



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE
CHIAPAS**

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

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO
CLIMÁTICO**

TESIS

**LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LOS
PAISAJES FÍSICO-GEOGRÁFICOS DE LA SIERRA
MADRE DE OAXACA.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN GESTIÓN DE RIESGOS Y
CAMBIO CLIMÁTICO**

PRESENTA

JORGE WILEBALDO RAMÍREZ DÍAZ

Director

DR. HORACIO MORALES IGLESIAS

Co-director

DR. LUIS GIOVANNI RAMÍREZ SÁNCHEZ

Asesor

DR. LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Agosto de 2025.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 04 de agosto de 2025

Oficio No. SA/DIP/0864/2025

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Jorge Wilebaldo Ramírez Díaz

CVU: 1193219

Candidato al Grado de Maestro 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 *La susceptibilidad a deslizamientos de los paisajes físico-geográficos de la Sierra Madre de Oaxaca* 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 Maestro 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. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



C.c.p. **Dra. Sandra Urania 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.

EPL/DKAL/gp/gr



2025, Año de la mujer indígena
Año de Rosario Castellanos



Ciudad Universitaria, libramiento norte
poniente 1150, col. Lajas Maciel C.P. 29035
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

Agradecimientos

A mi director de tesis, Dr. Horacio Morales Iglesias, por todo su apoyo, paciencia, motivación continua y compartir su conocimiento para terminar este proyecto. Mi más sincero agradecimiento.

A mi codirector, Dr. Luis Giovanni Ramírez Sánchez, por compartir su conocimiento sobre la cartografía del paisaje, las asesorías brindadas y su apoyo incondicional para culminar mi proyecto.

A mi asesor, Dr. Luis Miguel Espinosa Rodríguez, por sus clases de Geomorfología y Riesgos, que fueron fundamentales para el desarrollo de mi tesis.

Al Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, por el espacio y la oportunidad de cursar este posgrado.

Al CONAHCYT, por la beca brindada durante el periodo de estudios de la maestría.

A mis amigos, Patricia, Zuleyma, Georgina, Uriel, Ana, Marco, por estar junto a mí en todo momento.

Finalmente, a Innova3, por todas las facilidades otorgadas para llevar a buen término estos estudios de posgrado.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Hipótesis de trabajo	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Preguntas de investigación	4
2. ANTECEDENTES	5
2.1. Aplicaciones de los paisajes físico-geográficos	5
2.1.1. Estudios en Latinoamérica.....	5
2.1.2. Estudios en México	6
2.2. Evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de laderas	11
2.2.1. Estudios en Latinoamérica.....	12
2.2.2. Estudios en México	15
2.2.3. Estudios en la Sierra Madre de Oaxaca	16
3. MARCO CONCEPTUAL.....	18
3.1. Paisajes físico-geográficos	18
3.2. Deslizamientos de laderas	19
3.3. Factores causales de deslizamientos de laderas	20
3.4. Susceptibilidad	20
3.5. Exposición	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. Descripción de la zona de estudio	23
4.1.1. Sistema natural	24
1. Litología.....	24
2. Relieve	26
3. Clima	29

4.	Suelos	31
5.	Uso de suelo y vegetación.....	34
4.2.	Metodología	37
4.2.1.	Caracterización de los paisajes físico-geográficos	37
4.2.2.	Evaluación de los paisajes físico-geográfico a la susceptibilidad a deslizamientos de laderas.....	39
4.2.3.	Análisis de correlación entre SDL y génesis del PFG	44
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
5.1.	Paisajes físico-geográficos	46
5.2.	Trabajos de campo	51
5.3.	Evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de los PFG	57
5.4.	Análisis estadístico de correlación entre SDL y génesis del PFG	62
5.5.	Exposición	64
5.6.	Discusión.....	66
6.	CONCLUSIONES	68
7.	BIBLIOGRAFÍA	70
8.	ANEXOS	82
8.1.	Leyenda de los Paisajes Físico-Geográficos de la Sierra Madre de Oaxaca a escala 1:250,000	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de deslizamientos. Fuente: Potter (2007); Suarez (2010); Fell et al. (2012).	19
Figura 2. Localización de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021).	23
Figura 3. Distribución de tipos de roca. Fuente: elaboración propia con información de INEGI (1985).	25
Figura 4. Tipo de relieve de la Sierra Madre de Oaxaca. Fuente: Elaboración propia con información de Hernández-Santana et al. (2008).	28
Figura 5. Distribución de tipo de clima. Fuente: Elaboración propia con información de García y CONABIO (1998).	30
Figura 6. Distribución de tipo de suelos. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2014).	33
Figura 7. Tipos de uso de suelo y vegetación. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021).	36
Figura 8. Metodología general de la investigación. Fuente: elaboración propia.	37
Figura 9. Secuencia metodológica para la obtención de las unidades de paisaje. Fuente: elaboración propia con información de Ramírez-Sánchez, 2013.	38
Figura 10. Paisajes Físico-Geográficos de la Sierra Madre de Oaxaca. Fuente: elaboración propia.	48
Figura 11. XVI) Montañas tectónico-kársticas en clima semicálido húmedo. XXXI) Montañas tectónico-kársticas en clima cálido húmedo.	52
Figura 12. Paraje simple 69 en la localidad XVI. Montañas tectónico-kársticas, formadas por caliza y caliza-lutita en clima semicálido húmedo.	52
Figura 13. Vista general de la localidad IX en el poblado de Huautla de Jiménez. Montañas tectónico-kársticas, en clima templado húmedo a subhúmedo.	53
Figura 14. Paraje simple 46 en localidad XI. Montañas tectónicas en clima templado húmedo a subhúmedo, con agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino.	54
Figura 15. XLVIII) Lomeríos tectónico-acumulativos en clima semiárido semicálido.	54
Figura 16. LVI) Montañas fuertemente disecionadas en clima árido cálido.	55

Figura 17. XXII) Montañas tectónico-acumulativas en clima semicálido subhúmedo. .	56
Figura 18. XLI) Valle fluvial y XXI) Montañas tectónico-kársticas ambos el clima cálido húmedo.	56
Figura 19. Deslizamiento rotacional en paraje simple 109 de localidad XXV. Montañas tectónicas en clima semicálido subhúmedo.	58
Figura 20. Deslizamiento rotacional en paraje simple 109 de localidad XXV. Montañas tectónicas en clima semicálido subhúmedo.	59
Figura 21. Deslizamiento rotacional en paraje simple 109 de localidad XXV. Montañas tectónicas en clima semicálido subhúmedo.	59
Figura 22. Gráfico de normalidad. Fuente: elaboración propia.....	62
Figura 23. Susceptibilidad a deslizamiento de laderas de los paisajes físico-geográficos de la Sierra Madre de Oaxaca. Fuente: Elaboración propia.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de rocas y superficie de ocupación. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (1985).....	24
Tabla 2. Tipo de relieve y superficie de ocupación. Fuente: Elaboración propia con información de Hernández-Santana et al. (2008).....	27
Tabla 3. Tipo de clima y superficie de ocupación. Fuente: elaboración propia con información de García y CONABIO (1998).	29
Tabla 4. Tipo de suelo y superficie de ocupación. Fuente: elaboración propia con información de INEGI (2014).....	31
Tabla 5. Tipo de uso de suelo y vegetación y superficie de ocupación. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021).	35
Tabla 6. Insumos Cartográficos. Fuente: elaboración propia.....	38
Tabla 7. Ponderación tipo de roca. Fuente: Elaboración propia adaptado de CENAPRED (2020).	41
Tabla 8. Ponderaciones tipo de pendientes. Fuente: Elaboración propia adaptado de CENAPRED (2020).	41
Tabla 9. Ponderaciones tipo de suelo. Fuente: elaboración propia adaptado de Pablo-Pablo y Hernández-Santana (2016).	42
Tabla 10. Ponderación uso de suelo y vegetación. Fuente: elaboración propia, adaptado de Morales-Iglesias (2019).	42
Tabla 11. Evaluación de susceptibilidad de unidades de paisaje físico-geográfico. Fuente: elaboración propia.....	44
Tabla 12. Nivel taxonómico de los PFG de la SMO. Fuente: Elaboración propia.	47
Tabla 13. Porcentajes de susceptibilidad a deslizamientos de laderas. Fuente: elaboración propia.....	57
Tabla 14. Componentes predominantes de los PFG en cada una de las categorías de SDL. Fuente: elaboración propia.....	61
Tabla 15. Frecuencias observadas. Fuente: elaboración propia.	63
Tabla 16. Frecuencias esperadas. Fuente: elaboración propia.	63

1. INTRODUCCIÓN

En México, los deslizamientos de laderas han generado impactos considerables a la infraestructura y la sociedad (Suárez, 2009). Los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas registran la mayor incidencia de estos eventos, debido al predominio de relieves montañosos con características geólogo-geomorfológicas, estructurales y climáticas, que además del impacto de actividades antrópica favorecen este proceso (Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2010; Domínguez y De León, 2021), especialmente durante la temporada de lluvias que va de julio a noviembre (Capra et al., 2006).

La planeación y el ordenamiento territorial son importantes para prevenir y evitar afectaciones por deslizamientos (Chen et al., 2019). En este sentido, la evaluación de este proceso geólogo-geomorfológico es una herramienta que beneficia a la población en riesgo y a las autoridades responsables de la gestión del territorio.

En la Sierra Madre de Oaxaca (SMO) se registraron eventos importantes de deslizamiento de laderas en donde se han afectado 69 municipios de los 160 que comprenden la zona de estudio, principalmente a las poblaciones de Santa María Tlahuitoltepec (Carrera, 2018), Teococuilco de Marcos Pérez (Redacción, 2011), y Huautla de Jiménez (García, 2020).

Esta investigación se enfoca en identificar las zonas susceptibles a deslizamientos de laderas que permita contribuir al desarrollo de estrategias de prevención y mitigación a este proceso. Para ello, se empleó el enfoque geoecológico y a los paisajes físico-geográficos (PFG) a escala 1:250,000 como unidad geográfica de análisis con la adaptación del índice de Shishenko (1988), que se fundamenta bajo el principio de predominio espacial de los componentes que conforman la estructura vertical del paisaje.

El documento se estructura en seis capítulos: El primero se compone por el planteamiento del problema, justificación, hipótesis y objetivos; el segundo menciona los antecedentes; el tercero incluye el marco conceptual con los conceptos que rigen la investigación; en el cuarto se exponen el contexto físico-geográfico de la SMO y la

metodología utilizada; el quinto hace referencia a los resultados y discusión; finalmente, el sexto aborda las conclusiones de este trabajo.

A través del método empleado, se identificó la estructura taxonómica de los geocomplejos que conforman la SMO, compuesta por seis clases, 14 subclases, 57 localidades, 67 parajes complejos y 224 parajes simples, todos ellos con un origen predominante de tipo tectónico, tectónico-acumulativo y tectónico-kárstico.

Los resultados del análisis de susceptibilidad a deslizamiento de laderas muestran una predominancia de paisajes de categoría media con 37.36 % del territorio, seguidos por un 34.90% que corresponden las categorías de muy alta y alta, además, el análisis de la exposición determinó que el 90.15% de la población de la SMO se encuentra asentada en los dos últimos niveles mencionados, lo que implica una situación crítica para los pobladores en caso de presentarse este proceso.

1.1. Planteamiento del problema

Los deslizamientos de laderas son procesos de remoción en masa peligrosos y destructivos (Tyagi et al., 2022), que frecuentemente ocurren en zonas montañosas (Sepúlveda y Petley, 2015). Los daños ocasionados en viviendas, caminos, campos agrícolas, entre otros, resultan en pérdidas por cientos de millones de dólares y un promedio de 1 000 muertes cada año en el mundo (Suárez, 2009; Clague y Roberts, 2012).

En México, los estados de Puebla, Guerrero, Veracruz, Oaxaca y Chiapas son los más propensos a deslizamientos de laderas, principalmente por las pronunciadas pendientes de sus regiones montañosas (Domínguez y De León, 2021), durante la temporada de lluvias que abarca los meses de julio a noviembre (Capra et al., 2006).

En el caso específico de Oaxaca, los deslizamientos de laderas han causado muertes y daños a la infraestructura habitacional y de comunicaciones (Guerrero, 2007). Entre los años 2010 y 2022, la Sierra Madre de Oaxaca (SMO), que comprende 160 municipios, ha sido afectada por deslizamientos. Durante este periodo, 69 municipios de esta región fueron perjudicados por estos eventos, lo que representa el 64 % de los 108 municipios reportados en todo el estado (SEGOB, 2023).

Entre los deslizamientos de laderas ocurridos en los municipios de la SMO se pueden mencionar algunos ejemplos. En 2010, en Santa María Tlahuitoltepec se produjo un deslizamiento que dejó 11 personas sepultadas y 100 familias reubicadas (Carrera, 2018). En 2011, se determinó la reubicación total del poblado de Teococuilco de Marcos Pérez por riesgo de deslizamiento (Redacción, 2011); además, en 2020 se registraron deslizamientos que causaron la muerte de dos personas en julio y siete en septiembre en Huautla de Jiménez (García, 2020).

En respuesta al problema de los deslizamientos, esta investigación realizará una evaluación de susceptibilidad mediante un enfoque holístico y sistémico que permitirá obtener una visión integral del territorio; por tanto, la cartografía resultante es un apoyo para la creación de estrategias de prevención y mitigación de deslizamientos en la zona de estudio.

1.2. Justificación

Los deslizamientos de laderas registrados en la SMO han provocado la pérdida de vidas, la destrucción de viviendas e infraestructura en general (Redacción, 2011; Carrera, 2018; García, 2020), esta situación coloca en notable riesgo a sus habitantes; por tanto, es necesario realizar una evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos con el propósito de identificar las zonas propensas a este tipo peligro y contribuir en la prevención de pérdida de vidas y bienes materiales.

La novedad de este estudio radica en aplicar el enfoque de la Geografía Ambiental a través de la geoecología del paisaje para evaluar el peligro geólogo-geomorfológico de manera integral y sistémica de cada paisaje físico geográfico (PFG) o geocomplejo que integran la SMO, esta evaluación permitirá identificar los PFG con mayor grado de susceptibilidad a deslizamientos y, por tanto, representa un aporte en la mitigación y prevención de desastres por deslizamientos.

1.3. Hipótesis de trabajo

El fenómeno de susceptibilidad a deslizamiento de laderas está relacionado con los principios estructuro-genéticos e histórico-evolutivos del PFG, sin embargo, es la actividad antrópica el factor que detona o inhibe el proceso.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar desde una perspectiva holística, integral y sistémica el nivel de susceptibilidad a deslizamiento de ladera a escala 1:250,000 de la SMO.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Obtener un inventario de paisajes físico-geográficos a nivel tipológico que componen el territorio de la SMO.
2. Evaluar el nivel de susceptibilidad a deslizamiento de laderas que presentan las unidades de paisaje físico-geográfico.
3. Identificar la exposición ante deslizamientos de laderas que enfrentan los habitantes de cada unidad de paisaje.

1.5. Preguntas de investigación

1. ¿Cuántos tipos de paisaje físico-geográfico componen la SMO?
2. ¿Qué nivel de susceptibilidad tienen los paisajes físico-geográficos a deslizamientos de laderas?
3. ¿Cuántos habitantes están expuestos ante la amenaza de deslizamientos de laderas en la SMO?
4. ¿Cuál componente del PFG detona la susceptibilidad a deslizamientos?
5. ¿Existe una relación espacial y estadísticamente significativa entre los niveles de susceptibilidad a deslizamiento y la génesis de los paisajes?

2. ANTECEDENTES

En este apartado se muestran algunos trabajos relacionados con las aplicaciones de los paisajes físico-geográficos y la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de laderas; en este sentido, se mencionan estudios desarrollados en diferentes contextos geográficos en Latinoamérica, con la finalidad de ampliar la perspectiva de este trabajo.

2.1. Aplicaciones de los paisajes físico-geográficos

En esta categoría se recopilan trabajos que utilizan a los paisajes físico-geográficos como unidad de análisis.

2.1.1. Estudios en Latinoamérica

La investigación y la aplicación de los paisajes físico-geográficos en la planificación y ordenamiento del territorio es un enfoque que se ha adoptado en diversos países en Latinoamérica. Estos estudios, abarcan temas como la heterogeneidad del paisaje, la zonificación geoecológica, la antropización de la cobertura vegetal y el potencial de conservación y turismo, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, Priego et al. (2004) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de determinar si existe una correspondencia estadística entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de la flora vascular en el archipiélago de Camagüey en Cuba. La investigación permitió concluir que una alta heterogeneidad geoecológica es coincidente con un alto nivel de abundancia de flora.

Por otro lado, Hasdenteufel et al. (2008) realizaron un proyecto que determinó el estado ambiental a través de la identificación de los procesos geoecológicos positivos y negativos que dominan en las unidades geoecológicas de la cuenca del río Quibú en Cuba. El análisis identificó una ocupación irregular y desordenada de los sistemas naturales, así como una intensa degradación del ambiente debido a la plantación de caña.

Respecto a la heterogeneidad de los paisajes, Suarez et al. (2011) realizaron un estudio comparativo de selva semicaducifolia en las cuencas Chiruri, Torondoy y Capaz en los andes venezolanos. La evaluación se llevó a cabo mediante ocho índices para determinar el nivel de heterogeneidad de cada cuenca y permitió detectar que la

cuenca Capaz tiene mayor grado de segmentación debido al remplazo de la selva por usos de suelo.

Por otra parte, Goldstein et al. (2012) llevaron a cabo un estudio que evaluó los cambios de la cobertura vegetal y la población urbana en los Andes de Mérida entre 1988 y 2011; donde se reveló una pérdida importante de cobertura natural en dos cuencas que podrían tener problemas en la disponibilidad de recursos hídrico.

Otro estudio relevante fue realizado por Manosso et al. (2016) quienes investigaron la geodiversidad en ocho unidades de paisaje en la Sierra Cadeado, en el estado de Paraná, Brasil. La evaluación se realizó mediante el análisis de los componentes abióticos del paisaje y permitió asociar el índice de geodiversidad más elevado a un equilibrio entre la distribución de sus elementos y su riqueza.

Otra investigación fue desarrollada por Salinas et al. (2019) evaluaron el potencial turístico de los paisajes en el municipio de Paranaíba, Brasil, a través del análisis de los indicadores de naturalidad, diversidad, singularidad, complejidad y calidad visual de los geosistemas. Los resultados de la investigación permitieron realizar propuestas de actividades turísticas en búsqueda del desarrollo sostenible.

2.1.2. Estudios en México

La investigación de los paisajes físico-geográficos en México abarca estudios desde la caracterización de paisajes y la zonificación funcional, hasta la evaluación de la antropización de la cobertura vegetal. En esta sección se mencionan algunos de estos estudios, que se han realizado en diversos estados del país, como Michoacán, Jalisco, Veracruz, Guerrero, Tabasco, Campeche, Yucatán, Chiapas, Quintana Roo, Estado de México y Oaxaca.

Conforme a lo planteado anteriormente, se puede mencionar a Priego et al. (2003) en su investigación exploraron la relación entre la biodiversidad y la heterogeneidad de los paisajes, para ello, se analizó la relación entre la riqueza de la flora y la heterogeneidad de los paisajes en tres cuencas costeras del estado de Veracruz.

Además, Priego et al. (2004) cartografiaron las unidades de paisaje físico-geográfico en tres niveles taxonómicos: sectores, localidades y comarcas, en la cuenca Lerma-

Chapala; para este fin, se analizaron las características de los componentes naturales como la geología, edafología, clima y uso de suelo y vegetación.

Por su parte, Batllori-Sampedro et al. (2006) caracterizaron el territorio noroccidental del estado de Yucatán, mediante el enfoque físico-geográfico, y el análisis de las propiedades geológicas, climáticas, hidrológicas, edafológicas, el tipo de vegetación y la modificación antrópica. Los resultados permitieron diferenciar dos unidades de primer orden, cinco de segundo, ocho de tercero y 26 de cuarto orden.

De manera similar, Hernández-Trejo et al. (2006) caracterizaron las unidades de paisaje físico-geográfico de los manglares de la laguna de La Mancha en Veracruz. Para el desarrollo del trabajo se emplearon los principios estructuro-genético e histórico-evolutivos del paisaje. La cartografía resultante diferenció 28 unidades inferiores, seis intermedias y cinco de orden superior.

Por otro lado, Bollo y Hernández (2008) cartografiaron los paisajes físico-geográficos a escala 1:100,000 en el noreste del estado de Chiapas. Para ello, se utilizó la clasificación taxonómica propuesta por la escuela de paisaje rusa; se determinaron cinco localidades, 11 comarcas y 43 subcomarcas.

Otra investigación de inventario de paisajes fue elaborada por Carbajal et al. (2010) quienes analizaron el Circuito turístico Chilpancingo-Azul en el estado de Guerrero. La cartografía se realizó a escala 1:100,000 y se identificaron tres localidades, 31 comarcas y 177 subcomarcas.

Respecto al potencial ecoturístico, Flores et al. (2011) generaron la zonificación de la costa de Michoacán. El estudio se realizó con base en el mapa de paisajes físico-geográficos para calcular la heterogeneidad del paisaje, además de recopilar información de la biodiversidad de la región. Los resultados dieron a conocer que el territorio es apto para la observación de las aves, senderismo, espeleología turismo y escalada en roca.

Otro estudio fue realizado por Pablo y Hernández (2016) en el estado de Oaxaca, donde se evaluaron los paisajes físico-geográficos de la cuenca de río Grande con el fin de determinar su potencial natural según sus características naturales internas. El

análisis identificó que 17% del área tiene aptitud natural para la conservación de los bosques, mientras que el 16% y 12% presentan aptitud para la agricultura y la ganadería respectivamente.

Otra investigación destacada fue efectuada por Ramírez-Sánchez et al. (2016) quienes evaluaron la heterogeneidad geoecológica del estado de Michoacán para determinar la distribución del potencial para la conservación de la geodiversidad. Los resultados indicaron que las áreas con elevado potencial para la conservación son la Meseta Purépecha y la Región Sierra-Costa.

En este mismo estado, Espinoza y Bollo (2017) propusieron una regionalización físico-geográfica basada en la metodología de diferenciación de unidades regionales. Se inició por diferenciar las provincias físico-geográficas como unidad superior, y luego se establecieron en su interior las unidades inferiores. Los resultados identificaron dos provincias, siete subprovincias, 17 distritos y 36 regiones físico-geográficas.

Por su parte, en el estado de Chiapas Morales-Iglesias et al. (2017) caracterizaron los paisajes físico-geográficos mediante sobreposiciones cartográficas (geomorfología, geología, clima, suelos, vegetación y uso de suelo). Los resultados manifiestan la existencia de seis clases, 19 subclases, 118 localidades, 181 parajes complejos y 450 parajes simples.

A su vez, a nivel nacional, Priego y Esteve (2017) evaluaron la disposición espacial de la heterogeneidad y complejidad de los paisajes físico-geográficos de la república mexicana. El trabajo aplicó dos índices de complejidad, uno de riqueza y otro de diversidad; los resultados mostraron una alternancia continua de unidades de diferente heterogeneidad y complejidad.

Un año más tarde, Bollo y Velasco (2018) formularon una metodología para determinar el estado del medio ambiente desde un enfoque geoecológico aplicado al estado de Michoacán. El estudio se realizó mediante la combinación de índices e indicadores de degradación biofísica, transformación antropogénica, socioeconómicos y demográficos. Los resultados indicaron que el 59.1 % del territorio se encuentran en un estado ambiental preocupante.

En el mismo sentido, Martínez (2018) propuso un procedimiento multiescalar para realizar la zonificación geoecológica del paisaje urbano en Morelia Michoacán. El análisis se realizó mediante dos enfoques: el paisaje físico-geográfico y ocupación del territorio por la sociedad. El paisaje se obtuvo a partir del análisis de sus componentes naturales y el uso de suelo mediante imágenes satelitales.

Por otro lado, Ruiz y Bollo (2018) en el estado de Jalisco realizaron la regionalización físico-geográfica, por medio de la diferenciación de los índices diagnósticos de acuerdo con la clasificación taxonómica propuesta para México. Este proceso de clasificación permitió delimitar 15 subprovincias, 28 distritos y 66 regiones físico-geográficas en el estado.

En otro contexto geográfico, Troche et al. (2018) clasificaron los paisajes físico-geográficos de los humedales costeros en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, área de protección de la Laguna de Términos y el manglar Sabancuy-Chen Kan. El trabajo se realizó mediante el enfoque de la geografía física-compleja y se identificaron seis localidades, 11 parajes complejos y 61 parajes simples.

Mientras tanto, Valdés-Carrera y Hernández-Guerrero (2018) identificaron zonas funcionales y caracterizaron los paisajes físico-geográfico de la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, para tal efecto, se utilizó un procedimiento de análisis de la estructura vertical y horizontal del paisaje. Los resultados identificaron tres zonas funcionales, alta, media y baja. Dentro de ellas, se identificaron las unidades de paisaje propensas a procesos de erosión, transporte y pérdida de cobertura vegetal causado por actividades agropecuarias y aumento de asentamientos humanos.

Una investigación relevante en Chiapas fue realizada por Morales-Iglesias et al. (2019), quienes evaluaron el nivel de antropización de la cobertura vegetal mediante el Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal (IACV) de los paisajes físico-geográficos. Los resultados de la investigación permitieron conocer cinco tipos niveles de antropización; además, revela una predisposición preocupante, debido a que es posible que la categoría de alto nivel de antropización en un corto plazo represente poco más del 50 % de la superficie de la entidad.

Por otro lado, en el estado de Oaxaca Padilla y Azevedo (2019) mostraron la relación entre la geografía física y humana a través de un análisis de la vulnerabilidad socioambiental en la ciudad de Salina Cruz. Para ello, se obtuvieron las unidades geológicas, las zonas económicas especiales, y el cruce de información permitió obtener polígonos con problemáticas socioambientales, que muestra la crítica situación de la ciudad para hacer frente a eventos naturales, situación que se incrementa con la deficiente planificación urbana.

Mientras tanto, en Michoacán, Ramírez-Sánchez et al. (2019) determinaron la composición de los paisajes físico-geográficos del ejido Tzutumútro ubicado en Pátzcuaro. El análisis se llevó a cabo mediante una integración sistémica la cartografía de geología, litología, hidrología, clima y edafología. Este trabajo permitió identificar cinco localidades, nueve zonas terrestres y 30 subterrestres.

