



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**EL JARDIN GEOBOTÁNICO; PROPUESTA PARA LA
ENSEÑANZA DE LAS RELACIONES
BIODIVERSIDAD-GEODIVERSIDAD Y EL
CONOCIMIENTO TRADICIONAL EN EL
GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO MIXTECA ALTA,
OAXACA**

T E S I S

que para obtener el grado de

L I C E N C I A D O E N G E O G R A F Í A

P R E S E N T A

Fernando Rodríguez Cosío

ASESOR:

DR. JOSÉ LUIS PALACIO PRIETO

Ciudad Universitaria, Cd.Mx., 2021





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

En lo académico, me gustaría agradecer a la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Filosofía y Letras, principalmente a su comunidad, por permitirme pertenecer a la más grande universidad de México y representar a mi facultad y carrera en lo académico y lo deportivo.

Al Programa de apoyo a proyectos para la innovación y Mejoramiento de la Enseñanza por el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

Al Dr. José Luis Palacio Prieto por el apoyo, la paciencia, accesibilidad y todas sus enseñanzas durante la elaboración de este proyecto.

Al sínodo por sus atentas observaciones y comentarios que me han ayudado a enriquecer este trabajo.

A todos los que forman parte del parte del Geoparque Mixteca Alta, guías, pobladores, autoridades y comité académico y científico; al Ing. Miguel Ángel Cruz Ramírez, a la Lic. Xóchitl Ramírez Miguel, al Dr. Quetzalcóatl Orozco, al Dr. Gonzalo Fernández de Castro, a la Dra. Isabel del Rayo Estrada y a la Dra. Rosario Ramírez por dejarme participar en este proyecto y por su apoyo y enseñanzas constantes.

A la Mtra. Oralia Oropeza, al Dr. Víctor Dávila, a la Dra. Silke Cram, al Mtro. Manuel MahEng, a la Dra. Emmaline Rosado, a la Dra. Pilar Fernández, a la Mtra. Norma López, al Mtro. Ricardo Garnica, a la Mtra. Selene Eridani y a Rocío Cruz con quienes compartí experiencias en campo y de quienes aprendí tanto, así como a Javier L. Caballero del Geoparque Villuercas Ibores Jara, espero que se sigan compartiendo proyectos y experiencias entre estos y más geoparques.

Al Mtro. Eduardo A. Pérez Torres, de quien me llevo para toda la vida la pasión por la docencia y todas sus enseñanzas.

A mi amigo regio Arturo Jasso por ser de los grandes regalos que me llevo de esta experiencia, a Gerardo Morales, Luis Molina, Javier Martínez, Brenda Martínez, Viridiana Juárez, Iván Dehesa y Silvia Méndez por todos los momentos

vividos durante la carrera y por todos los que faltan, ha sido un honor compartir esta etapa de mi vida con ustedes.

En un tono personal agradezco a mi mamá, la persona más fuerte que conozco y a quien más admiro; a mi abuela y mi papá que sé que estarían orgullosos de mi y a toda mi familia.

A mis grandes amigos fuera de lo académico; a José Manuel López Diego, a quien admiro y cuya amistad y consejos han sido tan importantes y por ser alguien en quien siempre puedo confiar, a Alan Haquet y Obed Rivera por demostrarme que hay amistades que pueden durar para siempre, a Pamela Caire porque hay amistades que vuelven para quedarse y a Rene Salgado porque la familia no siempre es de sangre.

A Rodrigo Gordo, Cris Gordo, Cris De La Huerta y Luis Gordo por ser mi segunda familia y tan importantes en mi formación personal y profesional. Siempre voy a estar agradecido .

A Mariana, Andrea y Vicente por todo el apoyo y enseñanzas que me brindaron durante todo este proceso y que fueron fundamentales para mi formación.

ÍNDICE

Índice de figuras.....	7
Índice de tablas.....	8
Índice de Anexos.....	9
Introducción.....	10
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:.....	12
OBJETIVOS	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos	13
ANTECEDENTES	13
Los Jardines Botánicos en México	13
Los Geoparques Mundiales UNESCO	15
JUSTIFICACIÓN	20
CAPITULO I. Caracterización Geográfica del Geoparque Mixteca Alta	23
1.1 Caracterización física del Geoparque Mixteca Alta	23
Geología.....	24
Clima	30
Hidrología	32
Geomorfología.....	33
Edafología	37
Uso de suelo y vegetación	42
1.2 Caracterización socioeconómica del Geoparque Mixteca Alta	47
Caracterización histórica	47
Caracterización socioeconómica actual.....	48
CAPÍTULO II. METODOS Y MATERIALES.....	50
2.1 Revisión bibliográfica.....	50
2.2 Visitas a diferentes jardines botánicos	50
2.3 Trabajo de campo	51
Polígonos de biodiversidad.....	51
Monolitos edafológicos	52

2.4 Análisis de relación territorial	53
Elaboración de mapas.....	53
Cruce de mapas	54
2.5 Entrevista con expertos locales del comité científico del Geoparque.....	54
2.6 Trabajo de gabinete	54
Análisis de datos	54
Investigación sobre el uso tradicional de la vegetación	55
2.7 Propuesta de implementación jardín geobotánico	55
Ubicación del jardín geobotánico	55
Modelo de Implementación	56
Exposición geobotánica, colección viva	56
Exposición geobotánica, colección del herbario.....	57
Exposición geobotánica, monolitos edafológicos.....	57
Propuesta de herramientas didácticas	58
 CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	 60
3.1 Diversidad de vegetación	60
3.2 Monolitos edafológicos	61
3.3 Relaciones geoespaciales	62
Relación Vegetación – Geología	62
Relación vegetación y asociaciones de suelos	64
Relación Vegetación – Geomorfología.	66
3.4 Implementación del jardín geobotánico.....	69
Exposición geobotánica, colección viva	70
Exposición geobotánica, colección del herbario.....	70
Monolitos edafológicos	71
3.5 Conocimiento local y tradicional de la diversidad biótica y abiótica.	72
3.6 Selección de especies para exhibición	74
Ubicación y modelo del jardín geobotánico	78
Implementación.....	80
.....	83
Colección viva	84
Herramientas didácticas	85

