



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

DIFERENCIACIÓN DE PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS COMO BASE PARA EL ORDENAMIENTO
TERRITORIAL DEL GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO MIXTECA ALTA, OAXACA.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

ARTURO VILCHIS ONOFRE

DIRECTORA DE TESIS

MTRA. ORALIA OROPEZA OROZCO

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, al Posgrado en Geografía, el Instituto de Geografía y la Facultad de Filosofía y Letras; por brindarme la oportunidad de pertenecer a la máxima casa de estudios del país.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología por el apoyo como becario para el desarrollo de esta investigación.

A todo el grupo de trabajo del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta por brindar todo su apoyo en la elaboración de este trabajo, en especial a Xóchitl Ramírez Miguel, Miguel Ángel Cruz Ramírez, Tomasa Bautista Ramírez, la Doctora Silke Cram Heydrich y la Maestra María del Pilar Fernández Lomelín por el tiempo y apoyo brindados desde la primera visita.

A la población del Geoparque Mundial Unesco Mixteca Alta, por abrir las puertas de su territorio y en muchas ocasiones de sus hogares,

A la Maestra Oralia Oropeza por su guía, confianza y amistad desde el primer día, por compartir siempre sus conocimientos y apoyarme en todo momento.

A los miembros del sínodo: Dr. José Luis Palacio Prieto, Dr. Luis Miguel Espinosa Rodríguez, Dra. Dolores Magaña Lona y Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez; a quienes he admirado durante todo mi desarrollo profesional, por el tiempo dedicado a la lectura, revisión y corrección del presente trabajo.

A José Manuel Figueroa MahEng, por ser un segundo asesor en el desarrollo de esta investigación, por las largas horas en reuniones de trabajo y risas, este trabajo no hubiera sido el mismo sin tu apoyo.

DEDICATORIAS

A mi madre y a mi padre, por siempre estar.

A Adrián y a Gus, por ser mi ejemplo más grande.

A Itzel, por creer en mí aún cuando yo no podía.

A Franco, Vannia, León e Ilán, por ser el motivo para intentar hacer de este un lugar mejor.

A mi familia.

A mis amigos y amigas.

*“No hay muerto que no me duela,
No hay un bando ganador,
No hay nada más que dolor
Y otra vida que se vuela.
La guerra es muy mala escuela
No importa el disfraz que viste,
Perdonen que no me aliste
Bajo ninguna bandera,
Vale más cualquier quimera
Que un trozo de tela triste”
Jorge Drexler*

Tabla de contenido

<i>RESUMEN</i>	1
<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
<i>CAPÍTULO I. CONSIDERACIONES TEÓRICO-CONCEPTUALES</i>	7
1.1. ¿Qué es el Paisaje?	7
1.2. Geografía del Paisaje	15
1.3. El ordenamiento territorial.....	29
<i>CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIOECONÓMICO Y CONTEXTO HISTÓRICO CULTURAL DEL GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO MIXTECA ALTA</i>	35
2.1. El medio natural.....	36
2.2. Medio socioeconómico.....	103
2.3. Contexto histórico cultural.....	110
<i>CAPÍTULO III CARACTERIZACIÓN DE LOS PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS COMO HERRAMIENTA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL MEDIO NATURAL</i>	113
3.1. Geoestructura	114
3.2. Ambiente morfogenético	121
3.3. Paisajes geomorfológicos.....	124
3.4 Aptitud del suelo	157
<i>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</i>	167
<i>Referencias</i>	176

RESUMEN

Basada en los principios de la Geografía del Paisaje, en la presente investigación se realizó la caracterización físico-geográfica del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, en Oaxaca, con el objetivo de realizar la clasificación de paisajes geomorfológicos, los cuales sirven como base para el diagnóstico del subsistema natural del ordenamiento territorial. Este último constituye una estrategia de planeación para el desarrollo sustentable del geoparque siguiendo las premisas de los geoparques mundiales.

De acuerdo con criterios como litología, asociaciones de suelo, pendiente, densidad de disección, órdenes de corrientes, distribución de subcuencas, vegetación y uso del suelo, perfiles topográficos complejos: además de considerar factores socioeconómicos como actividades productivas y marginación, todo, integrado gracias al trabajo de campo realizado, se clasificaron catorce unidades diferentes de paisaje, divididas a su vez en treinta y una categorías.

Se concluye que la integración que brindan los paisajes geomorfológicos aporta una valiosa herramienta para establecer unidades espaciales que sirvan al diagnóstico del subsistema natural.

INTRODUCCIÓN

En la Mixteca Alta, región ubicada en la porción occidental del estado de Oaxaca, han existido, históricamente, diversos problemas ambientales, derivados de la intervención de los primeros asentamientos humanos de la época prehispánica, ya que se tienen evidencias de un vertiginoso crecimiento demográfico en aquella época (Pérez et al., 2011). La actividad humana en la formación de los paisajes actuales de la Mixteca juega un papel fundamental debido al uso que se les da, especialmente con fines económicos.

Esta región ha mantenido, durante los últimos tres milenios, un desarrollo cultural, sin embargo, hoy en día se observa la degradación de los elementos naturales básicos (agua, suelo y vegetación) en algunos sectores casi totalmente arrasados. Como resultado, el abasto de alimentos es insuficiente para satisfacer la demanda de la creciente población – que llega a rebasar la productividad del suelo – y, por lo tanto, afecta la capacidad de sustento, lo cual explica en parte los altos índices de atraso, marginación y migración en la Mixteca Alta.

En el año 2017, nueve municipios de la región Mixteca Alta fueron reconocidos ante la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (UNESCO) como “Geoparque Mundial UNESCO, Mixteca Alta” (GMUMA), con el fin de promover y valorar los elementos geológicos, geomorfológicos y culturales existentes en la zona, ayudando a la conservación y restauración de los elementos naturales, así como al desarrollo, en el amplio sentido de la palabra, de los habitantes de la región.

A pesar del deterioro ambiental que existe en la Mixteca Alta, y específicamente en el GMUMA, que ha sido caracterizada como una “catástrofe ecológica”, los recursos naturales e incluso las formas erosivas características de la zona, ligadas al contexto geológico, geomorfológico, edafológico y cultural,

representan un gran potencial para el desarrollo sustentable de la región mediante la geoconservación¹.

A partir del reconocimiento de la zona como un Geoparque UNESCO se han presentado cambios significativos, especialmente en la cantidad de información académica/científica que se ha generado en torno a elementos naturales y culturales, lo que a su vez se ha visto reflejado en los habitantes del GMUMA, sin embargo, aún existen múltiples estudios por hacer para alcanzar los objetivos que rigen a los geoparques en el mundo.

Uno de los objetivos principales de los geoparques es la búsqueda del desarrollo local a través de la geoconservación y una de las herramientas utilizadas en este sentido es el Ordenamiento Territorial (OT), el cual, busca utilizar los recursos en beneficio de las comunidades de manera estratégica e integrada, teniendo como prioridad el desarrollo local y sustentable.

De lo anterior surge la iniciativa de la presente investigación que tiene como objetivo general, la diferenciación de los paisajes geomorfológicos como base para el diagnóstico del subsistema natural con fines de ordenamiento territorial del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca. Se parte de la hipótesis que los paisajes geomorfológicos son una unidad espacial que integra los elementos, tanto naturales como socio-culturales, así como la génesis y evolución del espacio geográfico, que permiten diagnosticar el subsistema natural del territorio.

En relación con lo anterior y a fin de cumplir con el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar el medio natural, socioeconómico y el contexto histórico-cultural del GMUMA
- Diferenciar y delimitar los paisajes geomorfológicos

¹ Corriente de las ciencias de la Tierra que tiene como objetivo la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad.

- Establecer la dinámica actual de los paisajes geomorfológicos

Tanto el objetivo general, como los objetivos específicos fueron desarrollados en el presente trabajo en tres capítulos:

En el primer capítulo “Consideraciones teórico-conceptuales” se expone una revisión extensa de conceptos sobre paisajes, desde diferentes perspectivas y ramas del conocimiento, así como la evolución del término a través del tiempo. Se aborda el desarrollo histórico de la Geografía del Paisaje con base en las investigaciones de diversos autores (geógrafos y no geógrafos) lo cual deja entrevisto la función integradora del paisaje. Se retoman los postulados sobre los paisajes geomorfológicos de Zinck (2012), así como los de Ortiz y Oropeza (2010), los cuales guiaron el desarrollo teórico y metodológico de toda la investigación. Por último, se abordan los conceptos y procedimientos del ordenamiento territorial y se expone cuál es la funcionalidad de los paisajes geomorfológicos en el diagnóstico de subsistema natural.

En el segundo capítulo se expone el contexto del medio natural, económico y cultural de geoparque. Se deja de manifiesto la complejidad natural existente en la zona de estudio, que se refleja en la integración paisajística del siguiente capítulo.

En el tercer y último capítulo se muestran los resultados de la integración de los dos capítulos anteriores, se presentan como aportes principales, los mapas “Ambientes morfogenéticos” y “Paisajes geomorfológicos”, los cuales servirán como base para la toma de decisiones en la zona y para futuras investigaciones.

También se hace un análisis sobre los principales retos del sistema natural, contenidos en la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (SEDATU, 2021):

- Los suelos y sus procesos de degradación;
- El agua, su distribución inequitativa y el estrés hídrico, la biodiversidad terrestre y su alteración por las actividades humanas:

- Áreas prioritarias para reducir la presión sobre los ecosistemas, uso y aprovechamiento de los recursos naturales;
- Cambio climático y su impacto en el sistema territorial, y
- Los peligros y amenazas naturales: vulnerabilidad en el territorio

Así mismo se plantea cómo los paisajes geomorfológicos pueden contribuir a orientar las propuestas de solución a dichas problemáticas.

Durante toda la investigación se mencionan cuáles fueron los elementos teóricos y metodológicos que se utilizaron para cumplir con el objetivo de la investigación, resumidos en la Figura 1.

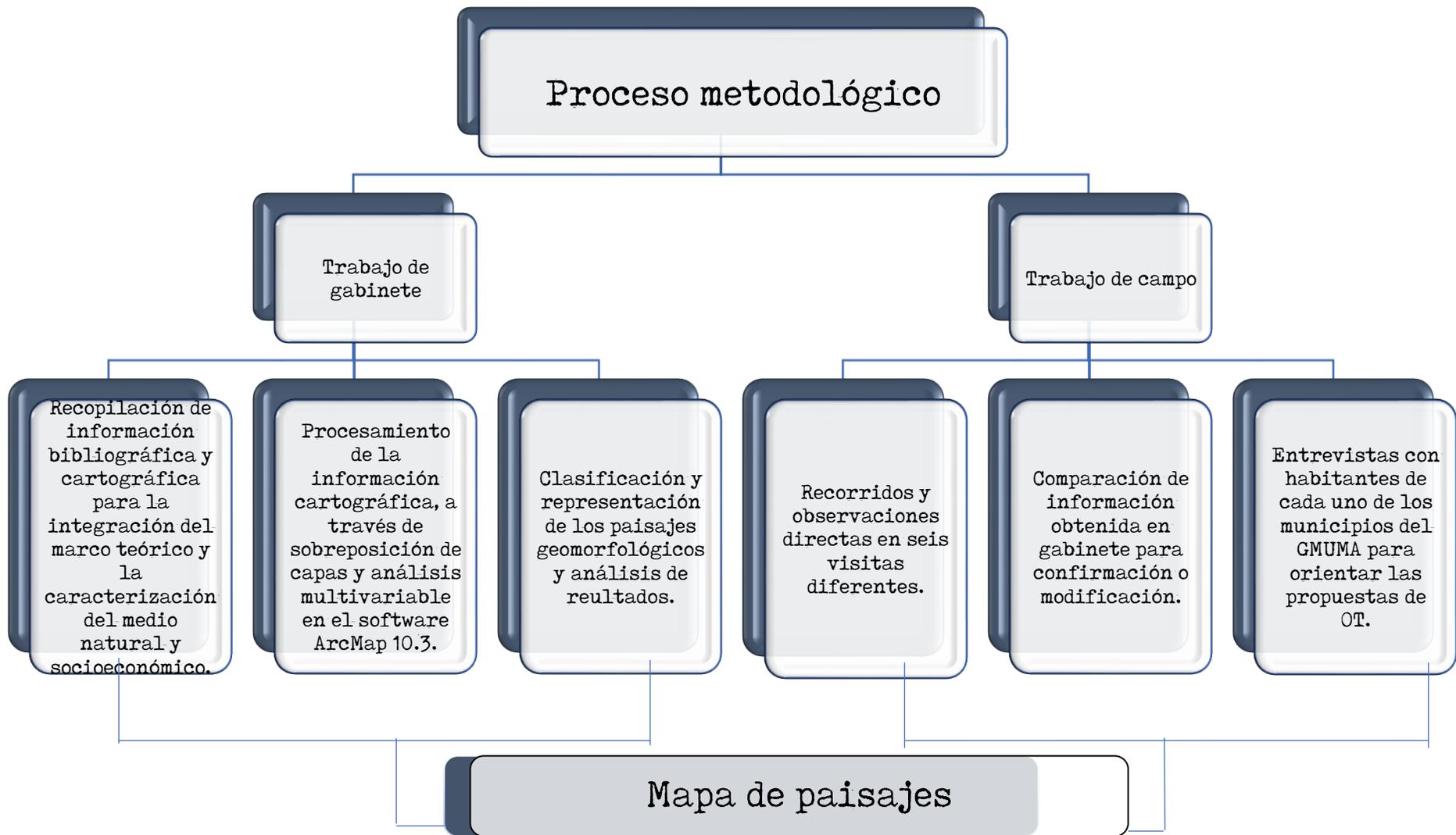


Figura 1. Proceso metodológico.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO I. CONSIDERACIONES TEÓRICO-CONCEPTUALES

1.1. ¿Qué es el Paisaje?

La presente investigación se sustenta en los fundamentos teóricos y conceptuales de la Geografía de los Paisajes –rama de la ciencia que tiene su génesis en los trabajos realizados en el siglo XIX por Humboldt, Lomonosov y Dokuchaev (Mateo, 2002). Asimismo, el concepto de Paisaje se analiza desde diversas posiciones filosóficas y científicas y se le da énfasis a los Paisajes Geomorfológicos, objeto de este trabajo.

En la mayoría de las lenguas, la palabra *Paisaje* se identifica con un sentido de belleza o estética, lo cual difiere con el sentido que se da dentro de la Geografía.

Desde el punto de vista geográfico, la palabra Paisaje es la traducción de la palabra alemana *Landschaft* que, en esta lengua tiene dos sentidos. De una parte, se refiere a lo que el observador percibe visualmente, por otra, tiene un sentido de totalidad: es la porción de territorio que se percibe globalmente como un todo y que, por eso mismo, presenta una cierta individualidad. Éste es el sentido que le dio Humboldt, para quien la unidad y la armonía de la naturaleza se manifestaban, precisamente, en el Paisaje, o en lo que él llamaba *Paisaje natural*, que no es más que el conjunto de características físicas de una porción de la superficie terrestre que el observador percibe sensorialmente como un todo. (Higueras, 2003: 159)

Para Bertrand y Tricart (1968: 249) “Paisaje es un término anticuado e impreciso, aunque cómodo, que cada uno utiliza a su manera, frecuentemente añadiéndole un calificativo de restricción que altera su sentido”. El concepto de Paisaje es, en la actualidad, polisémico y móvil, lo cual se debe en parte a la fragmentación profesional y académica de las diferentes disciplinas (Besse, 2006). A continuación, se presentan algunas definiciones de diferentes autores, copiadas por Hartshorne (1939) en torno al concepto de Paisaje:

- Schlüter (1899) indica que el Paisaje incluye todos los elementos animados e inanimados, incluida la población, el hombre es uno de sus elementos fundamentales.
- Para Passarge (1925) el concepto de Paisaje excluye todo lo que se percibe en la proximidad inmediata, así como el hombre y la vida animal y vegetal de corta duración.
- Por su parte Sauer (1925) afirma que el área geográfica considerada como Paisaje es una cosa corpórea a cuyo conocimiento se llega por la caracterización de sus formas, se reconoce por su estructura y se comprende por su origen, desarrollo y funciones.
- Grano (1927) afirma que el Paisaje está formado por la total impresión que nos produce una porción de la superficie terrestre y la correspondiente sección del cielo.
- Waibel (1933) define al Paisaje como la sección de la superficie terrestre y del cielo que se unen en nuestro campo de visión, como vistos en perspectiva desde un particular punto de vista.
- Lautensach (1938) señala que el Paisaje consiste en hechos observables (...) más todos los hechos significativos no observables.
- Pawlowski (1938) menciona que el Paisaje lo forman todos aquellos objetos y fenómenos que ocupan un cierto espacio, objetos que son observables con los órganos sensibles.

Si bien estas definiciones tienen puntos en común, el concepto de Paisaje ha sido debatido por la comunidad geográfica -y no geográfica- a través de los años. Un ejemplo de ello es el Congreso Internacional de Geografía celebrado en Ámsterdam en 1938, donde se intentó clarificar el concepto de Paisaje y establecer la metodología apropiada para su estudio, pero no se consiguió unificar los diferentes puntos de vista, autores como Troll, Lautensach y Sauer, propusieron al Paisaje como el objeto específico de la Geografía (Higuera, 2003).

Lautensach (en Higuera, 2003) resume en cinco puntos las conclusiones a las que se llegó en dicho Congreso, para la definición del Paisaje.

1. Los conceptos de “Paisaje” (*Landschaft*) y de “pays” (land) son las nociones más importantes de la Geografía regional [...].
2. El Paisaje geográfico no es solamente una entidad fisionómica y estética, sino que comprende todas las relaciones genéticas, dinámicas y funcionales mediante las cuales los componentes de cada parte de la superficie del globo se entrelazan entre sí.
3. Los Paisajes geográficos son regiones formadas bajo puntos de vista característicos. Forman unidades que se repiten en varios lugares de la superficie terrestre, por ejemplo, las regiones del clima mediterráneo y maquis.
4. Los países geográficos (por el contrario) son regiones formadas bajo puntos de vista individualizadores, por ejemplo, el Sudán, las Ardenas. Estos son personalidades geográficas que no se repiten nunca.
5. La Geografía de los Paisajes (*landschaftskunde*) es otra cosa absolutamente distinta de la Geografía de los países.

Mateo (2002) señala que en la actualidad se difunden las siguientes interpretaciones del término Paisaje, las cuales han servido para la consolidación de diferentes interpretaciones y concepciones científicas:

El Paisaje como aspecto externo de un área o territorio: Según esta interpretación, se considera al Paisaje, como una imagen que representa una u otra calidad y que se asocia a la interpretación estética resultado de percepciones diversas.

El Paisaje como formación natural: Esta interpretación se sostiene en la idea sobre la interrelación de componentes y elementos naturales, o sea, se entiende al Paisaje como una formación natural, formada por componentes y elementos naturales en interrelación dialéctica. De tal manera, no se tiene en cuenta aquí

el grado de naturalidad o transformación. En este sentido se distinguen tres grupos de interpretaciones:

- a) *El Paisaje natural como concepto de género:* significa que el término Paisaje se utiliza para cualquier objeto paisajístico de cualquier dimensión, complejidad o nivel. Se utilizan como sinónimos los términos de complejo territorial natural, geocomplejo o geosistema natural (Passarge, 1925, en Mateo, 2002)
- b) *El Paisaje natural desde una interpretación regional:* Concibe al Paisaje como una de las unidades taxonómicas (generalmente la región) de la regionalización geo-ecológica o físico-geográfica.
- c) *El Paisaje natural desde una interpretación tipológica:* considera al Paisaje como un territorio de trazos comunes, formados por la interacción de componentes naturales, y que se distingue por la semejanza y la repetitividad.

El Paisaje como sistema económico-social: Es el área o espacio donde vive la sociedad humana, que se caracteriza por un determinado patrón de relaciones espaciales, que tiene importancia existencial para la sociedad. Está caracterizado por una determinada capacidad funcional para el desarrollo de actividades socio-económicas. De cierto modo, es un concepto análogo al de espacio social, sistema antropogeoecológico o complejo territorial productivo. Abarca, en calidad de sistema de nivel inferior, a las formaciones (Paisajes) naturales, antroponaturales y antrópicas. Constituye así los sistemas territoriales de las fuerzas productivas. Por ejemplo: los sistemas de poblamiento, los sistemas energéticos y de transporte, las ciudades y las aglomeraciones urbanas, los nudos industriales, los complejos agroproductivos, los complejos productivos territoriales y las regiones económicas (Volskii *et al.*, 1998). Esta categoría es utilizada fundamentalmente por la Geografía Humana y la Geografía Económico-Social, y otras disciplinas de carácter eminentemente social (Otok, 1988; González, 1996). Sin embargo, lo específico del enfoque geográfico al estudiar los Paisajes sociales, consiste en tener en cuenta no sólo las peculiaridades

espaciales de la sociedad, o sea la organización territorial de la sociedad, sino también el papel del medio natural, o sea de los Paisajes naturales.

Paisaje cultural: La concepción de Paisaje cultural se sustenta en la idea, de que el Paisaje es el resultado de la acción de la cultura a lo largo del tiempo, siendo modelado por un grupo cultural a partir de un Paisaje natural. Sauer (1925, en Mateo, 2002) afirma que, en la formación del Paisaje, la cultura es el agente, el Paisaje natural es el medio, y el Paisaje cultural el resultado. Así, el Paisaje natural garantiza los materiales con los cuales el Paisaje cultural es formado, siendo la fuerza que modela al Paisaje la propia cultura. El Paisaje cultural, es un objeto concreto, material, físico y factual, que es percibido por los sujetos a través de los cinco sentidos. De esta forma, es asimilado activa y culturalmente por los seres humanos. El **Paisaje cultural**, es así una imagen sensorial, afectiva, simbólica y material de los territorios (Beringuier, 1991). Esta definición incluye e incorpora los conceptos de Paisaje visual, de Paisaje percibido y de Paisaje valorizado. El **Paisaje visual**, se define como la expresión sensible del medio, siendo la porción de la superficie terrestre que es aprehendida visualmente. Resulta así, de la combinación dinámica de elementos físico-químicos, biológicos y antrópicos que de forma interdependiente generan un conjunto único en permanente evolución. El **Paisaje percibido**, se define como la imagen surgida de la elaboración mental de un conjunto de percepciones, que caracterizan un Paisaje observado y sentido en un momento concreto. El **Paisaje valorizado**, significa el valor relativo (estético, simbólico e ideológico) que un sistema o grupo humano le da a un paisaje.

El Paisaje como formación antro-po-natural: También se conoce como **Paisajes actuales o contemporáneos**. Consiste en concebir al Paisaje como un sistema espacial o territorial, compuesto por elementos naturales y antro-po tecnogénicos condicionados socialmente, los cuales modifican o transforman las propiedades de los Paisajes naturales originales. En este sentido estas denominaciones, tienen que ver con el grado de naturalidad o de modificación y transformación antropogénica. Se recalca, sin embargo, que, a todas esas categorías de los

Paisajes, subyace el hecho de que están formadas por la interacción e interdependencia de los componentes naturales. Se forma, además, por complejos o Paisajes de nivel taxonómico inferior. De tal manera, según esta acepción, el Paisaje puede estar formado por Paisajes naturales (en estado natural o casi - natural), Paisajes antropo - naturales y Paisajes antrópicos o antropogénicos. Según esta acepción, que tiene un carácter de género, el Paisaje constituye la interfaz entre la Naturaleza y la Sociedad. Se acepta así, por un lado, su materialidad, o sea, la existencia de una estructura y funcionamiento inherente a los fenómenos y cuerpos naturales. Por otra parte, se considera, que el hecho paisajístico de estos cuerpos naturales es determinado por el sistema económico y cultural, cuyos efectos difieren de acuerdo con las intervenciones económicas y la actividad de los grupos sociales (Passos, 2000).

El estudio del Paisaje no implica únicamente hacer referencia al complejo natural y omitir la presencia del elemento humano, no se pretende tratar como si estuviera vacío de vida; interesa el Paisaje como “la descripción de las interrelaciones entre los hombres y el medio, con especial atención al impacto de aquellos en éste, definiéndose como un área formada por la asociación distintiva de formas físicas culturales” (García, 1998:28). Como lo indica Besse (2006), el Paisaje es un territorio producido y practicado por las sociedades con arreglo a motivos tanto económicos como políticos y culturales.

Jackson (1969: 46) enmarca dos puntos fundamentales para el estudio de los Paisajes, sobre los cuales se apoya este trabajo:

- a) El Paisaje es un espacio organizado, es una manera de ver y de imaginar el mundo. Pero ante todo es una realidad objetiva, material, producida por los hombres. Todo Paisaje es cultural, no porque es “visto” por una cultura, sino porque ha sido producido en el seno de un conjunto de prácticas

económicas, políticas y sociales, y según los valores que en cierto modo simboliza.

- b) El Paisaje es una obra humana, el aspecto morfológico del Paisaje es en realidad la expresión de una relación más profunda entre el hombre y la superficie de la Tierra, una relación activa y práctica por medio de la cual el hombre transforma su medio natural.

El Paisaje debe ser pensado como una totalidad compleja que para ser conocida necesita ser desestructurada. Esta descomposición, sin embargo, debe entenderse como un paso, nunca como un punto de llegada, ya que lo simple no es más que un momento arbitrario de la abstracción, un medio de manipulación arrancado a la complejidad, por lo que al final debe buscarse la integración, la estructuración, a fin de alcanzar una unidad interpretativa completa (Cruz, 2012).

Cuando se adentra en la historia del Paisaje, se accede a la identificación de las continuidades o hechos que suceden sin cambios bruscos o a las rupturas que son modificaciones que producen cambios profundos de las lógicas en la constante transformación del entorno (Roberts, 1992).

Urquijo (2014) considera al Paisaje como una *Geomorfología cultural*, debido a que, los modelados que se imprimen sobre el medio pueden ser consecuencia de las concepciones, necesidades o ambiciones de los seres humanos, de ahí la importancia de conocer los aspectos culturales que dirige el moldeado paisajístico. El mismo autor señala que un Paisaje necesita de cuatro elementos como una necesidad explicativa, los cuales son:

1. **Un fragmento o espacio geográfico**, entendiendo éste como la superficie terrestre y la biosfera, utilizado socialmente para la existencia humana y que es soporte de sistemas de relaciones tanto de orden biofísico como sociocultural.

2. **El sujeto o sujetos** que lo interpretan, tanto aquellos que viven de manera cotidiana esa unidad espacial como por los que llegan de fuera y desde una posición aparentemente externa.
3. **Los factores que influyen o dirigen la alteración, modelado o transformación del Paisaje.** Estos pueden ser producto de algún fenómeno biofísico –tales como el cambio de clima, la fotosíntesis, el movimiento de las placas tectónicas–, pero también por factores socioculturales, como la historia, las relaciones de poder o las técnicas, modas y necesidades de los sujetos que interpretan o de los que viven en el lugar.
4. **El moldeado o la interpretación resultante del vínculo entre los dos primeros elementos,** el cual puede ser *in visu* –un mapa, una fotografía, una descripción textual –como *in situ*– un jardín, un área natural protegida, un conjunto de parcelas–.

De acuerdo con lo anterior, para el caso de esta investigación se consideró como espacio geográfico el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca. Como sujeto, el propio autor de la investigación, así como los actores sociales que interactúan de manera cotidiana en el espacio referido.

Como factor de influencia principal se tomó a la Geomorfología como resultado de la constante erosión que existe en el geoparque y, por último, la interpretación resultante que se realiza a través del mapa de unidades de paisajes geomorfológicos sobre la base de una interpretación tipológica que se distingue por la semejanza y la repetitividad, además del enfoque de la Geomorfología Cultural dado que muchos aspectos del modelado del terreno son consecuencia de las actividades humanas a través del tiempo.

La Mixteca Alta y específicamente el GMUMA han sido distinguidos por su belleza escénica y por su complejidad geológica y estructural, elementos que se encuentran determinados por una constante interacción e interdependencia de otros componentes naturales e incluso de origen antrópico.

Existe en la actualidad una gran variedad de enfoques para la caracterización del paisaje, que ha aumentado a partir de 1990, una razón, entre otras, es la disponibilidad de métodos avanzados de análisis estadístico en combinación con los Sistemas de Información Geográfica, así como la cobertura de información a diferentes escalas, lo cual ha brindado nuevas oportunidades para sistematizar los elementos del paisaje (Simensen, (2018).

El desestructurar a la zona de estudio en elementos naturales (litología, clima, suelos, vegetación) y considerar al ser humano en diferentes momentos de la configuración del paisaje (como elemento detonador de los procesos actuales debido al uso de las fuerzas productivas, como usuario de los bienes y servicios; y como posible contenedor del deterioro ambiental), permitirá, como menciona Cruz (2022), buscar la integración y estructuración a fin de alcanzar una unidad completa de interpretación, la cual se verá reflejada en la representación y análisis de los paisajes geomorfológicos.

1.2. Geografía del Paisaje

El análisis de la superficie terrestre ya era común entre los geógrafos del siglo XIX, esto, a raíz de la publicación de las obras de Humboldt donde expresa el término Paisaje como referencia metodológica central (García y Muñoz, 2002).

Schüler, Passarge, Sauer y Brunhes, son considerados como los principales promotores del siglo XX de considerar a la Geografía como una “ciencia del Paisaje”, lo cual implementó, al ya de por sí complejo concepto de paisaje, un entramado teórico y metodológico (Muñoz, 1989).

Para Hartshorne, (1939) existen bajo la denominación de Geografía del Paisaje dos líneas de investigación. Para una de ellas, la Geografía en cuanto a ciencia del Paisaje no era otra cosa que el estudio de la diferenciación territorial o regional de la superficie terrestre. Para la otra, el Paisaje era ante todo la expresión del ecosistema humano, es decir del sistema de relaciones entre el hombre y su medio (García y Muñoz, 2002).

Como la mayoría de las ciencias, la Geografía ha transitado por diferentes perspectivas de acuerdo con el paradigma científico que se encuentra en boga. El término Paisaje ha sufrido junto con la Geografía ese ir y venir, un ejemplo de ello es el cambio de planteamiento que se dio con la llegada del positivismo y el neopositivismo, donde el término Paisaje fue desacreditado por no ser considerado con el rigor científico necesario, ya que el término refiere en sí mismo unicidad cuando, de acuerdo con estas posturas, en la ciencia no existen eventos únicos. Por lo tanto, se dio una transformación del término Paisaje al concepto de “espacio”.

Mateo y Da Silva (2007) señalan que la noción de Paisaje, dentro de la Geografía, ha tomado diversas interpretaciones, de acuerdo con la corriente o escuela que use el término, lo cual ha dado lugar a una confusión teórica y metodológica. El mismo autor, junto con Ortega (1997) mencionan algunas de estas nociones, que son:

- **El Paisaje natural de la Geografía tradicional:** Esta concepción (desarrollada por los geógrafos rusos del siglo XIX y posteriormente por la Geografía soviética) da lugar a una Geografía del Paisaje de un corte esencialmente naturalista, en la que el Paisaje se refería como unidades naturales existentes. Esta visión considera a la naturaleza como un todo, formada por partes (elementos y componentes) que se encuentran en constante interacción, por lo cual, se le asocia a esta visión del Paisaje con la concepción de la Teoría General de Sistemas.
- **El Paisaje de la Geografía neopositivista clásica:** Esta visión fue introducida por Passarge y Schulter, y se basó en el concepto alemán *Landschaft* que va más allá de una acepción de corte naturalista. En esta Geografía se distingue al Paisaje cultural como el resultado de las relaciones ente el ser humano y su medio, y se manifiesta como la expresión sintética y visual de la región.
- **El Paisaje de la nueva Geografía:** En esta concepción los conceptos Paisaje y región fueron erradicados. Este paradigma busca leyes o regularidades

empíricas sobre la forma de patrones espaciales, es decir, en vez de la descripción de la morfología del Paisaje, se trata de realizar una rigurosa tipología de los patrones espaciales. En vez de la descripción subjetiva, de lo que se trata es de la objetividad descriptiva del lenguaje de las matemáticas (Lobato, 1995).

- **El Paisaje de la Geografía humanística:** Para esta perspectiva el poner límites espaciales fue una tarea secundaria, ya que apuntó hacia una realidad basada en aspectos psicológicos. El objeto de la Geografía, según esta corriente, son los lugares, los espacios concretos asociados a la experiencia particular, las sensaciones y los valores de los seres humanos. Privilegia lo singular y no lo particular o lo universal. La cuestión ambiental es contemplada desde la óptica de la percepción humana, de la sensibilidad del sujeto.
- **La noción de Paisaje de la Geografía crítica:** Esta corriente de la Geografía consideró al espacio geográfico como un reflejo de las relaciones capitalistas de producción. Al igual que para la Geografía humanística el poner límites espaciales constituyó una tarea secundaria. Se considera al espacio como un objeto social, resultado de la producción social del espacio.
- **La Geografía ambiental:** Parte de las concepciones de la eco-Geografía desarrollada por Jean Tricart a partir de 1960 en Francia, de la Geo-Ecología formulada en Alemania por Karl Troll y la Geografía de los Landschafts, de los geógrafos soviéticos. En esta visión se privilegia la articulación espaciotemporal de las diferentes categorías de sistemas ambientales, básicamente, teniendo a la naturaleza como el centro de las interrelaciones, y al concepto de Paisaje natural como la categoría fundamental de estudio.

La Geografía de los Paisajes se ha ido consolidando como transdisciplinaria en el contexto de los saberes y las ciencias ambientales, vistos como uno de los grandes

temas del debate epistemológico. A través de la visión geocológica del Paisaje se van rompiendo las fronteras rígidas del estudio de los objetos fragmentados, pasando al análisis de la totalidad sistémica. La concepción científica sobre la Geografía de los Paisajes, como base para la planificación ambiental del territorio, es considerada como un sistema de métodos, procedimientos y técnicas de investigación cuyo propósito consiste en la obtención de un conocimiento sobre el medio natural (Mateo, 2002).

La Geografía del Paisaje es definida por la Unión Geográfica Internacional (I.G.U. por sus siglas en inglés, 1983, en Rougerie y Beroutchtchvili, 1991), como la disciplina científica que estudia el Paisaje, ha recorrido las siguientes etapas (Figura 1.1):

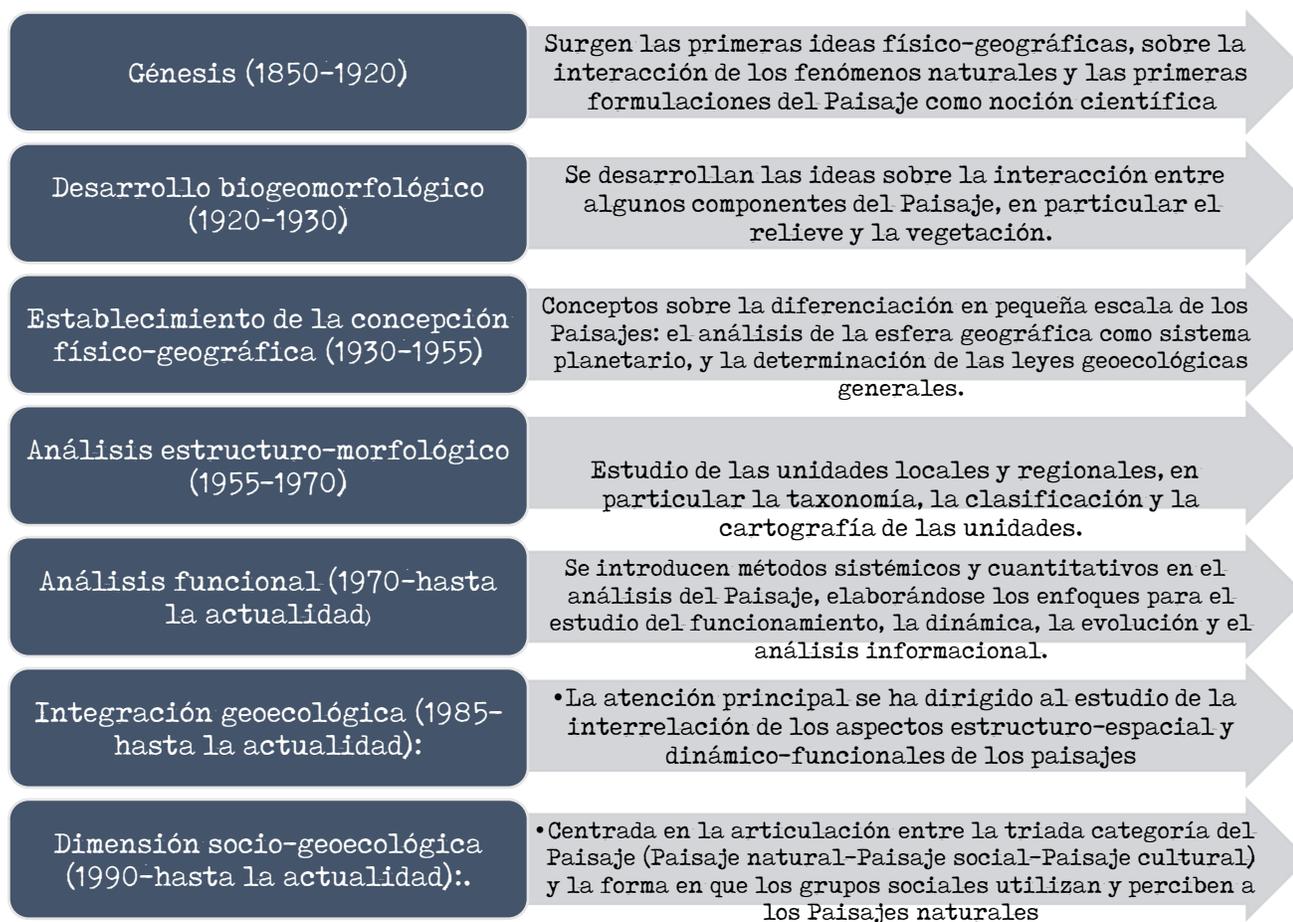


Figura 1.1. Etapas de la Geografía del Paisaje.

Fuente: Elaboración propia con base en: Rougerie y Beroutchtchvili (1991).

Debido al arsenal conceptual y a los métodos de estudio, la Geografía de los Paisajes se puede considerar como una ciencia ambiental, que ofrece una contribución esencial al conocimiento de la base natural del medio ambiente, entendido éste como el medio global. Mateo (2002) enmarca los siguientes postulados como básicos en los estudios que tienen como base a la Geografía de los Paisajes.

1. La noción del Paisaje natural es el concepto básico de la Geografía de los Paisajes. El Paisaje natural, se concibe como una realidad cuyos elementos están dispuestos de manera tal que subsisten desde el todo, y el todo, subsiste desde los elementos, no como objetos caóticamente mezclados, sino como conexiones armónicas de estructura y función. El Paisaje, es así, un espacio físico y un sistema de recursos naturales en los cuales se integran las sociedades en un binomio inseparable entre la sociedad y la naturaleza.
2. El Paisaje se concibe como un sistema de conceptos, formado por el trinomio "Paisaje natural-Paisaje social-Paisaje cultural.
3. El Paisaje natural, se concibe como un geosistema, el cual se define como el espacio terrestre, de todas las dimensiones, donde los componentes naturales se encuentran en una relación sistémica unos con los otros, y como una integridad definida, interactuando con la esfera cósmica y con la sociedad humana. Concebir así al Paisaje como un sistema significa tener una percepción del todo, comprendiendo las interrelaciones entre las partes del sistema.
4. Analizar el Paisaje desde una visión dialéctica. Esto significa, aceptar su existencia y su organización sistémica, como una realidad objetiva, considerándolo como un sistema material y como una totalidad, que se presenta como un fenómeno integrado, muy diferente a visualizarlo de una forma fragmentada.
5. Concebir de tal manera al Paisaje como un polisistema en la interfaz Naturaleza-Sociedad. Se acepta por un lado su materialidad, es decir, la

existencia de una estructura y un funcionamiento propio de los cuerpos naturales, y, por otra parte, el hecho de que el status paisajístico de estos cuerpos naturales es determinado por el sistema de producción económica y cultural, cuyos efectos difieren según las producciones y los grupos sociales. Son así verdaderos espacios naturales, que las sociedades transforman para producir, habitar, vivir y soñar. Se pasa así de la acepción de Paisaje natural a la aceptación de Paisaje como formación antroponatural.

6. El Paisaje responde a la orientación de todas las disciplinas científicas, en primer lugar, la Geografía y la Ecología, dirigida a determinar lo concreto y lo visible, que es discernible de manera directa de la realidad. Así, el Paisaje sirve como un concepto “diagonal” transdisciplinario, que permite la articulación de la dimensión socio natural.
7. El carácter integrador que tiene intrínseco el concepto de Paisaje es el que ha dado, a través de los años, una identidad con la Geografía física, la cual, explica los fenómenos del mundo natural y material, y en conjunto con ramas auxiliares, como la Geomorfología, ha de conceptualizar las distintas representaciones de la Tierra, que da una idea del modelado, caracterización y entendimiento de un sinfín de interrelaciones sistémicas geográficas.

En las últimas décadas la Geomorfología, como disciplina geográfica y geológica, ha tenido una aplicación importante para realizar estudios bajo una concepción de Paisaje integrado (de Bolós, 1992) introduciendo así el concepto de Paisaje geomorfológico, el cual, es la base de este trabajo.

Canchola, et al. (2016) plantean que la Geomorfología y el Paisaje se entienden como un binomio indisoluble y complementario a través de varias concepciones teórico-funcionales como la “Geomorfología del Paisaje”, lo cual permite comprender los procesos sistémicos-funcionales entre la esfera invisible del modelo geosistémico y las relaciones visibles aparentes en el territorio.

Los mismos autores presentan a través de la Figura 1.2, la relación que existe entre la Geomorfología y el estudio del Paisaje en diferentes momentos históricos, considerando los principales aportes y enfoques desde la ciencia geomorfológica, lo que ha dado como resultado una evolución, desde una descripción morfológica, hasta comprender que la génesis y la morfodinámica de las geoformas, transforman y dan lugar a sucesiones en el Paisaje, que condicionan la interrelación con los otros elementos bióticos y abióticos.

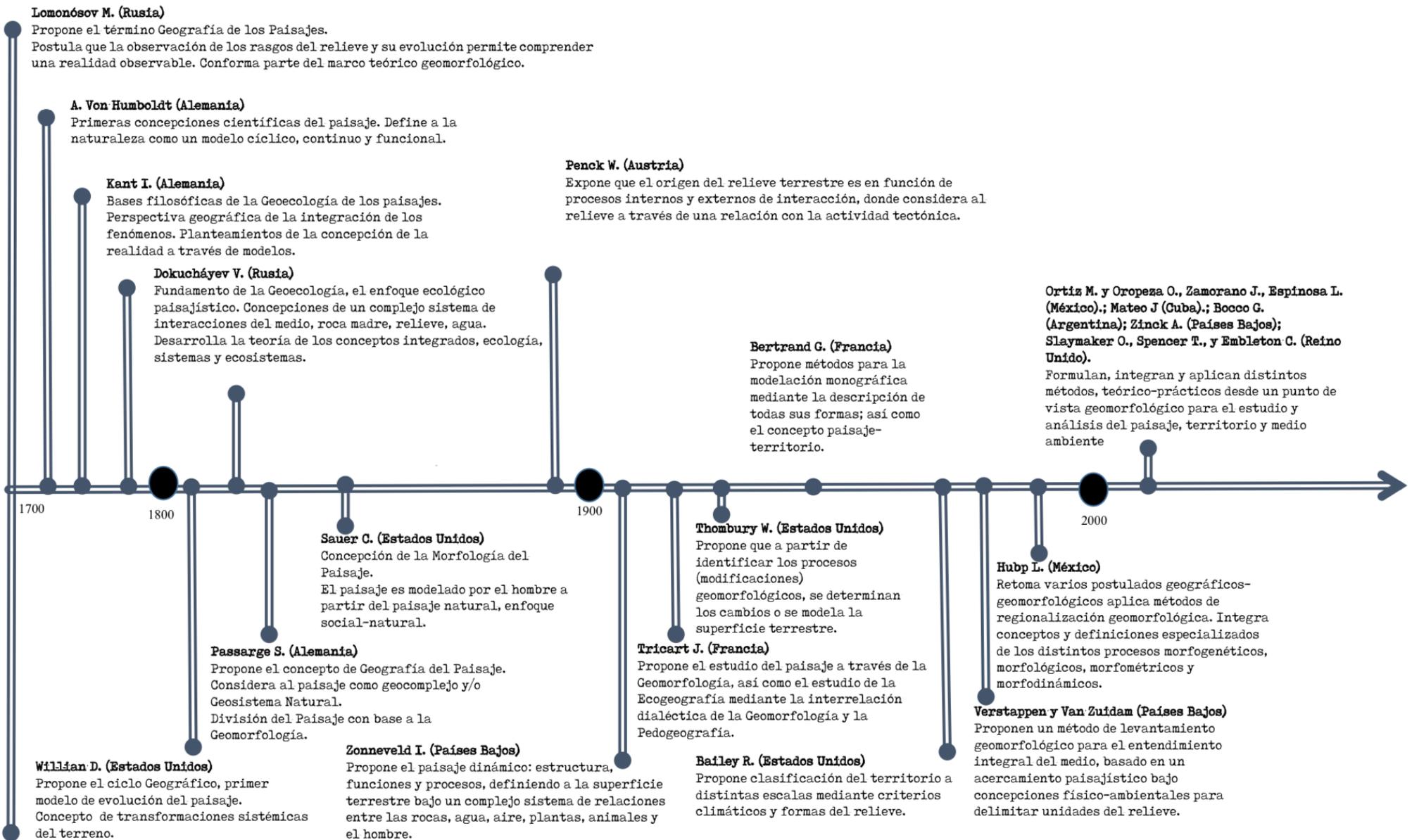


Figura 1.2. Línea del tiempo de exponentes y el aporte de la geomorfología en el estudio del Paisaje.

Fuente: Modificado de Canchola, et al. (2016).

Diversos autores han dedicado sus investigaciones al análisis, clasificación e interpretación de los Paisajes geomorfológicos. Hachenburger y Souch (2004), por ejemplo, proponen seis “principios geomórficos” que describen aspectos clave de la estructura y función del Paisaje. En estos principios se observan los diferentes elementos, así como la dinámica que debe ser considerada para el análisis de los Paisajes geomorfológicos (Figura 1.3).