Adicionalmente, Bollo et al. (2020) en Michoacán determinaron unidades territoriales en el municipio de Morelia. Para ello, se utilizaron procedimientos del manejo integrado del paisaje para analizar las interrelaciones entre los sistemas sociales y naturales. Los resultados permitieron identificar zonas urbanas, periurbanas, rurales y paisajes antropogénicos.

Otra aplicación del PFG como unidad de análisis es la de Ortiz-Rivera y Fuentes-Junco (2020) quienes calcularon el Índice Modificado de Contaminación No Puntual (MPNPI) para el Área de Protección de Flora y Fauna, Pico de Tancítaro, Michoacán. Para calcular el MPNPI se utilizaron cuatro indicadores: uso de suelo, escurrimiento, distancia y precipitación anual, y se aplicaron a 16 cuencas y diez localidades físico-geográficas presentes en el territorio. Los resultados indican que la confluencia de cuencas y localidades de paisaje permitieron definir espacios con rasgos ambientales homogéneos.

Por su parte, Valdés-Carrera et al. (2020) optimizaron la utilización del paisaje en las áreas funcionales de la microcuenca Potrero de la Palmita en Nayarit. Los resultados proporcionaron una descripción detallada del estado socioambiental del paisaje y determinaron seis usos de suelo: conservación, turismo, pecuario, agrícola, agropecuario y asentamiento humano.

En los últimos dos años, Cruz-Peralta y Ramírez-Sánchez (2023) determinaron el nivel de alteración de la cobertura vegetal de los paisajes físico-geográficos de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca mediante el Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal (IACV). Los resultados mostraron que poco más del 60 % de la superficie evaluada corresponde a un nivel de antropización alto y muy alto.

Además, Estrada-Porcayo et al. (2023) clasificaron taxonómicamente los paisajes físico-geográficos pertenecientes a la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 33, en el estado de Quintana Roo. La metodología utilizada con enfoque Geoecológico permitió realizar una clasificación integral del territorio. Los resultados del estudio identificaron ocho localidades, 10 parajes complejos y 21 parajes simples.

Otra investigación innovadora corresponde a Onofre-Villalva et al. (2023), propusieron un método para representar de forma espacial los paisajes de la costa oaxaqueña. Lo anterior, se realizó mediante la delimitación de los geosistemas por medio de un análisis con enfoque sistémico y bioclimático, con insumos como el relieve, la litología, los patrones de precipitación y temperatura. La cartografía resultante mostró 58 unidades que representan una heterogeneidad Geoecológica relevante.

Por otra parte, Ramón y Bollo (2023) utilizaron los paisajes físico-geográficos como unidad de análisis y evaluó el grado de antropización del área natural protegida Pico Azul-La Escalera, México. De acuerdo con los resultados, el 2.45 % del territorio representa a los paisajes altamente antropizados por actividades agrícolas y el 8.60 % corresponde a paisajes no modificados con características de suelos menos productivos y pendientes pronunciadas

2.2. Evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de laderas

La importancia que tienen las investigaciones sobre deslizamientos de laderas radica en los efectos negativos que este fenómeno causa a la sociedad (López-Pérez et al., 2022).

Los deslizamientos de laderas pueden ser identificados y analizados en el territorio mediante una perspectiva geoecológica, donde, el paisaje físico-geográfico representa la unidad de análisis. Esto permite entender la transformación del espacio geográfico a

través de las relaciones o interacciones entre los factores bióticos, abióticos y sociales para evaluar la susceptibilidad ante deslizamientos (Rodríguez, 2020).

2.2.1. Estudios en Latinoamérica

Conforme a lo mencionado, se han realizado varios estudios de caso sobre la susceptibilidad a deslizamientos de laderas en algunos países de Latinoamérica. A continuación, se detallan algunos de los trabajos realizados respecto a este tema.

Uno de los primeros trabajos fue realizado por Elizalde y Daza (2000), caracterizaron los paisajes del estado Vargas en Venezuela mediante el enfoque pedogeomorfológico y se utilizaron como unidad de análisis para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos de laderas.

Más tarde, Roa (2007) evaluó la susceptibilidad y amenaza a deslizamientos en la cuenca del río Mocotíes en los Andes de Venezuela con el uso de imágenes satelitales. La evaluación se realizó a través de una evaluación multicriterio. Los resultados mostraron una predicción del 57.9 % y del 87.6 % para la susceptibilidad y la amenaza a deslizamientos.

Además, Pineda (2008) determinó zonas susceptibles a procesos de remoción en masa en las unidades de paisaje del río Caramacate en Venezuela. Las unidades de paisaje fueron determinadas mediante el enfoque pedogeomorfológico; los resultados relevaron 8 niveles jerárquicos.

Adicionalmente, Suarez et al. (2009) llevaron a cabo un estudio preliminar de susceptibilidad a deslizamientos en la cuenca del río Viejo, Puriscal en Venezuela, mediante un inventario y análisis geomorfológico se identificaron unidades morfogenéticas. Los resultados indicaron que el 99 % del territorio evaluado corresponde a unidades de origen denudacional que concierne a su dinámica activa.

Años más tarde, Pineda et al. (2011) evaluaron la susceptibilidad a deslizamientos de un sector de la cordillera Central de Venezuela, donde se aplicaron dos métodos diferentes: a) el análisis de unidades de paisaje mediante el cociente entre el número evidencia de deslizamiento por unidad y en la totalidad del sector, b) método de regresión logística. Las conclusiones de la investigación señalan que los paisajes

menos susceptibles es la unidad de sedimentos coluvio-aluviales, por otro lado, el método de regresión indica una alta susceptibilidad se localiza en laderas con poca vegetación.

Posteriormente, Segura et al. (2011) en Costa Rica, realizaron una zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en el corredor entre Siquirres y Turrialba. La investigación se basó en fotointerpretación, revisión bibliográfica, un inventario de deslizamientos y la metodología Mora & Vahrson (1994). Los resultados revelaron que el nivel de susceptibilidad baja fue predominante con el 33.9 % de la superficie estudiada.

Otra metodología empleada para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos fue realizada por Corina et al. (2012) y aplicada a la cuenca del río Caramacate de la cordillera de la costa de Venezuela, a través de un inventario y variables geomorfológicas, litogeomorfológicas, distancia a corrientes, NDVI y tipo de roca.

Por otra parte, Ayala et al. (2015) aplicaron un método para determinar zonas susceptibles a procesos de remoción en masa bajo un enfoque heurístico en las microcuencas Agua Blanca y La Laja en el estado Táchira en los Andes Venezolanos. Los resultados indicaron que en el 50 % de la zona de estudio prevalece un nivel alto de susceptibilidad.

En relación con modelos regionales, Londoño-Linares (2017) expuso una metodología cuantitativa (Análisis discriminante) para obtener la susceptibilidad a deslizamientos en el río Chinchiná en el Departamento de Caldas, Colombia. Para la generación del modelo se utilizó un mapa inventario, así como factores como distancia a elementos de importancia, suelo, geología, y topografía.

Por otra parte, Quesada y Barrantes (2017) presentaron un modelo morfométrico con el fin de establecer zonas susceptibles a procesos de remoción en masa en la ladera noreste del volcán Poás y su validación a partir del mapa de inventarios de deslizamientos generados en el terremoto del 2009 en Costa Rica; para ello, se realizaron siete mapas morfométricos y se compararon resultados con el inventario en donde se obtuvo un 98 % de coincidencia.

Otra investigación destacada fue realizada por Salcedo et al. (2017) en Ecuador, propusieron evaluar la susceptibilidad a deslizamientos de la Avenida Simón Bolívar en Quito con el uso de las técnicas de lógica Fuzzy y multicriterio. Para elaborar el mapa de susceptibilidad se utilizaron los factores de topografía, litología, geología, lluvia, cauces, cobertura vegetal, entre otros; además, se contó con un mapa inventario. Los resultados mostraron que el 5% de la zona estudiada presentaba un nivel de susceptibilidad crítica, 19% alta, 58% nivel medio y 18% bajo.

Otro trabajo relevante fue el de Bastida y Bustos (2018), estudiaron los procesos de remoción en masa en la cuenca del río Amo y la subcuenca El Tigre en el estado Vargas en Venezuela. Para ello, se emplearon los métodos de cálculo del factor de certeza, SINMAP y determinístico. El trabajo utilizó un modelo digital de elevación, imágenes satelitales, geología y datos de lluvias para generar el modelo de susceptibilidad. Los resultados indicaron que la cuenca baja cuenca con mayor susceptibilidad a deslizamientos.

Por otro lado, Becerra y De Rurane (2018) analizaron la susceptibilidad a procesos de remoción en masa de las carreteras de la cordillera central de Chile; para lograr esta meta, se utilizó un modelo cualitativo- cuantitativo de tipo heurístico-determinístico, donde consideraron cinco factores determinantes: pendiente, orientación de la pendiente, litología, dinámica de las vertientes y la vegetación.

Una investigación destacada fue realizada por Betancourt y Castro (2018), evaluaron la susceptibilidad a deslizamientos en las zonas adyacentes a la Avenida Simón Bolívar en Quito. El procedimiento se realizó mediante el método de Redes Neuronales Artificiales (RNA) basado en deslizamientos anteriores y su correlación con factores como la pendiente, lluvias, vegetación, fallas geológicas, ríos y caminos. Los resultados mostraron una alta susceptibilidad en las parroquias de La Ferroviaria, Cumbaya y Llano Chico.

Respecto a los trabajos más recientes destaca Marín y Jaramillo-González (2021), implementaron el modelo Scoops3D para identificar la susceptibilidad a deslizamientos en los Andes colombianos en Medellín. Los parámetros utilizados para alimentar el

modelo fueron el peso húmedo del suelo, el peso unitario saturado del suelo, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción.

2.2.2. Estudios en México

En México se han llevado a cabo estudios sobre los deslizamientos de laderas en diferentes estados. En los siguientes párrafos se detallan algunas investigaciones realizadas en el norte, centro y sur del país.

De acuerdo con lo anterior, una investigación relevante efectuada al norte del país fue desarrollada por Salinas et al. (2006), evaluaron la susceptibilidad a los peligros naturales en el estado de Baja California Sur. Para lograr dicho objetivo se realizó una caracterización de paisajes, donde se identificaron dos clases, ocho tipos y 31 grupos. Las conclusiones indicaron que los principales peligros a los que está expuesta la entidad son los vientos, inundaciones, deslizamientos, arroyadas penetraciones del mar entre otras, generadas principalmente por huracanes.

Por su parte, al centro del país, Flores y Alcántara (2011) generaron cartografía de susceptibilidad a deslizamientos traslacionales de suelos someros mediante unidades geomorfológicas y un análisis multicriterio en el municipio de Temoaya, Estado de México. Las variables para el análisis fueron: la pendiente, litología, fallas y discontinuidades, uso de suelo y las carreteras. Los resultados indicaron que el 35 % de la zona de estudio cuenta con un nivel altamente susceptible.

En contraste, en un entorno geográfico diferente, Galindo y Alcántara (2014) realizaron un análisis de susceptibilidad a procesos de remoción en masa de las carreteras en la Sierra Nororiental del estado de Puebla con el uso de mapas inventario y temáticos, así como la aplicación de dos metodologías: análisis multicriterio y pesos de evidencia. Las conclusiones relevan bajos niveles de susceptibilidad en áreas urbanas y zonas montañosas.

En el estado de Chiapas, Muñiz (2014) utilizó el modelo de análisis espacial SPASTMO-SL para examinar el componente antropogénico en procesos de remoción en masa (PRM) en el municipio de Francisco León. Para cumplir con el objetivo se emplearon unidades geográficas formadas por componentes lito-estructurales y cobertura vegetal. Para el análisis de susceptibilidad se consideraron los parámetros de

pendiente, orientación de la ladera, distancia al talweg, distancia al parteaguas, altitud, distancia a crestas y distancia a caminos. Como resultado se obtuvieron cinco niveles de susceptibilidad a PRM: Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy baja.

También en Chiapas, pero a través de la combinación de un método heurístico y un análisis multicriterio, Paz et al. (2017) elaboraron cartografía de susceptibilidad a procesos de remoción en masa en la ladera sur de Tuxtla Gutiérrez. Los resultados determinan cinco niveles de susceptibilidad, donde la categoría muy alta representó el 13 % de la superficie evaluada y se distribuyó al pie de la meseta de Copoya.

Por otro lado, Gómez et al. (2019) en los límites de Puebla y Veracruz, aplicaron el modelo de laderas inestables (SINMAP) para evaluar la susceptibilidad en la subcuenca del río El estado. Para ello, emplearon variables como el ángulo de fricción interna, cohesión, infiltración, pendiente, altimetría, área de captación de escurrimiento y precipitación. Los resultados no fueron adecuados debido a que no existió relación entre el modelo generado por el SINMAP y el inventario de 113 deslizamientos.

Una de las últimas investigaciones consultadas corresponde a García-Cruz y Medrano-Pérez (2021), elaboraron una cartografía de susceptibilidad a PRM en el estado de Tabasco. Para cumplir con el objetivo, realizaron una suma de información espacial en formato ráster (pendiente, uso de suelo, vegetación y litología). Los resultados obtenidos demostraron que el 96% de las zonas con nivel de susceptibilidad moderada alta y muy alta se concentraban en los municipios de Tenosique, Tacotalpa, Huimanguillo, Macuspana y Teapa.

2.2.3. Estudios en la Sierra Madre de Oaxaca

Durante la revisión bibliográfica para la SMO, se encontraron únicamente dos trabajos sobre deslizamientos de laderas; el primero fue elaborado por INEGI (2017), donde, los resultados incluyen un mapa a escala 1:250,000 de PRM para la Sierra Juárez; en este sentido, la investigación consideró siete factores que influyen en el proceso: litología, pendiente, densidad de fallas y/o fracturas, cortes por vías de comunicación, erosión, precipitación, deforestación y sismicidad.

Por su parte, Alanis (2022) llevó a cabo un análisis multicriterio ponderado de factores condicionantes y desencadenantes de la subcuenca Copalita, identificó los municipios

con dificultades de arribo de los servicios de emergencias ante deslizamientos de laderas. Los factores condicionantes utilizados fueron: pendiente, disección vertical, cercanía a los cauces, geología y textura del suelo, además, de considerar a la erosividad de las lluvias, áreas sin vegetación aparente y áreas con presencia de caminos, como factores desencadenantes.

3. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se describen y explican los conceptos utilizados en este trabajo. Estos incluyen a los paisajes físico-geográficos, los deslizamientos de laderas, los factores causantes de deslizamientos, la susceptibilidad y la exposición. La finalidad de describirlos es esclarecer su uso en esta investigación.

3.1. Paisajes físico-geográficos

El estudio del paisaje se realiza a través del enfoque sistémico y holístico que ofrece la Geoecología (Santos y Oliveira, 2023). Esta ciencia, con poco más de doscientos años de aplicación, se enfoca en una visión integral, multiescalar, interdisciplinaria y transdisciplinaria que tiene como objetivo comprender la interacción de los seres humanos con su entorno natural y social (Mateo et al., 2019).

El paisaje se conceptualiza desde diferentes puntos de vista: a) natural (físico-geográfico), como resultado de la integración de los componentes físico-naturales; b) antroponatural, por la transformación que generan las actividades humanas en los espacios naturales; y c) sociocultural, al ser el espacio donde se establecen la sociedad y donde se expresan sus actividades a través del valor, la percepción y el uso que dan al entorno (Mateo, 2000).

En esta investigación se aborda el paisaje desde la perspectiva de la geografía física-compleja. En este sentido, se define como un área de la superficie del planeta donde diversos componentes interactúan estrechamente para formar un sistema integral. Estos componentes incluyen elementos tanto en estado natural como modificados por la actividad humana, por ejemplo, la litología, el relieve, el clima, el agua, suelo y vegetación (Mateo y Da Silva, 2007).

La importancia del enfoque geológico reside en poder obtener una visión integral de la naturaleza y sus modificaciones antrópicas, a través de los principios estructuro-genético e histórico-evolutivo de la litosfera (Priego et al., 2004). Además, su clasificación tipológica permite identificar unidades relativamente homogéneas en estructura y composición, las cuales son repetibles en el espacio, ya sea en áreas cercanas o dispersas en el espacio geográfico (Mateo, 2007).

Por lo anterior, en esta investigación el paisaje físico-geográfico se adopta como unidad de análisis debido a su capacidad para integrar las condiciones actuales del territorio, resultado de las interacciones de sus componentes, tanto en estado natural como modificados por la sociedad. Esto permite anticipar y mitigar procesos físicos peligrosos como los deslizamientos de laderas que puedan afectar de manera negativa a la sociedad (Rodríguez, 2020).

3.2. Deslizamientos de laderas

Los deslizamientos de laderas (Figura 1) se definen como procesos geomorfológicos que involucran el desplazamiento descendente de material impulsado por la fuerza de gravedad (Alcántara-Ayala, 1999; Susena, 2020).

Estos procesos no solo alteran parte de la forma del relieve, sino que también causan daños ambientales, destruyen viviendas, puentes, caminos y obstaculizan los cauces de ríos (Suarez, 2009). La ocurrencia de deslizamientos y sus consecuencias se pueden agravar por el crecimiento urbano en laderas y el cambio de uso del suelo que este genera. (Popescu, 2002).

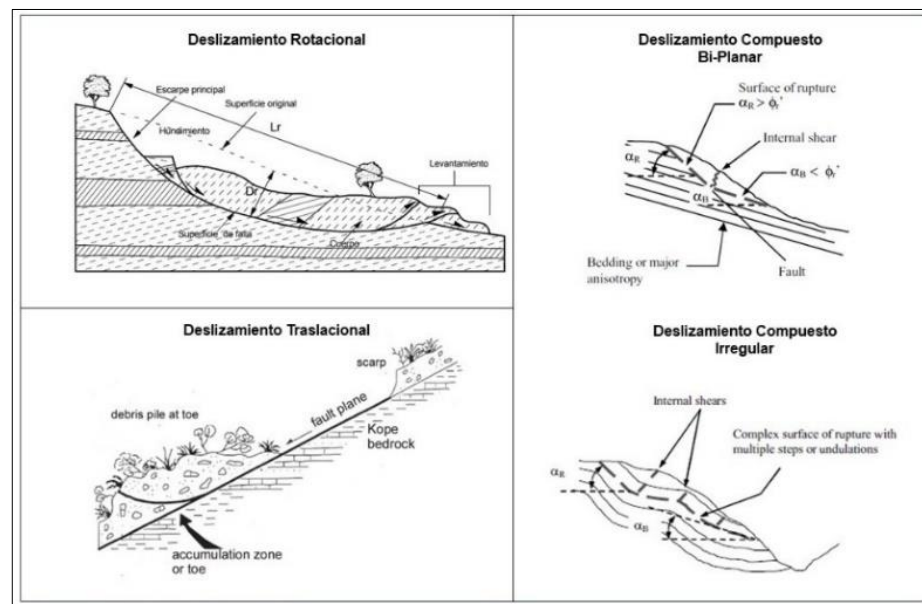


Figura 1. Clasificación de deslizamientos. Fuente: Potter (2007); Suarez (2010); Fell et al. (2012).

En este contexto, existen propiedades de los componentes condicionantes que aumentan la probabilidad de deslizamientos, entre ellas, se encuentran los materiales

arcillosos y las rocas deleznales, que son más propensos a deslizarse en pendientes de entre los 20 y 40 grados; además suelen generarse a largo del contacto entre el suelo y roca (Highland y Bobrowsky, 2008).

De acuerdo con lo anterior, la comprensión de las relaciones entre variables como la litología, suelos, pendiente y cobertura vegetal, constituyen la base para el desarrollo de nuevas metodologías para el análisis sistémico de la susceptibilidad, así como la determinación de las ponderaciones más adecuadas para cada una de ellas.

3.3. Factores causales de deslizamientos de laderas

Los factores involucrados en los deslizamientos de laderas se clasifican en dos tipos: condicionantes y desencadenantes (López-Pérez et al., 2022). Los primeros contribuyen a la susceptibilidad de las laderas, sin desencadenar el desplazamiento del material (Cueto et al., 2019), mientras que los segundos provocan que la ladera pase a un estado inestable (Popescu, 2002). Entre los factores condicionantes mínimos necesarios para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos se pueden mencionar: la diferencia en la elevación del relieve, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo y la cobertura vegetal (Alcántara-Ayala, 2008; Corominas et al., 2014).

Por otra parte, es importante considerar que algunas actividades antrópicas como los cortes en laderas, excavaciones, vertido de agua excesivo, la deforestación, entre otras, pueden actuar como factores que modifican las condiciones de equilibrio de la ladera (Cuanelo et al., 2011).

De acuerdo con lo anterior, esta investigación se enfocará en utilizar cuatro factores condicionantes, litología, suelo, pendiente, y uso de suelo y vegetación.

3.4. Susceptibilidad

El concepto de susceptibilidad se refiere a la capacidad de un objeto, persona o cosa para ser afectado por una acción específica, pero no para causarla (FundéuRAE, 2023). En el contexto del riesgo de desastres la susceptibilidad se refiere a la posibilidad de que se genere un determinado fenómeno en una región en particular, sin tener en cuenta su magnitud ni temporalidad de ocurrencia (Bernabeu y Díez, 2014).

Los efectos negativos de los deslizamientos de laderas se pueden mitigar al conocer dónde se han producido y dónde se pueden presentar en un futuro, esto se puede realizar a través de un inventario y la evaluación de la susceptibilidad (Cueto et al., 2019).

Para modelar este fenómeno existen tres métodos de análisis: determinista, heurístico y estadístico (Cortés et al., 2021). Por su parte, los procedimientos heurísticos permiten generar ponderaciones y rangos relativos (Castellanos y Van Westen, 2007); y se destaca el análisis multicriterio, particularmente el proceso de jerarquía analítica (AHP) (Shano et al., 2020).

Por otro lado, los métodos deterministas se basan en modelos físicos que son necesarios para establecer la relación entre las fuerzas resistentes y actuantes (Pourghamesi et al., 2018). En contraste, el análisis estadístico se basa en el estudio de la correlación entre los componentes analizados y su distribución espacial (Roccati et al., 2021).

En este orden de ideas, esta investigación conceptualiza la susceptibilidad a deslizamientos de laderas como la probabilidad de que ocurra este proceso físico mediante el análisis de los factores condicionantes que favorecen su ocurrencia (Becerra y De Rurane, 2018) y se evaluará mediante el método heurístico.

En resumen, la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de laderas es un componente importante en la gestión del riesgo de desastres. Esta evaluación integra el análisis de los factores condicionantes y frecuentemente la aplicación del método de jerarquía analítica. La combinación de estos elementos proporciona una base para identificar de manera rápida y precisa las zonas propensas a deslizamientos.

3.5. Exposición

La exposición a deslizamiento de laderas se refiere a la ubicación de habitantes, servicios, infraestructura económica, social o cultural en áreas donde se puede presentar este proceso y puedan sufrir pérdidas y daños considerables (UNISDR, 2009; Lavell et al., 2012).

Los desastres generados por deslizamientos están relacionados de forma directa con la exposición a ellos, además de la vulnerabilidad de las personas e infraestructura en general (Saldivar, 2020). Esto implica la coexistencia en determinado lugar de deslizamientos y factores socioeconómicos (Vivier y Torrens, 2019).

Estos desastres no ocurren de forma accidental ni son naturales, son consecuencia de una planificación inadecuada o nula del territorio, un proceso construido socialmente que se fortalece con la ocupación de zonas susceptibles y expuestas a deslizamientos, así como la incorrecta construcción de viviendas (Holguín-Aranda y Guillemes, 2022).

Para efectos de este trabajo, la evaluación de la exposición se centrará específicamente en la cuantificación de la población ubicada en cada unidad de análisis con diferente nivel de susceptibilidad a deslizamiento. Si bien se entiende que el análisis completo de la exposición incluye elementos adicionales, este análisis permitirá una aproximación a la problemática que enfrentan los habitantes.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

La Sierra Madre de Oaxaca se localiza entre los paralelos $16^{\circ}39'$ y $18^{\circ}18'N$, así como los meridianos $97^{\circ}3'$ y $95^{\circ}3'O$, esta abarca una superficie de $16,239.87\text{km}^2$, que representa 17.28% de la superficie de la entidad, e incluye los sistemas orográficos de la Sierra Mazateca, Juárez y Mixe. La zona de estudio colinda al norte con la región del Papaloapan; al noreste, con el estado de Puebla; al sur, con la región de los Valles Centrales y la Mixteca; y al sureste, con el Istmo de Tehuantepec (Figura 2).

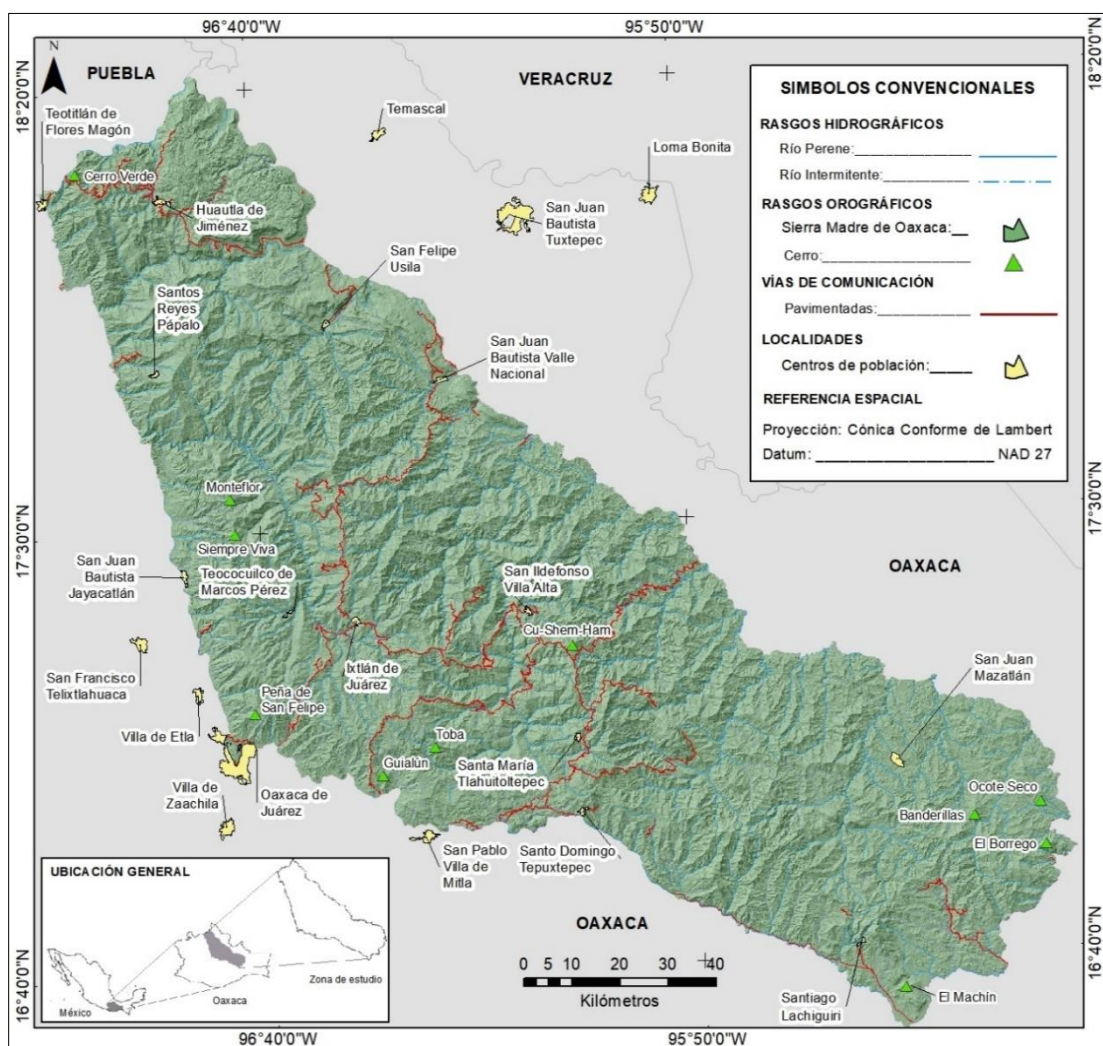


Figura 2. Localización de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021).