Fichas técnicas	85
CONCLUSIONES	87
LITERATURA CITADA.....	90
ANEXOS.....	98

Índice de figuras

Figura 1. Red de Geoparques de América Latina y el Caribe.....	18
Figura 1.1. Ubicación del Geoparque Mixteca Alta.....	23
Figura 1.2 Terrenos Tectonoestratigráficos del Geoparque Mixteca Alta.....	24
Figura 1.3. Geología del Geoparque Mixteca Alta.....	26
Figura 1.4. Climas en el Geoparque Mixteca Alta.....	31
Figura 1.5. Regiones Hidrológicas en el Geoparque Mixteca Alta.....	33
Figura 1.6. Paisajes Geomorfológicos en el Geoparque Mixteca Alta.....	36
Figura 1.7. Asociación de suelos en el Geoparque Mixteca Alta.....	41
Figura 1.8. Uso de suelo y Vegetación en el Geoparque Mixteca Alta.....	43
Figura 2.1. Monolitos edafológicos extraídos en el Geoparque Mixteca Alta.....	58
Figura 3.1. Propuesta de metodología para la elaboración de un jardín Geobotánico.....	70
Figura 3.2. Alfarería elaborada en el municipio de Santo Domingo Tonaltepec.....	74
Figura 3.3. Localización del parador con respecto al Exconvento de Santo Domingo Yanhuitlán.....	79
Figura 3.4. Ubicación de la colección viva y el salon del herbario en el parador de Santo Domingo Yanhuitlán.....	80
Figura 3.5. Propuesta de paneles para exposición del herbario.....	81
Figura 3.6. Ejemplo de implementación en el Museo de Historia Natural de Nueva York.....	82
Figura 3.7. Ejemplo de implementación en el Museo de Historia Natural de Nueva	

York.....	83
Figura 3.8. Propuesta de implementación del jardín geobotánico (vista exterior).....	84
Figura 3.9. Propuesta de ficha técnica para colección viva y herbario.....	86

Índice de tablas

Tabla 1.1. Porcentaje de presencia de las unidades geológicas en el Geoparque Mixteca Alta.....	29
Tabla 1.2. Porcentaje de presencia de los paisajes geomorfológicos en el Geoparque Mixteca Alta.....	34
Tabla 1.3. Porcentaje de presencia de los tipos de suelos en el Geoparque Mixteca Alta.....	42
Tabla 1.4. Tipos de vegetación y uso de suelo en el Geoparque Mixteca Alta.....	46
Tabla 1.5. Porcentaje de distribución relativa de vegetación natural en el Geoparque Mixteca Alta.....	46
Tabla 1.6. Porcentaje de distribución relativa de los usos de suelo en el Geoparque Mixteca Alta.....	47
Tabla 1.7. Fases identificadas en la región Mixteca Alta.....	48
Tabla 1.8. Índice y grado de marginación por rangos de cinco años en el estado de Oaxaca.....	49
Tabla 3.1. Monolitos edafológicos extraídos en el Geoparque Mixteca Alta.....	61
Tabla 3.2. Relación territorial del uso de suelo y vegetación con la	

geología en el Geoparque Mixteca Alta.....	64
Tabla 3.3. Relación territorial del uso de suelo y vegetación con las asociaciones de suelos en el Geoparque Mixteca Alta.....	66
Tabla 3.4. Relación territorial del uso de suelo y vegetación con los paisajes geomorfológicos en el Geoparque Mixteca Alta.....	68
Tabla 3.5. Propuesta de selección de especies para el jardín geobotánico.....	74
Tabla 3.6. Relación específica de la propuesta de selección de especies para el Jardín geobotánico con los principales elementos abióticos a los que se asocia.....	76

Índice de Anexos

Anexo 1.1. Listado de principales jardines botánicos en México.....	98
Anexo 1.2. Listado florístico del Geoparque Mixteca Alta.....	100

Introducción

Los jardines botánicos representan bases de gran importancia para la investigación científica y al mismo tiempo se han convertido también en atractivos centros de esparcimiento y recreación para gente que busca estar en contacto con la naturaleza (Vovides, Linares y Bye, 2010).

En estos espacios existe una importancia por mantener las colecciones vivas con la debida documentación e inventario, lo cual contribuye a su labor de de investigación, educación y conservación (Vovides, Linares y Bye, 2010).

Los Jardines botánicos se enfocan principalmente en la conservación de especies de plantas, su reproducción y distribución, entre otros aspectos. Sin embargo, es importante destacar que en muchos de ellos no se toma en cuenta de forma adecuada a los elementos abióticos que son determinantes para comprender dichas características de la vegetación.

De la necesidad de estudiar y representar esta relación surge la idea de proponer una metodología para un jardín geobotánico en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, cuyo objetivo sea mostrar las relaciones entre la vegetación local y los elementos abióticos que la sustentan y que forman parte de los factores que determinan su distribución así como con la población que encuentra en ella distintos usos y le otorgan una importancia cultural.

Esto implica encontrar una relación espacial cualitativa y cuantitativa entre la vegetación y otros elementos como la geología, el relieve y los suelos. Por otro lado destacar la importancia de algunas de las especies más representativas para la población local, su uso medicinal, de alimentación, construcción o cualquier otro que indique su importancia cultural.

Los aspectos anteriores: bióticos, abióticos y culturales se alínean con los fines de los Geoparques, los cuales gestionan de forma integral un lugar geológico de importancia internacional buscando la protección, educación y desarrollo sostenible de la mano de las comunidades locales (UNESCO, 2017).

El presente proyecto es una propuesta metodológica para un proyecto de enseñanza de relación bióticas-abióticas y culturales en el territorio a través de la creación de un Jardín Geobotánico, en donde se muestre a la vegetación siempre en asociación con los elementos abióticos que la sustentan y la población local que encuentra en estos elementos un valor cultural dentro del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta.

Para la elaboración de este trabajo, se agradece el apoyo brindado por el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME: PE216118).

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

- ¿Qué variables bióticas, abióticas y culturales son importantes considerar en un proyecto de jardín geobotánico dentro del Geoparque Mixteca Alta (GMA para futuras referencias) para que cumpla con su función de enseñanza y difusión de la ciencia y conocimiento tradicional?

Esta pregunta central involucra dos grandes apartados. El primero tiene que ver con el contenido en general de un jardín geobotánico y la forma de representar dicho contenido, y el segundo se relaciona con el conocimiento cultural que ha creado la vinculación entre el medio y la población. De lo anterior, se derivan las siguientes preguntas específicas:

- ¿Qué características didácticas de un jardín botánico serán útiles para proyectar un jardín geobotánico, aun incluyendo una mayor cantidad de aspectos exhibidos?
- ¿Qué criterios se pueden utilizar para elegir los principales aspectos geográficos a ser expuestos buscando encontrar una relación que mantenga el objetivo principal del geoparque y específicamente del jardín?
- ¿De qué forma se pueden utilizar los conocimientos de las personas originarias para la selección de estos componentes?

