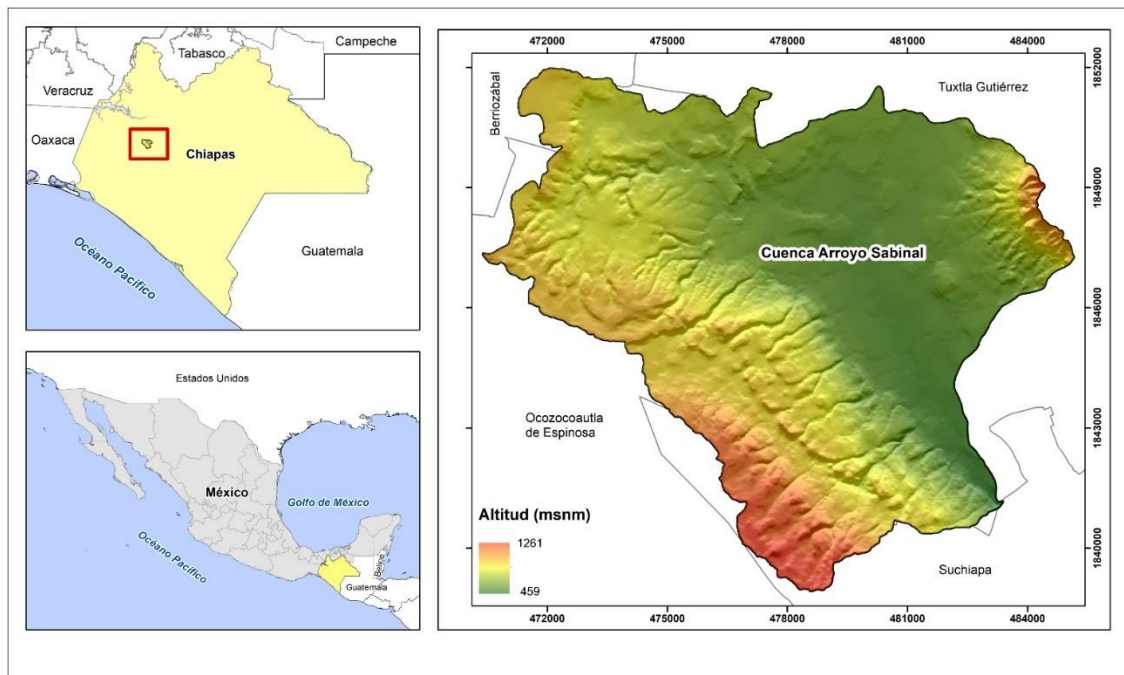


Figura 17. Localización de la Cuenca Arroyo Sabinal.

4.2 Aspectos físico-geográficos

4.2.1 Litología

La litología que abarca la mayor parte de la zona de estudio corresponde a calizas bioclásticas con 47.02% (5,130.65 ha), seguido de las lutitas-areniscas con 15.32% (1,671.36 ha), Calizas, Areniscas y Lutitas con 14.38% (1,569.61 ha), Calizas arrecifales con 12.20% (1,331.44 ha), Derrubios con 9.79% (1,067.99 ha), finalmente con menor porcentaje se encuentran las calizas y areniscas con 1.30% (141.60 ha) (Figura 18) (INEGI, 1985; Ruíz, 2014).

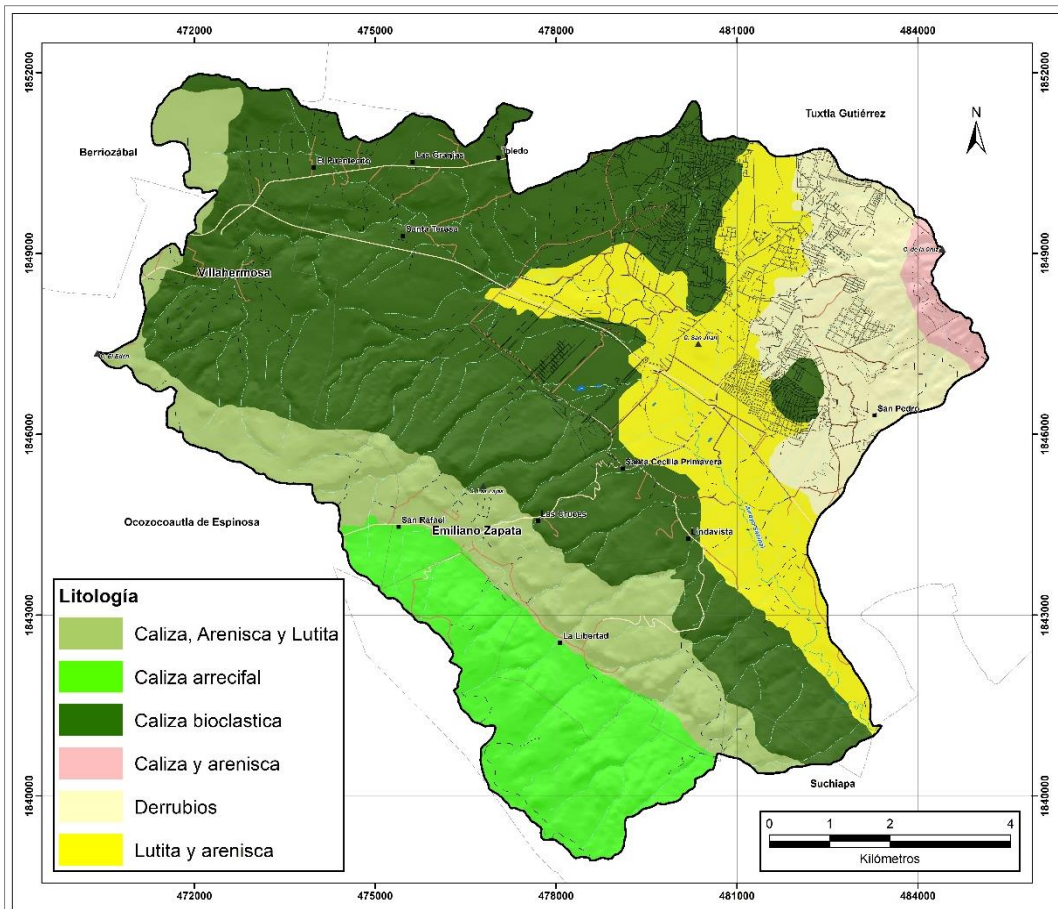


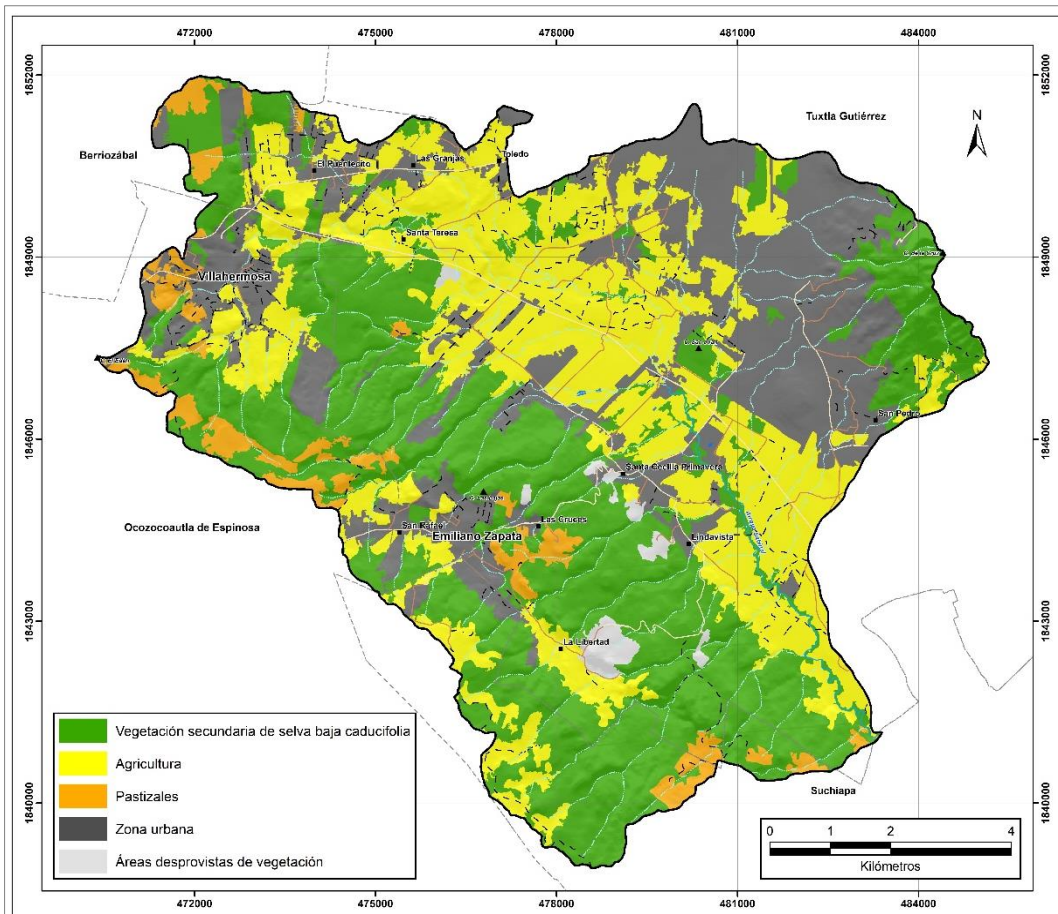
Figura 18. Litología. Fuente: INEGI (1985) y Ruíz (2014).

4.2.2 Edafología

Los tipos de suelos que se encuentran en la zona de estudio, de acuerdo con la carta edafológica del INEGI (1985), está conformada por cuatro unidades, predominando el Vertisol pélico con el 36.05% (3,934.97 ha) del área total, seguido del Regosol calcárico en un 29.07% (3,172.32), el Litosol con 19.85% (2166.24 ha) y con menor porcentaje se encuentra la Rendzina en un 15.03% (1,640.23 ha) (Figura 19).

4.2.3 Cobertura vegetal y uso de suelo

El tipo de cobertura vegetal que predomina en la cuenca es la vegetación secundaria de selva baja caducifolia, que abarca el 40% (4,365.18 ha) de la superficie total, mismas que se encuentran en zonas montañosas y algunos remanentes en las zonas bajas. Los usos de suelo corresponden a la agricultura en un 30.10% (3,284.52 ha) ubicándose principalmente en las áreas planas de la cuenca; seguido de la zona urbana con el 24.47% (2,670.09 ha) que se distribuye en casi toda el área de estudio (excepto al sur); los pastizales abarcan el 4.32% (471.63 ha) y se encuentran en zonas; finalmente y en menor proporción con el 1.12% (122.33 ha) se encuentran las áreas desprovistas de vegetación en el centro sur de la cuenca, donde actualmente existe extracción de material (Figura 20).



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Instituto de Investigación en
Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Autores: De Coss-Pérez, A. J., Ramírez-Sánchez, L. G. y Morales Iglesias, H.
Año 2023

Referencias cartográficas	Referencia espacial
1- División municipal: Marco Geostadístico Municipal (INEGI, 2022)	Sistema de Coordenadas: WGS84 UTM Zona 15N
2- Localidades: carta topográfica E15C69 (INEGI, 2019)	Proyección: Universal Transversa de Mercator
3- Vías de comunicación: carta topográfica E15C68 (INEGI, 2019)	Datum: WGS1984
4- Rangos hidrográficos: carta topográfica E15C66 (INEGI, 2019)	
5- Vegetación y uso de suelo: elaboración propia con datos del INEGI (serie VII, 2018)	

Simbología convencional

Vías de comunicación	Rasgos hidrográficos	Localidades
— Pavimentada	— Río intermitente	De 1001 a 2500 habitantes _____ Villahermosa
— Terracería	— Río perenne	Con menos de 1000 habitantes _____
- - - Brecha	■ Cuerpos de agua	Límite municipal _____
..... Vereda		

Figura 20. Cobertura vegetal y uso de suelo.

4.2.4 Clima

Se registra un tipo de clima que abarca toda la zona de estudio de acuerdo con la clasificación de Köopen modificado por Enriqueta García (1988), que corresponde al clima Cálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor a 22°C y con temperatura en el mes más frío mayor a 18°C. La precipitación en el mes más seco oscila entre 0 y 60 mm; con lluvias en de verano; y el porcentaje de lluvia en invierno es del 5% al 10.2% del total anual (CONABIO, 1998).

4.2.5 Hidrología

El área de estudio se ubica dentro de la Región Hidrológica Grijalva Usumacinta (RH30) en la Cuenca del Río Grijalva – Tuxtla Gutiérrez (RH30E), incluida en la Subcuenca Río Suchiapa (RH30Ei) (SIATL). El río principal de la cuenca es el Arroyo Sabinal, es un río perenne que tiene una longitud de 9.34 km y cuenta con 180.59 km de ríos intermitentes (INEGI, 2019).

4.3 Metodología

Para cumplir con los objetivos de la presente investigación, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

4.3.1 Etapa 1. Revisión de información biblio-cartográfica

Para tener un contexto sobre las características físicas y las condiciones en las que se encuentra el territorio, se llevó a cabo la recopilación, revisión y análisis de información biblio-cartográfica, con temas relacionados al presente estudio. Para ello, se consultaron plataformas digitales, notas periodísticas, páginas de instituciones oficiales como INEGI y CONABIO, entre otras.

A partir de los resultados obtenidos en este apartado, se pudo percibir la falta de información local que presenta la zona de estudio, debido a que ha sido poco estudiada. Por lo que, algunos insumos cartográficos que no se encontraron disponibles a la escala de trabajo se requirió de su elaboración, como fue el caso de la cobertura vegetal y uso de suelo.

4.3.2. Etapa 2. Clasificación de las unidades de paisajes físico-geográficos

Para la caracterización de las unidades de paisajes a escala 1:50,000 se realizó el geoprocesamiento de la información cartográfica compilada, así como la generación de algunos productos que no se encontraron disponibles. Para ello, se caracterizaron los siguientes elementos bio-físicos (Tabla 4):

Tabla 4. Insumos utilizados para la caracterización y obtención de los elementos bio-físicos.

Geomorfología	Nivel de mesoforma (disección vertical)	Para identificar los tipos del relieve se generó el mapa de disección vertical según Priego-Santander (2010), a partir de las curvas de nivel a una equidistancia de 20 m y el Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución de 15 m. Posteriormente se realizó la edición cartográfica a través de la revisión supervisada.
	Nivel de geoforma (unidades inferiores)	A través de la interpretación del MDE y las curvas de nivel, se generó la información cartográfica de los valles intermontanos y de las geoformas cumbrales: cimas, puertos y cornisas.
Litología	Para la cartografía de litología se digitalizó la información cartográfica reportada por Ruíz (2014) y datos del INEGI (1985).	
Clima	Para este insumo se tomó como base la cartografía de clima de Köopen modificado por Enriqueta García (1988), se realizó la revisión de correspondencia con el tipo de cobertura vegetal y altitud según Priego-Santander (2010).	
Pendiente	El mapa de pendientes se realizó a partir del MDE obtenido del INEGI con una resolución espacial de 15 m y se clasificó en 9 rangos según Priego-Santander (2010).	
Uso de suelo y vegetación	La información sobre la cobertura vegetal y uso de suelo se elaboró a partir de la interpretación de imágenes satelitales Sentinel-2A con una resolución espacial de 10 m del año 2022, obtenidas de la Agencia Espacial Europea, a través del método de clasificación supervisada. Para ello, se utilizó como base la información cartográfica del INEGI (serie VII, 2018).	
Edafología	Se usó como la base la carta edafológica del INEGI (1985), donde se revisó la distribución espacial entre los tipos de suelo, los tipos de relieve y el clima, para verificar si tienen correspondencia.	

Una vez obtenido los componentes bio-físicos descritos anteriormente, se prosiguió a la superposición cartográfica de los componentes del paisaje, con el uso del software ArcMap 10.1. Para obtener la clasificación del paisaje se empleó la metodología propuesta por Priego-Santander (2010).

Los paisajes se clasificaron en diferentes niveles taxonómicos que, para diferenciar cada unidad del territorio se dividen en: clases, subclases, localidades, parajes complejos y parajes simples (Tabla 5).

Tabla 5. Niveles taxonómicos de las unidades de paisajes. Fuente: Ramírez-Sánchez (2013).

Niveles taxonómicos de los paisajes		
Nivel taxonómico	Índices diagnóstico	Ejemplo
Clases	Conjunto de morfoestructuras del relieve en una misma condición climática	Montañas, Lomeríos y Planicies, en clima cálido subhúmedo
Subclases	Tipo específico del relieve en un tipo particular de clima	Montañas en clima cálido subhúmedo
Localidades	Comunidad territorial. Igual tipo morfogenético del relieve. Homogeneidad litológica y/o del tipo de depósitos. Similares condiciones climáticas.	Montañas tectónico-kársticas ligeramente diseccionadas ($101 < DV < 250 \text{ m/km}^2$), formadas por calizas arrecifales calizas-areniscas en clima cálido subhúmedo
Paraje Complejo	Asociación del mismo conjunto morfológico de mesoformas del relieve. Predominio de iguales agrupamientos de suelos. Similar conjunto de formaciones vegetales y/o tipos de usos del suelo.	Complejos de laderas y barrancos con selva y agricultura sobre Litosol y Rendzina
Paraje Simple	Igual situación en un elemento de una mesoforma del relieve e igual inclinación de la pendiente. Similares grupos y subgrupos de suelos. Mismo tipo de comunidades vegetales o igual tipo de aprovechamiento del suelo.	Muy fuertemente inclinadas (30° - 45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y agricultura de temporal sobre Litosol y Rendzina.

4.3.3 Etapa 3. Identificación de las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas

Para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas, se adaptó la metodología propuesta por Mora-Vahrson (1994), la cual considera factores condicionantes (Litología, pendiente y humedad del suelo) y desencadenantes (precipitación y sismos) a partir de la siguiente ecuación (1):

$$S = FC * FD \quad (1)$$

Donde:

S : susceptibilidad

FC : factores condicionantes

FD : factores desencadenantes

De acuerdo con los objetivos de la presente tesis, el análisis se concentró en los factores condicionantes, bajo el sustento de que la cartografía de susceptibilidad únicamente indica donde existen las condiciones para que se presente o no, los deslizamientos, por lo que, los factores detonantes no se consideran en este tipo de análisis (Suárez, 2009).

Para la presente investigación se determinaron los factores condicionantes, que son: pendiente, litología, tipos de suelo y usos de suelo y vegetación, a través de la ecuación (2), los cálculos se realizaron a nivel de polígono:

$$S_{i=1}^n = (Pend_i * A) + (Lito_i * B) + (Edaf_i * C) + (UsyV_i * D) \quad (2)$$

Donde:

S = Susceptibilidad

i = número de polígono y llega hasta $n = 421$.

A, B, C y D = pesos de cada variable.

$Pend_i$ = Pendiente

$Lito_i$ = Litología

$Edaf_i$ = Edafología

$USyV_i$ = Uso de suelo y vegetación

Ejemplo: para el polígono 2

$$S_1 = (Pend_2 * 0.35) + (Lito_2 * 0.31) + (Edaf_2 * 0.20) + (USyV_2 * 0.14)$$

Donde $A = 0.35, B = 0.31, C = 0.20$ y $D = 0.14$

Para la elaboración de la cartografía, se tomó en cuenta el porcentaje de importancia de cada variable y se le asignó una ponderación a cada factor condicionante con rangos de 0.1 que representa menor susceptibilidad a 0.9 mayor susceptibilidad (Tabla 6). Posteriormente se aplicó la ecuación (2) y los resultados se clasificaron en cinco grados de susceptibilidad mediante la clasificación de Rompimiento "Natural Breaks" (Jenks) y se obtuvieron cinco categorías: Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta.

Tabla 6. Ponderación de variables.

		Ponderación
Pendiente	<1°	0.1
	1°-3°	0.2
	3°-5°	0.3
	5°-10°	0.5
	10°-15°	0.6
	15°-20°	0.7
	20°-30°	0.8
	30°-45	0.9
	Litología	Lutita arenisca
Calizas arrecifales		0.4
Calizas bioclásticas		0.5
Calizas-Areniscas-Lutitas		0.6
Calizas-Areniscas		0.7
Derrubios		0.9
Edafología	Vértisol pélico en planicie	0.1
	Vértisol en ladera	0.2
	Litosol	0.3
	Rendzina	0.7
	Regosol calcárico	0.9
Ponderación de uso del suelo y vegetación	Pastizal	0.2
	Vegetación secundaria de selva baja caducifolia	0.3
	Agricultura	0.4
	Zona urbana	0.8
	Áreas desprovistas de vegetación	0.9

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en la presente investigación se siguió la secuencia de los pasos metodológicos que se muestra en la Figura 21.