4.1.1. Sistema natural

En este apartado se describen las características y distribución geográfica de los componentes naturales de la SMO, con el fin de entender su contexto geográfico y su influencia en la susceptibilidad a deslizamientos de laderas.

1. Litología

En relación con los tipos de roca presentes en el área de estudio, se identificaron cuatro grupos (INEGI, 1985): rocas metamórficas, sedimentarias, ígneas extrusivas e ígneas intrusivas. La distribución espacial y la superficie de ocupación de cada una de ellas se muestran en la Tabla 1 y la Figura 3.

Tabla 1. Tipo de rocas y superficie de ocupación. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (1985).

Origen	Roca	Superficie	
		km ²	%
Metamórficas	Esquisto	4,697.76	28.93
	Cataclasita	1,203.63	7.41
	metasedimentaria	384.48	2.37
	Pizarra	247.67	1.53
	Gneis	86.84	0.53
	Mármol	11.84	0.07
Sedimentarias	Caliza	3,032.18	18.67
	Limolita-Arenisca	1,231.04	7.58
	Lutita-Arenisca	778.73	4.80
	Arenisca-Conglomerado	500.62	3.08
	Lutita	319.27	1.97
	Caliza-Lutita	290.32	1.79
	Aluvial	43.76	0.27
	Conglomerado	9.14	0.06
Ígneas Extrusivas	Andesita	1,318.10	8.12
	Toba Acida	610.62	3.76
	Dacita	235.40	1.45
	Arenisca- Toba Intermedia	65.77	0.41
	Toba Intermedia	26.81	0.17
	Andesita-Brecha Volcánica intermedia	10.28	0.06
	Riolita	1.72	0.01
Ígneas Intrusivas	Granito	914.38	5.63
	Monzonita	170.59	1.05
	Granodiorita	48.90	0.30
	Total	16,239.87	100

2. Relieve

En la Sierra Madre de Oaxaca se identifican seis tipos de relieve (Figura 4 y Tabla 2): Montañas; altas, medias y bajas, premontañas, lomeríos y planicies (Hernández-Santana et al., 2008).

De acuerdo con lo anterior, las montañas medias representan un 30.35 % del territorio, estas se concentran principalmente al centro y en forma de parches en la Sierra Mazateca y en los límites con el Istmo de Tehuantepec. Los rasgos orográficos más destacados son el Cerro Verde, Cu-shem-ham y Toba, con altitudes superiores a los 2800 m.s.n.m.m.

Por otro lado, las sierras bajas ocupan el 27.26% de la superficie total y se distribuyen hacia el norte y sureste, estas colindan con la región del Papaloapan y el Istmo de Tehuantepec respectivamente; en esta categoría destaca el cerro Guialun, con una altitud de 2600 m.s.n.m.m. que se ubica en los límites con los Valles Centrales.

Por su parte, las montañas altas abarcan 26.39% de la zona de estudio y se localizan en la Sierra Mazateca y Juárez, estas colindan con los Valles Centrales y la Mixteca. Los rasgos orográficos destacados son los cerros Peña de San Felipe, Siempre Viva y Monteflor, estas presentan altitudes que alcanzan los 3,200 m.s.n.m.m.

Otro tipo de relieve que presenta la zona de estudio son las premontañas que se distribuyen principalmente hacia el Istmo de Tehuantepec y zonas que colindan con la región de Papaloapan, estos cuentan con una superficie de 1,598.76 km² y representan 9.84% de la superficie total. En este tipo de relieve sobresalen por su altitud -1200 m.s.n.m.m.- los cerros el Machín, el Borrego y Banderillas.

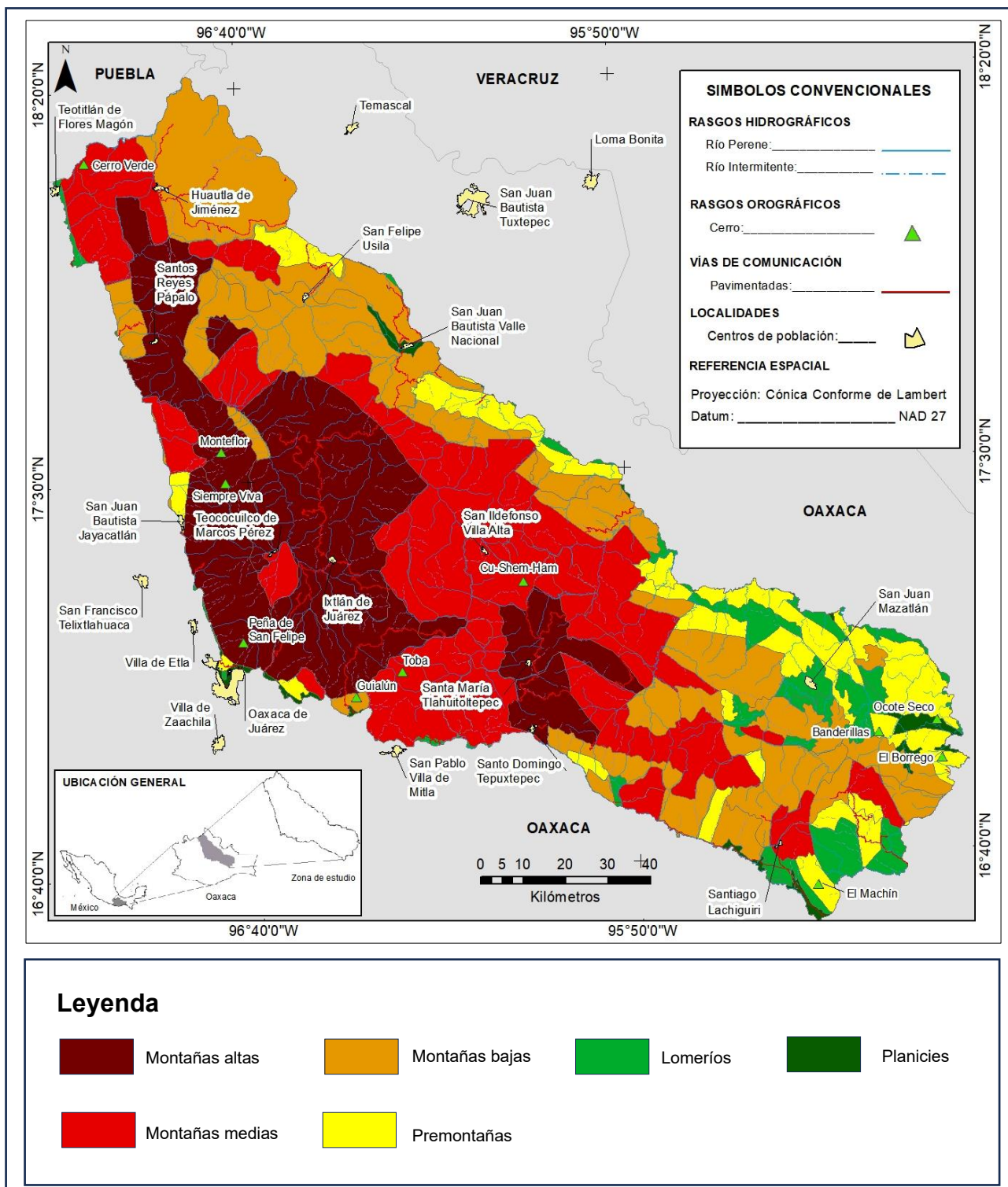
Por otro lado, se ubican los lomeríos con una superficie de 825.77 km² que se distribuyen principalmente hacia el sureste y en parches que colindan con los Valles Centrales y la Mixteca. De este tipo de relieve es representado por el Cerro del Fortín localizado en la ciudad de Oaxaca de Juárez.

En relación con las planicies se distribuyen en los límites de la zona de estudio en parches localizados en los límites con el Istmo de Tehuantepec, Valles Centrales y cuenca del Papaloapan. Como referencias importantes de este relieve se localiza la

localidad urbana de San Juan Bautista Valle Nacional y el cerro ocote seco con una altitud de 600 m.s.n.m.m.

Tabla 2. Tipo de relieve y superficie de ocupación. Fuente: Elaboración propia con información de Hernández-Santana et al. (2008).

Relieve		Superficie	
		km ²	%
Montañas	Medias	4,928.97	30.35
	Bajas	4,426.83	27.26
	Altas	4,285.93	26.39
Premontañas		1,598.76	9.84
Lomeríos		825.77	5.08
Planicies		173.60	1.07
Total		16,239.87	100



3. Clima

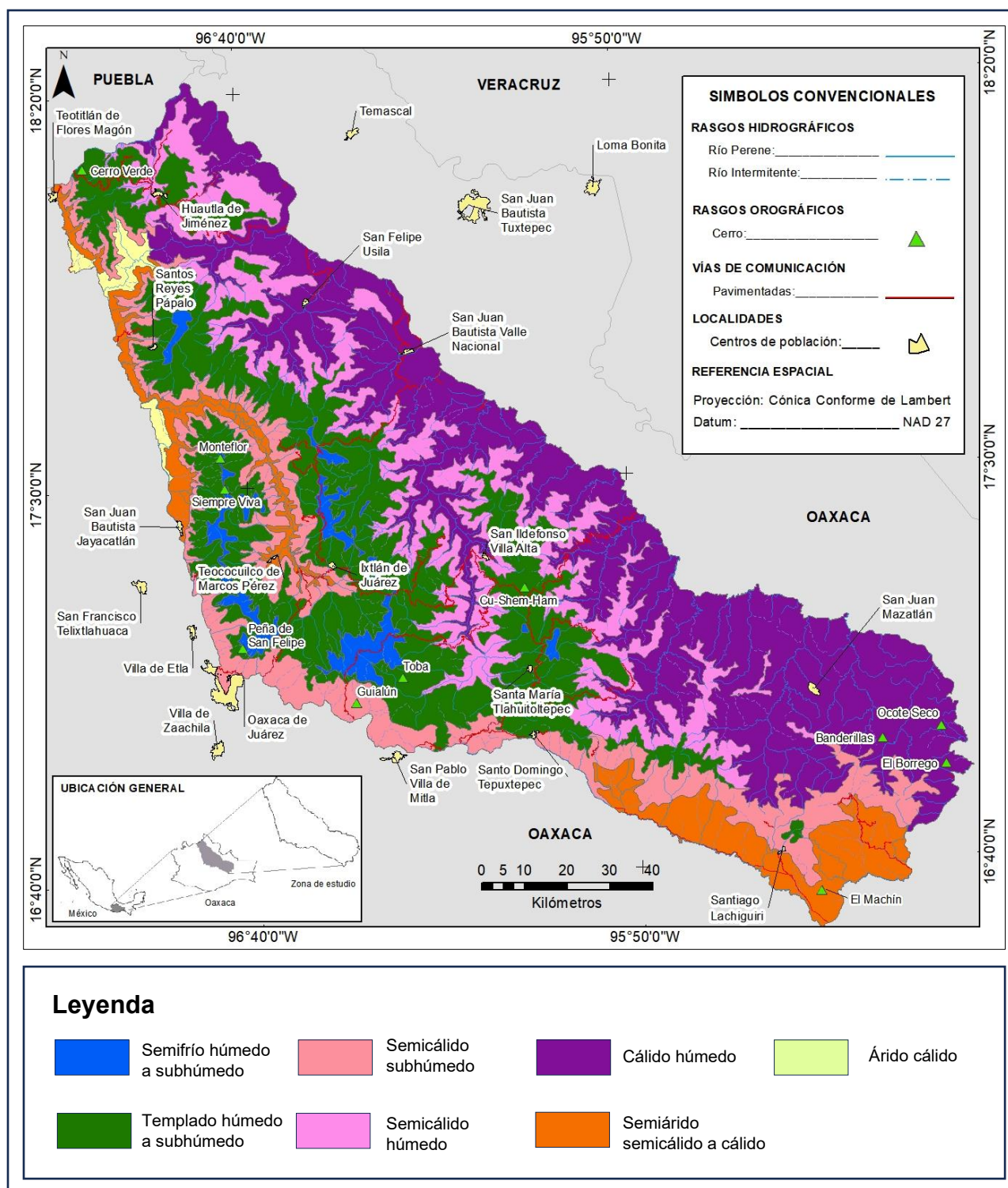
De acuerdo con García (1998), en zona de estudio se han identificado ocho tipos de clima (Figura 5 y Tabla 3): 1) semifrío húmedo a subhúmedo, 2) templado húmedo a subhúmedo, 3) semicálido húmedo, 4) semicálido subhúmedo, 5) cálido húmedo a subhúmedo, 6) semiárido semicálido, 7) semiárido cálido y 8) árido cálido.

El clima árido cálido representa solo 1.4 % de la superficie total y se localiza en los extremos noroeste y sur de la zona de estudio. En contraste, el clima semiárido cálido se localiza en los límites noreste y sureste de la zona de estudio y representa 4.6 % del área total. Por su parte el clima cálido húmedo se extiende a lo largo del perímetro norte y abarca 22.3 % de la región. En cuanto al clima semicálido húmedo, este abarca 15.9% de la zona de estudio y se distribuye en la parte centro y sureste de la misma y colinda con la Sierra Sur y el Istmo de Tehuantepec.

Por otro lado, el clima semifrío húmedo cubre en superficie 1.8 % y se encuentra en la parte noroeste y en las zonas altas de la Sierra Juárez. Finalmente, el clima templado húmedo domina en las Sierras Orientales y abarca 53.9% del territorio.

Tabla 3. Tipo de clima y superficie de ocupación. Fuente: elaboración propia con información de García y CONABIO (1998).

Clima	Superficie	
	km ²	%
Cálido húmedo	5,409.79	33.21%
Templado húmedo a subhúmedo	4,908.49	30.30%
Semicálido húmedo	2,521.68	15.57%
Semicálido subhúmedo	1,721.13	10.56%
Semifrío húmedo a subhúmedo	450.64	2.78%
Árido cálido	96.63	0.60%
Semiárido semicálido a cálido	1,131.50	6.98%
Total	16,239.87	100



4. Suelos

De acuerdo con INEGI (2014), el área de estudio cuenta con siete grupos de suelo (Figura 6 y Tabla 4): a) Acrisol, b) Cambisol, c) Feozem, d) Litosol, e) Luvisol, f) Regosol y g) Rendzina. El Acrisol tiene mayor predominio territorial en la zona de estudio; en este sentido, representa 63% de la superficie y se distribuye en forma de parche amplio con un rumbo noreste a sureste.

Por su parte, el suelo Cambisol ocupa 5.8% de la superficie y se encuentra en los extremos sureste y noreste de la región. Por su parte, el suelo Feozem representa el 3.4% del área y se localiza al sur y sureste de la SMO.

Respecto al Litosol, este ocupa 5.5 % de la superficie y se encuentra principalmente en la colindancia con la presa Miguel Alemán hacia la región del Papaloapan y a la zona sur que colinda con la Sierra Sur de la entidad. El Luvisol por su parte ocupa 10.2 % de la superficie y se distribuye en los extremos sureste y noreste de la zona de estudio.

El Regosol ocupa el 8.3% de la superficie de estudio y se encuentra en la parte sureste que colinda con el Istmo de Tehuantepec, y al noreste con la Mixteca y Huautla de Jiménez en la Sierra Mazateca. Por último, la Rendzina representa el 3.7% de superficie y se distribuye en los extremos noreste y sureste, con una pequeña porción cerca de Santa María Tlahuitoltepec.

Tabla 4. Tipo de suelo y superficie de ocupación. Fuente: elaboración propia con información de INEGI (2014).

Suelo	Subtipo	Superficie	
		km ²	%
Luvisol	Endoleptico	2,998.66	18.46
	Profundico	898.15	5.53
	Districo	563.90	3.47
	Húmico	471.68	2.90
	Epileptico	467.81	2.88
	Umbrihúmico	437.96	2.70
	Férrico	151.06	0.93
	Crómico	94.94	0.58
	Hiperdistrico	33.57	0.21
	Cálcico	29.06	0.18
	Heútrico	2.70	0.02
Cambisol	Endoleptico	1,667.02	10.26

	Districo	649.22	4.00
	Epileptico	198.68	1.22
	Arénico	109.23	0.67
	Húmico	88.68	0.55
	Crómico	71.35	0.44
Acrisol	Endoleptico	1,322.57	8.14
	Húmico	469.50	2.89
	Epileptico	317.49	1.96
	Umbrihúmico	123.34	0.76
	Crómico	54.11	0.33
	Abri	48.93	0.30
Regosol	Endoleptico	1,327.49	8.17
	Epileptico	647.47	3.99
	Arénico	186.12	1.15
	Calcárico	9.20	0.06
	Eútrico	1.01	0.01
Leptosol	Rendzico	854.42	5.26
	Eútrico	304.71	1.88
	Molihúmico	245.88	1.51
	Lítico	125.46	0.77
	Calcárico	116.64	0.72
	Húmico	106.05	0.65
	Dristico	59.67	0.37
	Umbrico	48.73	0.30
	Hiperesqueletico	4.38	0.03
Umbrisol	Epileptico	356.34	2.19
	Húmico	191.30	1.18
	Endoleptico	99.03	0.61
Feozem	Epileptico	164.96	1.02
	Lúvico	34.30	0.21
Fluvisol	Districo	35.31	0.22
	Eutrico	34.42	0.21
	Calcárico	7.49	0.05
Vertisol	Mázico	7.71	0.05
Chernozem	Epiléptico	2.19	0.01
	Total	16,239.87	100

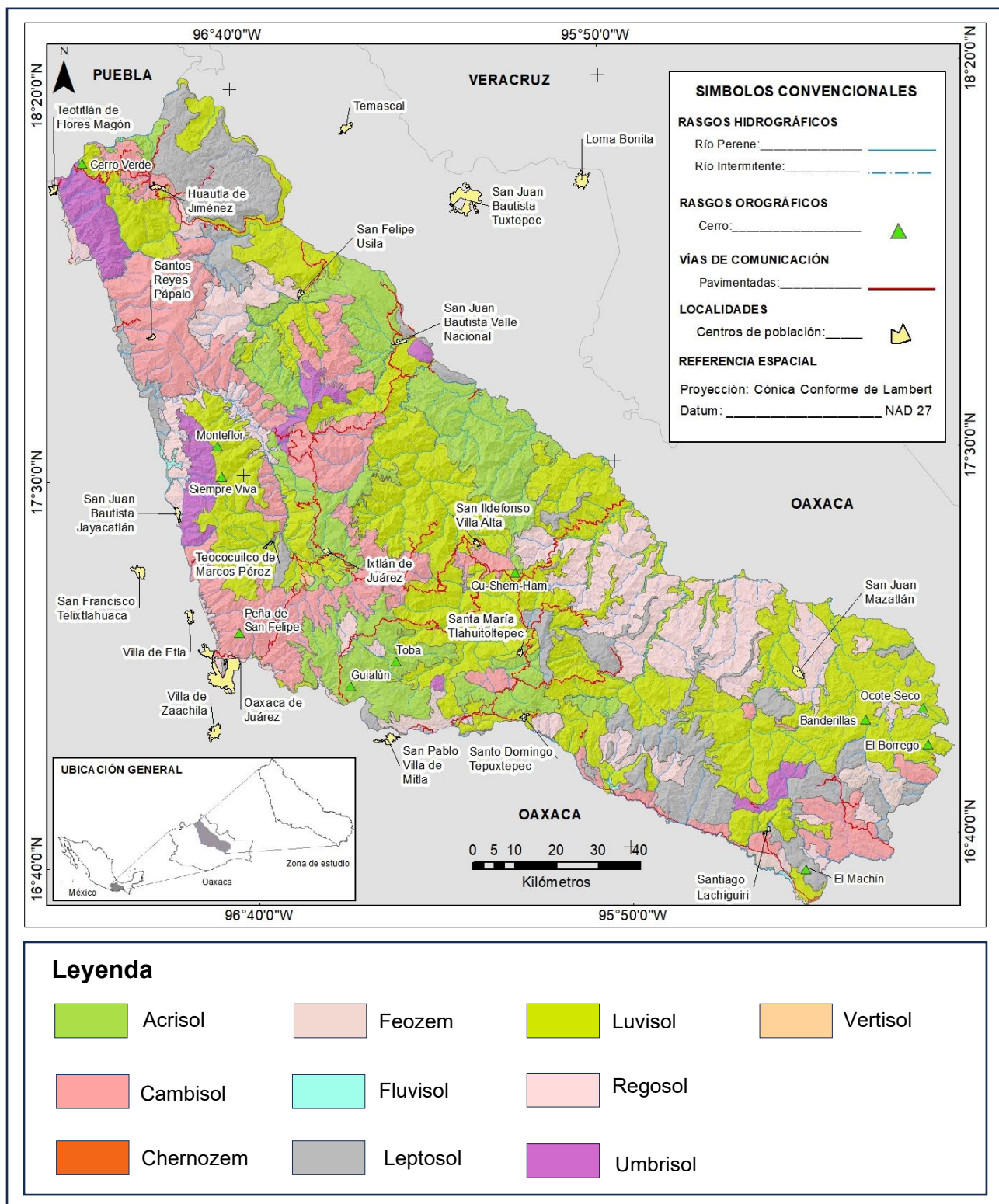


Figura 6. Distribución de tipo de suelos. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2014).

5. Uso de suelo y vegetación

En la SMO se identificaron siete tipos de uso de suelo y vegetación (Figura 7 y Tabla 5): 1) agricultura, 2) asentamientos humanos, 3) bosque, 4) pastizal, 5) selva, 6) vegetación secundaria de bosque y 7) selva (INEGI, 2021).

De acuerdo con lo anterior, la agricultura, cubre aproximadamente 11.0 % de la superficie total y se distribuye principalmente al noreste -Sierra Mazateca- y centro de la zona de estudio, Por su parte, los asentamientos humanos representan el 0.2% del área, en contraste con la zona de bosques con 19.5 % y se localiza en la parte central de la SMO.

Por otro lado, el pastizal ocupa el 4.2% de la superficie y se ubica principalmente en el extremo sureste cerca del Istmo de Tehuantepec, además, la selva cubre el 11.0% del área, distribuyéndose en los límites norte y sur de la SMO, al sur colinda con la Mixteca, la Sierra Sur y el Istmo de Tehuantepec, y al norte con la región del Papaloapan.

Por último, la vegetación secundaria de bosque es la predominante distribuida a lo largo de la SMO con 40.8% de área, con excepción de la zona noroeste que colinda con el lago Miguel Alemán; en donde se desarrolla la vegetación secundaria de selva con 13.3% de la superficie total.

Tabla 5. Tipo de uso de suelo y vegetación y superficie de ocupación. Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2021).