Para responder las preguntas anteriores es necesario tomar en cuenta la relación sociedad-naturaleza, considerando la simbiosis existente entre la población oriunda con la vegetación y otras características naturales que se pueden encontrar en el geoparque. Para ello requerimos de herramientas cualitativas y cuantitativas para identificar esas relaciones, de tal suerte que con ellas lleguemos a saber cuáles son los aspectos del Geoparque Mixteca Alta que deben ser expuestos en el jardín geobotánico y qué parámetros se pueden utilizar para hacer la selección.

OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar una propuesta de jardín geobotánico que logre ser una herramienta para la enseñanza de las relaciones biodiversidad-geodiversidad y el conocimiento tradicional en el Geoparque Mundial Unesco Mixteca Alta, Oaxaca

Objetivos específicos

- Proponer una definición de Jardín Geobotánico en el contexto de un Geoparque.
- Analizar las características principales del Geoparque para definir las variables bióticas, abióticas y culturales más importantes a ser exhibidos en el jardín geobotánico para que cumpla su objetivo de enseñanza a través de la difusión del conocimiento científico y tradicional.
- Correlacionar territorialmente la vegetación con los suelos, formas del relieve y geología para conocer más sobre su distribución y poder explicarlo en el Jardín Geobotánico.
- Elaborar una propuesta de implementación para el jardín geobotánico dentro del centro de interpretación que incluya tanto la colección viva como el herbario correspondiente que funcione como herramienta para la enseñanza de las relaciones biodiversidad-geodiversidad y el conocimiento tradicional.

ANTECEDENTES

Los Jardines Botánicos en México

En México existe un creciente interés por la creación de nuevos jardines botánicos, su número en el país se ha incrementado durante los últimos años y, desde hace mucho tiempo, existen jardines botánicos que son vanguardistas a nivel mundial, principalmente a cargo de instituciones académicas (Linares *et al.*, 2006).

Los jardines botánicos han sido importantes para generar y dar a conocer la importancia de la vegetación a través de los años. Herrera y Ortega (1998) indican

que estos tienen un origen científico antiguo, algunos incluso datan de la época prehispánica.

Retomando la visión de los jardines botánicos de la actualidad y su finalidad, se puede rescatar la definición de Linares *et al.* (2006) quienes definen a los jardines botánicos como “...colecciones de plantas vivas científicamente organizadas que son la base de investigaciones científicas, de programas educativos, de programas de divulgación y de proyectos de conservación; además, son lugares que invitan a la recreación con la naturaleza” (Linares *et al.*, 2006 p. 35).

Para este trabajo se adoptará principalmente esta definición de jardines botánicos ya que cubre los aspectos principales con los que se busca trabajar en el proyecto de jardín geobotánico, además de que proporciona una base teórica que le da sustento, como se ha mencionado previamente, no se tienen registros, tanto teóricos como prácticos.

Hoy en día se habla de jardines botánicos como instituciones que cuenten con una estructura de trabajo definida y que cumplen diversas funciones a través de un enfoque multidisciplinario que va de la preservación a la difusión (Vovides, Linares y Bye, 2010).

Los jardines botánicos cuentan con un alto número de recursos que se pueden implementar para mejorar su objetivo de difusión sobre las especies mostradas y la importancia de su conservación, como pueden ser registros fotográficos o herbarios (Primack & Miller-Rushing, 2009), y en el presente proyecto esto será de gran importancia al intentar mostrar la relación con los elementos abióticos a través de herramientas didácticas como por ejemplo, los monolitos de suelo.

Por lo anterior, la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos (AMJB), fundada formalmente en 1983, creó la “Estrategia de Conservación para los Jardines Botánicos Mexicanos como una estrategia de trabajo en red que permite cumplir objetivos comunes de manera individual (Rodríguez-Acosta, 2000).

Los jardines botánicos cumplen también otras funciones, y es evidente la función estética de éstos, ya que son atractivos para el público que busca conocer más sobre la diversidad vegetal, así como simplemente para estar en contacto con la naturaleza en un lugar visualmente agradable, los jardines botánicos también ayudan a la conservación de la biodiversidad vegetal y su labor es muy importante en las estrategias de conservación de especies, en especial de aquellas que se encuentran amenazadas.

De acuerdo con la CONABIO (2018), en México existen 40 jardines botánicos, estos son parte de la AMJB y de la Botanic Garden Conservation International (BGCI) y por lo tanto se encuentran suscritos a la Estrategia Global para la Conservación Vegetal. En el ANEXO I se muestra una lista con los principales jardines botánicos que se encuentran en México, los cuales contienen una amplia variedad de colecciones que incluye vegetación nativa, plantas medicinales y cactáceas, entre muchas otras. Cabe resaltar que los principales objetivos de estos jardines son las actividades de educación y difusión, sin embargo, también existen otros objetivos como la investigación y la conservación, que son muy indispensables para muchos jardines.

De los jardines botánicos reconocidos en México, dos de ellos se encuentran en el estado de Oaxaca, los cuales son el jardín botánico “Cassiano Conzatti” al sur de la ciudad y el Jardín Etnobotánico de Oaxaca, en el Centro Cultural Santo Domingo que forma parte del antiguo convento que data de los siglos XVI y XVII (Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, 2016). Este último es uno de los jardines botánicos más trascendentes de México y es visitado por personas de distintas partes del mundo. Este jardín, al ser etnobotánico, exhibe especies de plantas de todo el estado representando e incluso simulando las distintas regiones climáticas del estado (Botanic Gardens Conservation International, S/A).

Los Geoparques Mundiales UNESCO

Los geoparques son proyectos relativamente jóvenes que representan una nueva forma de comprender el territorio tomando en cuenta factores abióticos (principalmente ligados con las ciencias de la Tierra y en particular con la geología)

y bióticos, incluyendo al ser humano y su interacción con el entorno. Por muchos años se ha tratado de difundir el conocimiento sobre el medio natural a partir de su protección, pero ésta ciertamente se enfocaba en la parte biótica de la naturaleza.

Previo a la aparición de los geoparques, ha surgido una serie de conceptos relacionados con las ciencias de la Tierra y en algunos casos con la relación que la población tiene con los elementos naturales del planeta, que sustentan de forma teórica la visión de los geoparques como proyectos de conservación y como herramientas para la difusión del conocimiento científico y tradicional. La mayor parte de estos conceptos son de reciente aparición (Benado *et al*, 2018).

Antes del surgimiento de estos conceptos, la conservación y protección de la naturaleza de forma teórica se enfocaba en lo biótico. Un ejemplo de esto es el concepto biodiversidad que surge bajo un enfoque de preservación ante la pérdida de ecosistemas y diversidad biótica y se utiliza de manera uniforme hasta la fecha (Núñez, González-Gaudiano y Barahona, 2003).