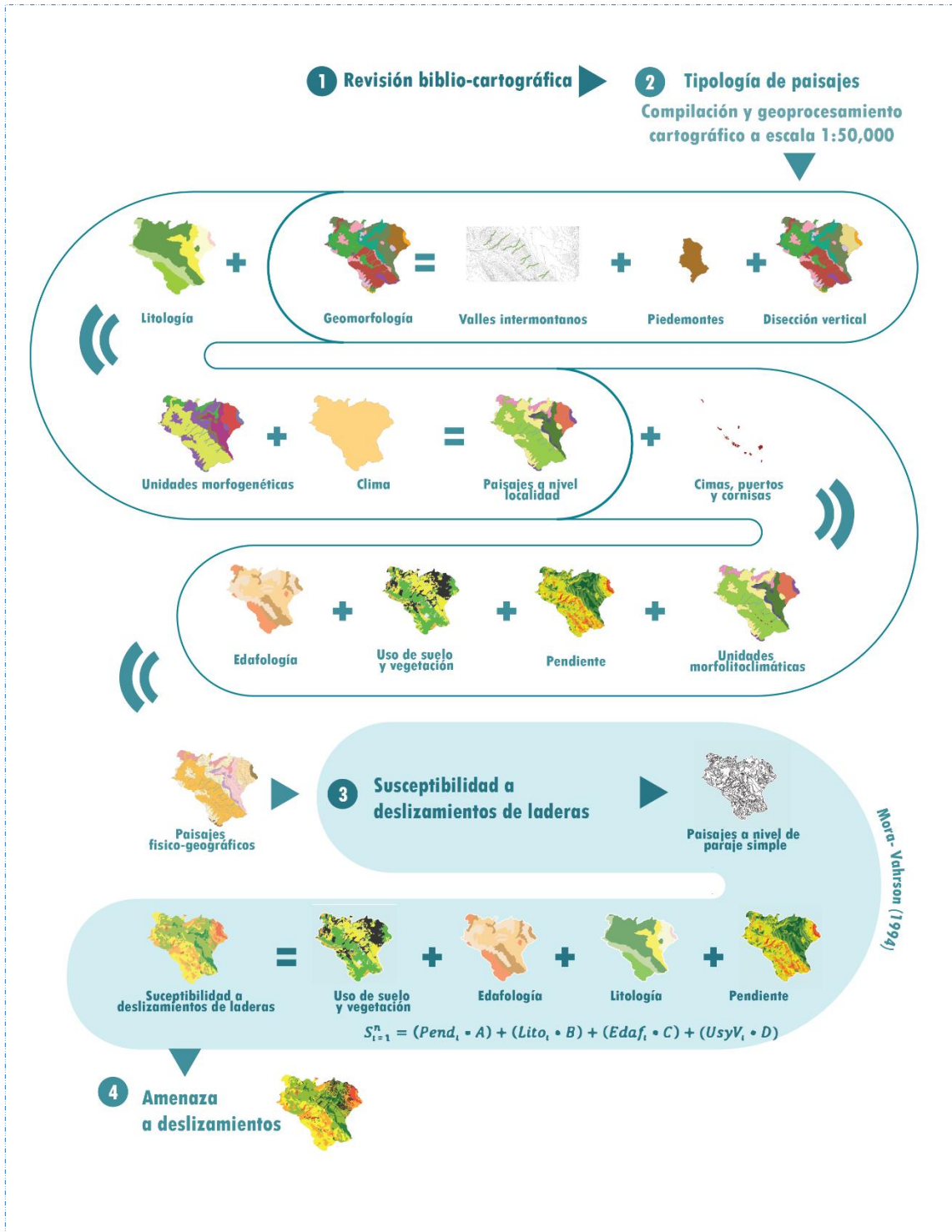


Figura 21. Diagrama de flujo de la secuencia metodológica.

4.3.4 Trabajo de campo

Para validar la hipótesis cartográfica de los paisajes físicos-geográficos, se llevó a cabo trabajo de campo. Por lo que, se trazó una ruta donde se propuso la visita de 11 sitios representativos dentro de la cuenca con base a los puntos que tenían inconsistencias cartográficas, además algunos de interés. De los cuáles se levantaron datos específicos como las coordenadas, la altitud, las características físicas (tipo de relieve, inclinación del terreno, litología, tipo de suelo y uso de suelo y vegetación). Todo ello, se recabó en el formato de campo que se muestra en el Anexo 1.

Para el estudio de campo se utilizaron materiales como: Sistema de Posicionamiento Global (GPS), mapas de las unidades de paisajes y de susceptibilidad, tabla de campo, lupa, pala, piceta, bidón con agua destilada, HCl al 10%, brújula y formatos de campo.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Factores diferenciadores de los paisajes

Los principales factores diferenciadores de los paisajes físico-geográficos de la cuenca Arroyo Sabinal son el relieve y la litología. Las geoformas presentes en la cuenca tienen una génesis tectónico-kársticas (montañas, lomeríos y planicies), tectónico-acumulativas (planicies) y fluvio-torrencial (piedemontes y valles intermontanos). La morfo-litología de la cuenca divide al territorio en:

1.- Montañas, estas se ubican al Este y al Suroeste de la cuenca, con vegetación de selva y agricultura sobre Litosoles y Rendzinas;

2.- Lomeríos, estos se sitúan al Sur, al Oeste y al Noroeste, los cuáles ocupan el 43.85% de la superficie total de la cuenca, con cobertura vegetal de selva, desprovisto de vegetación, agricultura, zona urbana y pastizales en Litosoles, Regosoles, Vertisoles y Rendzinas;

3.- Piedemontes, estas unidades se encuentran al Este de la CAS, con selva, zona urbana y agricultura, sobre Litosoles, Regosoles y Vertisoles;

4.- Valles intermontanos que se forman sobre las laderas Oeste con cubierta vegetal de selva sobre Vertisoles, Litosoles y Regosoles; y

5.- Planicies que se ubican al Norte, al Suroeste, al Oeste y en la parte central de la cuenca por donde cruza el cauce principal que es el Arroyo Sabinal, con selva, agricultura y zona urbana en Vertisoles, Regosoles, Rendzinas y Litosoles.

5.2 Características de las unidades de paisajes

Como resultado de la elaboración de la tipología de los paisajes físico-geográficos, se obtuvo una clasificación de ocho localidades, 15 parajes complejos y 53 parajes simples. La cartografía de los paisajes se compone por una leyenda explícita y explicativa con las características específicas de cada geocomplejo (Priego *et al.*, 2004; Ramírez-Sánchez, 2013) (Anexo 2), las cuales se describen de manera general a continuación (Tabla 7 y Figura 22):

I. Montañas tectónico-kársticas ligeramente diseccionadas ($101 < DV < 250$ m/km²), formadas por calizas arrecifales y calizas-areniscas en clima cálido subhúmedo. Esta localidad tiene una superficie de 2.10 km² (1.93%) del área total, se ubica al Este y al Suroeste de la cuenca. Se compone por cinco parajes simples con pendientes que van de medianamente (5°-10°) a muy fuertemente inclinadas (30°-45°), con vegetación de selva y de agricultura sobre Litosoles y Rendzinas.

II. Lomeríos tectónico-kársticos ligera a fuertemente diseccionados ($41 < DV < 100$ m/km²), formados por calizas arrecifales, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo. Es la localidad con mayor extensión en la zona de estudio con un área de 47.85 km² (43.85%) del total de la cuenca. Se encuentra al Sur, al Oeste y al Noroeste, se constituye por 19 parajes simples con inclinaciones de 1°-3° hasta 20°-30°. En este complejo la vegetación es de selva, el uso de suelo corresponde a agricultura, desprovisto de vegetación, zona urbana y pastizales en Litosoles, Regosoles, Vertisoles y Rendzinas.

III. Rampas de piedemontes fluvio-torrenciales, desnudo gravitacionales formados por derrubios en clima cálido subhúmedo. La localidad que tiene una superficie de 10.26 km² (9.40%) del total del área, se ubica al Este de la cuenca, está representado por ocho parajes simples que van desde superficies planas (<1°) hasta muy fuertemente inclinados (30°-45°). El uso de suelo que se encuentra en esta unidad es selva, zona urbana y agricultura,

está conformada por distintos tipos de suelo que son: Litosoles, Regosoles y Vertisoles.

IV. Valles fluvio-torrenciales formados por depósitos aluviales en clima cálido subhúmedo. La localidad ocupa una superficie de 0.87 km² (0.79%) del área total, se encuentra al Oeste de la cuenca sobre las laderas Oeste. Se compone por tres parajes simples con rangos de inclinación que van de 10°-15° a 30°-45°. La cubierta vegetal es de selva sobre Vertisoles, Litosoles y Regosoles.

V. Planicies tectónico-kársticas acolinadas ligera a fuertemente diseccionadas (16<Dv<40 m/km²), formadas por calizas arrecifales, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo. Esta localidad se distribuye al Norte, al Suroeste, al Oeste y en la parte central de la cuenca, abarca una superficie de 23.96 km² (21.95%) del área total. Se integra por seis parajes simples sobre superficies planas de <1° hasta 15°-20° de inclinación. La vegetación que se encuentra en esta unidad corresponde a selva, agricultura y zona urbana en Rendzinas, Regosoles, Litosoles y Vertisoles.

VI. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas ligera a medianamente diseccionadas (16<Dv<30 m/km²), formadas por lutitas-areniscas en clima cálido subhúmedo. Esta localidad se sitúa al centro de la cuenca, con una extensión de 3.43 km² (3.14%) de la superficie total, está conformada por cuatro parajes simples, con pendientes poco pronunciadas que van de <1° a 5°-10°. Está cubierta con vegetación de selva, agricultura y zona urbana. Los suelos que constituyen esta unidad son Vertisoles, Litosoles, Regosol.

VII. Planicies tectónico-acumulativas onduladas fuertemente diseccionadas (11<Dv<15 m/km²), formadas por lutitas-areniscas en clima cálido subhúmedo. La localidad abarca una superficie de 13.47 km² (12.35%) del total del área, se ubica al centro de la cuenca y posee un total de cuatro parajes simples, con pendientes que van desde superficies planas (<1°) hasta ligera a medianamente (5°-10°) inclinadas. La vegetación que se desarrolla en

esta unidad es selva, zona urbana y agricultura, sobre Rendzinas, Litosoles, Vertisoles y Regosoles.

VIII. Planicies tectónico-kársticas onduladas fuertemente diseccionadas ($11 < D_v < 15 \text{ m/km}^2$), formadas por calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo. Esta localidad posee una extensión de 7.19 km^2 (6.59%) del total de la superficie, se localiza al Norte y Noroeste de la cuenca, tiene un total de cuatro parajes simples, con rangos de pendientes de $< 1^\circ$ hasta 5° - 10° . En esta localidad el uso de suelo es de agricultura, zona urbana y selva, que se desarrollan sobre Vertisoles, Regosoles, Rendzinas y Litosoles.

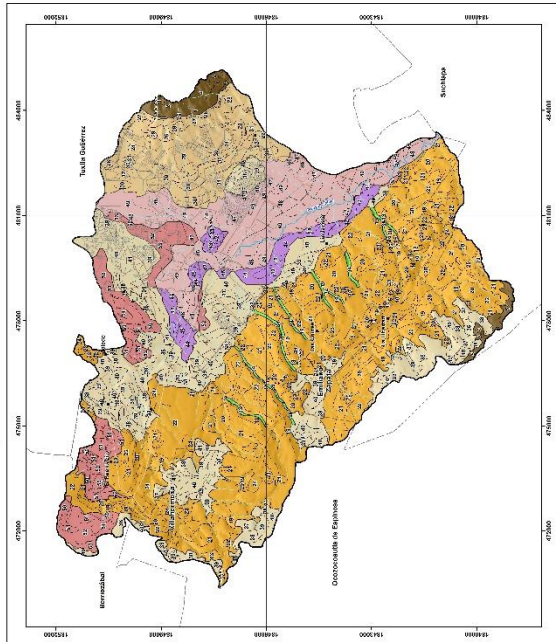
Tabla 7. Localidades de paisajes en la cuenca.

Loc	Área (km ²)	Relieve	Génesis	Roca	Clima	PC	PS	Poli
I	2.10	Montaña	Tectónico-kársticas	Calizas arrecifales y calizas-areniscas	Cálido subhúmedo	1	5	10
II	47.85	Lomeríos	Tectónico-kársticas	Calizas arrecifales, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas	Cálido subhúmedo	3	19	187
III	10.26	Piedemontes	Fluvio-torrenciales	Derrubios	Cálido subhúmedo	2	8	27
IV	0.87	Valles	Fluvio-torrenciales	Depósitos aluviales	Cálido subhúmedo	1	3	10
V	23.96	Planicies	Tectónico-kársticas	Calizas arrecifales, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas	Cálido subhúmedo	2	6	104
VI	3.43	Planicies	Tectónico-acumulativas	Lutitas-areniscas	Cálido subhúmedo	2	4	19

VII	13.47	Planicies	Tectónico-kársticas	Lutitas-areniscas	Cálido subhúmedo	2	4	31
VIII	7.19	Planicies	Tectónico-kársticas	Calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas	Cálido subhúmedo	2	4	33

*Loc: Localidad, PC: Paraje complejo, PS: Paraje simple, Poli: Número de polígonos

Paisajes Físico-Geográficos de la cuenca Arroyo Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas



Esquema general de ubicación

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático

CONAHCYT
Comisión Nacional de Hidrología

Asesoría Dr. Cesar Pérez, A. Z.
Julio 2017

Revisión cartográfica
Dr. Cesar Pérez, A. Z.
Dr. Juan Carlos López, A. Z.
Dr. Juan Carlos López, A. Z.

Simbología convencional

Vías de comunicación
 - Puentes: sólido
 - Carreteras: sólido
 - Ferrocarril: sólido
 - Ríos: sólido
 - Canales: sólido
 - Límites municipales: sólido

Riesgos hidrológicos
 - Zona urbana: sólido
 - Límite municipal: sólido

Referencia espacial
 - Escala: 1:50,000
 - Proyección: UTM
 - Datum: WGS 84

- I. **Planicies tectónico-kársticas** (101x-DV-250 mkm²), formadas por calizas arrecifales y calizas areniscas en clima cálido subhúmedo
 1. Laderas muy fuertemente inclinadas (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 2. Laderas fuertemente inclinadas (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 3. Laderas medianas a fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y agricultura de temporal sobre Remolina y Litoseo.
 4. Laderas medianas a fuertemente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Remolina.
 5. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5°-10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y agricultura de temporal sobre Remolina.
- II. **Lomeríos tectónico-kársticos** (liger a fuertemente disecionados (41-DV-100 mkm²), formados por calizas arrecifales y calizas areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo
 6. Cimas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 7. Cimas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 8. Cimas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 9. Puntos muy fuertemente inclinados (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regaso calcatiro.
 10. Puntos fuertemente inclinados (20°-30°) con áreas desprovistas de vegetación sobre Litoseo.
 11. Puntos medianos a fuertemente inclinados (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 12. Puntos medianos a fuertemente inclinados (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 13. Puntos ligera a medianamente inclinadas (5°-10°) con áreas desprovistas de vegetación sobre Litoseo.
 14. Cometas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 15. Cometas medianas a fuertemente inclinadas (15°-20°) con áreas desprovistas de vegetación sobre Litoseo.
 16. Cometas medianas a fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 17. Cometas ligera a medianamente inclinadas (5°-10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 18. Laderas muy fuertemente inclinadas (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido, Regaso calcatiro y Litoseo.
 19. Laderas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, áreas desprovistas de vegetación y agricultura de temporal sobre Litoseo, Regaso calcatiro y Remolina.
 20. Laderas medianas a fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Litoseo, Remolina y Regaso calcatiro.
 21. Laderas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Litoseo, Regaso calcatiro y Vertiso pálido.
 22. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5°-10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Regaso calcatiro, Vertiso pálido y Litoseo.
 23. Superficies muy ligeramente inclinadas (1°-3°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, pastizales y zona urbana sobre Regaso calcatiro, Litoseo y Vertiso pálido.
 24. Superficies muy ligeramente inclinadas (1°-3°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, pastizales y zona urbana sobre Regaso calcatiro, Litoseo y Vertiso pálido.
- III. **Rampas de piedemonte fluvio-torrenciales, denudó gravitacionales formados por derrumbes en clima cálido subhúmedo**
 25. 1. Laderas muy fuertemente inclinadas (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
 26. Laderas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo y Regaso calcatiro.
 27. Laderas medianas a fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Regaso calcatiro y Litoseo.
 28. Laderas medianas a fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Regaso calcatiro y Litoseo.
 29. Laderas medianas a fuertemente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y agricultura de temporal sobre Regaso calcatiro, Litoseo y Vertiso pálido.
 30. Laderas ligeramente inclinadas (3°-5°) con zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo, Vertiso pálido y Regaso calcatiro.
 31. Superficies muy ligeramente inclinadas (1°-3°) con zona urbana, agricultura de temporal y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido, Litoseo y Regaso calcatiro.
 32. Superficies planas (<1°) con zona urbana sobre Litoseo y Vertiso pálido.
- IV. **Valles fluvio-torrenciales formados por depósitos aluviales en clima cálido subhúmedo**
 33. Terrazas muy fuertemente inclinadas (20°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido.
 34. Terrazas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo, Regaso calcatiro y Vertiso pálido.
 35. Terrazas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litoseo.
- V. **Planicies tectónico-kársticas acclinadas ligera a fuertemente disecionadas (16-DV-40 mkm²), formadas por calizas arrecifales y calizas areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo**
 36. Laderas fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Remolina.
 37. Laderas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Remolina, Regaso calcatiro y Vertiso pálido.
 38. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5°-10°) con agricultura de temporal, vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Remolina, Regaso calcatiro y Vertiso pálido.
 39. Superficies muy ligeramente inclinadas (3°-5°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido, Regaso calcatiro y Remolina.
 40. Superficies muy ligeramente inclinadas (1°-3°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regaso calcatiro, Vertiso pálido y Remolina.
 41. Superficies planas (<1°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regaso calcatiro, Vertiso pálido y Remolina.
- VI. **Planicies tectónico-acumulativas acclinadas ligera a medianamente disecionadas (16-DV-30 mkm²), formadas por lutitas areniscas en clima cálido subhúmedo**
 42. Laderas ligeramente inclinadas (3°-5°) con agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido y Litoseo.
 43. Laderas ligeramente inclinadas (3°-5°) con agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido y Regaso calcatiro.
 44. Superficies muy ligeramente inclinadas (1°-3°) con agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido y Regaso calcatiro.
 45. Superficies planas (<1°) con agricultura y zona urbana sobre vertiso pálido, Regaso calcatiro.
 46. Superficies planas (<1°) con agricultura y zona urbana sobre vertiso pálido, Regaso calcatiro.
- VII. **Planicies tectónico-acumulativas onduladas fuertemente disecionadas (11-DV-15 mkm²), formadas por lutitas areniscas en clima cálido subhúmedo**
 47. Laderas ligera a medianamente inclinadas (3°-5°) con agricultura y zona urbana sobre Vertiso pálido, Regaso calcatiro y Remolina.
 48. Superficies muy ligeramente inclinadas (1°-3°) con agricultura, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido, Regaso calcatiro y Remolina.
 49. Superficies planas (<1°) con agricultura, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertiso pálido, Regaso calcatiro y Litoseo.
- VIII. **Planicies tectónico-kársticas onduladas fuertemente disecionadas (11-DV-15 mkm²), formadas por calizas bioclasticas y calizas areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo**
 50. Laderas ligera a medianamente inclinadas (3°-5°) con agricultura, vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Regaso calcatiro, Remolina y Litoseo.
 51. Superficies muy ligeramente inclinadas (1°-3°) con agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regaso calcatiro, Remolina y Vertiso pálido.
 52. Superficies planas (<1°) con zona urbana, agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regaso calcatiro, Remolina y Vertiso pálido.
 53. Superficies planas (<1°) con zona urbana, agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regaso calcatiro, Vertiso pálido y Remolina.

Figura 22. Paisajes físico-geográficos de la cuenca Arroyo Sabinal

5.3 Trabajo de campo

Como resultado de la visita en campo se obtuvo información de 11 sitios (Tabla 8). El trabajo consistió en verificar si la cartografía de paisajes tiene correspondencia con lo observado en campo (Figura 23). Para ello, se verificaron los componentes del paisaje como la geoforma, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo y el uso de suelo y vegetación.

Tabla 8. Datos recabados del trabajo de campo.