Uso de Suelo y Vegetación	Tipo	Superficie	
		km ²	%
Vegetación secundaria arbórea de bosque	Bosque de pino-encino	2,611.02	16.08
	Bosque mesófilo de montaña	2,244.30	13.82
	Bosque de encino	793.18	4.88
	Bosque de encino-pino	616.80	3.80
	Bosque de pino	346.86	2.14
Bosque	Mesófilo de montaña	1,514.28	9.32
	Pino-encino	1,346.20	8.29
	Pino	217.27	1.34
	Encino	159.01	0.98
	Encino-pino	69.57	0.43
	Cultivado	13.60	0.08
	Oyamel	6.32	0.04
Vegetación secundaria arbórea de selva	Selva alta perennifolia	1,282.64	7.99
	Selva baja caducifolia	821.25	5.06
	Selva mediana subperennifolia	14.94	0.09
	Selva alta perennifolia	3.39	0.02
Agricultura	Temporal	1,650.99	10.17
	Humedad	31.31	0.19
	Riego	20.81	0.13
Selva	Alta Perennifolia	1,081.39	6.66
	Baja caducifolia	615.87	3.79
	Mediana subperennifolia	13.20	0.08
Pastizal	Cultivado	609.04	3.75
	Inducido	82.43	0.51
Vegetación secundaria arbustiva	Selva alta perennifolia	20.29	0.12
	Bosque de encino	1.56	0.01
	Selva baja caducifolia	1.00	0.01
Asentamientos	Humanos	30.89	0.19
Matorral	Crasicaule	5.23	0.03
	Total	16,239.87	100

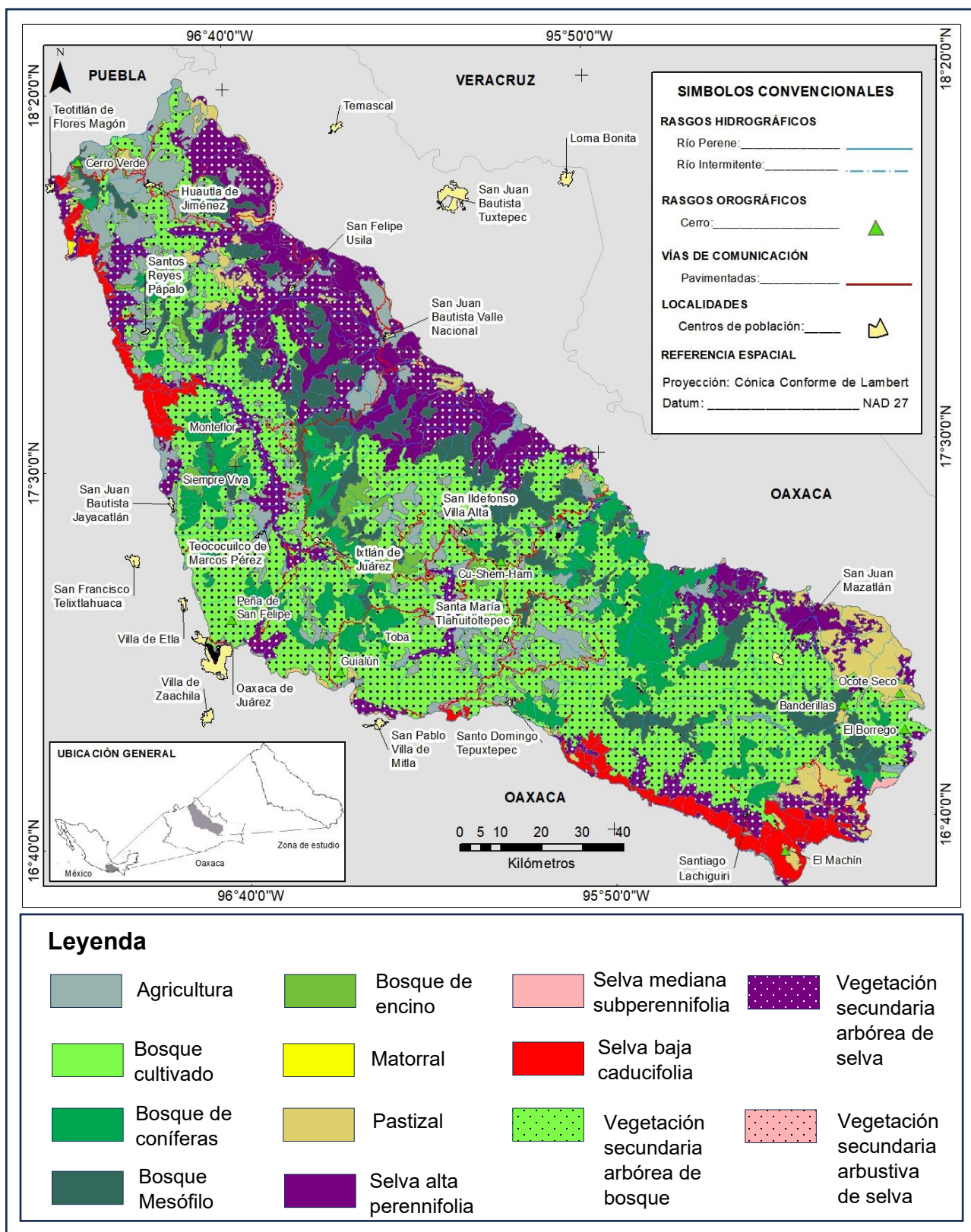


Figura 7. Tipos de uso de suelo y vegetación. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2021).

4.2. Metodología

La metodología de la investigación se dividió en tres etapas (Figura 8) y se desarrollaron en el siguiente orden: a.- Caracterización de los paisajes físico-geográficos, b.- Cálculo del Índice de Susceptibilidad a Deslizamiento de Laderas (ISDL), y c.- Identificación de la exposición que presentan ante deslizamientos de laderas de los habitantes de la Sierra Madre de Oaxaca.

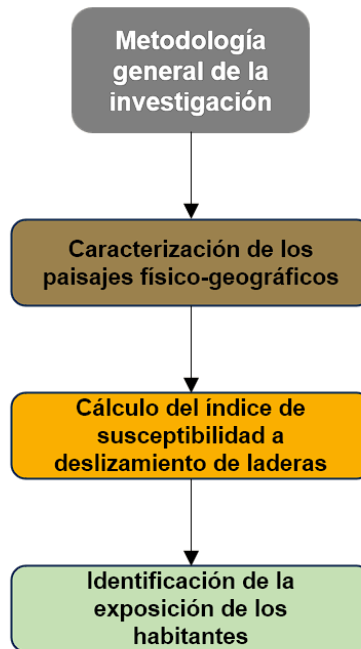


Figura 8. Metodología general de la investigación. Fuente: elaboración propia.

4.2.1. Caracterización de los paisajes físico-geográficos

Las unidades de paisaje físico-geográfico se obtuvieron de acuerdo con la propuesta de Priego-Santander et al. (2010), donde, a través de superposiciones cartográficas con el apoyo de sistemas de información geográfica genera un mapa de paisajes físico-geográfico a escala 1:250,000 (Figura 9).

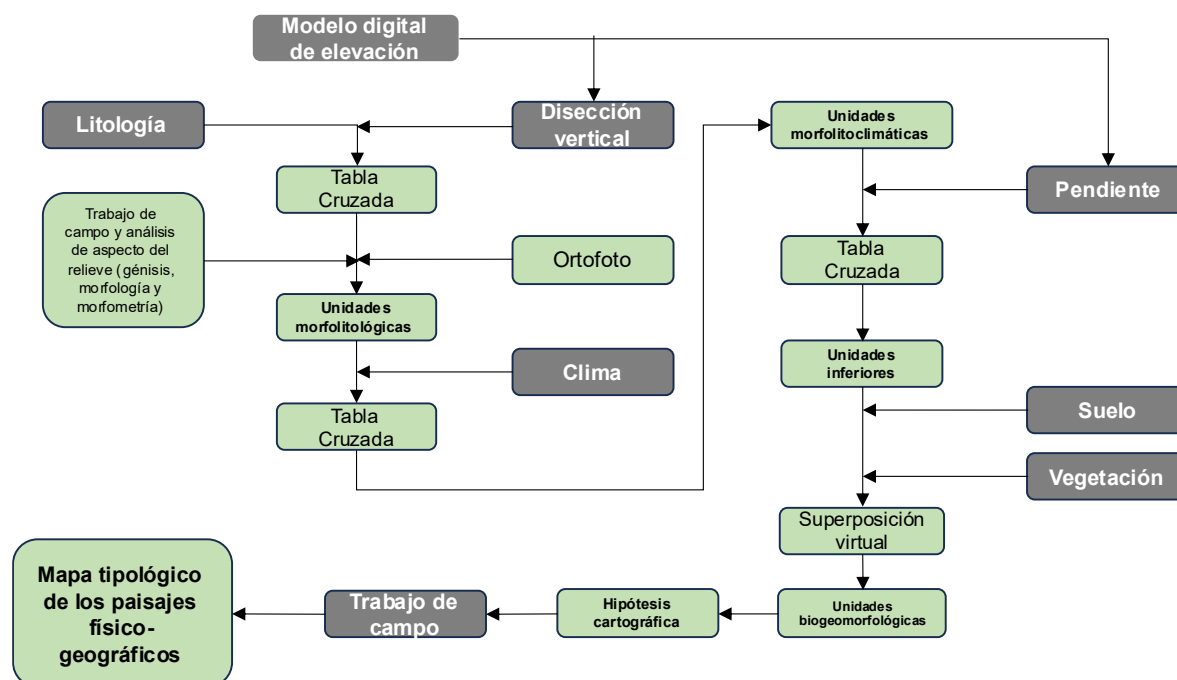


Figura 9. Secuencia metodológica para la obtención de las unidades de paisaje. Fuente: elaboración propia con información de Ramírez-Sánchez, 2013.

Para generar el mapa de PFG se recopiló información cartográfica y después se homogenizó la escala de esta (Tabla 6).

Tabla 6. Insumos Cartográficos. Fuente: elaboración propia.

Cartografía	Fuente	Año	Escala
Topográfica	INEGI	2021	1:250,000
Geológica	INEGI	1985	
Edafología	INEGI serie II	2014	
Uso de suelo y Vegetación	INEGI Serie VII	2021	
Climatológica	García y CONABIO	1998	1:1,000,000

De acuerdo con lo anterior, la caracterización del relieve - componente diferenciador del paisaje-, se utilizó la cartografía elaborada por Hernández-Santana et al. (2009), que se adaptó en 12 niveles, según la propuesta de Priego-Santander et al. (2010) con el objetivo de obtener una mejor precisión en las unidades finales de paisaje.

Por otro lado, cartografía litológica, esta se elaboró con datos del INEGI (1984) a escala 1:250,000. Este mapa permitió identificar los tipos de rocas en cada unidad de paisaje, esta información se superpuso a la capa de disección vertical y como resultado se obtuvieron las unidades morfolíticas (Priego-Santander et al., 2010).

Por su parte, el componente climático consideró la información climática de la república mexicana elaborada por García y CONABIO (1998) a escala 1:1,000,000, esta capa se ajustó a escala 1:250,000 mediante la superposición de la distribución de la cobertura vegetal con los criterios de la distribución aproximada según Priego-Santander et al. (2010).

La cobertura vegetal y los suelos son considerados atributos del paisaje y no factores diferenciadores; por lo que el análisis se realizó mediante una superposición virtual para determinar los tipos de cobertura vegetal y suelo que alberga cada unidad de paisaje. Para esta investigación se utilizó la cartografía disponible del INEGI (2014) a escala 1:250,000 ajustada mediante imágenes satelitales Sentinel 2 del año 2022. La actualización de los polígonos se llevó a cabo por medio de una interpretación visual, mediante la identificación de patrones de texturas y tonos.

Después de realizar los ajustes a la cartografía de los componentes que integran los paisajes físico-geográficos, se realizaron las superposiciones cartográficas de acuerdo con los criterios de Mateo (2002); para ello, se establecieron los índices diagnósticos correspondientes según Sochava (1972, 1978).

4.2.2. Evaluación de los paisajes físico-geográfico a la susceptibilidad a deslizamientos de laderas

Para determinar los niveles de susceptibilidad a deslizamiento de ladera (SDL) en la SMO, la presente investigación consideró al PFG como unidad de análisis; en este sentido, la estructura de estos paisajes o geosistemas fue evaluada a través de un índice que se fundamenta en el principio de predominio territorial propuesto por Shishenko (1988) para estimar la antropización de la cobertura vegetal.

De acuerdo con lo anterior, en este estudio se utilizó el Índice de Susceptibilidad a Deslizamientos (ISDL) que se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$ISDL = \frac{\sum_{i=1}^n ri * A_{ij}}{A_j}$$

Donde:

- *ISDL*= Índice de susceptibilidad a deslizamientos.
- *ri*: Grado de susceptibilidad del componente biofísico i.
- *Aij*: Área del componente biofísico i en el geocomplejo j.
- *Aj*: Área total de la unidad de paisaje j.

La escala de ponderación de los componentes se definió en un rango de entre 0.01 a 0.99, los factores de litología (Tabla 7) y pendiente (Tabla 8) se adaptaron del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), posteriormente se estandarizaron mediante el método mínimo y máximo (Treviño-Cantú, 2022), este proceso se realizó con la ecuación mostrada a continuación.

$$V' = \frac{V - \min_A}{\max_A - \min_A} (\text{nuevo}_{\max_A} - \text{nuevo}_{\min_A}) + \text{nuevo}_{\min_A}$$

Donde:

- *V'*. = Nuevo valor después de la normalización.
- *V*. = Valor original.
- *max_A; min_A*. = Representan el valor máximo y mínimo del rango de datos originales.
- *nuevo_{max_A}; nuevo_{min_A}*. = Representan el valor mínimo y máximo del nuevo rango de dato.

A continuación, se detallan las ponderaciones utilizadas para cada componente del paisaje.

Tabla 7. Ponderación tipo de roca. Fuente: Elaboración propia adaptado de CENAPRED (2020).

Tipo de roca	Ponderación	Tipo de roca	Ponderación	Tipo de roca	Ponderación
Aluvial	0.90	Toba intermedia	0.69	Andesita-Brecha volcánica intermedia	0.56
Lutita	0.83	Limolita-Arenisca	0.67	Granito	0.56
Arenisca-Toba intermedia	0.80	Toba acida	0.67	Granodiorita	0.56
Esquisto	0.80	Gneis	0.64	Riolita	0.56
Lutita-Arenisca	0.77	Arenisca-Conglomerado	0.62	Cataclasita	0.53
Caliza-Lutita	0.75	Caliza	0.62	Dacita	0.51
Metasedimentaria	0.72	Conglomerado	0.62	Mármol	0.38
Pizarra	0.72	Monzonita	0.59	Andesita	0.10

Tabla 8. Ponderaciones tipo de pendientes. Fuente: Elaboración propia adaptado de CENAPRED (2020).

Rangos de pendiente	Ponderación
>45°	0.90
30° - 45°	0.82
20° - 30°	0.63
15° - 20°	0.45
10° - 15°	0.37
5° - 10°	0.29
3° - 5°	0.21
1° - 3°	0.15
<1°	0.13

Respecto al componente edáfico, su ponderación se determinó a partir de la textura y la aptitud para la agricultura (Tabla 9) (Pablo-Pablo y Hernández-Santana, 2016), en el entendido que a mayor aptitud se tendrán suelos más finos y arcillosos.

Tabla 9. Ponderaciones tipo de suelo. Fuente: elaboración propia adaptado de Pablo-Pablo y Hernández-Santana (2016).

Tipo de Suelo	Ponderación
Vertisol	0.90
Fluvisol	0.74
Umbrisol	0.74
Cambisol	0.58
Chernozem	0.58
Luvisol	0.58
Phaeozem	0.42
Acrisol	0.26
Regosol	0.26
Leptosol	0.10

Por otro lado, el predominio en la SDL del tipo de uso de suelo y vegetación fue definido a través de la adaptación de los valores utilizados para calcular el IACV por Morales-Iglesias (2019), donde, los valores más altos de susceptibilidad son asignados a la agricultura y los más bajos a los bosques y selvas (Tabla 10); esto se establece bajo el supuesto que considera la relación entre los procesos exógenos geomorfológicos –erosión, denudación- y los tipos de vegetación, donde, la vegetación original disminuye la dinámica de la erosión y aumenta la infiltración de agua al subsuelo.

Tabla 10. Ponderación uso de suelo y vegetación. Fuente: elaboración propia, adaptado de Morales-Iglesias (2019).

Uso de suelo y vegetación	Ponderación	Uso de suelo y vegetación	Ponderación
Asentamientos humanos	0.9	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	0.2
Agricultura de riego	0.8	Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino	0.2

Uso de suelo y vegetación	Ponderación	Uso de suelo y vegetación	Ponderación
Agricultura de humedad	0.7	Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	0.2
Agricultura de temporal	0.7	Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia	0.2
Bosque cultivado	0.6	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	0.2
Pastizal cultivado	0.5	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino	0.2
Pastizal Inducido	0.4	Bosque de oyamel	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia	0.3	Bosque de pino	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.3	Bosque de encino	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia	0.3	Selva mediana subperennifolia	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.3	Bosque de encino-pino	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	0.3	Bosque de pino-encino	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	0.3	Bosque mesófilo de montaña	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino	0.3	Matorral crasicaule	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	0.3	Selva alta perennifolia	0.01
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.2	Selva baja caducifolia	0.01

Una vez determinadas las ponderaciones de cada elemento biofísico que integra la unidad de paisaje se aplicó la fórmula del ISDL; posteriormente, se determinó su promedio (Tabla 11); los resultados obtenidos permitieron elaborar un cartograma a

través del método de clasificación de rupturas naturales (Cruz-Peralta y Ramírez-Sánchez, 2023).

Tabla 11. Evaluación de susceptibilidad de unidades de paisaje físico-geográfico. Fuente: elaboración propia.

Unidad de paisaje	Componente Biofísico				Promedio
	Litología	Pendiente	Uso de Suelo y Vegetación	Suelo	
<i>A</i>	$ISD_{L(A)}$	$ISD_{P(A)}$	$ISD_{USV(A)}$	$ISD_{S(A)}$	$\frac{\sum_L^S ISD(A)}{4}$
<i>B</i>	$ISD_{L(B)}$	$ISD_{P(B)}$	$ISD_{USV(B)}$	$ISD_{S(B)}$	$\frac{\sum_L^S ISD(B)}{4}$
<i>C</i>	$ISD_{L(C)}$	$ISD_{P(C)}$	$ISD_{USV(C)}$	$ISD_{S(C)}$	$\frac{\sum_L^S ISD(C)}{4}$
<i>n</i>	$ISD_{L(n)}$	$ISD_{P(n)}$	$ISD_{USV(n)}$	$ISD_{S(n)}$	$\frac{\sum_L^S ISD(n)}{4}$

4.2.3. Análisis de correlación entre SDL y génesis del PFG

De acuerdo con la hipótesis y preguntas de investigación, se corroboró la relación estadística entre la SDL y la génesis del PFG. Para ello, se analizaron los valores categóricos de susceptibilidad (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) contra su génesis.

De acuerdo con lo anterior, como primer paso se realizó el análisis de datos para corroborar la no normalidad de estos, mediante la inspección visual del gráfico cuantil-cuantil (Q-Q), donde se compararon los cuantiles de la susceptibilidad contra los teóricos de una distribución normal (Guenni et al., 2008).

Posteriormente, una vez descartada la normalidad de los datos se eligió ejecutar la prueba Chi-cuadrado (no paramétrico) por tratarse de variables categóricas (Ramírez-Ríos et al., 2020). A continuación se mencionan los pasos del análisis de acuerdo con Flores-Tapia y Flores-Cevallos (2023):

1. Formulación de hipótesis:

- Nula (H_0): No existe relación estadísticamente significativa entre la génesis del paisaje y la categoría de SDL.
- Alternativa (H_1): Existe una asociación estadística entre la génesis del paisaje y la SDL.

2. Elaboración de tablas de contingencia: frecuencias observadas y esperadas.

3. Determinación de los grados de libertad.

$$gl = (r - 1)(c - 1)$$

Donde:

r= número de filas

c= número de columnas

4. Cálculo del estadístico X^2 .

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

O= Valor observado

E= Valor esperado

5. Obtención de valor p para un valor de significancia de $\alpha = 0.05$.

6. Aceptar o rechazar hipótesis (H_0); donde: si el valor de $p < 0.05$ se rechaza.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Paisajes físico-geográficos

Una característica relevante de este trabajo fue la caracterización de las unidades de paisaje físico-geográfico (Figura 10), para utilizarse como unidades de análisis en los procesos de remoción en masa –deslizamiento de laderas-. De acuerdo con los resultados, la SMO presenta la siguiente taxonomía de PFG: seis clases, 14 subclases, 57 localidades, 69 parajes complejos y 224 parajes simples.

Dentro de esta clasificación, los paisajes que predominan en función de su génesis son los tectónicos, tectónico-acumulativos y tectónico-kársticos, estos se caracterizan por tener un relieve montañoso, formado por esquisto, limolita-arenisca y caliza, en climas templado húmedo a subhúmedo, semicálido subhúmedo y cálido húmedo.

En cuanto al uso de suelo y vegetación, estos paisajes contienen vegetación secundaria arbórea de bosques -mesófilo de montaña y pino-encino-, así como agricultura de temporal, sobre suelos de tipo Luvisol, Acrisol y Leptosol.

El análisis de la SMO determinó que, de las 57 localidades identificadas (Tabla 12), solo seis - XXXII, XVII, VI, IX, XXX, XXXI- ocupan poco más del 50 % de la superficie total; por esta razón, a continuación, se realiza una breve descripción de estas.

Tabla 12. Nivel taxonómico de los PFG de la SMO. Fuente: Elaboración propia.

Clase	Subclase	Localidad	Paraje Complejo	Paraje simple	Área (km²)
A. Montañas en clima semifrío	A.1- Montañas en clima semifrío húmedo a subhúmedo	I - V	I.1-V.1	1-19	415.70
B. Montañas en clima templado	B.1- Montañas en clima templado húmedo a subhúmedo	VI-XII	VI.1-XII.1	20-52	4,428.24
C. Montañas y piedemonte en clima semicálido	C.1- Montañas en clima semicálido húmedo	XIII-XVIII	XIII.1-XVIII.1	53-80	4,544.47
	C.2- Montañas en clima semicálido subhúmedo	XIX-XXV	XIX.1-XXV.1	81-111	
	C.3- Piedemonte en clima semicálido subhúmedo	XXVI	XXVI.1	112	
D. Montañas, lomeríos, piedemonte y valles en clima cálido	D.1- Montañas en clima cálido	XXVII-XXXIII	XXVII.1-XXXIII.1	113-154	5,409.90
	D.2- Lomeríos en clima cálido húmedo	XXXIV-XXXVI	XXXIV.1-XXXVI.1	155-164	
	D.3- Piedemonte en clima cálido húmedo	XXXVII-XL	XXXVII.1-XL.1	165-173	
	D.4- Valles en clima cálido húmedo	XLI	XLI.1-XLI.2	174-176	
E. Montañas y piedemonte en clima semiárido	E.1- Montañas en clima semiárido semicálido a cálido	XLII-XLVII	XLII.1-XLVII.1	177-205	1,278.08
	E.2- Lomeríos en clima semiárido semicálido a cálido	XLVIII	XLVII.1	206	
	E.3- Piedemonte en clima semiárido semicálido a cálido	XLIX-LIII	XLIX.1-LII-1	207-212	
F. Montañas y piedemonte en clima árido	F.1- Montañas en clima árido cálido	LIV-LVI	LIV.1-LVI.1	213-223	163.48
	F.2- Piedemonte en clima árido cálido	LVII	LVII.1	224	
Total					16,239.87

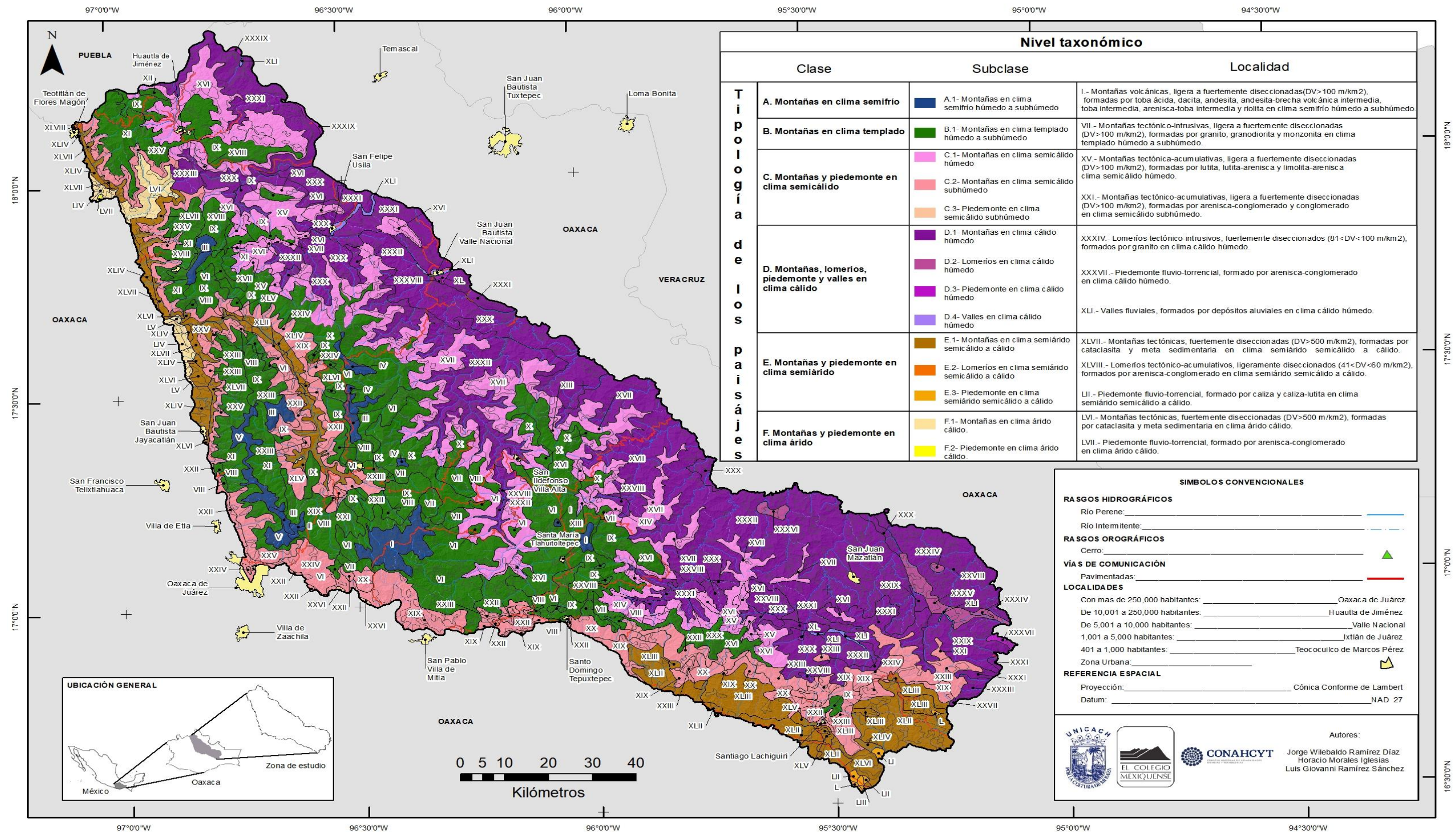


Figura 10. Paisajes Físico-Geográficos de la Sierra Madre de Oaxaca. Fuente: elaboración propia.

XXXII: Montañas tectónicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por esquisto, pizarra y gneis en clima cálido húmedo.

Esta localidad tiene una superficie de 2,420.16 km² y está compuesta por dos parajes complejos (XXXII.1, XXXII.2) y siete parajes simples (144-150), se distribuye principalmente al noroeste de la zona de estudio y colinda con la región del Papaloapan. La estructura de este geocomplejo está conformada por un relieve montañoso donde predominan pendientes entre 20° y 30°, en un clima cálido húmedo, donde, se desarrolla una vegetación de selva alta perennifolia y bosques de pino, encino y encino-pino, así como uso de suelo agrícola; el componente edáfico está representado por tres tipos principales: Acrisol, Luvisol y Regosol.

XVII: Montañas tectónicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por esquisto, pizarra y gneis en clima semicálido húmedo.