Sin embargo, no se ha implementado de la misma forma la conservación de los componentes abióticos e incluso se ha llegado a pasar por alto o se le ha otorgado una importancia secundaria (Wimbledon *et al*. 2000; Matthews, 2013). Lo mismo se ha dado en México. Es por eso por lo que, en tiempos recientes han surgido nuevas propuestas dirigidas a la conservación del patrimonio abiótico en el mundo y en México (Palacio, 2013).

Las propuestas dirigidas a la preservación y difusión de los componentes abióticos de la naturaleza se han acuñado incluso desde finales de la década de 1980. Sin embargo, estos conceptos se desarrollaron formalmente a finales de los 90. El concepto de geodiversidad, por ejemplo, aparece como primera referencia en español en las actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España en el año de 1998 (Palacio, 2013; Carcavilla, Duran y López-Martínez, 2008).

La geodiversidad se define como: *“El número y variedad de estructuras sedimentarias, tectónicas, materiales geológicos minerales, rocas, fósiles y suelos*

que constituyen el sustrato de una región sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica” (Carcavilla, Duran, y López-Martínez, 2008. p. 2). A este concepto, se añaden otros como patrimonio geológico, el cual representa los elementos abióticos dentro de la diversidad natural y se refiere a aquellos que tienen un alto valor científico (Brilha, 2015). Así, al reconocer la importancia de los elementos abióticos y de su manejo, se reconoce también la relación e importancia que tiene para los elementos bióticos (Sharples, 2002).

En este sentido, estos conceptos han representado una base de antecedentes teóricos para la implementación de los Geoparques Mundiales UNESCO y se han convertido en conceptos con los que se debe trabajar para desarrollar un proyecto dentro de ellos.

En la actualidad, los estudios de la geodiversidad en relación con la biodiversidad han adquirido gran importancia en el panorama de la conservación de la naturaleza, en primera instancia porque la geodiversidad es un componente de cualquier hábitat y es un factor en la riqueza de las especies bióticas ya que representa la base sobre la cual se encuentra la biodiversidad (Matthews, 2013). Por lo anterior, los geoparques son excelentes lugares para estudiar esta relación con enfoques de conservación y difusión del patrimonio biótico y abiótico. Esta es una de las ideas centrales de este trabajo.

La idea de geoparques nace en 1996, cuando representantes de distintas regiones de Europa proponen una estrategia para conservar el patrimonio geológico del continente y promover el desarrollo de las regiones donde se encontraban estas características geológicas de importancia internacional (Mc Keever y Zouros, 2005).

En el año 2000, surge la Red Europea de Geoparques con cuatro geoparques iniciales localizados en España, Grecia, Alemania y Francia, posteriormente, en 2004 se crea la Red Global de Geoparques de la UNESCO con 18 geoparques europeos y ocho en China como primeros integrantes (Zouros, 2015).

En América Latina, los geoparques han comenzado a ganar interés desde mediados de la primera década del 2000 y es desde ese momento que comienzan a desarrollarse proyectos en distintos países como Brasil, Uruguay, México, Perú y Ecuador, (Palacio, 2016) y más recientemente en Chile, Argentina y Colombia.

Los geoparques latinoamericanos conformaron en 2017 la Red de Geoparques de América Latina y el Caribe, en la cual representantes de distintos países de la región buscan aumentar la cantidad de geoparques mediante la “Declaratoria de Araripe”, que se llevó a cabo en el marco del “*Primer Simposio Nacional de Geoparques, Patrimonio Geológico y Geoturismo, Educando en geociencias para el desarrollo sostenible*” realizado en la ciudad de Arequipa, Perú en mayo de 2017 (véase figura 1). Esta red está actualmente conformada por ocho geoparques UNESCO en siete países y forma parte de la Red Global de Geoparques, que agrupa 160 geoparques ubicados en 45 países.

Figura 1. Red de Geoparques de América Latina y el Caribe.



Fuente: Elaboración propia

UNESCO (2017), define los geoparques como “...áreas geográficas únicas, dónde los sitios y paisajes de importancia geológica internacional se gestionan con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible.” (UNESCO, 2017). De las designaciones de la UNESCO, las cuales habían estado enfocadas en la preservación del patrimonio cultural y la biodiversidad, los Geoparques Mundiales UNESCO es la más reciente (noviembre de 2015) (Rosado-González y Ramírez-Miguel, 2017).

La mayoría de los geoparques reconocidos por la UNESCO se encuentra en China y en Europa. Para el caso de México, hasta la fecha han sido promovidos varios proyectos de geoparques y oficialmente han sido declarados dos: El Geoparque Comarca Minera, en el estado de Hidalgo y el Geoparque Mixteca Alta, en el estado de Oaxaca. Otro proyecto, actualmente en evaluación, es el Geoparque de la Huasteca Potosina, en San Luis Potosí.

La región de la Mixteca Alta tiene varias características particulares, entre las que sobresalen un paisaje derivado de la erosión tanto natural como antrópica, y una vegetación característica de la región que se ha adaptado a condiciones inusuales en una dinámica de erosión-sedimentación e inestabilidad de laderas y eso se repite de forma continua dentro del territorio comprendido en el Geoparque Mixteca Alta (Oropeza *et al*, 2016).

La idea del Geoparque Mixteca Alta, coordinado por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México surgió en el año 2014, después de que dicha área fuese valorada por sus condiciones geológicas, naturales y culturales (Rosado-González y Ramírez-Miguel, 2017).

La región Mixteca se encuentra en tres estados del país: Oaxaca, Puebla y Guerrero y puede dividirse en tres subregiones: Mixteca Alta, Mixteca Baja y Mixteca Costa. La Mixteca Alta, ubicada sólo en el estado de Oaxaca, específicamente en el noroeste de dicho estado, ha despertado el interés de historiadores y antropólogos, entre otras disciplinas por sus características socioculturales, así como por haber sido la zona núcleo de la Mixteca en términos políticos y económicos (Spores y Balkansky, 2013).

JUSTIFICACIÓN

Hasta donde es de nuestro conocimiento, no hay antecedentes de un jardín geobotánico cuyas características sean similares a las que se busca lograr en este proyecto. No obstante, los conceptos y experiencias relacionados con botánica y jardines botánicos y etnobotánicos constituyen referencias obligadas que se abordarán en el presente proyecto.

Así que se considera relevante un proyecto geográfico que correlacione la vegetación con los procesos geológicos, edafológicos, climatológicos y geomorfológicos, al igual que la relación con especies animales y al final una importancia en la comunidad local que resulta en conocimiento tradicional y en el caso de la Mixteca Alta, así como en muchos otros lugares, en patrimonio intangible.