Puntos	Localidad	Altitud (msnm)	Coordenadas		Paraje simple		Correspondencia con la cartografía
			X	Y	Verificados	Modificados	
1	El sereno	712	482974	1848676	28	-	Sí
2	Nueva Jerusalén	689	483128	1847792	28	-	Sí
3	-	563	481113	1848898	50	48	No
4	-	555	480254	1848173	51	53	No
5	El paraíso	593	480347	1850079	32	41	No
6	-	616	480489	1850795	31	40	No
7	-	672	475868	1848992	22	-	Sí
8	Las arboledas	929	476896	1843612	22	-	Sí
9	Colinas del Getsemani	890	477583	1843095	22	-	Sí
10	Agua escondida	900	478205	1842484	22	-	Sí
11	Villahermosa	922	471265	1848089	37	38	No

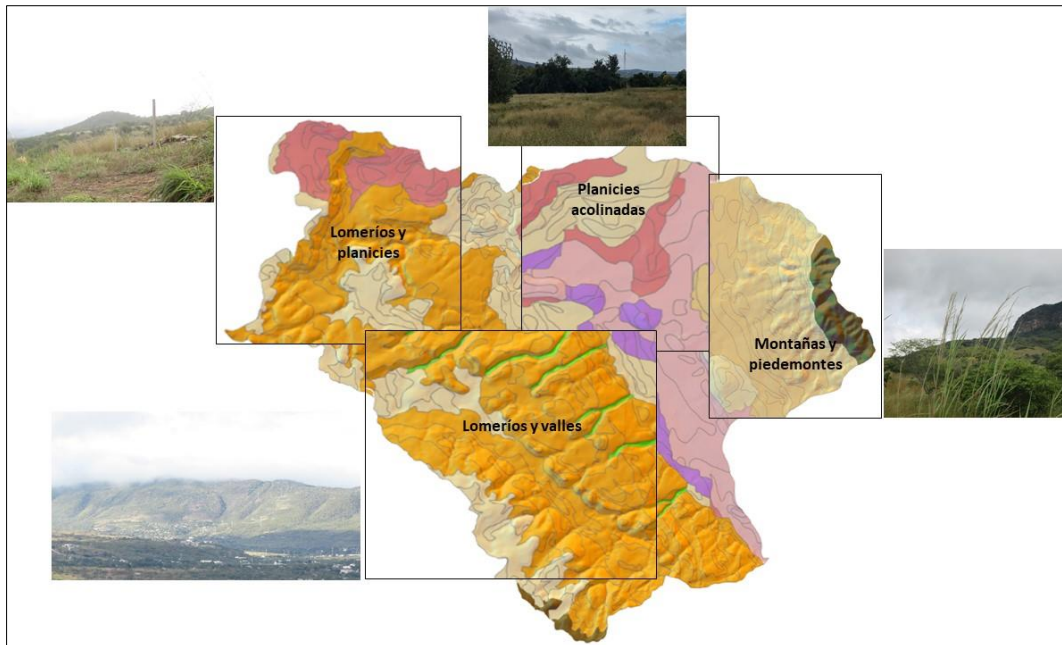


Figura 23. Trabajo de campo para verificación de la cartografía de paisajes.

Los datos del trabajo de campo se describen a continuación:

Sitio 1. El punto se ubicó la localidad de El Sereno en el paisaje de Rampas de piedemontes de origen fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo (Figura 24), específicamente en el paraje complejo 28 que corresponde a “Laderas medianamente inclinadas (10° - 15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, zona urbana y agricultura de temporal sobre Regosol calcárico y Litosol”. Se observó que el material corresponde a derrubios, los suelos son pedregosos y someros, por lo que, presentan correspondencia con los datos del mapa. La categoría de susceptibilidad muy alta coincide con los datos de campo.



Figura 24. A) III. Rampas de piedemontes fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo. B) I. Montañas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 2. Corresponde al mismo paisaje del sitio 1, de Rampas de piedemontes de origen fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo (Figura 25), de igual forma en el paisaje 28 de “Laderas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, zona urbana y agricultura de temporal sobre Regosol calcárico y Litosol”. Este punto se encuentra en la localidad Nueva Jerusalén.

Al igual que el punto anterior, estos se eligieron porque es donde hay presencia asentamientos humanos que se han establecido en las faldas de los piedemontes. Además de que el grado de susceptibilidad es muy alta. De igual forma, presenta similitud entre los datos cartográficos y los descritos en campo.



Figura 25. A) III. Rampas de piedemontes fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo. B) I. Montañas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 3. El punto se encuentra en el paisaje de Planicies onduladas de origen tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 26), en el paraje 50 de “Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Rendzina”. En esta unidad se mostró la correspondencia en el paisaje de Planicies y el grado de susceptibilidad baja.



Figura 26. VIII. Planicies onduladas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 4. Se localiza en el paisaje de Planicies onduladas con una génesis tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 27), en el paraje simple 51 de “Superficies planas ($<1^\circ$) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Rendzina. La cartografía tiene similitud con los datos observados en campo.



Figura 27. VIII. A) Planicies onduladas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 5. Este punto se encuentra ubicado en el paisaje de Rampas de piedemontes de origen fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo, en el paraje simple 32 que corresponde a “Superficies planas ($<1^\circ$) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Litosol”. La verificación en campo de este punto mostró que no existe correspondencia en el paisaje identificado en gabinete con lo observado en campo.

Por lo que, se hicieron las modificaciones adecuadas y de paisajes de Piedemontes se modificó a Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 28), específicamente al paraje simple número 41 de “Superficies planas ($<1^\circ$) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Rendzina”. La categoría muy alta de susceptibilidad que arrojó el mapa pasó a una clase alta.

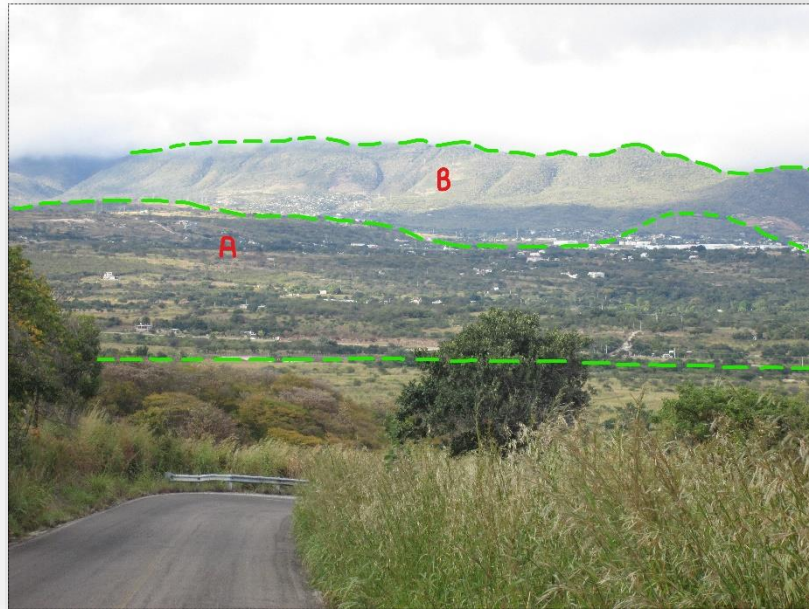


Figura 28. A) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 6. Ubicado en el paisaje de Rampas de piedemontes formado por procesos fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo, en el paraje 31 de “Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Litosol”.

En el recorrido de campo se pudo percatar que la geofoma de Piedemontes descrita en la cartografía no coincide con la realidad, por lo que se hizo el cambio necesario, quedando como paisajes de Planicies acolinadas de origen tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 29), cambió el número de paraje simple de 31 a 40, que corresponde a “Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Rendzina. También se verificó el grado de susceptibilidad alta

identificada en el mapa no coincide con el trabajo en campo, por lo que la clase cambio a una categoría baja.

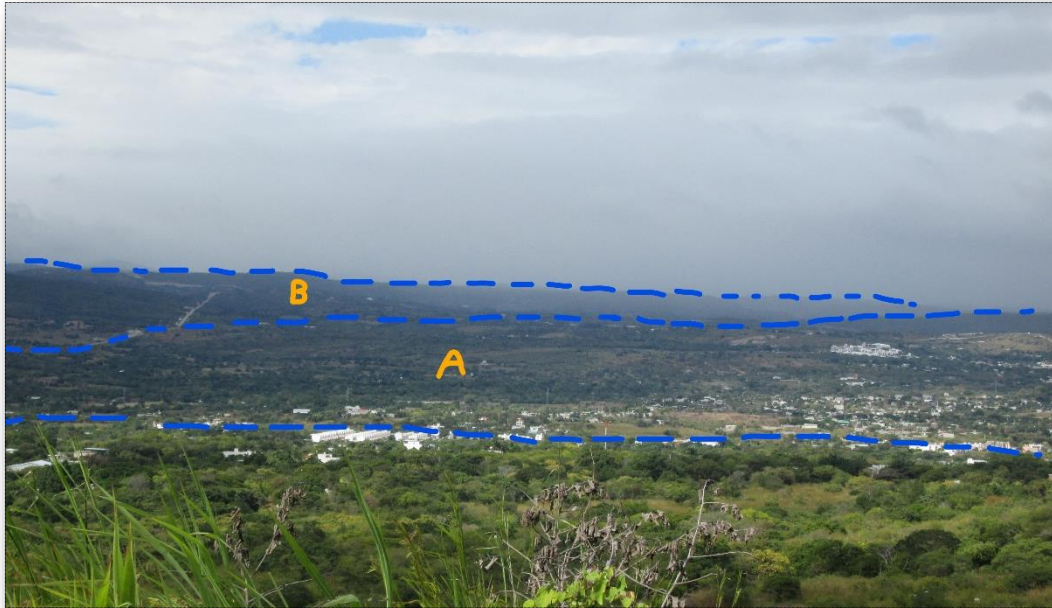


Figura 29. A) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 7. Está en un paisaje de Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 30), en específico en el paraje 22 correspondiente a “Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Litosol”. En este punto se mostró que existe correspondencia entre los datos cartográficos y lo observado en campo, tanto en el paisaje y en la categoría de susceptibilidad baja, que se mantuvo en la misma clase.

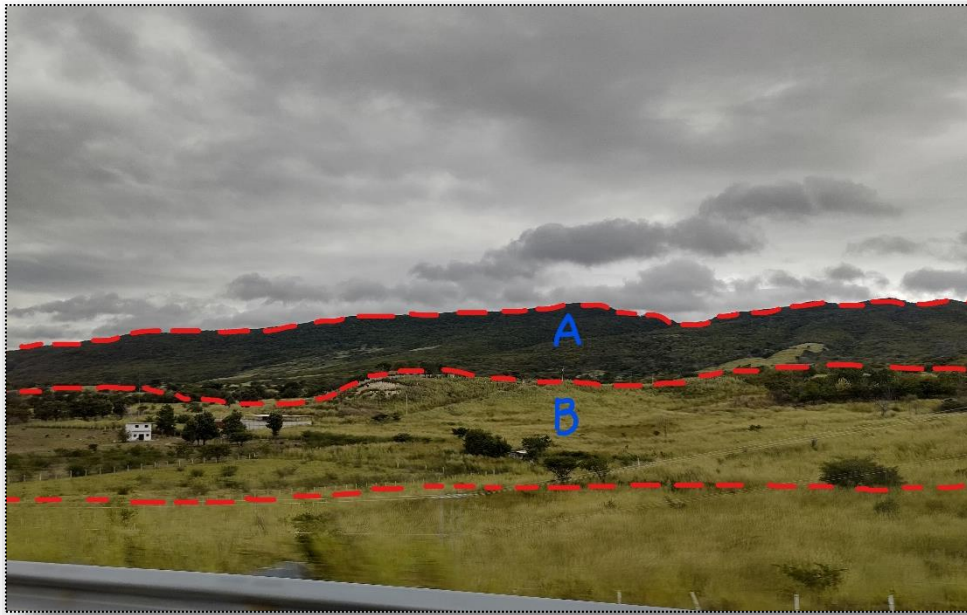


Figura 30. A) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 8. Se localiza en el paisaje de Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 31), en el paraje simple 22 de “Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Litosol”. De acuerdo con lo observado en campo, los datos de paisajes y de susceptibilidad media mantienen semejanza.



Figura 31. II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 9. Al igual que en punto anterior, este se ubica en Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 32), en el paraje simple 22 de “Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Litosol”. Mantiene correspondencia la información de gabinete con la observada en campo y la categoría de susceptibilidad se mantiene en media.

En este punto se pudo observar que se encuentran suelos desarrollados, las rocas están estratificadas y reaccionan al CHI, se verificó el tipo de roca presenta arcillas y lutitas lo que corresponde a los datos del mapa.



Figura 32. II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 10. La ubicación de este punto se encuentra en el mismo paisaje que los dos puntos descritos anteriormente. Corresponde a Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 33), en el paraje simple 22 de “Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Litosol”. Con la información obtenida en campo se puede comprobar que los datos coinciden con la información del mapa de paisajes, la categoría media mantiene correspondencia.



Figura 33. II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

Sitio 11. Ubicado en Planicies acolinadas de origen tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo (Figura 34), en el paraje 37 de “Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con agricultura de temporal, vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Rendzina, Regosol calcárico y Vertisol pélico”. Se mantiene el mismo tipo de paisaje y la susceptibilidad a deslizamientos alta.

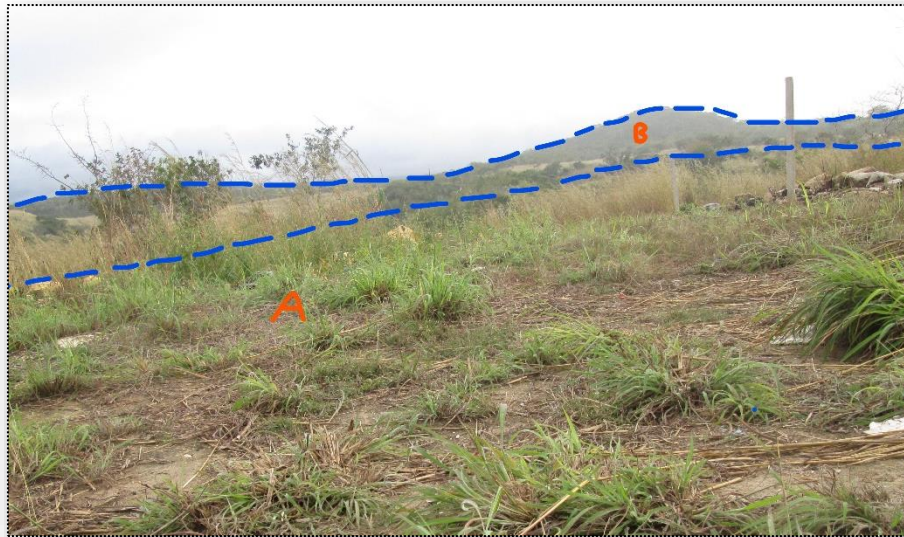


Figura 34. A) V. Planicies acolinadas tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo. B) II. Lomeríos tectónico-kársticas en clima cálido subhúmedo.

El trabajo de campo permitió comprobar la hipótesis cartográfica del mapa de paisajes. Donde se pudo observar que, de los 11 puntos seleccionados, únicamente para dos sitios fue necesario realizar las modificaciones, principalmente de una geoforma de piedemontes identificadas en gabinete, en la verificación en campo se comprobó que el tipo de relieve en ese punto corresponde a Planicies.

5.4 Susceptibilidad a deslizamientos de laderas en la Cuenca Arroyo Sabinal

Como resultados de la aplicación del método Mora-Vahrson (1994) a partir de las unidades de paisajes, se identificaron las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas, tomando en cuenta los factores condicionantes de pendiente, litología, tipo de suelo y vegetación y uso de suelo. La cartografía generada se categorizó en cinco grados de susceptibilidad: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta (Tabla 9).

Tabla 9. Definición de los grados de susceptibilidad a deslizamientos de laderas.

Grado de susceptibilidad	Rango	Superficie (%)	Descripción
Muy baja	0.23 – 0.39	6.75	Geocomplejos que presentan la menor susceptibilidad a deslizamientos; se distribuyen principalmente en superficies planas, donde las características litológicas, edafológicas y usos del suelo no contribuyen a la susceptibilidad.
Baja	0.39 – 0.48	40.1	Geocomplejos con baja susceptibilidad a deslizamientos, con muy poca inclinación del terreno y los tipos de roca y suelos no influyen de manera significativa en la susceptibilidad.
Media	0.48 – 0.57	27.98	Son geocomplejos con susceptibilidad media a deslizamientos; donde la pendiente junto con la roca, el tipo suelo y el uso de suelo comienzan a ser factores importantes en la ocurrencia de deslizamientos.
Alta	0.57 – 0.66	19.69	Son geocomplejos poco estables donde la inclinación del terreno y los materiales presentes (tipo de roca, tipo de suelo y uso de suelo) contribuyen de manera significativa a la susceptibilidad.
Muy alta	0.66 – 0.77	5.49	Geocomplejos altamente susceptibles a deslizamientos; los cuales presentan características óptimas para una mayor probabilidad de deslizamientos como: pendientes pronunciadas, tipo de roca, tipo de suelo y uso de suelo.

La cartografía referente a la susceptibilidad a deslizamientos de laderas nos muestra que en la cuenca Arroyo Sabinal, el 40.1% del área total se encuentra en un grado de susceptibilidad baja; el 27.98% de la superficie total tiene una susceptibilidad media; el 19.69% del total de la cuenca corresponde a un grado de susceptibilidad alta; y el 6.75% y 5.49% en una categoría de susceptibilidad muy baja y muy alta, respectivamente (Figura 35 y Figura 36).

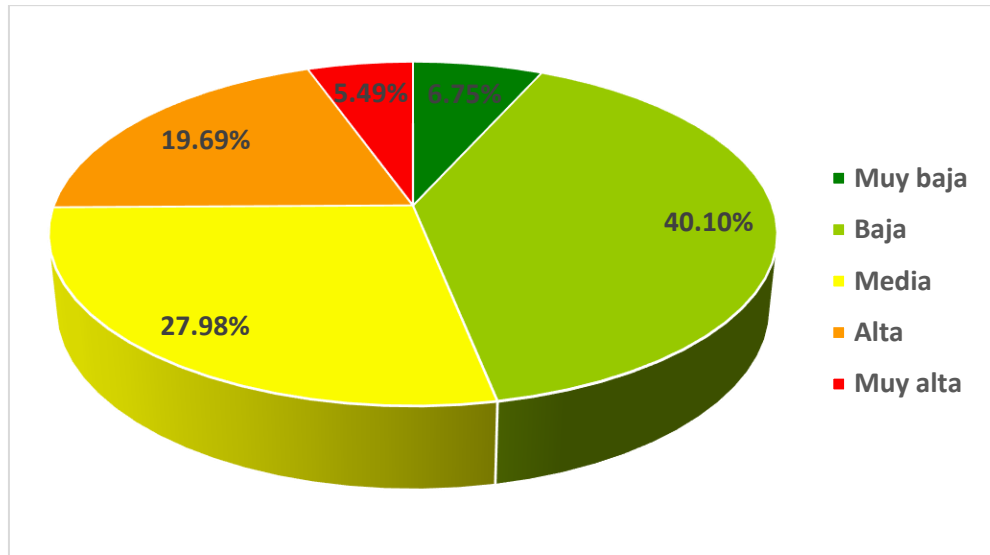
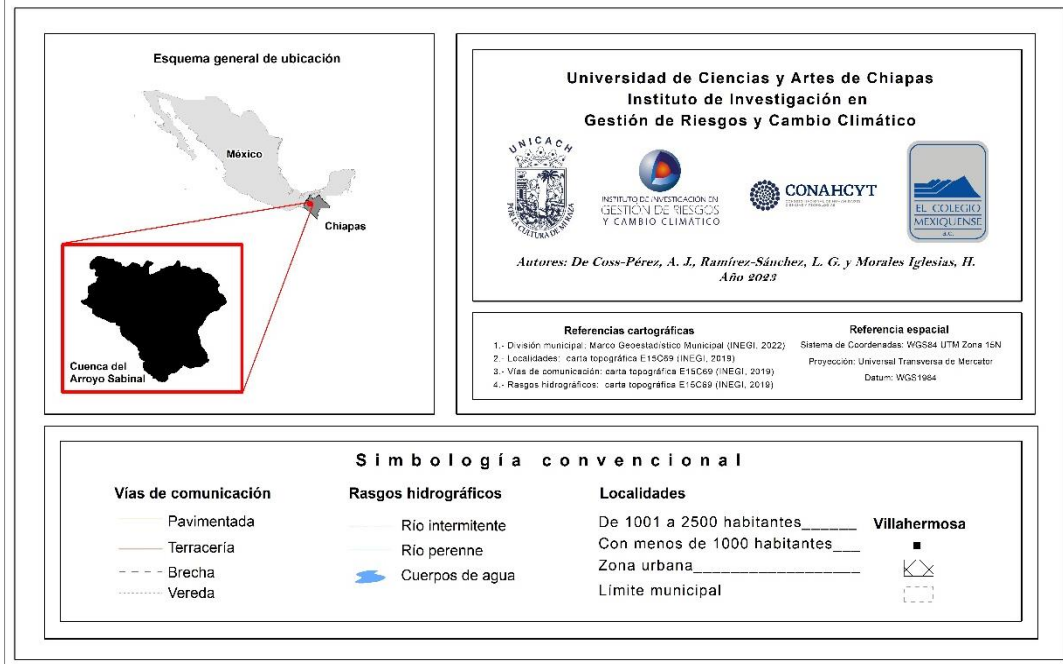
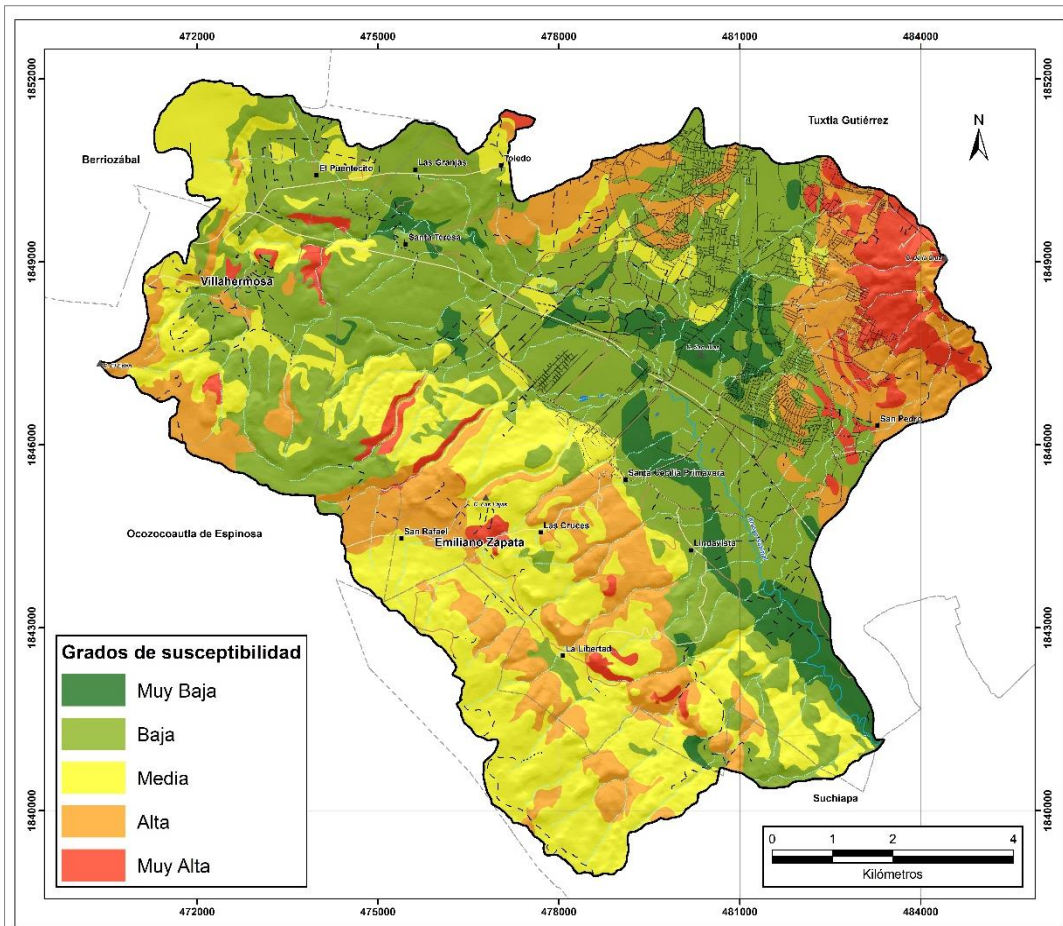


Figura 35. Grados de susceptibilidad a deslizamientos.