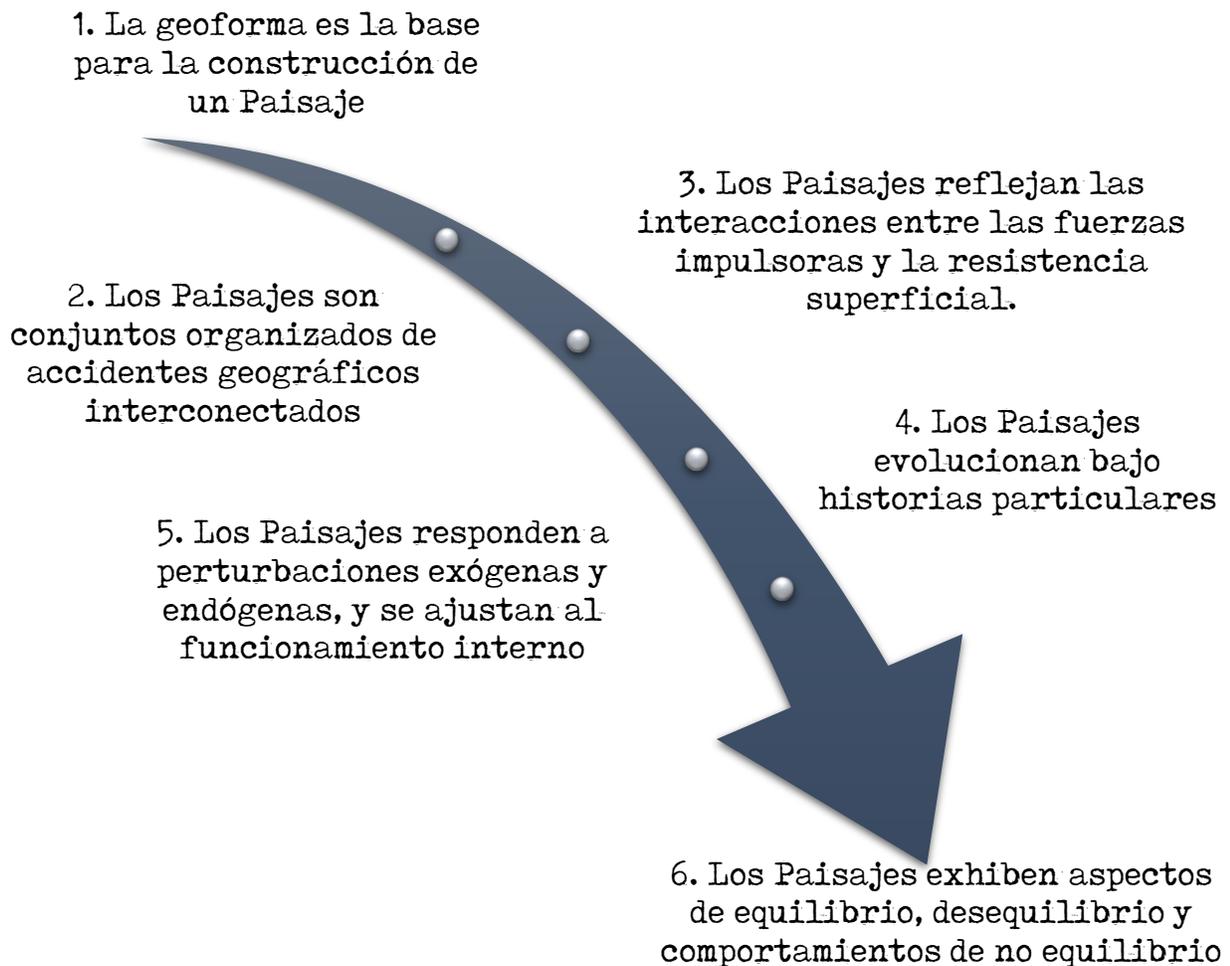


Figura 1.3. Principios geomórficos de la estructura del paisaje.
Fuente: Elaboración propia, con base en Hachenburger y Souch, 2004.

El concepto de paisaje incluye en sí mismo una función sintética e integral, en él se expresa un marco dinámico e interactivo de los componentes territoriales, desde los rasgos físicos como la geomorfología, el clima, la morfoestructura, así como componentes bióticos como el suelo o la vegetación. A partir del nivel de análisis del paisaje es posible trabajar la dinámica con resultados de interés social al ser humano, establecer los factores causales, así como valorar los estados y las tendencias a corto y mediano plazo (Regier, 1993).

Martín (1997) menciona la contribución del relieve a la configuración general del territorio. Menciona que este enfoque conduce a la Fisiografía y los análisis estructurados del territorio (clasificaciones territoriales). Los métodos fisiográficos permiten diferenciar y clasificar el territorio por su apariencia (fotografía aérea, imagen de satélite), lo cual posibilita establecer unidades de paisaje como base para su valoración o evaluación. Un ejemplo de cartografía de paisajes que utiliza criterios geomorfológicos lo presentan Bañón et. al. (1992, en Martín, 1997) que considera como “dominio geomorfológico”, “posición fisiográfica” y “fuerzas del relieve” junto con “vegetación y usos” para definir unidades de paisaje intrínseco.

El conocimiento de la historia del relieve permite caracterizar el medio en términos dinámico-evolutivos, es decir; cómo puede reaccionar el territorio ante la implantación o abandono de una actividad humana, o la rehabilitación de espacios degradados. Esto lleva a concluir que la Geomorfología aplicada, y los paisajes como parte de esta, deben intensificar sus aportaciones a los problemas derivados de las actuaciones humanas en el territorio. Junto a los estudios sobre riesgos de origen natural, que históricamente han sido los más desarrollados, se debe incidir en trabajos sobre planificación integrada, evaluación de impactos ambientales y restauración ecológica (Martín, 1997) y, desde luego, en el ordenamiento territorial.

El mismo autor señala que el conjunto de las aplicaciones geomorfológicas tiene su tratamiento más adecuado dentro de la planificación integrada; la cual precisa de sistemas de análisis cuyo punto de partida son clasificaciones que se apoyan en unidades territoriales homogéneas, siendo su rasgo más evidente la fisionomía del terreno. Teniendo en cuenta que la Geomorfología se ocupa de este tema y lo completa con criterios dinámicos y evolutivos, las clasificaciones del relieve son la aportación sintética que hace esta ciencia a los estudios de planificación integrada u ordenamiento territorial.

Ruxton (1968) señala que los estudios para planeamiento y desarrollo no deberían consistir en hacer solo inventarios y clasificaciones, sino que habría que estudiar en detalle los procesos que han intervenido e intervienen en el territorio, así como su interrelación para conocer sus verdaderas capacidades o aptitudes y predecir los efectos que tendrán las actividades humanas que se implanten en el mismo. Como idea fundamental, el autor hace hincapié en la necesidad de reconocer el grado de desequilibrio de un territorio con respecto a su tendencia natural, para inserta mejor en él las actividades humanas.

Otros autores como Godfrey y Cleaves (1991) plantean la importancia de considerar los procesos geomorfológicos que actúan y han actuado en un *landform*: esto es determinante para conocer cuál es el estado de equilibrio de esa unidad, y en definitiva, cómo puede reaccionar ante una modificación humana. Proponen analizar los cambios de cada unidad considerando los aspectos dinámicos reconocidos tradicionalmente por la geomorfología americana (ciclo de Davis).

Dentro de los factores geomorfológicos que tienen presencia en la zona de estudio se encuentra el humano. Si bien la intensidad de su influencia depende de la energía liberada por la sociedad, que podría considerarse insignificante en comparación con las fuerzas endógenas de la Tierra, como movimientos tectónicos o actividades volcánicas, se ha demostrado la importancia de considerarse dentro de los procesos formadores del relieve (Szabó, 2010).

Lo anterior hace necesario mencionar algunos de los postulados sobre la geomorfología antropogénica, la cual es definida por Szabó (2010) como la descripción de la amplia gama de accidentes geográficos de la superficie terrestre, que pueden ser diversos en origen y propósito, creados por el funcionamiento de la sociedad humana.

La acción geomorfológica humana puede inducir cambios ambientales en cascada, cuyo estudio debe considerarse desde la geomorfología antropogénica. Los seres humanos interfieren con los sistemas naturales, lo cual, ha perturbado el equilibrio dinámico de los procesos geomorfológicos (Szabó, 2010).

El alcance de la geomorfología antropogénica incluye tanto el estudio de formas de relieve realizado por el ser humano, así como la investigación de los cambios de la superficie, inducidos por él mismo.

El análisis de la geomorfología antropogénica se justifica debido a los procesos agrícolas que se han ejecutado históricamente en la Mixteca Alta, la cual, presenta una configuración de paisaje que responde, entre otros factores, a la implementación, desde la época prehispánica hasta la actualidad, de una tecnología agrícola denominada lamabordo o camellón. Se trata de una terraza agrícola construida en el fondo de los valles, donde se levantan muros transversales de diferentes materiales como rocas, o diversos tipos de plantas arbustivas y arbóreas, ahí se acumulan sedimentos y suelos que son aprovechados por la agricultura (López, 2016).

Aunado a lo anterior, se retoman los postulados de Zinck (2012) y Ortiz y Oropeza (2010), quienes afirman que los Paisajes geomorfológicos son el soporte de los espacios humanizados, otros que aún conservan su condición de naturalidad y algunos más que están en proceso de destrucción.

En este tipo de Paisajes, de acuerdo con los autores antes mencionados, se conjugan riquezas como las geológicas, paleontológicas, edafológicas y de la

biodiversidad, las cuales, son recursos de valor científico, educativo, turístico, de belleza y significación, entre otros.

La diferenciación de los Paisajes geomorfológicos representa un factor esencial que indiscutiblemente debe estar ligado a la planeación y al manejo integral de un territorio a través del ordenamiento territorial.

De acuerdo con Zinck (2012), los Paisajes geomorfológicos son porciones amplias de terreno con rasgos fisiográficos definidos, además presentan una repetición de tipos de relieve, así como procesos de modelados similares. Un ejemplo de esto es una planicie aluvial activa, que puede estar constituida por una repetición del mismo tipo de modelado, usualmente llanuras.

En contraste, un valle muestra por lo general una asociación de varios tipos de relieve/modelado, tales como llanura de inundación, terrazas, abanicos aluviales y glacis (Figura 1.4).

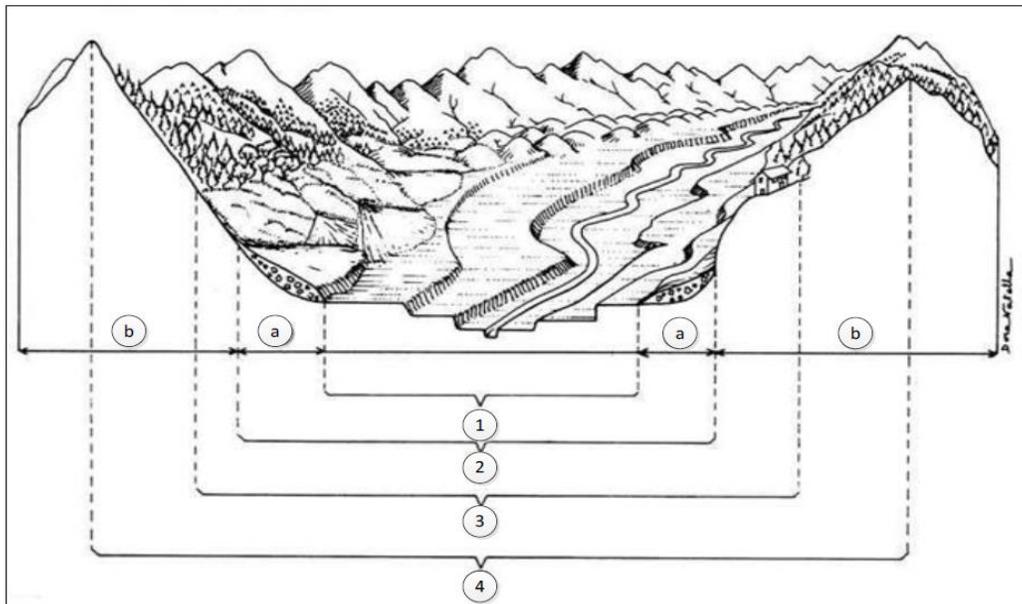


Figura 1.4. Diferentes definiciones del concepto “Valle” y su expresión espacial.
Fuente: Recuperado de Zinck, 1980.

1. Valle como área de deposición de los aportes longitudinales de sedimentos, correspondiente a la vega (llanura de inundación) y a las terrazas del fondo de valle.
2. Valle como área de deposición de los aportes longitudinales y de los aportes laterales de sedimentos, incluyendo los planos inclinados del piedemonte.
3. Valle como área directamente influenciada por la ocupación humana, incluyendo los tramos inferiores de las vertientes circundantes.
4. Cuenca hidrográfica, a. Piedemonte, b. Montaña

En síntesis, el paisaje geomorfológico es un ensamble de unidades naturales homogéneas. Vistas desde su geología, relieve y drenaje superficial, que son los elementos y los componentes principales que guían y dan sentido a la uniformidad relativa de cada estructura espacial. De esta manera, la identificación de las unidades del paisaje supone una regularidad interna que es el resultado de los procesos formadores del mismo.

Desde esta perspectiva, y retomando lo que menciona Mateo (2002), la Geografía del Paisaje aporta una perspectiva integral a la planificación del territorio, otorgando el conocimiento necesario del medio natural e incluso social. Es justo, con este enfoque, que se plantea la necesidad del análisis paisajístico del GMUMA, entendiendo al paisaje como un todo, compuesto de diversos elementos interrelacionados entre sí; con una estructura y un funcionamiento propio que, históricamente, ha sido determinado por su sistema de producción tanto económica, como social.

Si bien la Geografía como ciencia se ha caracterizado por su análisis holístico e integral, ha necesitado de diversas ciencias o ramas del conocimiento para fortalecer el aporte científico a sus estudios. Para este caso se consideró a la Geomorfología como el eje conductor ya que el realizar la interpretación de los procesos generadores y modeladores del relieve, permite la conformación de unidades territoriales, necesarias en la toma de decisiones.

1.3. El ordenamiento territorial.

Con base en lo señalado en el apartado anterior, se considera importante definir qué es el Ordenamiento Territorial, el cual, es un concepto difundido tanto en el ámbito académico como en el de la administración pública, lo que da lugar a la existencia de diversas definiciones del término (Zentella, et al., 2010).

Antes de llegar a la noción de ordenamiento del territorio con el enfoque integral con el que se concibe en la actualidad, la planificación territorial transitó por distintas etapas, las cuales se sintetizan en la Figura 1.5.

De acuerdo con Massiris (1991, en Palacio, Sánchez y Casado, 2004:76) el Ordenamiento Territorial (OT), se concibe como un proceso y una estrategia de planificación, de carácter técnico-político, con el que se pretende configurar, una organización del uso y la ocupación del territorio, acorde con las potencialidades y limitaciones de este, además de considerar las expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos sectoriales de desarrollo.

En la Carta Europea de Ordenación del Territorio, firmada por los países representados en la Conferencia Europea de Ministros Responsables en Materia de Ordenación Territorial (CEMAT, 1983), se presenta una de las definiciones con mayor aceptación, la cual señala al OT como:

La expresión espacial de las políticas económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad. Es, a la vez, una disciplina científica, una técnica administrativa y una política, concebida como actuación interdisciplinaria y global cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector.



Figura 1.5. El ordenamiento territorial en el marco general de la planificación del territorio.

Fuente: Modificado de Sánchez y Palacio, 2014.

Para México, las actividades de planificación en forma más sistemática comenzaron en 1930, con la promulgación de la Ley sobre Planeación General de la República, publicada en el Diario Oficial de la Federación (Massiris, 2003). En la actualidad, el OT constituye un instrumento de planificación territorial que está contemplado dentro del Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio.

Sánchez, Bocco y Casado (2013), señalan que el objetivo final del OT es que exista en la sociedad una calidad superior de vida, vista desde la concepción más amplia, es decir, que incluya la sostenibilidad ambiental, social y económica, para así lograr el desarrollo social y económico en armonía con el entorno natural.

Por sostenibilidad ambiental se entiende utilizar los recursos naturales de forma que su uso no exceda su capacidad de reproducción; conforme a su aptitud natural y a la capacidad de acogida del territorio, y evitar que el impacto sobre el ambiente sea mayor a la capacidad de los componentes naturales para asimilar los desechos, vertidos y emisiones (Gómez-Orea, 2002). Como sostenibilidad social se expresa que, como resultado del proceso de OT, la sociedad pueda elevar sus niveles de bienestar; y la sostenibilidad económica implica que una actividad económica es rentable y viable cumpliendo con los objetivos de lograr la sostenibilidad ambiental y social (Sánchez, Bocco y Casado, 2013).

De acuerdo con Palacio et al. (2004), el OT comprende cuatro etapas: 1) Análisis y Diagnóstico territorial 2) Prospectiva o diseño de escenarios 3) Formulación del plan y 4) Gestión territorial (Figura 1.6).

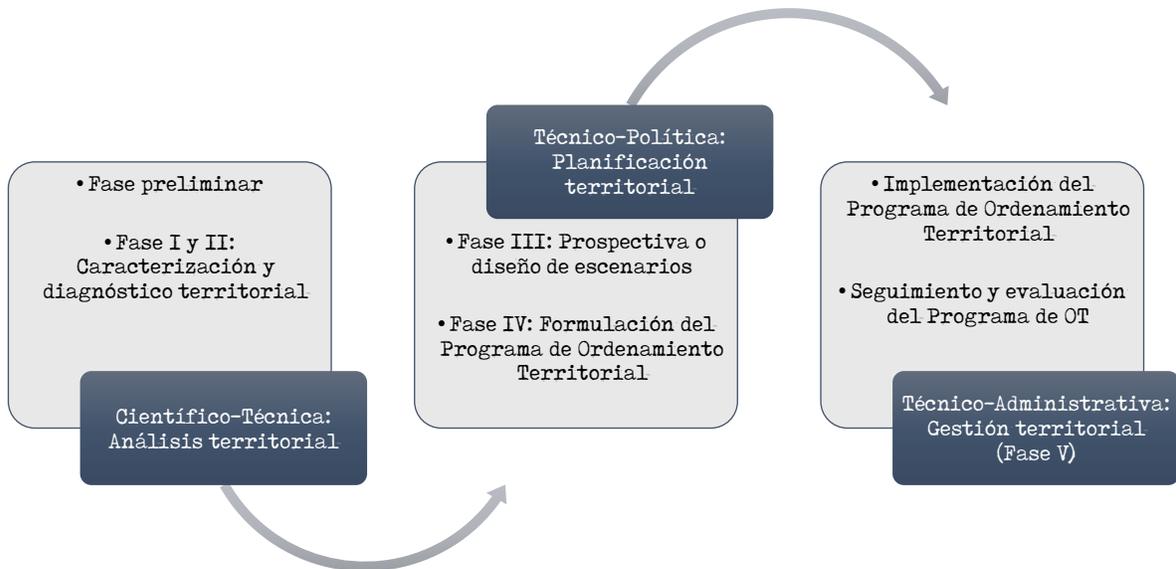


Figura 1.6. Fases del proceso de Ordenamiento Territorial.

Fuente: Recuperado de Sánchez, Bocco y Casado, 2013.

Los mismos autores señalan que en la integración de un plan de OT se consideran cuatro subsistemas: 1) Subsistema natural 2) Subsistema económico 3) Subsistema social y 4) Subsistema urbano-regional.

Lo anterior significa que el OT de un país, región, entidad territorial o un geoparque es el resultado de la incidencia espacial de las políticas ambientales, sectoriales de desarrollo y manejo político administrativo del territorio. Por lo tanto, los OT deben incorporar estrategias de manejo sostenible de los recursos naturales y de preservación de las condiciones ambientales adecuadas para la vida humana.

Palacio et al. (2004), proponen siete indicadores para caracterizar al medio natural, con el fin de realizar el ordenamiento territorial:

1. Cambio de uso de suelo y vegetación
2. Tasa de deforestación
3. Relación cobertura natural/cobertura antrópica
4. Relación cobertura natural/cobertura antrópica por municipio
5. Extensión de la frontera agrícola

6. Áreas naturales protegidas

7. Erosión de suelo

Como se explica en los párrafos anteriores, existe un amplio marco teórico y metodológico que fundamenta la necesidad y utilidad de los ordenamientos territoriales, sin embargo en la zona de la Mixteca Alta son pocos los planes que se han elaborado con estas características, específicamente para el área de estudio. Cruz (2022) realizó un análisis sobre los acercamientos al ordenamiento territorial que han existido; en su investigación destaca que, a nivel estatal existe el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Territorio del Estado de Oaxaca, en el cual se establecen criterios de sostenibilidad para algunas actividades productivas, a través de un Modelo de Ordenanza Ecológica que define 55 unidades de gestión ambiental para todo el territorio oaxaqueño.

La misma autora menciona la existencia del Plan Regional de Desarrollo de la Mixteca (2011-2016), sin embargo, se presenta como un documento de diagnóstico que no genera directrices directas en la toma de decisiones.

Los nueve municipios del GMUMA han realizado Planes de Desarrollo Urbano (PDU), los más recientes elaborados en el año 2020 (San Andrés Sinaxtla, San Juan Teposcolula, Santo Domingo Yanhuitlán, Santa María Chachoapam y Santiago Tillo), si bien estos documentos presentan un intento sobre la regulación del uso del suelo, no se mencionan tipologías o clasificaciones de este; algunos de estos documentos mencionan la intención de generar a futuro ordenamientos territoriales.

En los PDU de San Andrés Sinaxtla, Santo Domingo Yanhuitlán, Santa María Chachoapam y Santiago Tillo, se hace una breve mención del proyecto del GMUMA, sin embargo, se considera únicamente en los apartados de patrimonio y turismo (geopatrimonio y geoturismo). Lo anterior da una idea del desconocimiento que todavía tienen las autoridades sobre el geoparque como base para la integración del territorio, y a la vez, deja al descubierto la necesidad de un ordenamiento

territorial que oriente las actividades permitidas en la zona, en pro de la geoconservación.

Considerando los elementos anteriores se concluye que el análisis del paisaje geomorfológico permite prever la evolución de la configuración de la superficie terrestre en el tiempo, y, por tanto, la posibilidad de ser utilizada como elemento predictor de su comportamiento de forma natural, o como respuesta ante las actuaciones antrópicas. Ello permite estudiar al territorio en términos de dinámica y evolución, para aproximarse al grado de equilibrio o tendencia. Es en este contexto de “grados de estabilidad” o “equilibrio” donde la Geomorfología puede y debe aportar información clave para la evaluación territorial.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL, SOCIOECONÓMICO Y CONTEXTO HISTÓRICO CULTURAL DEL GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO MIXTECA ALTA

El presente capítulo aborda la caracterización del estado actual del medio natural y socioeconómico del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (GMUMA), Oaxaca, esto con el objetivo de analizar y comprender las dinámicas generadas por los procesos de erosión/sedimentación, en conjunto con las prácticas sociales, que han dado origen a los paisajes geomorfológicos de la zona.

Los Geoparques Mundiales de la UNESCO son áreas geográficas únicas y unificadas, en las que se gestionan sitios y paisajes de importancia geológica internacional, con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible (UNESCO, 2017). Un geoparque mundial de la UNESCO utiliza su patrimonio geológico, en conexión con todos los demás aspectos del patrimonio natural y cultural del área, para aumentar la conciencia y la comprensión de las principales cuestiones que enfrenta la sociedad, como el aprovechamiento sostenible de los recursos de la Tierra, la mitigación de los efectos del cambio climático y la reducción del impacto de los desastres de origen natural (UNESCO, 2017).

El 5 de mayo del año 2017, la UNESCO otorga al Geoparque Mixteca Alta la categoría de Geoparque Mundial, debido, entre otros aspectos, al paisaje, resultado de una interacción entre la naturaleza, en particular de los aspectos geológicos, y la sociedad. El uso milenario del suelo ha resultado en un paisaje con diversas formas de erosión, muestra de los procesos que modelan la superficie terrestre y que han dado lugar a formas de relieve de interés para diversos investigadores (Geoparque Mixteca Alta, 2017).

2.1. El medio natural

Localización del área de estudio

El Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta se ubica en la región del mismo nombre (Figura 2.1), al noroeste del estado de Oaxaca. Sus coordenadas geográficas extremas son 17° 25' 20" y 17° 39' 27" de latitud norte y 97° 11' 53" y 97° 27' 40" de longitud oeste; su altitud oscila entre los 2,000 y los 2,950 msnm, ubicándose el punto más alto en el Cerro Verde o "Nudo Mixteco" que se encuentra a una altitud de 2892 msnm. Cuenta con una extensión de 415km² (Palacio *et al.*, 2015).

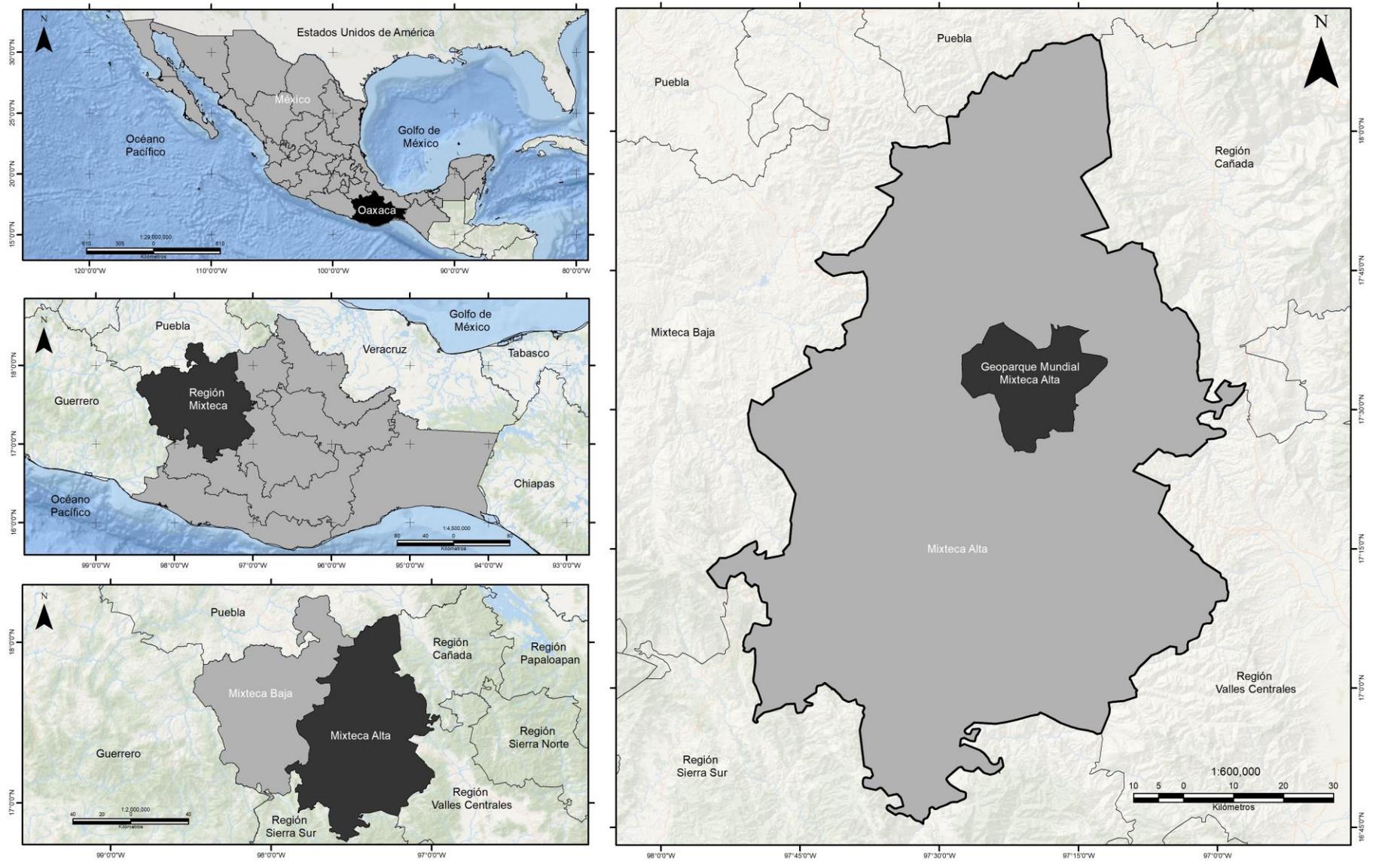


Figura 2.1. Localización del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta.
 Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996).

Aspectos fisiográficos

El GMUMA se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, la zona de estudio es una de las regiones más complejas del país, geológicamente hablando, ya que posee un basamento constituido por rocas precámbricas o paleozoicas metamórficas y plutónicas, y por una cubierta de rocas mesozoicas predominantemente marinas y rocas cenozoicas continentales, sedimentarias y volcánicas (Hermann, 2016).

Lugo (1990:99) señala que *“la zona pertenece a las Sierra Madre del Sur y a la subprovincia Mixteca Alta, la cual, refiere como un sistema de montañas conformado por grandes y complejas estructuras en bloques de diferentes tipos de rocas y edades; los factores que intervienen en la formación del relieve montañoso son las fuerzas tectónicas del interior de la Tierra, las cuales son muy activas en la actualidad, así como la gran variabilidad de condiciones climáticas, lo cual se refleja en una erosión muy intensa, lo que da lugar a altas concentraciones de corrientes fluviales y valles profundos”*.

Ortiz, Hernández y Figueroa (2004) elaboraron una regionalización fisiográfica para el estado de Oaxaca y de acuerdo con ellos, el GMUMA se encuentra dentro de la provincia denominada Montañas y Valles de Occidente, la cual corresponde a la región de la Mixteca, de relieve intrincado, cuya diversidad fisonómica deriva de la altitud y del estilo morfoestructural, manifestándose en un sistema de sierras cuyos ejes orográficos presentan un rumbo generalizado NNW-SSE; entre ellos se establecen varias llanuras intramontanas. La provincia Montañas y Valles de Occidente posee como rasgo característico un estilo lineal, paralelo y rotado en sentido de las manecillas del reloj de todos los componentes morfoestructurales del relieve, además de la alteración de bloques elevados (*horsts*) y depresiones (grábenes) que dan origen a llanuras complejas (Hermann, 2016).

El relieve del GMUMA es predominantemente montañoso, sin embargo, presenta zonas de valle o llanura intramontana, de hecho, el valle de Yanhuitlán junto con el de Nochixtlán y el de Chachoapam conforman la planicie regional más amplia de la Mixteca Alta (Oropeza *et al.* 2016a).

Marco geológico

La gran diversidad de paisajes y biodiversidad de Oaxaca, y específicamente del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, está relacionada con su fisiografía y la composición de su sustrato, las cuales, han sido originadas por una evolución geológica compleja, desde el Precámbrico y el Paleozoico (Centeno, 2004).

Es importante mencionar que los trabajos geológicos de la zona de estudio aún son insuficientes y varios de ellos se basan en escalas de representación cartográfica 1:250,000 (INEGI, 1984 y Servicio Geológico Mexicano 2000) y 1:50,000 (Ferrusquía, 1976; Santamaría, 2003; Montes de Oca, 2021 y Villa 2022), por lo que aún son necesarios estudios complementarios, especialmente a escala local. Además, existen discrepancias o inconsistencias en diversos aspectos; por ejemplo, los trabajos más recientes presentan zonas de origen aluvial en la porción noroeste de la zona, mientras que los más antiguos señalan presencia de rocas sedimentarias de las formaciones Yanhuitlán y Teposcolula. Del mismo modo, los trabajos más antiguos hacen referencia a estructuras de tipo hipabisal distribuidos en todo el geoparque, mientras que en los trabajos más recientes se clasifican como rocas de origen sedimentario, sin mencionar los cuerpos intrusivos. Otro ejemplo de discrepancia se encuentra en el trabajo de Santamaría (2003) donde se presenta una formación de edad paleozoica que no se distingue en ninguna de las otras representaciones cartográficas.

Por lo anterior, además de ser los trabajos que concordaban de manera más acertada a lo observado en campo, el marco geológico de esta tesis tiene como sustento principal los trabajos de Ferrusquía (1976), Santamaría (2003) e INEGI

(1984) además, en el mapa final de paisajes geomorfológicos se consideraron criterios basados en la fotointerpretación de la zona de estudio y el juicio de expertos.

En el GMUMA se encuentran ocho diferentes formaciones geológicas, pertenecientes a tres sistemas geológicos: Cretácico, Terciario y Cuaternario (Figura 2.2 y 2.3). Para el sistema Cretácico corresponden las formaciones San Isidro y Caliza Teposcolula, para el Terciario la formación Yanhuítlán, depósitos Teotongo, Toba Llano de Lobos, Andesita Yucudaac y rocas ígneas intrusivas o cuerpos hipabisales; para el sistema Cuaternario existen depósitos aluviales y caliches (Ferrusquía, 1976).

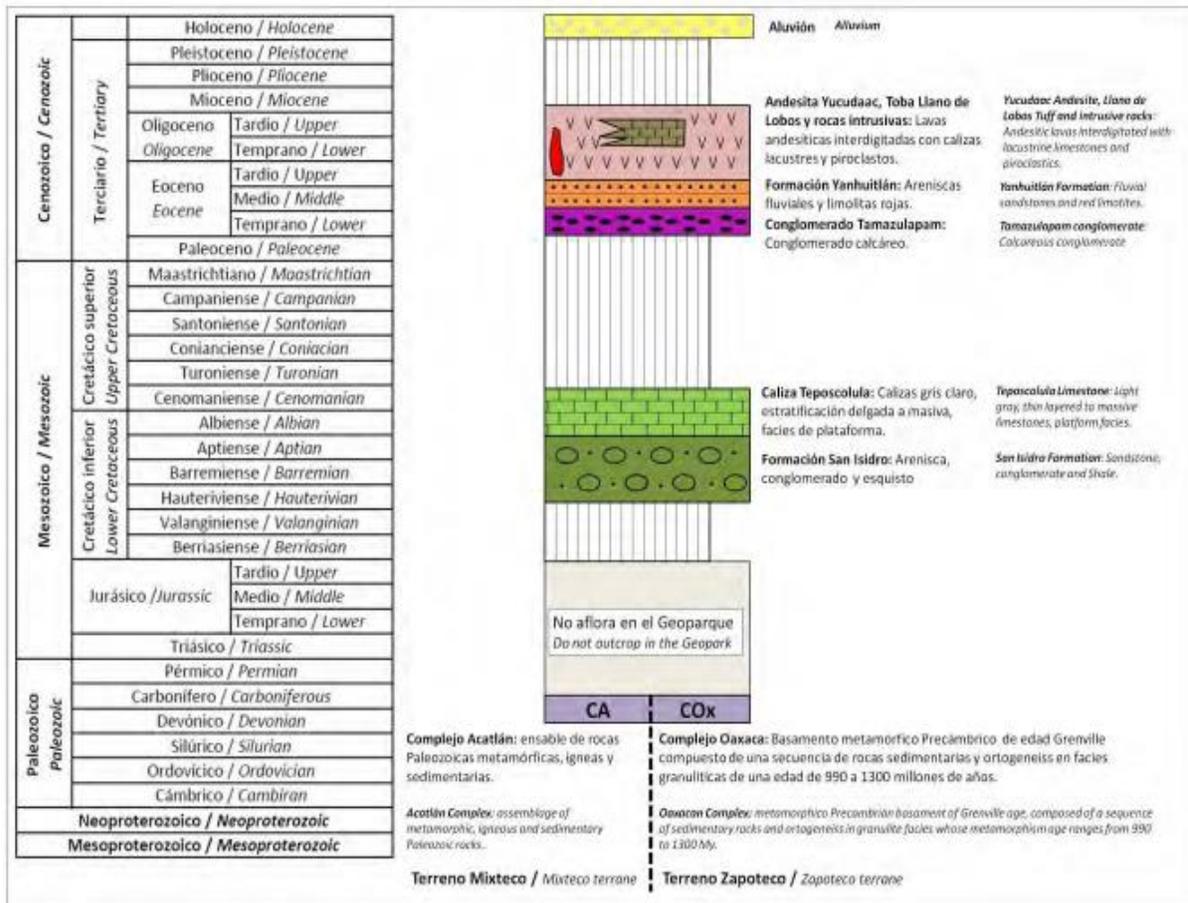


Figura 2.2. Columna estratigráfica Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta. Fuente: Ferrusquía (1970) y Santamaría (2003).

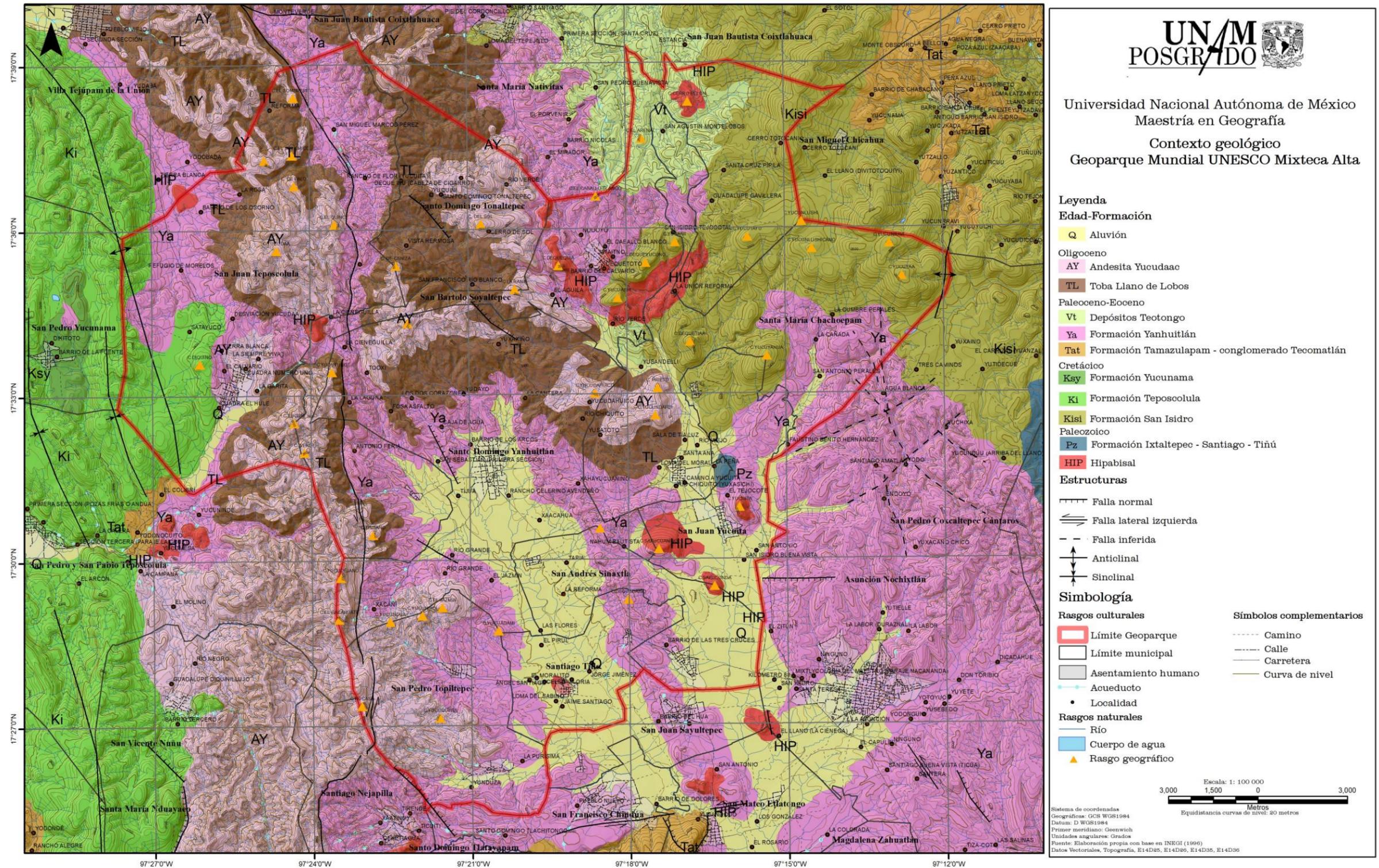


Figura 2.3. Contexto geológico Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta.
 Fuente: Elaboración propia con base en Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003)

Sistema Cretácico

- a) **Formación San Isidro:** Nombre propuesto por López-Ticha (1970), para una secuencia compuesta por calizas, areniscas, limolitas y lutitas (Figura 2.4), depositadas en abanicos aluviales bajo condiciones continentales como resultado de la erosión de una secuencia de piroclastos. En el GMUMA se localiza en la porción noroeste (Figura 2.3). Subyace a la caliza Teposcolula. La edad de esta formación está dada por posición estratigráfica y le asignan un rango del Berriasiano-Aptiano (López-Ticha, 1970 en Santamaría, 2003)



Figura 2.4 Afloramiento de roca caliza de la Formación San Isidro. Municipio de San Bartolo Soyaltepec, Oaxaca.

b) Formación Teposcolula: Recibe el nombre de Caliza Teposcolula debido a que aflora en los poblados de San Pedro y San Juan Teposcolula, hacia la porción poniente del área de estudio. Ferrusquía (1970, 1976) asigna un espesor de entre 500 y 600 m. Se encuentra conformada por calizas color crema a gris oscuro, que se vuelven blancas con el intemperismo, estratificada masivamente con capas de hasta un metro de espesor.

Presenta una textura afanocristalina a cristalina con fósiles. Su edad ha sido situada en el Albiano-Genomaniano (Santamaría, 2009), con condiciones dominantes de depósito correspondientes a un ambiente de baja a media energía (Ferrusquía, 1976).

Sistema Cenozoico

a) Formación Yanhuitlán: debido a su extensión es la formación más sobresaliente del GMUMA. Diversos autores han descrito esta formación, Hisazumi (1932, en Ferrusquía, 1976) propone el nombre de Formación Yanhuitlán para las capas de color rojo de la Región Mixteca, les asignó edad terciaria con un espesor de 100 m y las describió como una serie de capas rojas, verdes, cafés, conglomerados, areniscas, tobas y arcillas (Figura 2.5). Más tarde Salas (1949, en Ferrusquía, 1976) propone el nombre de capas Yanhuitlán para una secuencia de arcillas estratificadas con arenas, areniscas, ceniza volcánica endurecida y conglomerados, de color rosa o rojo con poco grado de consolidación y con una edad terciaria.

Por otro lado, Ferrusquía (1976), señala que es una formación de depósitos en un ambiente lacustre, de edad terciaria temprana (Paleoceno Tardío-Eoceno Medio) con 300 a 400 m de lodolita poco consolidada, rítmica, estratificada en capas de limo y arcilla (montmorillonítica), delgadas a medianas, rojas (presencia de hematita) y cremas, subarcólicas. De acuerdo al autor, la formación Yanhuitlán sobreyace de manera discordante al

conglomerado Tamazulapam y, por encima de ella, se encuentra en forma concordante, la Toba Llano de Lobos.

Por último, Santamaría *et al.* (2008) y Santamaría (2009) establecen espesores entre 300 y 600 metros para la formación constituida por areniscas y limolitas, la cual, se depositó en un ambiente fluvial y su edad máxima se ha establecido gracias al fechamiento de un dique que la intrusión, en el Eoceno Medio (Oropeza *et al.*, 2016a).



Figura 2.5. Geosítio “Las Conchas” en la Formación Yanhuítlán. Municipio de Santo Domingo Yanhuítlán, Oaxaca.

- b) Depósitos Tectongo:** Martiny *et al.* (2000, en Santamaría, 2009), propusieron que existe una intercalación de rocas volcánicas, depósitos epiclásticos que fueron depositados en un ambiente fluvio-lacustre, ubicado en la porción central y la porción norte del GMUMA. Estos depósitos están compuestos por una secuencia de areniscas con intercalaciones de tobas líticas depositadas discordantemente sobre la Formación Yanhuítlán. Cuenta con un espesor aproximado de 300 m y se la ha asignado

una edad del Oligoceno, entre 31.6 y 26.2 millones de años (Santamaría, 2009; Martínez, 2017).

- c) **Toba Llano de Lobos:** Ferrusquía (1970) designa este nombre para la secuencia compuesta por tobas, conglomerados, areniscas, limolitas (Figura 2.6), que sobreyace concordantemente a la Formación Yanhuatlán; con una edad estimada del Terciario-Oligoceno. El mismo autor señala una composición riódacítica y andésítica, con contenido de tobas rosa pálido a crema, generalmente riódacítica vítricas, tobas verdes pálido con celadonita o clorita, que se encuentran interestratificadas por volcarenitas arenosas, retrabajadas y depositadas en medios subacuáticos.



Figura 2.6. Afloramiento de la Formación Toba Llano de Lobos. Municipio de Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca.

Por su parte, Santamaría *et al.* (2008) señalan que la Toba Llano de Lobos sobreyace de forma discordante a la formación anterior y está compuesta por toba de caída, limolita tobácea e ignimbrita con conglomerado y arenisca subordinadas, además señala que cuenta con un espesor aproximado de 300 a 350 m. En el geoparque esta unidad se localiza en la porción norte y poniente.

- d) **Andesita Yucudaac:** a esta formación se le sitúa en el Terciario-Oligoceno Tardío; sobreyace discordantemente a la Toba Llano de Lobos y a la Formación Yanhuitlán, a la cuales protege de la erosión (Oropeza *et al.*, 2016a). Está constituida por una secuencia de derrames lávicos andesíticos de composición intermedia básica (Figura 2.7). Se estima que su espesor es de 500 m (Ferrusquía, 1976).



Figura 2.7. Afloramiento de la Formación Andesita Yucudaac con procesos de exfoliación esférica. Cerro “El-Cacahuate” Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca.

- e) **Rocas ígneas intrusivas:** dentro del GMUMA se identifican numerosos cuerpos intrusivos que se presentan en forma de diques o domos hipabisales de tamaño mediano y pequeño, de edad terciaria y en su mayoría de composición andesítica (Santamaría, 2009) con una edad correspondiente al Eoceno-Mioceno. Ferrusquía los define como andesita intrusiva Suchixtlahuaca y menciona el desarrollo de exfoliación esférica como una de las características principales de esta unidad (Oropeza *et al.*, 2016a).