Al constituirse un geoparque se busca, además de la preservación del patrimonio de la región designada, atraer a un turismo que esté interesado en entender los aspectos tanto naturales como culturales de la población que habita el lugar y promover, de esta manera, el desarrollo económico del territorio. Los geoparques deben contar con centros de interpretación, en donde los visitantes encuentran definiciones, ejemplos y explicaciones sobre la historia y la cultura, así como otros aspectos representativos de la región que caracterizan a ese geoparque.

Los centros de interpretación del geoparque facilitan, además, la comprensión del paisaje durante los recorridos por los senderos que previamente han sido diseñados y programados para los visitantes. Así, entre los proyectos propuestos a realizarse dentro del centro de interpretación del Geoparque Mixteca Alta está la creación de un jardín geobotánico.

En México los jardines botánicos tienen una fuerte tradición a lo largo de la historia y han sido clave en el conocimiento científico del país, de ahí que surge la importancia de crearlos y estudiarlos. Los jardines botánicos no solo tienen fines estéticos, sino que representan espacios de estudio *ex situ* que proporcionan información desde distintos enfoques sobre varias temáticas relacionadas con la vegetación (Vovides, Linares y Bye, 2010). Estos espacios de conservación *ex situ*, pueden tener un impacto tan grande cuando se habla de conservación como

aquellos espacios de conservación *in situ*. Un ejemplo de cómo pueden ayudar a la conservación es a través de la difusión de las funciones de ciertas especies y su preservación, explicando sus características y su función como un elemento de la naturaleza que proporciona servicios ecosistémicos y que es parte esencial de la cultura de cualquier lugar.

Este proyecto permitirá ejemplificar componentes del paisaje, como geología, vegetación y edafología y ayudara a los visitantes a comprender de una mejor manera la relación que han tenido estos aspectos con la población local a través de los años y con ello estar en posibilidad de dar una mejor introducción a los visitantes antes de recorrer los geosenderos, donde verán en escala real cómo interactúan estos elementos en el geoparque.

El jardín geobotánico tiene como fin estudiar las características geográficas, geológicas, edafológicas y geomorfológicas que son representativas del Geoparque Mixteca Alta, y proponer una metodología para integrar y difundir este conocimiento mediante la creación de un jardín geobotánico como parte del centro de interpretación. El propósito es que este jardín sea el punto de inicio del recorrido para las personas que visiten el geoparque y que, tras la explicación de las características geográficas principales del lugar (incluyendo vegetación, geología, geomorfología, edafología y los principales rasgos culturales que se encuentran relacionados al medio natural, a través de los años y en la actualidad), los visitantes puedan apreciarlo desde otra perspectiva y observar estas características en su forma natural al recorrer los distintos geositos y senderos del geoparque.

De esta forma se pretende que los visitantes comprendan todos estos factores como parte de un medio conectado y dinámico que funciona en conjunto y así logren comprender tanto la finalidad de los geoparques como sus principales componentes a través de un proyecto educativo integrado.

El jardín geobotánico deberá tener la explicación de las principales comunidades vegetales, la relación que tienen con las características geográficas de la región y la importancia que ha tenido para sus habitantes. De esta forma, los visitantes entenderán a manera de preámbulo el paisaje del Geoparque Mixteca Alta

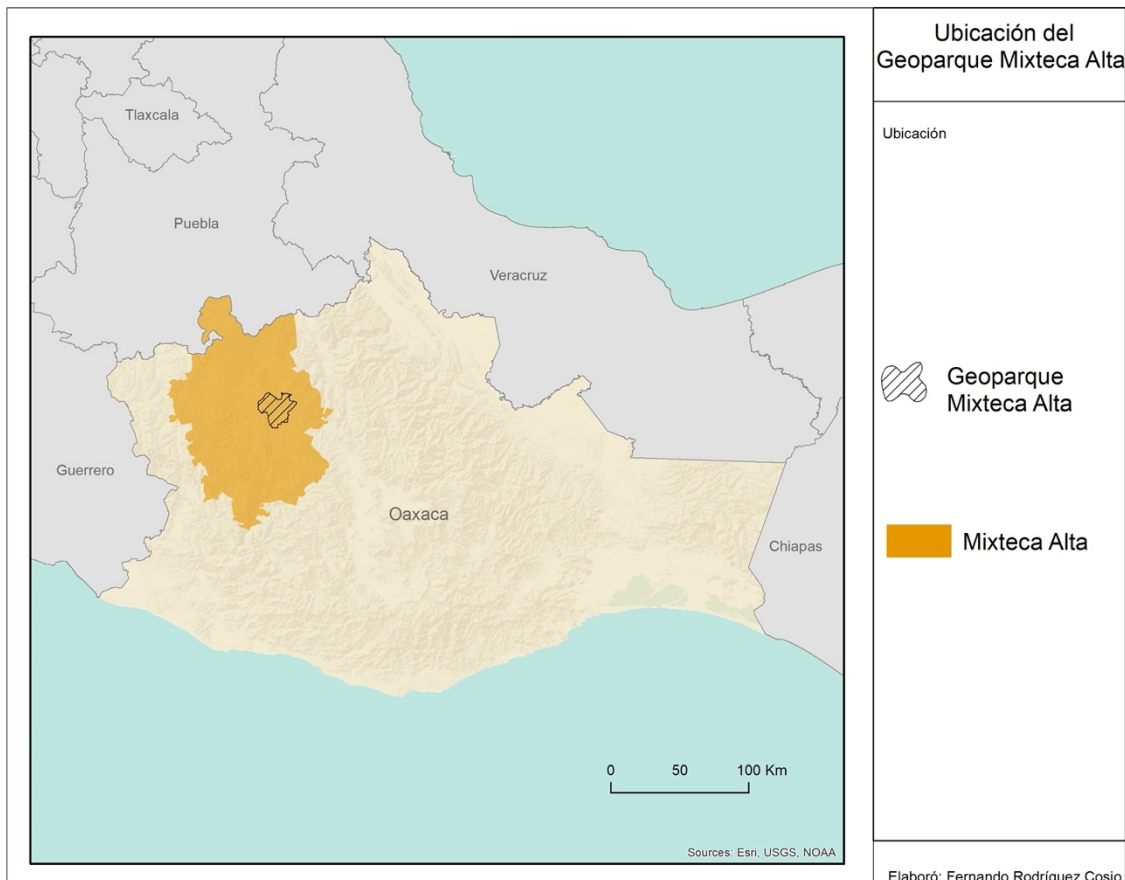
como el medio de convivencia de diversos factores que están relacionados entre sí y cuya interacción a través de los años ha creado el patrimonio cultural de la región.