Simbología convencional

Vías de comunicación	Rasgos hidrográficos	Localidades
— Pavimentada	— Río intermitente	De 1001 a 2500 habitantes _____ Villahermosa
— Terracería	— Río perenne	Con menos de 1000 habitantes _____
- - - Brecha	— Cuerpos de agua	Zona urbana _____
..... Vereda		Límite municipal _____

Figura 36. Susceptibilidad a deslizamientos de laderas.

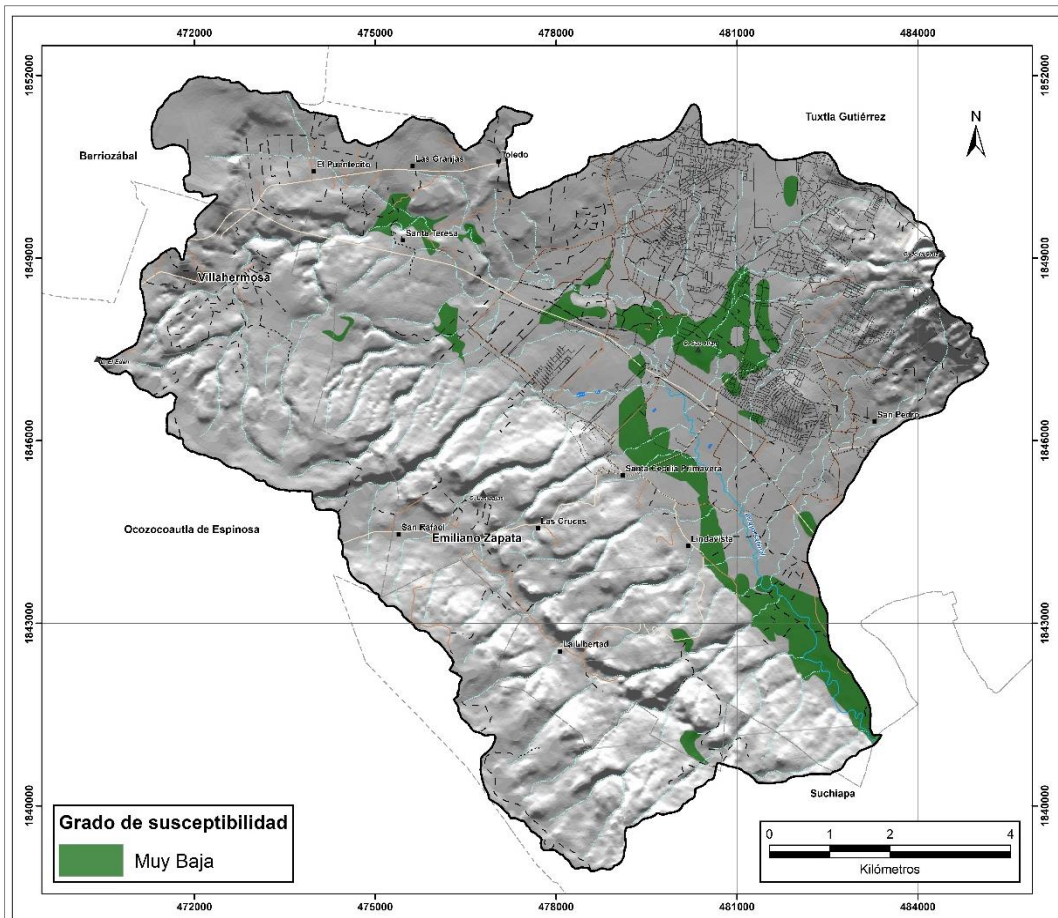
A continuación, se describen de manera particular cada uno de los grados de susceptibilidad obtenidos en la cartografía elaborada:

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA: este grado se distribuye en la parte centro-Sur y Noroeste de la cuenca, tiene una extensión de 6.75% (7.37 km²) del total de la superficie. Se encuentra en paisajes de Planicies, Piedemontes y Lomeríos de origen tectónico-kársticas, tectónico-acumulativas y fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo, integrada por 10 parajes complejos y 15 parajes simples (Tabla 10), predominan las pendientes de <1° a 3° y con rangos de 3° a 5°. La litología corresponde principalmente a lutitas-areniscas y calizas bioclásticas, con Vertisoles, Litosoles y Regosoles; el uso de suelo es de selva, agricultura y zona urbana. Estas particularidades del territorio no son óptimas para la ocurrencia de deslizamientos. En esta categoría existen asentamientos humanos en 48.99% de su superficie (Figura 37).

Tabla 10. Paisajes con grado de susceptibilidad Muy Baja.

GDS	Geoforma	Paraje complejo	Paraje simple	Superficie (km ²)
Muy Baja	Lomeríos	II.2, II.3	22, 23, 24	0.29
	Piedemontes	III.1	30	0.36
	Planicies	V.1, V.2, VI.1, VI.2, VII.1, VII.2, VIII.1	39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51	6.71

*Para la descripción de las claves de paraje complejo y paraje simple, ver leyenda en Anexo 2



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Instituto de Investigación en
Gestión de Riesgos y Cambio Climático






*Autores: De Coss-Pérez, A. J., Ramírez-Sánchez, L. G. y Morales Iglesias, H.
 Año 2023*

<p>Referencias cartográficas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- División municipal: Marco Geoestadístico Municipal (INEGI, 2022) 2.- Localidades: carta topográfica E15C69 (INEGI, 2019) 3.- Vías de comunicación: carta topográfica E15C69 (INEGI, 2019) 4.- Rasgos hidrográficos: carta topográfica E15C69 (INEGI, 2019) 	<p>Referencia espacial</p> <p>Sistema de Coordenadas: WGS84 UTM Zona 15N Proyección: Universal Transversa de Mercator Datum: WGS1984</p>
---	---

Simbología convencional			
<p>Vías de comunicación</p> <ul style="list-style-type: none"> Pavimentada Terracería Brecha Vereda 	<p>Rasgos hidrográficos</p> <ul style="list-style-type: none"> Río intermitente Río perenne Cuerpos de agua 	<p>Localidades</p> <ul style="list-style-type: none"> De 1001 a 2500 habitantes Con menos de 1000 habitantes Zona urbana Límite municipal 	<p>Villahermosa</p> <ul style="list-style-type: none">

Figura 37. Grado de susceptibilidad Muy Baja.

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD BAJA: se ubica al Norte, al Sur, al Noroeste y al centro de la cuenca, ocupa el 40.10% (43.76 km²) del total de la superficie, se sitúa en paisajes de Planicies y Lomeríos con una génesis tectónico-kársticas, tectónico-acumulativas y en menor porción en Piedemontes de origen fluvio-torrencial con clima cálido subhúmedo, constituida por 10 parajes complejos y 18 parajes simples (Tabla 11); en este grado predominan las pendientes con rangos de 1°-3° y de 5°-10°, seguidos de las inclinaciones de <1°, 3°-5° y 10°-15°; está integrada por calizas bioclásticas, lutitas-areniscas, calizas-areniscas-lutitas y calizas arrecifales; con diferentes tipos de suelos como son: Litosoles Regosoles, Vertisoles, y Rendzinas, sobre los cuales se desarrollan los usos de suelo de selva, agricultura, zona urbana, en menor proporción los pastizales y áreas desprovistas de vegetación. Del total de la superficie de este grado de susceptibilidad el 37.62% está ocupada por zonas urbanas. Las características de esta zona no son representativas para producir deslizamientos (Figura 38).

Tabla 11. Paisajes con grado de susceptibilidad Baja.

GDS	Geoforma	Paraje complejos	Parajes simples	Superficie (km ²)
Baja	Lomeríos	II.2, II.3	21, 22, 23, 24	15.85
	Piedemontes	III.2	31	2.08
	Planicies	V.1, V.2, VI.2, VII.1, VII.2, VIII.1, VIII.2	37, 38, 39, 40, 41, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53	25.83

*Para la descripción de las claves de paraje complejo y paraje simple, ver Anexo 2

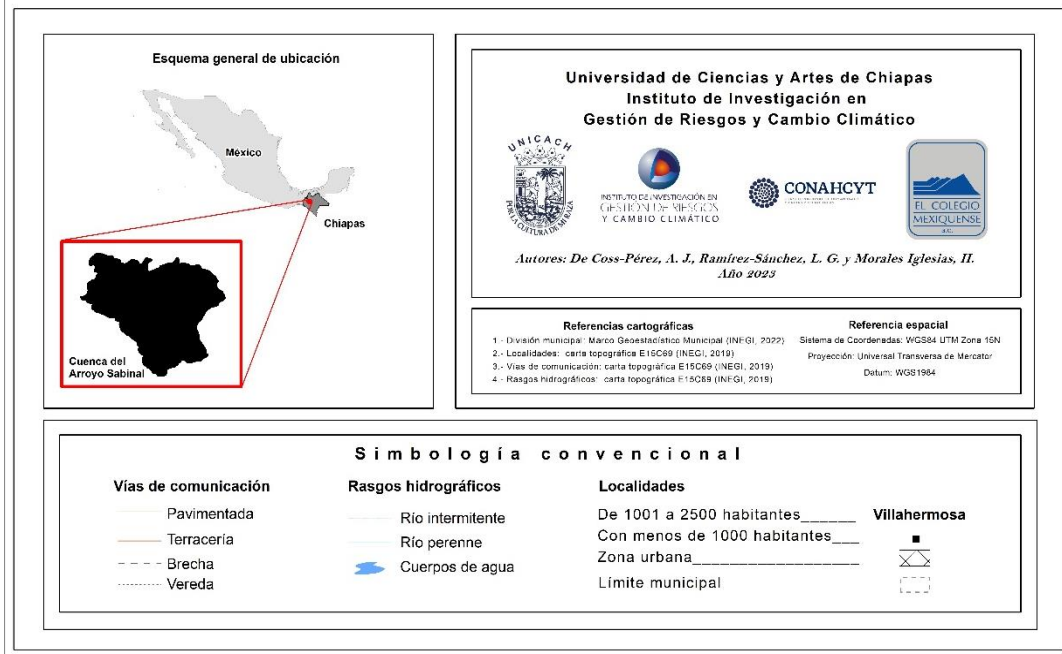
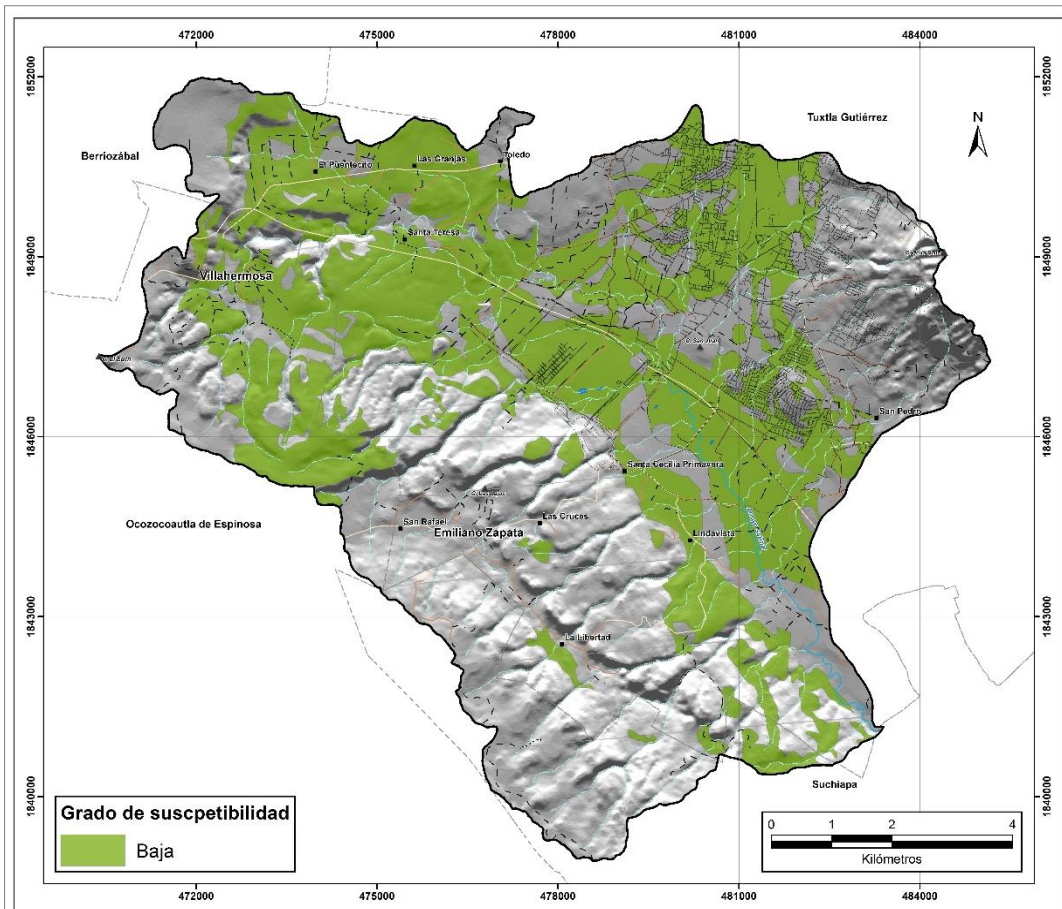


Figura 38. Grado de susceptibilidad Baja.

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD MEDIA: esta categoría se localiza al Sur, al Oeste y al Noroeste de la cuenca, abarca el 27.98% (30.53 km²) de la superficie total de la cuenca; se sitúan en paisajes de Lomeríos, Planicies, Montañas, Valles y Piedemontes, formados por procesos tectónico-kársticos, tectónico-acumulativas y fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo, se forma por 12 parajes complejos y 28 parajes simples (Tabla 12); con distintos rangos de pendientes de 5°-10°, 10°-15°, 15°-20°, 20°-30° y de <1° a 5°; esta zona se conforma por calizas arrecifales, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas; los suelos son Rendzinas, Litosoles, Regosoles, y Vertisoles; con cubierta vegetal de selva, agricultura, zona urbana, y con menor porción las áreas desprovistas de vegetación y pastizales. La suma de las características de estas variables comienza a ser un factor para la generación de deslizamientos. De la superficie total de esta clase el 6.13% está ocupada por zonas urbanas (Figura 39).

Tabla 12. Paisajes con grado de susceptibilidad Media.

GDS	Geoforma	Paraje complejos	Parajes simples	Superficie (km ²)
Media	Montañas	I.1	4, 5	0.56
	Lomeríos	II.1, II.2, II.3	7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24	20.69
	Piedemontes	III.1	30	0.29
	Valles	IV.1	34, 35	0.38
	Planicies	V.1, V.2, VI.2, VII.1, VIII.1, VIII.2	37, 38, 39, 40, 45, 47, 50, 51, 52, 53	8.61

*Para la descripción de las claves de paraje complejo y paraje simple, ver Anexo 2

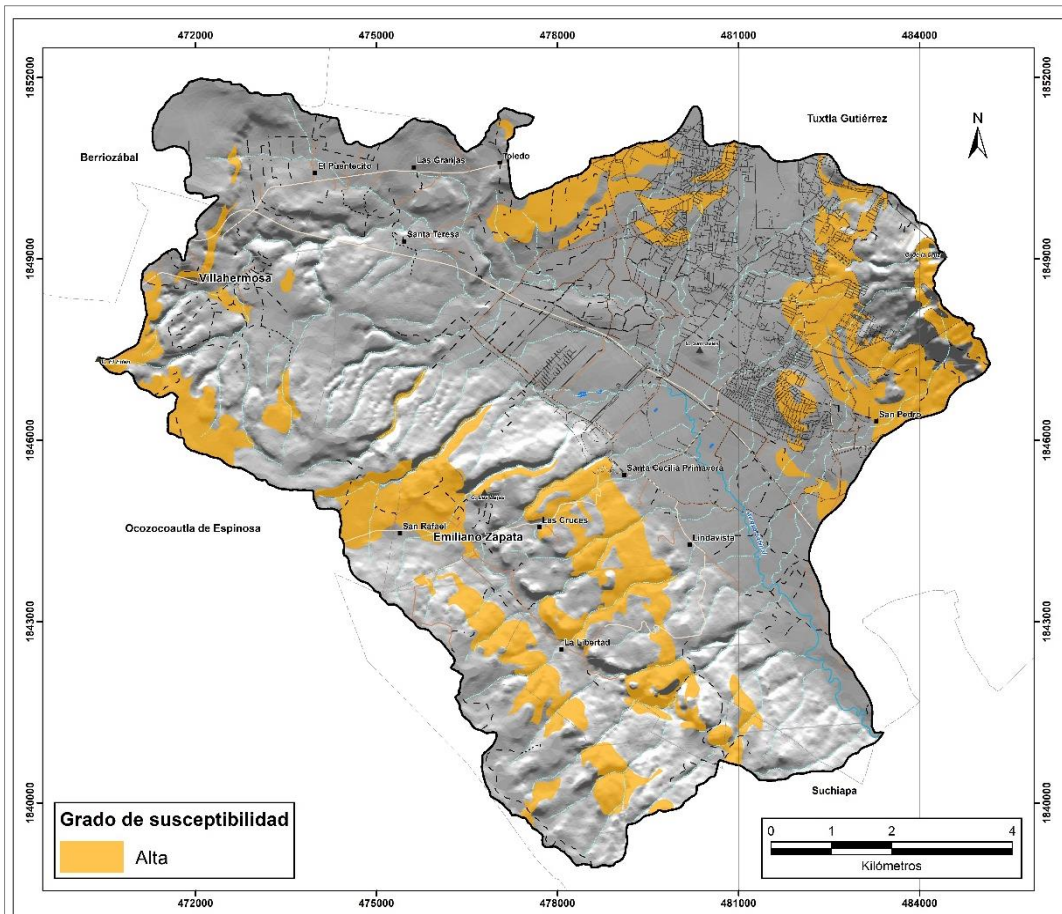
GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD ALTA: esta categoría ocupa 19.69% (21.48 km²) del total de la superficie. Se distribuye al Norte, al Este, al Suroeste y al Oeste de la cuenca. Se ubica en paisajes de Piedemonte, Planicies, Montañas y Valles con génesis tectónico-kársticas, tectónico-acumulativas y fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo, compuesta por 12 parajes complejos y 31 parajes simples (Tabla 13), con distintos rangos de pendientes de 20°-30°, 5°-10°, 15°-20°, 10°-15° y de >1° a 5°.