Por último, cabe señalar que, hacia el este del geoparque, en el mapa sólo se presenta una pequeña estructura que está identificada como Formación Ixtaltepec-Santiago-Tiñú, de edad paleozoica, según Santa María (2003). Sin embargo, por las características del relieve y los domos hacia el sur de dicha estructura, es posible que también sea un domo hipabisal de composición andesítica. Como ya se señaló, también habría que realizar un estudio detallado de la geología local.

Sistema Cuaternario

Este sistema se encuentra representado en el geoparque por depósitos aluviales y caliches, sin embargo, ninguno de ellos es considerado como una unidad formal (Ferrusquía, 1976). Los depósitos aluviales constan de arcillas y limos derivados de la Formación Yanhuitlán y sobreyacen discordantemente a las unidades terciarias. Su espesor varía entre 30 y 50 metros. El mismo autor atribuye una edad pleistocénica. Por otro lado, los caliches forman costras que pueden rebasar los 10 m de espesor y se presentan como indicadores de condiciones de aridez, pueden actuar como capas protectoras contra la erosión remontante (Oropeza *et al.*, 2016a).

Patrón estructural

Para el análisis morfoestructural de la zona de estudio se utilizó la metodología de perfiles geomorfológicos complejos (Ortiz, 1990); ya que, este método tiene la particularidad de constituir un registro gráfico del relieve que se estructura sobre la base de datos numéricos continuos (elevación, longitud), que contribuyen a precisar la interpretación y adecuar la trayectoria de los perfiles. Aunado a lo anterior, la yuxtaposición de perfiles de distinta naturaleza permite descifrar la disposición de ciertos elementos del relieve, los cuales, al ser correlacionados constituyen una clave importante para interpretar el carácter zonal y morfogenético del relieve (Ortiz, 1990).

Con la ayuda del software ArcMap versión 10.3 (ESRI, 2015) y con el Modelo Digital del Terreno (MDT) obtenido de la base topográfica generada por INEGI (2013) se realizaron siete perfiles complejos (Figura 2.8), cuatro de tipo longitudinal y tres transversales a los valles y sistemas de lomeríos de la zona de estudio, se eligieron con base a elementos considerados como representativos de la zona de estudio como parteaguas y valles; que posteriormente se relacionaron con cinco capas de información: clima, unidad del suelo, densidad de disección (INEGI, 2017), litología (Ferrusquía 1970 y Santa María, 2003), paisaje geomorfológico (Ortiz et al. 2016).

Es importante señalar que para la construcción de los perfiles complejos se utilizó el mapa de paisajes geomorfológicos elaborado por Ortiz et al. (2016), esto con el objetivo de retomar el esfuerzo realizado por los autores y compararlo con el mapa final generado en este trabajo.

De manera general, los perfiles longitudinales se distinguen por seguir la dirección del eje mayor de las estructuras formadas por el arqueamiento del levantamiento tectónico identificado por Ortiz *et al.* (2017), cuyo umbral corresponde al plano axial de la deformación de la corteza terrestre por movimiento positivo, es decir, a lo largo de la estructura que se requiere analizar (parteaguas, falla o valle) Por su parte, los perfiles de tipo transversal tienen como objetivo registrar las flexiones o irregularidades del relieve, para lo cual, se clasifica el relieve en valles, vertientes y cimas (Kostenko, 1975; en Ortiz, 1990). Una vez obtenidos los perfiles se realizó, de acuerdo con la metodología mencionada, la clasificación de la configuración geométrica de cumbres y valles, en relación con el modelado de interfluvios y la morfología del corte erosivo, en función de la velocidad de ascenso de los movimientos tectónicos (Figura 2.9). Por último, se identificaron los bloques tectónicos inferidos ubicados en cada perfil.

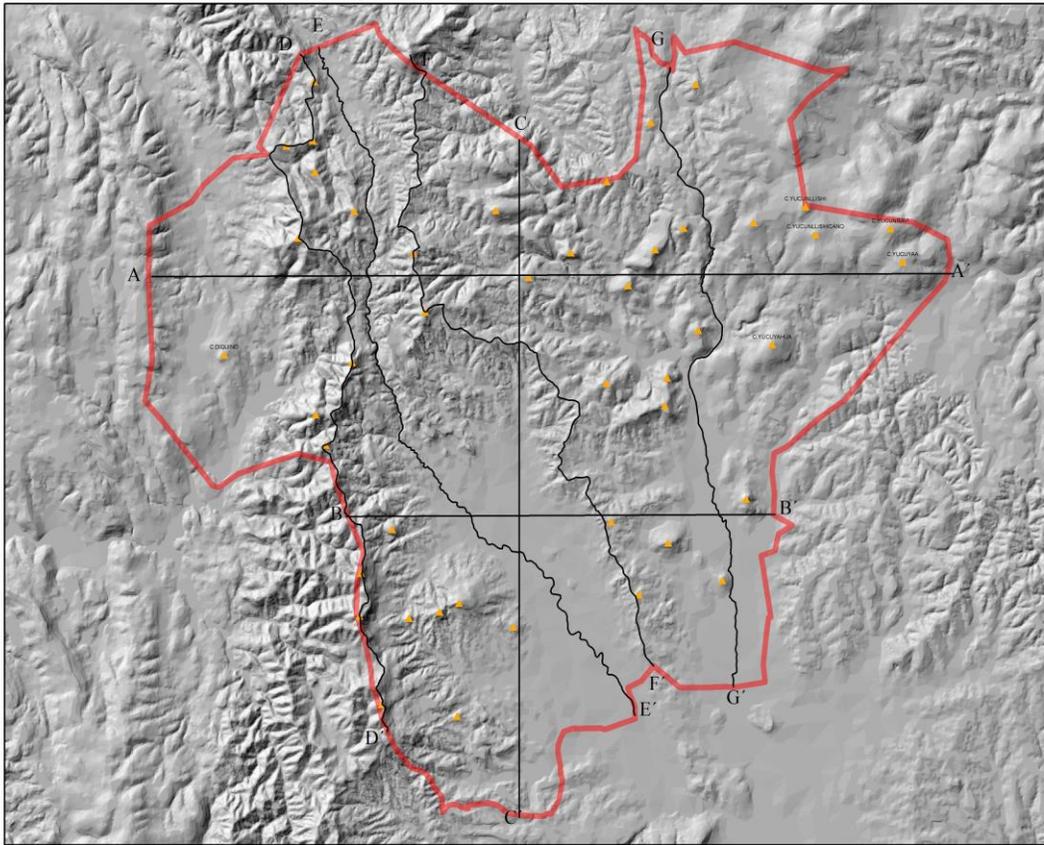


Figura 2.8. Ubicación de perfiles transversales y longitudinales elaborados en el GMUMA.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2013).

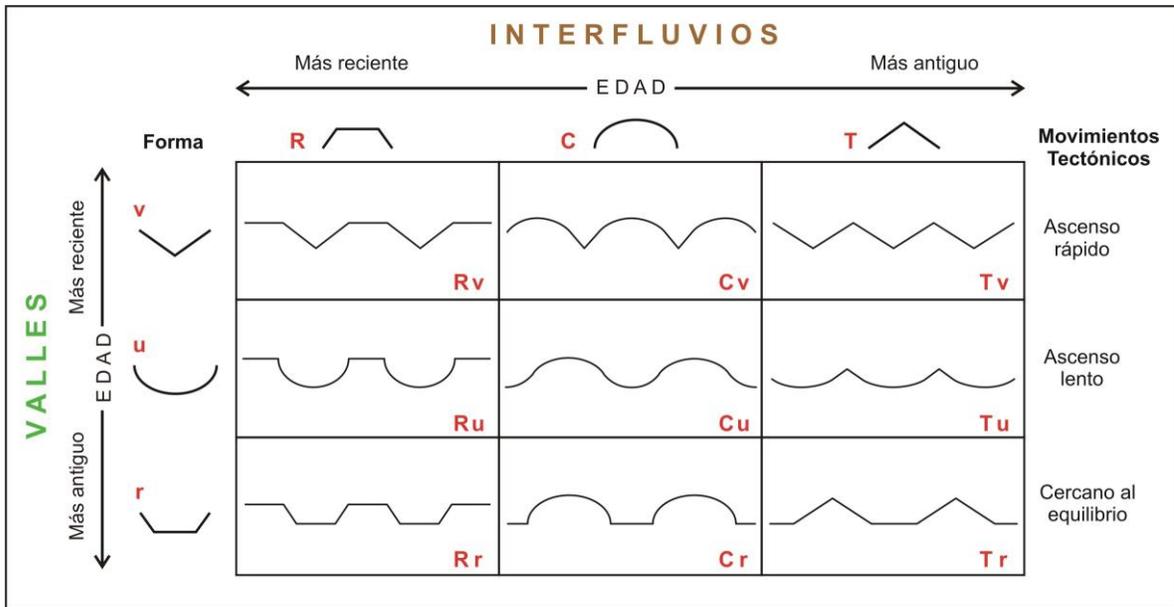


Figura 2.9. Configuración geométrica de cumbres y valles.

Fuente: Ortiz (1990).

1. Perfil A-A'

El primer perfil A-A' es de tipo transversal (Figura 2.10) y se localiza en la porción norte del GMUMA, con una dirección W-E, una longitud aproximada de 28 km y su altitud va de los 2200 a los 2800 msnm. Como rasgos principales se ubican los cerros Yacadaa, de Ceniza, La Rana y Yacaa, así como el valle del río Yushaiduo. Se eligió esta porción del geoparque ya que es la más ancha, por lo que permite el análisis de una porción mayor del territorio. En este perfil se presentan las tres geoformas señaladas por Ortiz (1990): valles, vertientes y cimas.

A lo largo del perfil se registran tres climas, seis formaciones litológicas, nueve asociaciones de suelo, seis paisajes geomorfológicos y cinco categorías de densidad de disección, lo cual habla de la variabilidad en las condiciones ambientales de la zona de estudio.

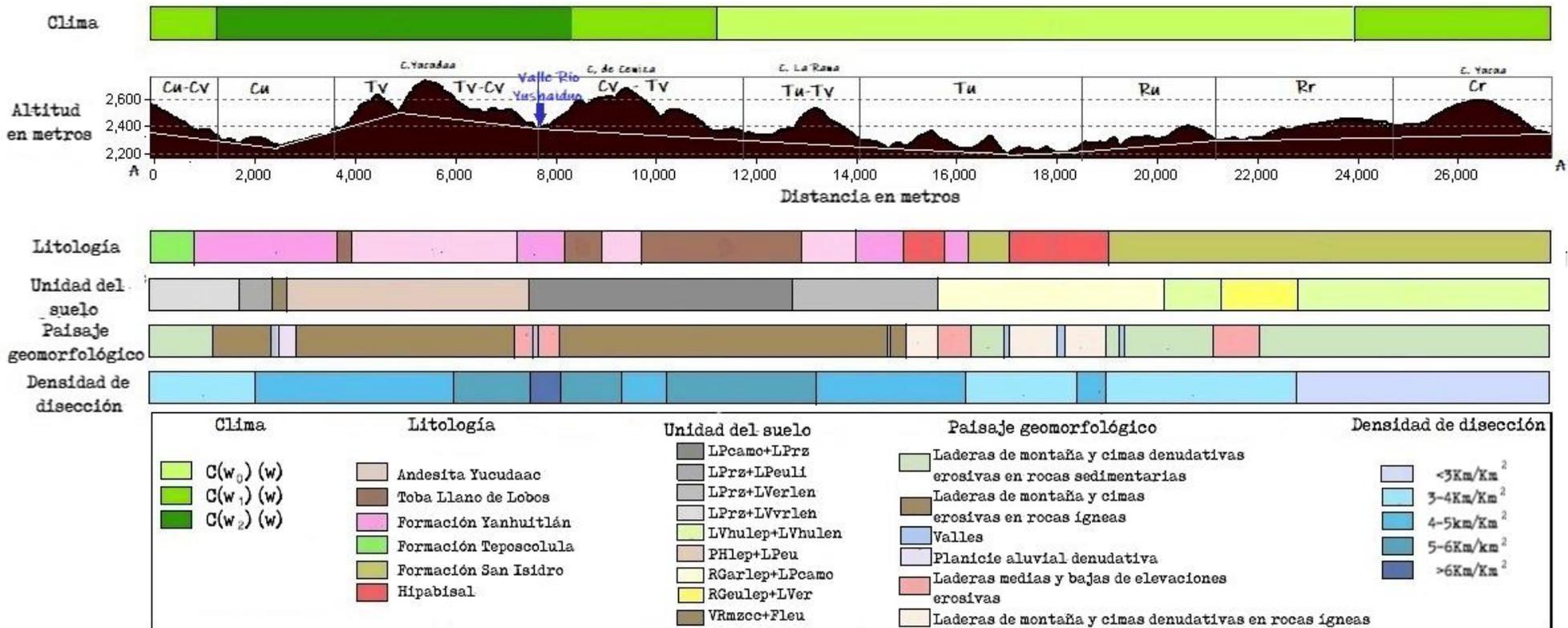


Figura 2.10. Perfil transversal A-A', orientación W-E

Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI (2007, 2008, 2013a, 2013b) Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003).

Al analizar las capas de información se observa una relación entre el clima templado subhúmedo C(w1) (w) con la formación geológica San Isidro, la asociación de suelo de Luvisoles húmicos, epilépticos y endolépticos (LVhulep+LVhulen), el paisaje geomorfológico de laderas de montaña y cimas denudativas erosivas en rocas sedimentarias y la densidad de disección menor a 4 km/km².

De acuerdo con la configuración geométrica de las cumbres, los primeros 21 km se clasifican entre las claves Cu (valles cóncavos y cimas convexas), Cv, (valles encajados y cimas convexas) Tv, (valles encajados y cimas en cúspide) y Tu, (valles cóncavos y cimas en cúspide). La morfología cumbral como los valles en “v” señalan la posibilidad de un ascenso rápido del relieve, incluso para la clave Tv, donde las cumbres son de tipo morfoestructural, modeladas por procesos exógenos, pero en los cuales se evidencia un rejuvenecimiento del corte erosivo de la disección lineal que apunta hacia una reactivación de un posible levantamiento (Ortiz, 1990).

Para el caso de los valles en “u” se considera en un estado de equilibrio (actividad tectónica-erosión) ya que son de igual magnitud por sus dimensiones y amplitud del relieve semejante. Es por esto por lo que se considera que las condiciones son cercanas al equilibrio, pero con una actividad tectónica positiva sobre la configuración negativa del relieve por erosión.

Para los últimos 8 km del perfil se clasificaron como Ru, (interfluvio de techo plano y valle cóncavo) Rr (interfluvio de techo plano y valle de corte trapezoidal) y Cr (interfluvio convexo y valle de corte trapezoidal). Para el caso de los valles de corte rectangular o trapezoidal las características principales son: una extensa amplitud horizontal, escasa profundidad con fondo plano, y normalmente se encuentran cubiertos por depósitos aluviales, acompañados de patrones fluviales acumulativos. El proceso de sedimentación se incrementa de la configuración Rr hacia Cr, paisaje de llanura con topografía aislada de “montañas islas”, formados por levantamientos tectónicos locales

intradepresionales o como relictos de la denudación diferencial. Es por ello que esta porción del perfil se considera como cercana al equilibrio.

2. Perfil B-B'

El segundo perfil transversal, elaborado de B-B' (Figura 2.11), se ubica en la porción centro-sur del GMUMA, con una longitud aproximada de 14.5 km en dirección W-E y una altitud entre los 2,000 y los 2,500 msnm. Como rasgos principales se ubican los cerros Tinsaño, Corneta y Yucuita, así como los valles del Río del Panteón y del Río Verde. La elección de este perfil se fundamenta en que atraviesa de forma transversal al municipio de Yanhuitlán, sede del geoparque, por lo que se consideró relevante para el análisis morfoestructural.

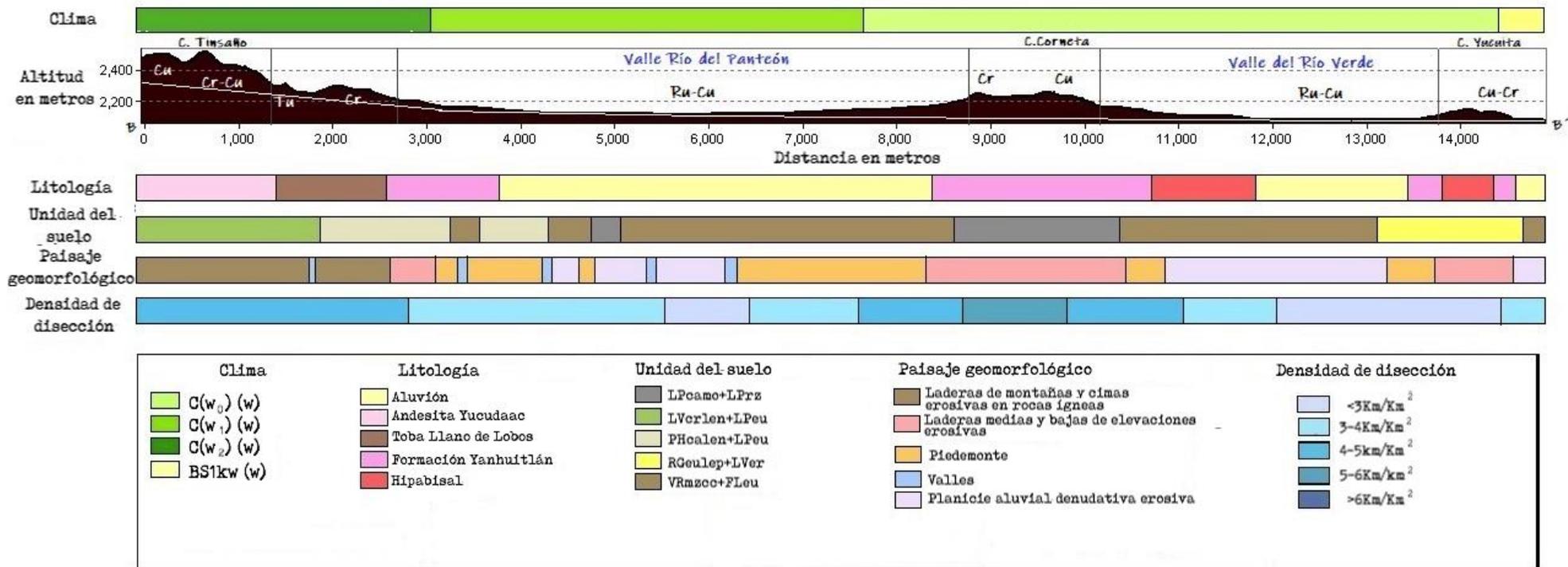


Figura 2.11. Perfil transversal-B-B', orientación W-E

Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI (2007, 2008, 2013a, 2013b) Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003).

Al inicio del perfil, en la porción del Cerro Tinsaño se aprecia una relación entre la litología (Andesita Yucudaac), la unidad del suelo Luvisol crómico endiléptico y Leptosol éutrico (LVcrlen+LPeu), el paisaje geomorfológico (laderas de montaña y cimas erosivas en rocas ígneas) y la unidad de disección (4-5 km/km²). El Cerro Corneta corresponde con la Formación Yanhuitlán, el suelo Leptosol, la unidad geomorfológica de laderas medias y bajas de elevaciones erosivas y una densidad de disección de 5-6 km/km². Por su parte, el Cerro Yucuita se muestra como una estructura litológica hipabisal con clara expresión en el relieve y con un suelo Regosol en las laderas medias y bajas de elevaciones erosivas y una densidad de disección de 3-4 km/km².

Ambos valles se localizan en la planicie aluvial denudativa, presentan aluviones, suelos de tipo Vertisol y una densidad de disección de 4-5 km/km². Es importante destacar que el perfil atraviesa por cuatro subtipos climáticos, tres de ellos son templados subhúmedos que se diferencian en cuanto a su humedad, C(w0) (w) el más seco del subtipo, C(w1) (w) intermedio y el más húmedo C(w2) (w) y uno semiárido templado BS1kw(w).

En cuanto a la configuración geométrica, los tres cerros se clasificaron entre las claves Cu (valles cóncavos y cimas convexas) Cr (cimas convexas y valle de corte trapezoidal o rectangular) y Tu (valles cóncavos y cimas en cúspide), mientras que los valles se clasificaron como Ru-Cu (interfluvio de techo plano y valle cóncavo en combinación con valles cóncavos y cimas convexas). Ambas clasificaciones (cerros y valles) en este tramo del geoparque se interpretan como un ascenso tectónico lento con tendencia a alcanzar el equilibrio, es decir, la tectónica y la erosión actúan a la par.

3. Perfil C-C'

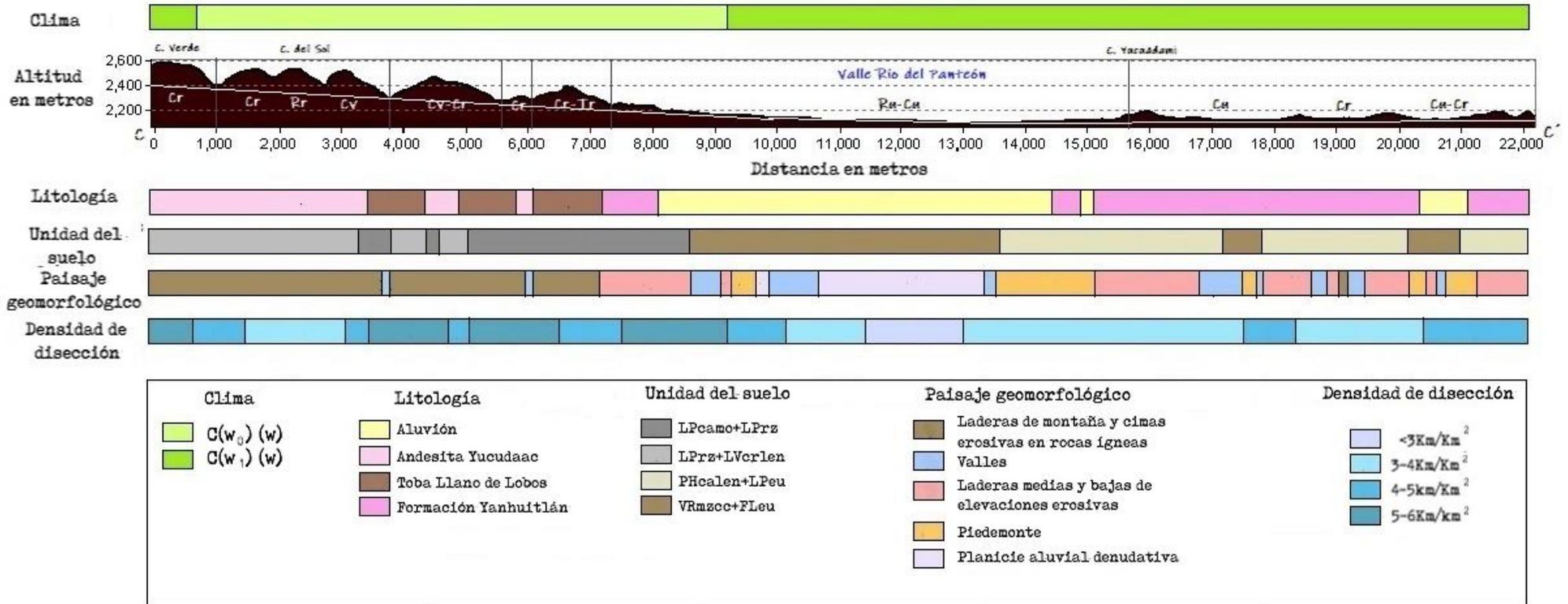


Figura 2.12. Perfil transversal C-C', orientación N-S.

Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI (2007, 2008, 2013a, 2013b) Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003).

El tercer perfil transversal se elaboró de C a C' (Figura 2.12) y se ubica en la porción central del geoparque con dirección N-S. Cuenta con una longitud aproximada de 22km y va de los 2,000 a los 2,600 msnm. Comienza en la ladera del Cerro Verde, pasa por el Cerro del Sol, atraviesa el valle del Río Panteón y el Cerro Yacaádami. se eligió este transecto debido a que es la porción más larga en línea recta del GMUMA, además de cortar de manera perpendicular a los transectos A-A' y B-B', por lo que otorga un análisis más completo de la zona de estudio.

En esta porción de la zona de estudio se presentan dos climas, C(w0) (w) y C(w1) (w), lo cual, de acuerdo con la configuración del perfil, corresponde a una zona de transición, cuando la altitud disminuye aproximadamente de los 2,600 a los 2,200 msnm.

En los primeros siete kilómetros del perfil se observa una serie de elevaciones clasificadas como paisajes de laderas de montaña y cimas erosivas en rocas ígneas; y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, asociadas a la formación geológica de la Andesita Yucudaac y la Toba Llano de Lobos y a las asociaciones de suelo de Leptosoles calcárico mólico y mólico réndzico (LPcamo+LPrz y LPrz+LVcrlen), la densidad de disección varía de los 3 a los 6 km/km².

El segundo transecto, que va de los 7 a los 15.5 km abarca el valle de Río Panteón, clasificado como planicie aluvial denudativa; en cuanto a la litología se encuentra en el grupo de los Aluviones, coincide con la asociación de suelo Vertisol (VRmzcc+FLeu) y una densidad de disección < 3 km/km².

La última porción del perfil va de los 15.5 a los 22 km, con una alternancia de valles y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, corresponde casi en su totalidad con la asociación de suelo PHcalen+LPeu; litológicamente se encuentra la formación geológica Yanhuitlán y una densidad de disección de 3-5 km/km².

En la primera porción del perfil se presenta una configuración geométrica Cr (cimas convexas y valle trapezoidal) Rr (Interfluvio de techo plano y valle

trapezoidal) Cv (valles encajados y cimas convexas) Tr (cimas en cúspide y valle trapezoidal). A excepción de la configuración Cv, las otras claves mencionadas indican en apariencia un movimiento tectónico cercano al equilibrio (tectónica-erosión) ya que los valles con fondo plano o trapezoidal son indicio de un periodo de depositación de sedimentos, lo cual indica una disminución en la velocidad del caudal en relación directa con el cambio de pendiente; y que no existe un ascenso tectónico significativo. En cuanto a la clave Cv, ubicada entre los 3 y 5 km indica un aparente ascenso tectónico de mediano a rápido. A partir de los cinco km en adelante la configuración geométrica se clasificó como Ru (Interfluvio de techo plano y valles cóncavos), Cu (valles cóncavos y cimas convexas) y Cr (Cimas convexas y valle trapezoidal), lo cual es un indicador de un ascenso lento, con tendencia al equilibrio.

4. Perfil D-D'

El cuarto perfil, que va de D-D' (Figura 2.13), se realizó de forma longitudinal siguiendo el parteaguas que divide la subcuenca del Río Mixteco con la subcuenca del Río Grande y una porción de la subcuenca del Río Tejúpam. La dirección general del perfil es N-S, con una longitud aproximada de 27 km y una altitud que va de los 2,400 a los 2,800 msnm (Figura 2.9.). La elección de este perfil se fundamenta en la importancia que tiene para la zona de estudio, ya que separa dos de las principales subcuencas. Como rasgos principales del perfil se encuentran los cerros: El Sombrerito, El Sol Chico, El Sol Grande, Yucudaa, Yucuyuno, Yuniza, Yucudejano, El Cacahuate y Nocasa.

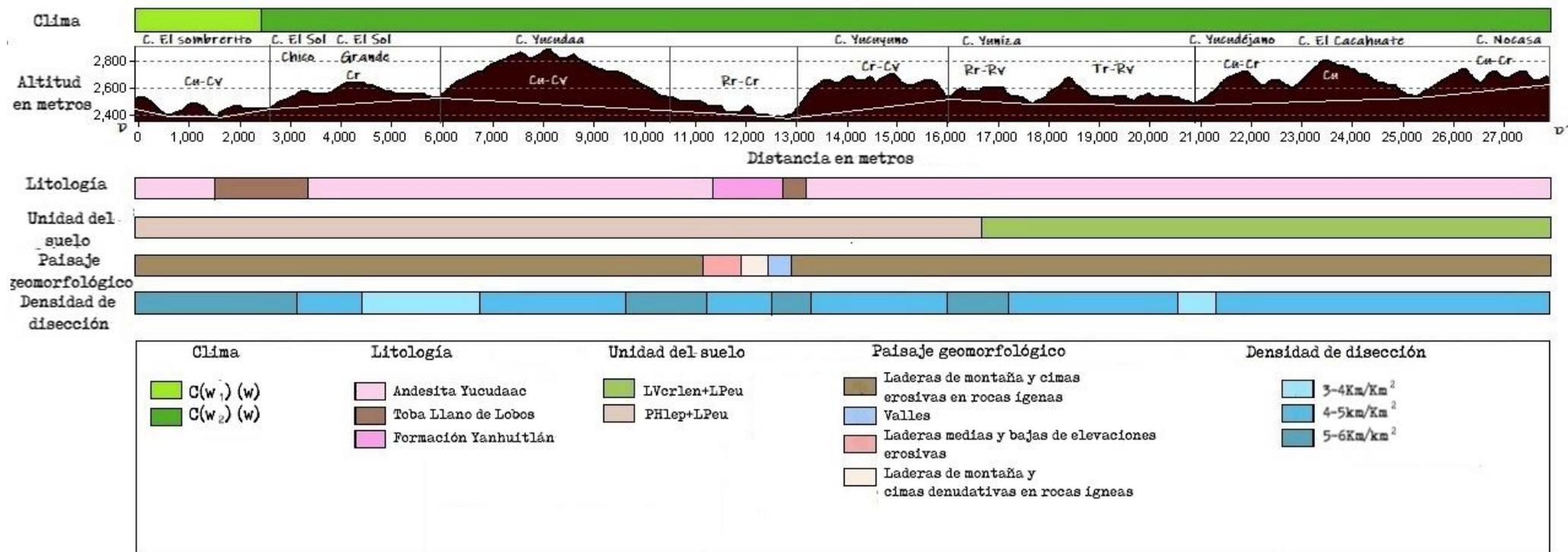


Figura 2.13. Perfil longitudinal parteaguas D-D', orientación N-S.

Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI (2007, 2008, 2013a, 2013b) Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003).

En cuanto a la información temática se refiere, es un perfil bastante homogéneo; con dos tipos de climas, C(w1) (w) asociado a las altitudes más bajas (2,400-2500msnm) y C(w2) (w) a partir de los 2,500msnm. La litología está conformada en su mayoría por la formación geológica Andesita Yucudaac, a excepción de una porción ubicada entre los 2.6 y 3.5 km de longitud, donde se presenta la Toba Llano de Lobos, al igual que en la porción más baja del parteaguas, ubicada aproximadamente a los 13 km de longitud; además de un tramo de los 11.5 a los 12.5 km donde se reconoce la Formación Yanhuitlán.

Se presentan dos asociaciones de suelo, Luvisol crómico endoléptico + Leptosol éutrico y Feozem epiléptico + Leptosol éutrico (LVcrlen+LPeu y PHlep+LPeu), divididas aproximadamente a los 16.7 km. Geomorfológicamente, la mayor parte se encuentra clasificada como laderas de montaña y cimas erosivas en rocas ígneas, a excepción de la porción ocupada por la Formación Yanhuitlán, donde se distinguen valles, laderas medias y bajas de elevaciones erosivas y laderas de montaña y cimas denudativas en rocas ígneas. La densidad de disección cambia aleatoriamente durante todo el perfil, de manera general va de 3 a 6 km/km².

Se dividió el perfil en cinco secciones con base en la configuración geométrica, la primera va de los 0 a los 10.5 km de longitud y se encuentran configuraciones de tipo Cu (valles cóncavos y cimas convexas) y Cv (valles encajados y cimas convexas); a pesar de la variación altitudinal (de 2,400 a 2,800msnm) esta primera sección coincide con la configuración de los interfluvios, los cuales estarían situados en una edad intermedia.

La segunda sección va de los 10.5 a los 13 km de longitud y tiene una configuración Rr-Cr (interfluvio de techo plano y valle trapezoidal y cimas convexas con valle trapezoidal). Esta zona, geomorfológicamente, corresponde a laderas medias y bajas y a valles, esto en conjunto con la clasificación geométrica es indicativo de una zona cercana al equilibrio.

La tercera sección, ubicada de los 13 a los 16 km, se clasificó como Cr-Cv (cimas convexas y valle trapezoidal y cimas convexas con valles encajados), lo cual es un indicativo de interfluvios de edad media y una combinación de ascenso rápido con un movimiento cercano al equilibrio, corresponde con el cerro Yucuyuno.

Para la cuarta sección que va de los 16 a los 21 km, resalta la combinación entre configuraciones Rr-Rv (interfluvio de cima plana y valle de fondo plano e interfluvio de cima plana con valle encajado) y Tr-Rv (cimas en cúspide con valle de fondo plano e interfluvio de cima plana con valle encajado); ambas combinaciones comparten elementos que indican un movimiento cercano al equilibrio con una tendencia a un movimiento ascendente.

La quinta sección va de los 21 a los 28 km, se localizan los cerros Yucudejano, El Cacahuate y Nocasa; a diferencia de la sección anterior solo combina la configuración Cu-Cr (valles cóncavos y cimas convexas con cimas convexas y valle trapezoidal, lo cual es un indicativo de un ascenso lento con tendencia al equilibrio.

5. Perfil E-E'

El quinto perfil se confeccionó de forma longitudinal sobre los valles de los ríos Grande y Yushaiduo, con el cerro El Quince como parteaguas, ubicados en la porción oeste del GMUMA (Figura 2.14). Cuenta con una longitud aproximada de 30 km y una variación altitudinal entre los 2,000 y los 2,600 msnm, con una dirección generalizada N-S.

En cuanto a la información temática el perfil presenta relación en todas las capas de información. Presenta dos tipos de climas: C(w2) (w) en la sección ocupada por el cerro El Quince, con altitudes mayores a los 2,300 msnm; y el clima C(w1) (w) para las partes más bajas (2,000-2,300 msnm).

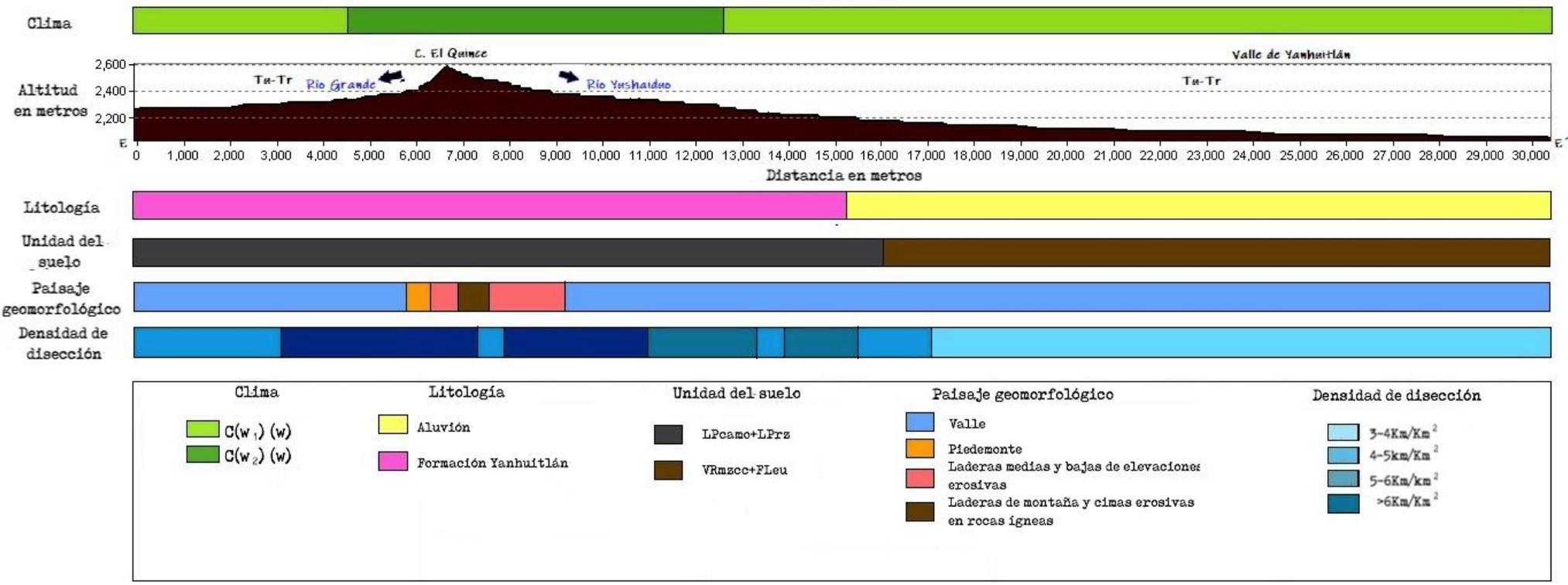


Figura 2.14. Perfil longitudinal valle Yanhuatlán E-E', orientación N-S.

Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI (2007, 2008, 2013a, 2013b) Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003).

En los primeros 15 km del perfil se reconoce la Formación Geológica Yanhuitlán que coincide con la asociación de suelo Leptosol calcárico mólico + Leptosol réndzico (LPcamo+LPrz). En cuanto al paisaje geomorfológico se encuentra caracterizada como valle, a excepción de la sección ubicada entre los 5.8 km a los 9 km de longitud, ya que es allí donde se ubica el cerro El Quince, por lo que se presentan paisajes de piedemonte, laderas medias y bajas de elevaciones erosivas y laderas de montaña y cimas erosivas en rocas ígneas; se presenta una densidad de disección de 4 a 6 km/km². Para la segunda mitad del perfil, correspondiente al valle del río Yushaiduo (15 a 30 km), la litología es de tipo aluvión con una asociación de suelo Vertisol mázico cálcico + Fluvisol (VRmzcc+Fleu) y una densidad de disección de 3-4 km/km².

En la clasificación geométrica se asignaron las claves Tu-Tr (cimas en cúspide con valle cóncavo y valle trapezoidal). De acuerdo con la clasificación de cumbres los interfluvios en cúspide son indicativo de edades más antiguas mientras que los valles indican un ascenso lento tendiente al equilibrio. A pesar de lo anterior se observa en el perfil una diferencia en ambos valles, ya que el valle del río Grande muestra una configuración cóncava y el valle del río Yushaiduo se presenta como convexo, lo cual es un indicativo de un ligero ascenso tectónico en la porción sur del GMUMA.

6. Perfil F-F'

El siguiente perfil longitudinal se elaboró de F-F' y coincide con el parteaguas que da origen al valle de San Juan Yucuita (Figura 2.15). El perfil tiene una longitud aproximada de 29 km, una dirección generalizada N-S; y una variación altitudinal que va de los 2,000 a los 2,800 msnm. Comienza en la cima del cerro Jazmín, pasa por el cerro de Geniza, el cerro Cahuanda, el cerro Corneta y termina en el cerro Dequedaiño.

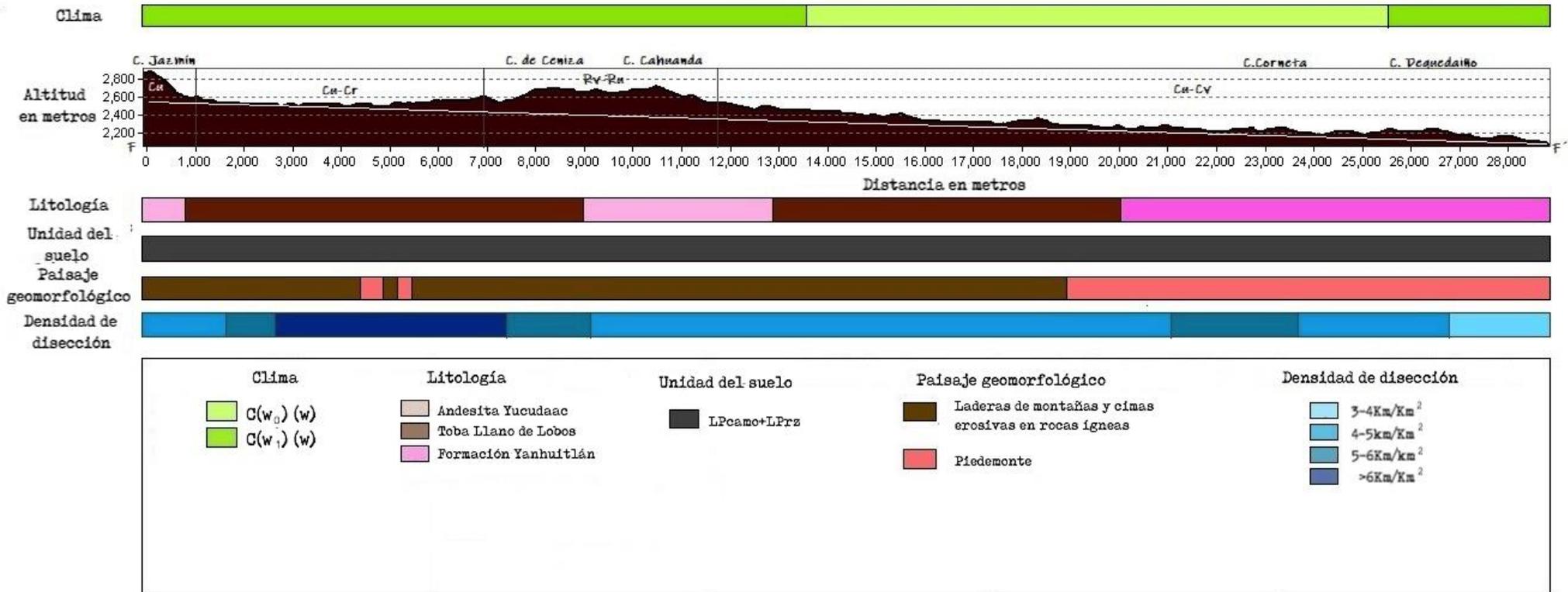


Figura 2.15. Perfil longitudinal parteaguas F-F', orientación N-S.

Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI (2007, 2008, 2013a, 2013b) Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003).

La zona muestra dos secciones con clima C(w1) (w) que van de los 0 a los 13.7 km y de los 25.6 a los 29 km, la sección que va de los 13.7 a los 25.6 km corresponde al clima C(w0). En cuanto a la litología destacan las formaciones geológicas Andesita Yucudaac (de 0 a 1 km y de 9 a 13 km), la Toba Llano de Lobos (de 1 a 9 km y de 13 a 20 km) y la Formación Yanhuitlán (de 20 a 30 km). Todo el perfil corresponde a la asociación de suelo LPcamo+LPrz. Las unidades de paisaje se encuentran caracterizadas como laderas de montaña y cimas erosivas en rocas ígneas en la sección concordante con las formaciones Toba Llano de Lobos y Andesita Yucudaac, la porción que corresponde a la Formación Yanhuitlán se presenta como piedemonte. La densidad de disección es variable a través del perfil, de manera general va de 3 a 6 km/km².

Para el análisis geométrico de cimas y valles se dividió el perfil en cuatro secciones. La primera que va de 0 a 1 km, la cual coincide con una porción del cerro Jazmín, fue clasificada como Cu (valles cóncavos y cimas convexas) lo cual, de acuerdo con la metodología utilizada es característico de zonas con ascenso lento, sin embargo, dada la porción clasificada de la elevación mencionada, es probable que exista alguna variación respecto al análisis de la unidad completa.

La siguiente sección va de 1 a 7 km, tiene una altitud homogénea a los 2,600 msnm y fue clasificada como Cu-Cr (valles cóncavos y cimas convexas y cimas convexas con valle trapezoidal), lo cual, siguiendo la línea de la sección antes descrita, se explica como un ascenso lento con una tendencia a alcanzar el equilibrio.

La tercera sección va de los 7 a los 11.8 km y corresponde a las elevaciones cerro de Ceniza y Cerro Cahuanda. Debido a la geometría de cimas y valles fue clasificada como Rv-Ru (interfluvio de techo plano con valles encajados e interfluvio de techo plano y valle cóncavo), lo cual se interpreta como una zona que va de un ascenso tectónico lento a rápido.

La última sección va de los 11.8 a los 29 km, corresponde a una ladera con piedemonte y tiene una configuración geométrica Cu-Cv (cimas convexas con

valles cóncavos y cimas convexas con valles encajados), lo cual, al igual que en la sección anterior corresponde a una zona con ascenso tectónico de lento a rápido, con la diferencia de la edad del interfluvio, siendo esta más antigua.

7. Perfil G-G'

El séptimo y último perfil se realizó de G-G' y coincide de forma longitudinal con los valles de los ríos La Estancia Chica que fluye en dirección S-N y una longitud de 3.5 km dentro del perfil y el Río Verde con una dirección N-S y una longitud de 20.5 km dentro del perfil (Figura 2.16). El primero cuenta con un rango altitudinal de 2,400 a 2,450 msnm y el segundo valle en un rango altitudinal de 2,000 a 2,450 msnm. La divisoria de aguas a partir de la cual nacen ambos ríos se encuentra en la cima del cerro El Arenal.

A lo largo de todo el perfil el clima es C(w0) (w). Los primeros 2 km pertenecen al paisaje geomorfológico de valle, correspondiente con el río La Estancia Chica, se presenta la formación geológica Depósitos Teotongo, una asociación de suelo L_Vhulep+L_Vhulen y una densidad de disección entre 5 y 6 km/km².