CAPITULO I. Caracterización Geográfica del Geoparque Mixteca Alta

1.1 Caracterización física del Geoparque Mixteca Alta

El Geoparque Mixteca Alta se encuentra en las coordenadas extremas 17° 25'0" y 17°39'27" N y 97°11'53" y 97°27'40" W (véase figura 1.1). Tiene una extensión de 415.4 km² (Rosado, 2016) y está inserto en nueve municipios del estado de Oaxaca, los cuales son: Santo Domingo Yanhuitlán, Santa María Chachoapam, San Bartolo Soyaltepec, Santiago Tillo, San Juan Teposcolula, Santa María Tiltepec, San Andrés Sinaxtla y Santo Domingo Tonaltepec.

Figura 1.1. Ubicación del Geoparque Mixteca Alta.



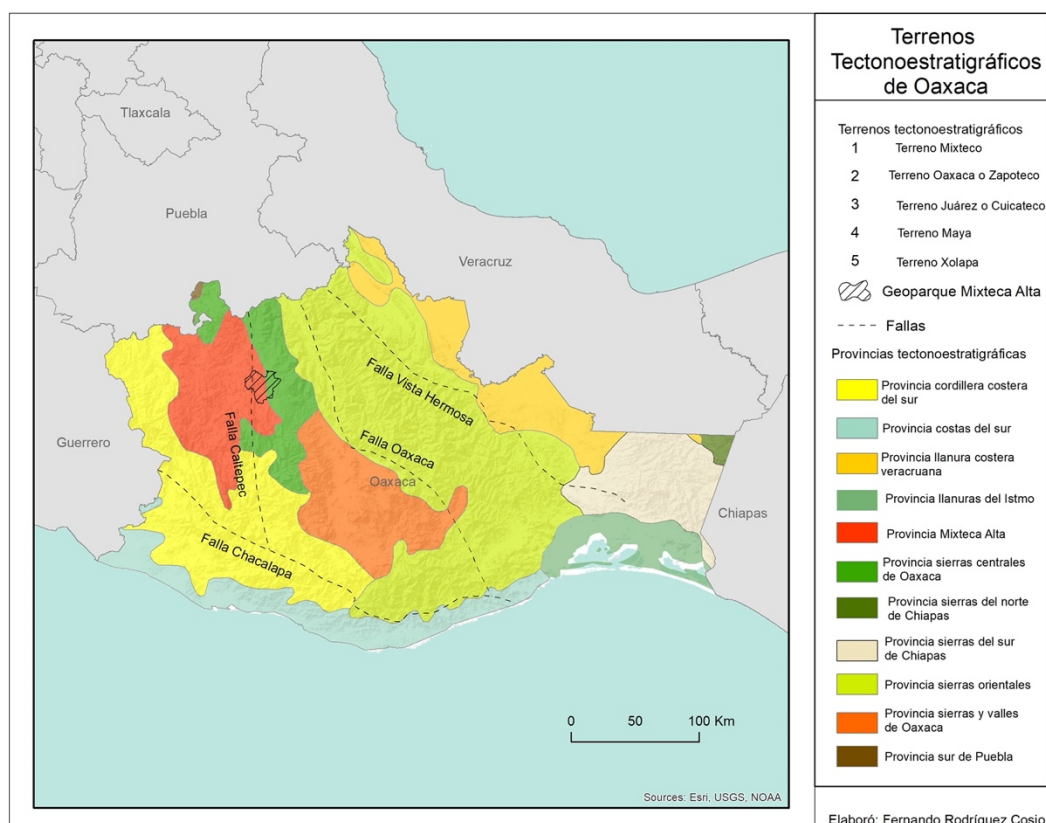
Fuente: Elaborado con datos de Oropeza et al. 2016

Geología

El Geoparque Mixteca Alta se encuentra en la región fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, en la provincia fisiográfica conocida como Montañas y Valles de Occidente (Ortiz *et al.* 2004). En la figura 1.2 se puede ver que, de acuerdo con la capa elaborada por CONABIO (2008), el geoparque se ubica entre las subprovincias Mixteca Alta y Sierras centrales de Oaxaca.

Desde el punto de vista geológico, la zona de estudio se encuentra sobre dos terrenos tectonoestratigráficos: el Mixteco y el Zapoteco, los cuales están divididos por la falla Jaltepec (Santamaría-Díaz, Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2008).

Figura 1.2. Terrenos Tectonoestratigráficos del Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Elaborado con datos de Cervantes-Zamora *et al.* (1990)