Predominan los usos de suelo de agricultura, zona urbana y selva, en menor porción los pastizales y las áreas desprovistas de vegetación. Los tipos de rocas predominante en esa zona son los derrubios, calizas-areniscas-lutitas, calizas bioclásticas y calizas arrecifales, en Litosoles, Regosoles, Rendzinas y Vertisoles. La presencia de pendientes pronunciadas y las características de la roca, tipo de suelo y uso del suelo, favorecen de manera significativa la posible ocurrencia de deslizamientos de laderas. De igual forma, el 24.93% de la superficie de esta categoría es ocupada por zonas urbanas (Figura 40).

Tabla 13. Paisajes con grado de susceptibilidad Alta.

GDS	Geoforma	Paraje complejos	Parajes simples	Superficie (km ²)
Alta	Montañas	I.1	2, 3	0.77
	Lomeríos	II.1, II.2, II.3	6, 8, 10, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	9.24
	Piedemontes	III.1, III.2	28, 29, 30, 31	4.35
	Valles	IV.1	33, 34	0.44
	Planicies	V.1, V.2, VI.1, VIII.1, VIII.2	36, 37, 38, 39, 40, 41, 47, 49, 51, 52, 53	6.68

*Para la descripción de las claves de paraje complejo y paraje simple, ver Anexo 2



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Instituto de Investigación en
Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Autores: De Coss-Pérez, A. J., Ramírez-Sánchez, L. G. y Morales Iglesias, H.
 Año 2023

Referencias cartográficas	Referencia espacial
1.- División municipal: Marco Geostadístico Municipal (INEGI, 2022)	Sistema de Coordenadas: WGS84 UTM Zona 15N
2.- Localidades: carta topográfica E15C09 (INEGI, 2019)	Proyección: Universal Transversa de Mercator
3.- Vías de comunicación: carta topográfica E15C09 (INEGI, 2019)	Datum: WGS1984
4.- Rasgos hidrográficos: carta topográfica E15C09 (INEGI, 2019)	

Simbología convencional		
Vías de comunicación — Pavimentada — Terracería - - - Brecha - - - Vereda	Rasgos hidrográficos — Río intermitente — Río perenne — Cuerpos de agua	Localidades De 1001 a 2500 habitantes _____ Villahermosa Con menos de 1000 habitantes _____ Zona urbana _____ Límite municipal _____

Figura 40. Grado de susceptibilidad Alta.

GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA: esta clase se encuentra localizada principalmente al Este de la cuenca, ocupa el 5.49% (5.99 km²) de la superficie total; se distribuye principalmente en paisajes de Piedemontes, Lomeríos y Montañas formados por procesos fluvio-torrenciales, tectónico-kársticos y tectónico-acumulativas en clima cálido subhúmedo, tiene 10 parajes complejos y 30 parajes simples (Tabla 14); una característica importante es que posee pendientes pronunciadas de 30° a 45°, seguidas de los rangos de 20°-30°, 15°-20° y 10°-15° de inclinación. La litología predominante corresponde a derrubios, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas, con Litosoles, Regosoles y Vertisoles. Los principales usos de suelo en esta zona corresponden a selva, zona urbana, áreas desprovistas de vegetación y agricultura. El conjunto de estos factores bio-físicos propician una mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos de laderas. Del área total de esta clase el 57.58% está ocupada por las zonas urbanas (Figura 41).

Tabla 14. Paisajes con grado de susceptibilidad Muy Alta.

GDS	Geoforma	Paraje complejos	Parajes simples	Superficie (km ²)
Muy alta	Montañas	I.1	1, 2	0.77
	Lomeríos	II.1, II.2, II.3	6, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 24	1.79
	Piedemontes	III.1, III.2	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	3.17
	Valles	IV.1	34	0.04
	Planicies	V.1, V.2, VII.1	37, 40, 46	0.22

*Para la descripción de las claves de paraje complejo y paraje simple, ver Anexo 2

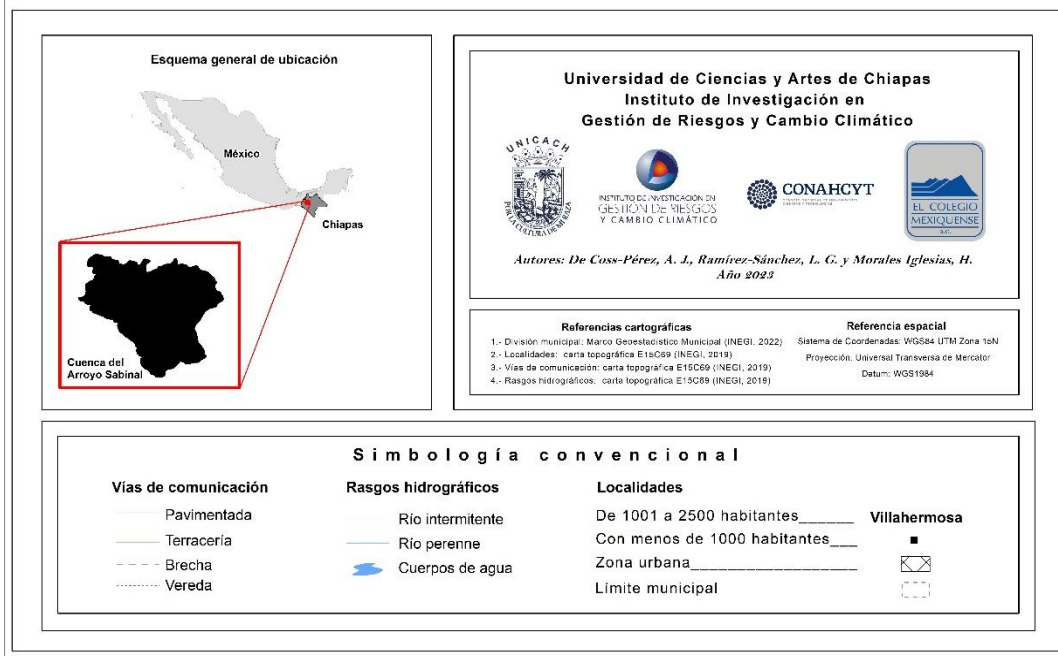
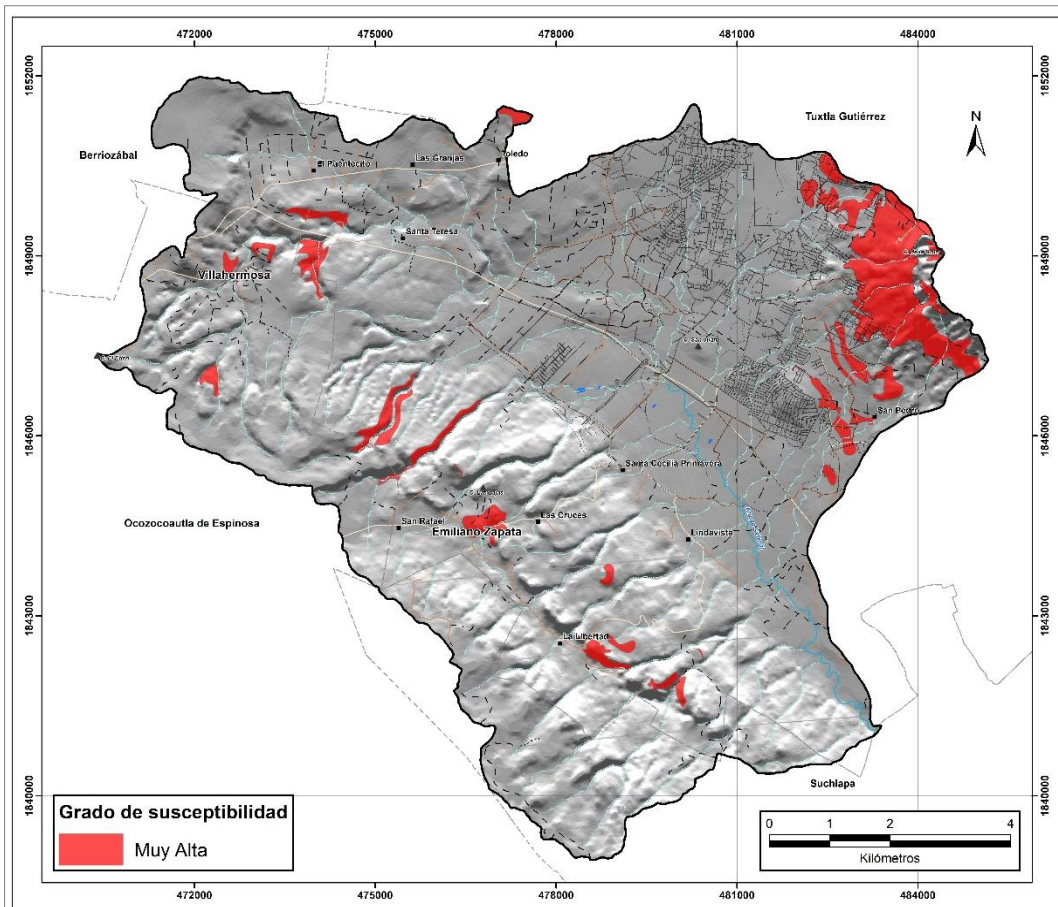


Figura 41. Grado de susceptibilidad Muy Alta.

Como resultado del análisis de la distribución de los grados de susceptibilidad, se debe de considerar que el crecimiento de la zona urbana de la ciudad de Tuxtla se está dando principalmente en las categorías Alta y Muy Alta, que, de presentarse un evento de deslizamientos de laderas en estas zonas, podría provocar la pérdida de bienes materiales e inclusive la pérdida de vidas humanas. Ante este panorama se hace necesario realizar un análisis de vulnerabilidad y riesgo.

Además, es importante destacar que las categorías mencionadas anteriormente, coinciden con los resultados obtenidos del trabajo elaborado por Paz (2017); estas zonas se sitúan en el Cerro Mactumatzá, al Este de la CAS. Estas coincidencias refuerzan la idea de la aplicación de métodos con enfoque geoecológico en la evaluación de susceptibilidad a deslizamientos. Al mismo tiempo, la simultaneidad de estos resultados robustece ambos métodos, así como la posibilidad de integrarlos.

5.5 Zonificación de amenaza

Actualmente, la expansión de la zona urbana de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se dirige hacia la CAS. Es por ello, que en la presente investigación se realizó un análisis de zonificación de amenaza, donde de acuerdo con los datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda del INEGI (2020) se cuantificó la población total y el número de viviendas totales que se encuentran asentadas en zonas susceptibles a deslizamientos.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la cuenca presenta cinco grados de susceptibilidad a deslizamientos; en la que actualmente residen 48,843 personas y se encuentran establecidas 13,276 viviendas (Tabla 15).

Tabla 15. Zonificación de amenaza en la cuenca. Fuente: INEGI (2020).

Grado de amenaza	Número de habitantes	Número de viviendas
Muy Baja	2,846	845
Baja	24,508	6684
Media	2,144	572
Alta	16,824	4,521
Muy Alta	2,521	654
Total	48,843	13,276

De acuerdo con la información obtenida, se muestran los datos disponibles sobre población y vivienda, que para el caso de la zona urbana se obtuvieron a nivel de manzana (Tabla 16) y para el resto de la CAS fue de manera puntual a nivel de localidades (Tabla 17).

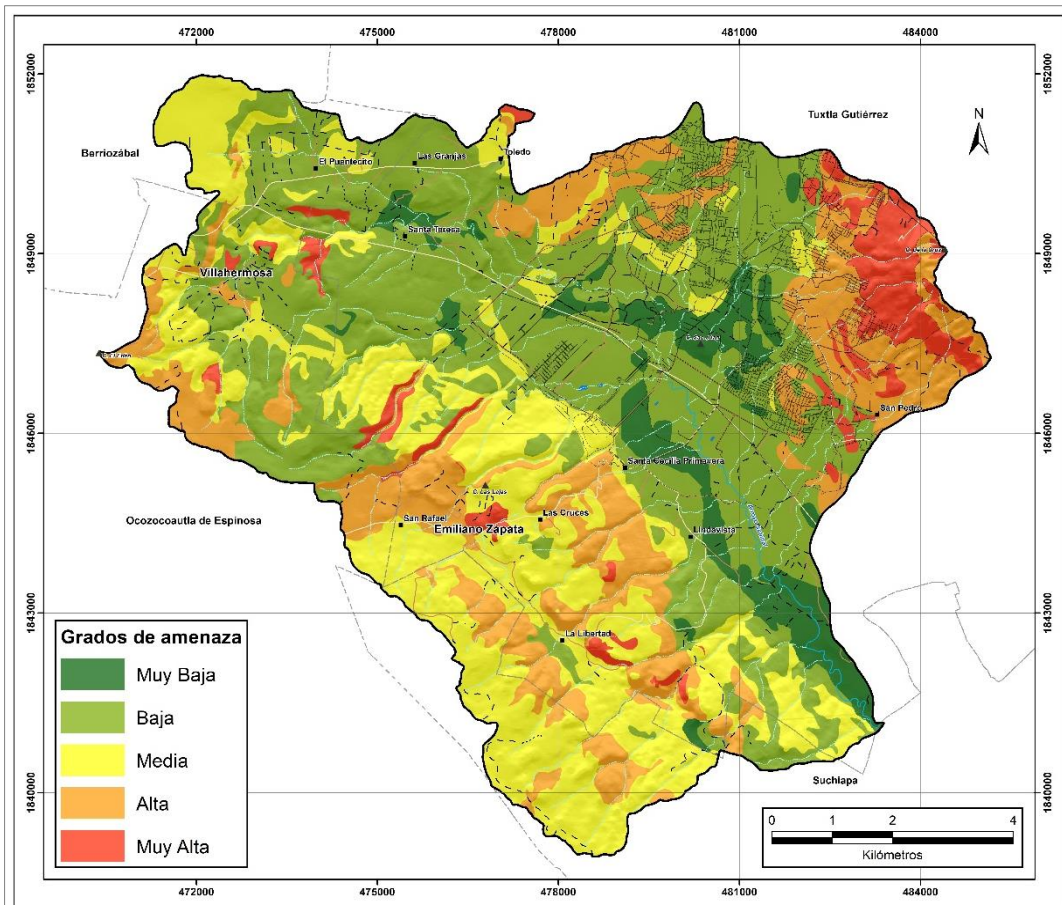
Tabla 16. Zonificación de la cuenca a nivel de manzanas. Fuente: INEGI (2020).

Grado de amenaza	Número de habitantes	Número de viviendas
Muy Baja	2,814	835
Baja	23,106	6,291
Media	1,946	508
Alta	15,444	4,185
Muy Alta	2,515	653
Total	45,825	12,472

Tabla 17. Zonificación de la cuenca a nivel de localidades. Fuente: INEGI (2020).

Grado de amenaza	Localidades	No. de habitantes	No. de viviendas
Muy Baja	Las Cirias	32	10
Baja	El Potrillo, El Puentecito, El Vergel de Jazmín, Esquipulas, La Florida, Las Flores, Las Granjas, Lindavista, Los Girasoles, Pedregal Santa Cruz, Quinta Florecita, San Rafael la Ciria, Santa Cecilia Primavera, Santa Teresa, Santo Domingo Huexa, Villahermosa	1,402	393
Media	Chulavista, Colinas de Getsemaní, El Brasil, El Limón, Florita, La Esperanza, La Libertad, Las Arboledas, Las Cruces, Rizo de Oro, Sagrado Corazón de Jesús, San Juan, San Rafael, Toledo, Unión Familiar	198	64
Alta	Chulavista, El Coyolito, El Gran Chaparral, El Paraíso, El Peñasco II, El Señor de Tila, Emiliano Zapata, Las Murallas, Peñasco Zapata, San José, San Juan de las Pozas, San Pedro	1,380	336
Muy Alta	Santa Julia	6	1
Total		3,018	804

El análisis de zonificación de amenaza a deslizamientos de laderas nos indica que los porcentajes más altos de la población total en la cuenca se encuentran en un grado de amenaza Baja con 50.18% y en una categoría Alta con 34.45%. Mientras que en un grado de amenaza Muy alta, Muy baja y Media tienen menor porcentaje con 5.16%, 5.83% y 4.39% respectivamente (Figura 42).



Esquema general de ubicación

México
Chiapas
Cuenca del Arroyo Sabinal

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Instituto de Investigación en
Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Autores: De Coss-Pérez, A. J., Ramírez-Sánchez, L. G. y Morales Iglesias, H.
Año 2023

Referencias cartográficas	Referencia espacial
1.- División municipal: Marco Geoespacial Municipal (INEGI, 2022)	Sistema de Coordenadas: WGS84 UTM Zona 15N
2.- Localidades: carta topográfica E15C09 (INEGI, 2019)	Proyección: Universal Transversa de Mercator
3.- Vías de comunicación: carta topográfica E16C69 (INEGI, 2019)	Datum: WGS1984
4.- Rasgos hidrográficos: carta topográfica E15C09 (INEGI, 2019)	

Simbología convencional

Vías de comunicación	Rasgos hidrográficos	Localidades
— Pavimentada	— Río intermitente	De 1001 a 2500 habitantes _____ Villahermosa
— Terracería	— Río perenne	Con menos de 1000 habitantes _____
- - - Brecha	■ Cuerpos de agua	Zona urbana _____
..... Vereda		Límite municipal _____

Figura 42. Zonificación de amenaza a deslizamientos.

A continuación, se describe la relación que existe entre la población total y número de viviendas expuestas a la amenaza por deslizamientos:

➤ Amenaza **Muy Baja**: en esta categoría se encuentra una población de 2,846 (5.83%) habitantes y un total de 845 (6.36%) viviendas. De las cuales en la zona urbana se encuentran 2,814 habitantes y 835 viviendas; y, en la localidad Las Ciria habitan 32 personas en 10 viviendas (Figura 43). Mismas que se establecen en paisajes de Planicies, Piedemontes y Lomeríos de origen tectónico-kársticas, tectónico-acumulativas y fluvio-torrenciales, en clima cálido subhúmedo; estos paisajes no representan una amenaza a deslizamientos para la población, debido a sus condiciones naturales de poca pendiente, así como del tipo de roca, tipo de suelo y uso de suelo. Por lo que, la población asentada en esta zona no sufriría graves afectaciones.

➤ Amenaza **Baja**: esta categoría abarca el mayor porcentaje de la población en la cuenca con 24,508 (50.18%) personas en 6,684 (50.35%) viviendas. De estas, 23,106 habitantes y 6,291 viviendas corresponden a la zona urbana; y, 1,402 habitantes y 393 viviendas en las localidades El Potrillo, El Puentequito, El Vergel de Jazmín, Esquipulas, La Florida, Las Flores, Las Granjas, Lindavista, Los Girasoles, Pedregal Santa Cruz, Quinta Florecita, San Rafael la Ciria, Santa Cecilia Primavera, Santa Teresa, Santo Domingo Huexa, Villahermosa (Figura 44). Esta población se asienta en paisajes de Planicies, Lomeríos y Piedemontes con una génesis tectónico-kársticas, tectónico-acumulativas y fluvio torrenciales, en clima cálido subhúmedo; las condiciones naturales de estos paisajes (pendiente, litología, tipo de suelo y uso de suelo) no son representativas para que se generen deslizamientos. Por lo que, la población asentada en esta clase presenta una baja probabilidad de que sufran daños por deslizamientos.