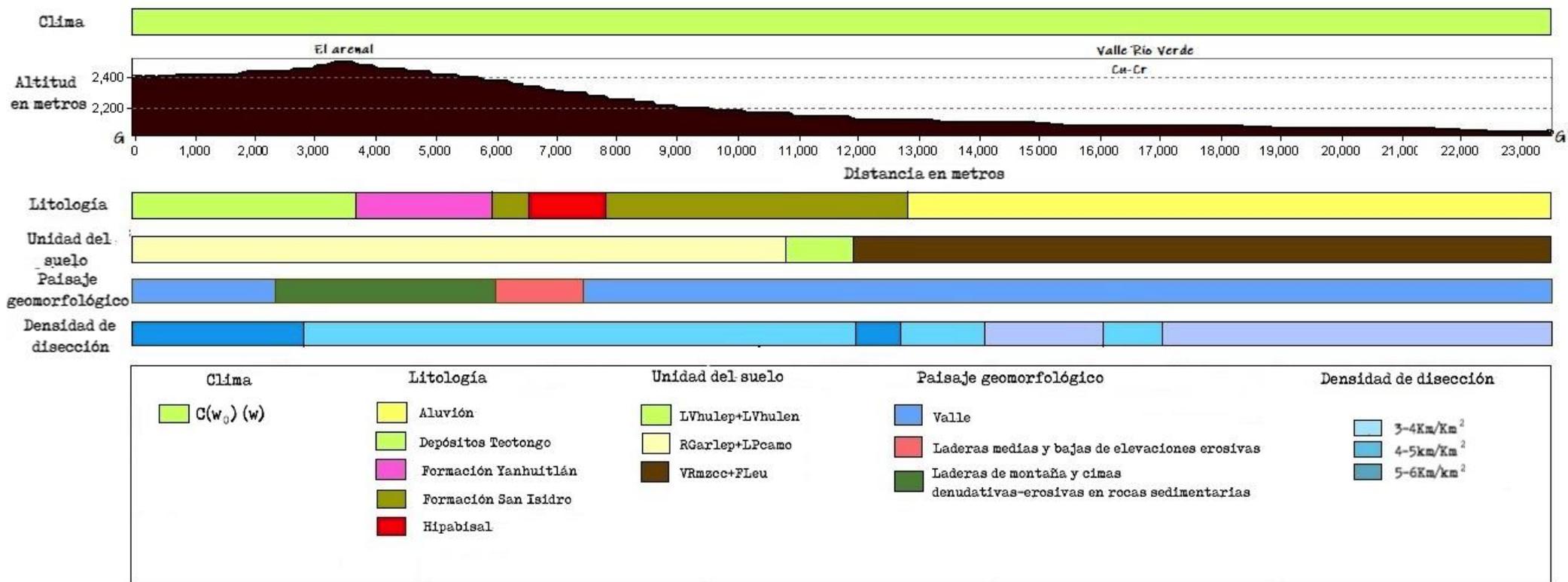


Figura 2.16. Perfil longitudinal valle Río Verde G-G', orientación N-S.

Fuente: Elaboración propia con base en: INEGI (2007, 2008, 2013a, 2013b) Ferrusquía (1976), Ortiz *et al.* (2016) y Santa María (2003).

La parte alta del cerro El Arenal (2,400 a 2,500 msnm) se encuentra clasificada como laderas de montaña y cimas denudativas erosivas en rocas sedimentarias, corresponde de los 2 a los 3.6 km con los Depósitos Teotongo y de los 3.6 a los 5.8 con la Formación Yanhuitlán. Presenta una densidad de disección entre 4 y 5 km/km².

De los 6 a los 13 km aparece la formación geológica San Isidro, a excepción del tramo que va de los 5.7 a los 6.5 km donde se reporta un cuerpo hipabisal en un paisaje de laderas medias y bajas de elevaciones erosivas.

A partir de los 13 km se encuentra la litología de tipo aluvión con una asociación de suelo VRmzcc+FLeu; y corresponde con el valle del Río Verde, con una densidad de disección entre 4 y 5 km/km².

La geometría de valles se clasificó como u-r (valles cóncavos y valles de fondo plano) lo cual indica valles relativamente recientes. Es importante destacar la similitud con el perfil número cinco (E-E') respecto a la latitud y ambos presentan el valle con dirección al norte con una configuración cóncava y el valle con dirección al sur con una configuración convexa, lo cual se puede interpretar como un levantamiento de la zona sur del geoparque con un basculamiento hacia el norte.

La yuxtaposición de los siete perfiles de distinta naturaleza permitió descifrar la disposición de ciertos elementos del relieve de la zona de estudio, la cual, se caracteriza por tener diversas fisonomías por altitud y por su arreglo morfoestructural, su principal característica está dada por los patrones de sistemas de sierras en dirección convergente al sur, que al unirse forman una cúspide, dando lugar a ejes orográficos con rumbo NNW-SSE y con un arreglo escalonado.

La clasificación de la configuración geométrica de cumbres y valles, en relación con el modelado de interfluvios y la morfología del corte erosivo, en función de

la velocidad de ascenso de los movimientos tectónicos, así como la presencia de la falla geológica de carácter regional de Cieneguillas; falla activa con movimiento lateral izquierdo, con rumbo norte-sur y un buzamiento o echado del plano de falla al poniente, que corta las formaciones Llano de Lobos y la Andesita Yucudaac (Santa María, 2003), son evidencias de la complejidad tectónica del estado de Oaxaca y de forma específica del GMUMA.

Condiciones climáticas

Oaxaca es uno de los estados con mayor variedad climática. El 47 % de la superficie del estado presenta clima cálido subhúmedo, localizado en la porción costera y oriental, el 22 % clima cálido húmedo localizado en la porción norte, el 16 % de la superficie presenta clima templado húmedo en las partes altas orientales de los cerros Volcán Prieto y Humo Grande, el 11 % del estado muestra clima seco y semiseco correspondiente a la porción centro-sur y noroeste y el 4 % tiene clima templado subhúmedo hacia el sur y noroeste en zonas con altitudes entre 2,000 y 3,000 msnm (INEGI, s.f.).

Tipo de Clima	Características
Cw ₀	Templado, temperatura media anual entre 12° y 18°C. Subhúmedo con lluvias de verano y sequía en invierno, % de lluvia invernal menor de 5. Los más secos de los subhúmedos.
Cw ₁	Templado, temperatura media anual entre 12° y 18°C. Subhúmedo con lluvias de verano y sequía en invierno, % de lluvia invernal menor de 5. Los intermedios en cuanto a grado de humedad.
Cw ₂	Templado, temperatura media anual entre 12° y 18°C. Subhúmedo con lluvias de verano y sequía en invierno, % de lluvia invernal menor de 5. El más húmedo de los subhúmedos
BS ₁ kw	Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano del 5 % al 10.2 % anual.

Tabla 2.1. Características de los subtipos climáticos presentes en el GMUMA.

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO S/F.

De acuerdo con la carta de climas elaborada por CONABIO en 1998, basada en el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García e INEGI (2008), en el GMUMA se presentan tres subtipos climáticos del grupo de los templados (C), el Cw_0 , en la zona centro-oriental, el Cw_1 que domina en la mayor parte del territorio, y el Cw_2 hacia el oeste (Tabla 2.1). En una pequeña porción al sureste de la zona de estudio se encuentra un subtipo perteneciente al clima seco (B), el BS_{1kw} (Figura 2.17).

Existe en el valle de Yanhuitlán una estación agroclimatológica perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2018), que cuenta con datos más recientes (2011-2017) que, aunque no permite catalogar el clima por ser una serie aún muy corta (siete años), muestran la variabilidad tanto de precipitación como de temperatura; por ejemplo, en el año 2012 la precipitación total fue de 888 mm, mientras que en el 2015 se registró una precipitación de sólo 426.4 mm (Tabla 2.2). El régimen pluvial es de verano. La temperatura media anual oscila entre 14.5 y 15.6 °C.

Cabe mencionar que son dos los fenómenos meteorológicos más peligrosos en el geoparque, las heladas y las sequías (Solís, 2020), las primeras ocurren en los meses de noviembre a marzo, causan daños a la producción agrícola en las zonas situadas por arriba de los 2,500 m de altitud y en las planicies y valles de menor altitud. Las sequías pueden durar varios meses e incluso años afectando la economía y el bienestar de los agricultores y campesinos dado que principalmente se refleja en los bajos rendimientos de sus cosechas y en la disminución de agua para dotar a la población.

Año	Precipitación (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)
2011	609.2+	24.19*	6.42*	14.55*
2012	888+	23.73*	7.13*	14.73*
2013	651+	24.05*	8.21*	15.64*
2014	776.2+	24.45*	7.77*	15.26*
2015	427.4+	24.02*	7.69*	14.89*
2016	696.6+	24.52*	7.41*	15.06*
2017	1086.2+	24.73*	6.93*	14.83*

Tabla 2.2. Datos meteorológicos de la estación Mixteca, Santo Domingo Yanhuitlán.

Fuente: Elaboración propia con base en INIFAP (2018) (+ acumulado, * promedio).

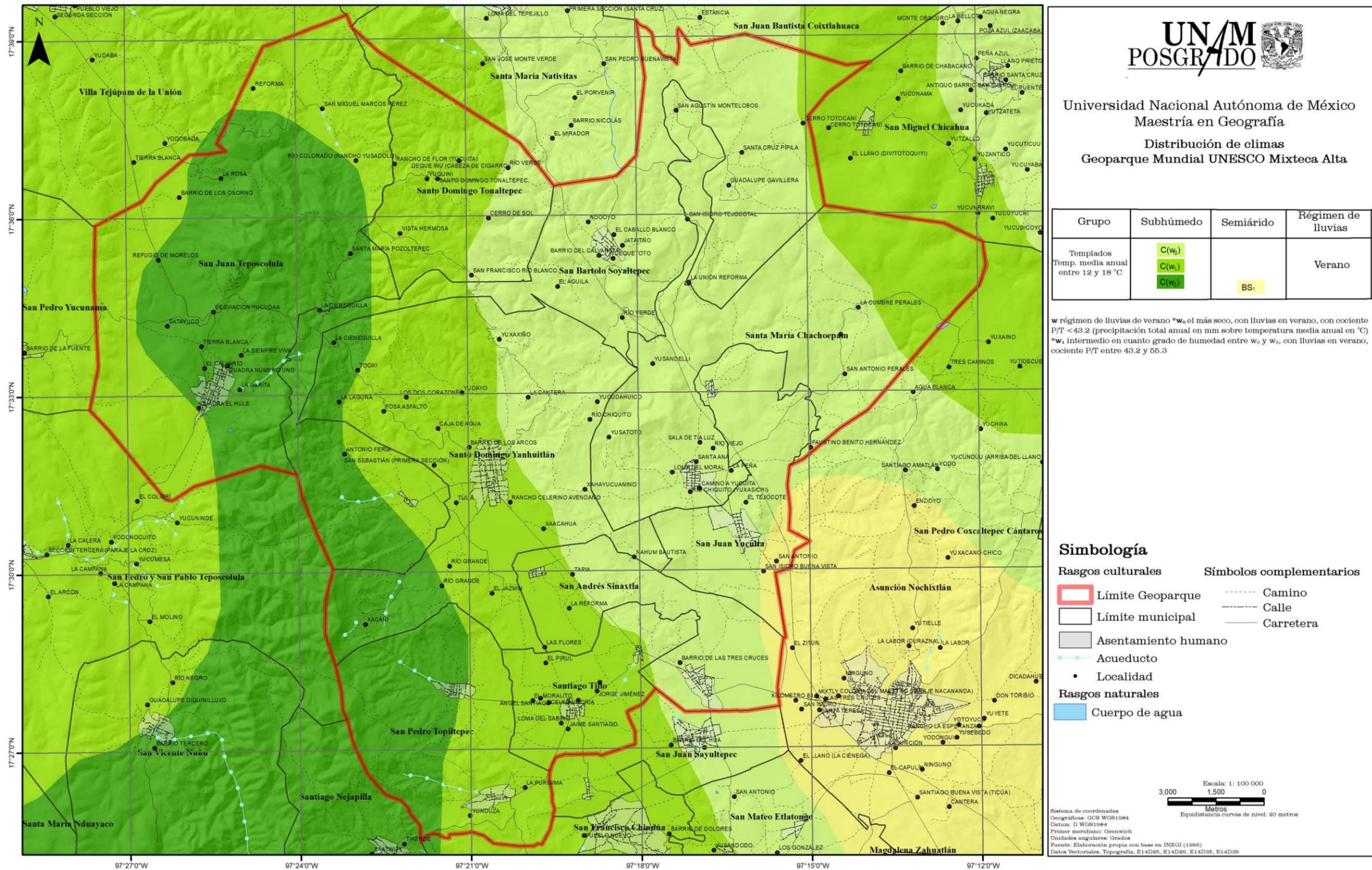


Figura 2.17. Distribución de climas Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996, 2008).

Contexto hidrológico superficial

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) (CONAGUA, 2018) el GMUMA está localizado entre cuatro cuencas. Con mayor superficie, ubicada en la porción central de geoparque, se encuentra la cuenca Río Sordo-Yolotepec que pertenece a la Región Hidrológica Pacífico Sur. En la porción noreste se encuentra la cuenca del Río Grande, perteneciente a la Región Hidrológica del Golfo-Centro. Al norte, también perteneciente a la Región Golfo-Centro se localiza la cuenca del Río Salado. Por último, en la porción oeste del GMUMA, perteneciente a la Región Hidrológica del Balsas, se encuentra la cuenca del Río Mixteco. Con base en la topografía se infirieron los valles de la zona de estudio, lo cual, dio como resultado la división del Geoparque en cinco subcuencas (Figura 2.18).

Subcuenca del Río Grande

Se localiza en la porción central del geoparque (Figura 2.18) y ocupa el 70 % del mismo (292 km²). Cuenta con un sistema fluvial de tipo dendrítico (arborescente) esto debido a la pendiente del terreno, a los materiales fácilmente erosionables y al tipo de roca que presenta una permeabilidad moderada; esto da lugar a que el 60.7 % de su territorio tenga una densidad de disección de entre 3 a 6 km/km² y un orden de corriente máximo de seis (Figura 2.19). La orientación generalizada es N, NWS, SE, condicionada fundamentalmente por el sistema de fallas y fracturas que afectan a la formación Yanhuitlán (Ferrusquía, 1976), el río principal es el río Grande, que es abastecido por el río Negro que nace en los cerros El Quince y Yucudaa, y por el río Verde que inicia en las estribaciones del cerro del mismo nombre.

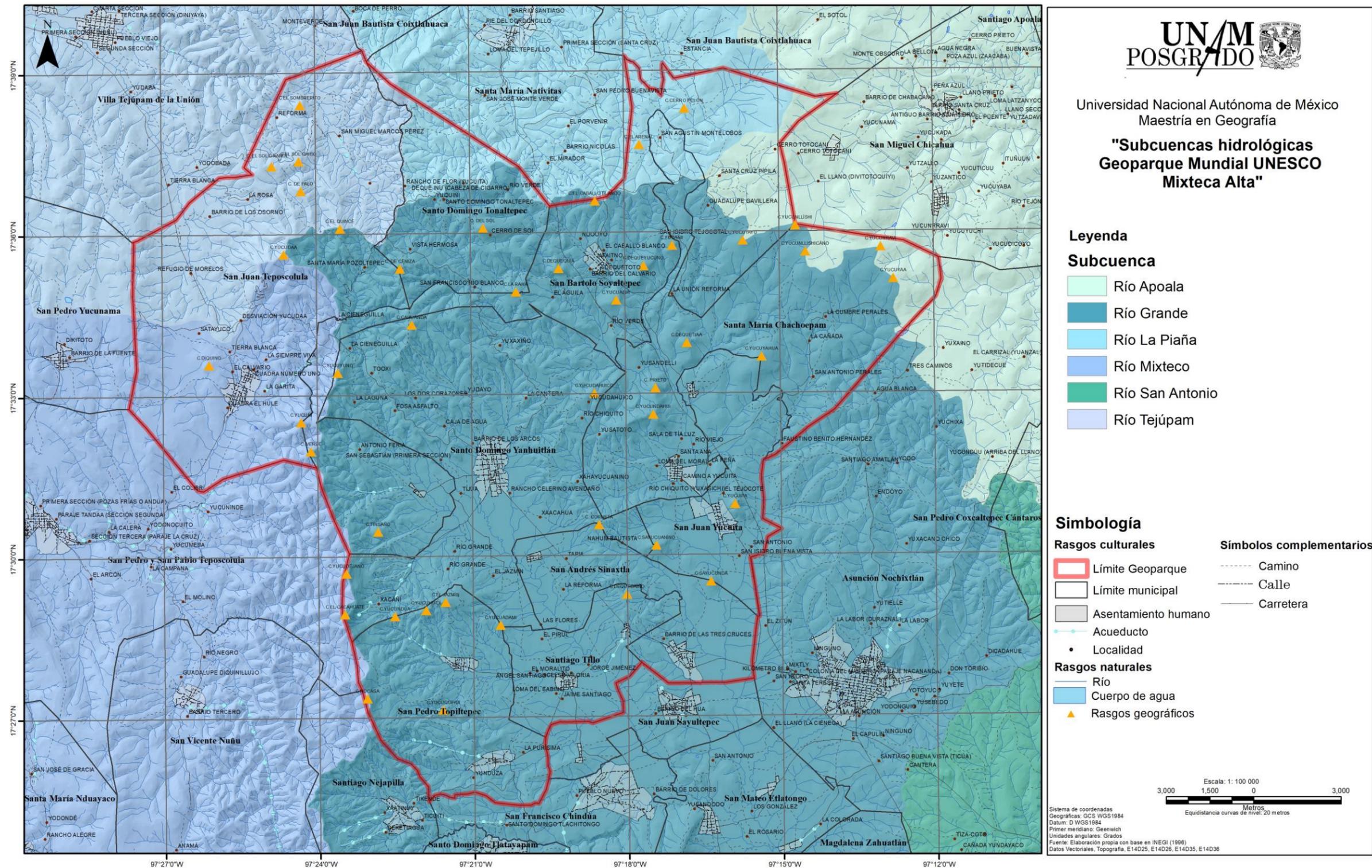


Figura 2.18. Subcuencas hidrológicas Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta
 Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996)

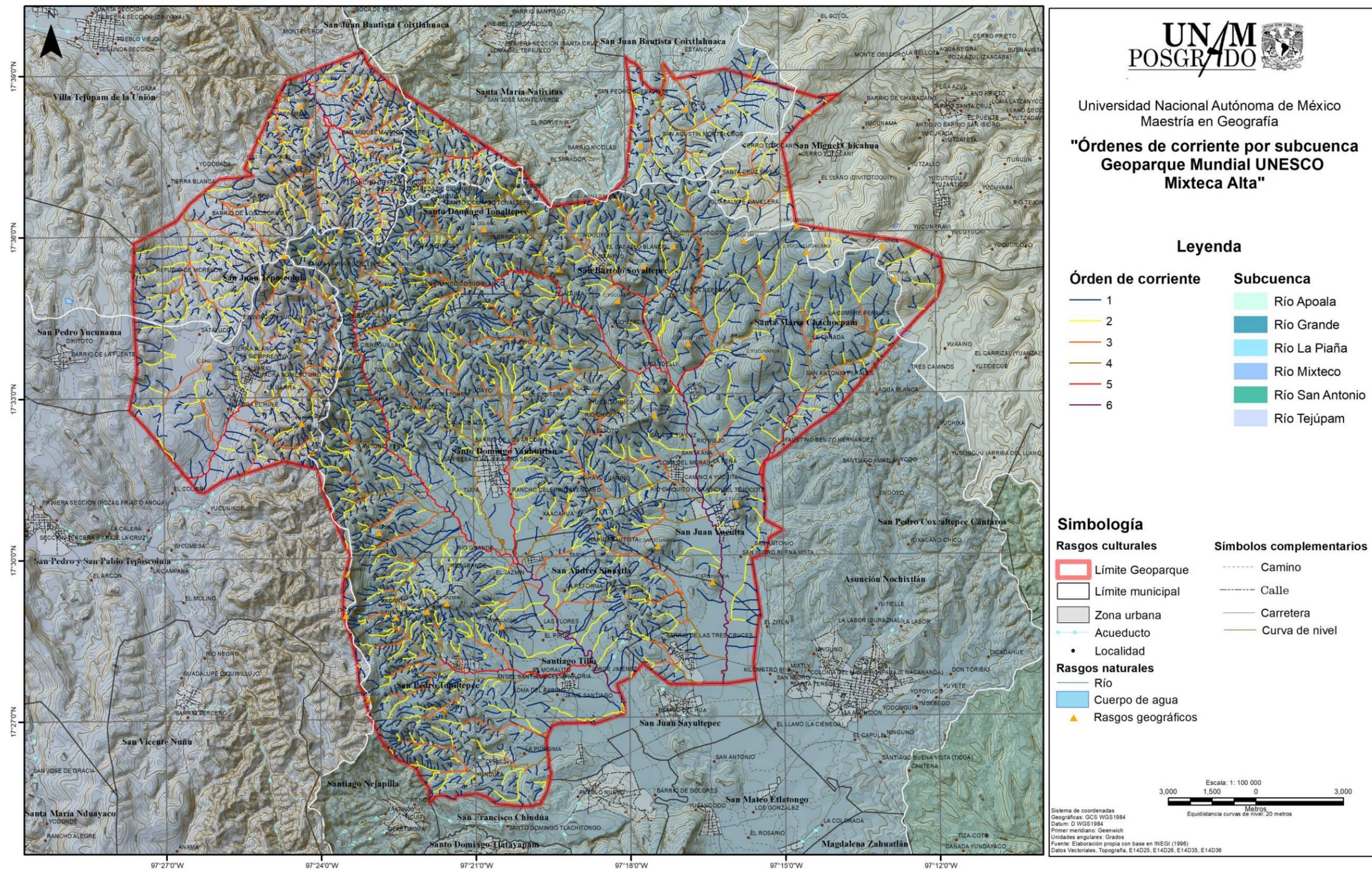


Figura 2.19. Órdenes de corriente por subcuenca Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996)

Subcuenca del-Río Tejúpam

Localizada al noroeste del geoparque, con una superficie de 45.9 km², correspondiente al 11.06 % de la superficie total del GMUMA. Presenta un drenaje de tipo enrejado y dendrítico, coincide con los límites de la formación Yanhuitlán, lo que genera, junto con la pendiente, una densidad de disección entre 3 a 5 km/km² y un orden de corriente de seis en la porción ocupada por el geoparque. La dirección generalizada es SE-NW. El río principal es el río Tejúpam que es abastecido por el río Salado y el río del Pueblo que nacen en el cerro Diquino y el cerro Yucudaa respectivamente.

Subcuenca Río Mixteco

Se localiza al oeste del GMUMA y ocupa el 9.4 % del mismo (39 km²). La porción más disectada (4-5 km/km²) con un sistema fluvial de tipo dendrítico coincide con la formación Yanhuitlán en el cerro Yucuñi, al este de la subcuenca: al oeste presenta una densidad de disección menor de 3 km/km², asociada a la formación Teposcolula. El orden máximo de la subcuenca es de 5. La orientación generalizada es NE-SW, condicionada por el cerro Yucuñi al este y el cerro Diquino al oeste, mismos donde nace el río San Juan, que abastece al río Mixteco.

Subcuenca Río la Piaña

Se ubica al norte del geoparque, dividida en dos secciones; en la porción noreste con una dirección generalizada E, S-SW y en la porción noroeste con una dirección E-W. Cuenta con una superficie aproximada de 23.7 km², correspondiente a un 0.5 % de la superficie total del GMUMA. La sección este presenta un drenaje enrejado que coincide con la formación Depósitos Teotongo, mientras la sección oeste se genera sobre la Formación Llano de Lobos con un drenaje dendrítico. El orden máximo es 4. El río principal es La Piaña, alimentado por el río Grande.

Subcuenca Río Apoala

Es la subcuenca con menor superficie del GMUMA con 15 km², lo que equivale al 0.3% de la superficie total del área de estudio. Se localiza al noreste del geoparque, sobre la Formación San Isidro, por lo que presenta una corriente máxima de orden 4, en una red de drenaje de tipo enrejado; y un río principal que abastece al río Apoala de tipo intermitente. La dirección generalizada de la cuenca es W-E.

A pesar del número de subcuencas y de que los ríos principales tienen flujos perennes, la mayoría de las corrientes superficiales son estacionales, por lo que es la temporada en la que los pequeños reservorios o represas de agua se abastecen del recurso y se recargan los mantos acuíferos; sin embargo, es cuando la erosión hídrica ejerce mayor impacto, sobre todo, en los terrenos con pendiente de moderada a fuerte, cuya litología pertenece a la Formación Yanhuitlán y a la Toba Llano de Lobos, ambas muy deleznable, además, cuentan con nula o poca vegetación.

El recurso suelo

En el estado de Oaxaca existen pocos estudios a nivel estatal o semidetallado sobre los suelos, ya que no se ha elaborado una clasificación por parte de las instituciones responsables a nivel nacional (Montes y López, 2005, Oropeza, et al., 2016); sin embargo, se han elaborado investigaciones específicas de corte edafológico a raíz de la creación del geoparque (Salgado, 2020; López, 2019; Muñoz, 2019).

Con la finalidad de obtener un panorama general de los tipos de suelos existentes en el GMUMA en este apartado se encuentra la información generada por INEGI (2007), en la cual existen asociaciones de suelos, esto es, unidades cartográficas que contienen dos o más clases de suelos dominantes cuyo patrón de distribución se repite de manera regular en una unidad del terreno.

De acuerdo con lo anterior, en el GMUMA existen cinco tipos dominantes de suelo: Leptosol, Luvisol, Feozem, Regosol y Vertisol, cada uno con diferentes asociaciones (Figura 2.21).

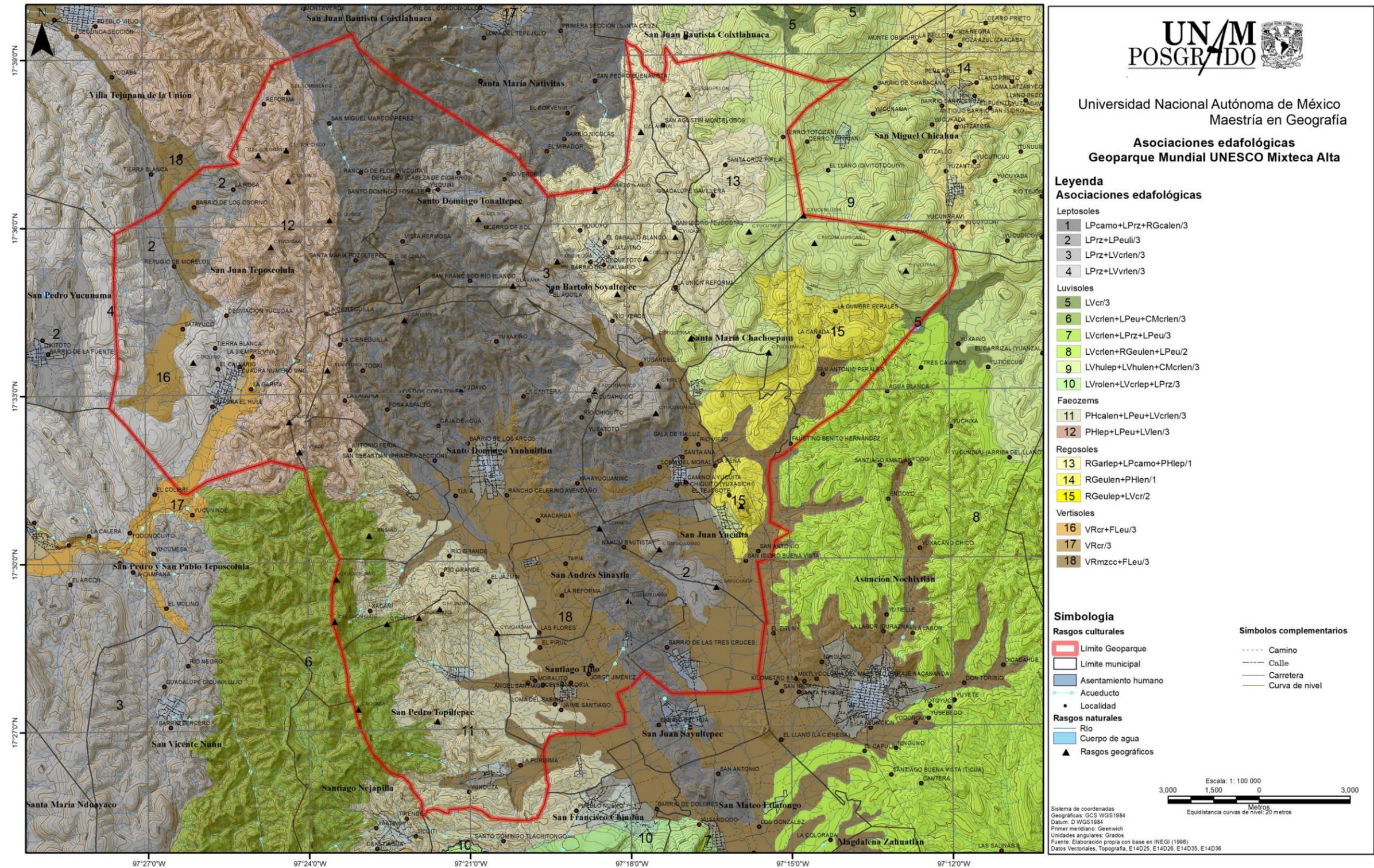


Figura 2.21. Asociaciones edafológicas Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2007).

Leptosol-

Los Leptosoles son suelos muy someros que se encuentran sobre roca continua y suelen ser extremadamente graviliosos y pedregosos, son particularmente comunes en regiones montañosas. Su material parental es de varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos de 20% (en volumen) de tierra fina. Son un recurso potencial para el pastoreo en estación húmeda y tierra forestal (FAO, 2008).

Este tipo de suelo es el que ocupa la mayor parte del geoparque con 147 km², se encuentra en la porción central, en una franja con dirección N-S y al oeste de la zona de estudio. Coincide en su mayoría con la Formación Yanhuitlán y con la Toba Llano de Lobos.

Como se muestra en la figura 2.21, en el geoparque existen Leptosoles con diferentes horizontes de diagnóstico y asociados a otros tipos de suelo. El primero es el Leptosol calcárico mólico (LPcam), el cual, como característica resalta el material calcárico entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo, en este caso asociado a la formación Yanhuitlán constituida por areniscas y limolitas (Santa María, 2009). El horizonte mólico se encuentra en suelo bien estructurado y con presencia de materia orgánica que favorece la estructura del suelo (FAO, 2008).

También existen Leptosoles con horizonte mólico-réndzico (LPrz), influenciados por materiales calcáreos por encima de este, probablemente desarrollado por el caliche de la zona (Solís, 2020).

Otros horizontes de diagnóstico en el grupo de los Leptosoles del geoparque son el éutrico y el lítico (LPeuli); el primero hace referencia a un horizonte con saturación de bases de 50% o más en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o

endurecida. En el horizonte lítico hay roca continua que comienza dentro de 10 cm de la superficie del suelo (FAO, 2008).

Luvisol

Suelos con mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial, como resultado de diversos procesos pedogénéticos, como migración de arcilla que lleva a un horizonte superficial árgico. Se dan principalmente sobre superficies jóvenes, tierras llanas o suavemente inclinadas. Como material parental se incluye una amplia variedad de materiales no consolidados, incluyendo depósitos aluviales y coluviales. La mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas (FAO, 2008).

Es la asociación de suelos con menos presencia dentro del geoparque (54.44 km²), se encuentra en la porción noreste y suroeste, coincide en su mayoría con las Formaciones Andesita Yucudaac y San Isidro.

En el geoparque se encuentran Luvisoles con diferentes horizontes de diagnóstico y asociaciones.

Luvisol crómico (LVcr/3)

Localizado en una pequeña porción al noreste del geoparque. El horizonte crómico indica que tiene dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, con un hue Munsell más rojo que 7.5 YR o que tiene ambos, un hue de 7.5 YR y un croma, húmedo, de más de 4.

Luvisol crómico endoléptico + Leptosol éútrico + Cambisol crómico endoléptico (LVcrlen+LPeu+CMcrlen)

Ubicado al suroeste del GMUMA, asociado de forma principal a la formación Andesita Yucudac. Se presenta un suelo Luvisol crómico como en la descripción anterior, con la diferencia de presentar un horizonte endoléptico, el cual indica

roca continua que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo. Como suelo secundario se encuentra un Leptosol éútrico, suelo con una saturación de bases de 50 % o más por lo menos entre los 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, con un aparente desarrollo de un horizonte mólico (FAO, 2018).

Luvisol crómico endoléptico + Regosol éútrico endoléptico + Leptosol éútrico (LVcrlen+RGeulen+LPeu/2)

Esta asociación se encuentra en una pequeña porción del este del geoparque; tiene como primer grupo al Luvisol crómico endoléptico descrito en apartados anteriores; como grupo secundario presenta Regosol éútrico endoléptico (ver descripción de Regosol) el horizonte éútrico indica que es un suelo con una saturación de bases de 50% o más por lo menos entre los 20 y 100 cm desde la superficie del suelo, con un aparente desarrollo de un horizonte mólico, con respecto a las características endolépticas es indicador roca continua que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo. Como grupo terciario se presenta un Leptosol éútrico descrito en el apartado anterior (FAO, 2008).

Luvisol húmico epiléptico + Luvisol húmico endoléptico + Cambisol crómico endoléptico (LVhulep+LVhulen+CMcrlen)

Asociación ubicada en la porción noreste del geoparque, asociado a la Formación San Isidro. Como primer grupo y grupo secundario se presentan Luvisoles húmicos (ver descripción de Luvisol) que tienen contenido de carbono orgánico en la fracción de tierra fina como promedio ponderado: en Ferralsoles y Nitisoles, 1.4 por ciento o más hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo mineral. Tanto el grupo primario como el secundario tienen propiedades lépticas. También se presenta Cambisol crómico endoléptico, descrito en apartados anteriores (FAO, 2008)

Feozem

Son suelos oscuros, ricos en materia orgánica. Como material parental se presentan materiales no consolidados, predominantemente básicos. Son suelos porosos, fértiles y excelentes tierras agrícolas (IUSS, 2007).

Dentro del área de estudio ocupan una superficie de 82.98 km², en la porción occidental en una franja con dirección N-S. Se presentan en la Formación Yanhuitlán, la Andesita Yucudaac y la Toba Llano de Lobos.

Feozem calcárico endoléptico + Leptosol-éutrico + Luvisol-crómico endoléptico (PHcalen+LPeu+LVcrlen)

Esta asociación se ubica en la porción oeste del geoparque, en la Formación Yanhuitlán. El grupo primario de suelo tiene como característica, además de las propias de los regosoles, material calcárico entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo y presenta roca continua que comienza entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo. El grupo secundario de suelo es un Leptosol (ver apartado Leptosol) con características éutricas lo cual, de acuerdo con la FAO (2008), indica una saturación de bases de 50 % en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua. Como grupo terciario se presenta Luvisol crómico endoléptico descrito en apartados anteriores (FAO, 2008).

Feozem epiléptico + Leptosol-éutrico + Luvisol-endoléptico (PHlep+LPeu+LVlen)

Ubicada en el noroeste del geoparque, esta asociación se encuentra en porciones donde predomina la Andesita Yucudac. La asociación presenta como grupo primario un Feozem con características epilépticas (que tiene roca continua que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo); como grupos secundario y terciario presenta Leptosol éutrico y Luvisol endoléptico respectivamente, suelos descritos en apartados anteriores (FAO, 2008).

Regosol

Son suelos minerales débilmente desarrollados que no tienen un horizonte mólico o úmblico, no son someros. Derivan de material no consolidado, de grano fino con un mínimo significado agrícola (IUSS, 2007).

Ocupan 59.3 km² de la superficie del geoparque y se ubican hacia el noreste. Se encuentran en las Formaciones Yanhuítlán, San Isidro y Depósitos Teotongo.

Regosol arénico léptico + Leptosol calcárico mólico + Feozem léptico (RGarlep+LPcamo+PHlep)

Esta asociación se localiza al norte del geoparque, asociada a los Depósitos Teotongo y a la Formación Yanhuítlán. El grupo primario de suelo es un Regosol con una textura de arena franca fina de 30cm de espesor dentro de los 100 cm de la superficie del suelo y con una capa de roca continua que comienza entre los 50 y 100 cm de la superficie del suelo. La asociación cuenta con Leptosol calcárico mólico y Feozem léptico descritos en apartados anteriores (FAO, 2008).

Regosol éutrico epiléptico + Luvisol crómico (RGeulep+LVcr)

Ubicada en la porción este del GMUMA, asociada a la litología de aluvión. El grupo primario de suelo presenta una saturación de bases de 50% o más en la mayor parte entre 20 y 100cm de la superficie del suelo, además de roca continua que comienza dentro de 100 cm del suelo. El grupo secundario indica que tiene dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, que tiene un hue Munsell más rojo que 7.5 YR o que tiene ambos, un hue de 7.5 YR y un cromata, húmedo, de más de 4 (FAO, 2008).

Vertisol

El nombre Vertisol se refiere al reciclado interno constante del material del suelo. Son suelos muy arcillosos, con arcillas expandibles que en estado seco forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo. Se originan a través de sedimentos que contienen elevada porción de arcillas expandibles. Se ubican en depresiones y áreas llanas con ligera ondulación. Estos suelos tienen considerable potencial agrícola, pero se encuentran condicionados a un manejo adecuado (IUSS, 2007).

Se localizan en la porción centro-sur y occidente del geoparque, principalmente en las partes bajas (en las planicies de denudación), y ocupan una superficie de 71.3 km². La mayor parte coincide con los aluviones presentes en la zona de estudio. Estos suelos del valle se formaron sobre sedimentos aluviales de diferentes edades provenientes de materiales erosionados ladera arriba durante el Cuaternario (Oropeza *et al.*, 2016).

Los vertisoles que se encuentran en el geoparque tienen características mázicas cálcicas, las cuales indican que es un suelo masivo y duro en los primeros 20 cm, además de un horizonte cálcico o concentraciones de carbonatos secundarios que comienzan dentro de los 100 cm de la superficie del suelo. Como grupo secundario se encuentran asociados a Fluvisoles, suelos azonales genéticamente jóvenes, en depósitos aluviales (FAO, 2008).

De forma independiente a los suelos descritos con anterioridad, Goman, Joyce y Mueller (2005), describen 27 paleosuelos, indicando que los suelos inferiores muestran mayor acumulación de arcilla. Los mismos autores infieren que los suelos “modernos” que se encuentran en la superficie tienen diferentes edades de desarrollo por aportes diferenciales que tuvieron de material erosionado ladera arriba, otro motivo para llevar a cabo estudios de mayor detalle.

Oropeza et al. (2016a), señalan que en la zona de estudio se presenta un sexto tipo de suelo, el Antrosol. Suelos profundamente modificados a través de actividades humanas, tal como adiciones de materiales orgánicos o desechos hogareños, riego y labranza (IUSS, 2007). Estos suelos se presentan en el GMUMA en los lamabordos. Como ya se señaló, son estructuras construidas, algunas de ellas, desde la época prehispánica sobre los cauces, desde las partes altas a las más bajas, que tienen el objetivo de atrapar agua y sedimentos, reducir la erosión y crear superficies planas para la producción de alimentos.

El lema del GMUMA es “el museo de la erosión”, esto es debido a los fuertes impactos ambientales de origen natural (tectónica, materiales poco estables y patrones de lluvia estacionales) y antrópico (larga historia de uso de los recursos, de asentamientos urbanos y actividades agrícolas), que se presentan en los suelos, los cuales van desde la acidificación hasta su completa desaparición (Martínez, 2017; Pérez y Anderson, 2013). Krasilnikov et al. (2011), señalan que la zona donde se encuentra el GMUMA es una de las regiones más complejas del territorio mexicano, desde el punto de vista geológico y geomorfológico, por lo que se espera también un mosaico complejo de suelos. Los factores anteriores son los que hacen tan importante la elaboración de un mapa detallado de suelos, para contar con información útil, que ayude a los tomadores de decisiones a realizar acciones que, en primera instancia, detengan el deterioro y posteriormente se puedan revertir los efectos de la erosión.

Vegetación y uso del suelo

El territorio del estado de Oaxaca se caracteriza por ser unos de los más ricos en cuanto a biodiversidad (García y Torres, 1999), por lo tanto, el GMUMA coincide con dicha descripción. Alberga en su porción occidental el 7.86 % de la Región Terrestre Prioritaria Cerro Negro-Yucaño (área seleccionada por criterios biológicos, de amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad y de oportunidad para su conservación), lo que implica 99.9 km² del área del geoparque. Esta Región Terrestre Prioritaria (RTP) tiene importancia por la presencia de encinos y coníferas, las cuales, representan una de las áreas más grandes de encinares en la región Mixteca (Arriaga et al., 2000). Así mismo, el norte el geoparque se encuentra en cercanía con el Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán-Zapotitlán (Figura 2.22), la cual ocupa el primer lugar, comparada con otras áreas naturales protegidas con ecosistemas similares, en diversidad de flora con 2,686 especies y 365 especies endémicas (SEMARNAT y CONANP, 2013)

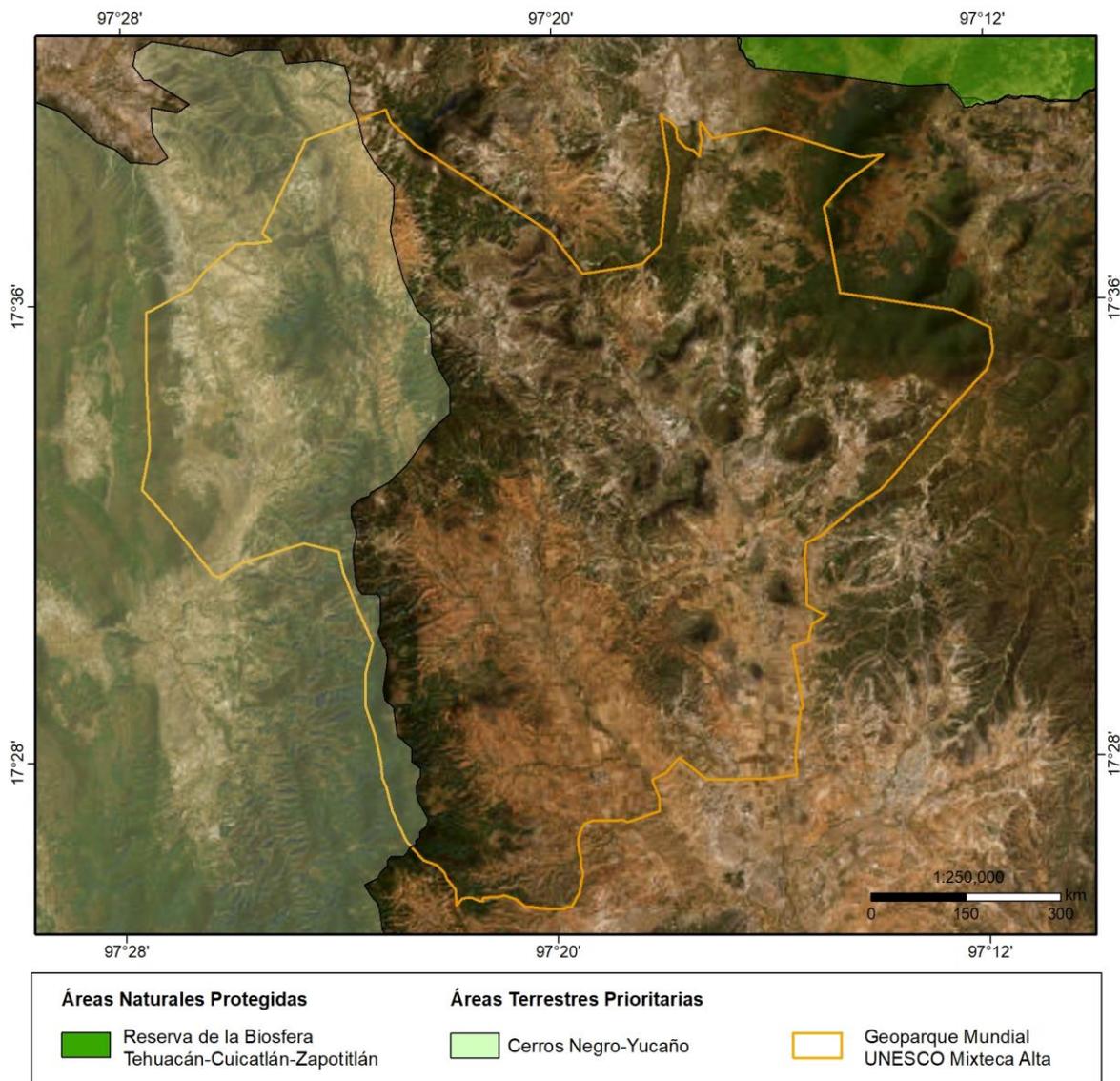


Figura 2.22. Área Terrestre Prioritaria Cerros Negro-Yucaño

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO (2004).

La descripción de las unidades se realizó de acuerdo con grandes grupos de vegetación, la cual, se basa principalmente en Oropeza et al. (2016b), Orozco et al. (2019), Solís (2020) e INEGI (2014, 2017), entre otros (Figura 2.23). La cartografía presentada se realizó a partir de la interpretación del territorio con imágenes de satélite asociadas al software ArcGis 10.3 (ESRI, 2015) y la aplicación Google Earth (2020), así mismo, se utilizó como referencia la capa vectorial de uso de suelo y vegetación serie VI de INEGI (2016).

A partir del análisis e interpretación de las referencias consultadas, se describen ocho tipos de vegetación, bosque de encino, encino-pino, pino-encino y enebro, estos pueden encontrarse como vegetación primaria, arbórea o arbustiva, vegetación ribereña, herbácea, matorral, clasificado a partir de su cobertura vegetal en cerrado y abierto, pastizal inducido, y, áreas desprovistas de vegetación, así como los usos de suelo de asentamientos humanos, agricultura, donde se diferencian los lamabordos, reforestación, regeneración natural y cuerpos de agua (Tabla 2.3). A continuación, se describe cada tipo de vegetación y uso de suelo identificado.