La localidad abarca una superficie de 1,450.61 km² y cuenta con un paraje complejo (XVII.1) y cuatro parajes simples (74-77), se distribuye en forma de corredor en la vertiente golfo de la zona de estudio donde predominan pendientes entre 20° y 30° bajo condiciones clima semicálido húmedo, con una vegetación que incluye bosques; mesófilo de montaña y pino, agricultura de temporal y selva alta perennifolia, mientras que el componente edáfico está representado por suelos: Luvisol, Acrisol y Regosol.

VI: Montañas volcánicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por toba ácida, dacita, andesita, andesita-brecha volcánica intermedia, toba intermedia, arenisca-toba intermedia y riolita en clima templado húmedo a subhúmedo.

Este geosistema cuenta con una extensión territorial de 1,209.63 km² y está compuesto por un paraje complejo (VI.1) y cinco parajes simples (20-24), se distribuye principalmente en dos grandes parches en la Sierra Mixe, donde las pendientes son fuertemente inclinadas (20°-30°), en clima templado húmedo a subhúmedo. La vegetación en esta unidad incluye bosques; mesófilo de montaña, pino-encino y encino-pino, además de vegetación secundaria arbórea y agricultura, el componente edáfico está representado por tres tipos de suelo: Luvisoles, Acrisoles y Cambisoles.

IX: Montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por caliza y caliza-lutita en clima templado húmedo a subhúmedo.

La localidad abarca una superficie de 1,124.02 km² y se compone por dos parajes complejos (IX.1 y IX.2) y nueve parajes simples (32-40). Este geocomplejo se localiza en forma de parches en la Sierra Mazateca y Juárez; mientras que en la Sierra Mixe presenta un patrón de corredor. La localidad está estructurada por un relieve montañoso donde predominan las pendientes entre 20° y 30°, en un clima templado húmedo a subhúmedo, donde se establece una vegetación integrada por bosque mesófilo de montaña, pino, pino-encino, así como vegetación secundaria y uso de suelo agrícola; el componente edáfico está representado por: Leptosol, Cambisol, Regosol, Luvisol y Acrisol.

XXX: Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca clima cálido húmedo.

Esta unidad tiene una superficie de 1,079.25 km² y cuenta con dos parajes complejos (XXX.1 y XXX.2) y siete parajes simples (26-132). Esta localidad se distribuye principalmente en la vertiente Golfo en forma de corredor y en forma de parches en la Sierra Mixe; se caracteriza mayormente por un relieve montañoso fuertemente inclinado con pendientes entre 20° y 30°, en un clima cálido húmedo. La vegetación incluye bosque mesófilo de montaña, pino-encino, selva alta perennifolia, vegetación secundaria arbórea, zonas agrícolas y pastizales cultivados. Los suelos predominantes son Luvisoles y Acrisoles.

XXXI: Montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por caliza y caliza-lutita en clima cálido húmedo.

Esta localidad tiene una extensión territorial de 946.68 km² y está compuesta por dos parajes complejos (XXXI.1 y XXXI.2) y 11 parajes simples (133-143). estas condiciones abióticas crecen principalmente al norte de la Sierra Mazateca y Cuicateca, así como en pequeños parches en la Sierra Mixe en clima cálido húmedo con un relieve montañoso, donde, el ángulo de inclinación dominante es fuerte - 20° a 30°-, sobre

estas condiciones abióticas crece vegetación de selva alta perennifolia, bosque mesófilo de montaña, pino-encino, áreas agrícolas y pastizal cultivado. El componente edáfico está representado por: Luvisoles, Leptosoles, Acrisoles y Regosoles.

5.2. Trabajos de campo

Como resultado de los trabajos de campo se obtuvo información de siete sitios representativos, donde, se verificó la correspondencia cartográfica de los paisajes físico-geográficos y los eventos de susceptibilidad. En este sentido, se corroboró la estructura vertical del paisaje -geoforma, pendiente, tipo de roca y suelo, así como el uso de suelo y vegetación.

El primer sitio se encuentra en el centro urbano de San Felipe Jalapa de Díaz, desde donde se puede observar la Sierra Mazateca que considera las localidades XVI y XXXI (Figura 11), conformada por montañas ligera a fuertemente disecionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por caliza y caliza-lutita de origen tectónico-kársticas (Figura 12). El clima en esta región varía entre semicálido húmedo y cálido húmedo diferenciadas altitudinalmente por un cambio de vegetación.

El punto de verificación dos valida la localidad IX en el paraje simple número 38 -que incluye la comunidad de Huautla de Jiménez-. La estructura vertical de este paisaje está conformada por montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente disecionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$) formadas por caliza y caliza-lutita en clima templado húmedo a subhúmedo, con pendientes fuertemente inclinadas (20° - 30°), bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria de bosques; de pino-encino y encino-pino, sobre Luvisol, Acrisol y Cambisol (Figura 13).



Figura 11. XVI) Montañas tectónico-kársticas en clima semicálido húmedo. XXXI) Montañas tectónico-kársticas en clima cálido húmedo.



Figura 12. Paraje simple 69 en la localidad XVI. Montañas tectónico-kársticas, formadas por caliza y caliza-lutita en clima semicálido húmedo.



Figura 13. Vista general de la localidad IX en el poblado de Huautla de Jiménez. Montañas tectónico-kársticas, en clima templado húmedo a subhúmedo.

El sitio tres pertenece a la localidad XI. Durante el recorrido, se pudo corroborar su correspondencia cartográfica. En este sentido, se identificó el paraje simple 46 (Figura 14) en montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas ($DV > 500 \text{ m/km}^2$), compuestas por cataclasita y metasedimentaria en clima templado húmedo a subhúmedo, en el que se desarrolla bosque de encino-pino y agricultura de temporal sobre suelos Cambisol y Luvisol.

El cuarto sitio no tuvo correspondencia cartográfica; por tal motivo, se realizó un cambio de geoforma a lomeríos, cómo se puede observar en la figura 15. Al verificar con las curvas de nivel, se identifica que son lomeríos ligeramente diseccionados ($41 < DV < 60 \text{ m/km}^2$) y medianamente inclinados (10° - 15°). Por otra parte, se corroboró que su litología corresponde a arenisca-conglomerado en clima semiárido semicálido a cálido y una vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico.

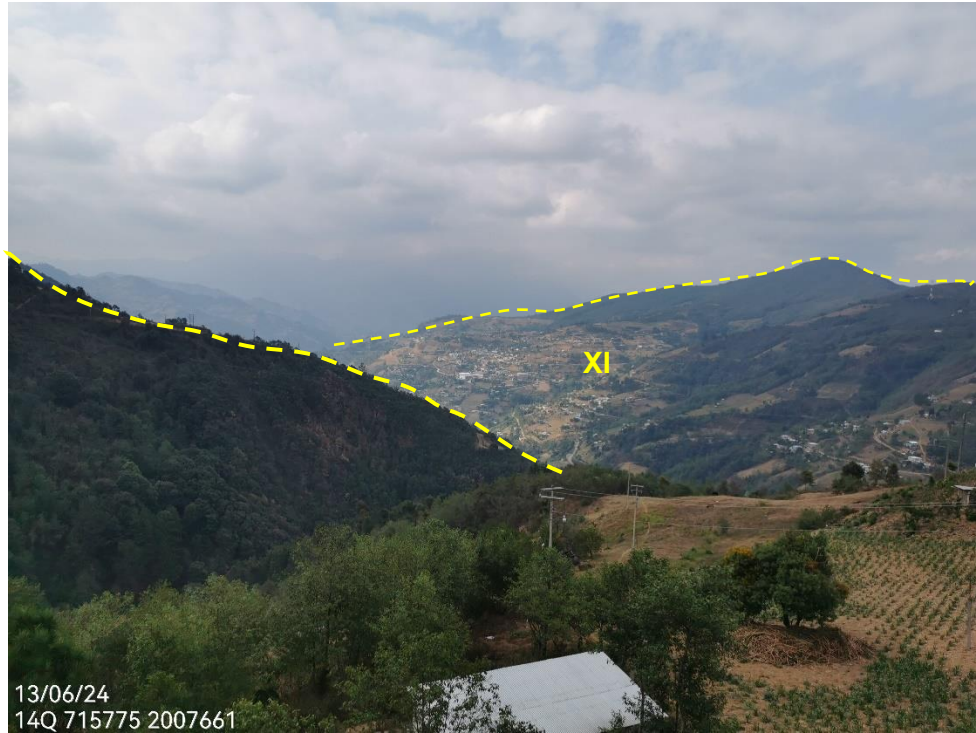


Figura 14. Paraje simple 46 en localidad XI. Montañas tectónicas en clima templado húmedo a subhúmedo, con agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino.



Figura 15. XLVIII) Lomeríos tectónico-acumulativos en clima semiárido semicálido.



Figura 16. LVI) Montañas fuertemente diseccionadas en clima árido cálido.

El quinto punto (Figura 16) valió la localidad LVI, montañas tectónicas fuertemente diseccionadas ($DV > 500 \text{ m/km}^2$), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima árido cálido, con vegetación de tipo selva, bosque y agricultura, sobre Luvisol y Cambisol.

El sexto sitio de control permitió corroborar la correspondencia espacial de la localidad XXII (Figura 17), en donde, se identificaron montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca, en clima semicálido subhúmedo, con vegetación de bosque de pino-encino, sobre Luvisoles, Cambisoles y Regosoles.

El último punto valida desde una vista panorámica (Figura 18) dos localidades: XXXI y XLI. En primer plano se puede observar la localidad XLI que tiene correspondencia cartográfica con un valle fluvial, formado por depósitos aluviales en clima cálido húmedo, en donde se lleva a cabo la agricultura de temporal sobre suelo Acrisol; mientras que en segundo plano se aprecia la localidad XXXI, que está integrada por montañas tectónico-kársticas formadas por caliza y caliza-lutita en clima cálido

húmedo, con selva alta perennifolia y agricultura de temporal sobre suelos de tipo Luvisol, Leptosol y Acrisol.



Figura 17. XXII) Montañas tectónico-acumulativas en clima semicálido subhúmedo.

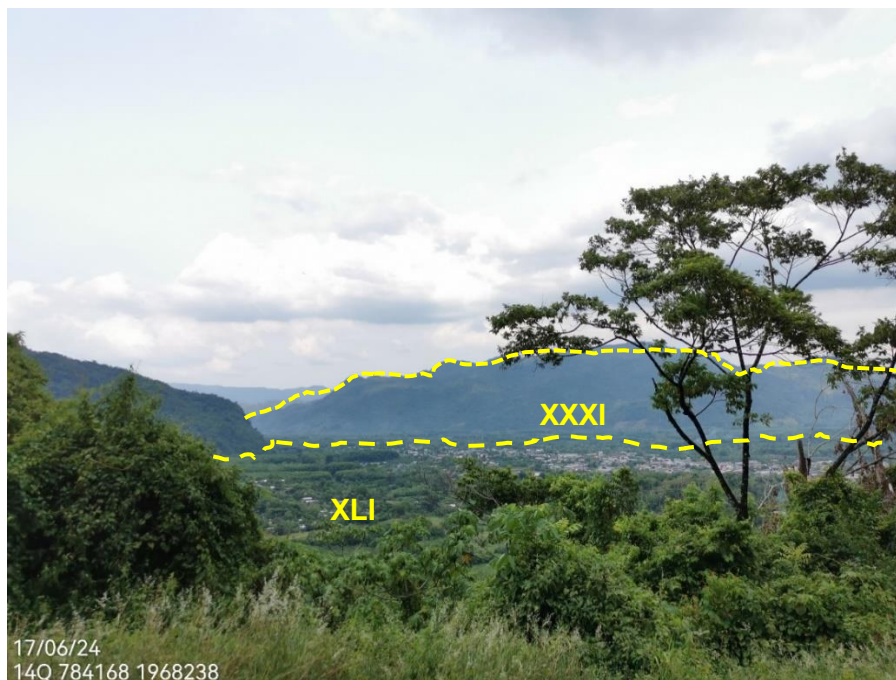


Figura 18. XLI) Valle fluvial y XXI) Montañas tectónico-kársticas ambos el clima cálido húmedo.

5.3. Evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos de los PFG

El análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en términos de superficie muestra una distribución desigual (Figura 23); en este sentido, predomina el nivel de susceptibilidad media con 37.36 % del área total, en contraste, el nivel muy bajo ocupa un 6.4% de la superficie (Tabla 13).

Tabla 13. Porcentajes de susceptibilidad a deslizamientos de laderas. Fuente: elaboración propia.

Nivel de susceptibilidad	Número de Localidades	Localidades representativas	Número de Parajes simples	Parajes simples representativos	Superficie	
					km ²	%
Muy alto	29	XI, XVII, XXII, XXXII	62	46, 74, 75, 93, 94, 108, 109, 145	1,785.85	11.00
Alto	41	VIII, IX, X, XVII, XXX, XXXI, XXXII	101	29, 37, 38, 41, 42, 45, 74, 75, 94, 104, 127, 135, 146	3,881.91	23.90
Medio	44	XI, XVII, XXX, XXXI, XXXII	139	38, 46, 60, 75, 127, 140, 146, 178	6,066.57	37.36
Bajo	44	VI, IX, XVI, XIX, XXIII, XXXI, XLII	127	20, 21, 33, 38, 39, 64, 75, 82, 87, 94, 99, 147, 148, 178, 180, 183	3,457.67	21.29
Muy bajo	22	VI, I	57	2, 21, 22, 38	1,047.88	6.45
Total					16,269.87	100

En la tabla 14 se muestra el predominio de los componentes del paisaje en cada nivel de susceptibilidad, continuación se describen las características de los geosistemas y la distribución de las 1,832 unidades de paisajes que los componen.

El nivel de susceptibilidad muy alta abarca una superficie de 1,785.85 km² y se componen de 225 unidades de paisaje donde predomina el origen tectónico. Esta categoría se ubica principalmente en el noroeste -Sierra Mazateca-, la zona central y hacia el noreste en menor superficie. El componente geólogo-geomorfológico de estos paisajes está compuesto por esquisto, metasedimentaria y cataclasita, donde, la pendiente se ubica en un rango de 20° a 30°, en clima semicálido húmedo, los suelos predominantes son de tipo: Luvisol, Cambisol y Umbrisol; sobre estos suelos se desarrolla actividad agrícola con vegetación secundaria arbórea de bosque y selva.

Este nivel de susceptibilidad se corroboró durante los recorridos de campo, donde, se observaron tres deslizamientos de tipo rotacional (Figura 19, 20 y 21) en el paraje simple 109 perteneciente a la localidad XXV. Este paraje simple se localiza en la comunidad de Llano Teotitlán y el Naranjo dentro de la Sierra Mazateca, este geosistema se caracteriza por tener pendientes entre los 20° y 30°, con actividades de agricultura de temporal en clima semicálido subhúmedo y suelos Umbrisoles.

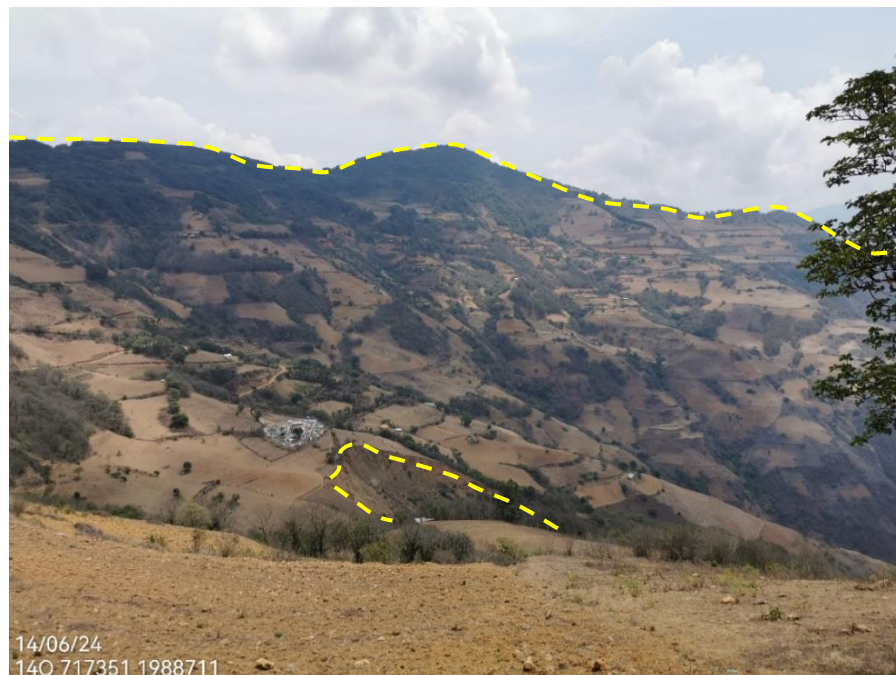


Figura 19. Deslizamiento rotacional en paraje simple 109 de localidad XXV. Montañas tectónicas en clima semicálido subhúmedo.



Figura 20. Deslizamiento rotacional en paraje simple 109 de localidad XXV. Montañas tectónicas en clima semicálido subhúmedo.



Figura 21. Deslizamiento rotacional en paraje simple 109 de localidad XXV. Montañas tectónicas en clima semicálido subhúmedo.

El nivel de susceptibilidad alta comprende una extensión de 3,881.91 km² y está constituido por 532 unidades de paisaje, donde, predomina el origen tectónico, tectónico-acumulativo y tectónico-kárstico. Esta categoría se ubica principalmente en el norte y centro de la zona de estudio, además colinda con los paisajes de nivel muy alto, algunos parches se localizan al noreste y sur de la SMO.

Los geosistemas con alta susceptibilidad se distinguen por manifestar fuertes niveles de inclinación (20° a 30°) en un relieve montañoso bajo condiciones climáticas que varían de templado húmedo a subhúmedo, la cobertura vegetal en estos paisajes se compone principalmente de vegetación secundaria arbórea de bosque y bosque no perturbado, el componente edáfico está representado por suelos de tipo Luvisoles, Cambisoles y Acrisoles, estos se desarrollan sobre esquisto, caliza y lutita-arenisca.

El nivel de susceptibilidad media abarca una superficie de 6,066.57 km² y se compone de 540 paisajes principalmente de origen tectónico, tectónico-kárstico y tectónico-acumulativo. Esta categoría se distribuye de manera dispersa hacia el norte, sureste y centro del área de estudio, y rodean las zonas de alta y muy alta susceptibilidad. Los paisajes de susceptibilidad media tienen un relieve montañoso formado por esquisto, caliza y limolita-arenisca, donde las pendientes presentan un rango que comprende 20° y 30°, en clima cálido húmedo, la vegetación está representada principalmente por vegetación secundaria arbórea de bosque y selva, bajo esta cobertura vegetal se encuentran suelos de tipo Luvisol, Regosol y Acrisol.

El nivel de susceptibilidad baja ocupa una superficie de 3,457.67 km² y comprende 396 paisajes de origen tectónico-kárstico, volcánico y volcánico-intrusivo principalmente. Esta categoría se localiza en forma de parches discontinuos, principalmente al noroeste, centro y sureste de la zona de estudio. Estos paisajes de baja susceptibilidad presentan un relieve montañoso compuesto por rocas de tipo caliza, andesita y granito con pendientes que oscilan entre 20° y 30°, bajo un clima que varía de templado húmedo a subhúmedo. La cubierta vegetal en estas zonas se compone de vegetación secundaria arbórea de bosque y selva. En cuanto a la edafología, predominan los suelos Leptosoles, Luvisoles y Acrisoles.

El nivel de susceptibilidad muy baja cubre una superficie de 1,047.87 km² y se ubican en 139 geosistemas donde predomina el origen volcánico. Esta categoría se distribuye en su mayoría hacia el suroeste y sureste del área de estudio, con presencia de pequeños parches en la zona central y norte. El componente geológico-geomorfológico de estos paisajes se distinguen por un relieve montañoso compuesto por rocas del tipo andesita, con pendientes entre 20° y 30°, bajo condiciones climáticas dominantes del tipo templado húmedo a subhúmedo. La cobertura vegetal en estos paisajes se compone principalmente de bosque y vegetación secundaria arbórea de bosque; en cuanto a los suelos, predominan el Acrisol, Leptosol y luvisol.

Tabla 14. Componentes predominantes de los PFG en cada una de las categorías de SDL. Fuente: elaboración propia.

Nivel de Susceptibilidad	Suelo %		Roca %		Pendiente %		Uso de suelo y vegetación %	
Muy Alta	Luvisol	67.44	Esquisto	42.00	Fuertemente inclinados (20°-30°)	52.66	Agricultura	37.76
Alta	Luvisol	42.34	Esquisto	34.00	Fuertemente inclinados (20°-30°)	60.59	VSA_BMM	15.61
Media	Luvisol	40.49	Esquisto	39.00	Fuertemente inclinados (20°-30°)	77.76	VSA_BP-E	19.12
Baja	Leptosol	30.38	Caliza	33.00	Fuertemente inclinados (20°-30°)	58.34	VSA_BP-E	18.96
Muy Baja	Acrisol	49.90	Andesita	66.00	Fuertemente inclinados (20°-30°)	62.71	BMM	15.41

Notas: VSA_BMM: Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña

VSA_BP-E: Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Pino-Encino

5.4. Análisis estadístico de correlación entre SDL y génesis del PFG

El análisis estadístico para corroborar la relación entre la SDL y la génesis del PFG reveló una desviación de la normalidad en los extremos de los datos en el gráfico cuantil-cuantil (Q-Q) (Figura 22); por tanto, se justifica el uso de una prueba no paramétrica para el análisis de la asociación.

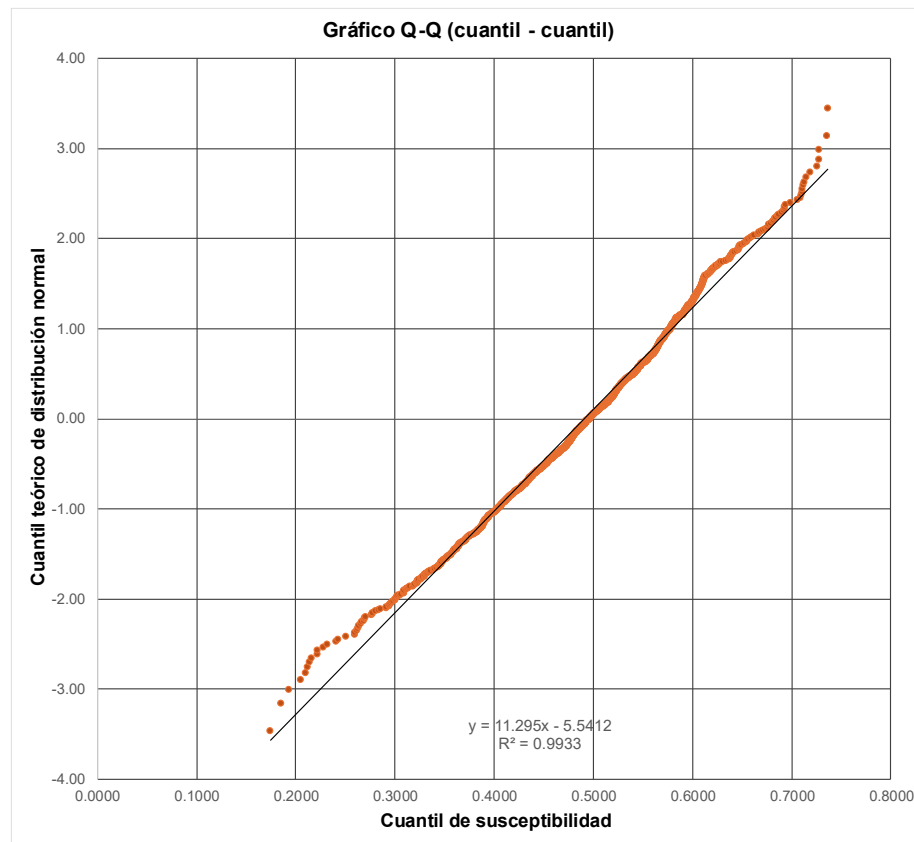


Figura 22. Gráfico de normalidad. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, la prueba Chí-cuadrado, a través del análisis comparativo entre las frecuencias observadas (Tabla 15) y esperadas (Tabla 16), obtuvo un valor de $p < 0.001$; por tanto, al ser menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

Estos resultados se corroboran en los patrones identificados en las tablas cruzadas, donde los paisajes tectónicos con susceptibilidad muy alta y alta registraron 151 y 255 eventos respectivamente, superiores a los deslizamientos esperados (83 y 196); en contraste, en el nivel muy bajo se observaron apenas cuatro frente a los 51 esperados.

Por otra parte, los PFG de origen volcánico registraron 87 y 91 casos en muy baja y baja susceptibilidad respectivamente, a diferencia de los 18 y 52 esperados; mientras que en los niveles muy altos y altos se observaron solo cuatro y 15 eventos contra 30 y 71 esperados. Lo anterior evidencia que los paisajes de origen tectónico son más propensos a deslizamientos en comparación con los geosistemas volcánicos.

Tabla 15. Frecuencias observadas. Fuente: elaboración propia.

Génesis	Índice de susceptibilidad					
	<i>Muy alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Muy bajo</i>	<i>Total general</i>
Tectónico	151	255	179	87	4	676
Tectónico-acumulativo	37	117	139	65	13	371
Tectónico-kárstico	27	107	116	97	23	370
Volcánico	4	15	48	91	87	245
Tectónico-intrusivo	3	30	53	49	8	143
Fluvio-torrencial	3	3	4	6	4	20
Fluvial	0	5	1	1	0	7
Total general	225	532	540	396	139	1832

Tabla 16. Frecuencias esperadas. Fuente: elaboración propia.

Génesis	Índice de susceptibilidad					
	<i>Muy alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Medio</i>	<i>Bajo</i>	<i>Muy bajo</i>	<i>Total general</i>
Tectónico	83.02	196.31	199.26	146.12	51.29	676
Tectónico-acumulativo	45.56	107.74	109.36	80.19	28.15	371
Tectónico-kárstico	45.44	107.45	109.06	79.98	28.07	370
Volcánico	30.09	71.15	72.22	52.96	18.59	245

Tectónico-intrusivo	17.56	41.53	42.15	30.91	10.85	143
Fluviotorrencial	2.46	5.81	5.90	4.32	1.52	20
Fluvial	0.86	2.03	2.06	1.51	0.53	7
Total general	225	532	540	396	139	1832

5.5. Exposición

De acuerdo con los datos obtenidos a escala 1:250,000 en la zona de estudio, se identificaron 38 centros de población con un total de 341, 466 habitantes distribuidos en diferentes niveles de susceptibilidad a deslizamientos de laderas (INEGI, 2021), como se menciona a continuación.