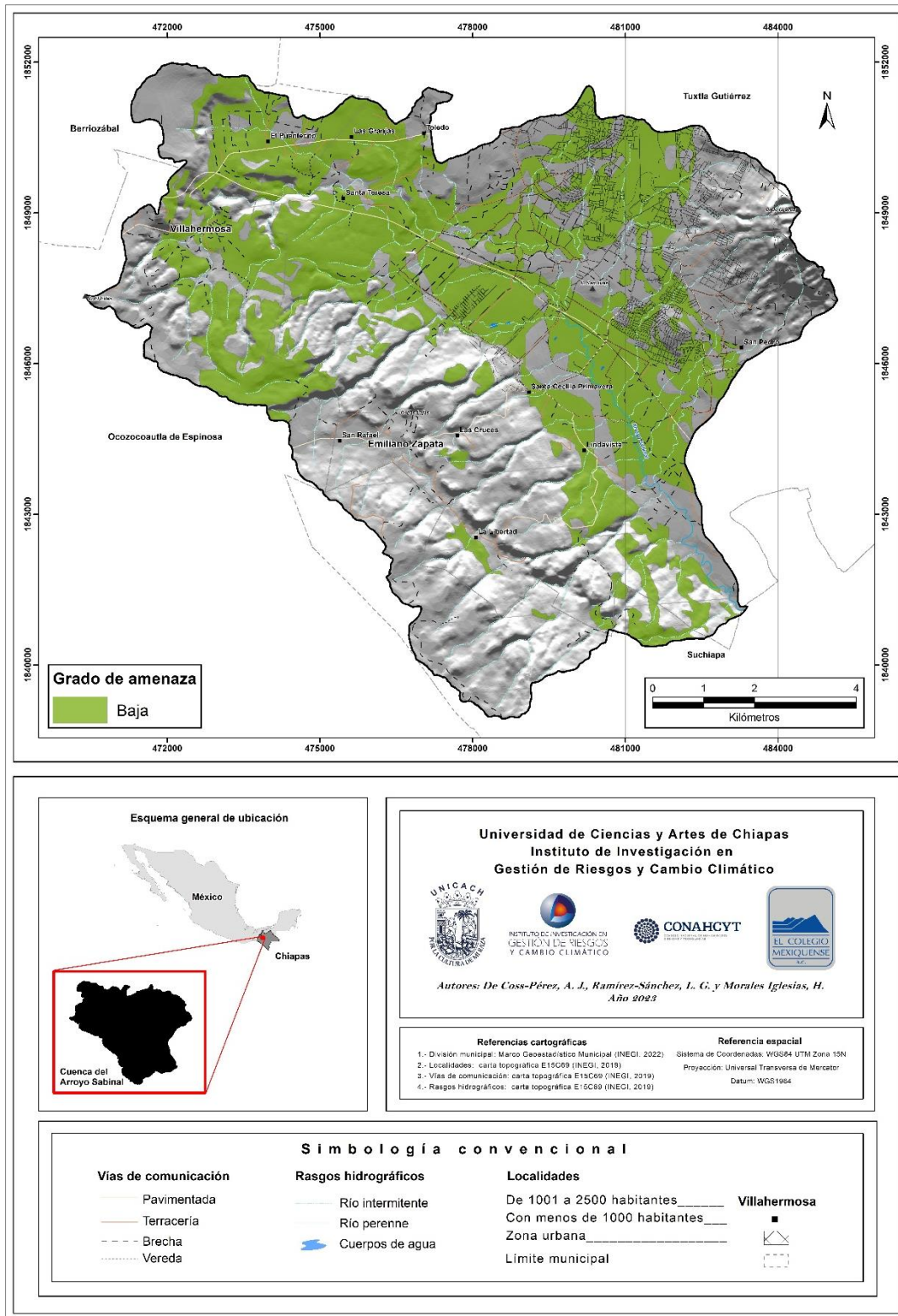


Figura 44. Grado de amenaza Baja.

➤ Amenaza **Media**: en esta clase se encuentran establecidos 2,144 (4.39%) habitantes y 572 (4.31%) viviendas. De las cuales 1,946 personas y 508 viviendas corresponden a la zona urbana; y, 198 habitantes y 64 viviendas a las localidades Chulavista, Colinas de Getsemaní, El Brasil, El Limón, Florita, La Esperanza, La Libertad, Las Arboledas, Las Cruces, Rizo de Oro, Sagrado Corazón de Jesús, San Juan, San Rafael, Toledo, Unión Familiar (Figura 45). Esta población e infraestructura de viviendas se sitúan en paisajes de Lomeríos, Planicies, Montañas, Valles y Piedemontes formados por procesos tectónico-kársticos, tectónico-acumulativas y fluvio-torrenciales en clima cálido subhúmedo; donde las propiedades de estos geocomplejos como: pendiente, tipo de roca, tipo de suelo y uso de suelo comienzan a conjugarse para propiciar deslizamientos, lo que podría causar afectaciones a los habitantes asentados en esta zona.

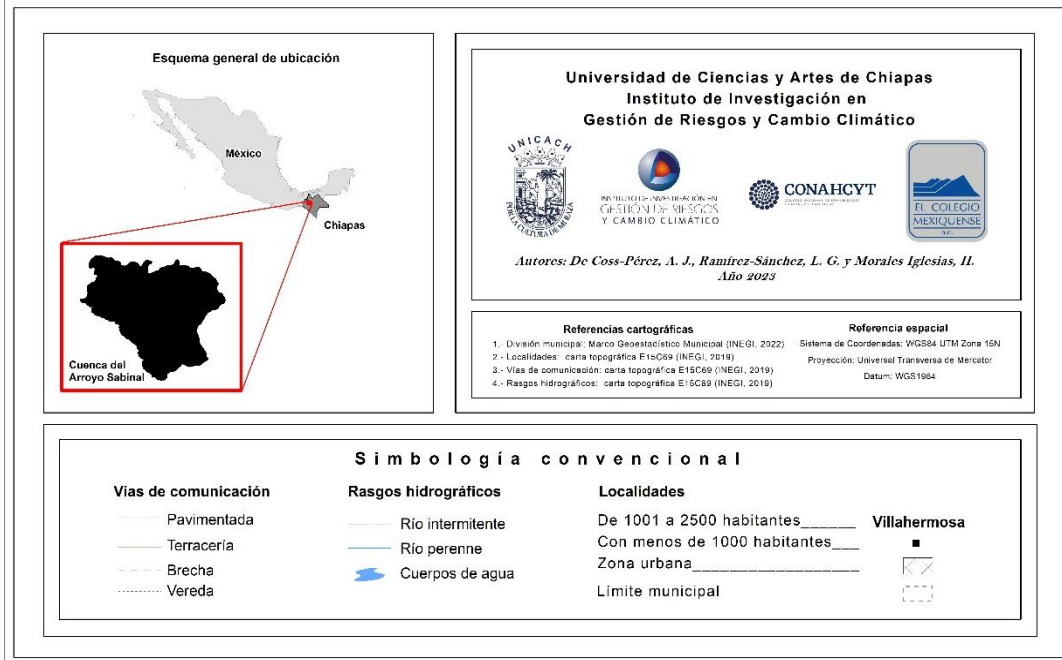
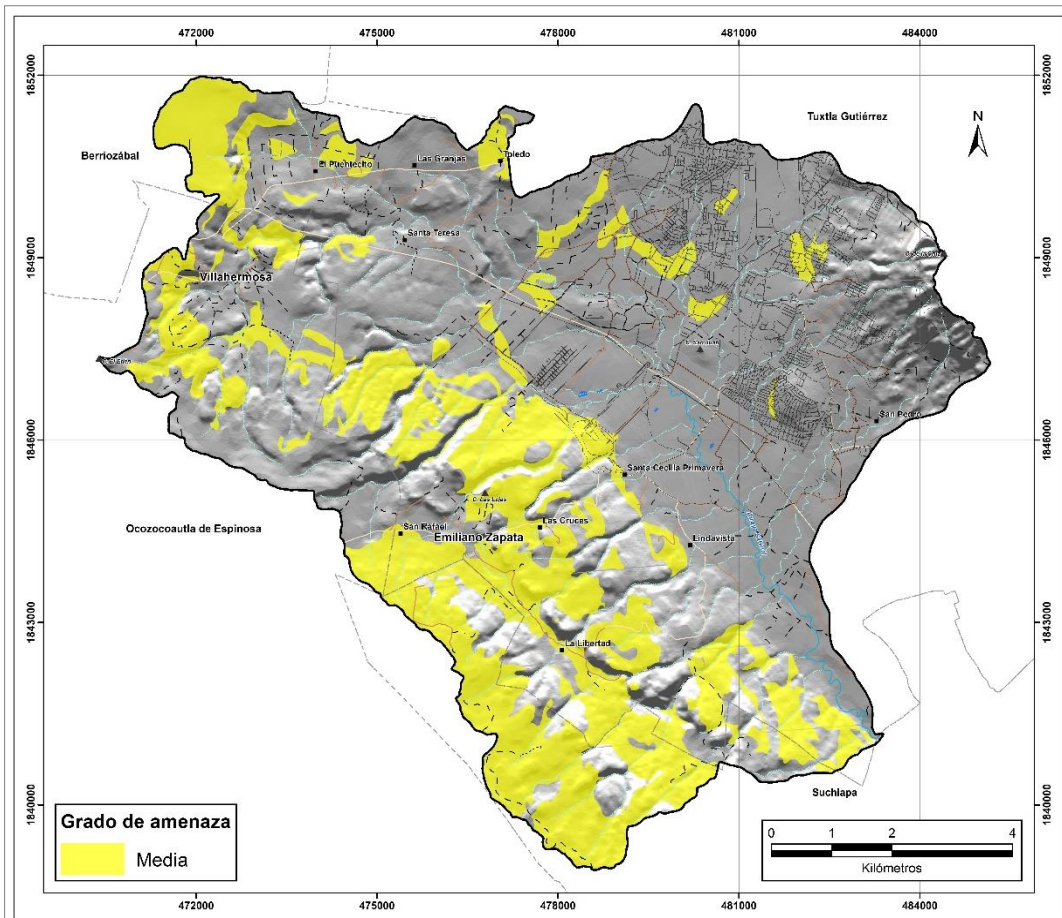


Figura 45. Grado de amenaza Media.

➤ Amenaza **Alta**: estas zonas se encuentran principalmente en paisajes de Piedemontes, Planicies, Montañas y Valles con génesis fluvio-torrenciales y tectónico-kársticas y tectónico-acumulativas, en clima cálido-subhúmedo, donde las características que lo constituyen como la inclinación del terreno, el tipo de roca, el tipo de suelo y uso de suelo favorecen la ocurrencia de deslizamientos.

En esta zona se encuentra el segundo porcentaje mayor de la población en la cuenca con 34.45% que corresponde a un total de 16,824 habitantes; y 4,521 viviendas que representa el 34.05% del total. Donde 15,444 personas y 4,185 viviendas pertenecen a la zona urbana; y 1,380 habitantes y 336 viviendas pertenecen a las localidades Chulavista, El Coyolito, El Gran Chaparral, El Paraíso, El Peñasco II, El Señor de Tila, Emiliano Zapata, Las Murallas, Peñasco Zapata, San José, San Juan de las Pozas, San Pedro (Figura 46).

De acuerdo a los resultados obtenidos, esta categoría de amenaza es la más representativa en cuanto a las condiciones que tiene el territorio para poder presentarse un movimiento de materiales de roca y suelo, lo que representa una amenaza para la población y las viviendas establecidas en esta zona; por lo que, en el caso que llegara a ocurrir un deslizamiento puede provocar serios daños a la población, así como pérdidas de sus bienes materiales, y de la infraestructura de viviendas, ya que estas serían dañadas o totalmente destruidas.

Los principales afectados serían los 16,824 habitantes que están ubicados en esta categoría, así como sus respectivas viviendas (4,521 casas). Esto implicaría un gasto considerable para las autoridades al atender a la población en desastre, o para la reubicación.

➤ Amenaza **Muy Alta**: en esta categoría residen 2,521 habitantes que representan el 5.16% del total de la población y 654 viviendas que corresponde al 4.93% de las viviendas totales. De las cuales 2,515 personas y 653 viviendas están establecidas en la zona urbana; mientras que seis habitantes y una vivienda pertenecen a la localidad de Santa Julia (Figura 47).

Esta zona se encuentra en paisajes de Piedemontes, Lomeríos y Montañas formados por procesos fluvio-torrenciales, tectónico-kársticas y tectónico-acumulativas, en clima en clima cálido subhúmedo; donde las características físicas de estos geocomplejos, principalmente la pendiente del terreno, el tipo de roca, el tipo de suelo y el uso de suelo influyen en que se presente con mayor probabilidad un deslizamiento de ladera; por lo que, la población expuesta en este grado de susceptibilidad corresponde a 2,521 habitantes, mismos que perderían o sufrirían daños en sus 654 viviendas. Al igual que en la clase alta, la ocurrencia de un deslizamiento provocaría gastos económicos por parte del gobierno al atender una emergencia ante este fenómeno.

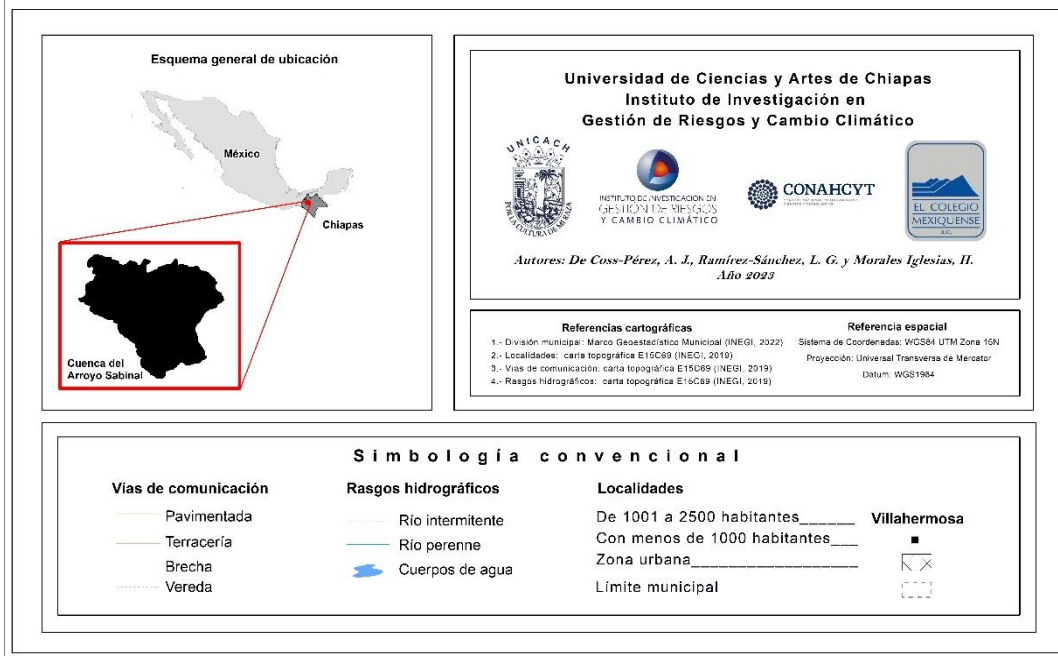
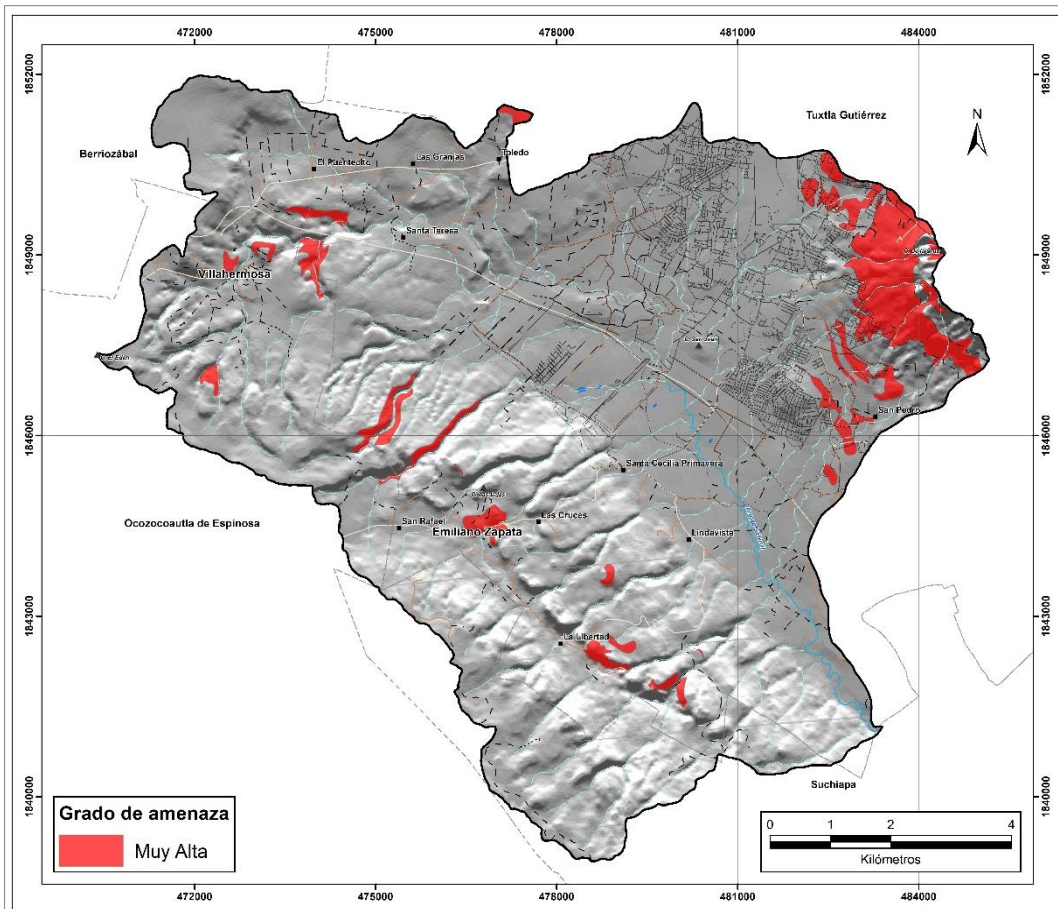


Figura 47. Grado de amenaza Muy Alta.

De acuerdo con el análisis de la zonificación de amenaza se obtuvo como resultado que el 39.61% (19,345 habitantes) de la población total que habita en la cuenca y el 38.98% del total de viviendas (5,175 casas), se encuentran en un grado de amenaza Alta y Muy alta. Por lo tanto, si se presentara un proceso de deslizamientos podría afectar en la calidad de vida de los habitantes, así como daños parcial o total en la infraestructura de las viviendas, vías de comunicación, alumbrado público, entre otros.

Estos resultados, marca las bases para la toma de decisiones por parte de las autoridades correspondientes en el ordenamiento y planeación del territorio para proponer estrategias de prevención y mitigación ante deslizamientos. Es importante mencionar que la relación que existe entre los paisajes y la condición social, se considera que se debe a la accesibilidad del territorio.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta tesis nos permitió cumplir con el objetivo planteado, se identificaron las zonas susceptibles a deslizamiento de laderas a partir del análisis de unidades de paisajes físico-geográficos de la cuenca del Arroyo Sabinal. Con la finalidad de determinar el impacto que este tipo de amenaza ocasiona a la población.

El método empleado para la caracterización de los paisajes muestra que los principales factores diferenciadores del paisaje de la CAS son el relieve y la litología, los cuáles dividen al territorio en ocho localidades, 15 parajes complejos y 53 parajes simples. El relieve se representa en cinco geoformas: montañas, lomeríos, piedemontes, valles y planicies; formadas por procesos tectónico-kársticos, tectónico-acumulativas y fluvio-torrenciales.

La generación de la cartografía de los paisajes se utilizó como unidad de análisis espacial, este tipo de insumos cartográficos nos proporciona un conocimiento geográfico integral del territorio y es por ello que se utilizó para identificar las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas.

Con la aplicación del método Mora-Vahrson (1994) a partir de las unidades de paisaje, se logró identificar las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas en cada unidad de paisaje, donde se consideraron los factores condicionantes como: pendiente, litología, tipo de suelo y uso de suelo; con lo que se comprobó la hipótesis planteada en la presente investigación. Donde se percató que, en la CAS el factor condicionante que tiene mayor influencia en la probabilidad de deslizamientos de laderas es la pendiente.

Esta metodología permitió zonificar las áreas susceptibles a deslizamientos a través del uso de los sistemas de información geográfica, donde se clasificó en cinco grados de susceptibilidad: Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta. Además, de que los resultados del método Mora-Vahrson respondieron a las escalas de las variables utilizadas, porque estas varían desde 1:50 000 y 1:250 000, lo que ocasiona uno de los principales problemas al momento de aplicar el método y que los resultados no reflejen la realidad de los deslizamientos

de laderas, debido a la disponibilidad y calidad de la información con la que se cuenta. Sin embargo, la ventaja de aplicar este método recae en qué ha sido ampliamente utilizado y genera resultados rápidos.

El grado de susceptibilidad Media y Alta se encuentran en paisajes de Piedemontes, Lomeríos, Planicies, Montañas y Valles de origen tectónico-kársticas, tectónico-acumulativas y fluvio-torrenciales, en clima cálido subhúmedo con 27.98% y 19.69% respectivamente, donde las características que presentan los geocomplejos como: la pendiente, el tipo de roca, tipo de suelo y uso de suelo, son elementos que contribuyen de manera significativa a la probabilidad de ocurrencia a deslizamientos. Que de presentarse este fenómeno ocasionaría daños principalmente a la zona urbana presente en la CAS.

El análisis de zonificación de amenaza proporcionó información relevante sobre la cantidad de habitantes y de infraestructura de viviendas expuestas ante un evento de deslizamientos. Donde el 39.61% (35,475 personas) de la población total y el 39.10% (9,441 casas habitación) de las viviendas que se encuentran en la CAS, están establecidas en un grado de amenaza Alta y Muy Alta, que se sitúan en paisajes de Piedemontes, Lomeríos, Planicies, Montañas y Valles que se forman por procesos fluvio-torrenciales, tectónico-kársticas y tectónico-acumulativas, en clima cálido subhúmedo. Que, de presentarse un deslizamiento en estas áreas, ocasionarían afectaciones significativas en la población, así como severos daños en las viviendas, en las vías de comunicación, infraestructura hidráulica, por mencionar algunos.