Vegetación y uso de suelo	Clave	Área km ²	%
Bosque de Encino	BQ	3.07	0.74
Vegetación secundaria arbórea de bosque de Encino	VSA/BQ	45.87	11.03
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de Encino	VSa/BQ	60.03	14.44
Vegetación secundaria arbórea de bosque de Pino-Encino	VSA/BPQ	3.55	0.85
Vegetación secundaria arbustiva de bosque Pino-Encino	VSa/BPQ	8.30	2.00
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de Enebro	VSa/BJ	4.28	1.03
Vegetación ribereña		12.28	2.95
Vegetación herbácea		38.88	10.01
Matorral abierto		25.28	6.08
Matorral cerrado		9.41	2.26
Pastizal inducido		36.49	8.12
Reforestación		18.18	4.37
Regeneración natural		1.36	0.33
Asentamientos humanos		4.68	1.13
Agricultura		109.37	26.30
Lamabordo		7.45	1.79
Áreas desprovistas de vegetación		27.30	6.57
Cuerpo de agua		0.02	0.005
Total GMUMA		415.80	100

Tabla 2.3. Área y porcentajes de vegetación y uso del suelo

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2016)

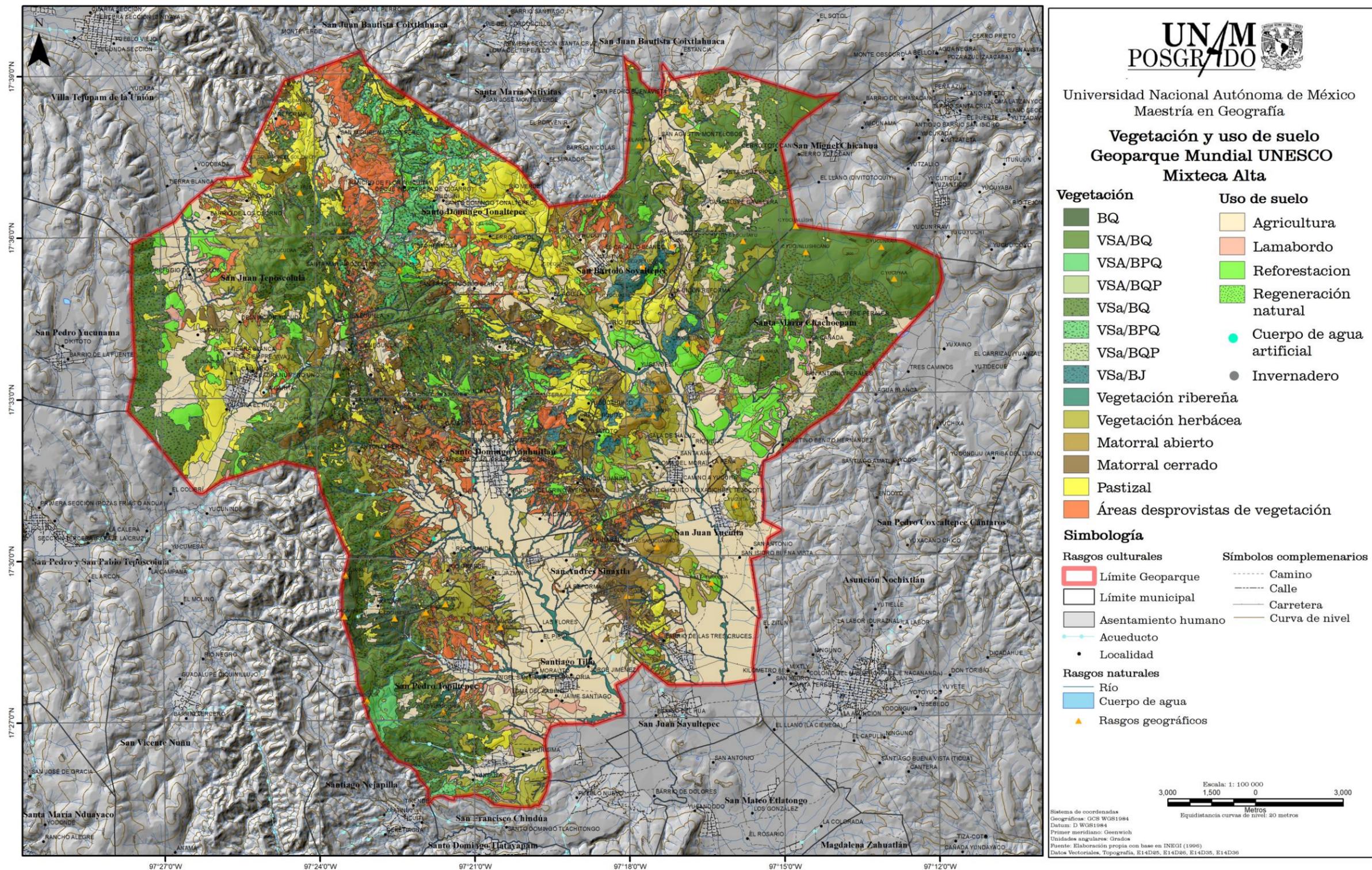


Figura 2.23. Vegetación y Uso del Suelo del Geoparque Mundial-Unesco Mixteca Alta
Fuente: Elaboración propia, en colaboración con Oralia Oropeza Orozco y Ana Itzel Solís García, con base en INEGI (2016)

Bosques y vegetación secundaria de bosques, arbórea y arbustiva de encino y pino-encino

De acuerdo con INEGI (2017), se denominará bosques a aquella comunidad vegetal de carácter primario, que por responder a esta condición son comunidades que no han sido alteradas, es decir, se encuentran en su forma original. En cuanto a la vegetación secundaria, será la vegetación que ha sido alterada o modificada por factores naturales y humanos. Dentro de esta vegetación se distingue a la arbustiva, vegetación desarrollada transcurrido un tiempo después de la eliminación o perturbación de la vegetación original; y la arbórea, la cual se desarrolla después de transcurridos varios años de la perturbación, y, por tanto, después de la arbustiva.

Dentro del geoparque se identificaron distintas unidades de vegetación de encinos, las cuales están presentes en bosques, vegetación secundaria de bosques, arbustiva y arbórea, así mismo, se encuentran asociaciones de pino-encino, donde la vegetación de pinos se asocia a la regeneración natural y reforestación de la zona.

El bosque de encino se encuentra en pequeños fragmentos, 3.34 km² en total, dentro de la unidad de vegetación secundaria arbórea de bosque de encino ubicados al suroccidente del geoparque, los cuales, pertenecen a la RTP del cerro Negro Yucudaño. Se trata de la vegetación arbórea mejor conservada del área, así como bosques relictos (Oropeza et al., 2016b), sin embargo, su presencia es tan solo del 0.7% del área del geoparque. Se distribuyen entre las altitudes 2500 y 2600 msnm.

En cuanto a la vegetación secundaria arbórea de bosque de encino, ésta se distribuye de norte a sur en la porción occidental del geoparque, donde es coincidente también con la RTP antes mencionada, las elevaciones en las que se distribuyen coinciden con las zonas más altas del geoparque, entre los 2500 y hasta más de 2800 msnm. Lo mismo en la porción noreste del geoparque, donde también se puede encontrar este tipo de vegetación. En las periferias de la

vegetación arbórea de encinos, se observa vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, la cual se encuentra fragmentada y perturbada por la presencia de parcelas, pastizales inducidos, procesos de erosión, y presencia de matorrales, esto en la zona occidental, mientras que, al oriente, se encuentra una vegetación perturbada por la agricultura. Ambas comunidades vegetales representan el 25.47 % del territorio, siendo la vegetación que mayor área abarca en el geoparque.

En las inmediaciones de las unidades antes mencionadas, se pueden encontrar unidades de vegetación secundaria tanto arbustiva y arbórea de bosques de pino-encino, son fragmentos que se encuentran en las porciones noroeste a suroeste del GMUMA, los cuales tienen una extensión de 11.35 km², abarcando 2.98 % del total del territorio del geoparque. En ambas porciones estos bosques se encuentran perturbados por pastizales inducidos y agricultura. Se distribuyen entre los 2500 y 2300 msnm.

Las zonas donde se encuentran los encinares tienen importancia por los servicios ambientales que proporcionan, al cumplir con la función de captación de agua y por su riqueza forestal (Oropeza et al., 2016). Entre las especies más comunes tanto arbóreas y arbustivas se encuentran *Quercus rugosa* (encino negro), *Q. castanea* (encino rojo), *Q. Crassifolia* (cucharal negro), *Q. desertícola* (encino rojo), *Q. grahamii* (encino de chivo), *Q. liebmanii* (encino amarillo), entre otras (Orozco et al., 2019). No obstante, se ha documentado la presencia de plantas parásitas como el muérdago, que están afectando a estas comunidades de bosques y que representan un problema ambiental para la zona.

A pesar de las condiciones de erosión de suelo en las que se encuentra el Geoparque, Lorenzen, Orozco, Ramírez y Garza (2020), mencionan que los bosques han presentado una recuperación en años recientes, esto debido a la migración rural-urbana e intensificación agrícola, a las reforestaciones con fines comerciales, ambientales, recreativas y estéticas y a la adopción de diversas estrategias

domésticas como respuesta a la viabilidad económica en declive de la agricultura en pequeña escala, esto en contexto de la globalización neoliberal.

Matorrales secundarios cerrados y abiertos

En esta unidad se agruparon los matorrales, los cuales se encuentran en una etapa sucesional secundaria, es decir, desarrollados a consecuencia de perturbaciones, ya sean naturales o antrópicas, en la vegetación original, en el caso del geoparque, a bosques de encinos (Oropeza et al., 2016). De acuerdo con INEGI (2016), la vegetación de tipo matorral que se puede encontrar en el área es de tipo chaparral (vegetación arbustiva asociada a incendios forestales), sin embargo, Oropeza et al., (2016), indican que es difícil distinguir si se trata de chaparrales, matorrales subinermes (mezcla de plantas no espinosas y espinosas), submontanos (arbustos o árboles bajos no espinosos y algunos espinosos, caducifolios), subtropicales (como el submontano pero asociado a otros matorrales con presencia de algunos pastizales).

La distribución de este tipo de vegetación en el geoparque se observa por unidades conformadas por matorrales cerrados y abiertos, determinados así por la densidad de vegetación que ocupan en el terreno, este tipo de unidades se pueden observar al noreste del geoparque, en el municipio de San Juan Teposcolula, en las inmediaciones de la localidad La Reforma. Al noreste, en los municipios de San Bartolo Soyaltepec y Santa María Chachoapam entre las localidades de La Unión Reforma y Cumbre Perales, en elevaciones que van de los 2200 a 2400 msnm. Al sureste del geoparque, en las localidades de Nahum Bautista, Río Viejo, Sala de la Tía Luz, en los municipios de Santiago Tillo, San Juan Yucuita, Santa María Chachoapam, en elevaciones que van de los 2200 a los 2300 msnm.

En otros casos, las comunidades de matorrales se distribuyen en manchones dispersos entre sí, esto debido a que se han desarrollado en áreas con problemas de erosión, encontrándose en los municipios de Santo Domingo Yanhuitlán, al

norte y occidente de San Bartolo Soyaltepec, sureste de San Juan Teposcolula, y al norte de Santo Domingo Tonaltepec.

En estos municipios predominan plantas arbustivas y matorrales secundarios y matorrales espinoso como el madroño (*Arbutus spp.*) madroño rojo (*Arbutus xalapensis*), chapulixtle (*Dodonea viscosa*) planta común de ambientes degradados, dalea (*Dalea sp.*), copalillo (*Bursera glabrifolia*), camizo (*Adenostoma fasciculatum*), encino chaparro (*Quercus microphylla*), manzanita o pingüica (*Arctostaphylos punges*), zumauqe (*Rhus spp.*), huaje (*Leucaena esculenta*), casahuate (*Ipomoea spp.*), taxistle o clasistle (*Amelanchier denticulata*), yucundede (*Selloa glutinosa*), yunuyaca (*Eysenhardtia polystachya*), yunoyoco (*Condalia mexicana*), hoja de baño (*Listea glaucescens*) maguey (*Agave spp.*), maguey cucharita (*Dasyilirion serratofolium*), nopal (*Opuntia spp.*), huizache o espinoso (*Acacia schaffneri*, *A. farnesiana*) (Contreras, 1996; Flores y Manzanero, 1999; Oropeza et al., 2016; PMDS-MSMCH, 2008 y PMDS-MSMCH, 2011).

Pastizal inducido

INEGI (2014), identifica a los pastizales como vegetación constituida por comunidades de tipo herbáceas en las que predominan las gramíneas y las graminoides, en algunos casos son de origen natural, pero en otros, es debido a condiciones de perturbación por sobrepastoreo. En el caso del geoparque, y a nivel regional en la Mixteca Alta, este tipo de vegetación es de tipo secundario debido a los disturbios provocados por las actividades ganaderas que se introdujeron desde el siglo XVI en la zona (Torres, 2004). Actualmente, en algunas áreas como Yanhuitlán, se lleva a cabo la ganadería extensiva de caprinos y en menor proporción de ovinos (Oropeza et al., 2016). Entre las principales gramíneas están las de tipo *Andropogon*, *Aristida*, *Bouteloua*, *Hilaria* y *Muhlenbergia* (Contreras, 1996). Así mismo, se da el desarrollo de distintos tipos de especies de vegetación herbácea anual, la cual es recolectada por la población para uso medicinal, culinario y ornamentales, como árnica, toronjil, anís, pericón, flor de

cempasuchil, hierba santa, chepiche, verdolaga, hierbabuena, manzanilla, ruda, gordolobo, entre otros (Oropeza et al., 2016 y PMDS-MSAS, 2011).

Los pastizales en el geoparque ocupan 36.49 km² del territorio, se distribuyen en su mayoría al norte, en la porción central y noroeste, no existe un patrón de distribución respecto a la altitud. Así mismo, se pueden encontrar en grandes unidades, o en fragmentos dentro de unidades de vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque de encino y pino-encino. Lo que indica la presencia de perturbación de estas unidades de bosque.

Vegetación herbácea

Como se mencionó en la unidad anterior, este tipo de vegetación se trata de un carácter secundario, con presencia de gramíneas y graminoides, sin embargo, se diferencia de los pastizales inducidos, por ser vegetación que se desarrolla en campos de cultivo en abandono, por lo que su configuración es de tipo parcelar, y su distribución es en zonas cercanas a terrenos cultivados o en descanso, encontrándose entre los 2200 y 2400 msnm, en la porción central al noroeste y noreste del geoparque. Este tipo de vegetación se extiende en 38.88 km² del territorio, lo que representa el 9.35 % respecto al total.

Vegetación ribereña

También conocida como riparia o de galería, si dominan las especies arbóreas. Son comunidades de vegetación al margen de ríos o arroyos donde el flujo hídrico es más o menos permanente y se desarrollan en condiciones favorables de humedad edáfica (Oropeza et al., 2016 e INEGI, 2016). Es un tipo de vegetación importante por sus funciones ecológicas, climáticas, hidrológicas y paisajísticas, al constituirse como corredores biológicos, proveedores de recursos vegetales y animales, por retener nutrientes de sedimentos, crear condiciones micro climáticas, estabilizar orillas y reducir el riesgo de erosión, y, ser resistentes

a sequías e incendios forestales, sin embargo, tiene una alta vulnerabilidad a la tala (Granados et al., 2006 y Oropeza et al., 2016).

En el geoparque este tipo de vegetación es poco representativa, 2.95 %, y tiene poco desarrollo de comunidades arbóreas, así mismo, no toda la vegetación que se encuentra en los sistemas fluviales es de este origen, y se trata de vegetación asociada a la humedad de los cauces. Entre las especies que se reconocen en la zona se encuentran elite (*Alnus spp*), sauce (*Salix spp*), chopo o álamo (*Populus spp*) y las jarillas (*Senecio spp*) (Oropeza et al., 2016 y PMD-MSMCH, 2008). La interpretación realizada denota que es uno de los tipos de vegetación más fragmentados en el geoparque, con poco desarrollo, debido a que en su mayoría las áreas cercanas a ríos y arroyos son usadas para actividades agrícolas (Orozco et al., 2019). Por lo anterior, es necesario promover su conservación, restauración y manejo integral como sistemas forestales (Oropeza et al., 2016).

Áreas desprovistas de vegetación:

Se trata de áreas sin cobertura vegetal o que tienen poca vegetación dispersa. Esta ausencia es resultado del mal manejo de las actividades humanas y de los intensos procesos erosivos que se presentan en la zona (Oropeza et al., 2016). Estas áreas ocupan 27.30 km² del territorio, y se distribuyen al norte, sur y centro del geoparque, Dichos procesos están influenciados por la litología que predomina, la cual corresponde a material deleznable.

Agricultura

Es la cobertura que mayor área abarca en el geoparque con el 26.3 % del total del territorio. Esta actividad se concentra en la zona de valles y piedemontes en forma de terrazas, en altitudes de que van de los 2000 a 2300 msnm. En algunos municipios, como Santo Domingo Yanhuitlán, se practica de forma tecnificada y semitecnificada, con usos de tractores y agroquímicos, por lo cual se ha prescindido de usos tradicionales como la escarda (labra y cajón) (Oropeza et al.,

2016). Pocas parcelas en el geoparque se destinan a la agricultura de riego, se trata más del tipo temporal, en la cual se tienen establecidos ciclos de siembra. Se practica el sistema de milpa, donde las parcelas son cultivadas con maíz, frijol, calabaza y haba, entre otros cultivos como el trigo, avena y alfalfa.

Dentro de esta actividad, también se encuentra la labor que llevan a cabo las mujeres, quienes se han dado a la tarea de realizar el cultivo de hortalizas para autoconsumo, con el fin de apoyar la economía familiar. Las hortalizas que siembran son de tipo comestibles, medicinales y ornamentales, como rábano, lechuga, chile manzano, cebollas, cilantro, acelga, nopales, yerbabuena, epazote, orégano, yerbasanta, árnica, la zarzaparrilla, itanduco, ruda, sábila, hierbabuena, manzanilla, escobillo, alcatraz, rosal, geranio, azucena, regina, bugambilia y jazmín.

Invernaderos

Otro sistema de producción agrícola que se ha impulsado en el geoparque es el sistema de invernaderos, los cuales, cuentan con una distribución puntual en el territorio, concentrándose en los municipios de Santiago Tillo, Santo Domingo Yanhuitlán, San Juan Teposcolula y Santo Domingo Tonaltepec, con un total de 38 invernaderos identificados. Sin embargo, dentro del uso de este sistema se generan nuevas necesidades para los agricultores como son la captación de agua para riego, y la necesidad de calefacción y energía eléctrica (PMDS-MSMCH, 2008).

Lamabordos

Son sistemas de terrazas construidos a partir de rocas y escombros, tipo diques, en cauces de ríos o arroyos, para captar agua y sedimentos provenientes de las cimas hasta su desemboque en el fondo de un valle, para obtener tierra agrícola. Su nombre proviene de acumular suelo –lama- y terraza, trinchera o bordo (Spores, 1969). Fueron construidos desde el Postclásico, 1000-1520 d. C., época conocida como la fase Natividad, para hacer frente a la demanda de recursos alimenticios

de la época, en la actualidad este sistema se sigue utilizando por algunos campesinos. En la figura 2.23 se reconoce este sistema de cultivo milenario, el cual abarca el 1.79 % del territorio.

Reforestación y regeneración natural

Debido a los procesos de erosión y degradación que se han presentado en la región de la Mixteca Alta, y del geoparque, distintas instituciones y grupos de pobladores de la región han impulsado programas de reforestación. En el geoparque esta actividad comenzó en la década de 1990, con el programa Pro-árbol de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en conjunto con miembros de los Comisariados de Bienes Comunales de los municipios (C-CBC, 2009 y PMDS-MSAS, 2011). Las especies que se han utilizado son *Pinus sp.*, *P. oaxacana*, *P. oocarpa* y *P. greggii* (PMDS-MSAS, 2011 y Oropeza et al., 2016). Estas áreas se observan en la porción norte (Figura 2.23), habiendo una concentración en los municipios de San Bartolo Soyaltepec, Santa María Chachoapam, Santo Domingo Yanhuitlán y San Juan Teposcolula. Así mismo, dentro de estas áreas se identificaron obras del tipo zanjas trinchera, las cuales, según CONAFOR (2013), son prácticas para la conservación y restauración de suelos, y que en ocasiones se conjugan con las de reforestación, sin embargo, es recomendable realizar un análisis de éstas en el territorio del geoparque con el fin de conocer si son aptas de acuerdo con el tipo de características del medio y, que, por lo tanto, no estén generando impactos negativos (Cotler et al., 2015). Así mismo, se identificaron algunas zonas cercanas a las de reforestación donde se observan patrones de regeneración natural de vegetación arbórea de pinos. Éstas se pueden observar en el municipio de Santo Domingo Yanhuitlán al noreste, y en el de San Juan Yucuita al norte (Figura 2.23). Dentro de la regeneración natural, también se identificó el desarrollo de matorrales, los cuales se encuentran tanto de forma fragmentada como formando unidades, en las áreas desprovistas de vegetación, indicando un avance en la recuperación de zonas afectadas por procesos de erosión.

Asentamientos humanos

El geoparque cuenta con 78 localidades, las más importantes, al ser cabeceras municipales son Santo Domingo Yanhuitlán, San Andrés Sinaxtla, San Juan Yucuita, Santa María Chachoapam, San Juan Teposcolula, San Bartolo Soyaltepec y Santiago Tillo, las cuales concentran el mayor número de población, así mismo, son estas localidades las que se pueden observar como poligonales en el mapa de vegetación y uso de suelo (Figura 2.23). Estos asentamientos se pueden catalogar como rural-urbano, los cuales cuentan con servicios básicos, donde sus pobladores se dedican a la agricultura, ya sea de forma tradicional y semitecnificada, crianza de ganado caprino y ovino al aire libre (C-CBC, 2009), en algunos casos para autoconsumo y otros para comercialización, entre otras labores como transporte, construcción, turismo. Su distribución se observa en zonas de planicie, con baja pendiente, entre los 2000 y 2300 msnm, cercanas o dentro de áreas de agricultura. En cuanto a su superficie éstas abarcan 4.68 km², es decir el 1.79 % del territorio.

Dentro de los asentamientos, los pobladores cuentan con traspatios o solares, donde también se lleva a cabo el cultivo de árboles frutales, hortalizas, plantas de ornato, maíz y frijol, y desarrollan la ganadería de traspatio, con animales como aves de corral, cerdos, chivos y vacas.

Cuerpos de agua

En el área del geoparque se observan tres cuerpos de agua naturales, los cuales, abarcan 0.02 km². El primero se localiza en el municipio de Santa María Chachoapam, cercano a la localidad de Yusatoto, el segundo se ubica en San Juan Yucuita, mientras que el tercero al suroeste del municipio de San Andrés Sinaxtla, el cual es de carácter temporal, apareciendo en época de lluvias.

También, se identificaron nueve cuerpos de agua artificiales, como bebederos o para captación de agua. Estos se ubican al norte en los municipios de San Juan

Teposcolula y Santo Domingo Tonaltepec, al sur en Santo Domingo Yanhuitlán y San Bartolo Soyaltepec.

Problemática ambiental

La Mixteca Alta ha sido considerada por diversos autores como un desastre ecológico, de manera general, debido a los procesos de erosión. Spores (1969) señala que este proceso se encuentra en la zona desde la época prehispánica.

A pesar de ser la erosión una de las problemáticas más evidentes, no es la única ni la que parece preocupar más a los pobladores y a los grupos gubernamentales, esto basado en el análisis de los Planes de Desarrollo Urbano (PDU) de algunos de los municipios de la zona de estudio.

Si bien es cierto que los PDU que existen de la zona carecen de elementos científicos e incluso de ahondar a profundidad en las problemáticas, es notorio que coinciden en ciertos elementos, lo que deja de manifiesto cuáles son los temas que preocupan a la población.

Uno de los temas que más se menciona en dichos planes es la escases de agua, por ejemplo, en el PDU de San Andrés Sinaxtla se señala que los habitantes del municipio han aprovechado el agua subterránea como potable y para el riego de sus cultivos; sin embargo, se menciona que el fácil acceso al líquido ha ocasionado una falta de valoración y desperdicio, dejando algunas localidades con desabasto. En el mismo programa se señala la escases debido al uso de agua en la explotación de recursos pétreos.

Casi la totalidad de los pobladores con que se habló durante el trabajo de campo mencionaron a las sequías como la problemática ambiental más significativa de la zona, y si bien es señalada en todos los PDU consultados, no se tiene ninguna estrategia concreta que contrarreste los efectos para la población.

Otra problemática relacionada con el agua es la contaminación por uso de agroquímicos y fertilizantes industriales, lo cual también afecta a los suelos y a la vegetación. Durante los recorridos realizados en campo se pudo observar que existen dos tipos generales de agricultores, los que utilizan la agricultura tecnificada, que incluye el uso de agroquímicos, y los que optan por técnicas tradicionales de cultivo.

La deforestación y las problemáticas asociadas como erosión del suelo, desaparición de la biodiversidad, pérdida de plagas comestibles e incluso el cambio climático, son algunos de los temas que se mencionan dentro de los Planes de Desarrollo, sin embargo, no se mencionan líneas a seguir para evitar dichas acciones.

A pesar de lo anterior, la comunidad ha buscado la manera de cambiar las condiciones de su territorio, en la década de 1990 se implementaron proyectos de reforestación, así como la elaboración de manifiestos que buscan la regulación del uso del suelo. Algunas de estas acciones son notorias en el territorio, a partir del análisis del mapa de uso de suelo y vegetación se identificaron zonas donde el bosque comienza a ser más cerrado y áreas de reforestación o regeneración natural.

También es importante mencionar que a partir de que se otorgó la categoría de Geoparque Mundial, se han desarrollado diversas investigaciones que tienen como objetivo el mitigar o resolver las problemáticas ambientales de la zona. Ejemplo de lo anterior es la investigación de Rodríguez (2021), quien realizó una propuesta de jardín geobotánico para la enseñanza de la bio y geodiversidad; la investigación de Solís (2020) en la cual se aborda el diseño y aplicación de una metodología para la identificación del peligro y la vulnerabilidad con un enfoque de cartografía participativa; también el trabajo realizado por Zaragoza (2020) quien realiza una propuesta de programa municipal para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos en Santo Domingo Yanhuitlán.

2.2. Medio socioeconómico

El GMUMA cuenta con límites político-administrativos intermunicipales, es decir, comparte límites con los municipios de San Andrés Sinaxtla, San Bartolo Soyaltepec, San Juan Teposcolula, San Juan Yucuita, San Pedro Topiltepec, Santa María Chachoapam, Santiago Tillo, Santo Domingo Tonaltepec y Santo Domingo Yanhuitlán (Tabla 2.4).

Municipio	Superficie (km ²)	Población total	Población masculina	Población femenina
San Andrés Sinaxtla	22.6	756	354	402
San Bartolo Soyaltepec	74.9	596	289	307
San Juan Teposcolula	86.9	1494	723	771
San Juan Yucuita	23.3	643	305	338
San Pedro Topiltepec	32.8	373	183	190
Santa María Chachoapam	61.8	761	367	394
Santiago Tillo	17	545	259	286
Santo Domingo Tonaltepec	26.5	250	117	133
Santo Domingo Yanhuitlán	69.6	1633	759	874
Total	415.4	7051	3356	3695

Tabla 2.4. Municipios pertenecientes al Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2021).

De acuerdo con los estimadores de la población total en viviendas particulares habitadas por municipio (INEGI, 2021), la población total del geoparque es de 7,051 habitantes, de los cuales 47.59% son hombres y 52.41% son mujeres. Respecto a la población de Oaxaca, la población del GMUMA representa el 0.17% de la entidad. Para el año 2010, el INEGI reportó una población total de 7061 habitantes en los municipios que conforman el geoparque, lo cual indica una reducción del 0.0099% de la población, esto puede deberse a diversos fenómenos que inciden en la dinámica de la población, algunos de éstos son migración, mortalidad y fecundidad (Palacio *et al.*, 2015).

La superficie total del geoparque es de 415.4 km², lo cual da una densidad poblacional de 15.65 habitantes/km². El municipio que cuenta con más población es Santo Domingo Yanhuitlán, sin embargo, la mayor densidad poblacional se encuentra en San Andrés Sinaxtla con 31.66 habitantes/km². Las localidades que tienen menor número de población se encuentran en las zonas periféricas, donde existe mayor pendiente y la accesibilidad es menor debido a la poca infraestructura carretera (INEGI, 2021).

Del total poblacional de la zona de estudio 82.47% es de 12 años y más, de los cuales 51.8% se considera como población económicamente activa y 46.2% es población no económicamente activa (Tabla 2.5).

Municipio	Población de 12 años y más	Población económicamente activa	Porcentaje de población económicamente activa	Población no económicamente activa	Porcentaje de población no económicamente activa
San Andrés Sinaxtla	620	329	53.06	289	46.94
San Bartolo Soyaltepec	510	308	60.39	201	39.61
San Juan Yucuita	541	254	46.95	281	53.05
San Juan Teposcolula	1209	637	52.68	572	47.32
San Pedro Topiltepec	317	154	48.58	162	51.42
Santa María Chachoápam	645	326	50.54	316	49.46
Santiago Tillo	443	253	57.11	188	42.89
Santo Domingo Tonaltepec	207	100	48.30	106	51.70
Santo Domingo Yanhuitlán	1,323	653	49.35	670	50.65
Total	5,815	3014		2685	

Tabla 2.5. Población económicamente activa del GMUMA
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2021).

De acuerdo con el INEGI (2021) existen en el GMUMA 1,170 habitantes que cumplen con el criterio de población ocupada², lo cual representa el 16.59 % de la población total del geoparque. Esta población se divide en cuatro rubros: 1. funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos, 2. Trabajadores agropecuarios, 3. Trabajadores en la industria, 4. Comerciantes y trabajadores en servicios diversos. Es en el segundo grupo donde se ocupa la mayor parte de la población con el 38.01%, seguido por el grupo 4 con el 27.22% (Figura 2.24).



Figura 2.24. Porcentaje de habitantes dedicados a las principales actividades en el GMUMA.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2015).

Los datos publicados por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en el 2015, señalan que de los nueve municipios del geoparque cuatro presentan un grado alto de marginación, cuatro un grado medio y solo San Andrés Sinaxtla presenta un grado bajo (Figura 2.25).

² Para estos datos no se consideró la población de San Juan Teposcolula, debido a que no se tiene información en la fuente consultada.

El análisis de las características del medio natural, socioeconómico y del contexto histórico cultural es esencial y servirá para establecer la propuesta de ordenamiento territorial del GMUMA sobre la base de los paisajes geomorfológicos, en el marco del presente estudio y de investigaciones posteriores. Propuesta que orientará las políticas públicas y la toma de decisiones de los actores sociales involucrados.

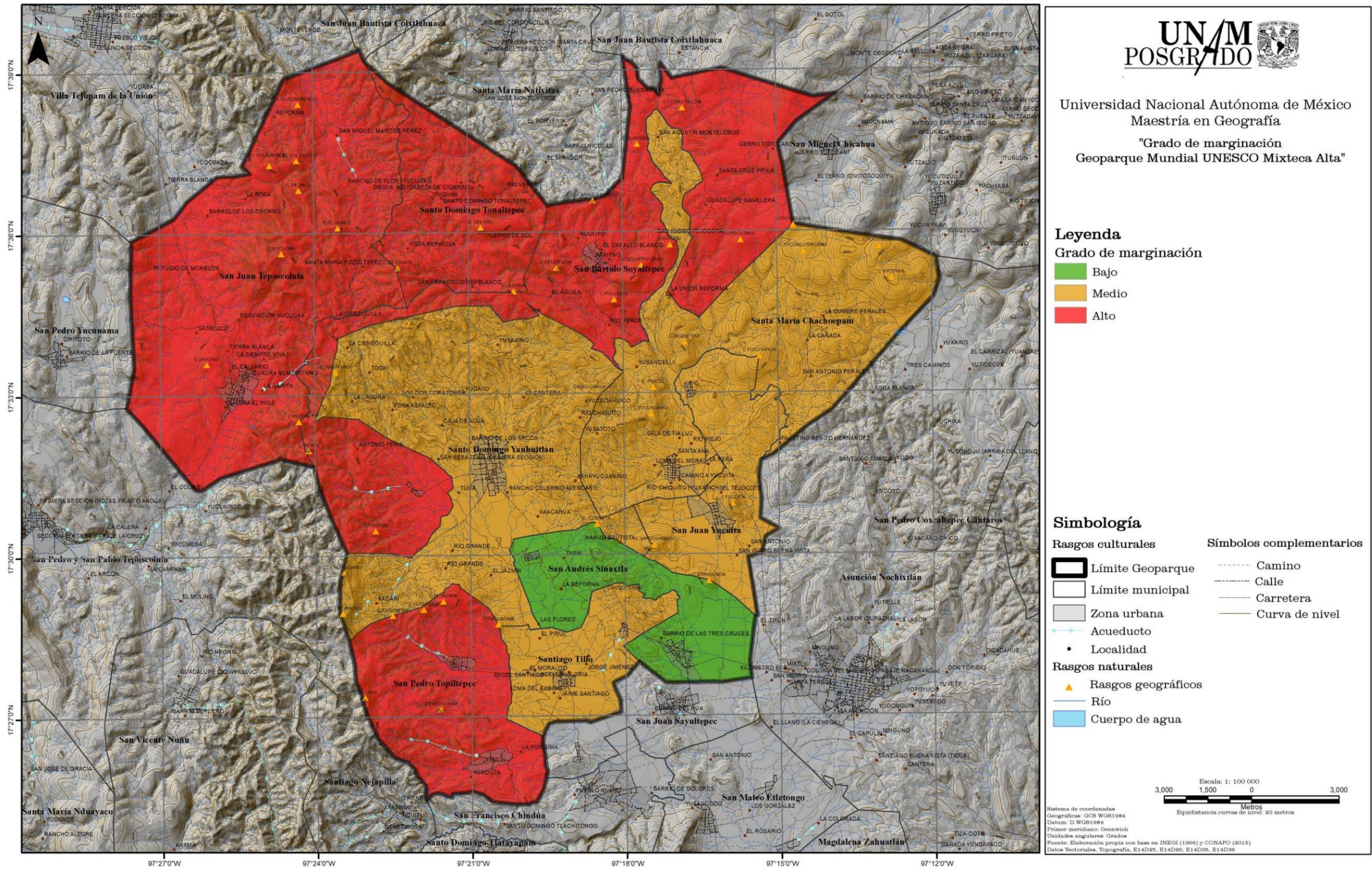


Figura 2.25. Grado de marginación en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996) y CONAPO (2015)

Pobreza

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2021) para el año 2020, el 60.03 % de la población se encontraba en situación de pobreza, ya sea moderada o extrema, es decir, personas con tres o más carencias de las seis posibles consideradas por dicha institución: 1) bienestar social, 2) rezago educativo, 3) acceso a servicios de salud, 4) acceso a la seguridad social, 5) calidad y espacios de la vivienda y 6) servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación.

El 11.9 % de la población total del GMUMA se encuentra en situación de pobreza extrema. Dentro de esta categoría con más del 10 % de su población se encuentran San Juan Teposcolula, San Pedro Topiltepec, Santiago Tillo y Santo Domingo Yanhuitlán. Con 2.8% Santo Domingo Tonaltepec es el municipio con menor porcentaje de población en esta condición. Es importante resaltar que todos los municipios presentaron una disminución con respecto al porcentaje del 2015 (Tabla 2.6).

MUNICIPIO	POBREZA				POBREZA EXTREMA			
	Personas 2010	Porcentaje 2010	Personas 2020	Porcentaje 2020	Personas 2010	Porcentaje 2010	Personas 2020	Porcentaje 2020
San Andrés Sinartla	473	61.3	383	50.7	97	12.5	52	6.9
San Bartolo Soyaltepec	531	81.0	349	58.5	176	26.9	52	8.7
San Juan Yucuita	457	67.3	389	60.5	136	20.0	62	9.7
San Juan Teposcolula	1,133	87.1	1,071	71.7	611	47.0	247	16.5
San Pedro Topiltepec	338	83.7	300	80.3	113	28.1	69	18.6
Santa María Chachoápam	549	72.6	455	59.7	117	15.4	48	6.3
Santiago Tillo	395	71.7	371	68.0	153	27.8	78	14.4
Santo Domingo Tonaltepec	247	90.0	244	97.8	124	45.2	99	39.7
Santo Domingo Yanhuitlán	1,127	70.3	819	50.1	387	24.1	181	11.0

Tabla 2.6. Pobreza y pobreza extrema por municipio.

Fuente: Elaboración propia con base en CONEVAL (2021).

Migración

De acuerdo con CONAPO (2018) la migración se define como el desplazamiento de una persona de su lugar de residencia habitual, a otra de su mismo país u otro país en un tiempo determinado.

El análisis de la migración es un componente para conocer el estado actual de los recursos humanos con los que cuenta la población; para el caso de la zona de estudio se analizaron datos obtenidos de CONAPO (Tabla 2.7) de los cuales resalta el municipio de San Juan Yucuita, ya que el 15.6 % de los hogares contabilizados reciben remesas de otros países, lo que lo ubica en un grado de intensidad migratoria (GIM) alto. Lo anterior contrasta con los datos del municipio de Santo Domingo Tonaltepec, ya que únicamente el 1.1 % de los hogares censados recibe remesas y cuenta con un (GIM) muy bajo. El resto de los municipios cuenta con un GIM bajo.

MUNICIPIO	TOTAL DE HOGARES	PORCENTAJE DE HOGARES QUE RECIBEN REMESAS	HOGARES QUE RECIBEN REMESAS	ÍNDICE DE INTENSIDAD MIGRATORIA	GRADO DE INTENSIDAD MIGRATORIA
San Andrés Sinartla	185	5.9	5.4	-0.184386953	Bajo
San Bartolo Soyaltepec	239	5.4	3.3	-0.440713048	Bajo
San Juan Yucuita	192	15.6	9.9	0.718222208	Medio
San Juan Teposcolula	373	2.9	2.7	-0.200939704	Bajo
San Juan Teposcolula	373	2.9	2.7	-0.200939704	Bajo
San Juan Teposcolula	373	2.9	2.7	-0.200939704	Bajo
Santiago Tillo	146	5.5	4.8	-0.443675049	Bajo
Santo Domingo Tonaltepec	95	1.1	1.1	-0.789920666	Muy bajo
Santo Domingo Yanhuatlán	401	6	2.7	-0.515164846	Bajo

Tabla 2.7. Migración por municipio.

Fuente: Elaboración propia con base en CONAPO (2018).

Al analizar los datos obtenidos en cuanto a la migración y la pobreza se puede notar una baja relación entre ambos, es decir, a pesar de que los niveles de pobreza podrían ser considerados como medios, la migración es baja, lo cual indica un alto grado de arraigo de los habitantes por su lugar de origen; esto es un factor que debe ser considerado al realizar las propuestas de ordenamiento territorial para la zona de estudio.

2.3. Contexto histórico cultural

La región Mixteca ha sido identificada como una de las áreas culturales más antiguas de Mesoamérica, esto aunado a la profundidad histórica de esta extensa área, situada entre los actuales estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero (Hermann, 2008).

Geográficamente la Mixteca se divide en tres regiones: la Mixteca Baja, ubicada en la porción norte de Oaxaca y sur de Puebla; la Mixteca Alta, en la zona oeste de Oaxaca; y la Mixteca Costa, la cual se encuentra en la porción de la costa del Pacífico de Oaxaca. Antes de la llegada de los españoles existían en la región Mixteca grupos de popolocas, chochos, ixcatecos, triquis y amuzgos, sin embargo, el grupo mixteco constituía el 90% de la población (Lind, 2008).

Plunket (1990) menciona que la ocupación más antigua de la zona Mixteca es del periodo Arcaico, esto basado en el hallazgo de puntas de proyectil fechadas entre 5000 a.C. y 3000 a.C., lo cual es indicio de cazadores en el Valle de Nochixtlán de la Mixteca Alta (Lind, 2008).

Lind (2008), en su artículo "Arqueología de la Mixteca" presenta, a través de diferentes autores, una recopilación de su cronología. En dicho artículo señala que existe evidencia que desde la fase Cruz Temprano se encontraban aldeas agrícolas en los Valles de Nochixtlán (Mixteca Alta), parte de dicha evidencia es la cerámica encontrada en la zona por Spores (1972) en Yucuita. Plunket (1990) menciona una población que cubría 65 hectáreas y calcula una población de 600 habitantes.

Plunket (1990) señala que para la fase Cruz Medio, Yucuita pierde mucha población y Etlatongo llega a ser el centro más importante del Valle de Nochixtlán. Es en esta fase donde se encuentra la evidencia arqueológica más antigua de ocupación en la Mixteca Baja, en el sitio de Santa Teresa, cerca de Huajuapán (Arriola y Palomares, 2000).

Para la fase Cruz Tardío, Yucuita tiene un repunte de población, vuelve a ser el centro más importante de Nochixtlán, cubrió 500 hectáreas, y se presenta por primera vez una jerarquía de tres niveles de comunidades, además de los primeros recintos ceremoniales en las partes altas de lomas (Plunket, 1990). Es también en esta fase donde tiene lugar la primera ocupación de aldeas agrícolas en la región de Río Verde.

Joyce y sus colegas (1990) sugieren que la erosión causada por la agricultura en la Mixteca Alta durante las fases Cruz Temprano y Medio, dio resultado a la formación de suelos aluviales que formaron valles fértiles a lo largo de los ríos de la costa y que permitieron, por primera vez, la agricultura en esta región (en Lind, 1980:14).

Para la fase Ramos, se desarrollaron centros urbanos en Monte Negro, Yucuita, Huamelulpan, Cerro de las Minas y otros sitios en la Mixteca Alta, que contaban con arquitectura ceremonial y diferencias en rangos sociales. Se cree que estos sitios fueron los centros de las jefaturas que batallaban entre (Lind, 2008).

Para la fase Las Flores los grandes centros urbanos se localizaban en los cerros de Yucüñudahui (Caso, 1938), en la Mixteca Alta; en Cerro de las Minas (Winter, 2007) y Cerro de la Caja (Rivera y Piña Chan, 2005) en la Mixteca Baja. Lind (2008) señala que en esta fase los centros urbanos encabezaron pequeños estados competitivos que fueron los antecesores de los reinos mixtecos del Posclásico.

A pesar de que la cultura mixteca no tuvo capitales como Monte Albán o Teotihuacán, edificaron centros de menor tamaño como Yucüñudahui, Cerro Jazmín,

Etlatongo y Jaltepec; localizados en el Valle de Nochixtlán. En esta fase se estima una población de 30,000 personas, lo que significó un aumento de la explotación de los recursos de la región (Spores, 2007; López, 2019).

En la fase Natividad tuvo lugar la mayor revolución cultural y artística de la Mixteca Alta, esto debido al desarrollo de la filosofía, religión, política y la tecnología. Es en esta etapa el mayor crecimiento poblacional y el aumento del poder político de los valles de Yanhuitlán y Nochixtlán. Es además en este periodo en el que se da la mayor construcción de lamabordos como un mecanismo para elevar la productividad agrícola, lo cual, tuvo un impacto directo en la construcción del paisaje, esto dio como resultado el dominio de los mixtecos en la región (Spores, 2003; López, 2019).

No obstante, lo anterior, para el año 1468 Yanhuitlán es obligado a rendir tributo a los miembros de la Triple Alianza (Tenochtitlan, Tlacopan y Texcoco) y para 1512 la mayor parte de la Mixteca queda bajo dominio Mexica, por lo que eran obligados a entregar mantas, jade, plumas de quetzal, grana cochinilla, polvo de oro y trajes de guerreros. A pesar de ello los mixtecos lograron mantener sus propios gobernantes y formas de organización social (Cook y Borah, 1968; Terraciano, 2013; López, 2019).

Cook y Borah (1968) mencionan que para el periodo colonial las comunidades de la Mixteca sufrieron cambios drásticos, tales como el remplazo de asentamientos humanos por asentamientos coloniales localizados en el valle, como los patrones urbanos europeos. Entre el 80 % y el 90 % de la población de indígenas pereció como resultado de la conquista, debido a las epidemias y a las condiciones de vida coloniales. Desde tiempos prehispánicos los mixtecos se han caracterizado por el conocimiento y aprovechamiento de los recursos naturales, transformando así el paisaje, por lo tanto, es necesario considerar el factor humano dentro del análisis de la configuración de los actuales paisajes geomorfológicos.

CAPÍTULO III CARACTERIZACIÓN DE LOS PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS COMO HERRAMIENTA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL MEDIO NATURAL

Gómez Orea (2002), señala que la finalidad del diagnóstico del subsistema natural o medio bio-físico, es conocer el estado en que se encuentra, cómo funciona, qué problemas le afectan y cuáles son las potencialidades; menciona además que el diagnóstico del medio bio-físico debe contener aspectos descriptivos e interpretativos y cumplir con los siguientes objetivos:

- Conocer las características naturales del territorio, de acuerdo con su estructura, organización y función, mediante un inventario de estas y la interpretación de su funcionamiento.
- Comprender las formas de utilización del territorio y sus recursos naturales, incluyendo las degradaciones y amenazas (peligros) que actúan sobre el mismo.
- Valorar el territorio en términos de su conservación, basado en el estado y la calidad de su patrimonio natural.
- Estimar la potencialidad del territorio, considerándola como las oportunidades que ofrece en términos de recursos para las actividades humanas.
- Conocer la fragilidad o vulnerabilidad del territorio para dichas actividades.
- Conocer los riesgos de origen natural que se dan en el territorio y sus implicaciones para las actividades humanas.
- Determinar el estado legal del suelo, que puede condicionar su uso y aprovechamiento.
- Determinar la aptitud de uso del territorio y conformar los escenarios alternativos para elaborar su modelo de uso y ocupación.

Para cumplir con los objetivos propuestos por el autor señalado, los paisajes geomorfológicos constituyen una herramienta indispensable, lo cual, pone de manifiesto la utilidad de la presente investigación como herramienta para

realizar el diagnóstico del subsistema natural para el OT de la zona de estudio. Es por ello por lo que en este capítulo se expone el proceso llevado a cabo para la identificación de los paisajes geomorfológicos y sus resultados; además, de acuerdo con el análisis efectuado se indican algunas propuestas para orientar las políticas de desarrollo sustentable del geoparque en cuestión.

Para designar los rasgos del paisaje se ha utilizado la tradición oral, es decir, muchos de estos términos se han extraído de los conocimientos indígenas o por exploradores y geomorfólogos de campo, que después han sido incorporados al lenguaje científico de la geomorfología. Aunque aún no existe un vocabulario de geoformas que sea reconocido de manera global, debido en parte a problemas semánticos, como la traducción de un idioma a otro, existen aproximaciones metodológicas para facilitar la clasificación taxonómica de las mismas (Zinck, 2012).

Zinck (2012) propone una clasificación basada en, lo que él llama, categorías principales de geotaxa, las cuales, en orden decreciente, son:

- Geoestructura
- Ambiente morfogenético
- Paisaje geomorfológico
- Relieve/modelado
- Litología/facies
- Forma de terreno

Para los efectos de la presente investigación se consideró hasta el nivel de clasificación de paisajes geomorfológicos.