En el nivel alto de susceptibilidad se localiza 82.78% de habitantes la mayor parte de la población, es decir, 82.78% de los habitantes está expuesta a este proceso físico. Los centros de población afectados son: Eloxochitlán de Flores Magón en la Sierra Mazateca, Calpulalpan de Méndez e Ixtlán de Juárez, así como Oaxaca de Juárez en los Valles Centrales.

Por otro lado, el nivel muy alto de susceptibilidad tiene menor incidencia en la población, debido a que afecta 7.37% del total de los habitantes, donde destaca la comunidad de Huautla de Jiménez en la Sierra Mazateca, Teococuilco de Marcos Pérez y San Idelfonso Villa Alta en la Sierra Juárez.

En relación con el nivel medio, este comprende el 5.66% de la población, que se ubica en los siguientes centros urbanos: San Juan Bautista Jayacatlán en la región de Valles Centrales, Calpulalpan de Méndez en la Sierra Juárez y Tamazulapan del Espíritu Santo en la Sierra Mixe.

Por último, el nivel bajo de susceptibilidad afecta al menor porcentaje de la población - 4.19%-. En esta clase se encuentran los siguientes centros de población: San Miguel del Valle en la Sierra norte, Santa María Tlahuitolpec y Santiago Lachiguiri en la Sierra Mixe.

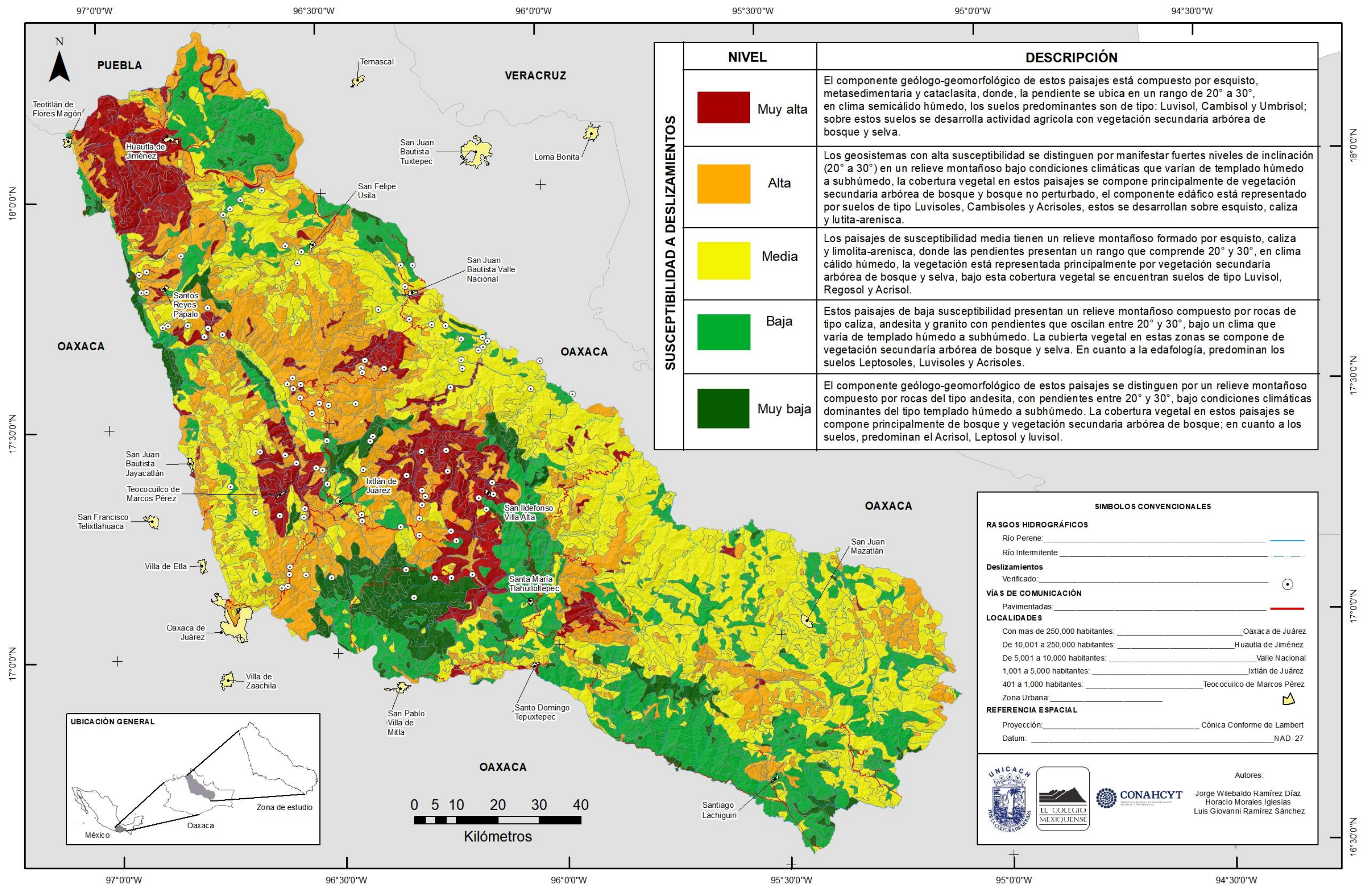


Figura 23. Susceptibilidad a deslizamiento de laderas de los paisajes físico-geográficos de la Sierra Madre de Oaxaca. Fuente: Elaboración propia.

5.6. Discusión

La complejidad geomorfológica del estado de Oaxaca originada por la dinámica geológica del Proterozoico (Hernández-Santana et al., 2017), ha dado lugar a una notable heterogeneidad de los PFG en la SMO. Esta diversidad paisajista es el resultado de diversos factores genéticos, donde el componente geólogo-geomorfológico actúa como principal agente diferenciador mediante procesos tectónicos, tectónico-acumulativos y volcánicos que determinan la estructura del geosistema.

Por otro lado, la combinación de los procesos genéticos de la SMO y la vecindad que tiene con el Golfo de México ha generado una diversidad de pisos bioclimáticos; esta condición se hace notar en los geosistemas de barlovento, donde predomina un componente climático cálido húmedo que favorece el desarrollo de bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia; en contraste, en los paisajes de sotavento, prevalecen climas cálidos subhúmedos, templados y áridos, lo que propicia la presencia de bosques de pino y encino, así como matorrales, lo cual establece una notable diferenciación espacial entre los PFG.

Por otra parte, bajo un análisis comparativo de los paisajes con vecindad al mar entre la SMO y la Sierra Sur se aprecia una mayor complejidad de la primera; en este sentido, la Sierra Sur presenta 50 tipos de geosistemas que responden a tres condiciones genéticas: tectónica, tectónico-acumulativa y tectónico-intrusiva (Onofre-Villalba et al., 2023); mientras que la SMO alberga 111 PFG, cuya génesis además de las anteriores incluye el origen volcánico y tectónico-kárstico.

Respecto a los resultados obtenidos de la evaluación, destacan los paisajes que están conformados por esquistos, suelos de tipo Luvisoles, pendientes superiores a 30° y con uso de suelo agrícola como los más susceptibles a la inestabilidad de laderas. En este sentido, los esquistos al tener una estructura foliada facilitan la penetración de agua; por su parte, los Luvisoles poseen una alta capacidad de retención de agua debido al elevado contenido de arcilla (INEGI, 2014); mientras que las laderas con más de 30° implican una alta energía del relieve (Borja-Baeza y Alcántara-Ayala, 2004); y el uso de

suelo agrícola permite el impacto directo de la lluvia al suelo, debido a la ausencia de cobertura arbórea (Castro-Mendoza, 2013).

Por otra parte, el enfoque geoecológico permitió comprender que la SDL de la SMO es el resultado de la interacción sistémica entre sus componentes, inherente a su carga genética (Ortiz-Pérez, 2010), donde cada uno de ellos amplifica o mitiga el efecto entre estos. Lo anterior evidencia que la ocurrencia de deslizamientos representa una ruptura en el equilibrio estructuro-funcional en los geosistemas, situación en la cual se altera el intercambio de materia y energía entre paisajes emisores y receptores.

Lo anterior también se observó en la cuenca del arroyo Sabinal en Tuxtla Gutiérrez Chiapas (Decos-Pérez, 2024), donde, a pesar de la diferencia de escala, ambos estudios coinciden relativamente sobre la relación entre la génesis de los PFG y la susceptibilidad a deslizamientos; sin embargo, el uso de suelo es un factor clave para la manifestación del fenómeno.

La relación anterior es corroborada tanto por el rechazo de la hipótesis nula (H_0) de la prueba Chi-cuadrada como por un estudio realizado por el INEGI (2017), donde un inventario de 95 sitios que registran la ocurrencia del fenómeno, 55 de ellos se ubican en paisajes de muy alta a alta susceptibilidad.

Además, es importante destacar que la SDL en la SMO no es un proceso únicamente natural; también se genera por la modificación de los PFG. Lo anterior se evidencia en la concentración del 90.15% de la población total en zonas de alta y muy alta susceptibilidad, donde el tipo de suelo ha permitido el desarrollo de la agricultura y, por tanto, la ocupación territorial en espacios geomorfológicamente inestables, particularmente en la Sierra Mazateca.

En este sentido, esta investigación corroboró, tal como lo mencionan Pacheco et al. (2023) y Chen et al. (2019) que la modificación de la cobertura vegetal por actividades antrópicas es el componente del paisaje que modifica las condiciones de equilibrio original de la estructura de los geosistemas y transforma a los paisajes en espacios de riesgo socialmente contruidos. Esta condición resalta la importancia de implementar estrategias de gestión de riesgos y planificación territorial que consideren la capacidad y limitantes naturales de cada geosistema en la Sierra Madre de Oaxaca.

6. CONCLUSIONES

Bajo el enfoque de la Geoecología y la Geografía Física Compleja, con su visión integral, multiescalar e interdisciplinaria, la presente investigación estableció una diferenciación espacial objetiva de la SMO; además, permitió comprender la interacción sistémica que existe entre la génesis de los paisajes y las condiciones geográficas a nivel regional como son la orientación del eje orográfico con la vecindad con el Golfo de México y el interior del continente.

La metodología empleada permitió caracterizar la estructura taxonómica de los geocomplejos que integran la SMO, donde a nivel de clase existe seis tipos, seguidos por 14 subclases, que a su vez se subdividen en 57 localidades, 67 parajes complejos y 224 parajes simples; cuya génesis corresponde principalmente a procesos tectónicos, tectónico-acumulativos y tectónico-kársticos.

La SMO tiene una alta SDL; esta condición se refleja en la distribución de la susceptibilidad donde los factores condicionantes interactúan sistémicamente - 37.6 % en nivel medio y 34.90% en niveles de muy alta y alta-. La similitud entre estos valores muestra un equilibrio entre ambas categorías y advierte que, de continuar con la modificación de la cobertura vegetal, gran parte del territorio de la Sierra Madre de Oaxaca iniciará la ruptura del equilibrio estructuro-funcional de los geosistemas y quedará expuesto a una mayor ocurrencia de deslizamientos.

Los resultados identificaron que predomina el nivel medio de susceptibilidad y se localiza en zona de barlovento, influenciado por la humedad; por otra parte, la susceptibilidad muy alta se concentra principalmente hacia el interior del sistema montañoso específicamente en la Sierra Mazateca, donde prevalecen paisajes antropo-naturales con agricultura de temporal.

Este escenario y la aplicación de la prueba Chi-cuadrada permitió corroborar la hipótesis de trabajo, donde se hace mención que la SDL está relacionada con la génesis del paisaje, además de determinar que la modificación de la cobertura vegetal que transforma paisajes naturales en antropo-naturales es el principal factor condicionante que detona el incremento de deslizamientos y demuestra la sensible

interacción sistémica entre la sociedad y el equilibrio de los geosistemas en la construcción social del riesgo.

El análisis de exposición indica que el 90.15 % de la población que habita la SMO se localiza en paisajes con niveles de susceptibilidad alta y muy alta. Ante esta situación crítica resultado de una falta de planificación del territorio resulta necesario profundizar el análisis en una escala más detallada para evaluar con mayor precisión la vulnerabilidad, el peligro y riesgo en estos paisajes de acuerdo con sus capacidades y limitantes de cada geosistema.

Un área de oportunidad para fortalecer esta investigación en un futuro consiste en la incorporación de un análisis de la concentración de precipitación en los geocomplejos bajo un escenario de riesgo, de tal manera que permita discernir aún más las variaciones espaciales de la SDL.

Finalmente, el enfoque geoecológico holístico y la metodología heurística empleada demostró ser efectiva para evaluar la SDL al definir de manera clara y objetiva la estructura taxonómica de los geosistemas, esta perspectiva integral permitió identificar de manera correcta y fácil las unidades geográficas, de tal manera que la aplicación de este enfoque constituye una herramienta sólida para la gestión de riesgos de desastres y toma de decisiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alanis, R.M. (2022). Modelo de susceptibilidad a inestabilidad de laderas para la identificación de municipios con difícil acceso a servicios de emergencia. Subcuenca Copalita, Oaxaca, México. *Geographicalia* 74, 59 – 82. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2022746082.
- Alcántara-Ayala, I. (1999). Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. *Investigaciones geográficas*, 41, 8-25.
- Alcántara-Ayala, I. (2008). Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional. *Investigaciones geográficas*, 66, 47-64.
- Ayala, R.I., Dal, F. y Sánchez, D.I. (2015). Zonificación de la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa. Microcuencas Agua Blanca y La Laja. Andes venezolanos. *Revista Geográfica Venezolana*, 56 (2), 221 - 247.
- Bastida, J.R. y Bustos, X. (2018). Aplicación de modelo de susceptibilidad a deslizamientos superficiales e índices de erosión en la cuenca del río Mamo y subcuenca El Tigre. Estado Vargas. Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, 55, 257 - 280.
- Batllore-Sampedro, E., González-Piedra, J.I., Díaz-Sosa, J. y Febles-Patrón, J.L. (2006). Caracterización hidrológica de la región costera noroccidental del estado de Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas*, 59, 74 - 92.
- Becerra, C. y De Rurane, J. (2018). Modelo de susceptibilidad a procesos de remociones en masa en rutas cordilleranas de Chile Central: Ruta 115 CH, Paso Pehuenche, Región del Maule. *Investigaciones Geográficas* 55, 89 – 110. DOI: 10.5354/0719-5370.2018.50799.
- Bernabeu, M. y Díez, J.A. (2014). Metodologías de análisis de riesgos en inestabilidad de laderas (Estado del arte). *Revista Digital Del Cedex* 175, 17 - 26. <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/396>.
- Betancourt, A. y Castro, A. (2018). Evaluación de susceptibilidad a deslizamientos mediante redes neuronales en la avenida Simón Bolívar. *Ciencias de la tierra y la construcción*, 13 (1), 1 - 4.
- Bollo, M. y Hernández, J.R. (2008). Paisajes físico-geográficos del noroeste del estado de Chiapas, México. *Investigaciones Geográficas*, 66, 7 - 24.
- Bollo, M. y Martínez, A. (2023). El paisaje. Una mirada a través del análisis espacial. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://publicaciones.ciga.unam.mx/index.php/ec/>.
- Bollo, M. y Velasco, W. E. (2018). El Estado del Medio Ambiente en Michoacán de Ocampo. México. *Cuadernos Geográficos* 57(3), 118-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i3.6504>.

Bollo, M., Martínez, A. y Martín, G. (2020). Los paisajes antropogénicos del municipio Morelia, Michoacán de Ocampo - México. Cuadernos de geografía, 32 (1), 50 - 69. DOI: 10.15446/rcdg.v32n1.92063.

Borja-Baeza, R.C. y Alcántara-Ayala, I. (2004). Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla, Puebla. Investigaciones Geográficas 53, 7-26.

Borja-Baeza, R.C. y Alcántara-Ayala, I. (2010). Susceptibility to mass movement processes in the municipality of Tlatlauquitepec, Sierra Norte de Puebla. Investigaciones Geográficas, 73, 7-21.

Capra, L., Lugo-Hubp, J. y Zamorano-Orozco, J. J. (2006). La importancia de la geología en el estudio de los procesos de remoción en masa: el caso de Totomoxtla, Sierra Norte de Puebla, México. Boletín de la sociedad geológica mexicana 2, 205-214.

Carbajal, J.C., Hernández, J.R. y Bollo, M. (2010). Paisajes físico-geográficos del Circuito Turístico Chilpancingo-Azul, estado de Guerrero, México. Investigaciones Geográficas, 73, 71 - 85.

Carrera, A. (28 de septiembre de 2018). En riesgo 21 comunidades de Oaxaca por inestabilidad de laderas. El Imparcial. <https://imparcialoaxaca.mx/la-capital/224291/en-riesgo-21-comunidades-de-oaxaca-por-inestabilidad-de-laderas/>

Castellanos-Abella, E.A., y Van Westen, C.J. (2007). Qualitative landslide susceptibility assessment by multicriteria analysis: A case study from San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba. Geomorphology, 94, 453 - 466.

Castro-Mendoza, I. (2014). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. Ingeniería hidráulica y ambiental 34 (2), 3 – 16.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2023). Análisis del contenido de declaratorias de desastres por movimiento de laderas en el estado de Oaxaca [Conjunto de datos]. CENAPRED.

Clague, J.J., y Roberts, N.J. (2012). Landslide hazard and risk. In J. Clague & D. Stead (Eds.), Landslides: Types, Mechanisms and Modeling (pp. 1-9). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511740367.002.

Corina, M., Vilorio, J. y Vilorio, J. (2012). Aplicación de regresión logística y redes bayesianas para evaluar susceptibilidad a deslizamientos en montañas. Suelos Ecuatoriales, 42 (1), 23- 27.

Corominas, J., Van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.P., Fotopoulou, S., Catani, F., Van Den Eeckhaut, M., Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitilakis, K., Winter, M.G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J. y Smith, J.T. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk, Bull Eng Geol Environ 73, 209 – 263. DOI 10.1007/s10064-013-0538-8.

Cruz-Peralta, M.A. y Ramírez-Sánchez, L. G. (2023). Antropización del Paisaje de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. *PuntoCuNorte*, 16, 13-42.

Cuanelo, O.A., Oliva, A.O. y Gallardo, R. (2011). Inestabilidad de laderas Influencia de la actividad humana. *Elementos* 84, 39 – 46. <https://www.researchgate.net/publication/271531326>.

Cueto, C.J., Estévez, E. y Ordaz, A. (2019). Zonificación de la susceptibilidad a los deslizamientos en la Cordillera de Guaniguanico, Cuba. Un aporte al ordenamiento del territorio. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 39 (1), 11 - 38. <http://dx.doi.org/10.5209/AGUC.64675>.

Dhungana, G., Ghimire, R., Poudel, R. y Kumal, S. (2023). Landslide susceptibility and risk analysis in Benighat Rural Municipality, Dhading, Nepal. *Natural Hazards Research*, 3, 170 - 185. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.03.006>

Domínguez, L. y De León, D. (2021). Comunidades amenazadas por deslizamiento de laderas. *Ciencia* 72 (4), 27 - 37.

Efiong, J., Imoke, D., Nwabueze, J. y James, S. (2021). Geospatial modelling of landslide susceptibility in Cross River State of Nigeria. *Scientific African*, 14, 1 - 14. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01032>.

Elizalde, G. y Daza, M. (2000). Evaluación de amenazas de movimientos en masa en paisajes montañosos: ejemplos en el estado Vargas (Venezuela). *Venesuelos*, 8 (1 y 2), 29 – 42.

Espinoza, A. (2013). Paisajes Antropo-naturales en Tzintzuntzan y sus alrededores [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México].

Espinoza, A. y Bollo, M. (2017). La Cartografía de las Unidades Inferiores de la Regionalización Físico-Geográfica (RFG) de Michoacán. *Terra Digitalis* 1, 1-10. DOI: 10.22201/igg.terradigitalis.2017.1.4.69.

Estrada Porcayo, Aranelly Wendolyne; Ramírez Sánchez, Luis Giovanni y Chávez Alvarado, Rosalía. (2023). Clasificación de los paisajes físico-geográficos de la Unidad de Gestión Ambiental 33, Quintana Roo, México a escala 1:50,000. *Estudios Geográficos*, 84 (294), e130. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2023136.136>.

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf.

Flores, A.D. y Priego, A.G. (2011). Zonificación funcional ecoturística de la zona costera de Michoacán, México a escala 1:250,000. *Revista Geográfica de América Central, Especial EGAL*, 1- 15.

Flores, P. y Alcántara, I. (2011). Susceptibility to shallow landslides of soil in the municipality of Temoaya, Mexico: multicriteria analysis1. *Investigaciones Geográficas*, 77, 31 – 47.

Flores-Tapia, C.E. y Flores-Cevallos, K.L. (2023). Pruebas de bondad de ajuste Kolmogórov-Smirnov y Ji-cuadrada aplicadas a la toma de decisiones empresariales. *Yachana*, 12 (2), 113 - 127.

Franch-Pardo, I., Priego-Santander, Á.G., Bollo-Manent, M., Cancer-Pomar, L. y Bautista-Zúñiga, F. (2015). Aplicación de los paisajes físico-geográficos en un sector de la cordillera ibérica: la cuenca del río Martín. *Interciencia*, 40 (6), 381 - 389.

Fulki, M., Luqmanul, W., Panahi, M., Rezaie, F., Lee, C. Y Lee, S. (2022). Mapping of landslide potential in Pyeongchang-gun, South Korea, using machine learning meta-based optimization algorithms. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 25, 463 – 472.

FundéuRAE. Susceptible. En buscador urgente de dudas. Consulta: 09 de noviembre de 2023, de <https://www.fundeu.es/recomendacion/susceptible-capaz-vulnerable/>

Galindo, J.A. y Alcántara, I. (2014). Inestabilidad de laderas e infraestructura vial: análisis de susceptibilidad en la Sierra Nororiental de Puebla, México. *Investigaciones Geográficas*, 88, 122- 145. [dx.doi.org/10.14350/rig.43790](https://doi.org/10.14350/rig.43790)

García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (1998). Climas (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1,000,000.

México.http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/clima/climas/clima1mgw.

García, O. (15 de septiembre de 2020). Suman 7 fallecidos por lluvias en Oaxaca. *Quadratin*. <https://oaxaca.quadratin.com.mx/suman-7-fallecidos-por-lluvias-en-oaxaca/>

García-Cruz, L. y Medrano-Pérez, O.R. (2021). Identificación de áreas susceptibles a movimientos de ladera usando sistemas de información geográfica en Tabasco, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29 (83), 1 - 20. <https://orcid.org/0000-0002-5445-1136>

Goldstein, I., Rojas, J., Pulido, N. y Molina, Z. (2012). Sustentabilidad de los paisajes andinos de Venezuela. *Emergencias territoriales prioritarias en la conservación del agua. Revista Geográfica Venezolana*, 53 (2), 213- 238.

Gómez, V., Legorreta, G. y Aceves, J. (2019). Evaluación de la susceptibilidad de deslizamientos en el río El Estado, Puebla-Veracruz, México. *Revista Geográfica*, 160, 129 - 148.

Guenni, L., Degryze, E. y Alvarado, Katiushka (2008). Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. *Revista Colombiana de Estadística*, 31 (1), 41 - 65.

Guerrero, C.J. (2007). Análisis geológico-estructural de los deslizamientos de laderas en el municipio de Ixpantepec Nieves, Silacayoapan, Oaxaca. *Temas de ciencia y tecnología* 11 (31), 9 - 20.

Hasali, H., Rangali, R.S.S., Deshapriya, N.L. y Samarakoon, L. (2017). Landslide susceptibility mapping using logistic regression model (a case study in Badulla District, Sri Lanka). *Procedia Engineering*, 212, 1046 - 1053.

Hasdenteufel, P., Mateo, J.M., Baume, O. y Torres, R.J. (2008). La Geoecología como herramienta para la gestión ambiental - Estudio de caso de la cuenca hidrográfica superficial del río Quibú, Provincia Ciudad de La Habana, Cuba. *Revista Universitaria de Geografía*, 17, 309 - 329.

Hernandez, J.R., Ortiz, M.A. y Mah, M. (2008). Análisis morfoestructural del estado de Oaxaca, México: un enfoque de clasificación tipológica del relieve. *Investigaciones Geográficas*, 68, 7 - 24.

Hernández-Trejo, H., Priego-Santander, A.G., López-Portillo, J.A. y Isunza-Vera, E. (2006). Los paisajes físico-geográficos de los manglares de la laguna de la Mancha, Veracruz, México. *Interciencia*, 31 (3), 211 - 219.

Highland, L.M. y Bobrowsky, P. (2008). Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes. Servicio Geológico de Estados Unidos, Editorial USGS.

Holguín-Aranda, G. y Guillemes, A. (2022). Los modelos de estimación de riesgo de desastres y la clasificación de sus niveles de riesgo. *South Sustainability*, 3 (1), 47 – 54. DOI: 10.21142/SS-0301-2022-e051.

Hong, H., Xu, C. y Tien, D. (2015). Landslide susceptibility Assessment at the Xiushui Area (China) Using Frequency Ratio Model. *Procedia Earth and Planetary Science*, 15, 513 - 517.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Análisis del contenido de resultado de censo de población [Conjunto de datos]. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E15-10. Escala 1:250,000. Serie I. Juchitán (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E14-9. Escala 1:250,000. Serie I. Oaxaca (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E14-6. Escala 1:250,000. Serie I. Orizaba (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E14-3. Escala 1:250,000. Serie I. Veracruz (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E14-12. Escala 1:250,000. Serie I. Zaachila (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1985). Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales E15-7. Escala 1:250,000. Serie I. Minatitlan (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250,000 Serie II. (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Mapa de Susceptibilidad del Fenómeno de Movimiento en Masa, Sierra Juárez, Oaxaca [Mapa]. 1:250,000. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Conjunto de Datos Vectoriales de Topografía. Escala 1:250,000. Entidad Federativa, Oaxaca (inegi.org.mx).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie VII (continuo nacional), (inegi.org.mx).

Jiménez, C. (12 de julio de 2020). Mueren dos ancianos en Huautla por deslave sobre su casa; trabajan para recuperar los cuerpos. El Universal. <https://oaxaca.eluniversal.com.mx/municipios/12-07-2020/mueren-dos-ancianos-en-huautla-por-deslave-sobre-su-casa-trabajan-para>

Khan, H., Shafique, M., Khan, M.A., Bacha, M.A., Shah, S.U. y Calligaris, CH. (2019). Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 22, 11 -24. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.03.004>.