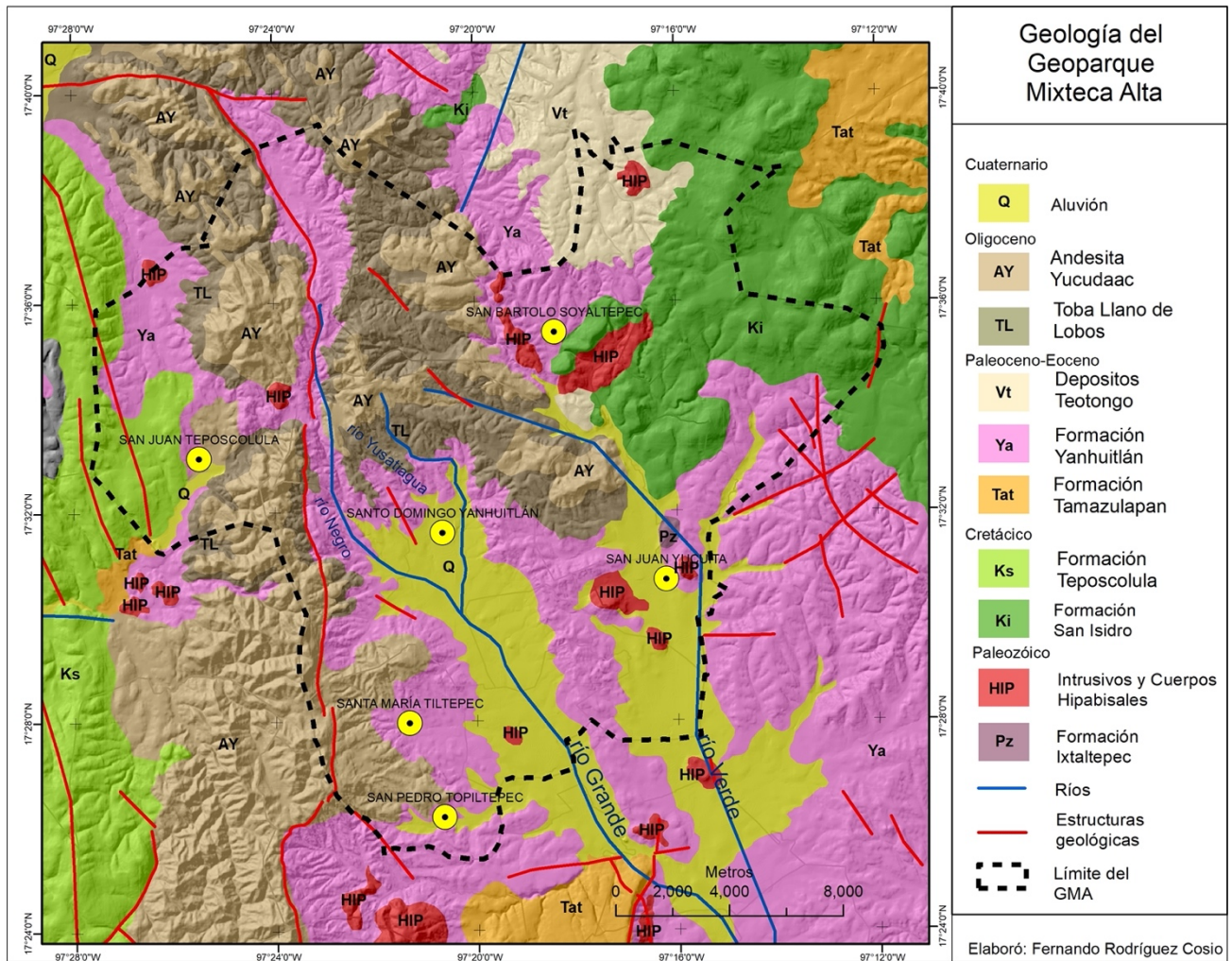
Dentro del Terreno Zapoteco, el complejo Oaxaca está formado principalmente por rocas calcáreas con un espesor de entre 50 y 120 km (Ortega-Gutiérrez, 1981). En este terreno se encuentran las rocas más antiguas del estado de Oaxaca, las cuales datan del Precámbrico (Centeno-García, 2004).

El Terreno Mixteco está formado por rocas de fondo oceánico atrapadas en el choque entre continentes (Ortega 1993, en Centeno-García, 2004), cuyas rocas más antiguas se conocen como complejo Acatlán (Centeno-García, 2004; Sedlock, Ortega y Speed, 1993). Dichas rocas oceánicas colisionaron con las rocas del Terreno Zapoteco (Sedlock, Ortega y Speed, 1993).

En el Geoparque Mixteca Alta se encuentran representadas rocas y sedimentos de los períodos Cretácico, Terciario y Cuaternario. (Ferrusquía-Villafranca, 1976). Dentro de estos períodos se pueden identificar distintas formaciones que afloran en la zona de estudio (véase figura 1.3).

El Periodo Cretácico se identifica por las formaciones San Isidro, Caliza Teposcolula y Yucunama. En el Sistema Terciario se encuentran el Conglomerado Tamazulapan, Formación Yanhuitlán, Depósitos Teotongo, Andesitas Cañada María, Toba Llano de Lobos, Andesita Yucudaac y algunos cuerpos hipabisales. Por su parte el Sistema Cuaternario se compone en la zona de estudio por depósitos aluviales y depósitos de caliche. En la figura 1.3 se muestra una compilación del mapa geológico de la zona.

Figura 1.3. Geología del Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Elaborado con datos de Santamaría-Díaz, Alaníz-Álvarez y Nieto-Samaniego 2008; Oropeza et al.

2016

Periodo Cretácico

Formación San Isidro: Consta de rocas del Cretácico Temprano en secuencias de arenisca, conglomerado, lutita y limolita en abanicos aluviales (Ferrusquía-Villafranca, 1976 y Santamaría-Díaz, Alanís-Alvarez y Nieto-Samaniego, 2008).

Caliza Teposcolula: Son calizas de plataforma marina carbonatada que van de delgadas a masivas con un espesor de 500 a 600 m (Ferrusquía-Villafranca, 1976 y Santamaría-Díaz, Alanís-Alvarez y Nieto-Samaniego, 2008).

Período Terciario

Conglomerado Tamazulapan: Se trata de un conglomerado oligomítico compuesto por clastos de caliza principalmente gujarros y matatenas. Esta formación se identifica en el Maestrichtiano-Eoceno tardío (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

Formación Yanhuitlán: De acuerdo con Ferrusquía-Villafranca (1976), se trata de una secuencia de capas rítmicas de limo y arcilla. El color de esta formación es crema y rojo, asociado al grosor de cada capa. Esta formación se encuentra datada en el Paleoceno Tardío – Eoceno Medio (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

Depósitos Teotongo: Sobre la formación Yanhuitlán se encuentran los Depósitos Teotongo, conformada por una secuencia sedimentaria epiclástica datada del Oligoceno (Santamaría-Díaz, Alanís-Alvarez y Nieto-Samaniego, 2009).

Toba Llano de Lobos: Se trata de una secuencia piroepiclástica o secuencia de tobas con una composición que varía de riolítica a andesítica y un espesor que va de mediano a masivo. Esta formación se identificó perteneciente al Oligoceno Tardío – Mioceno Temprano (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

Andesita Yucudac: Se trata de una secuencia de derrames lávicos de composición intermedia a básica de tonalidades que van del gris claro al negro en las muestras frescas y rojizo en las intemperizadas. Estas lavas tienen texturas merocristalina y microporfirítica y datan del Oligoceno Tardío. Estos derrames se encuentran en la parte superior de la zona montañosa volcánica (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

Periodo Cuaternario

Depósitos Aluviales: Se identifican depósitos aluviales principalmente compuestos por grava, arena, limo y arcilla que han sido transportados por ríos (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

Depósitos de Caliche: Las capas de caliche están conformadas por carbonatos de calcio y cubren a la Formación Yanhuitlán (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

Cuerpos Hipabisales: Son diques y domos de composición andesítica que datan del Pérmico al Mioceno y muchos de ellos se encuentran emplazados sobre las fallas de la región (Santamaría-Díaz, Alanís-Alvarez y Nieto-Samaniego, 2008). Representan etapas de magmatismo temprano en el período Terciario. Estas rocas son llamadas por Ferrusquía-Villafranca (1976) como Andesita Intrusiva Suchixtlahuaca. Estas rocas tienen una textura de porfirítica a microporfirítica.