3.1. Geoestructura

Este concepto se refiere a una extensa porción continental que se caracteriza por su estructura geológica, la cual, incluye la naturaleza de las rocas, edad y deformaciones tectónicas. Tiene relación con la tectónica de placas (Zinck, 2012).

Este concepto coincide con el de provincia fisiográfica, que, de acuerdo con Lugo (2015) es una zona del territorio definida fundamentalmente por su morfología y estructura geológica; y agrega, las condiciones climáticas, hidrografía, suelos y vegetación dominantes.

Según INEGI (2000), el GMUMA se localiza en la Provincia de la Sierra Madre del Sur, la cual limita al norte con la Provincia del Sistema Volcánico; al este con la Llanura Costera del Golfo Sur, Sierras de Chiapas y Llanura Costera Centroamericana del Pacífico. Al sur tiene límites con el Océano Pacífico. Esta provincia está conformada por el estado de Guerrero y porciones de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca y Veracruz. La provincia es considerada como la más compleja y menos conocida del país, debe sus particulares rasgos a la relación que guarda con la Placa de Cocos, una de las placas móviles que integran la litosfera. A ella se debe la fuerte sismicidad que se manifiesta en esta provincia, en particular sobre las costas guerrerenses y oaxaqueñas (Vilchis, 2015).

De acuerdo con INEGI (2000) el segmento más septentrional de la Sierra Madre del Sur, está formado por afloramientos de secuencias mesozoicas, tanto sedimentarias de plataforma como volcánico-sedimentarias de tipo arco insular volcánico-marginal. Las zonas correspondientes al noroccidente de Guerrero, occidente del Estado de México y sur de Michoacán, conforman una región con afloramientos volcánico-sedimentarios del Jurásico y Cretácico, parcialmente metamorfoseados, que se encuentran cubiertos por las rocas volcánicas y sedimentarias continentales del Cenozoico. Esta región limita al oriente, a la altura de la línea Ixtapan de la Sal-Taxco-Iguala, con la región de la Plataforma Cretácica de Morelos y Guerrero.

El segmento meridional de la Sierra Madre del Sur está formado por extensos afloramientos de rocas metamórficas que abarcan un rango geocronológico que

varía del Paleozoico al Mesozoico y que se encuentran afectados por emplazamientos batolíticos del Mesozoico Superior y aun del Cenozoico. La región pacífica de la Sierra Madre del Sur, correspondiente a los estados de Colima, Michoacán y norte de Guerrero, presenta afloramientos extensos de rocas volcánicas andesíticas interestratificadas, con capas rojas de limolita, conglomerado volcánico y capas de caliza subarrecifal, con una macrofauna de Albiano. Estos afloramientos forman parte de lo que Vidal (1980) ha llamado el Conjunto Petrotectónico de Zihuatanejo, Guerrero, Coalcomán, Michoacán. Existen, además, en esta porción septentrional de la sierra, afloramientos extensos de secuencias sedimentarias de calizas de plataforma con fauna de Albiano y secuencias rítmicas de terrígenos pelítico-arenosos. En áreas situadas alrededor de la ciudad de Colima las calizas de plataforma presentan intercalados fuertes espesores de evaporitas y subyacen en aparente contacto transicional a terrígenos continentales del Cretácico Superior.

En gran parte de la Sierra Madre del Sur, desde sus estribaciones septentrionales hasta las cercanías de Zihuatanejo, ha sido reportada por Campa y Ramírez (1979), la existencia de numerosas montañas formadas por productos andesíticos interestratificados con algunas capas de caliza y terrígenos diseminados en pequeñas áreas de la sierra. Este volcanismo mesozoico continúa bordeando hacia al norte de la costa del Pacífico hasta confundirse con áreas similares de la Cordillera Pacífica Norteamericana.

La mitad meridional de la Sierra Madre del Sur está formada por rocas metamórficas que constituyen el Complejo Xolapa (De Cserna, 1965), el cual se encuentra intrusionado por cuerpos batolíticos de granito. De Cserna reportó el complejo Xolapa en la carretera Chilpancingo-Acapulco, como un conjunto de rocas metasedimentarias formadas por esquistos de biotita y gneis de biotita, con algunos horizontes de cuarcita, mármol, cipolino y presencia de pegmatitas; sin embargo, Guerrero y colaboradores (1978) consideran que en la mayor parte de esta

región el complejo está formado por ortogneis-cuarzo- feldespático, de composición granodiorítica.

En la región de Tierra Caliente y áreas vecinas, del occidente del Estado de México y sureste de Michoacán, existen extensos afloramientos de secuencias volcánico-sedimentarias parcialmente metamorfizadas, que se yuxtaponen a los afloramientos, también extensos, de las secuencias marinas cretácicas de plataforma, de las áreas de Morelos y de Huetamo-Coyuca, en los límites de Guerrero y Michoacán.

Los climas subhúmedos cálidos y semicálidos imperan en gran parte de la provincia. En ciertas regiones elevadas, incluso en algunas con extensos terrenos planos, como los Valles Centrales de Oaxaca, rigen climas semisecos templados y semifríos; en tanto que, al oriente, colinda con la Llanura Costera del Golfo Sur hay importantes áreas montañosas húmedas, cálidas y semicálidas. En esta provincia hay una gran diversidad de tipos de comunidades vegetales, al grado de que ha sido reconocida como una de las regiones florísticas más ricas del mundo. El mayor sistema fluvial de la provincia es el del Río Balsas, con su importante afluente: el Tepalcatepec. El Río Balsas desemboca en el Océano Pacífico (Zacatula, Guerrero), además, es uno de los siete ríos de mayor longitud del país.

Dada la extensión de la provincia de la Sierra Madre del Sur y, como se ha mencionado, su diversidad y complejidad geológica, geomorfológica, climática, hidrológica, edáfica y florística, es necesario ubicar al área de estudio a un nivel de mayor detalle a partir de subprovincias fisiográficas o provincias fisiográficas de escala media, comprendidas entre escalas de 1:1 000 000 y 1:100 000 (Ortiz et al., 2017), en este caso se retoman las provincias fisiográficas del estado de Oaxaca determinadas por Ortiz et al. (2017).

Estos autores clasifican al territorio de Oaxaca en 12 provincias (Figura 3.1), a partir de una base topográfica y geológica, y tomando en cuenta los aspectos de altitud, referida al nivel medio del mar, a partir de una clasificación en intervalos de los valores mínimos y máximos de altitud de la región, así como de la curva hipsométrica, relación entre los intervalos con la superficie que cubren, dicho componente aporta a la zonificación y distribución de la biodiversidad; ejes orográficos, elemento de la topografía que consiste en ejes longitudinales montañosos derivados del arqueamiento por levantamiento tectónico, su relación directa con el sustrato geológico hacen de este componente relevante para los autores en la clasificación e interpretación del relieve; configuración de los patrones de drenaje, Ortiz *et al.* (2017), consideran a la red de drenaje como el reflejo preciso de los elementos físicos que constituyen a la superficie terrestre -clima, vegetación, edafología, geología- y fisiográficos y geomorfológicos por el proceso de erosión, y, pendiente, entendida como el grado de inclinación del terreno, se relaciona con la morfología del relieve y estándares de clasificación geomorfológica, siendo la pendiente clave para la interpretación del relieve y aptitud potencial del terreno.

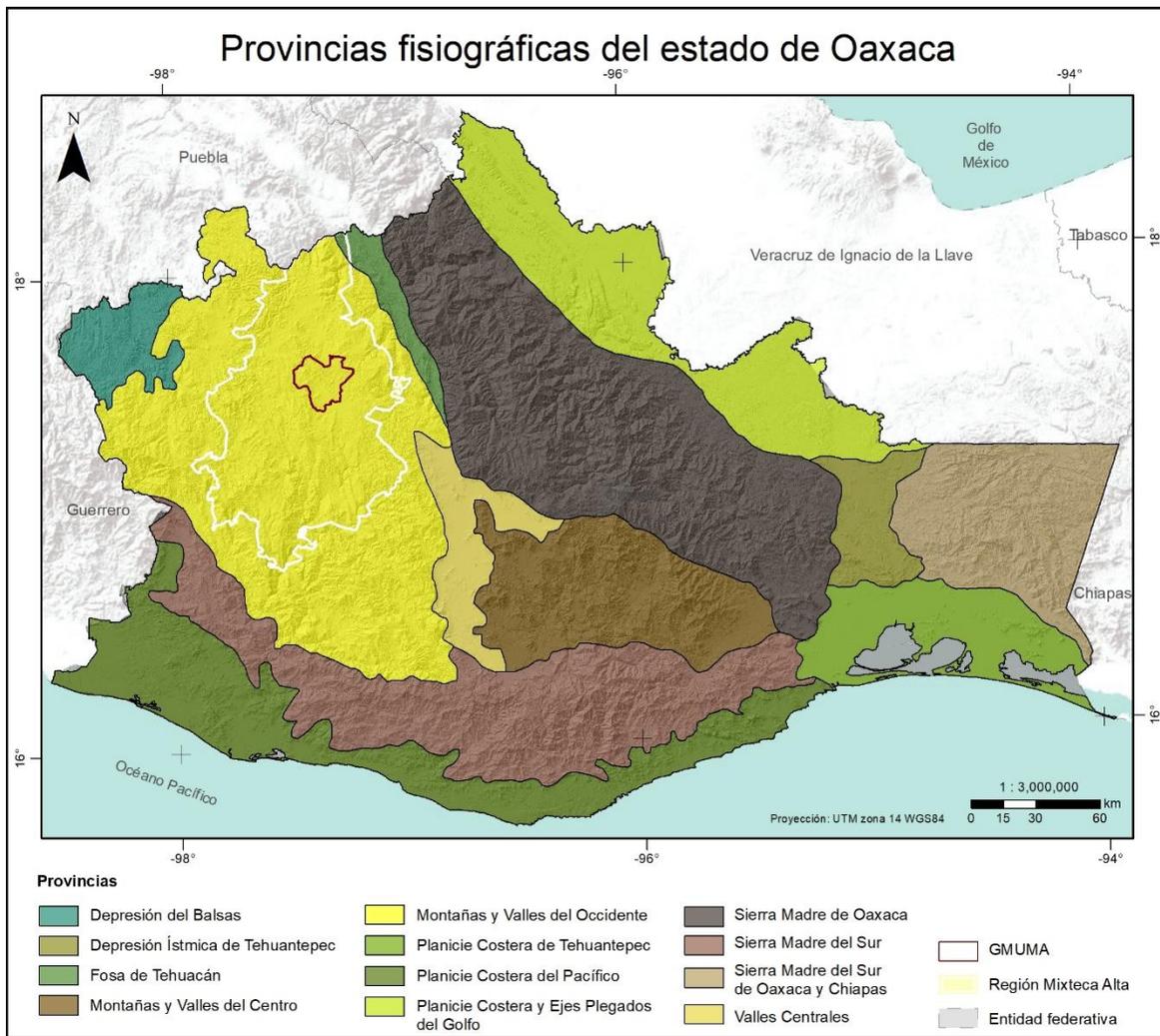


Figura 3.1. Provincias fisiográficas del estado de Oaxaca
Fuente: Elaboración propia con base en Ortiz *et al.* (2017)

El GMUMA se encuentra al noreste de la provincia de Montañas y valles de occidente, la cual corresponde con la región Mixteca, ésta colinda al norte con el estado de Puebla, al occidente con la Depresión del Balsas y el estado de Guerrero, al noreste con la Fosa de Tehuacán, al sureste con Valles centrales y al sur con la Sierra Madre de Oaxaca, su superficie es de 21,262 km² ocupando la de mayor extensión del estado (Ortiz *et al.*, 2017). La provincia fue caracterizada por tener un relieve intrincado y de diversa fisonomía por altitud y por su arreglo morfoestructural, su principal característica está dada por los patrones de

sistemas de sierras en dirección convergente al sur, que al unirse forman una cúspide, dando lugar a ejes orográficos con rumbo NNW-SSE, este eje longitudinal tiene un arreglo escalonado en los cuales se establecen llanuras intramontanas.

En cuanto a hidrografía está integrada por una red de drenaje de disección fluvial densa (mayor a $3\text{km}/\text{km}^2$), densidad presente en la mayoría de las unidades litológicas, como son rocas metamórficas e ígneas paleozoicas y mesozoicas, con excepción de las rocas calizas masivas y plegadas con cimas en forma de mesa, donde la densidad hidrográfica es baja (Ortiz *et al.*, 2017). Los ríos que drenan a esta provincia son el Mixteco al norte, reconocido como afluente del río Balsas, el Río Verde en el sector meridional, el cual desemboca al Océano Pacífico, y el Papaloapan, el cual desemboca en el Océano Atlántico. En cuanto a las pendientes del terreno, la región destaca por tener un 25 % de su terreno entre 6° y 12° , y un 6.5 % superiores a los 30° (Ortiz *et al.*, 2017) consideradas como superficies susceptibles a procesos de remoción de masa, erosión e inestabilidad de laderas (Oropeza y Figueroa, 2013).

Su estructura geológica en las porciones septentrional y central es de montañas en forma de bloques, dispuestas en plegamientos y monoclinales, que conforman un relieve de sierras con rocas carbonatadas del Cretácico y del Jurásico con rocas de calizas arrecifales, lutitas, areniscas y evaporitas. En dichas sierras se presentan cuencas intramontanas amplias con sedimentos continentales del terciario conformadas en una secuencia estratigráfica no diferenciada de conglomerados, calizas, arcillas, limos y depósitos casi estratificados o pseudoestratificados de tobas volcánicas, en cuanto a depósitos del Cuaternario, estos quedan reducidos a los principales valles de llanura de estas cuencas. El oriente se caracteriza por la presencia de rocas masivas de carácter monolito, bloques extensos formados por rocas tipo gneis y de composición básica precámbricas, como la Sierra de Nochixtlán.

Ortiz et al. (2017), mencionan que, en el aspecto geomorfológico, esta provincia tiene una configuración particular y contraria con el estilo clásico de montañas caracterizadas por estar en zonas de subducción como las presentes en los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Chiapas, ya que se presentan en un estilo lineal, paralelo y rotado en sentido de las manecillas del reloj, además muestran una alternancia de bloques elevados y depresiones tectónicas, dando lugar a complejas llanuras. Las principales elevaciones se encuentran entre los 3400 y 2800 m, con la Sierra de Tlaxiaco y Sierra de Nochixtlán. En cuanto al aspecto de biodiversidad la provincia fisiográfica corresponde con la subprovincia florística de la Mixteca Alta.

3.2. Ambiente morfogenético

De acuerdo con Zinck (2012), el ambiente morfogenético se refiere a un tipo general de medio biofísico, originado y controlado por un estilo de geodinámica interna y/o externa. Comprende seis taxa:

- Ambiente estructural: controlado por la geodinámica interna a través de la tectónica (basculamiento, plegamiento, corrimiento, fallamiento) y/o del volcanismo.
- Ambiente deposicional: controlado por la deposición de materiales detríticos, solubles y/o biogénicos, transportados por agua, viento, hielo, movimiento en masa, o gravedad.
- Ambiente erosional (o denudacional): controlado por procesos de disección y remoción de materiales transportados por agua, viento, hielo, movimiento en masa, o gravedad.
- Ambiente disolucional: controlado por procesos de disolución de rocas generando erosión química (carst en rocas calcáreas, pseudocarst en rocas no-calcáreas).

- Ambiente residual: caracterizado por la presencia de rasgos de relieve en sobrevivencia (p.e. inselberg).
- Ambiente mixto: por ejemplo, un ambiente estructural disectado por erosión.

Para el geoparque, se identificaron cuatro ambientes morfogenéticos (Figura 3.2):

- Depositional: asociados a los valles principales del Geoparque, correspondientes con los piedemontes y las planicies.
- Disolucional: se presentan en las porciones del GMUMA donde se localizan las formaciones con rocas calizas (Formación San Isidro, al noreste y Caliza Teposcolula al noroeste).
- Erosional: ambientes caracterizados por los valles de la zona de estudio, así como los campos de cárcavas, asociados a la Formación Yanhuitlán y la Toba Llano de Lobos.
- Mixto: ocupa la mayor superficie del Geoparque, ya que combina los ambientes estructurales y erosionales. En este ambiente se encuentran las zonas de montañas, lomeríos, cerros y lomas aisladas, influenciadas específicamente por fallas, fracturas, vulcanismo y procesos exógenos.

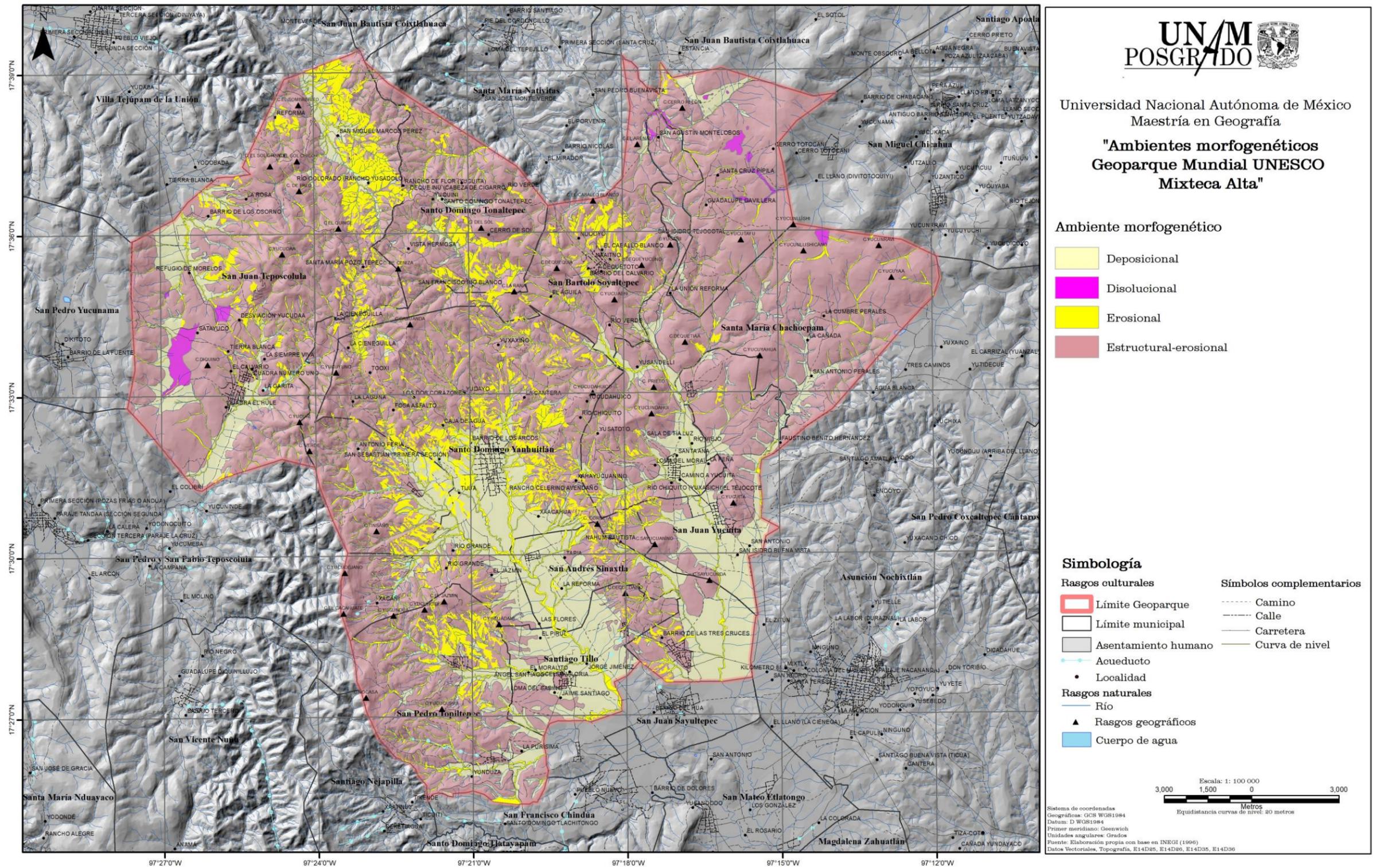


Figura 3.2. Ambientes morfogenéticos en el Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996).

3.3. Paisajes geomorfológicos

De acuerdo con Zinck (2012), el sistema de clasificación de paisajes geomorfológicos reconoce siete taxa: valle, planicie, peneplanicie, altiplanicie, piedemonte, lomerío y montaña. Debido a las características particulares de la zona de estudio, solo se diferenciaron cinco taxa (a la escala 1:50,000) de la clasificación mencionada, misma que se complementó con clasificaciones de otros autores como Lugo (2011) Ortiz y Oropeza (2010).

- **Valle:** porción de terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto (p. e. piedemonte, altiplanicie, lomerío, o montaña). Un valle está generalmente drenado por un solo río. Son frecuentes las confluencias de corrientes de agua. Para su reconocimiento, un valle debe tener un sistema de terrazas que, en su mínima expresión, comporta por lo menos una vega y una terraza baja. En ausencia de terrazas, se trata simplemente de un entalle fluvial, el cual queda expresado en un mapa por la red hidrográfica.
- **Planicie:** porción de terreno extensa, plana, no confinada, de posición baja, con poca energía de relieve (1-10 m de diferencia de altura relativa) y pendientes suaves, generalmente menores a 3%. Varios ríos contribuyen a formar un sistema fluvial complejo. Difluencias de corrientes de agua son frecuentes.
- **Piedemonte:** porción de terreno inclinada al pie de unidades de paisaje más elevadas (p. e. altiplanicie, montaña). Su composición interna es generalmente heterogénea e incluye: colinas y lomas desarrolladas en el sustrato precuaternario, expuesto por exhumación después de que la cobertura aluvial cuaternaria ha sido removida por erosión; abanicos y glacis, a menudo en posición de terraza (abanico-terrazza, glacis-terrazza), compuestos por material detrítico del Cuaternario transportado por torrentes desde terrenos altos circundantes.

- **Badland (campo de cárcavas):** término proveniente de Dakota del Sur y Nebraska, originalmente en francés mauvaises terres (tierras malas). Piedemonte o laderas montañosas con disección densa. Se produce en rocas no consolidadas o de débil cementación. La disección por los barrancos es tan intensa que sus laderas abruptas con frecuencia se unen formando aristas agudas con forma de sierras, de pirámides o de obelisco.
- **Depresión:** en geomorfología es cualquier porción de la superficie terrestre baja respecto a las contiguas, en la mayoría de los casos cerrada. En tectónica es una región de hundimiento de la corteza terrestre, con relleno parcial de sedimentos.
- **Loma:** pequeña elevación del terreno, de altura relativa de algunos metros a 300 m, con una configuración suave de sus laderas y base ancha. Pueden ser erosivas originadas por la disección de planicies levantadas de piedemonte y se forman también por procesos acumulativos: glaciares (morrenas, kames), eólicas (barjanes, dunas),
- **Lomerío:** porción de terreno quebrada, caracterizada por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por una red hidrográfica moderadamente densa y vallecitos coluvio-aluviales.
- **Montaña:** porción de terreno elevada, escabrosa, profundamente disectada, caracterizada por: - alturas relativas importantes con relación a las unidades de paisaje circundantes (externas) de posición más baja (p. e. planicies, piedemontes); importante disección interna, generando una neta energía de relieve entre las áreas montañosas y los valles intercalados.
- **Lamabordo:** Relieve antropogénico. En la palabra lamabordo el prefijo lama significa suelo (o según la RAE, barro de color oscuro) y el sufijo bordo alude a la pared de rocas que retiene dicho suelo. Se trata de un muro de rocas, ramas o vegetación que se construye de manera transversal a la corriente del río en el fondo de una barranca, para que éste funcione como una presa de retención de sedimentos.

Para la clasificación de los paisajes geomorfológicos del GMUMA fue necesario realizar algunos cálculos morfométricos, tales como la hipsometría, la pendiente del terreno y la densidad de disección. Para estimar los parámetros anteriores se trabajó con el Modelo Digital del Terreno (MDT) obtenido del Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013), con una resolución espacial de 15m x 15m. Posteriormente, por medio del software ArcGis 10.3, se efectuó el sombreado o hillshade del MDT, esto con el objetivo de tener una representación espacial de la topografía de la zona de estudio (Figura 3.3).

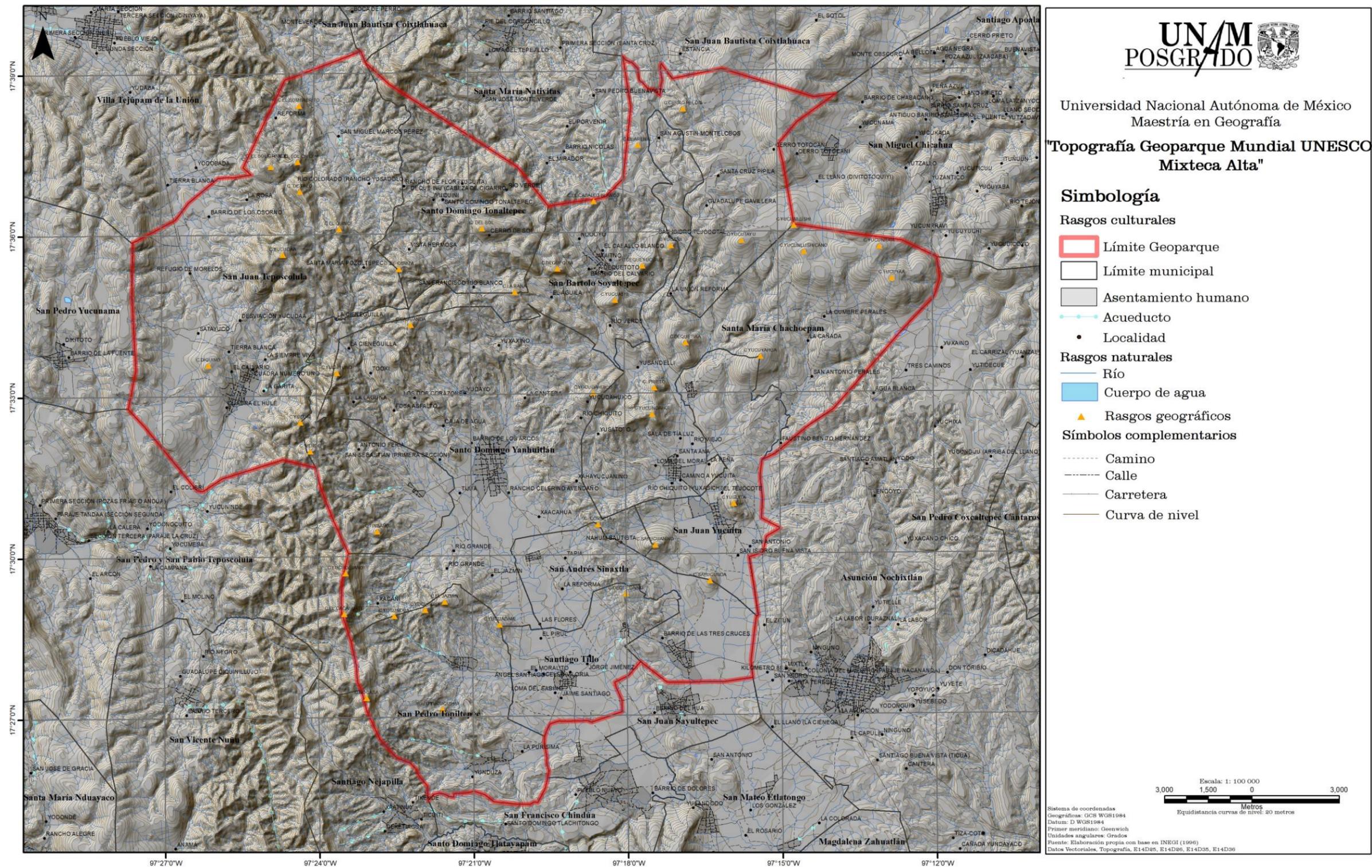


Figura 3.3. Topografía Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996).

Hipsometría

De acuerdo con el análisis del histograma de frecuencia altimétrica (Figura 3.4) y el mapa altimétrico (Figura 3.5) se distinguen tres zonas, en la zona alta del geoparque se agrupan cinco clases altitudinales que van de 2,400 a más de 2,800 msnm y ocupan una superficie aproximada de 32.73 %. Ésta se localiza principalmente en los sectores norte y poniente del Geoparque, en donde se encuentran las cimas más elevadas y laderas altas.

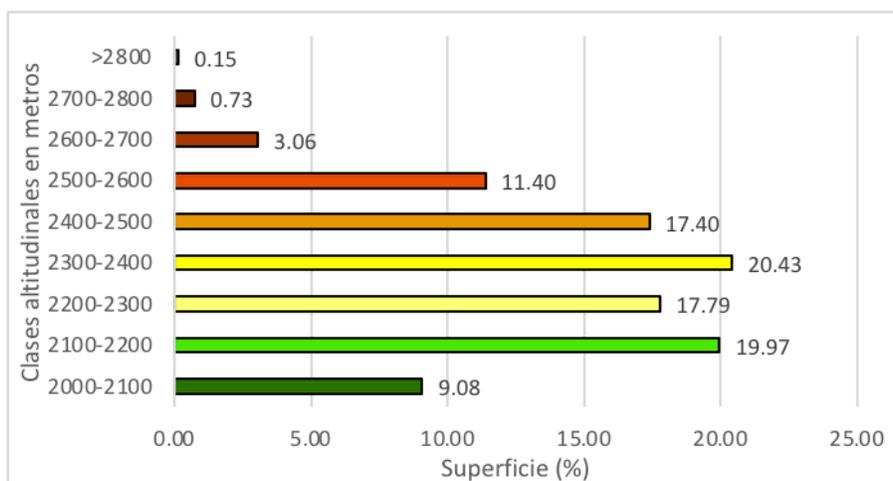


Figura 3.4. Histograma de frecuencias altimétricas del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta.

Elaboración propia, con base en: INEGI (1996).

Destacan los cerros: El Quince (2,740 msnm), De Palo (2,680 msnm), El Sol Grande (2,640 msnm), El Sol Chico (2,580 msnm), El Sombrerito (2,480 msnm), Yucudaa (2,880 msnm), Del Sol (2,660 msnm), La Rana (2,540 msnm), Dequequia (2,500 msnm), Pelón (2,540 msnm), El Arenal (2,500 msnm), Dequeyucúno (2,440 msnm), Yucañii (2,480 msnm), Yucutayu (2,560 msnm), Yucunllish (2,580 msnm), Yucunllishicáno (2,580 msnm), Yucunravi (2,640 msnm), Yucuyaa (2,620 msnm), Yucuyahua (2,460 msnm), De Ceniza (2,700 msnm), Cahuanda (2,720 msnm), Yucu Yuno (2,660 msnm), Yucuñi (2,660 msnm), Verde (2,600 msnm), Yucudéjano (2,740 msnm), El Cacahuate (2,800 msnm), Yucuhuidí (2,440 msnm), Nocasa (2,720 msnm) y El Jazmín (2,480 msnm) (Figura 3.5). Algunos de estos cerros son considerados como geositos dentro del GMUMA.

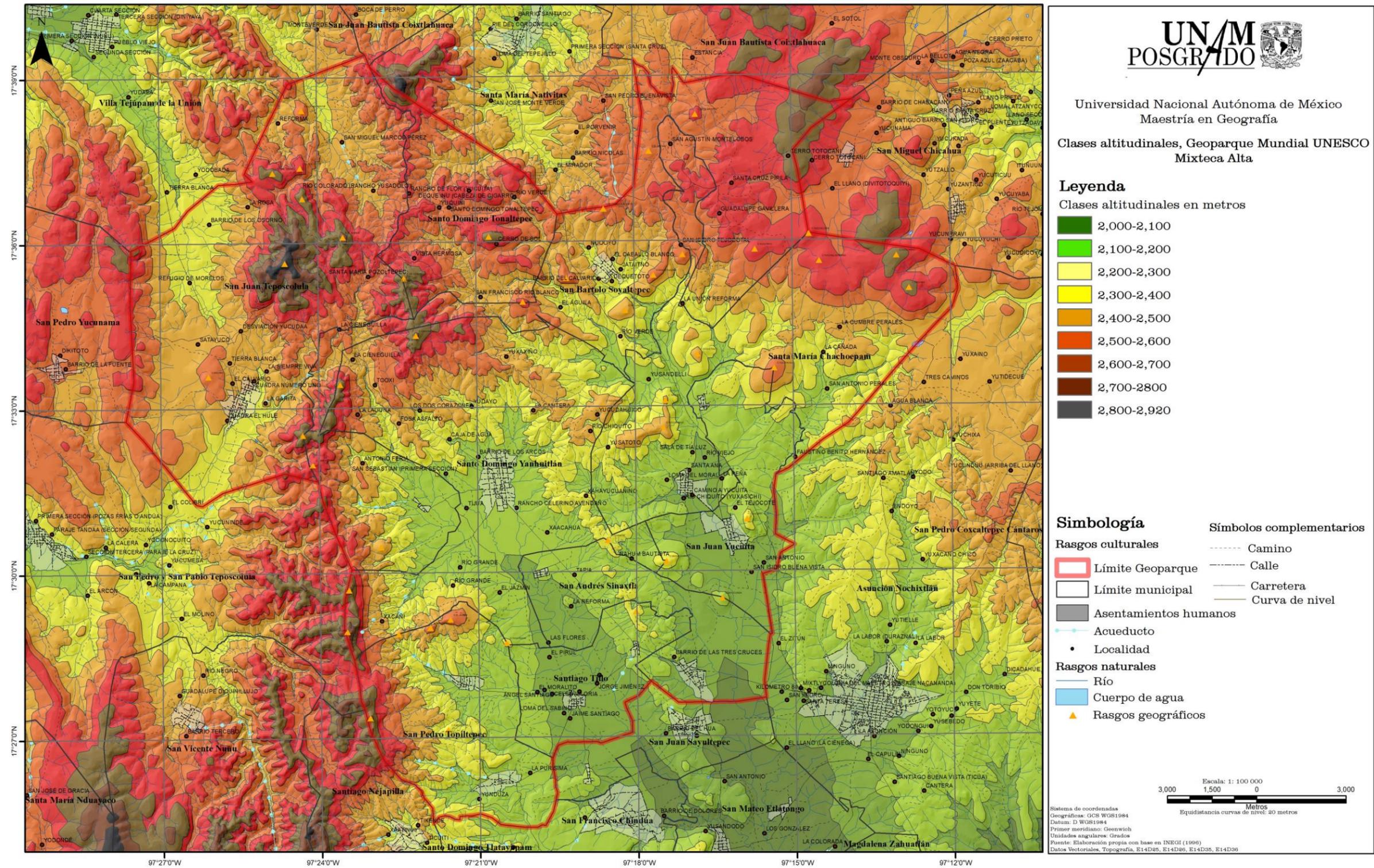


Figura 3.5. Clases altitudinales Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996)

En la zona alta del Geoparque se observan procesos de captación de agua, así como procesos erosivos de escorrentía laminar o difusa y concentrada, lo cual, da lugar a la formación de surcos y cárcavas. Existen evidencias de fenómenos derivados de la inestabilidad de laderas, que se manifiestan en caída de rocas y detritos, así como algunos deslizamientos pequeños y asentamientos del terreno por reptación del suelo (Oropeza *et al.*, 2016).

La zona media del GMUMA va de 2,200 a 2,400 msnm; cubre una superficie equivalente a 38.22% de la superficie. Predomina un relieve de lomeríos y laderas medias y bajas, y rampas altas de piedemonte. En esta zona se transportan sedimentos, en su mayoría derivados de la formación Yanhuitlán, la cual se caracteriza por poca consolidación de sus materiales pétreos, lo que a su vez da lugar a procesos geomorfológicos de carácter erosivo.

La zona baja tiene el menor porcentaje de superficie respecto al geoparque (29.05%); con una altitud que va de 2,000 a 2,100 msnm, corresponde a la llanura fluvial del río Grande y a las rampas bajas de piedemonte. En esta zona se acumulan grandes cantidades de sedimentos, provenientes de las partes altas del geoparque. En el área hay un desnivel de 800 m entre el punto más bajo y el más alto, lo que dio lugar a la conformación de varios pisos fitoclimáticos que no se observan en la actualidad, debido a la transformación antropogénica de la zona (Hermann, 2016).

Pendiente del terreno

La pendiente o inclinación del terreno es un factor determinante para la configuración del relieve, por lo tanto, para la dinámica ambiental y geomorfológica de la zona, pues muchos procesos como; erosión, inestabilidad de laderas, sedimentación y uso de suelo están determinados por ésta.

Con base en las curvas de nivel obtenidas del Marco Geoestadístico elaborado por INEGI (2017), y por medio de procesamiento digital se obtuvo el mapa de la inclinación del terreno para el GMUMA (Figura 3.6). Existe una relación directa con los niveles altitudinales, encontrándose las pendientes ligeramente suaves (0 a 3°) en la parte baja, en algunas superficies cumbrales y rellanos, las cuales ocupan una superficie de 99.13 km², equivalente a 23.85% del geoparque.

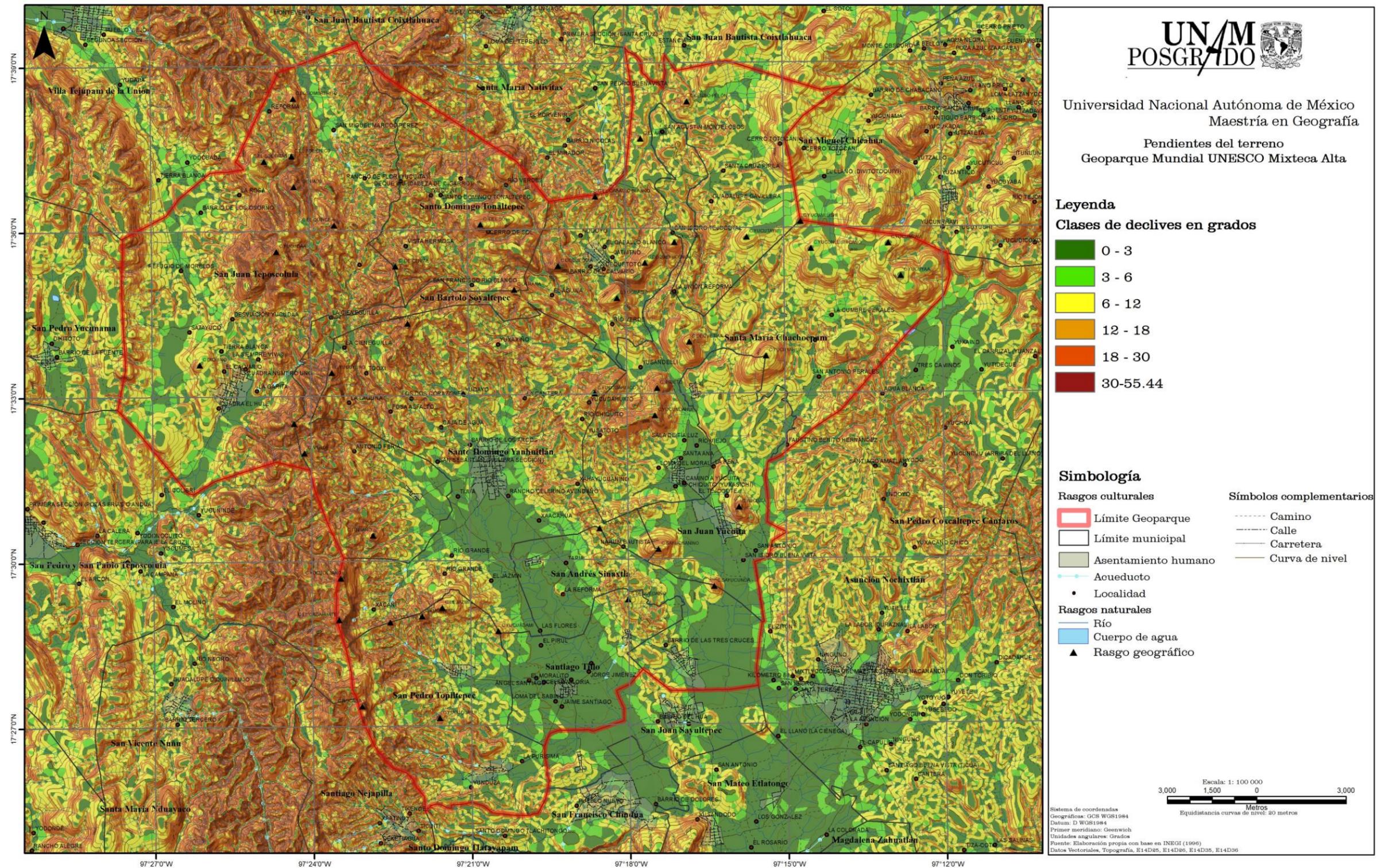


Figura 3.6. Pendientes del terreno Geoparque Mundial-UNESCO Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996).

Los terrenos con pendiente suave (3 a 6°) abarcan una superficie de 39.91 km², lo que equivale al 9.6 % del GMUMA, coincide con los bordes de la planicie aluvial y las partes bajas de los piedemontes, por lo que los procesos más significativos son los acumulativos y de erosión superficial no concentrada. Es en este tipo de relieve donde se localizan las estructuras conocidas como lamabordos.

El relieve con una pendiente moderada (6 y 12°) es el que ocupa la mayor superficie del geoparque (101.6 km²), lo que corresponde al 24.44 %; se encuentra conformado por el piedemonte, cuevas y lamabordos. Los procesos geomorfológicos se caracterizan por una dinámica compleja en la que se alterna la erosión, la acumulación y la denudación.

La pendiente entre 12 y 18° se clasificó como ligeramente fuerte, ya que a partir de estos valores se encuentran procesos erosivos con un mayor desarrollo; en el GMUMA estas pendientes abarcan una superficie de 18.28 km² (19.28 %). El rasgo característico de las zonas con estas pendientes son los campos de cárcavas y los sistemas de barrancos.

Alrededor del 18.89 % de la superficie del geoparque tiene una pendiente fuerte (18 a 30°), mientras que el 3.95 % tiene una pendiente muy fuerte, hasta de 55.44°. El relieve con estos gradientes es abrupto y pronunciado, se distribuye por la porción norte y poniente del Geoparque. En este relieve se presentan campos de cárcavas y destacan procesos gravitacionales, como caídas de rocas y detritos, lo que genera pequeños taludes o conos de escombros.

Densidad de disección

Para obtener la densidad de disección del GMUMA se utilizaron los ríos contenidos en las cartas topográficas de INEGI (1996), además de los ríos inferidos con base en las curvas de nivel. Para definir la longitud de los cauces se estableció una cuadrícula de un km² y se realizó el procesamiento de interpolación a través del Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.3.

Se establecieron cinco rangos para la interpretación de la información, los cuales van de $<3\text{km}/\text{km}^2$, $3-4\text{km}/\text{km}^2$, $4-5\text{km}/\text{km}^2$, $5-6\text{km}/\text{km}^2$ y $>6\text{km}/\text{km}^2$ (Figura 3.7). Las zonas con menor densidad de disección representan el 18.36% de la superficie total del territorio, se asocian a las formaciones que presentan rocas de tipo caliza como la Formación San Isidro y la Formación Teposcolula, además de las planicies aluviales.

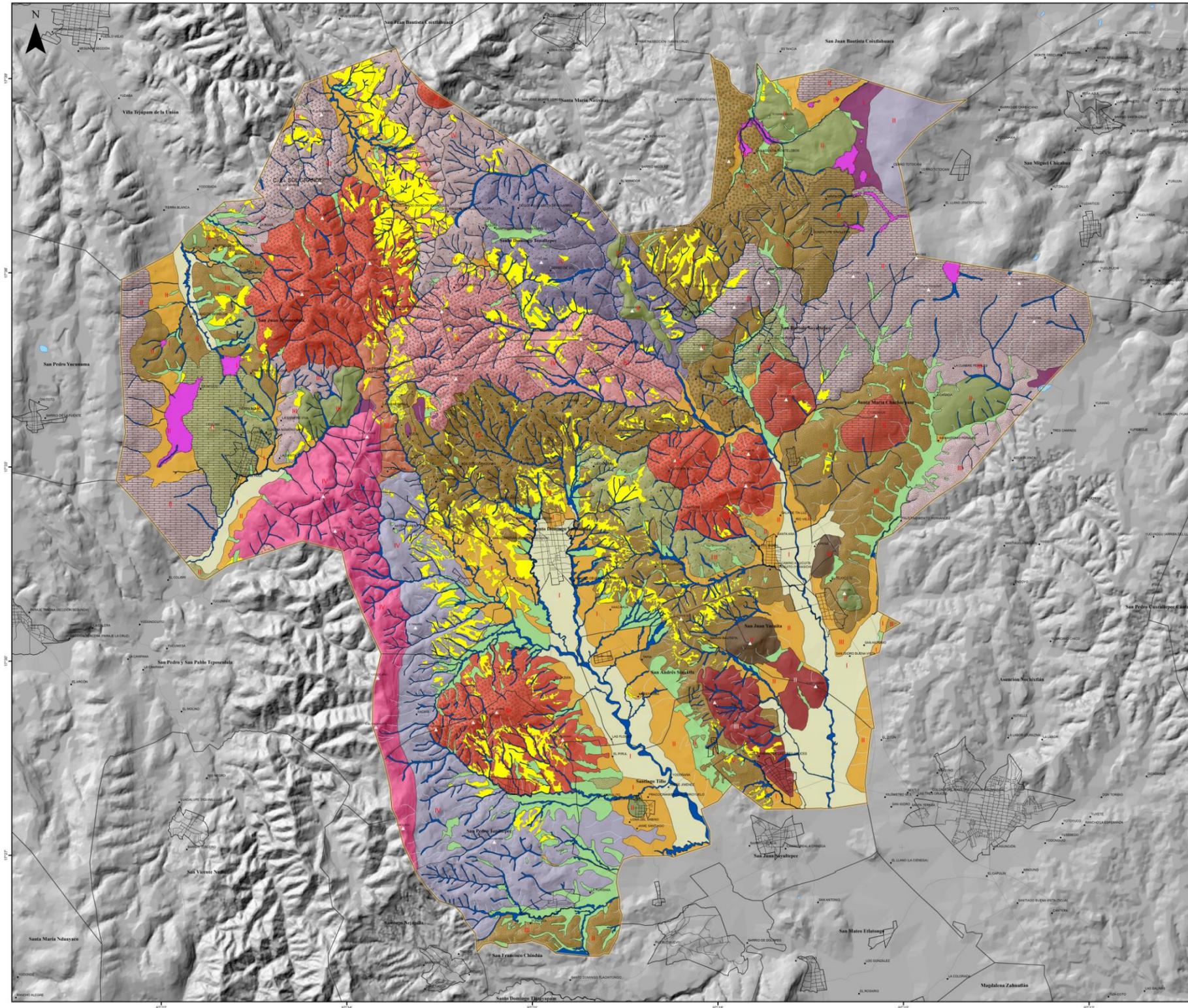
El 27.22 % del territorio se encuentra en un rango de 3 a 4 km/km^2 , mientras el 30.9 % en un rango de 4 a 5 km/km^2 ; ambos son los rangos que mayor porcentaje ocupan dentro del geoparque, se asocian a la Formación Yanhuitlán, la Andesita Yucudaac y la Toba Llano de Lobos; de forma predominante en las laderas y las rampas de piedemonte.