Khezri, S. (2011). Landslide susceptibility in the Zab Basin, northwest of Iran. Procedia Social and Behavioral Sciences, 19, 726- 731.

Kipkeeva P.A., Volosukhin Y.V., Ivankova, T.V., Potapenko, Y.Y. y Shubayeva N.V. (2018). Landscape and Geoecological Analysis of Small River Basins Within Nature Protection of Mountain Territories. Advances in Engineering Research, 177, 26 - 31.

Kuznetsova, T.I., Bychkov, I.V., Batuev, A.R., Plyusnin, V.M., Ruzhnikov, G.M. y Khmel'nov, A.E. (2011). Structural-typological characteristics and ecological potential of the Baikal region's geosystems. Geography and Natural Resources 32 (4), 315 – 322.

Lavell, A., M. Oppenheimer, C. Diop, J. Hess, R. Lempert, J. Li, R. Muir-Wood, and S. Myeong, (2012). Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. En: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 25-64.

Lavrinenko, I.A. (2012). Landscape Diversity of Specially Protected Natural Territories of Nenets Autonomous Okrug. Geography and Natural Resources, 33 (1), 37- 44.

- Leonardi, G., Palamara, R. y Cirianni, F. (2016). Landslide Susceptibility Mapping Using a Fuzzy Approach. *Procedia Engineering*, 161, 380 - 387.
- Lepeska, T. (2013). Hydric potential of selected river basins in Slovakia. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 13, 201- 209.
- Londoño-Linares, J.P. (2017). Landslides susceptibility assessment using discriminant analysis. Application on a regional scale. *DYNA* 84 (201), 278-289.
- López-Pérez, A., Colín-García, G., Martínez-Cruz, T. E. y Manuel-Andrés, J. (2022). Mapeo del índice de estabilidad y de saturación del suelo en la cuenca del río Huehuetán, Chiapas, mediante el modelo SINMAP. *Investigaciones Geográficas* 94, 37 – 48. DOI: [dx.doi.org/10.14350/rig.57318](https://doi.org/10.14350/rig.57318).
- Manosso, F.C. y De Nóbrega, M.T. (2016). Calculation of Geodiversity from Landscape Units of the Cadeado Range Region in Paraná, Brazil. *Geoheritage*, 8, 189 - 199.
- Maria Fernanda Onofre Villalva, Iván Franch-Pardo, Pedro Sergio Urquijo Torres & Cloé Pérez-Valladares (2023) Landscape and bioclimatic regionalization of the coast of Oaxaca (México), *Journal of Maps*, 19:1, 2245405, DOI: 10.1080/17445647.2023.2245405
- Marín, R.J. y Jaramillo-González, R. (2021). Análisis de susceptibilidad a deslizamientos con el modelo Scoops3D en un terreno montañoso tropical. *Ingeniería y Ciencia*, 17 (33), 71 - 96. doi:10.17230/ingciencia.17.33.4
- Martínez, A. (2018). Zonificación Geoecológica, un criterio para la interpretación y el análisis espacial del paisaje urbano de la ciudad de morelia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 73, 343 - 367. DOI: 10.21138/bage.2421.
- Mateja, N.T., Neven, N.B., Ivankova, T.V., Ivan, V.D. y Dino, I.Z. (2018). Physical geographical analysis and geoecological assessment of potential protected area – the example of the Kupčina river valley, Zagreb County, Croatia. *Hrvatski geografski glasnik*, 80 (1), 27 - 59.
- Mateo, J.M. (2000). *Geoecología de los paisajes: bases para la planificación y la gestión ambiental*. La Habana.
- Mateo, J.M. (2007). *Geografía de los paisajes, primera parte: paisajes naturales*. Ministerio de educación superior, Universidad de la Habana.
- Mateo, J.M. y Da Silva, E.V. (2007). La Geoecología del paisaje, como fundamento para el análisis ambiental. *Revista electrónica do prodema*, 1 (1), 77 – 98.
- Mateo, J.M., Da Silva, E. y Figueiro, A.S. (2019). La Geoecología de los paisajes como base teórico-metodológica para incorporar la dimensión tecnológica a la temática ambiental. *Desenvolv. Meio Ambiente* 51, 84 – 103.

Mora, S. y Vahrson, W.G. (1994). Macrozonation methodology for landslide hazard determination. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists* 31 (1), 49-58. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.xxxi.1.49>.

Morales, H., Priego, A.G. y Bollo, M. (2017). Los paisajes físico-geográficos del estado de Chiapas, México a escala 1:250,000. *Terra digitalis* 1, 1 - 7.

Morales-Iglesias, H., Priego-Santander, A. G., Bollo-Manent, M. y Ríos, M. J. (2019). La antropización de la cobertura vegetal en los paisajes del estado de Chiapas, México. *Papeles de Geografía*, (65), 139–154.

Muñiz, 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]. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000717214>.

Muradyan, V.S. y Asmaryan, Sh.G. (2015). Applying landscape-ecological concept and GIS modelling for assessing and mapping of ecological situation of mountainous landscapes (on the case of Syunik marz, Armenia). *Geocarto International* 30 (10), 1077-1091, DOI: 10.1080/10106049.2015.1013065.

Ortiz-Rivera, A. y Fuentes-Junco, J.J.A. (2020). Estimación del impacto potencial de la contaminación difusa por métodos simplificados en el Área de Protección de Flora y Fauna, Pico de Tancítaro, Michoacán, México. *Revista geográfica de América Central*, 65 (2), 207 - 238. Doi: <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.8>

Pablo, M.A., y Hernández, J.R. (2016). Evaluación de la aptitud natural de los paisajes físico-geográficos en la cuenca del río Grande, Oaxaca, México *Investigaciones Geográficas* 91, 7 - 24. [dx.doi.org/10.14350/rig.49203](https://doi.org/10.14350/rig.49203).

Padilla, L.S. y Azevedo, D. (2019). La ciudad puerto de salina cruz, méxico: escenarios de vulnerabilidad socioambiental. *Geo UERJ*, 1 – 30. doi: 10.12957/geouerj.2019.40477.

Paz, J.A., Gonzalez, R., Gomez, M. y Velasco, 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*, 92, 128 - 143. [dx.doi.org/10.14350/rig.52822](https://doi.org/10.14350/rig.52822)

Pineda, M.C. (2008). Determinación de áreas susceptibles a movimiento en masa y erosión laminar en unidades de paisaje de la subcuenca de río Caramacate, localizada en la cuenta alta del río Guárico. [Trabajo de ascenso, Universidad Central de Venezuela]. 10.13140/2.1.5190.8167

Pineda, M.C., Elizalde, G. y Vilorio, J. (2011). Determinación de áreas susceptibles a deslizamientos en un sector de la Cordillera de la Costa Central de Venezuela. *Interciencia*, 36 (5), 370 – 377.

Popescu, M.E. (2002). Landslide causal factor and landslide remedial options. Proceedings 3rd international conference on landslide, slope stability and safety of infrastructures. Illinois Institute of Technology, Chicago.

Pourghasemi, H.R., Teimoori Yansari, Z., Panagos, P. y Pradhan, B. (2018). Analysis and evaluation of landslide susceptibility: a review on articles published during 2005-2016 (periods of 2005–2012 and 2013–2016). *Arabian Journal of Geosciences*, 11 (193), 1 – 12. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3531-5>

Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M. y Garrido A. (2010). Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes. *Planeación Territorial*.

Priego, A.G. y Esteve, M. A. (2017). Análisis de la complejidad y heterogeneidad de los paisajes de México. *Papeles de Geografía* 63, 7-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/geografia/2017/259991>.

Priego, A.G., Morales, H. y Enríquez, C. (2004). Paisajes físico-geográficos de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta ecológica*, 71, 11 - 22.

Priego, A.G., Moreno, P., Palacio, J.L., López, J. y Geissert, D. (2003). Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas*, 52, 31 - 52.

Priego, A.G., Palacio, J.L., Moreno, P., López, J. y Geissert, D. (2004). Heterogeneidad del paisaje y riqueza de flora: su relación en el archipiélago de Camagüey, Cuba. *Interciencia*, 29 (3), 138 - 144.

Quesada, A. y Barrantes, G. (2017). Modelo morfométrico para determinar áreas susceptibles a procesos de ladera. *Investigaciones Geográficas*, 94, 37 - 48. dx.doi.org/10.14350/ig.57318.

Ramírez-Ríos, A. y Polack-Peña, A. M. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la ciencia*, 10 (19), 191-208. DOI: <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.597>

Ramírez-Sánchez, L. G., Priego-Santander, A. G., Bollo, 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 Tzurumútar, Michoacán, Mexico, *Journal of Maps*, 15 (2), 278-282, DOI: 10.1080/17445647.2019.1591311.

Ramón, A.M., y Bollo, M. (2023). El índice de antropización de la cubierta vegetal como medida de la antropización de áreas naturales protegidas: Caso Pico Azul-La Escalera, México. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)* 57 (2), 1 - 25. <https://doi.org/10.15359/rca.57-2.4>.

Redacción. (25 de agosto de 2011). Reubicarán poblados de Oaxaca por lluvias. <https://www.jornada.com.mx/2011/08/25/estados/030n1est>

Roa, J.G. (2007). Estimación de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, 42 (2), 183- 219.

Roccati, A., Paliaga, G., Luino, F., Faccini, F. y Turconi, L. (2021). GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for Land Use Planning and Risk Assessment. *Land* 10 (162), 1 – 28. <https://doi.org/10.3390/land10020162>.

Rodríguez, J.M. (2020). El paisaje geográfico en la gestión del riesgo de desastres. *Aportes y limitaciones. Revista de El Colegio de San Luis*, 21, 1 - 28.

Rossi, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Mondini, A. C., & Peruccacci, S. (2010). Optimal landslide susceptibility zonation based on multiple forecasts. *Geomorphology*, 114(3), 129_142. doi:10.1016/j.geomorph.2009.06.02010.1016/j.geomorph.2009.06.020

Ruiz, R. y Bollo, M. (2018). Regionalización Físico-Geográfica (RFG) de Jalisco, México a escala 1:500,000. *Terra Digitalis* 2, 1- 12.

Salcedo, D., Padilla, O., Morales, B. y Theofilos, T. (2017). Evaluación de susceptibilidad a deslizamientos mediante lógica fuzzy y técnicas de evaluación multicriterio en la avenida simón bolívar, quito. *Revista GEOESPACIAL*, 14 (2), 1 - 20.

Salinas, E., Acevedo, P., Gonzalez, R., Montiel, S. y Remond, R. (2006). Los peligros naturales en el contexto de los programas estatales de ordenamiento del territorio: caso de estudio Estado de Baja California Sur, México. *Entorno Geográfico*, 53 - 71.

Salinas, E., Mirandola, P., De Souza, M.H y Garcia, L. (2019). El estudio de los paisajes como fundamento para la evaluación del potencial turístico del municipio Paranaíba, ms, Brasil. *Gran Tour: Revista de Investigaciones Turísticas*, 19, 79 - 102.

Santos, J. y Oliveira, R.C. (2023). Contribuições da geoecologia das paisagens no planejamento ambiental em áreas apropriadas pelo turismo: uma discussão teórica e metodológica. *Ciência Geográfica - Bauru*, 27 (2), 864 – 877. DOI: <https://doi.org/10.57243/26755122.XXVII2028>.

Secretaría de Finanzas del Gobierno de Oaxaca. (2011). Planes Regionales de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016. Región Sierra Norte. https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/planes/planes_regionales/2011-2016/Sierra_Norte.pdf

Secretaría de Gobernación (2023). Análisis del contenido de declaratorias de desastres por movimiento de laderas en el estado de Oaxaca [Conjunto de datos]. SEGOB.

- Segura, G., Badilla, E. y Obando, L. (2011). Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba. *Revista Geológica de América Central*, 45, 101 – 121.
- Sepúlveda, S.A. y Petley, D.N. (2015). Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 15, 1821 – 1833. DOI: doi:10.5194/nhess-15-1821-2015.
- Shano, L., Kumar, T. y Meten, M. (2020) Landslide susceptibility evaluation and hazard zonation techniques – a review. *Geoenvironmental Disasters* 7 (18), 1 - 19. <https://doi.org/10.1186/s40677-020-00152-0>.
- Sochava, V. S. (1972), “The study of geosystems: the current stage in complex Geography”, in *Papers of the 22nd International Geographical Congress, Canadá*, pp. 38-57.
- Sochava, V. S. (1978), *Introducción al estudio geosistémico*, Ed. Nauka, Novosibirsk (en ruso).
- Sonker, I., Nath, J. y Kumar, A. (2021). Landslide susceptibility zonation using geospatial technique and analytical hierarchy process in Sikkim Himalaya. *Quaternary Science Advances*, 4, 1 - 17. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2021.100039>
- Sonker, I., Nath, J. y Swarnim. (2022). Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio method in Sikkim Himalaya. *Quaternary Science Advances*, 8, 1 - 15. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2022.100067>.
- Suarez, A.M., Peraldo, G., Badilla, E. y Obando, L.G. (2009). Zonificación geomorfológica para la evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos en la cuenca del río viejo, puriscal, costa rica. *Revista Geológica de América Central*, 41, 55- 69.
- Suarez, D.C., Chacón, E. y Ataroff, M. (2011). Heterogeneidad del paisaje de selva semicaducifolia montana en tres cuencas de los Andes venezolanos. *Revista Geográfica Venezolana*, 52 (2), 13- 30.
- Suarez, J. (2009). *Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos en, Deslizamientos. Análisis geotécnico* (Vol. 1, pp. 1 – 36). Universidad Industrial de Santander UIS.
- Susena, J.M. (2020). *Movimientos en masa en las sierras de Bravard y Curamalal, Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de la Plata. Universidad de Cantabria]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=291818>.
- Tabelinova, A.S. (2020). Geoeological Zoning of the Northeastern Caspian. *Arid Ecosystems*, 10 (3), 49 - 57. Doi: 10.1134/S2079096120030105
- Treviño-Cantú J.A. (2022). Alternativas de estandarización para índices compuestos espacio-temporales. El caso del rezago educativo en los estados de México, 2000 a

2020. Investigaciones Geográficas, 109, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.14350/riq.60615>.

Troche, C., Priego-Santander, A.G., Bollo, M. y Rainer, R. (2018). Paisajes físico-geográficos de humedales costeros continentales en dos áreas naturales protegidas del Golfo de México. *Terra Digitalis* 2, 1- 6.

Tyagi, A., Kamal, R. y James, N. (2022). A review on spatial, temporal and magnitude prediction of landslide hazard. *Journal of Asian Earth Sciences*: X 7, 1 – 19. <https://doi.org/10.1016/j.jaesx.2022.100099>.

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* 1 (60), 189 - 214. <https://doi.org/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, 09 - 34. DOI: <https://doi.org/10.35424/rcarto.i101.727>

Vivier, M y Torrens, C. (2019). Conceptualización del riesgo de desastre. Hacia la comprensión de su construcción. *Boletín geográfico*, 41(1), 97-106.

Yuvaraj, R.M. y Dolui, B. (2023). Geographical assessment of landslide susceptibility using statistical approach. *Quaternary Science Advances*, 11, 1 - 9. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100097>.

8. ANEXOS

8.1. Leyenda de los Paisajes Físico-Geográficos de la Sierra Madre de Oaxaca a escala 1:250,000

A. Montañas en clima semifrío.

A.1 Montañas en clima semifrío húmedo a subhúmedo.

I.- Montañas volcánicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por toba ácida, dacita, andesita, andesita-brecha volcánica intermedia, toba intermedia, arenisca-toba intermedia y riolita en clima semifrío húmedo a subhúmedo.

I.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con pastizal y bosque, sobre Leptosol, Acrisol, Regosol y Luvisol.

1. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con pastizal inducido y bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol lítico.
2. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosques; de oyamel, pino y mesófilo de montaña, sobre sobre Acrisol epiléptico, Regosol arénico y Leptosol lítico.
3. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino y agricultura de temporal, sobre sobre Acrisol epiléptico, Regosol arénico y Luvisol endoléptico.
4. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino y bosque de pino, sobre Regosol arénico y Acrisol epiléptico.
5. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con bosques; de pino y oyamel, y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino, sobre Acrisol epiléptico y Regosol arénico.

II.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca en clima semifrío húmedo a subhúmedo.

II.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Cambisol.

6. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosques; de encino y pino-encino, sobre Cambisol dístico.

III.- Montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por caliza y caliza-lutita en clima semifrío húmedo a subhúmedo.

III.1- Complejo de cumbres exokársticas con agricultura, sobre Acrisol.

7. Medianamente inclinado (10° - 15°), con agricultura de temporal, sobre Acrisol endoléptico.

III.2- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Luvisol, Cambisol y Acrisol.

8. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisoles; profónico y endoléptico y Cambisol endoléptico.
9. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino y pino encino y bosque de pino-encino, sobre Luvisoles; profónico y endoléptico y Cambisol dístrico.
10. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con bosques; de pino-encino y mesófilo de montaña, sobre Acrisoles; endoléptico y húmico y Cambisol dístrico.
11. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y encino-pino y bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol epiléptico.

IV.- Montañas tectónicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por esquisto, pizarra y gneis en clima semifrío húmedo a subhúmedo.

IV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Cambisol y Acrisol.

12. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol dístrico.
13. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosques; de pino y pino-encino y vegetación secundaria de bosque de encino-pino, sobre Cambisol endoléptico y Luvisol dístrico.
14. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con bosque de pino y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino, sobre Cambisol endoléptico.
15. Medianamente inclinado (10° - 15°), con bosque de pino-encino, sobre Acrisol endoléptico y Cambisol endoléptico.

V.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas ($DV > 500$ m/ km²), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima semifrío húmedo a subhúmedo.

V.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Luvisol y Cambisol.

16. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con bosque de pino, sobre Luvisol profónico.

17. Fuertemente inclinado (20°-30°), con bosque de pino y vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino y pino-encino, sobre Luvisol profónico y Cambisol endoléptico.
18. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino y bosque de pino-encino, sobre Luvisol profónico.
19. Medianamente inclinado (10°-15°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino y pino-encino, sobre Luvisol profónico y Cambisol endoléptico.

B. Montañas en clima templado.

B.1 Montañas en clima templado húmedo a subhúmedo.

VI.- Montañas volcánicas, ligera a fuertemente disecionadas (100<DV<500 m/ km²), formadas por toba ácida, dacita, andesita, andesita-brecha volcánica intermedia, toba intermedia, arenisca-toba intermedia y riolita en clima templado húmedo a subhúmedo.

VI.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y agricultura, sobre Luvisol, Acrisol y Cambisol.

20. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; mesófilo de montaña y pino-encino y bosque de encino, sobre Luvisoles; endoléptico y umbrihúmico y Acrisol endoléptico.
21. Fuertemente inclinado (20°-30°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino y pino-encino y bosque mesófilo de montaña, sobre sobre Luvisol endoléptico y Acrisoles; epiléptico y endoléptico.
22. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con bosques; de encino-pino y mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Acrisoles; endoléptico y epiléptico y Luvisol endoléptico.
23. Medianamente inclinado (10°-15°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y encino-pino y bosque de encino, sobre Acrisol endoléptico, Cambisol endoléptico y Luvisol endoléptico.
24. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con vegetación secundaria de bosques; de encino-pino y encino y agricultura de temporal, sobre Acrisol endoléptico y Cambisol endoléptico.

VII.- Montañas tectónico-intrusivas, ligera a fuertemente disecionadas (100<DV<500 m/km²), formadas por granito, granodiorita y monzonita en clima templado húmedo a subhúmedo.

VII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Cambisol, Luvisol y Acrisol.

25. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino y encino, sobre Cambisol húmico y Luvisoles; profúndico y endoléptico.
26. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosques; de encino y pino-encino y vegetación arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol húmico, Acrisol endoléptico y Luvisol profúndico.
27. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino, sobre Acrisol endoléptico, Luvisol endoléptico y Cambisol húmico.

VIII.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca clima templado húmedo a subhúmedo.

VIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y agricultura, sobre Luvisol, Cambisol y Acrisol.

28. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con bosque de encino-pino, sobre Luvisol endoléptico y Cambisol dístrico.
29. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosques; mesófilo de montaña y pino-encino, sobre Cambisol dístrico y Luvisoles; endoléptico y profúndico.
30. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol dístrico y Luvisoles; endoléptico y profúndico.
31. Medianamente inclinado (10° - 15°), con agricultura de temporal, sobre Acrisol endoléptico y Luvisol profúndico.

IX.- Montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por caliza y caliza-lutita en clima templado húmedo a subhúmedo.

IX.1- Complejo de cumbres exokársticas con bosque y agricultura, sobre Leptosol, Cambisol y Regosol.

32. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico.
33. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosque mesófilo de montaña, agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico y Cambisol endoléptico.

34. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con agricultura de temporal, sobre Leptosol réndzico y Regosol endoléptico.
35. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico.

IX.2- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Leptosol, Luvisol, Acrisol y Cambisol

36. Abruptos (>45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico.
37. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; mesófilo de montaña y pino y bosque de pino, sobre Luvisol endoléptico y Leptosoles; molihúmico y réndzico.
38. Fuertemente inclinado (20°-30°), con bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria de bosques; de pino-encino y encino-pino, sobre Luvisol endoléptico, Acrisol endoléptico y Cambisol endoléptico.
39. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con bosques; de pino-encino y encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Acrisol endoléptico, Cambisol dístrico y Luvisol endoléptico.
40. Medianamente inclinado (10°-15°), con bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino y encino-pino, sobre Cambisoles; epiléptico y endoléptico y Luvisol endoléptico.

X.- Montañas tectónicas, ligera a fuertemente diseccionadas (100<DV<500 m/km²), formadas por esquisto, pizarra y gneis en clima templado húmedo a subhúmedo.

X.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Luvisol, Cambisol y Acrisol.

41. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con bosques; de encino y mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisol húmico y Cambisoles; endoléptico y dístrico.
42. Fuertemente inclinado (20°-30°), con bosques; de pino-encino y mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, sobre Cambisol endoléptico, Acrisol húmico y Luvisol profódico.
43. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con bosques; de pino-encino y encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Cambisol endoléptico, Acrisol endoléptico y Luvisol húmico.
44. Medianamente inclinado (10°-15°), con bosque de encino, sobre Cambisol dístrico.

XI.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas ($DV > 500 \text{ m/km}^2$), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima templado húmedo a subhúmedo.

XI.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y agricultura, sobre Cambisol y Luvisol.

- 45. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con bosques; de pino-encino, pino y mesófilo de montaña, sobre Cambisol endoléptico.
- 46. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y pino y bosque de pino, sobre Cambisol endoléptico y Luvisoles; profúndico y endoléptico.
- 47. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y agricultura de temporal, sobre Cambisol endoléptico y Luvisol endoléptico.
- 48. Medianamente inclinado (10° - 15°), con bosques de pino-encino y agricultura de temporal, sobre Cambisoles; endoléptico y epiléptico.

XII.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas ($DV > 500 \text{ m/km}^2$), formadas por mármol en clima templado húmedo a subhúmedo.

XII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Cambisol.

- 49. Abruptos ($>45^\circ$), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol endoléptico.
- 50. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol endoléptico.
- 51. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol endoléptico.
- 52. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol endoléptico.

C. Montañas y piedemonte en clima semicálido.

C.1 Montañas en clima semicálido húmedo.

XIII.- Montañas volcánicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por toba ácida, dacita, andesita, andesita-brecha volcánica intermedia, toba intermedia, arenisca-toba intermedia y riolita en clima semicálido húmedo.

XIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Luvisol y Acrisol.

53. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisol endoléptico y Acrisol endoléptico.
54. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Acrisol endoléptico y Luvisol endoléptico.

XIV.- Montañas tectónico-intrusivas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por granito, granodiorita y monzonita en clima semicálido húmedo.

XIV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y agricultura, sobre Luvisol, Regosol y Acrisol.

55. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisol endoléptico y Regosol endoléptico.
56. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y mesófilo de montaña, sobre Acrisol endoléptico, Luvisol endoléptico y Regosol endoléptico.
57. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Acrisol endoléptico.
58. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Acrisol endoléptico.

XV.- Montañas tectónica-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca clima semicálido húmedo.

XV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, selva, agricultura y pastizal, sobre, Leptosol, Luvisol y Regosol.

59. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol molihúmico y Luvisoles; dístrico y epiléptico.
60. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con selva alta perennifolia, bosque de pino-encino y pastizal cultivado, sobre Regosol epiléptico, Luvisol epiléptico y Leptosol réndzico.
61. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con agricultura de temporal y pastizal cultivado, sobre Leptosol réndzico y Regosol epiléptico.

XVI.- Montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por caliza y caliza-lutita en clima semicálido húmedo.

XVI.1- Complejo de cumbres exokársticas con bosque y selva, sobre Acrisol, Cambisol, Leptosol y Luvisol.

62. Abruptos ($>45^\circ$), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Acrisol abrupto y Cambisol endoléptico.
63. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea; de selva alta perennifolia y bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico y Acrisol abrupto.
64. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia y selva alta perennifolia, sobre Leptosol réndzico, Luvisol crómico y Cambisol endoléptico.
65. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con selva alta perennifolia y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico.
66. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y selva alta perennifolia, sobre Luvisol crómico y Leptosol réndzico.
67. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, sobre Luvisol crómico.

XVI.2- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, bosque y pastizal, sobre Leptosol, Luvisol, Cambisol y Acrisol.

68. Abruptos ($>45^\circ$), con selva alta perennifolia y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico y Luvisol húmico.
69. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque mesófilo de montaña, bosque de encino y selva alta perennifolia, sobre Leptosol réndzico y Luvisoles; epiléptico y dístrico.
70. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosques; mesófilo de montaña y pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisoles; epiléptico y endoléptico y Cambisol endoléptico.
71. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con selva alta perennifolia, pastizal cultiva y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol endoléptico, Acrisol Umbrihúmico y Luvisol dístrico.
72. Medianamente inclinado (10° - 15°), con selva alta perennifolia, sobre Acrisol Umbrihúmico y Luvisol endoléptico.

73. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva alta perennifolia, sobre Acrisol Umbrihúmico y Luvisol dístrico.

XVII.- Montañas tectónicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por esquisto, pizarra y gneis en clima semicálido húmedo.

XVII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva y bosque, sobre Luvisol, Acrisol y Regosol.

74. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, bosque mesófilo de montaña y selva alta perennifolia, sobre Luvisoles; profúndico y endoléptico y Acrisol Húmico.

75. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, bosque mesófilo de montaña y agricultura de temporal, sobre Luvisoles; endoléptico y dístrico y Regosol endoléptico.

76. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, bosque mesófilo de montaña y agricultura de temporal, sobre Luvisoles; endoléptico y profúndico y Regosol endoléptico.

77. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino, sobre Luvisol endoléptico.

XVIII.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas ($DV > 500$ m/km²), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima semicálido húmedo.

XVIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y pastizal, sobre Luvisol, Cambisol y Regosol.

78. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; mesófilo de montaña y encino, sobre Luvisol endoléptico, Cambisol dístrico y Regosol epiléptico.

79. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con pastizal cultivado y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Regosol epiléptico y Luvisol endoléptico.

80. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisol endoléptico.

C.2 Montañas en clima semicálido subhúmedo.

XIX.- Montañas volcánicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por toba ácida, dacita, andesita, andesita-brecha volcánica

intermedia, toba intermedia, arenisca-toba intermedia y riolita en clima semicálido subhúmedo.

XIX.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y pastizal, sobre Acrisol, Luvisol, Phaeozem, Leptosol y Regosol.

81. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Acrisol endoléptico, Luvisol endoléptico y Phaeozem epiléptico.
82. Fuertemente inclinado (20°-30°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de encino y pino-encino y pastizal cultivado, sobre Acrisol endoléptico, Luvisol endoléptico y Phaeozem epiléptico.
83. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña y pastizales; inducido y cultivado, sobre Acrisol endoléptico, Leptosol éutrico.
84. Medianamente inclinado (10°-15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, sobre Phaeozem epiléptico, Acrisol endoléptico y Leptosol molihúmico.
85. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, pastizal inducido y agricultura de temporal, sobre Acrisol endoléptico, Luvisol epiléptico y Regosol epiléptico.

XX.- Montañas tectónico-intrusivas, ligera a fuertemente diseccionadas (100<DV<500 m/km²), formadas por granito, granodiorita y monzonita en clima semicálido subhúmedo.

XX.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y selva, sobre Acrisol, Regosol, Luvisol y Umbrisol.

86. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, sobre Acrisol endoléptico.
87. Fuertemente inclinado (20°-30°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de encino y pino-encino y bosque de pino-encino, sobre Regosoles; arénico y epiléptico y Luvisol endoléptico.
88. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque de pino-encino y selva baja caducifolia y bosque de pino-encino, sobre Leptosol éutrico y Luvisol endoléptico.
89. Medianamente inclinado (10°-15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico.
90. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Umbrisol epiléptico.

XXI.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por arenisca-conglomerado y conglomerado en clima semicálido subhúmedo.

XXI.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, sobre Luvisol y Acrisol.

- 91. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisol endoléptico.
- 92. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, sobre Acrisol endoléptico.

XXII.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca clima semicálido subhúmedo.

XXII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y agricultura, sobre Luvisol, Cambisol y Regosol.

- 93. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de encino y pino-encino y bosque de encino-pino, sobre Luvisol endoléptico, Cambisol endoléptico y Regosol arénico.
- 94. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y encino y agricultura de temporal, sobre Luvisol endoléptico, Regosol arénico y Cambisol endoléptico.
- 95. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con agricultura de temporal y vegetación secundaria de bosques; mesófilo de montaña y encino, sobre Luvisol endoléptico, Cambisol endoléptico y Regosol calcárico.
- 96. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y mesófilo de montaña y agricultura de temporal, sobre Luvisoles; endoléptico y profónico y Regosol epiléptico.
- 97. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con agricultura de temporal, sobre Luvisoles; endoléptico y epiléptico y Regosol epiléptico.

XXIII.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por caliza y caliza-lutita en clima semicálido subhúmedo.

XXIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y agricultura, sobre Luvisol, Phaeozem, Leptosol, Cambisol y Acrisol.

- 98. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de encino-pino y pino-encino y bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico, Phaeozem epiléptico y Leptosol réndzico.

99. Fuertemente inclinado (20°-30°), con bosques; mesófilo de montaña y pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisoles; endoléptico y epiléptico y Phaeozem epiléptico.
100. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de encino y pino-encino y bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico y Cambisol endoléptico.
101. Medianamente inclinado (10°-15°), con bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol endoléptico y Acrisol endoléptico.
102. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con bosque mesófilo de montaña y agricultura de temporal, sobre Phaeozem epiléptico y Luvisol endoléptico.

XXIV.- Montañas tectónicas, ligera a fuertemente diseccionadas (100<DV<500 m/km²), formadas por esquisto, pizarra y gneis en clima semicálido subhúmedo.

XXIV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y selva, sobre Cambisol, Regosol, Leptosol y Luvisol.

103. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de encino-pino y encino, sobre Cambisoles; endoléptico y arénico y Regosol epiléptico.
104. Fuertemente inclinado (20°-30°), con vegetación secundaria arbórea; de selva baja caducifolia, bosque de encino-pino y bosque de encino, sobre Cambisoles; arénico y endoléptico y Leptosol Molihúmico.
105. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Cambisol arénico y Luvisol epiléptico.
106. Medianamente inclinado (10°-15°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; mesófilo de montaña y pino-encino, sobre Leptosol molihúmico.
107. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico.

XXV.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas (DV>500 m/km²), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima semicálido subhúmedo.

XXV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, selva y agricultura, sobre Cambisol y Luvisol.

108. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque de encino-pino y selva baja caducifolia, sobre Cambisol endoléptico.

109. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, bosque de encino-pino y agricultura de temporal, sobre Cambisol endoléptico y Luvisol endoléptico.
110. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, sobre Luvisol endoléptico y Cambisol endoléptico.
111. Medianamente inclinado (10° - 15°), con agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Cambisol endoléptico.

C.3 Piedemonte en clima semicálido subhúmedo.

XXVI.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por andesita en clima semicálido subhúmedo.

XXVI.1- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios con pastizal, sobre Regosol y Luvisol.

112. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con pastizal inducido, sobre Regosol epiléptico y Luvisol epiléptico.

D. Montañas, lomeríos, piedemonte y valles en clima cálido.

D.1 Montañas en clima cálido húmedo.

XXVII.- Montañas volcánicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por toba ácida, dacita, andesita, andesita-brecha volcánica intermedia, toba intermedia, arenisca-toba intermedia y riolita en clima cálido húmedo.

XXVII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y selva, sobre Luvisol y Leptosol.

113. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico.

114. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y mesófilo de montaña y selva mediana subperennifolia, sobre Luvisol endoléptico y Leptosol éutrico.

115. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico.

XXVIII.- Montañas tectónico-intrusivas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por granito, granodiorita y monzonita en clima cálido húmedo.

XXVIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, selva, agricultura de temporal y pastizal, sobre Cambisol, Luvisol, Regosol y Leptosol.

116. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino y bosque mesófilo de montaña, sobre Cambisol arénico y Luvisoles; dístrico y profónico.

117. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con agricultura de temporal, vegetación secundaria arbórea de bosque de pino y pastizal cultivado, sobre Luvisol endoléptico y Regosoles; endoléptico y epiléptico.

118. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con pastizal cultivado, selva alta perennifolia y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisoles; endoléptico, epiléptico y umbrihúmico.

119. Medianamente inclinado (10° - 15°), con pastizal cultivado y vegetación secundaria arbórea; de selva alta perennifolia y bosque de pino-encino, sobre Luvisoles; endoléptico y umbrihúmico y Leptosol húmico.

120. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque de pino-encino y selva alta perennifolia y pastizal cultivado, sobre Luvisoles; endoléptico y umbrihúmico y Regosol arénico.

XXIX.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por arenisca-conglomerado y conglomerado en clima cálido húmedo.

XXIX.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, selva y pastizal, sobre Luvisol, Cambisol y Regosol.

121. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque de pino-encino y selva mediana subperennifolia, sobre Luvisoles; endoléptico y férrico.
122. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque de pino-encino y selva mediana subperennifolia y bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisoles; endoléptico y férrico y Cambisol endoléptico.
123. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con bosques; de pino-encino y mesófilo de montaña y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisoles; férrico y endoléptico y Regosol arénico.
124. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino-encino y mesófilo de montaña y pastizal cultivado, sobre Luvisoles; férrico y endoléptico.
125. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con vegetación secundaria arbórea de bosques de pino-encino, sobre Luvisoles; férrico y endoléptico y Regosol arénico.

XXX.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca clima cálido húmedo.

XXX.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, selva, agricultura y pastizal, sobre Luvisol y Acrisol,

126. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; mesófilo de montaña y pino-encino y selva alta perennifolia, sobre Luvisoles; endoléptico y dístrico y Acrisol endoléptico.
127. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque de pino-encino y selva alta perennifolia y selva alta perennifolia, sobre Acrisol endoléptico y Luvisoles; endoléptico y epiléptico.
128. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, selva alta perennifolia y agricultura de humedad, sobre Luvisoles; endoléptico y dístrico y Acrisol endoléptico.
129. Medianamente inclinado (10° - 15°), con bosque de pino-encino, pastizal cultivado y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Acrisol endoléptico y Luvisoles; férrico y endoléptico.

130. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva alta perennifolia, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y agricultura de temporal, sobre Luvisoles; dístrico, húmico y epiléptico.
131. Ligeramente inclinado (3° - 5°), con agricultura de temporal, sobre Acrisol endoléptico.

XXX.2- Complejo de superficies y cauces con pastizal y selva, sobre Luvisol y Acrisol.

132. Muy ligeramente inclinado (1° - 3°), con pastizal cultivado y selva alta perennifolia, sobre Luvisol dístrico y Acrisoles; epiléptico y endoléptico.

XXXI.- Montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente disecionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por caliza y caliza-lutita en clima cálido húmedo.

XXXI.1- Complejo de cumbres exokársticas con selva, agricultura y pastizal, sobre Luvisol, Leptosol y Acrisol.

133. Abruptos ($>45^{\circ}$), con selva alta perennifolia, sobre Luvisol húmico.
134. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, selva alta perennifolia y agricultura de temporal, sobre Leptosol réndzico, Acrisol abruptico y Luvisol crómico.
135. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, agricultura de temporal y selva alta perennifolia, sobre Leptosol réndzico, Luvisol crómico y Acrisol abruptico.
136. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con pastizal cultivado y vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, sobre Luvisoles; crómico y éutrico y Leptosol réndzico.
137. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con pastizal cultivado, sobre Luvisol crómico.

XXXI.2- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, bosque y agricultura, sobre Leptosol, Luvisol, Regosol y Acrisol.

138. Abruptos ($>45^{\circ}$), con selva alta perennifolia, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y bosque mesófilo de montaña, sobre Leptosol réndzico, Luvisol endoléptico y Regosol endoléptico.
139. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea; de selva alta perennifolia y bosque de pino-encino y bosque de pino-encino, sobre Luvisoles; dístrico y endoléptico y Leptosol dístrico.
140. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria; arbustiva de selva alta perennifolia y arbórea de bosque mesófilo de montaña y bosque

mesófilo de montaña, sobre Luvisoles; epiléptico y húmico y Acrisol umbrihúmico.

141. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia, selva alta perennifolia y agricultura de temporal, sobre Luvisoles; húmico y dístrico.
142. Medianamente inclinado (10°-15°), con selva alta perennifolia, bosque mesófilo de montaña y pastizal cultivado, sobre Acrisoles; endoléptico y umbrihúmico y Luvisol dístrico.
143. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con agricultura de temporal, vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia y selva alta perennifolia, sobre Acrisol endoléptico, Luvisol dístrico y Leptosol lítico.

XXXII.- Montañas tectónicas, ligera a fuertemente diseccionadas (100<DV<500 m/km²), formadas por esquisto, pizarra y gneis en clima cálido húmedo.

XXXII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, bosque y agricultura, sobre Luvisol y Regosol.

144. Abruptos (>45°), con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, sobre Acrisol dístrico.
145. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con vegetación secundaria arbórea de bosques; de pino y encino y selva alta perennifolia, sobre Luvisoles; profúndico, dístrico y endoléptico.
146. Fuertemente inclinado (20°-30°), con vegetación secundaria arbórea; de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino y bosque de pino-encino, sobre Regosol endoléptico y Luvisoles; endoléptico y umbrihúmico.
147. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, agricultura de temporal y bosque de pino-encino, sobre Regosol endoléptico y Luvisoles; endoléptico y húmico.
148. Medianamente inclinado (10°-15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, bosque de pino y selva alta perennifolia, sobre Regosoles; endoléptico y epiléptico y Luvisol endoléptico.
149. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con vegetación secundaria arbórea; de bosque de pino-encino y selva alta perennifolia y bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico y Regosoles; endoléptico y epiléptico.

XXXII.2- Complejo de superficies y cauces con bosque, sobre Luvisol.

150. Muy ligeramente inclinado (1°-3°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino Luvisol endoléptico.

XXXIII.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas ($DV > 500 \text{ m/km}^2$), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima cálido húmedo.

XXXIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, agricultura y selva, con Luvisol, Leptosol y Phaeozem.

151. Abruptos ($>45^\circ$), con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisol endoléptico.
152. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, sobre Luvisol endoléptico y Leptosol lítico.
153. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino, selva mediana subperennifolia y agricultura de temporal, sobre Luvisol endoléptico, Leptosol lítico y Phaeozem epiléptico.
154. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con selva mediana subperennifolia, sobre Leptosol lítico.

D.2 Lomeríos en clima cálido húmedo.

XXXIV.- Lomeríos tectónico-intrusivos, fuertemente diseccionados ($81 < DV < 100 \text{ m/km}^2$), formados por granito en clima cálido húmedo.

XXXIV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva y pastizal, sobre Luvisol y Regosol.

155. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, sobre Luvisol endoléptico.
156. Medianamente inclinado (10° - 15°), con pastizal cultivado, sobre Luvisol endoléptico.
157. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con pastizal cultivado, sobre Regosol arénico y Luvisol endoléptico.

XXXV.- Lomeríos tectónico-acumulativos, fuertemente diseccionados ($81 < DV < 100 \text{ m/km}^2$), formados por arenisca-conglomerado en clima cálido húmedo.

XXXV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con pastizal, bosque y selva, sobre Luvisol y Regosol.

158. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con pastizal cultivado, sobre Luvisoles; endoléptico y umbrihúmico.
159. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con pastizal cultivado, sobre Luvisoles; umbrihúmico y férrico.

160. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino y pastizal cultivado, sobre Luvisoles; férrico, umbrihúmico y endoléptico.

161. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbórea; de bosque de pino-encino y selva alta perennifolia, sobre Regosol arénico y Luvisoles umbrihúmico y férrico.

XXXVI.- Lomeríos tectónicos, fuertemente diseccionados ($81 < DV < 100$ m/km²), formados por esquistos en clima cálido húmedo.

XXXVI.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque y agricultura, sobre Regosol y Luvisol.

162. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con bosque de pino-encino y agricultura de temporal, sobre Regosol endoléptico y Luvisol hiperdístico.

163. Medianamente inclinado (10° - 15°), con agricultura de temporal, sobre Luvisol hiperdístico.

164. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con agricultura de temporal, sobre Luvisol hiperdístico.

D.3 Piedemonte en clima cálido húmedo.

XXXVII.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por arenisca-conglomerado en clima cálido húmedo.

XXXVII.1- Complejo de colinas residuales con bosque, sobre Luvisol.

165. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico.

XXXVII.2- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios con bosque, sobre Luvisol.

166. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisol endoléptico.

167. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisol umbrihúmico.

168. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Luvisoles umbrihúmicos.

XXXVIII.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por limolita-arenisca en clima cálido húmedo.

XXXVIII.1- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios, con selva, sobre Luvisol.

169. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con selva alta perennifolia, sobre Luvisol profódico.

XXXIX.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por caliza y caliza-lutita en clima cálido húmedo.

XXXIX.1- Complejo de colinas residuales con selva, sobre Luvisol.

170. Fuertemente inclinado (20°-30°), con vegetación secundaria arbustiva de selva alta perennifolia, sobre Luvisol húmico.

XXXIX.2- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios, con selva, sobre Luvisol.

171. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia, sobre Luvisol crómico.

XL.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por depósitos aluviales en clima cálido húmedo.

XL.1- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios, con selva, sobre Luvisol.

172. Liger a medianamente inclinado (5°-10°), con selva alta perennifolia, sobre Luvisol endoléptico.

XL.2- Complejo de superficies y cauces con agricultura, sobre Luvisol y Fluvisol.

173. Muy ligeramente inclinado (1°-3°), con agricultura de temporal, sobre Luvisol dístrico y Fluvisol dístrico.

D.4 Valles en clima cálido húmedo.

XLI.- Valles fluviales, formados por depósitos aluviales en clima cálido húmedo.

XLI.1- Complejo de terrazas y barrancos con agricultura, sobre Acrisol.

174. Liger a medianamente inclinado (5°-10°), con agricultura de temporal, sobre Acrisoles; endoléptico y umbrihúmico.

XLI.2- Complejo de cauces y vegas con agricultura y pastizal, sobre Luvisol, Acrisol y Regosol.

175. Muy ligeramente inclinado (1°-3°), con agricultura; de humedad y temporal y pastizal cultivado, sobre Luvisoles; dístrico y endoléptico y Acrisol endoléptico.

176. Plano (<1°), con pastizal cultivado, sobre Regosol arénico.

E. Montañas, lomeríos y piedemonte en clima semiárido.

E.1 Montañas en clima semiárido semicálido a cálido.

XLII.- Montañas volcánicas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por toba ácida, dacita, andesita, andesita-brecha volcánica intermedia, toba intermedia, arenisca-toba intermedia y riolita en clima semiárido semicálido a cálido.

XLII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva y pastizal, sobre Cambisol, Luvisol, Regosol, Leptosol y Phaeozem.

177. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Cambisol endoléptico, Luvisol endoléptico y Regosol endoléptico.

178. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con selva baja caducifolia, pastizal cultivado y vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Cambisol endoléptico, Luvisol endoléptico y Leptosol éutrico.

179. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y pastizal cultivado, sobre Cambisoles; crómico y endoléptico y Leptosol molihúmico.

180. Medianamente inclinado (10° - 15°), con selva baja caducifolia, pastizal cultivado y vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Cambisoles; endoléptico y crómico y Luvisol endoléptico.

181. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva baja caducifolia y pastizal; cultivado e inducido, sobre Cambisoles; endoléptico y crómico y Phaeozem Lúvico.

XLIII.- Montañas tectónico-intrusivas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por granito, granodiorita y monzonita en clima semiárido semicálido a cálido.

XLIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con bosque, selva y pastizal, sobre Leptosol, Cambisol, Luvisol y Regosol.

182. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Leptosol éutrico.

183. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con selva baja caducifolia, vegetación secundaria; de bosque de pino-encino y selva baja caducifolia, sobre Leptosol éutrico, Cambisol endoléptico y Luvisol endoléptico.

184. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea; de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino y pastizal

cultivado, sobre Regosol endoléptico, Leptosol éutrico y Cambisol endoléptico.

185. Medianamente inclinado (10° - 15°), con pastizal cultivado y vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino, sobre Regosol endoléptico, Leptosol éutrico y Cambisol endoléptico.

186. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol endoléptico y Leptosol éutrico.

XLIV.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por arenisca-conglomerado y conglomerado en clima semiárido semicálido a cálido.

XLIV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, bosque y agricultura, sobre Regosol, Leptosol y Cambisol.

187. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico y Leptosol calcárico.

188. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea; de selva baja caducifolia y bosque de encino-pino, sobre Regosol epiléptico, Leptosol calcárico y Cambisol endoléptico.

189. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con agricultura; de riego y temporal y vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico.

190. Medianamente inclinado (10° - 15°), con agricultura de riego y selva baja caducifolia, sobre Leptosol calcárico.

191. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva baja caducifolia y agricultura de riego, sobre Regosoles; endoléptico y epiléptico.

XLV.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente diseccionadas ($100 < DV < 500$ m/km²), formadas por lutita, lutita-arenisca y limolita-arenisca clima semiárido semicálido a cálido.

XLV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva y agricultura de temporal, sobre Regosol, Cambisol y Luvisol,

192. Abruptos ($>45^{\circ}$), con selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico.

193. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria de selva baja caducifolia, sobre Cambisol endoléptico, Luvisol endoléptico y Regosol epiléptico.

194. Fuertemente inclinado (20°-30°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, selva baja caducifolia y agricultura de temporal, sobre Luvisol endoléptico y Cambisoles; endoléptico y epiléptico.
195. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Cambisol endoléptico y Luvisol endoléptico.
196. Medianamente inclinado (10°-15°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Cambisol endoléptico.

XLVI.- Montañas tectónico-kársticas, ligera a fuertemente diseccionadas (100<DV<500 m/km²), formadas por caliza y caliza-lutita en clima semiárido semicálido a cálido.

XLVI.1- Complejo de cumbres exokársticas con agricultura y Cambisol.

197. Muy ligeramente inclinado (1°-3°), agricultura de temporal, sobre Cambisol endoléptico.

XLVI.2- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, pastizal y agricultura, sobre Leptosol, Regosol, Phaeozem y Luvisol.

198. Muy fuertemente inclinado (30°-45°), con selva baja caducifolia y pastizal inducido, sobre Leptosoles réndzico y calcárico y Regosol epiléptico.
199. Fuertemente inclinado (20°-30°), con pastizal inducido, selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Leptosol réndzico, Phaeozem lúvico y Regosol epiléptico.
200. Mediana a fuertemente inclinado (15°-20°), con selva baja caducifolia, sobre Phaeozem lúvico y Leptosol réndzico.
201. Medianamente inclinado (10°-15°), con selva baja caducifolia, agricultura de temporal y vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico y Phaeozem lúvico.
202. Ligera a medianamente inclinado (5°-10°), con selva baja caducifolia, pastizal inducido y agricultura de temporal, sobre Luvisoles; cálcico, Leptosol réndzico.

XLVII.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas (DV>500 m/km²), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima semiárido semicálido a cálido.

XLVII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, bosque y agricultura de temporal, sobre Regosol y Cambisol.

203. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con selva baja caducifolia y vegetación secundaria arbórea; de selva baja caducifolia y bosque de encino-pino, sobre Regosol epiléptico y Cambisol endoléptico.
204. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con selva baja caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y agricultura de temporal, sobre Cambisol endoléptico y Regosol epiléptico.
205. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y agricultura de temporal, sobre Cambisol endoléptico.

E.2 Lomeríos en clima semiárido semicálido a cálido.

XLVIII.- Lomeríos tectónico-acumulativos, ligeramente diseccionados ($41 < DV < 60$ m/km²), formados por arenisca-conglomerado en clima semiárido semicálido a cálido.

XLVIII.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, sobre Regosol.

206. Medianamente inclinado (10° - 15°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico.

E.3 Piedemonte en clima semiárido semicálido a cálido.

XLIX.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por andesita en clima semiárido semicálido a cálido.

XLIX.1- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios con selva, sobre Luvisol.

207. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva baja caducifolia, sobre Luvisol calcárico.

L.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por granito en clima semiárido semicálido a cálido.

L.1- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios con selva, agricultura y pastizal, sobre Regosol y Leptosol.

208. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y agricultura de temporal, sobre Regosol arénico.
209. Ligeramente inclinado (3° - 5°), con pastizal cultivado, sobre Regosol endoléptico y Leptosol éutrico.

LI.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por arenisca-conglomerado en clima semiárido semicálido a cálido.

LI.1- Complejo de superficies y cauces con selva, sobre Regosol.

210. Muy ligeramente inclinado (1° - 3°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y selva baja caducifolia, sobre Regosol endoléptico.

LII.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por caliza y caliza-lutita en clima semiárido semicálido a cálido.

LII.1- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios con selva, sobre Luvisol.

211. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva baja caducifolia, sobre Luvisol calcárico.

LIII.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por depósitos aluviales en clima semiárido semicálido a cálido.

LIII.1- Complejo de superficies y cauces con selva, sobre Luvisol.

212. Muy ligeramente inclinado (1° - 3°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Luvisol calcárico.

F. Montañas y piedemonte en clima árido.

F.1 Montañas en clima árido cálido.

LIV.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente disecionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por arenisca-conglomerado y conglomerado en clima árido cálido.

LIV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva y matorral, sobre Leptosol, Regosol y Phaeozem.

213. Abruptos ($>45^{\circ}$), con selva baja caducifolia, sobre Leptosol calcárico.

214. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con selva baja caducifolia, sobre Leptosol calcárico y Regosol epiléptico.

215. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Regosol epiléptico.

216. Medianamente inclinado (10° - 15°), con selva baja caducifolia, sobre Leptosol calcárico y Regosol epiléptico.

217. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con selva baja caducifolia y matorral crasicaule, sobre Regosol epiléptico, Phaeozem epiléptico y Leptosol calcárico.

LV.- Montañas tectónico-acumulativas, ligera a fuertemente disecionadas ($100 < DV < 500 \text{ m/km}^2$), formadas por caliza y caliza-lutita en clima árido cálido.

LV.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva y agricultura, sobre Leptosol.

218. Abruptos ($>45^\circ$), con selva baja caducifolia, sobre Leptosol calcárico.

219. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con selva baja caducifolia, sobre Leptosol calcárico.

220. Medianamente inclinado (10° - 15°), con agricultura de riego, sobre Regosol epiléptico.

LVI.- Montañas tectónicas, fuertemente diseccionadas ($DV > 500 \text{ m/km}^2$), formadas por cataclasita y meta sedimentaria en clima árido cálido.

LVI.1- Complejo de cumbres, laderas y barrancos con selva, bosque y agricultura, sobre Luvisol y Cambisol.

221. Muy fuertemente inclinado (30° - 45°), con vegetación secundaria arbórea; de selva baja caducifolia y bosque de encino y selva baja caducifolia, sobre Luvisol endoléptico y Cambisol endoléptico.

222. Fuertemente inclinado (20° - 30°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia y agricultura de temporal, sobre Luvisol endoléptico y Cambisol endoléptico.

223. Mediana a fuertemente inclinado (15° - 20°), con agricultura de temporal, sobre Luvisol endoléptico.

F.2 Piedemonte en clima árido cálido.

LVII.- Piedemonte fluvio-torrencial, formado por arenisca-conglomerado en clima árido cálido.

LVII.1- Complejo de interfluvios y arroyos distributarios con selva, sobre Phaeozem.

224. Ligera a medianamente inclinado (5° - 10°), con vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia, sobre Phaeozem epiléptico.