El considerar los factores condicionantes (pendiente, litología, tipo de roca y uso de suelo), proporcionó información importante sobre las zonas con el grado de probabilidad a deslizamientos. Sin embargo, es importante tomar en cuenta los factores desencadenantes como la precipitación y la actividad sísmica, para obtener resultados más precisos sobre la probabilidad de ocurrencia a deslizamientos en la CAS.

Si bien el análisis de zonificación de amenaza permitió conocer de manera general la cantidad de población y vivienda que podrían ser afectadas en caso

de deslizamientos. Es deseable realizar un análisis completo sobre la vulnerabilidad y riesgo que enfrenta la población, con la finalidad de poder generar estrategias de prevención, mitigación y respuesta ante deslizamientos de laderas.

La escala de trabajo (1:50,000) a la que se realizó el presente estudio permitió conocer de manera detallada la composición y estructura de los paisajes, así como los grados de susceptibilidad a deslizamientos. Es deseable realizar este tipo de trabajos a escalas mayores, con la finalidad de conocer con mejor detalle las zonas susceptibles a presentar deslizamientos.

Los resultados demuestran que el enfoque Geoecológico es de utilidad para la identificación de la susceptibilidad a deslizamientos de laderas de manera integral y precisa. Donde la confiabilidad de los resultados estará en función de la calidad y disponibilidad de los insumos cartográficos y estadísticos necesarios para la realización de trabajos de esta índole.

Finalmente, la presente investigación cumplió los objetivos planteados y aporta conocimiento importante para la comunidad científica, instancias gubernamentales y asociaciones interesadas en la prevención de desastres. La cartografía obtenida representa una herramienta importante que puede ayudar a los tomadores de decisiones a generar políticas públicas para la gestión y prevención de deslizamientos de laderas en la cuenca del Arroyo Sabinal.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Admin. (octubre de 2020). UN MUERTO, 10 HERIDOS y 15 viviendas afectadas es el saldo de un deslizamiento. *Agencia 55. Noticias*. <https://agencia55.com.mx/un-muerto-10-heridos-y-15-viviendasafectadas-es-el-saldo-de-un-deslizamiento-de-lodo-en-el-municipio-de-angel-albino-corzo/>
- Aguirre López, R. (2010). *Unidades campesinas de paisaje. Estudio de caso en el ejido Nexpa, Michoacán*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Alcántara Ayala, I. (2000). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM*.
- Alcántara Ayala, I. y Murillo García, F. G. (2008). Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM*. Núm. 66. Pp. 47-64.
- Alerta Chiapas. (07 de julio de 2023). Evacuan bodega Aurrerá carretera a Villaflores por deslizamiento del cerro. <https://alertachiapas.com/2023/07/07/evacuan-bodega-aurrera-carretera-a-villaflores-por-deslizamiento-del-cerro/>
- Alfonso Martínez, A. A., Priego-Santander, A. G. y Carrillo Vitale, E. R. (2021). Paisajes físico-geográficos de Santa María Huatulco, Oaxaca a escala 1: 50 000. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), UNAM. Marco atípico, edición digital, escala 1:50 000. Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia, Michoacán.
- Antrop M. y Van Eetvelde, V. (2019). Territory and/or Scenery: Concepts and Prospects Of Western Landscape. Current Trends in Landscape. Research. Editors: Mueller, L. y Eulenstein, F. Springer.
- Aristizábal-Giraldo, E. V., Vélez-Upegui, E. V. y Martínez-Carvajal, H. E. (2016). A comparison of linear and nonlinear model performance of shia_landslide:

- a forecasting model for rainfall-induced landslides. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, núm. 80. Pp. 74-88.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43047073009>
- Azarafza, M., Akgun, H., Atkinson, P.M. y Derakhshani, R. (2021). Deep learning-based landslide susceptibility mapping. *Scientific reports. Nature portfolio*. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03585-1>
- Barredo, J. L., Benavides, A., Hervás, J. and Van Westen, C. J. (2000). Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain.
- Bocco, G., Mendoza, M. E., Priego, A. y Burgos, A. (2009). La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. Una revisión de la bibliografía. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.
- Bollo Manent, M. y Hernández Santana, J. R. (2008). Paisajes físico-geográficos del noroeste del estado de Chiapas, México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM*. Pp. 7-24.
- Bollo Manent, M., Hernández Santana, J. y Méndez Linares, A. (2010). Evaluación de potencialidades naturales en el ordenamiento ecológico territorial: noroeste del estado de Chiapas, México. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* No. 3. 191-218.
- Bollo Manent, M., Hernández Santana, J. R. y Méndez Linares, A. (2014). The state of the environment in Mexico. *Central European Journal of Geosciences*. 10.2478/s13533-012-0172-1
- Bollo Manent, M. (2018). *La Geografía del Paisaje y la Geoecología: Teoría y enfoques. En: Paisaje: métodos de análisis y reflexiones*. Ed. Ediciones del Lirio - Editorial UAM. México. ISBN: 978-607-28-1169-0
- Borja Baeza, R. C. y Alcántara Ayala, I. (2004). Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla. *Investigaciones Geográficas*.

- Instituto de Geografía. Distrito Federal. México. Pp. 7-26.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905302>
- Cardona Arboleda, O. D. (2008). Medición de la gestión del riesgo en América Latina. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*.
- Cardona Arboleda, O.D., M.L. Carreno Tibaduiza, K.C. Mendes Arraiol, I. Alcantara-Ayala y S.M. Saito. (2020). Inestabilidad de laderas - deslizamientos. En: *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT*. [Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.)]. McGraw-Hill, Madrid, España (pp. 419-458, ISBN: 9788448621643).
- Carbajal Monroy, J. C., Hernández Santana, J. R. y Bollo Manent, M. (2009). Paisajes físico-geográficos del Circuito Turístico Chilpancingo-Azul, estado de Guerrero, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. Pp. 71-85.
- Centro de Investigación y Consultoría Aplicada (CECOM A. C.). (2010). Atlas de Riesgos del municipio de Tuxtla Gutiérrez.
- Chacón Montero, J. (2008). Los conceptos actuales de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo, en la prevención de movimientos de ladera, con ejemplos de aplicaciones prácticas. Departamento de Ingeniería Civil. E. T. S. Curitiba, Brasil.
<https://www.researchgate.net/publication/258856593>
- Chaverri Molina, I. F. (2016). *Zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento, por medio de la metodología Mora-Vahrson, en la microcuenca del Río Macho, San José, Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica].
- Cruden, D.M. y Varnes, D.J. (1996). Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75.
<https://www.researchgate.net/publication/269710331>

- Cruz Peralta, M. A. (2020). *Análisis del potencial paisajístico-geológico-geomorfológico de la Sierra Gorda de Querétaro como estrategia de Geoconservación y desarrollo local en el marco de un Geoparque*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Cruz Peralta, M. A. y Ramírez-Sánchez, L. G. (2023). Antropización del Paisaje de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. *Punto CU Norte núm. 16. Cultura y Paisaje*. 13-42. ISSN 2594-1852
- Cuanalo Campos O. A. y Gallardo Amaya, R. J. (2016). Fenómenos de remoción en masa. Acciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo. *Vector 11*. 30-38.
- Dai, F.C., Lee, C. F. y Ngai, Y.Y. (2001). Landslide risk assessment and management: an overview. *ELSEVIER. Engineering Geology*. 65-87.
- Domínguez L., Castañeda A. y González A. (2016). Análisis de umbrales de lluvia que detonan deslizamientos y sus posibles aplicaciones en un sistema de alerta temprana por inestabilidad de laderas, Informe interno, CENAPRED, México, pp. 28.
- Domínguez Morales, L. y De León Escobedo, D. (2021). Comunidades amenazadas por deslizamiento de laderas. *Ciencia*. Volumen 72. Número 4.
- El-fengour, A., Motaki, H. E., Bouzidi, A. E. (2021). Landslides Susceptibility Modelling using Multivariate Logistic Regression Model in the Sahla Watershed in Northern Morocco. *Sociedade & Natureza*, Vol. 33. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321366102006>
- Esquivel Arzate, R. K. (2018). *Análisis de susceptibilidad a deslizamientos. Caso de estudio: sector centro norte de la ciudad de Toluca*. Estado de México. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Espinoza Maya, A. (2013). *Paisajes antro-po-naturales en Tzintzuntzan y sus alrededores*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

- Flentje, P. N., Miner, A., Whitt, G. and Fell, R. (2007). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. 13-36.
- Flores Domínguez, A. D. y Priego Santander, A. P. (2011). Zonificación funcional ecoturística de la zona costera de Michoacán, México a escala 1:250 000. *Revista Geográfica de América Central*. Pp. 1-15. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820821>
- García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (1998). Conjunto de Datos Vectoriales de climatología (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1,000000. México.
- García, G. P. B., Grohmann, C. H., Viana, C. D. y Gomes, E. B. (2022). Using terrestrial laser scanner and RPA-based photogrammetry for surface analysis of a landslide: a comparison. *Boletim de Ciências Geodésicas*. <https://doi.org/10.1590/s1982-21702022000300016>
- GH. (31 de agosto de 2022). Deslizamiento de tierra en San Juan Chamula, Chiapas. *El Imparcial. Noticias de México*. <https://www.elimparcial.com/mexico/IMPRESIONANTE-Graban-intenso-deslizamiento-de-tierra-en-San-Juan-Chamula-Chiapas-20220831-0075.html>
- Glade, T., Anderson, M. and Crozier M. J. (2005). *Landslide Hazard and Risk*. Conceptual models in approaching landslide risk. The Nature of Landslide Hazard Impact
- Gómez Ramírez, M., Gonzáles Herrera, R., Paz Tenorio, J. A. y Velasco Herrera, J. A. (2016). Caracterización de procesos gravitacionales en diferentes ambientes geológicos de Chiapas, México. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo* 5 (12) 116-130. doi: 10.31644/IMASD.12.2016.a08.
- González Huesca, A. E., Domínguez Morales, L., y Castañeda Martínez, A. (2015). Generación de insumos para el Atlas Nacional de riesgos. Mapa Nacional de susceptibilidad por inestabilidad de laderas. CENAPRED. Coordinación Nacional de Protección Civil. Secretaría de gobernación.

- Gutiérrez Solís, E. O. (2022). *Evaluación de la antropización de la cobertura vegetal de los paisajes físico-geográficos de la cuenca Río la Virgen en el municipio de Ocosingo, Chiapas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].
- Guzzetti, F. (2005). *Landslide Hazard and Risk Assessment. concepts, methods and tools for the detection and mapping of landslides, for landslide susceptibility zonation and hazard assessment, and for landslide risk evaluation*. Perugia, Italy.
- Guzzetti, F., Reichenbach, P., Ardizzone, F., Cardinali, M. y Galli, M. (2006). Estimating the quality of landslide susceptibility models. *ELSEVIER. ScienceDirect. Geomorphology* 81. 166-184
- Herrera-Valencia, O. J., Ramírez-Sánchez, L. G., Priego-Santander, A. G. y Hernández Aguilar, M. L. (2021). Paisajes físico-geográficos del municipio de Bacalar, Quintana Roo, México. Centro de Investigación en Geografía Ambiental (CIGA), UNAM. Marco atípico, edición digital, escala 1:250 000, Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia, Michoacán.
- Hernández-Trejo, H., Priego-Santander, A. G., López-Portillo, J. A e Isunza-Vera, E. (2006). Los paisajes físico-geográficos de los manglares de la laguna de la Mancha, Veracruz, México. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. Pp. 211-219. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911410>
- Hinojosa-Corona, A., Rodríguez-Moreno, V. M., Munguía-Orozco, L. y Meillón-Menchaca, O. (2011). El deslizamiento de ladera de noviembre 2007 y generación de una presa natural en el río Grijalva, Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 63. Núm 1. Pp. 15-38. Sociedad Geológica Mexicana, A. C. Distrito Federal, México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94319372003>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Vectoriales de Edafología. Escala 1:250 000 Serie I. Continuo Nacional Tuxtla Gutiérrez. Edafología (inegi.org.mx).

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Vectoriales de Litología. Escala 1:250 000. Serie I. Continuo Nacional Geología (inegi.org.mx).
- Instituto Nacional de Geografía y Geografía. (2018). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000 Serie VII. Conjunto Nacional. Uso de suelo y vegetación (inegi.org.mx)
- Instituto Nacional de Geografía y Geografía. (2019). Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica E15C69. Tuxtla Gutiérrez. Escala 1:50 000. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463832508>
- Huang, Y. y Zhao, L. (2018). Review on landslide susceptibility mapping using support vector machines. *ELSEVIER. Catena*. 520-529. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.03.003>
- Jiménez, J. A. y Aristizábal, E. (2018). Propuesta metodológica para la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa en proyectos lineales: Caso de estudio Tramo 2, vía Medellín – Turbo. Boletín de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional de Colombia. Pp. 14-23.
- Jiménez, A. (2021). Deslave deja un muerto en Unión Juárez, Chiapas. Milenio. <https://www.milenio.com/estados/deslave-deja-muerto-union-juarez-chiapas>
- Jiménez Benavidez, P. E. (2022). *Evaluación de la susceptibilidad a deslizamiento de masa aplicando la metodología Mora-Vahrson en la parroquia. Coutchi, Cantón SÍGDIG*. [Tesis de Licenciatura, Universidad politécnica Salesiana].
- Keipi, K., Mora Castro, S. y Bastidas, P. (2005). Gestión de riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo. Serie de informes de buenas prácticas del Departamento de Desarrollo Sostenible.
- Lakakis, K. y Savvaidis, P. (2009). Landslide Definition by an Integrated Monitoring System. ResearchGate. Fifth International Conference on

- Construction in the 21st. Century (CITC-V) “Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology”. Istanbul. Turkey. <https://www.researchgate.net/publication/272701508>
- Lara, M. C. y Sepúlveda, V. S. (2008). *Remociones en Masa*. Departamento de Geología. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- Lee, S. y Abdul Talib, J. (2005). Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environ Geol. Environ Geol. Original article*. 47: 982–990. DOI 10.1007/s00254-005-1228-z
- Londoño-Linares, J. P. (2017). Cálculo de susceptibilidad a deslizamientos mediante análisis discriminante. Aplicación a escala regional. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Minas. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n201.61385>
- López-Navarro, A. y Aguilar-Sánchez G. (2018). Unidades de paisaje locales en el noreste de Michoacán, México. *Revista Geográfica de América Central*. Pp. 157-179. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.61-3.9>
- López, I. (24 de noviembre de 2020). El deslizamiento de laderas es causa de orografía. EL HERALDO DE CHIAPAS. <https://www.elheraldodechiapas.com.mx/local/el-deslizamiento-de-laderas-en-chiapas-causa-de-orografia-experta-danos-carreteras-montanas-6052764.html>
- López, I. (19 de septiembre de 2022). Municipio de Amatán queda incomunicado, lluvias provocan deslizamiento de ladera. *El Heraldo*. <https://www.elheraldodechiapas.com.mx/local/municipio-de-amatan-queda-incomunicado-lluvias-provocan-deslizamiento-de-ladera-8910647.html>
- López Hernández, M. A. (2016). *Grado de riesgo a deslizamiento de laderas en la Subcuenca Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].

- Lugo-Hubp, J., Zamorano-Orozco, J. J., Capra, L., Inbar, M. y Alcántara-Ayala, I. (2005). Los procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla, octubre de 1999: Causa y efectos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 22, núm. 2. p. 212-228.
- Machuca Barbosa, W. L. (2011). *Evaluación del potencial natural para la prestación de Servicios Ambientales Hídricos en Cerro Grande, reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- McCann, D. M. and Foster, A. (1990). Reconnaissance geophysical methods in landslide investigations. *Engineering Geology. Elsevier Science Publishers B. Amsterdam*. V. 59-78.
- Makunina G. S. (2014). The Landscape-Geophysical Basis of Geoecology. *Geography and Natural Resources*. No. 2, pp. 109.113. 10.1134/S1875372814020012
- Martins Brito, R., Salinas Chávez, E. y Mirandola García, P. H. (2022). La Geoecología de los paisajes como fundamento para la selección, planificación y gestión de Áreas Protegidas: Aspectos teórico-metodológicos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 83. 305-229.
- Mateo Rodríguez, J. M. (2000). *Geoecología de los paisajes: bases para la planificación y la gestión ambiental*. La Habana.
- Mateo Rodríguez, J. M. (2002). *Geografía de los paisajes*. Primera parte. Paisajes Naturales. La Habana: Editorial Universitaria.
- Mateo Rodríguez, J. M., Bollo Manent, M. y Valdivia Fernández, I. (2004). *Sostenibilidad espacial y ambiental de la provincia Ciudad de La Habana. Informes de los resultados del proyecto Caesar*. Ministerio de educación superior. Editorial Universitaria. Universidad de la Habana.
- Mateo Rodríguez, J. M., Bollo Manent, M. y Valdivia Fernández, I. (2005). *Estructura geográfica ambiental y sostenibilidad de las cuencas hidrográficas urbanizadas de Cuba: El ejemplo de la cuenca del río Quibú, provincia Ciudad de La Habana*. Resultados del Proyecto Caesar.

Ministerio de educación superior. Editorial Universitaria. Universidad de la Habana.

Mendoza Rodríguez. (2014). *El paisaje como una herramienta para la evaluación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa. Estudio de caso: "La porción sur el área urbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas"*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].

Miklós, L. *et al.* (2019). Landscape as a Geosystem. The Approaches to the Definition of the Landscape. doi.org/10.1007/978-3-319-94024-3_2

Montoya-Montes, I., Rodríguez-Santalla, I., Sánchez-García, M. J., Alcántara-Carrió, J., Martín-Velázquez, S., Gómez-Ortiz, D. y Martín-Crespo, T. (2012). Mapping of landslide susceptibility of coastal cliffs: the mont-roig del camp case study. *Geologica acta: an international earth science journal*. Pp. 439-455. in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50524834009>

Morales-Iglesias, M. (2006). *Evaluación de la heterogeneidad de los paisajes y su relación con la distribución de la biodiversidad en la Cuenca Lerma-Chapala, México*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].