Los dos rangos con menor presencia van de 5 a 6 km/km^2 y $>6\text{km}/\text{km}^2$, se presentan principalmente en la Formación Toba Llano de Lobos y en la Formación Yanhuitlán. Las mayores densidades se localizan en las porciones más altas del geoparque.

Con base en los parámetros morfométricos y las características litológicas, la fotointerpretación de las imágenes satelitales y trabajo de campo, se clasificaron 14 paisajes geomorfológicos (Tabla 3.1, Figura 3.8), los cuales pertenecen a un sistema jerárquico, ya que cada unidad tiene un arreglo de disposición y de orientación que afecta a toda el área, es decir, cuentan con un gradiente y pertenecen o forman parte de un estilo morfotectónico y de un modelado morfoclimático e hidrográfico determinado, constituyendo así patrones fisiográficos diversos, dando como resultado 31 subcategorías descritas a continuación (Ortiz et al. 2016).

SISTEMA	UNIDAD FISIOGRÁFICA	SUBUNIDAD FISIOGRÁFICA	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	PAISAJE GEOMORFOLÓGICO	FORMACIÓN GEOLÓGICA	SUELO DOMINANTE	VEGETACIÓN	PENDIENTE	ÓRDEN DE CORRIENTE	DENSIDAD DE DISECCIÓN km/km ²	PROCESO DOMINANTE	SUPERFICIE (km ²)
Continental	Sierra Madre del Sur	Montañas y valles de occidente	Erosional-erosional	Montañas medias (mayor a 500 m)	Andesita Yucudaac	Leptosol	Vegetación secundaria de pino-encino, Bosque de pino-encino, Bosque de encino	6-30	1 y 2	5-6	Erosivo-acumulativo	14.3
					Toba Llano de Lobos	Leptosol		6-18	1,2 y 3	5-6	Erosivo-acumulativo	3.3
					Yanhuitlán	Leptosol		18-30	1 y 2	>6	Erosivo	6.1
				Montañas medias en bloque (mayor a 500 m)	Andesita Yucudaac	Phaeozem		18-30	1 y 2	5-6	Erosivo-acumulativo	17.1
				Montañas bajas (200 a 500 m)	Andesita Yucudaac	Phaeozem	Bosque de pino, Bosque de pino-encino, pastizal, matorral	12-30	1, 2 y 3	4-5	Denudativo-erosivo	4.7
					Toba Llano de Lobos	Leptosol		6-30	1,2 y 3	5-6	Erosivo-acumulativo	13.4
					Yanhuitlán	Phaeozem/Leptosol		12-18	1 y 2	4-5	Denudativo-erosivo	7.4
					Teposcolula	Leptosol		12-30	1 y 2	3-4	Denudativo	8.2
					San Isidro	Luvisol		6-18	1 y 2	3-4	Denudativo	29.1
				Montañas bajas en bloque (200 a 500 m)	San Isidro	Leptosol		6-18	1 y 2	3-4	Denudativo	4.1
				Montañas bajas mesiforme (200 a 500 m)	Andesita Yucudaac/Toba Llano de lobos	Phaeozem/Leptosol		6-30	1,2 y 3	5-6	Erosivo-acumulativo	15.3
				Montaña aislada (> 200 m)	Andesita Yucudaac	Phaeozem/Leptosol	Vegetación herbácea, matorral, reforestación de pino	18 - >30	1, 2 y 3	4-5	Denudativo-erosivo	23.2
			Toba Llano de Lobos		Leptosol	6-18		1 y 2	4-5	Denudativo-erosivo	2.7	
			Yanhuitlán		Leptosol	6->30		1, 2 y 3	>6	Erosivo	11.5	
			San Isidro		Luvisol/Regosol	6-18		1 y 2	3-4	Denudativo	5.1	
			Intrusivo		Regosol	6-18		1 y 2	3-4	Denudativo	2.3	
			Lomeríos (< 200 m)	Toba Llano de Lobos	Leptosol	Vegetación herbácea, matorral, reforestación de pino	12-18	1, 2 y 3	5-6	Erosivo-acumulativo	14	
				Yanhuitlán	Leptosol/regosol		12-18	1, 2 y 3	5 - > 6	Erosivo, Erosivo-acumulativo	48.4	
				San Isidro	Regosol		6-12	1 y 2	3-4	Denudativo	4.4	
				Intrusivo	Regosol		6-12	1 y 2	3-4	Denudativo	13.5	
			Lomerío en bloque (< 200 m)	Yanhuitlán	Phaeozem	Vegetación herbácea, matorral	18-30	1 y 2	4-5	Denudativo-erosivo	2.5	
			Lomas (< 200 m)	Toba Llano de Lobos	Leptosol	Vegetación arbustiva, Reforestación y Agricultura	6-12	1	3-4	Denudativo	8	
				Yanhuitlán	Leptosol		6-12	1	4-5	Denudativo-erosivo	1.1	
				Teposcolula	Leptosol		6-12	1	3-4	Denudativo	5.5	
				San Isidro	Regosol		6-12	1	3-4	Denudativo	1.9	
				Intrusivo	Leptosol/regosol		6-12	1 y 2	3-4	Denudativo	10.7	
			Deposicional	Piedemonte	Sedimentos aluviales	Agricultura	3-12	2-3	<3 - 4	Acumulativo, Denudativo	33	
			Erosional	Campo de cárcavas	Yanhuitlán/Toba Llano de Lobos	Desprovisto de vegetación	12-30	1, 2 y 3	>6	Erosivo	27.3	
			Deposicional	Lamabordo	N/A	Agricultura	3-12	3-4	<3	Acumulativo	22.9	
			Disolucional	Depresión	N/A	Agricultura	3-12	1 y 2	<3	Acumulativo	4.7	
			Deposicional	Planicie	N/A	Agricultura	0-3	4,5 y 6	<3	Acumulativo	23.9	

Tabla 3.1. Síntesis de las características de los paisajes geomorfológicos.
Fuente: Elaboración propia.



"Paisajes geomorfológicos
Geoparque Mundial UNESCO
Mixteca Alta"

Paisajes geomorfológicos

- Montañas medias (Altura relativa >500m)
- Montañas medias en bloque (Altura relativa >500m)
- Montañas bajas (Altura relativa entre 200 y 500 m)
- Montañas bajas en bloque (Altura relativa entre 200 y 500 m)
- Montañas bajas mesiformes (Altura relativa entre 200 y 500 m)
- Montañas aisladas (Altura relativa >200 m)
- Montañas aisladas intrusivas (Altura relativa >200 m)
- Lomeríos (Altura relativa <200 m)
- Lomeríos en bloque (Altura relativa <200 m)
- Lomeríos intrusivos (Altura relativa <200 m)
- Lomas (Altura relativa <200 m)
- Lomas intrusivas (Altura relativa <200m)

Piedemontes

- Zonas de transición con materiales proluviales/aluviales

Planicies

- Aluviales

Depresiones

- Kárstica
- Estructural

Paisaje erosivo

- Campo de cárcavas

Paisaje fluvial

- Valles

Paisaje antropogénico

- Lamabordos

Procesos dominantes

- I Acumulativo
- II Denudativo
- III Denudativo-erosivo
- IV Erosivo-acumulativo
- V Erosivo

Rasgos culturales

- Límite Geoparque
- Límite municipal
- Localidades principales
- Localidades secundarias

Rasgos naturales

- Río
- Cuerpo de agua
- ▲ Rasgo geográfico
- Red vial
- Carretera

Formaciones geológicas/litología

- Andesita Yucudaac / Secuencia de derrames lávicos andesíticos
- Toba Llano de Lobos / Secuencia de tobas, conglomerados, areniscas y limolitas
- Depósitos Teotongo / Secuencia de areniscas con tobas líticas
- Formación Yanhuítán / Conglomerados, areniscas, tobas y arcillas
- Calizas Teposcolula / Calizas
- San Isidro / Secuencia de calizas, areniscas, limolitas y lutitas

Proyección cartográfica: UTM Zona 14 N
Esferoide y Datum: WGS1984
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996)
Datos Vectoriales, Topografía, E14D25, E14D26, E14D35, E14D36

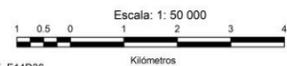


Figura 3.8. Paisajes geomorfológicos del Geoparque Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996)

Montañas: Se consideraron en esta categoría al conjunto de elevaciones con una altura de 200 a mayores de 500 m; a su vez se subdividieron en montañas medias y medias en bloque, que son aquellas superiores a los 500 m, y montañas bajas y bajas en bloque, que se encuentran en un rango que va de los 200 a los 500 m. Ocupan una superficie de 123 km² y se distribuyen de manera heterogénea en la zona de estudio.

Son los paisajes con las mayores pendientes desde 6 a mayores de 30°, y también donde se encuentra la mayor densidad de disección, va desde los 5 hasta los 6 km/km². La densidad de disección y los procesos exógenos dominantes varían en estos paisajes dependiendo de la litología; las montañas compuestas por la Formación Yanhuitlán y la Toba Llano de lobos son las que presentan una mayor disección por lo que presentan procesos erosivos y erosivos-acumulativos, mientras que las que se encuentran compuestas por la formación Caliza Teposcolula y la Formación San Isidro, dada las características de la roca, están menos diseccionadas y, predominan procesos denudativos. Al ser las porciones con mayor altitud los ríos de orden 1, 2 y 3 conforman el drenaje.

En relación con el factor altitudinal, son los paisajes donde se concentra la vegetación de bosque (encino, encino-pino y enebro), aunque también se presenta vegetación secundaria arbórea y arbustiva de bosque, matorrales y pastizales. En el fondo de los valles se identifican cambios microclimáticos que favorecen una mayor diversidad y concentración de la cobertura vegetal, sin que sea estrictamente vegetación de galería o que pertenezca a un ecotono de transición acuática-riparia. Esta distribución de la vegetación puede funcionar como corredores biológicos y albergar algunos mamíferos de talla pequeña y mediana.

Dentro de la categoría de montañas medias destaca el paisaje compuesto por elevaciones aisladas (algunas de ellas corresponden a estructuras intrusivas) como los cerros de Geniza, Cahuanda y de La Rana, constituidos por las formaciones geológicas Andesita Yucudaac y Toba Llano de Lobos; rodeado por montañas medias en bloque, lomeríos y montañas bajas. A diferencia de los paisajes circundantes cuenta con una dirección generalizada E-W, lo cual, es debido a patrones

estructurales, ya que como se observa en el mapa geológico, es una zona donde se presentan diversas fallas y fracturas. Al oeste y al noroeste de este paisaje se localiza otro paisaje de montañas medias constituidas por la Formación Yanhuitlán (Figura 3.9 y 3.10), es uno de los paisajes en los que, debido a la pendiente y la composición geológica, se concentra la mayor cantidad de campos de cárcavas o *badlands*.



Figura 3.9. Montañas en bloque. San Pedro Topiltepec.



Figura 3.10. Montañas medias constituidas por la Formación Yanhuitlán. Santo Domingo Yanhuitlán.

El paisaje de montañas en bloque se localiza en la porción centro-occidental del geoparque y se direcciona hacia el sur de la zona; se presentan dentro de este paisaje cerros como el Yucuni, Yucudejano, El Cacahuate, Yucuquihui, Nocasa y Tinsaño (Figura 3.11 y 3.12). De acuerdo con el criterio altitudinal, estructural y litológico, se dividió en montañas medias y montañas bajas en bloque, las primeras con una composición litológica de andesitas y la segunda compuesta por la Formación Yanhuitlán.



Figura 3.11. Cerro el-Cacahuate, montaña en bloque. Santo Domingo Yanhuitlán.

Su configuración en bloque es debido a que coinciden con la falla geológica de carácter regional de Cieneguillas; falla activa con movimiento lateral izquierdo, con rumbo norte-sur y un buzamiento o echado del plano de falla al poniente, que corta las formaciones Llano de Lobos y la Andesita Yucudaac. La disección que se observa en estos valles muestra una morfología asimétrica, ya que los interfluvios y valles cuentan con una pendiente y longitud desigual.

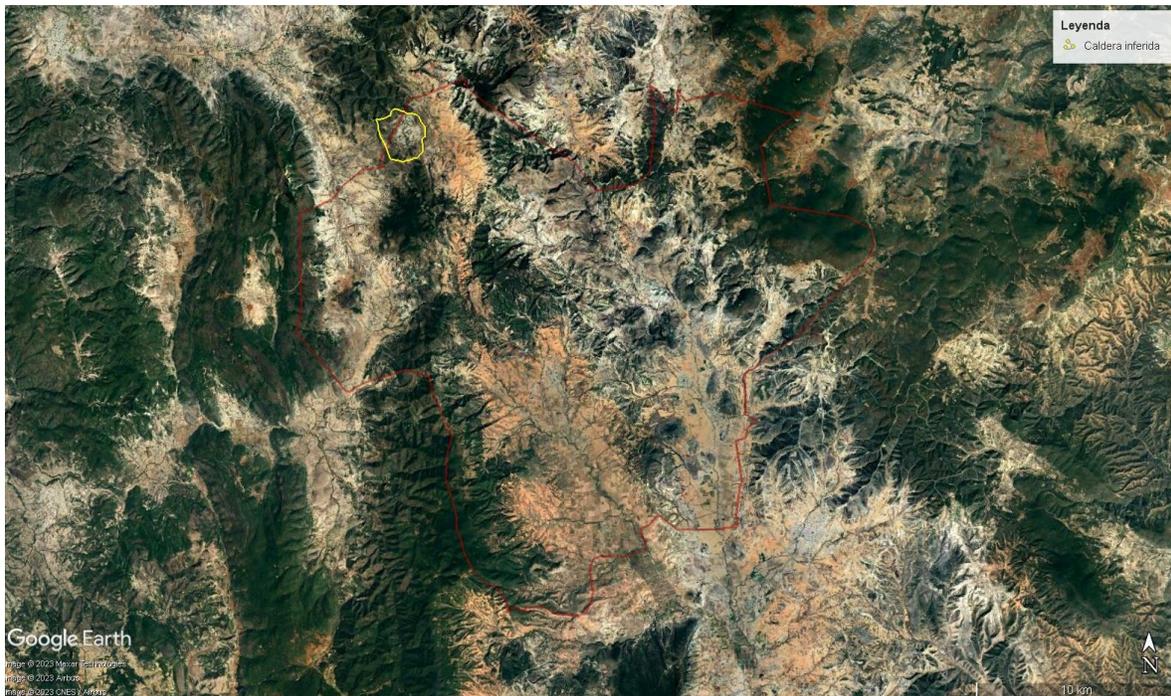
El paisaje de montañas bajas se distribuye en la porción noreste, norte y noroeste de la zona de estudio. Las montañas bajas del noreste se encuentran compuestas en su mayoría por material calcáreo de la formación San Isidro, muestran un relieve convexo suave; además, entre ellas existen depresiones de origen kárstico y estructural, con algunas formaciones de origen intrusivo, por su parte, las montañas bajas localizadas al norte cuentan con una configuración de sus cimas de tipo mesiforme, aparte de los materiales calcáreos se intercalan tobas y andesitas, al igual que las ubicadas en la porción noroeste. Estas últimas destacan porque están compuestas por tobas, lo que se interpreta como una caldera volcánica (Figura 3.12 y 3.13.a, b y c), dadas las características morfométricas y litológicas de la misma; además de las observaciones realizadas en trabajo de campo.



Figura 3.12. Cerro del Sol, paisaje de montañas bajas mesiformes. Santo Domingo Tonaltepec.



Figura 3. 13.a. Caldera volcánica inferida, cerro El-Sombrerito. San Juan



**Figura 3.13.b. Caldera volcánica inferida, cerro El-Sombrerito. San Juan
Teposcolula.**

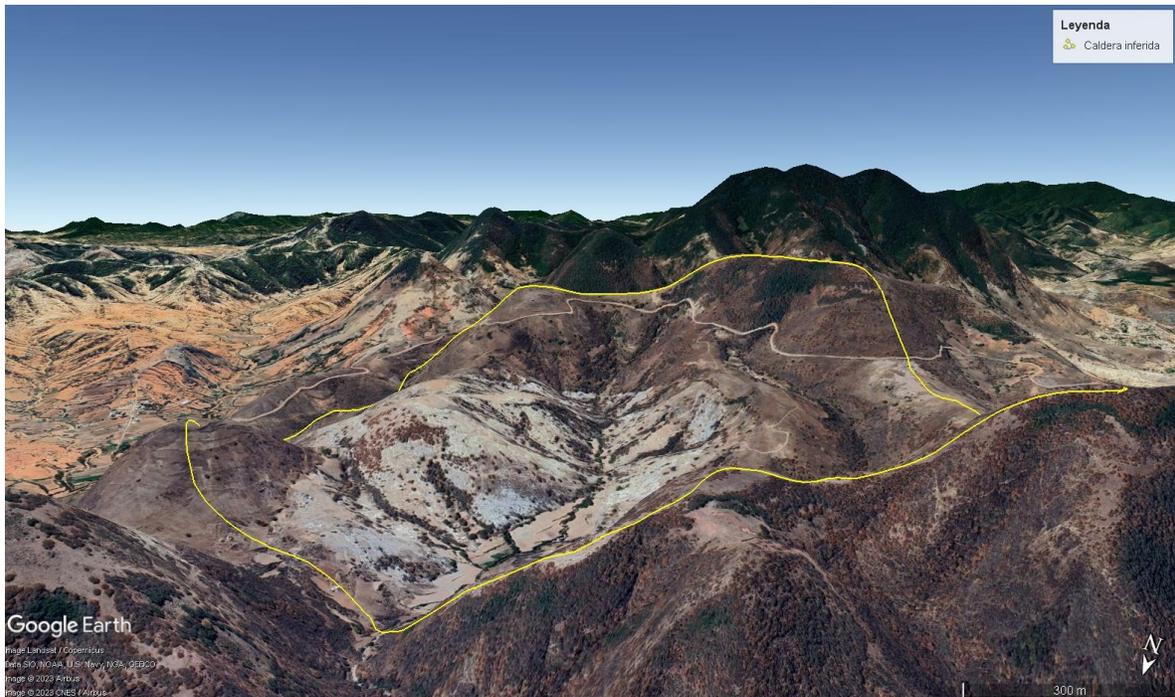


Figura 3.13.c. Caldera volcánica inferida, cerro El Sombrerito. San Juan Teposcolula.

Montañas aisladas: Dentro de la toponimia de diversas fuentes y la denominación local de los habitantes de la zona existen más de cuarenta cerros en el Geoparque. Sin embargo, de acuerdo con los criterios de clasificación establecidos para distinguir estos paisajes (la elevación mayor a 200 m, y la estructura particular como unidad relativamente independiente del contexto que los rodea, la diversidad litológica, como las formaciones Andesita Yucudaac, Toba Llano de Lobos, Yanhuitlán, San Isidro y, las características de cuerpos intrusivos que presentan algunos de ellos) se consideraron siete unidades dentro de esta categoría a los cerros: Yucudaa, El Quince y De palo, el Cerro Jazmín, Yucundahui, Yucudahuico, Dequetiaa y Yucuyahua. .

Las pendientes van de los 6° a más de 30°, lo cual se relaciona con el orden de corriente de los afluentes, dominando los de 1, 2 y 3. Al igual que en la categoría de montañas, los procesos se encuentran en estrecha relación con la composición litológica de los paisajes, en la Formación San Isidro los procesos denudativos y

en la Formación Yanhuitlán y Toba Llano de Lobos los procesos erosivos, lo cual se ve reflejado a su vez en la presencia de campos de cárcavas.

Los suelos de estos cerros derivan del tipo de roca a la que sobreyacen, donde se encuentran andesitas se han formado suelos de tipo Phaeozem y Leptsoles, en las tobas y material sedimentario como la Formación Yanhuitlán se localizan Leptosoles; mientras que en los de material calacáreo como la Formación San Isidro se presentan, principalmente Regosoles.

De acuerdo con la interpretación realizada con base en las imágenes de satélite y el trabajo de campo, es en estos paisajes se concentran las reforestaciones con pinos principalmente, además; se encuentran bosques de pino, de encino, de pino-encino y matorral. En las porciones más bajas de algunos cerros se observan campos de cultivo.

En la porción noroccidental se encuentra el cerro Yucudaa, es la elevación más alta de todo el GMUMA, con más de 600 m de altura relativa y una altitud por encima de los 2,800 msnm. Posee una configuración y composición de andesitas en la cima y las laderas altas; y de tobas en las partes más bajas, lo cual corrobora la hipótesis de que se trata de un volcán, sin embargo, esto aún no se ha mencionado en las publicaciones geológicas del geoparque. La parte más baja de la porción oriental (perteneciente a la Toba Llano de Lobos) presenta importantes campos de cárcavas.

Al suroeste de la localidad de Santo Domingo Yanhuitlán, se localiza el Cerro Jazmín (Figura 3.14), con una altura relativa de 520 metros. La cima y las laderas occidentales de esta estructura (las cuales limitan con las montañas bajas en bloque) se encuentran compuesta por andesitas de la Formación Yucudaac, mientras que las laderas del norte, este y sur están formadas por la Formación Yanhuitlán. Existe una diferencia notable en cuanto a la configuración de las laderas de este cerro, ya que las que se encuentran al norte, sur y este cuentan con una pendiente entre 6° y 12°, mientras que las orientadas al oeste alcanzan

los 30°. Esto obedece al patrón estructural que controla esta porción del geoparque, ya que dichas laderas se encuentran influenciadas por el sistema de fallas y de fracturas, provenientes de las montañas en bloque.



Figura 3.14. Cerro Jazmín. Santo Domingo Yanhuitlán/San Pedro Topiltepec.

Al oriente de la zona de estudio, se localizan los cerros Yucuyahua y Dequetiaa, con una superficie y una altura menor, aproximadamente 240 metros. Ambos se componen de calizas, pertenecientes a la Formación San Isidro. Al suroeste de estos se localizan los cerros Yucundahui y Yucudahuico, cuya superficie y altitud es similar a los anteriores, están compuestos por andesitas en las cimas y laderas altas y tobas en las laderas más bajas. Estas elevaciones dan muestra de la fuerte actividad tectónica y volcánica existió la zona.

Lomeríos y lomas aisladas: Se diferencian ya que los lomeríos se presentan en conjunto y las lomas de manera aislada. Se distribuyen de manera heterogénea por todo el GMUMA, su litología corresponde a diferentes formaciones geológicas (Toba Llano de Lobos, Yanhuítlán, San Isidro Teposcolula) y algunos son de origen intrusivo, se presentan como elevaciones con una altura relativa menor a los 200 m, su superficie aproximada es de 80 m². Constan de algunas estructuras relictas, es decir, estructuras que no sufrieron cambios significativos ante los procesos circundantes, las pendientes que van de los 6° a los 30°. Como procesos dominantes destacan los erosivos y denudativos, con corrientes de orden 1, 2, 3 y 4, esto debido a que la extensión de las vertientes es reducida, al gradiente de pendiente y a los materiales deleznable. Existen zonas con densidad de disección mayor a los 6 km/km², que coinciden con los campos de cárcavas.

En casi todos los paisajes con esta categoría (Figura 3.15) se localizan suelos tipo Leptosol, a excepción de aquellos con rocas calizas que presentan Regosoles. Existen también zonas de reforestación, así como vegetación arbustiva y extensas zonas dedicadas a la agricultura.



Figura 3.15. Paisaje de lomeríos. San Bartolo Soyaltepec.

Asociado al paisaje transversal de montañas medias mencionado en el apartado anterior, se localiza, en la porción central del geoparque, un sistema de lomeríos compuesto principalmente por la Formación Toba Llano de Lobos, que presenta una dirección similar E-W. Limita en la porción oeste con un paisaje de lomerío en bloque compuesto por la Formación Yanhuitlán, éste con una dirección N-S, que a su vez limita al sur con las montañas bajas en bloque; existen además depresiones de origen estructural dentro de este paisaje. Por lo anterior, así como por el trabajo de campo realizado, se infiere que estos paisajes son resultado de la actividad tectono-estructural en esta porción del GMUMA.

Al noreste de la zona de estudio, se encuentran una serie de lomeríos contiguos, compuestos de diferentes litologías de las formaciones geológicas Calizas Teposcolula, Formación San Isidro y Formación Yanhuitlán. Dentro del lomerío compuesto por la Formación Yanhuitlán se encuentra el denominado cerro Caballo Blanco (Figura 3.16), uno de los lugares que es considerado como un geositio del GMUMA por el grado erosión que posee, el cual se ve reflejado en la superficie en la que se presentan campos de cárcavas.



Figura 3.16. Campo de cárcavas en Cerro de Caballo Blanco. San Bartolo Soyaltepec.

Dentro de la zona de lomeríos de la porción oriental se localizan lomas intrusivas (Figura 3.17), tal es el caso del Cerro Yucuita, descrito en algunas publicaciones como cuerpo hipabisal con rocas sedimentarias de tipo caliza en la parte superior.



Figura 3.17. Paisaje de loma aislada. San Juan Yucuita.

Al noroeste se localiza un paisaje de loma aislada con rocas calizas correspondientes a la formación Teposcolula, a diferencia de las lomas con otras litologías, se presenta como un paisaje de laderas tendidas y poco disectadas, limita al sur con una depresión de origen kárstico.

Piedemontes: Ocupan aproximadamente 30 km² de la zona de estudio. Corresponden a una rampa ligeramente inclinada, con algunas lomas aisladas y disección fluvial escasa en forma de barrancos. Se encuentran delimitados en su mayoría por los paisajes de planicies aluviales y se presentan como una zona de transición que articula con las laderas de lomeríos o montañas. La densidad de disección es baja (<3 a 4 km/km²) con órdenes de corriente que van de orden 1 a 4, pero los de mayores frecuencias son de orden 2 y 3.

Los piedemontes cuentan con una cubierta de materiales acumulativos provenientes de sedimentos de origen proluvial y aluvial, los cuales sepultan de manera parcial las formaciones que se encuentran en la parte inferior. Existe una mayor formación de suelos de tipo Vertisol y un uso, en su mayoría, agrícola.

Existen numerosas terrazas antrópicas, donde predominan pendientes planas y ligeramente convexas, flanqueadas y limitadas por corrientes de orden 3 y 4 que forman barrancos, muchos de los cuales se pierden en la parte inferior más alejada de la rampa de piedemonte, cercana a la planicie, ya sea por evaporación o por infiltración del agua que se convierte en escurrimientos superficiales que, a su vez, constituyen focos de inicio para la erosión (Ortiz et al, 2016).

Planicies aluviales: Ocupan 23.9 km², las dos más grandes se ubican en la porción centro-sur: la del Río Grande o Yanhuitlán (Figura 3.18) y la del Río Verde; se presentan otras dos al noroeste del Geoparque: la del Río San Juan y la del Río Salado. Las primeras tres con una dirección generaliza N-S, mientras que la del Río Salado presenta una dirección S-N.



Figura 3.18. Planicie de origen aluvial. Santa María Chachoapám.

En los paisajes de planicie la pendiente oscila entre los 0 a 3°, con una formación dominante de suelos de tipo Vertisol, esto debido a que no se encuentran en una etapa de acumulación marcada, probablemente, debido a un levantamiento tectónico o a un cambio climático de mayor humedad que propicia la erosión de tipo lineal y vertical de escurrimiento concentrado (Ortiz et al. 2016). Evidencia de esto son los barrancos o la hidrografía de los órdenes 4, 5 y 6 en la planicie del Río Grande, que presentan tres fases de incisión con dos niveles de terrazas. Algunos de los órdenes de corrientes con valores bajos (1 y 2) son asimilados por esta llanura sin integrarse por completo a la red hidrográfica, y como esta planicie tiene un origen acumulativo, la densidad de drenaje es baja de 0 a 3.4 km/km² (Ortiz et al. 2016). Al igual que en los piedemontes, en estos paisajes domina la agricultura.

Campos de cárcavas: Corresponden a una etapa avanzada de la erosión hídrica, el escurrimiento concentrado o lineal remueve el suelo descubierto o con escasa vegetación formando canales profundos (Figura 3.19). Cuando las cárcavas siguen evolucionando se unen unas con otras y forman sistemas conocidos como campos de cárcavas o “badlands”, que son característicos de la Formación Yanhuitlán y la Toba Llano de Lobos. Cubren una extensión de 27.3 km².

Aun cuando se podría considerar que son estas zonas las que le han dado el nombre de zona de “desastre ecológico” a la Mixteca Alta, deben valorarse dentro de las políticas del ordenamiento territorial del geoparque. Si bien es cierto que hay zonas que parecen perdidas, ambientalmente hablando, las reforestaciones y cuidados por parte de la población local han demostrado que es posible recuperar algunos de estos sectores, por lo tanto, deben aplicarse políticas de restauración, además de aprovechamiento tanto científico como turístico.



Figura 3.19. Campos de cárcavas (Badlands). San Bartolo Soyaltepec.

Valles: Son formas del relieve resultantes de la erosión fluvial. En el mapa se distinguen los más representativos de acuerdo con su profundidad o erosión vertical (algunos alcanzan varias decenas de metros) y por su longitud (desde 200 m a más de 30 km). Presentan diferentes patrones de drenaje (dendríticos, enrejados, radiales y circulares), muchos están controlados por fallas y fracturas.

Depresiones: Corresponden a formas cóncavas del relieve, cerradas o abiertas, alargadas e irregulares, de bordes escarpados y de fondo plano o ligeramente inclinado en pendientes menores a tres grados. Se agrupan a las depresiones tectónicas y de origen sedimentario que se localizan dentro de las formaciones carbonatadas del Cretácico Inferior (Formación San Isidro y Calizas

Teposcolula), al noreste y noroeste del geoparque, también se encuentran en zonas de transición entre las montañas y los lomeríos de origen ígneo y sedimentario hacia el oeste. Se relacionan con diferentes condiciones estructurales como fallamiento horizontal y con procesos kársticos. El uso de suelo es agrícola.

Lamabordos: Se distribuyen en todo el geoparque y su superficie es de 22.9 km². Son paisajes geomorfológicos antropogénicos, constituidos por sistemas de terrazas agrícolas, presentes desde la época prehispánica hasta la actualidad. Para construir las terrazas, en el fondo de los valles se levantan muros transversales a éstos, son de diferentes materiales (rocas o diversos tipos de plantas arbustivas y arbóreas), ahí se acumulan sedimentos y suelos que son aprovechados en la agricultura (Figuras 3.20 y 3.21).

El principio básico de los lamabordos, más allá del funcionamiento, es el manejo de la escorrentía y de la producción de sedimentos de las laderas o de las corrientes superficiales (Bocco Verdinielli & Napoletano, 2017). Al reducir la inclinación de la ladera dividiéndola en secciones más cortas y con pendientes más suaves las terrazas modifican el movimiento del agua a través del suelo, lo que influye en el crecimiento de las plantas y en el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, lo que finalmente se traduce en la mejora de servicios ecosistémicos (Wei et al., 2016 en López, 2019)



Figura 3.20. Sistema de lamabordos. San Juan Yucuita.



Figura 3.21. Sistema de lamabordos. San Bartolo Soyaltepec.

3.4 Aptitud del suelo

Los programas de ordenamiento ecológico territorial constituyen una herramienta para el establecimiento de patrones espaciales de organización de actividades humanas, en función de las potencialidades de uso y de su compatibilidad con el uso histórico del territorio (Bollo, Hernández y Méndez, 2010). Los mismos autores señalan que la evaluación de la aptitud natural de uso del área de estudio persigue, en dependencia de la disponibilidad u oferta cuantitativa y cualitativa de los recursos naturales, así como de la información existente sobre atributos ambientales relacionados con éstos y sus potencialidades para diferentes fines socioeconómicos y conservacionistas, ofrecer criterios concretos para el aprovechamiento económicamente eficiente y ambientalmente viable de la oferta natural.

El análisis de la aptitud de uso del suelo provee la información necesaria para conocer la vocación natural de las diferentes unidades de paisaje físico-geográfico, como unidades espaciales de análisis geográfico. En función de dichas cualidades, es posible establecer la selección priorizada de usos para un territorio, que reduzca los conflictos ambientales que se originan entre los distintos sectores socioeconómicos, que actúan sobre el mismo (Bollo, Hernández y Méndez, 2010).

En este sentido, se llevó a cabo un ejercicio, utilizando como base el mapa de paisajes geomorfológicos, para elaborar tres mapas de aptitud del suelo, a fin de establecer los usos que en un futuro ordenamiento territorial estén relacionados con dos de los principales objetivos del geoparque, la geoconservación y el geoturismo, además de la aptitud para la restauración de zonas que se han degradado, dañado o destruido.

Para este proceso, se generalizaron y transformaron a formato raster las capas de información de paisajes geomorfológicos y de uso de suelo, esto con la finalidad de que los resultados sean representativos en la escala utilizada.

Posteriormente, se establecieron tres categorías de aptitud, 1) muy apta, 2) apta y 3) poco apta. Dependiendo de la aptitud a evaluar, a cada unidad de paisaje y/o cobertura del suelo, se le asignó un valor del uno al tres. Asimismo, se utilizó la herramienta *distancia euclidiana*, disponible en el software ArcGis 10.3, con la capa de carreteras, variable fundamental para evaluar la accesibilidad en la aptitud de geoturismo. Se hizo el procesamiento de la información con la herramienta *weighted overlay*, con la cual se obtuvieron los mapas con las tres categorías mencionadas.

Mapa de aptitud para la Geoconservación

La geoconservación es uno de los principios que deben cumplir los geoparques de la UNESCO, tiene como objetivo preservar la diversidad natural de las características geológicas, geomorfológicas, de suelos y sus procesos, y de mantener sus magnitudes y tasas de cambio (Sharples, 2002). En esta línea, en el GMUMA existen treinta y cuatro geositios³, los cuales son fundamentales en la categoría de geoconservación.

A las zonas donde se encuentra la mayor parte de los geositios representativos de las formaciones geológicas más importantes del Geoparque y la vegetación está mejor conservada se les otorgó con el valor uno. En la Tabla 3.2 se presentan las calificaciones asignadas de acuerdo con el análisis espacial de las capas de paisajes geomorfológicos y uso de suelo y vegetación.

³ Los geositios son equivalentes a los sitios o puntos de interés geológico.

GEOCONSERVACIÓN			
Paisajes Geomorfológicos	Calificación	Uso de Suelo y Vegetación	Calificación
1.- Montaña	1	1.- Vegetación arbórea y arbustiva	1
2.- Montaña aislada	1	2.- Vegetación herbácea, matorral y pastizal	2
3.- Depresión	2	3.- Vegetación ribereña	1
4.- Planicie	3	4.- Reforestación	2
5.- Piedemonte	3	5.- Agricultura	3
6.- Lomerio/loma	2	6.- Asentamientos humanos	3
7.- Lamabordo	2	7.- Cuerpo de agua	1
8.- Valle	2	8.- Desprovista de vegetación	3
9.- Campo cárcavas	3	9.- Lamabordo	2
		10.- Regeneración natural	2

Tabla 3.2. Ponderación de la aptitud para la geoconservación.

La calificación de dos se otorgó a los paisajes en que las condiciones son más accesibles, donde se encuentran sitios que pueden ser considerados de valor geológico o geomorfológico y a los lugares donde se encuentra la vegetación en estado de recuperación o en condiciones no tan favorables.

Se le asignó el valor tres a los paisajes y usos de suelo que se encuentran en un estado de degradación alto como los campos de cárcavas y a las zonas donde se desarrolla de forma principal la agricultura, como planicies y piedemontes.

Lo anterior dio como resultado el mapa de la Figura 3.22 donde se destaca con la aptitud poco apta para la conservación a las zonas de planicies asociadas a los valles principales, así como apta a las zonas en las que se encuentran los campos de cárcavas, principalmente con paisajes de lomas y lomeríos en la porción central del GMUMA, y como zonas muy aptas a la conservación resaltan las de montañas en la porción occidental del Geoparque, así como las zonas de calizas ubicadas al Noreste y Noroeste.

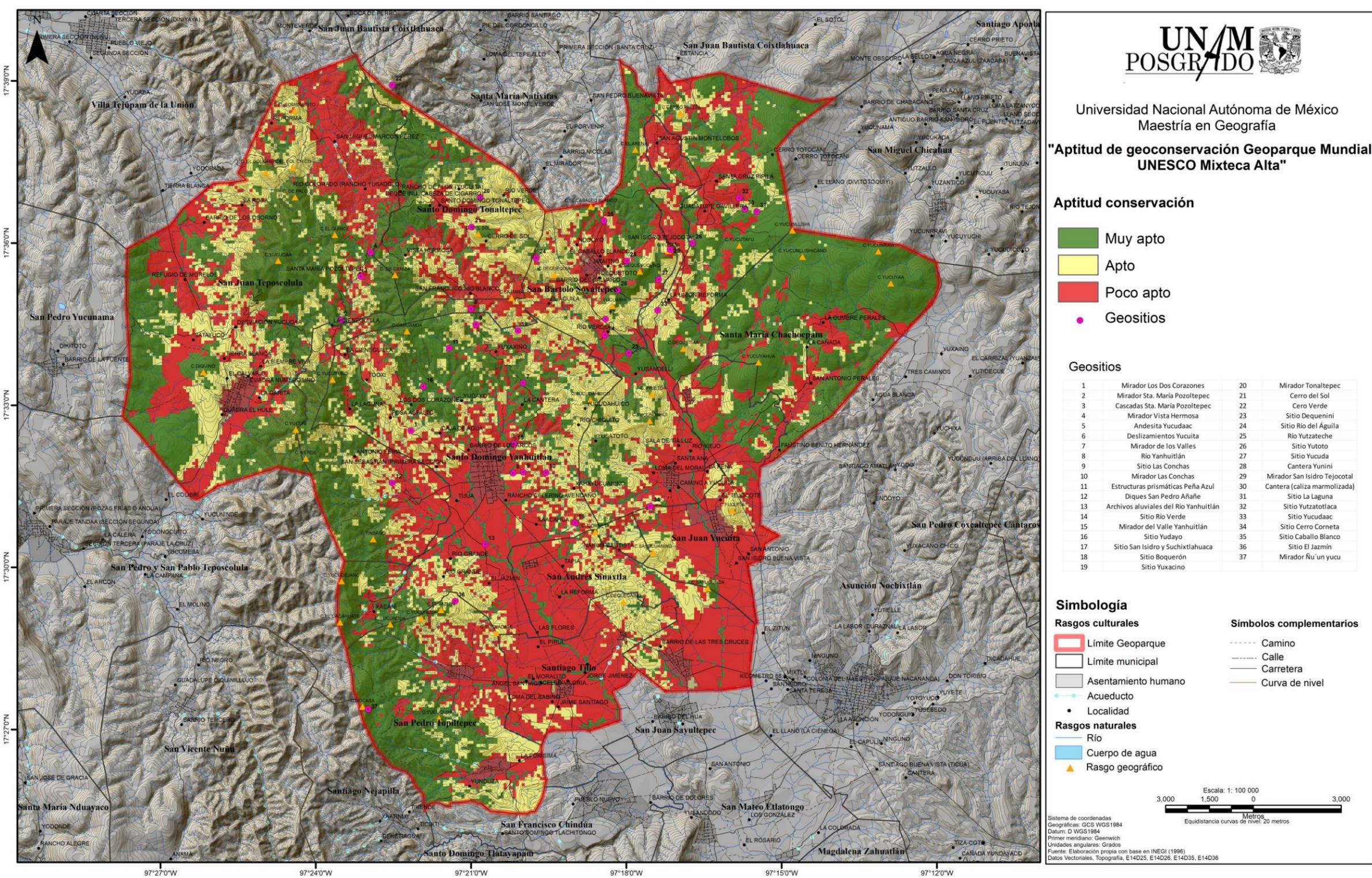


Figura 3.22. Aptitud de geoconservación Geoparque Mixteca Alta.
 Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996)

Mapa de aptitud para el Geoturismo

El geoturismo es un turismo sostenible cuyo objetivo principal se centra en experimentar los rasgos geológicos bajo un entendimiento cultural y medioambiental apreciando su conservación, y que es localmente beneficioso (Carcavilla, Belmonte, Durán e Hilarrio, 2011).

Dentro de los treinta y cuatro geositos que existen en el GMUMA, resaltan el “mirador Los Corazones”, el cual es un circo erosivo presente en la Formación Yanhuitlán; el “mirador Vista Hermosa”, desde el cual se observan badlands, diques y contactos litológicos; el geosito “Andesita Yucudaac” donde se observan rocas con procesos de exfoliación esferoidal; los “Prismas de Peña Azul” donde se encuentran estructuras de lava y cascadas; el geosito denominado “Agencia Guadalupe Gavillera” con rasgos kársticos como lapiaz.

Todos estos geositos obedecen al atractivo geológico y geomorfológico que existe en el geoparque, por lo tanto, para realizar el mapa de aptitud para el geoturismo (Figura 3.23) se consideraron con valores de uno a los paisajes en los que se encuentra mayor presencia de geositos y a los que se les considera que cuentan con el potencial para el establecimiento de futuros sitios de interés (Tabla 3.3). También se tomó en cuenta, en este rubro, la distancia de los sitios a las principales carreteras, ya que se deben de contemplar los lugares que cuenten con accesibilidad y que no impliquen el impacto negativo al ambiente al crear nuevos caminos.

GEOTURISMO			
Paisajes	Calificación	Distancia a carreteras (m)	Calificación
1.- Montaña	1	0-500	1
2.- Montaña aislada	1	500-1000	2
3.- Depresión	1	1000-1500	3
4.- Planicie	3		
5.- Piedemonte	2		
6.- Lomerio/loma	2		
7.- Lamabordo	1		
8.- Valle	2		
9.- Campo cárcavas	1		

Tabla 3.3. Ponderación de la aptitud para el geoturismo.

Son pocos los lugares que obtuvieron la categoría de poco apto, lo cual habla del potencial para seguir explorando lugares que puedan ser reconocidos como geositios, para esto se debe considerar que los intereses del geoturismo suelen ser muy variados, desde observar por motivos estéticos, tomar muestras para laboratorio, realizar experimentación *in situ*, o con fines académicos. Los sitios que obtuvieron la mayor aptitud se asocian de forma principal a los paisajes de montañas y montañas aisladas, lo cual obedece a que ahí se puede observar la mayor parte de los fenómenos litológicos.

"Aptitud geoturismo Geoparque Mundial
UNESCO Mixteca Alta"

Aptitud geoturismo

- Muy apto
- Apto
- Poco apto
- Geositios

Geositios

1	Mirador Los Dos Corazones	20	Mirador Tonaltepec
2	Mirador Sta. María Pozoltepec	21	Cerro del Sol
3	Cascadas Sta. María Pozoltepec	22	Cerro Verde
4	Mirador Vista Hermosa	23	Sitio Dequenini
5	Andesita Yucudaac	24	Sitio Río de la Aguila
6	Deslizamientos Yucuita	25	Río Yutzateche
7	Mirador de los Valles	26	Sitio Yutoto
8	Río Yanhuítlan	27	Sitio Yucuda
9	Sitio Las Conchas	28	Cantera Yunini
10	Mirador Las Conchas	29	Mirador San Isidro Tejocotal
11	Estructuras prismáticas Peña Azul	30	Cantera (caliza marmolizada)
12	Diques San Pedro Añafe	31	Sitio La Laguna
13	Archivos aluviales del Río Yanhuítlan	32	Sitio Yutzatolaca
14	Sitio Río Verde	33	Sitio Yucudaac
15	Mirador del Valle Yanhuítlan	34	Sitio Cerro Corneta
16	Sitio Yudayo	35	Sitio Caballo Blanco
17	Sitio San Isidro y Suchixtlahuaca	36	Sitio El Jazmín
18	Sitio Boquerón	37	Mirador Nu'un yucu
19	Sitio Yucacino		

Simbología

Rasgos culturales

- Límite Geoparque
- Límite municipal
- Asentamiento humano
- Acueducto
- Localidad

Rasgos naturales

- Río
- Cuerpo de agua
- Rasgo geográfico

Simbolos complementarios

- Camino
- Calle
- Carretera
- Curva de nivel



Sistema de coordenadas:
Geográficas: GCS WGS1984
Datum: D WGS1984
Primer meridiano: Greenwich
Unidades angulares: Grados
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996)
Datos Vectoriales, Topografía, E14D25, E14D26, E14D35, E14D36

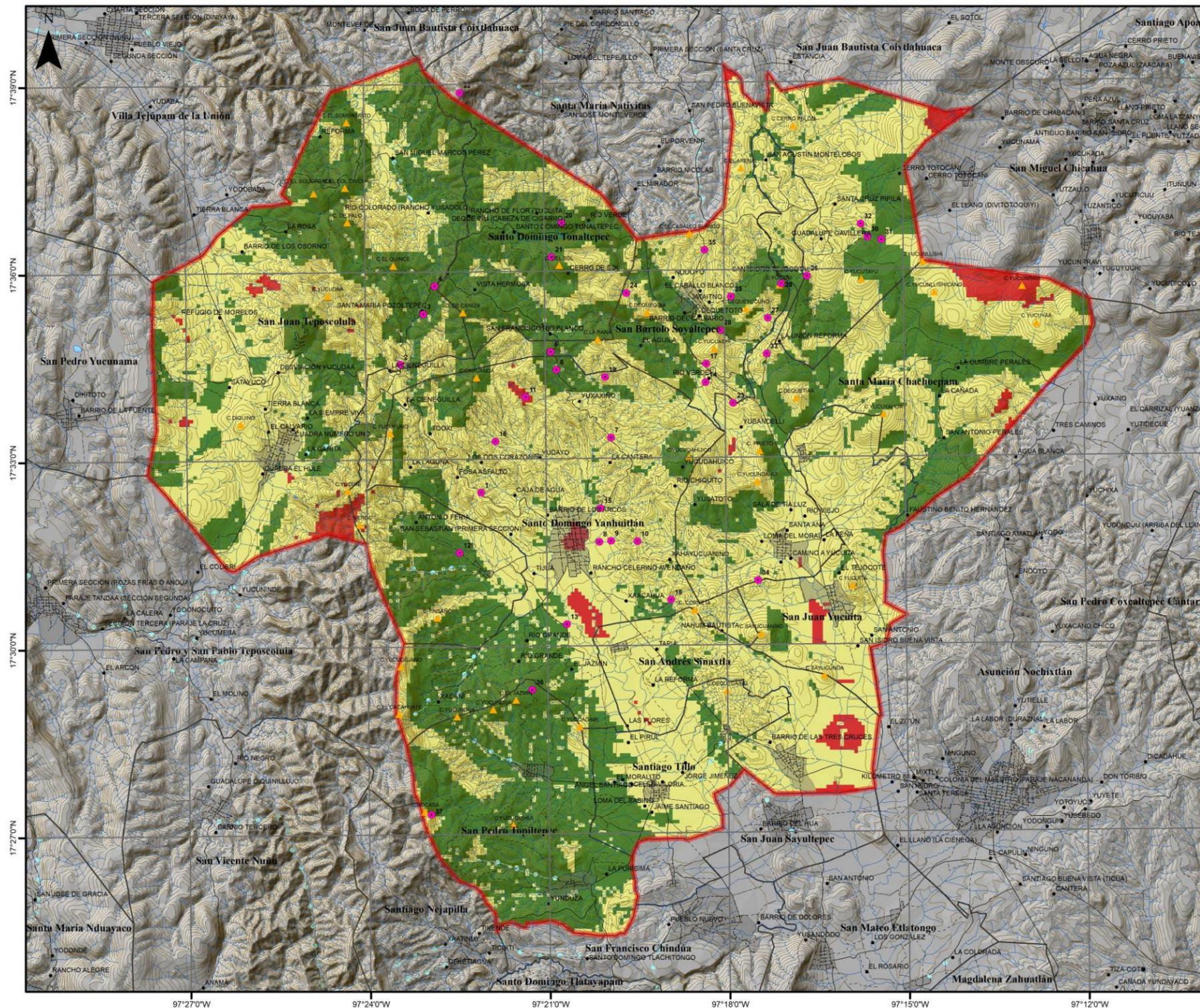


Figura 3.23. Aptitud de geoturismo Geoparque Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996).