Morales Iglesias, H., Priego Santander, A. G. y Bollo Manent, M. (2017). Los paisajes físico-geográficos del estado de Chiapas, México a escala 1:250 000. *Terra digitalis international e-journal of maps vol. 1*. Pp. 1-7. 10.22201/igg.terradigitalis.2017.1.8.71

Morales Iglesias, H. y Priego Santander, A. G. (2019). La diversidad paisajística en el estado de Chiapas, México. *Cuadernos Geográficos 59 (1)*, 316-336. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i1.8862>

Morales Iglesias, H., Priego-Santander, A. G., Bollo Manent, M. y José Ríos, M. (2019). La antropización de la cobertura vegetal en los paisajes del estado de chiapas, México. *Papeles de Geografía 65*. Universidad de Ciencias y

- Artes de Chiapas y UNAM. Pp. 149-154.
<http://dx.doi.org/10.6018/geografia.396571>
- Morales Iglesias, H. y Priego Santander, A. G. (2019). La diversidad paisajística en el estado de Chiapas, México. *Cuadernos Geográficos* 59 (1), 316-336.
<http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i1.8862>
- Morales Iglesias, H., Priego-Santander, A. P., Díaz-Nigenda, E. and Alatorre-Ibargüengoitia, M. A. (2022). Landscapes with the Greatest Natural Heritage in Chiapas, Mexico. *Geography and Natural Resources. Geography Abroad*. Pp. 147-155. 10.1134/S1875372822040096
- Mora Castro, S. (1994). Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*. pp. 49-58.
- Mujica, S. y Pacheco, H. (2013). Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. *Revista de Investigación, vol. 37, núm. 80*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas. Venezuela. Pp. 215-243.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376140395009>
- Muñiz-Jauregui, J. A. y Hernández-Madrigal, V. M. (2012). Zonificación de procesos de remoción en masa en Puerto Vallarta, Jalisco, mediante combinación de análisis multicriterio y método heurístico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol, 29*. Pp. 103-114. Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57224778007>
- Muñiz Jauregui, J. A. (2014). *Modelo estadístico espacial aplicado al análisis del factor antropogénico en la zonificación de la susceptibilidad por procesos de remoción en masa: el caso del municipio Francisco León, Chiapas*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Oliva González, A. O. y Gallardo Amaya, R. J. (2018). Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. *Tecnología*

- y cultura, afirmando el conocimiento. Vol. 22, núm. 55. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Pp. 34-50.*
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257055556004>
- Oliva González, A.O., Ruiz-Pozo, A. F., Gallardo-Amaya, R. J. y Jaramillo. H. Y. (2019). Landslide risk assessment in slopes and hillsides. Methodology and application in a real case. *DYNA*. Pp. 143-152.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72341>
- Oregel Romero, A., Cuevas Salgado, S., Salvador Flores, R., Moreno Ruíz, J. P., Barrios Sánchez, J. L., Cázares Ventura, A., Ávila Ramos, F., Castillo Rodríguez, F., De Los Santos Montaña, J., Arceo y Cabrilla, F. y Cuevas Covarrubias, A. (2016). Atlas de riesgos del estado de Chiapas. Servicio Geológico Mexicano. Informe Técnico.
- Orozco-Hernández, M. E., García-Fajardo, B. y Mendoza Mejía, J. B. (2018). Vulnerabilidad y amenazas naturales. Acercamiento a la cuestión. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/331586240>
- Ortiz Rivera, A. (2016). *La regionalización físico-geográfica y la degradación de los paisajes en el estado de Guerrero, México*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Ortiz Pérez, M. A. (2019). *Apuntes de geografía física y del paisaje*. Editores: Espinosa Rodríguez, L. M. y Oliva Valdés, G. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pablo, M. A. y Hernández Santana, J. R. (2016). Evaluación de la aptitud natural de los paisajes físico-geográficos en la cuenca del río Grande, Oaxaca, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. Pp. 7-24. [dx.doi.org/10.14350/rig.49203](https://doi.org/10.14350/rig.49203)
- Padrón Chacón, C. A. (2019). Evaluación del riesgo de desastres por deslizamientos activados por lluvias. Caso estudio: Barrios informales de mamera – El Junquito. *Terra. Nueva Etapa*.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72163802004>

- Pascacio, J. (09 de noviembre de 2020). Evacúan comunidades por deslizamientos en las montañas de los Altos de Chiapas. *El Herald de México*.
<https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2020/11/9/evacuancomunidades-por-deslizamientos-en-las-montanas-de-los-altos-de-chiapas223597.html>
- Paz Tenorio, J. A., Gómez Ramírez, M. González Herrera, R. y Domínguez Salazar, F. F. (2011). Los procesos de remoción en masa; génesis, limitaciones y efectos en el crecimiento urbano de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Revista Geográfica de América Central*, vol 2. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Pp 1-18.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820602>
- Paz Tenorio, J. A. (2012). *Laderas inestables y la construcción social del riesgo; tres casos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].
- Paz Tenorio, J. A., González Herrera, R., Gómez Ramírez, M. y Velasco Herrera, J. A. (2017). Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Investigaciones Geográficas*. Núm. 92. Pp. 1-16. Instituto de Geografía. Distrito Federal. México.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56950566011>
- Pont Vidal, J. (2019). Heurística y sistemas sociales. Apuntes para la observación de segundo orden. *Sociología y tecnociencia*. Núcleo Altos Estudios Amazônicos. Universidad Federal de Pará. Belém. Pará, Brasil. 50-76. Núcleo Altos Est DOI 10.24197/st.2.2019.50-76
- Priego, A. G., Morales Iglesias, H. y Enríquez, C. (2004). Paisajes físico-geográficos de la cuenca Lerma Chapala. *Gaceta Ecológica*, núm. 71. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México. Pp. 11-22. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907102>

- Priego Santander, A. G. (2004). *Relación entre la heterogeneidad Geoecológica y la biodiversidad en ecosistemas costeros tropicales*. [Tesis de Doctorado, Instituto de Ecología, A. C.].
- Priego Santander, A. G., Bocco Verdinelli, G., Ramírez-Herrera, M. T., Acosta, A., Campos, M. y Mathews, J. (2008). Estudio sobre el destino de la zona federal marítimo terrestre del sector San Telmo a el Ticuiz. Informe preparado para la secretaría de urbanismo y medio ambiente del gobierno del estado de Michoacán de Ocampo. Morelia, Michoacán.
- Priego-Santander, A. G., Bocco, G., Mendoza, M. y Garrido. A. (2010). Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje. Fundamentos y método, Serie Planeación Territorial. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., p. 104.
- Ramírez-Sánchez, L. G, Priego Santander, A. G y M. Bollo Manent. (2012). Paisajes Físico-Geográficos del estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM.
- Ramírez-Sánchez, L. G. (2013). *Evaluación de la heterogeneidad de los paisajes físico-geográficos de Michoacán*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Ramírez-Sánchez, L. G., Priego-Sántander, A. P., Bollo Manent, M. y Castelo-Agüero, D. C. (2016). Potencial para la conservación de la geodiversidad de los paisajes del Estado de Michoacán, México. *Perspectiva Geográfica*, 21(2), 321-344. doi: 10.19053/01233769.5856
- Ramírez-Sánchez, L. G., Rosete-Verges, F. A. y Campos, M. (2019). Biophysical landscapes of the Ejido Tzurumútaró, Michoacán, Mexico. *Journal of Maps*. <https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1591311>
- Ramírez-Sánchez, L. G., Priego-Santander, A. P. y Bollo Manent, M. (2022). Caracterización de paisajes en el occidente de México. Estado de la

heterogeneidad Geoecológica en las áreas naturales protegidas en Michoacán.

- Ramírez-Sánchez, L. G., Priego-Santander, A. P. y Bollo-Manente, M. (2022). Modificación antropogénica de la cubierta vegetal de los paisajes naturales de Michoacán. Paisajes y territorio en el occidente michoacano. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramos Doroteo, L. (2019). *Análisis comparativo entre el método determinístico y el probabilístico en la evaluación financiera de un proyecto* (Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión Minera) Universidad Nacional del Centro del Perú – Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas – Huancayo – Perú.
- Redin Vestena, L. y Kobiyama, M. (2014). Potential fragility of the Caeté catchment, municipality of Alfredo Wagner, Santa Catarina State, Brazil, to landslides occurrence. *Acta Scientiarum. Technol.* Pp. 101-109.
- Reichenbach, P., Rossi, M., Malamud, B.D., Mihir, M., Guzzetti, F. (2018). A review of statistically-based landslide susceptibility models. *Earth Sci Rev* 180:60-91. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.03.001>
- Reyes Rivero, A. C., Montilla Pacheco, A. J., Castillo García, P. G. y Zambrano Vera, M. N. (2017). Amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante eventos naturales. Factores socialmente construidos. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*. Pp. 22-28
- Rojas Vilches, O. y Martínez Reyes, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista universitaria de Geografía*. 83-116.
- Romero-Rojas, W., Vázquez-Jiménez, R. y Ramos-Bernal, R. (2018). Estudio de susceptibilidad a procesos de remoción en masa. Caso de estudio: Zona centro del Estado de Guerrero, México, mediante herramientas geotecnológicas. *Revista Cartográfica* 98. 201-221. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i98.147>
- Romero Rojas, A. G. y Bollo Manent M. (2021). Paisajes físico-geográficos de Juanacatlán, Jalisco. México. Centro de Investigaciones en Geografía

- Ambiental (CIGA), UNAM. Marco atípico, edición digital, escala 1:50 000. Universidad Nacional Autónoma de México, campus Morelia, Michoacán.
- Ruíz Arriaga, D. (2014). *Actualización del mapa geológico de Tuxtla Gutiérrez*, [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Ruíz Rivera, N. (2011). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de Geografía, UNAM*. Pp. 63-74.
- Sánchez Noriega, D. E. B. (2011). *Potencial de los paisajes naturales para actividades de turismo de naturaleza en el sector de la costa michoacana Río Coalcomán – el Farito*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Segoni, S., Piciullo L. y Luigi Gariano, S. (2018). A review of the recent literature on rainfall thresholds for landslide occurrence. *Review paper. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature*. DOI 10.1007/s10346-018-0966-4
- Segura, G., Badilla, E. y Obando, L. (2011). Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba. *Revista Geológica de América Central, núm, 45*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Pp. 101-121. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437352006>
- Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (SIATL). SIATL v4 | Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (inegi.org.mx).
- Solodyankina S. V., Koshkarev, A. V., Ganzei, K. S., Isachenko, G. A., Lysenko A. V., Starozhilov, V. T., Khoroshev, A. V. and Chernkh, D. V. (2021). Some Results and Prospects of Landscape Mapping of Russia. *Geography and Natural Resources. Vol. 42*. Pp. 211-224.
- Suárez Días, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Universidad Industrial de Santander.

- Suárez García, O. G. (2006). *Susceptibilidad a deslizamientos de laderas en la sierra Madre Oriental*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Suárez, J. (2009). Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza y Riesgo. En *Deslizamientos. Análisis Geotécnico*. Pp. 533. Colombia. Escuela de Filosofía.
- Tarbuck, E. J. y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*.
- Torres Cancino, J. (29 de septiembre de 2022). Clima de Chiapas: Reportan 19 mil afectados por deslizamientos de tierra e inundaciones. Emite gobierno estatal declaratoria de emergencia para 16 municipios de la Entidad. *El Heraldo de México*.
<https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2022/9/23/clima-de-chiapas-reportan-19-mil-afectados-por-deslizamientos-de-tierra-inundaciones-442534.html>
- Valdés Carrera, A. C. y Hernández Guerrero, J. A. (2018). Zonas funcionales y unidades de paisaje físico-geográfico en la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. *Revista Geográfica de América Central* No. 60. Pp. 189-229. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.60-1.7>
- Valdés Carrera, A. C., Hernández Guerrero, J. A. y Carbajal Monroy, J. C. (2020). Optimización del uso del paisaje físico-geográfico en las zonas funcionales de la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. *Revista Cartográfica* 101. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i101.727>
- Valdez Valdez, J. E., Ordas Hernández, A., Espinosa Rodríguez, L. M. y Baro Suárez, J. E. (2022). Susceptibilidad a deslizamientos en Malinalco, Estado de México, México. un aporte a la reducción de riesgo de desastres a escala municipal. *Investigaciones Geográficas*. Instituto de Geografía. Núm. 109. DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.60626>
- Varnes, D. J. 1978. Slope Movement Types and Processes. Landslides. Analysis and Control. National Academy of Sciences. Editors: Schuster R. L. y Krizek,

R. J. Transportation Research Board. Commission on Sociotechnical Systems. National Research Council.

Zaragoza Álvarez, R. A. (2014). *Áreas de geoconservación de la Península de Baja California, México: una propuesta a partir de la regionalización físico-geográfica*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México].

7 ANEXOS

ANEXO 1

Formato de campo.

FICHA DE DATOS DE CAMPO GEOECO/04						
Localidad:	Sitio:	Altitud:	Coordenadas latitud longitud		FOTO:	FECHA:
						CLAVE:
CARACTERÍSTICAS DEL PAISAJE						
Unidad de paisaje preliminar:		Observador:		Perfil esquemático:		
DATOS DEL SITIO DE MUESTREO		TERRENO UNIDAD DE MAPEO				
Litología:		Formación geológica:				
Geoforma/posic. topogr. en unid. de mapeo: Cima Ladera Valle Terraza		Geoforma				
Forma pendiente: recta cóncava convexa irregular		Relieve: Plano _____ Casi plano _____ (- de 2%) Ondulado _____ (2-7%) Quebrado _____ (8-13%) Colimado _____ (13-20%) Muy disectado _____ (20-55%) Montañoso _____ (+ de 55%)				
Pendiente longitudinal:				Informaciones climáticas		
Micro/mesorelieve:						
INDICES DE CARACTER BIOTICO COBERTURA VEGETAL muy densa _____ (continua 75-100%) densa _____ (casi continua 50-75 %) moderada _____ (interrumpida 25-50 %) dispersa _____ (en túmulos 10-25 %) rara _____ (casi inexistente < 10 %)			INDICES DE CARACTER SOCIOECONOMICO ASIMILACION ANTROPICA muy alta _____ (100 % de influencia humana) alta _____ (entre 80 y 100 %) moderada _____ (entre 50 y 80 %) baja _____ (entre 20 y 50 %) muy baja _____ (entre 0 y 20 %)		TIPO DE COBERTURA Bosque de pino _____ Bosque de galería _____ Bosque de encino _____ Bosque de oyamel _____ Bosque de pino-encino _____ B. <i>Pinus hartwegii</i> Arbustos _____ Maizal _____ Pastizales _____	
ACCESIBILIDAD			TRANSITABILIDAD		VALOR ESTETICO	
alta _____ (con acceso carretero o terracería directa) media _____ (acceso directo por brecha o unidad contigua alta) baja _____ (acceso por vereda) muy baja _____ (acceso a pie difícil y baja en unidad contigua)			alta _____ (adecuada red vial y las cond. nat. hacen posible el tránsito en vehículos, animales o a pie) media _____ (no existe red vial, pero puede circularse con relativa dificultad) baja _____ (problemas para transitar debido a la agresividad de las condiciones naturales)		alto _____ (alto contraste, elementos morfológicos de interés o un campo visual amplio) medio _____ (bajo contraste o campo visual reducido) bajo _____ (condiciones homogéneas, sin contraste y poca amplitud visual)	
OBSERVACIONES:						

ANEXO 2

LEYENDA DE LOS PAISAJES FÍSICO-GEOGRÁFICOS DE LA CUENCA ARROYO SABINAL, MUNICIPIO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, A ESCALA 1:50 000

A.- Montañas, Lomeríos, Piedemontes, Valles y Planicies, en clima cálido subhúmedo

A.1 Montañas en clima cálido subhúmedo



I. Montañas tectónico-kársticas ligeramente diseccionadas ($101 < DV < 250$ m/km²), formadas por calizas arrecifales y calizas-areniscas en clima cálido subhúmedo

I.1 Complejos de laderas y barrancos con selva y agricultura sobre Litosol y Rendzina

1. Laderas muy fuertemente inclinadas (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.
2. Laderas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.
3. Laderas mediana a fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y agricultura de temporal sobre Rendzina y Litosol.
4. Laderas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Rendzina.
5. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5°-10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y agricultura de temporal sobre Rendzina.

A2.- Lomeríos en clima cálido subhúmedo



II. Lomeríos tectónico-kársticos ligera a fuertemente diseccionados ($41 < DV < 100$ m/km²), formados por calizas arrecifales, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo

II.1 Complejos cumbrales con selva y desprovisto de vegetación sobre Litosol y Regosol calcárico

6. Cimas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.
7. Cimas mediana a fuertemente inclinadas (15°-20°) con agricultura de temporal sobre Litosol.
8. Cimas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.
9. Puertos muy fuertemente inclinados (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico.
10. Puertos fuertemente inclinados (20°-30°) con áreas desprovistas de vegetación sobre Litosol.
11. Puertos mediana a fuertemente inclinados (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico.
12. Puertos medianamente inclinados (10°-15°) con áreas desprovistas de vegetación sobre Litosol.
13. Puertos ligera a medianamente inclinados (5°-10°) con áreas desprovistas de vegetación sobre Litosol.
14. Cornisas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.
15. Cornisas mediana a fuertemente inclinadas (15°-20°) con áreas desprovistas de vegetación sobre Litosol.
16. Cornisas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.
17. Cornisas ligera a medianamente inclinados (5°-10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.

II.2 Complejos de laderas y barrancos con selva, desprovisto de vegetación, agricultura y zona urbana sobre Litosol, Regosol calcárico, Vertisol pélico y Rendzina

18. Laderas muy fuertemente inclinadas (30°-45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Litosol.
19. Laderas fuertemente inclinadas (20°-30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, áreas desprovistas de vegetación y agricultura de temporal sobre Litosol, Regosol calcárico y Rendzina.
20. Laderas mediana a fuertemente inclinadas (15°-20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Litosol, Rendzina y Regosol calcárico.
21. Laderas medianamente inclinadas (10°-15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Litosol, Regosol calcárico y Vertisol pélico.

22. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Litosol.
23. Laderas ligeramente inclinadas (3° - 5°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura y zona urbana de temporal sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Litosol.

II.3 Complejos de superficies y cauces con selva, pastizales y zona urbana sobre Regosol calcárico, Litosol y Vertisol pélico.

24. Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, pastizales y zona urbana sobre Regosol calcárico, Litosol y Vertisol pélico.

A3.- Piedemontes en clima cálido subhúmedo



III. Rampas de piedemontes fluvio-torrenciales, denudo gravitacionales formados por derrubios en clima cálido subhúmedo

III.1 Complejos de laderas y barrancos con selva, zona urbana y agricultura sobre Litosol, Regosol calcárico y Vertisol pélico

25. Laderas muy fuertemente inclinadas (30° - 45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.
26. Laderas fuertemente inclinadas (20° - 30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol y Regosol calcárico.
27. Laderas mediana a fuertemente inclinadas (15° - 20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Regosol calcárico y Litosol.
28. Laderas medianamente inclinadas (10° - 15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, zona urbana y agricultura de temporal sobre Regosol calcárico y Litosol.
29. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con zona urbana, vegetación secundaria de selva baja caducifolia y agricultura de temporal sobre Regosol calcárico, Litosol y Vertisol pélico.
30. Laderas ligeramente inclinadas (3° - 5°) con zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol, Vertisol pélico y Regosol calcárico.

III.2 Complejos de superficies y cauces con agricultura, zona urbana y selva sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Litosol.

- 31. Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con zona urbana, agricultura de temporal y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Litosol y Regosol calcárico.
- 32. Superficies planas ($<1^{\circ}$) con zona urbana sobre Litosol y Vertisol pélico.

A4.- Valles en clima cálido subhúmedo



IV. Valles fluvio-torrenciales formados por depósitos aluviales en clima cálido subhúmedo

IV.1 Complejos de terrazas y barrancos con selva sobre Vertisol pélico, Litosol y Regosol calcárico.

- 33. Terrazas muy fuertemente inclinadas (30° - 45°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico.
- 34. Terrazas fuertemente inclinadas (20° - 30°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol, Regosol calcárico y Vertisol pélico.
- 35. Terrazas medianamente inclinadas (10° - 15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Litosol.

A5.- Planicies en clima cálido subhúmedo



V. Planicies tectónico-kársticas acolinadas ligera a fuertemente diseccionadas ($16 < D_v < 40$ m/km²), formadas por calizas arrecifales, calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo

V.1 Complejos de laderas y barrancos con selva, agricultura y zona urbana sobre Rendzina, Regosol calcárico, Litosol y Vertisol pélico.

- 36. Laderas mediana a fuertemente inclinadas (15° - 20°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Rendzina.
- 37. Laderas medianamente inclinadas (10° - 15°) con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agricultura de temporal y zona urbana sobre Rendzina, Regosol calcárico y Litosol.

38. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con agricultura de temporal, vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Rendzina, Regosol calcárico y Vertisol pélico.
39. Laderas ligeramente inclinadas (3° - 5°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Rendzina.

V.2 Complejos de superficies y cauces con agricultura, zona urbana y selva sobre Vertisol pélico, Rendzina y Regosol calcárico.

40. Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Rendzina.
41. Superficies planas ($<1^{\circ}$) con agricultura de temporal, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Rendzina.



VI. Planicies tectónico-acumulativas acolinadas ligera a medianamente disecionadas ($16 < D_v < 30$ m/km²), formadas por lutitas-areniscas en clima cálido subhúmedo

VI.1 Complejos de laderas y barrancos con agricultura y selva sobre Vertisol pélico, Litosol y Regosol calcárico.

42. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico y Litosol.
43. Laderas ligeramente inclinadas (3° - 5°) con agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico y Regosol calcárico.

VI.2 Complejos de superficies y cauces con agricultura, zona urbana y selva sobre Vertisol pélico y Regosol calcárico.

44. Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con agricultura, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico y Regosol calcárico.
45. Superficies planas ($<1^{\circ}$) con agricultura y zona urbana sobre Vertisol pélico y Regosol calcárico.



VII. Planicies tectónico-acumulativas onduladas fuertemente diseccionadas ($11 < Dv < 15 \text{ m/km}^2$), formadas por lutitas-areniscas en clima cálido subhúmedo

VII.1 Complejos de laderas y barrancos con agricultura y zona urbana sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Rendzina.

46. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con agricultura y zona urbana sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Rendzina.

47. Laderas ligeramente inclinadas (3° - 5°) con agricultura y zona urbana sobre Vertisol pélico y Rendzina.

VII.2 Complejos de superficies y cauces con agricultura, zona urbana y selva sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico, Rendzina y Litosol.

48. Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con agricultura, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Rendzina.

49. Superficies planas ($< 1^\circ$) con agricultura, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Regosol calcárico y Litosol.



VIII. Planicies tectónico-kársticas onduladas fuertemente diseccionadas ($11 < Dv < 15 \text{ m/km}^2$), formadas por calizas bioclásticas y calizas-areniscas-lutitas en clima cálido subhúmedo

VIII.1 Complejos de laderas y barrancos con agricultura, selva y zona urbana sobre Regosol calcárico, Rendzina, Litosol y Vertisol.

50. Laderas ligera a medianamente inclinadas (5° - 10°) con agricultura, vegetación secundaria de selva baja caducifolia y zona urbana sobre Regosol calcárico, Rendzina y Litosol.

51. Laderas ligeramente inclinadas (3° - 5°) con agricultura, zona urbana y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Vertisol pélico, Rendzina y Regosol calcárico.

VIII.2 Complejos de superficies y cauces con zona urbana, agricultura y selva sobre Regosol calcárico, Rendzina y Vertisol pélico.

52. Superficies muy ligeramente inclinadas (1° - 3°) con zona urbana, agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico, Rendzina y Vertisol pélico.
53. Superficies planas ($<1^{\circ}$) con zona urbana, agricultura y vegetación secundaria de selva baja caducifolia sobre Regosol calcárico, Vertisol pélico y Rendzina.