Mapa de aptitud para la Restauración

La restauración ecológica es el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido. Si bien la erosión es el proceso con mayor presencia del GMUMA existen, dentro de la zona, programas para la recuperación de la vegetación nativa, un ejemplo es el programa Sembrando Vida, en el que se otorga una remuneración económica a los habitantes que cuenten con espacios dedicados al manejo forestal. Aunado a estos programas se encuentran los procesos que señalan Lorenzen et al. (2020) por los que las zonas forestales han presentado una recuperación en los últimos años.

A pesar de lo anterior, aún existen en la zona de estudio diversos espacios que son aptos para realizar acciones de manejo y restauración de la vegetación. Para la elaboración del mapa de aptitud para restauración se calificaron con uno los paisajes en los que la vegetación se encuentra más perturbada, tales como planicies, lomeríos y campos de cárcavas (Tabla 3.4). Los usos de suelo con calificación de uno son la reforestación, la agricultura y la regeneración natural, esto debido a que a pesar de que se encuentran en proceso de regeneración es necesario proporcionar un manejo adecuado para seguir con el incremento y recuperación de la vegetación.

RESTAURACIÓN			
Paisajes	Calificación	Uso de suelo y vegetación	Calificación
1.- Montaña	3	1.- Vegetación arbórea y arbustiva, bosque de encino	3
2.- Montaña aislada	2	2.- Vegetación herbácea, matorral abierto y cerrado, pastizal y pastizal inducido	2
3.- Depresión	2	3.- Vegetación ribereña	2
4.- Planicie	1	4.- Reforestación	1
5.- Piedemonte	2	5.- Agricultura	2
6.- Lomerío/loma	1	6.- Asentamientos humanos	1
7.- Lamabordo	2	7.- Cuerpo de agua	3
8.- Valle	2	8.- Desprovista de vegetación	1
9.- Campo cárcavas	1	9.- Lamabordo	2
		10.- Regeneración natural	1

Tabla 3.4. Ponderación de la aptitud para la restauración.

En el mapa (Figura 3.24) se observan como poco aptas las zonas en las que la vegetación se encuentra menos perturbada (paisajes de montaña y vegetación arbórea y arbustiva). A pesar de que se observa la mayor parte del Geoparque con la categoría de apto, hay que considerar que este es un primer acercamiento y que para contar con un mapa que ayude a la toma de decisiones es necesario integrar otras variantes como el tipo de suelo o incluso la disponibilidad de agua.

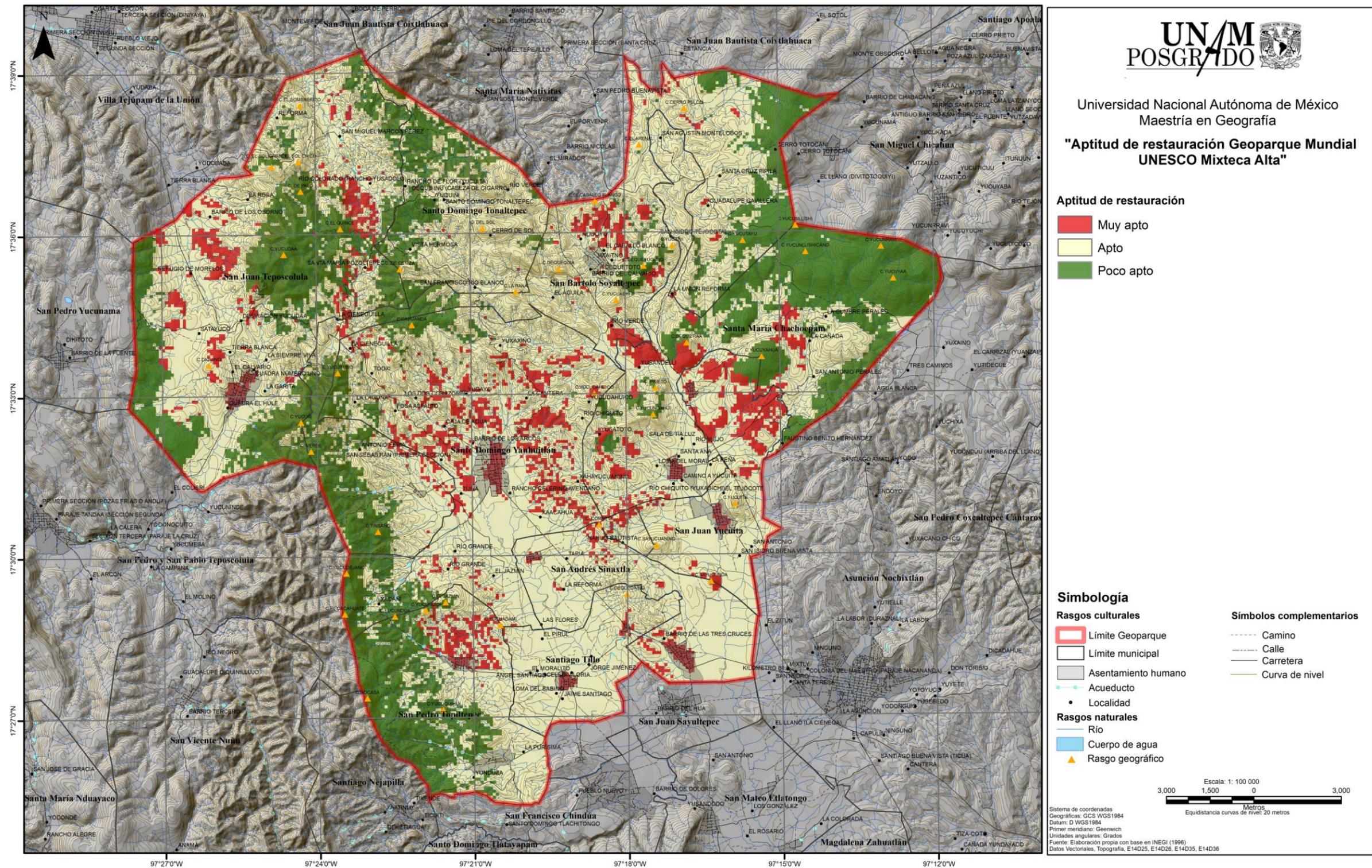


Figura 3.24. Aptitud de restauración Geoparque Mixteca Alta.
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1996).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Si bien los procesos históricos por los que ha transitado la Mixteca Alta, y específicamente el GMUMA, han dado como resultado la urbanización y desarrollo socioeconómico de algunos sectores, también se han observado efectos negativos, tales como el aumento de la desigualdad entre regiones, el mal manejo de los recursos naturales, la degradación de los ecosistemas y la falta de planeación territorial.

Dichas problemáticas no afectan únicamente a la zona de estudio, sino que es uno de los temas que se han considerado de importancia a nivel nacional. Esto se ve reflejado en la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT) (SEDATU, 2021); este documento se plantea como “el instrumento rector que, desde un enfoque sistémico, configura la dimensión espacial y territorial del desarrollo de México en un horizonte a largo plazo hacia el 2020-2040. Con la ENOT se sientan las bases de la rectoría del Estado en la Política Nacional del Ordenamiento Territorial”.

La ENOT (SEDATU, 2021, p.19, 20) plantea como base siete principios, todos aplicables de forma general al GMUMA y en los cuales el análisis de los paisajes geomorfológicos es utilizable como herramienta para su consecución:

1. Reconocimiento a las personas en el centro de las políticas y acciones, teniendo como enfoque los derechos fundamentales para la construcción de comunidades, ciudades, zonas metropolitanas y regiones sostenibles, con capacidades adaptativas, ordenadas y equitativas.
2. Procuración de la justicia socioespacial, principalmente para las personas de los grupos desprotegidos vulnerables e históricamente marginados, pueblos y comunidades indígenas y afroamericanos, para que vivan en entornos seguros; con acceso a una vivienda adecuada; y con capacidades adaptativas ante el cambio climático, desastres y otros fenómenos.

3. Reconocimiento a los derechos individuales y colectivos de todas las personas al dialogo y la participación abierta e informada, así como al arraigo y la defensa de sus territorios, de todos los grupos y sectores involucrados en cualquier proyecto, programa o estrategia pública, social o privada de intervención en el territorio o sus recursos naturales.
4. Respeto a los derechos de los propietarios y núcleos agrarios para usar, aprovechar y defender la propiedad, así como la obligación del bienestar común y respeto al derecho de terceros.
5. Derecho de acceso libre y seguro a cualquier espacio público que permita el bienestar, la convivencia, el descanso, la recreación, la salud, la cultura y la movilidad inclusiva sostenible.
6. Reconocimiento del derecho al medioambiente sano para el desarrollo y bienestar de todas las personas mediante la generación de una cultura de conciencia, responsabilidad y solidaridad para conservar, proteger y restaurar los sistemas naturales para la preservación y uso sostenible de los servicios ecosistémicos.
7. Reconocimiento de los derechos colectivos de los pueblos y comunidades indígenas y afroamericanos, como la autodeterminación y la consulta libre, previa e informada; así como la conservación del patrimonio cultural y de los recursos naturales de sus territorios.

Cada uno de los principios expuestos por la ENOT son aplicables al GMUMA, así como a muchos de los territorios del país, sin embargo, es importante señalar que el hecho de reconocerlos, si bien es un paso importante, no resuelve por sí solo las problemáticas abordadas.

De acuerdo con la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (SEDATU, 2021) existen diversos retos correspondientes a los subtemas del sistema natural. Estos retos son considerados a nivel nacional, sin embargo, con base en las problemáticas ambientales contenidas en los PDU de los diferentes municipios, se examinaron las que van en concordancia con la zona de estudio.

En el subtema “Los suelos y sus procesos de degradación” se consideran los siguientes retos:

- Reducir la degradación edáfica que impacta directamente sobre las funciones de los suelos, impulsando tanto la necesidad de prevenir la degradación –mediante la adopción de prácticas de gestión sostenibles– como la mejora de las tecnologías de restauración de suelos degradados.
- Identificar zonas críticas de suelos degradados dentro del territorio para proponer políticas de restauración.
- Promover sistemas agropecuarios que sean polifuncionales, es decir, sistemas más productivos y diversos que permitan mejorar las condiciones del suelo y la eficiencia de utilización de los nutrientes y el agua, de manera que favorezcan los servicios ecosistémicos y coadyuven a mitigar las emisiones de CO₂ y N₂O.

La degradación de los suelos es un hecho innegable dentro del geoparque, las zonas más afectadas son las que en el mapa de paisajes corresponden a los campos de cárcavas, sin embargo, de acuerdo con la clasificación de los procesos dominantes se pueden considerar además, las zonas con procesos erosivo-acumulativos y erosivos, que se manifiestan de forma principal en los paisajes de montañas medias y bajas y en los lomeríos, sobre todo en los constituidos por la Formación Yanhuitlán y la Formación Llano de Lobos.

Otro subtema es “El agua, su distribución inequitativa y el estrés hídrico”, el reto consiste en que es imperativo que en el territorio se busque la seguridad hídrica a largo plazo. Esto tiene que ver con los diversos ámbitos del agua en el país, con las cuencas que han visto abatir sus niveles de disponibilidad para asentamientos humanos y ecosistemas, como en los propios acuíferos y cuerpos de aguas subterráneas.

Este subtema va en relación con lo mencionado en casi todos los Programas de Desarrollo Urbano de la zona de estudio, en los cuales las sequías son uno de los

principales temas que deben atenderse de manera prioritaria. Incluso en el trabajo de campo se recabaron testimonios de los pobladores, mencionan que debido a las sequías se ha perdido el interés en las reforestaciones, ya que es primordial resolver la problemática del agua. En este rubro el mapa de paisajes geomorfológicos puede funcionar como herramienta para establecer zonas de captación de agua, con base en la litología y los procesos dominantes del territorio, por ejemplo, en donde los procesos sean de tipo acumulativo y se tenga una litología no tan erosionable, como en la formación Andesita Yucudaac.

Se presentan en la ENOT un reto que liga tres subtemas: “Biodiversidad terrestre y su alteración por las actividades humanas”, “Las ANP, instrumentos para la protección y conservación de la riqueza natural” y “Áreas prioritarias para reducir la presión sobre los ecosistemas”, se considera como reto el identificar aquellos sitios que albergan una extraordinaria biodiversidad que se encuentra bajo amenaza y sin ningún tipo de categoría de protección ambiental, e incorporar su conservación a las comunidades que las habitan y dependen de ellas. Se debe impulsar el aumento de la superficie del Sistema Nacional de ANP, con la finalidad de cumplir con el compromiso de 17% de la superficie terrestre nacional. En este aspecto, un geoparque constituye una buena estrategia para cumplir integralmente con dicho reto.

En el subtema “uso y aprovechamiento de los recursos naturales” se reconoce como reto el detener la deforestación que avanza en varias regiones del país, particularmente en selvas y bosques cuya pérdida se debe al cambio de uso del suelo, el crecimiento de la frontera agrícola y la actividad pecuaria; fortalecer la regulación normativa en materia ambiental y urbana para sancionar prácticas ilegales e insostenibles de aprovechamiento del medio natural, anteponiendo el interés público (función ambiental del suelo) y la preservación del ambiente.

Si bien es cierto que los geoparques han intentado alejarse en cierta medida del esquema tradicional de las Áreas Naturales Protegidas, por tratarse de una implementación vertical, donde el gobierno establece zonas y políticas en la cual no se considera como prioritaria a la población, se pueden extrapolar a la geodiversidad ciertas políticas enfocadas de forma exclusiva a la biodiversidad, la cual no se ha incluido dentro de los Programas de Manejo y que precisamente deja como un área de oportunidad a los ordenamientos territoriales de los geoparques. Lo anterior no significa dejar de lado la biodiversidad existente en el GMUMA, significa entrelazar políticas, ya que, al entenderse como un sistema natural, la alteración de un elemento tendrá un impacto, directo o indirecto, en todos los demás.

Con el mapa de paisajes geomorfológicos elaborado, en conjunto con otros mapas como el de uso de suelo y vegetación, se pueden establecer cuáles son las zonas prioritarias para la conservación, protección o restauración, siguiendo un esquema similar al utilizado en los programas de manejo de las ANP, con la diferencia fundamental de tomar en cuenta a la población. Por ejemplo, las zonas donde se encuentran los bosques primarios de encino y que por el tipo de relieve son más accesibles para propiciar la deforestación deben contar con una política de protección.

En el tema cambio climático y su impacto en el sistema territorial, el reto consiste en impulsar nuevos modelos de producción que incluyan los residuos sólidos municipales o urbanos como potenciales recursos para ayudar a crear sistemas sostenibles y un manejo más eficiente de ellos, disminuyendo los impactos ambientales, creando mercados económicos nuevos, apoyando a los grupos más vulnerables e implementando nuevas tecnologías en todas las etapas de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Aunque aún queda mucho por hacer en el GMUMA en cuanto a este rubro, existen avances, tales como las investigaciones mencionadas en el apartado anterior,

donde se han implementado programas para el correcto manejo de los residuos generados. Otro ejemplo encaminado en este subtema es el programa gubernamental “Sembrando Vida”, programa que se fundamenta en el apoyo técnico y económico hacia los agricultores con el fin de pasar a sistemas agrosustentables y que se encuentra ya en algunas zonas del geoparque.

Por último, se considera como subtema los peligros o amenazas de origen natural y la vulnerabilidad en el territorio, cuyo reto es concientizar sobre la transversalidad de la Gestión Integral de Riesgo a la política pública que incide en la gestión y ordenamiento del territorio desde la escala local, a través de la coordinación permanente con otros niveles territoriales: es ahí donde los desastres tienen origen y en donde, ante el riesgo, debe radicar prioritariamente la reducción de la vulnerabilidad de las localidades, misma que conlleva a la prevención de futuros desastres.

La diversidad geomorfológica, geológica, climática, edafológica, vegetativa y cultural del Geoparque Mundial Mixteca Alta, queda manifiesta en la integración ambiental encontrada en los paisajes geomorfológicos, es por ello que, además de otros factores como el económico y la opinión de los pobladores, constituyen una herramienta básica que debe tenerse en cuenta al momento de realizar el diagnóstico del subsistema natural del Plan de Ordenamiento Territorial de la zona.

La revisión de diversas publicaciones que hablan sobre la problemática ambiental del geoparque permitió contar con un acercamiento a las necesidades de la población, las cuales con este trabajo, podrán ser analizadas desde una perspectiva mucho más integral.

A su vez, la revisión de dichas publicaciones deja de manifiesto la brecha que existe entre los diversos autores que han publicado contenido científico de la zona, ya que se presenta información repetida, así como investigaciones que no toman en cuenta los aportes generados con antelación, lo cual da como resultado

que ésta sea confusa y, además, es de difícil acceso tanto para el público en general, como para los especialistas.

Muchos de los autores consultados para elaborar el marco teórico señalan la complejidad de hablar de paisajes, término que tiene connotaciones estéticas, culturales, económicas, sociales, y como el caso de la presente investigación, ambientales. Sin embargo, no se observa algún tipo de esfuerzo por romper esa complejidad teórico-conceptual, por lo que es necesario la colaboración de los científicos especialistas en el tema para construir definiciones mucho más precisas y explícitas.

Es importante insistir en que, si bien la Geografía como ciencia otorga una visión holística e integral en su método de estudio, la intervención de diversos especialistas es necesaria para establecer los paisajes geomorfológicos, pero en especial para orientar las políticas de ordenamiento territorial.

Se debe destacar que el campo de acción para la implementación de las políticas públicas que sean verdaderamente eficientes es el nivel local, esto desde diferentes perspectivas, desde la escala de trabajo, hasta la comunicación con los pobladores de la zona. Si bien el enfoque consistió en abordar el análisis partiendo de lo general a lo particular, o bien, de lo regional a lo local, la falta de información de algunas variables, o el nivel sumamente general de otras, se presentó como una traba para el desarrollo del trabajo, ya que existe información de importancia que aún no es generada o se encuentra en escalas cartográficas muy pequeñas.

Ejemplo de lo anterior es la falta de una geología de detalle de la zona de estudio, si bien existen trabajos realizados, aún quedan vacíos dentro de este rubro; tal es el caso de la carta geológico-minera del Servicio Geológico Mexicano con clave E14 D26 que aún no está disponible.

Aunado a esto, se consultaron por lo menos cuatro fuentes que abordan el tema geológico a diferentes escalas, y si bien es cierto que existen coincidencias en la delimitación de algunas unidades, también existen diferencias notables en cuanto al tipo de material que constituye al GMUMA, debido a esto se realizó una interpretación propia con base en la fotointerpretación de las imágenes satelitales, el trabajo de campo y el juicio de expertos, sin embargo, esto será tema de discusión con otros autores.

Por lo anterior, fue indispensable el trabajo de campo para el desarrollo de esta investigación. Se realizaron seis visitas de campo a la zona, sin embargo, la pandemia de la COVID-19 durante 2020 y 2021 fue una limitante, esto en relación directa con los cuidados de las habitantes del geoparque y la integridad del grupo de trabajo; por tal motivo, aún hay aspectos que pueden detallarse más.

La clasificación de paisajes geomorfológicos arrojó catorce paisajes con treinta y una subdivisiones, sin embargo, con la generación de nuevos datos, así como con capas de información a mayor detalle este número podrá crecer aún más.

Aunque la presente investigación se enfocó específicamente al subsistema natural, no se descarta la importancia del subsistema sociocultural, el cual debe integrarse en futuras investigaciones como un aporte para la resolución de problemáticas de este corte, tales como la pobreza, marginación y migración.

En el apartado correspondiente a la aptitud del suelo se demuestra la utilidad que tienen los paisajes geomorfológicos para la elaboración de ordenamientos ecológicos territoriales, sin embargo, es pertinente resaltar que, como toda herramienta, debe ser utilizada como ayuda para conseguir un fin y no como un fin propio. El continuar generando información de la zona de estudio permitirá correlacionar capas de información, lo cual facilitará la tarea de los tomadores de decisiones en aspectos territoriales.

En esta tesis se ratifica lo afirmado por diversos autores, entre ellos Hernández, Ortiz y Figueroa (2008), quienes aseguran que el estado de Oaxaca es el territorio mexicano más complejo desde el punto geotectónico. Esto, lejos de ser una limitante, debe funcionar como un aliciente para diversos científicos (académicos y no académicos) para seguir generando investigaciones que vayan en pro de la población del país y específicamente de los habitantes del geoparque.

Se planteó como objetivo general del presente trabajo la diferenciación de los paisajes geomorfológicos del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, los cuales, como ya se ha mencionado a lo largo de esta investigación, servirán como base para el diagnóstico del subsistema natural del ordenamiento territorial que será necesario llevar a cabo más adelante. Se cumplió con el objetivo propuesto, ya que el análisis realizado cuyo producto principal es el mapa de paisajes geomorfológicos permitió la integración de los factores considerados dentro de la literatura relacionada con el ordenamiento territorial y será de utilidad para investigaciones futuras.

Referencias

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. En línea: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tlistado.html>. Consulta 15/03/2021
- Arriola, M., & Palomares, M. (6 de Julio de 2000). Rescate arqueológico en Huajapan de León, Oaxaca: sitio Santa Teresa. Ponencia presentada en el IV Simposio Bienal de Estudios Oaxaqueños. Oaxaca, Oaxaca.
- Beringuier, C. (1991). Manières paysagers. Première Partie. Une Méthode d'étude. GEODOC, 2-58.
- Bertrand, G., & Tricart, J. (1968). Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 39(3), 249-272.
- Besse, J.-M. (2006). Las cinco puertas del Paisaje. Ensayo de una cartografía de las problemáticas Paisajeras contemporáneas. Paisaje y pensamiento. 145-170.
- Bocco Verdinielli, G., & Napoletano, B. M. (2017). The prospects of terrace agriculture as an adaptation to climate change in Latin America. *Geography Compass*, 11(10), 1–13. <https://doi.org/10.1111/gec3.12330>
- Bollo, M.; Hernández J. y Méndez, A. (2010). Evaluación de las potencialidades naturales en el ordenamiento ecológico territorial Noroeste del Estado de Chiapas, México. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 53. 191-218.
- Campa, F.; Ramírez, J.; Coney, P. (1979) Conjuntos estratotectónicos de la Sierra Madre del Sur, Región comprendida entre los estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos. *Boletín del Servicio Geológico Mexicano*. México.
- Canchola, Y., Espinosa, L., y Balderas, M. (2016). La geomorología en el estudio del paisaje: nociones teóricas-conceptuales de un binomio complementario indisoluble. *GEO. SUR*, 29-41.
- Carcavilla, L., Belmonte, Á., Durán, J. J. e Hilario, A. (2011). Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 19(1), 81-94.
- Caso, A. (1938). Exploraciones en Oaxaca, quinta y sexta temporadas 1936-1937. México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- C-CBC (Comunitas-Comisariado de Bienes Comunales), (2009). Estudio de ordenamiento territorial comunitario (OTC) de Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca. documento html disponible en: <http://Conafor/Procimaf/Oax/Est/008/2009>. (consulta: agosto, 2021).
- Centeno, E. (2004). Configuración geológica del estado. En A. García, M. Ordóñez, & M. Briones, Biodiversidad de Oaxaca (págs. 29-42). México: Instituto de Biología-UNAM/ Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/ World Wildlife Fund.

- Comisión Nacional del Agua, (2018). Sistema Nacional de Información del Agua. México.
- Comunitas-Comisariado de Bienes Comunales (C-CBC). (2009). Estudio de Ordenamiento Territorial Comunitario de Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca. Oaxaca: CONAFOR.
- CONABIO. (s.f.). Regiones terrestres prioritarias de México. Recuperado el 25 de enero de 2018, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_028.pdf
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (2021). Medición municipal de la pobreza 2020. México.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2015). (22 de Abril de 2020). Índice de marginación por municipio 1990-2015. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion
- Contreras, J. R. (1996). Erosión en Yanhuitlán, Mixteca Alta, Oaxaca: una estrategia integral de combate. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados.
- Cotler, H., Cram, S., Trinidad, S. M., y Bunge, V. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera. Investigaciones Geográficas (Mx), (88), 6-18. documento html disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/569/56943187002.pdf>. (consulta: octubre, 2021).
- Cook, S., & Borah, W. (1968). The population of the Mixteca Alta, 1520-1960. Berkely: University of California Press.
- Cruz, E. (2012). Confrontación social y transformación del Paisaje en Puerto Morelos Quintana Roo, México: Tesis, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cruz, R. (2022). Estructura del ordenamiento territorial comunitario en los pueblos que componen el Geoparque Mixteca Alta. Tesis de Licenciatura. UNAM.
- de Bolós, M. (1992). Manual de ciencia del Paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones. Barcelona: Masson.
- De Cserna, Z. (1965). Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, estado de Guerrero. Bol. No. 62 Instituto de Geología, UNAM.
- Derbyshire, E. (1976). Geomorphology and climate. Bristol: Jhon Wiley and Sons.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI) (2015). ArcGIS Desktop: Versión 10.3. Imágenes de satélite, servidores: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. (consulta: 3/05/2020).
- Ferrusquía, I. (1970). Geología del área Tamasulapam-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca. Sociedad Geológica Mexicana, 97-119.

- Ferrusquía, I. (1976). Estudios geológico-paleontológicos en la región Mixteca, pt. 1: Geología del área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, estado de Oaxaca. México: Instituto de Geología, UNAM.
- García, A. y Muñoz, J., (2002). El Paisaje en el ámbito de la Geografía. Ciudad de México: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, A., & Torres, R. (1999). Estado actual del conocimiento sobre la flora de Oaxaca. Sociedad y naturaleza en Oaxaca, 49-86.
- García, B., (1998). En busca de la Geografía Histórica. Relaciones, Estudios de Historia y Sociedad, XIX(75), pp. 25-58.
- Guerrero, J., Silver, L., Anderson, T. (1978). Estudios Geocronológicos en el Complejo Xolapa. IV Convención Geológica Nacional SCIA. Resúmenes.
- Godfrey, A. y Cleaves, E., (1991). Landscape analysis: Theoretical considerations and practical needs. Environ. Geol. Water. Sci: 2: 141-155.
- Gómez, J.; Muñoz, J. y Ortega N., (1982). El Pensamiento Geográfico. España: Alianza
- Gómez-Orea, D., (2002). Ordenación territorial. España: Ediciones Mundi-Prensa/ Editorial Agrícola Española.
- González, F., (1996). Ambiente y Desarrollo. Santa fé de Bogotá: IDEADE.
- Goman, M., Joyce, A., & Mueller, R. (2005). Stratigraphic evidence for anthropogenically induced coastal environmental change from Oaxaca, México. Quaternary Research, 250-260.
- Google Earth (2020). Service Layer Credits: Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors and the GIS User Community. (consulta: 10/03/2020).
- Granados, D., Hernández, M. A., y López G. F. (2006). "Ecología de las zonas ribereñas". Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. 12. Núm. 1. México. Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 55-69.
- Hachenburger, J y Souch, C., (2004). Contributions to the Understanding of Geomorphic Landscapes Published in the Annals. Annals of the Association of American Geographers, 94(4), pp. 771-793.
- Hartshorne, R., (1939). The Nature of Geography. Lancaster: AAG.
- Hermann, M. (2008). Religiousness and Sacred Bundles in Prehispanic Mixteca. Desacatos, 75-94.
- Hermann, M. A. (2016). Configuraciones territoriales en la Mixteca. (Vol. II Estudios de geografía y arqueología). México: Casa Chata.

- Higuera, A., (2003). Teoría y método de la Geografía. Introducción al análisis geográfico regional. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1984). Carta geológica Oaxaca E14-9, escala 1:250 000. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1996). Base digital topográfica, escala 1: 50 000, hojas: E14D25, E14D26, E14D35 y E14D36. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2007). Conjunto de datos vectoriales. Edafología Serie II, escala 1:250 000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2008). Conjunto de datos vectoriales. Unidades climáticas, escala 1: 100 000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2013). Conjunto de datos vectoriales. Uso de suelo y vegetación. Serie V, escala 1:250 000.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2014), Guía para la interpretación de cartografía de uso de suelo y vegetación: escala 1:250, 000: serie V / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.- México [En línea: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/geografia/publicaciones/guiscarto/sueloyveg/1_250_IV/1_250_IV.pdf. Último acceso: abril 2018].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). Conjunto de datos vectoriales de información uso de suelo y vegetación 1:250 000 serie VI. México. [En línea], México, recurso htm disponible en: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>> (consulta:20/11/2020).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Marco Geoestadístico-Datos vectoriales. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2017). Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación, escala 1:250, 000, serie VI. INEGI. México. [En línea: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/nueva_estruc/702825092030.pdf]. (consulta:29/09/2021).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (17 de noviembre de 2019). Sistema para la consulta de información censal (SCINCE). Obtenido de <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (15 de marzo de 2020). Encuesta Intercensal 2015. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) Cuentame. Recuperado el 25 de enero de 2019, de <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/territorio/clima.aspx?tema=me&e=20>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021). Censo de Población y Vivienda 2020. México
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP). (12 de enero de 2018). Datos históricos de la estación agroclimatológica Mixteca. México.
- IUSS Grupo de trabajo WRB. (2007). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Roma: FAO.
- Jackson, J., (1968). A new kind of space. *Landscape* , 18(1), p. 33.
- Krasilnikov, P., García, N., Ibañez, A., Bazán, M., & J, H. (2011). Soils in the dynamic tropical environments: The case of Sierra Madre del Sur. *Geomorphology, Special Issue Driving Forces for Global Pedodiversity*, 262-270.
- Lind, M. (2008). Arqueología de la Mixteca. *Desacatos*, 13-32.
- Lobato, R., (1995). Espaço: um conceito chave da geografia. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- López, N., (2016). Transformación antrópica del paisaje por prácticas agrícolas en Yanhuitlán, Oaxaca. Tesis de Licenciatura, UNAM.
- López, N. (2019). Lamabordos en la Mixteca Alta: Características de suelos, abandono y dinámica erosiva. México: Tesis de maestría. UNAM.
- Lorenzen, M.; Orozco, Q.; Ramírez, R. y Garza, G. (2020). Migración, transformación socioeconómica y cambio de uso de suelo en México Mixteca Alta: Lecciones para la teoría de la transición forestal. *Land Use Policy*.
- Lugo, J. (1990). El relieve de la República Mexicana. *Revista del Instituto de Geología, UNAM*, 9(1), 82-111.
- Lugo, J. (2011). *Diccionario Geomorfológico*. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Martín J., (1997). La geomorfología en los estudios del medio físico y planificación territorial: propuesta metodológica y aplicación a un sector del Sistema Central. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- Martínez, G. (2017). El valor cultural del Geopatrimonio en el Geoparque Mixteca Alta, Oaxaca. México: Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mateo, J. M., (2002). *Geografía de los Paisajes. Primera parte: Paisajes naturales*. La Habana: Universidad de La Habana.
- Mateo, J., y Da Silva, E. (2007). La geoecología del paisaje, como fundamento para el análisis ambiental. *Revista eletrónica do prodema*, 1(1), pp. 77-98
- Mateo, J. M. y Ortiz, M. A., (2001). La degradación de los Paisajes como concepción teórico-metodológica. *Serie varia, Issue 1, Instituto de Geografía, UNAM*. pp. 9-40.
- Massiris, A., (2003). Políticas latinoamericanas de ordenamiento territorial. Realidades y desafíos. Tesis de doctorado en Geografía, UNAM, México.

- Montes, O., (2021). Actualización cartográfica geológico-estructural de la porción noroeste del Geoparque Mundial Unesco Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Carmen. México
- Montes, P., & López, J. (2005). Cartografía geomorfológica analítica de la porción norte de la Mixteca Alta, Oaxaca, México. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, 9704-9722.
- Municipio de San Andrés Sinaxtla (2011). Plan municipal de desarrollo sustentable de San Andrés Sinaxtla. Presidencia municipal. San Andrés Sinaxtla. Oaxaca. En línea:
https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/096.pdf. Consulta: 15/03/2021
- Municipio de San Andrés Sinaxtla (PMDS-MSAS) (2011). Plan municipal de desarrollo sustentable del Municipio de San Andrés Sinaxtla (2011-2013. Presidencia Municipal, San Andrés Sinaxtla. (Oaxaca. [En línea], México, documento html disponible en:
https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/096.pdf (consulta: Abril, 2021).
- Municipio de San Bartolo Soyaltepec (2011). Plan municipal de desarrollo de San Bartolo Soyaltepec. Presidencia municipal. San Bartolo Soyaltepec. Oaxaca. En línea:
https://finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/121.pdf Consulta: 15/03/2021
- Municipio de Santa María Chachoapam (PMDS-MSMCH) (2011). Plan municipal de desarrollo sustentable del Municipio de Santa María Chachoapam (2011-2013. Presidencia Municipal, Santa María Chachoapam. (Oaxaca. [En línea], México, documento html disponible en:
https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/404.pdf (consulta: Abril, 2021).
- Municipio de Santiago Tillo (PMDRS-MSMCH) (2008). Plan municipal de desarrollo rural sustentable del Municipio de Santa María Chachoapam (2011-2013. Presidencia Municipal, Santa María Chachoapam. (Oaxaca. [En línea], México, documento html disponible en:
https://www.finanzasoaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/08_10/493.pdf (consulta: Abril, 2021).
- Muñoz, J., (1989). Paisaje y Geografía. *Arbor*, 518(519), pp. 219-234.
- Muñoz, M. (2019). Transecto geopedológico complejo en la porción centro-este de la cuenca Yanhuitlán, dentro del Geoparque Global Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis de licenciatura. UNAM, México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (2008). Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. FAO: Roma.
- Oropeza, O., Cram, S., Vences, D., Ortiz, M., & Hermann, M. (2016a). Caracterización del medio natural de la cuenca de Yanhuitlán. En *Configuraciones territoriales en la Mixteca VOL.II Estudios de geografía y arqueología* (págs. 39-81). México: Casa Chata.

- Orozco, Q., Ramírez, R., Cruz, M.A., Rayo-Estrada, I., (2019), Vegetación del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta un enfoque geobotánico y etnobotánico. Geoparque Mundial Mixteca Alta. Inédito.
- Orozco, Q., Ramírez, R., Cruz, M.A., Rayo-Estrada, I., (2019), Vegetación del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta un enfoque geobotánico y etnobotánico. Geoparque Mundial Mixteca Alta. Inédito.
- Oropeza, O. y Figueroa J. (Coord.) (2013). Atlas de Factores de Riesgos de la Cuenca de Motozintla, Chiapas. Universidad Nacional Autónoma de México. 221p. 1ª edición 2013. ISBN: 978-607-02-3975-5.
- Oropeza, O., Cram, S., Vences, D.A., Ortiz, M.A. y Hermann, M.A., (2016b). Características del medio natural de la cuenca de Yanhuitlán. En: Configuraciones territoriales en la Mixteca. Vol II Estudios de Geografía y arqueología. México: CIESAS, pp. 39-77.
- Ortega, F. (1997). Conceptos de Paisaje y opciones de interpretación. Cuadernos geográficos, pp. 153-173.
- Ortiz, M. (1990). Perfiles geomorfológicos complejos (Significado y aplicación en la interpretación morfotectónica). Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Ortiz, M., Hernández, J.R, & Figueroa, J. (2004). Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En A. García, M. J. Ordoñez, & M. Briones (Edits.), Biodiversidad de Oaxaca (págs. 43-54). México: Instituto de Biología-UNAM/ Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/ World Wildlive Fund.
- Ortiz, M. y Oropeza O., (2010). Regionalización geomorfológica. En: A. Mendoza, J. Pérez, S. Cram, I. Sommer, O. Oropeza, M. Hernández, Atlas regional de impactos derivados de las actividades petroleras en Coatzacoalcos, Veracruz (pp. 31-34). México: SEMARNAT
- Ortiz, M., Oropeza, O., Cram, S., Figueroa, J., Hermann, L., Vences, D., & Villar, P. (2016). Reconocimiento de las unidades del paisaje geomorfológico en la cuenca hidrográfica y el municipio de Yanhuitlán. En M. Hermann, Configuraciones territoriales en la Mixteca, vol II. Estudios de Geografía y Arqueología (págs. 77-98). México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Ortiz, M. A., Hernández J. y Figueroa J. (2017). "Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En: Mario Arturo Ortiz Pérez. Contribuciones geográficas. Comp.
- Otok, S., (1988). Nature of social landscape. *Miscelanea Geographica*, pp. 239-245.
- Palacio, J., Rosado, E., Ramírez, X., Oropeza, O., Cram, S., Ortiz, M., . . . Fernández, G. (2015). Aspiring Geopark Mixteca Alta Oaxaca. Erosión, culture and geoheritage.
- Palacio, J., Sánchez, M., y Casado, J. (2004). Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Passos, M., (2000). A construação da Paisagem no Mato Grosso, Brasil. Presidente Prudente: UNESP-UEM.
- Pérez, V., Anderson, K., & Neff, M. (2011). The Cerro Jazmín Archaeological Project: investigating prehispanic urbanism and its environmental impact in the Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Journal of Field Archaeology*, 83-99.

- Plunket, P. (1990). Patrones de asentamientos humanos en el Valle de Nochixtlán y su aportación a la evolución cultural en la Mixteca Alta. En M. Winter (1986), *Lecturas históricas del estado de Oaxaca I. Época prehispánica* (págs. 349-378). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Regier, H., (1993). The notion of natural and cultural integrity. En: S. Woodley; J. Kay y G. Francis (eds), *Ecological integrity and the management of ecosystems*. St. Lucie Press, USA.
- Rivera, Á., & Piña Chan, R. (2005). Algunos resultados del Proyecto Mixteca Baja. En E. Vargas, *IV Coloquio Pedro Bosch Gimpera*, vol. 2 (págs. 667-693). México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Roberts, B., (1992). *Historical Geography of Rural Settlements in Britain*. Devon: David and Charles.
- Rodríguez, F. (2021). *El jardín geobotánico; propuesta para la enseñanza de las relaciones biodiversidad-geodiversidad y el conocimiento tradicional en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. UNAM, México.
- Rougerie, G. y Beroutchatchvili, N., (1991). *Geosystemes et paysages*. París: Colin Editores.
- Ruxton, B., (1968). Measures of the Degree of Chemical Weathering of Rocks. *Journal of Geology*. 76, pp. 518-527.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Bot. Méx*, 3-21.
- Salgado D. (2020). *Divulgación de la Ciencia a partir del estudio del origen de los colores de la tierra en el Geoparque Global UNESCO Mixteca Alta*. Tesis de licenciatura. UNAM, México.
- Sánchez, M., Bocco, G. y Casado, J. (2013). *La política de ordenamiento territorial en México: de la teoría a la práctica*. México: Instituto de Geografía UNAM.
- Sánchez, M. y Palacio, J. L., (2004). La experiencia mexicana en la elaboración de los Programas Estatales de Ordenamiento Territorial. Diagnóstico, problemática y perspectivas desde el punto de vista de la participación del Instituto de Geografía de la UNAM. *Investigaciones geográficas*. 53, pp. 75-97.
- Santa María, A. (2003). *Cartografía geológica de la región Tamazulapam, Nochixtlán, Chalcatongo, Yosundua, en el sur de México*. Oaxaca: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Santa María, A., Alaniz, A., & Nieto, A. (2008). Deformaciones cenozoicas en la cobertura de la falla Caltepec en la región Tamazulapam, sur de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 494-516.
- Santa María, A. (2009). *Influencia de la falla de basamento no expuesta en la deformación cenozoica: la falla Caltepec en la región de Tamazulapam, en el sur de México*. Tesis de doctorado en Ciencias de la Tierra. México: UNAM.
- Sauer, C., (1925). The morphology of landscape. *Publication on Geography*, II(2), pp. 19-54.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2021). *Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial. Versión ejecutiva*. México.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT y CONANP) (2013). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. México. En línea: https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/123_libro_pm.pdf (consulta: Abril, 2021).
- Servicio Geológico Mexicano (2000). Carta geológico-minera, Oaxaca E14-9, escala 1:250 000. México.
- Sharples, C., 2002, Concepts and Principles of Geoconservation: Tansmanian Parks and Wildlife Service Website, 79 pp
- Simensen T., Halvorsen R., Erikstad L. (2018). Methods for landscape characterization and mapping: A systematic review. Elsevier 78(1): 557-569.
- Solís, A. (2020). Diseño y aplicación de una metodología para la identificación del peligro y de la vulnerabilidad con enfoque de cartografía participativa para el riesgo de desastres en Santo Domingo Yanhuitlán.
- Spores, R. (1969). Settlement, farming technology, and environment in the Nochixtlan Valley. Science, 166(3905), pp. 557-569. documento html disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1727910>. (consulta: Agosto, 2021).
- Spores, R. (1972). An Archaeological Settlement Survey of the Nochixtlán Valley, Oaxaca. Tennessee: Vanderbilt University Publications in Anthropology.
- Spores, R. (2003). Middle and Late Formative Settlement Patterns in the Mixteca Alta. . En K. Flannery, & J. Marcus, The Cloud People. Divergent evolution of the Zapotec and Mixtec civilizations (págs. 72-74). Nueva York: Percheron Press.
- Spores, R. (2007). Nuú Nudzahui: La mixteca de Oaxaca: la evolución de la cultura mixteca desde los primeros pueblos preclásicos hasta la independencia. México: Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca.
- Szabó, J., (2010). Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. En S. József, D. Lóránt y D.L (eds), Anthropogenic Geomorphology. A Guide to Man-Made Landforms, pp. 3-13.
- Terraciano, K. (2013). Los mixtecos de la Oaxaca colonial. La historia ñudzahui del siglo XVI al XVIII. México: Fondo de Cultura Económica.
- Torres, R., (2004). "Tipos de vegetación" en García, A. J, Ordoñez, M. J., Briones, S. (eds), Biodiversidad de Oaxaca. México. Instituto de Biología-UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund. pp. 105-117.
- UNESCO. (2017). Los Geoparques Mundiales de la UNESCO. Recuperado el 7 de noviembre de 2017, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002436/243650S.pdf>
- Urquijo, P., (2014). El Paisaje como concepto geográfico histórico y ambiental. In: S. Barrera & M. J, eds. Perspectivas sobre el Paisaje. Bogotá: Facultad de Ciencias Humanas, pp. 81-116.

- Vidal, R.; Campa, F; Buitrón, B. y Alencaster, G. (1980) El conjunto Petrotectónico de Zihuatanejo, Geo. Coalmacán, Mich. V Conv. SOc. Geol. Mex. Resúmenes.
- Vilchis, A. (2015). Los sistemas de barrancos del sur del Estado de México: Análisis Geográfico. Tesis de Licenciatura. UAEMéx.
- Villa, M., (2022). Elaboración de la cartografía geológico-estructural de la porción noreste del Geoparque Mixteca Alta UNESCO (GMUMAO, Oaxaca).
- Volskii, V., Mironenko, N., y Jrushev, A. (1998). La geografía Económica, Social y Política en la Universidad de Moscú: Estado actual y vías de desarrollo. Revista de la Universidad de Moscú(4), pp. 29-40.
- Winter, M. (1997). Yucuita: An Archaeological Site in the Nochixtlán Valley, Mixteca Alta, Oaxaca, México. ponencia presentada en el 4 Mixtec Gateway. Las Vegas, Nevada.
- Winter, M. (2007). Cerro de las Minas: arqueología de la Mixteca Baja. Oaxaca: Consejo Nacional de la Cultura y el Arte. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Zaragoza, E. (2020). Propuesta de programa municipal para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos en Santo Domingo Yanhuitlán, Oaxaca. Tesis de Maestría. UNAM, México.
- Zinck, A. (2012). Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. Países Bajos.