Se identifican varios cuerpos hipabisales que Santamaría-Díaz, Alanís-Alvarez y Nieto-Samaniego (2008) indican con el nombre de Complejo Plutónico Cunaná.

En la tabla 1 se muestra el porcentaje en que se encuentran las Unidades Geológicas en el GMA. La Formación Yanhuitlán es la predominante, cubriendo 29.85% del geoparque. Esta formación se encuentra principalmente en la zona centro pero aflora solo en las zonas medias del valle de Yanhuitlán y al noroeste, cerca del poblado de Marcos Pérez.

Posteriormente se encuentra la Andesita Yucudaac (18.22%). Esta formación sobreyace a la Yanhuitlán, se encuentra en las zonas altas, principalmente de la franja occidental del geoparque.

Por otro lado, aquellas que tienen menor distribución dentro del geoparque son la Formación Tamazulapan (0.01%), la cual se encuentra en mayor dimensión fuera del geoparque y dentro solo tiene presencia en el límite poniente y la formación Ixtaltepec (0.16%), la cual se identifica como una sola unidad dentro del área de estudio, localizada en el oriente del geoparque, al norte de San Juan Yucuita.

Tabla 1.1. Porcentaje de presencia de las Unidades Geológicas en el Geoparque Mixteca Alta.

Nombre completo y clave de las Unidades Geológicas	Superficie que ocupan en el Geoparque (%)
• Aluvión (Q)	15.34
• Andesita Yucudaac (AY)	18.22
• Depósitos Teotongo (Vt)	3.00
• Formación Ixtaltepec (Pz)	0.16
• Formación San Isidro (Ki)	12.92
• Formación Tamazulapan (Tat)	0.01
• Formación Teposcolula (Ks)	3.74
• Formación Yanhuatlán (Ya)	29.85
• Compuesto Volcánico Cunaná (CPC)	2.65
• Toba Llano de Lobos (TL)	14.06

Fuente: Elaborada con datos de Santamaría-Díaz, Nieto-Samaniego y Vences-Sánchez, 2008.

Clima

Por su ubicación geográfica y sus rasgos orográficos, Oaxaca es un estado con una gran variedad climática. Es importante conocer los diferentes climas del estado ya que es uno de los principales factores que dan origen a la variedad de ambientes y hábitats que sustentan una gran biodiversidad característica de Oaxaca y cada una de sus regiones

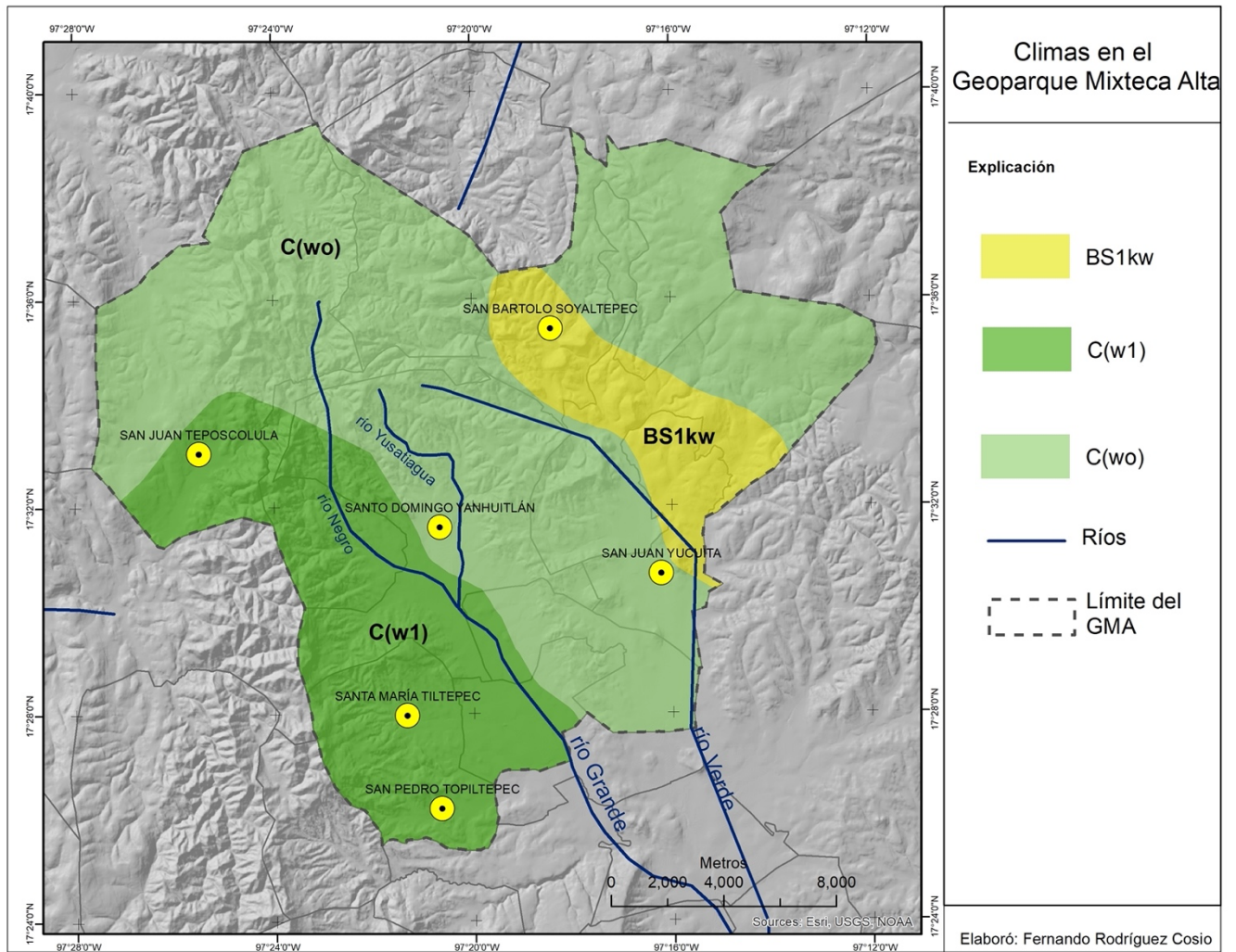
En el estado de Oaxaca se pueden encontrar climas pertenecientes a tres grupos climáticos: "A" (clima tropical lluvioso) "B" (climas secos) y "C" (clima templado lluvioso) (García, 1998).

Dentro del perímetro que conforma el Geoparque Mixteca Alta se pueden encontrar tres tipos de climas, el C(w1) correspondiente a un clima Templado Subhúmedo (Intermedio), el C(wo) correspondiente a un clima Templado Subhúmedo (menos húmedo) y el BS1kw correspondiente a un clima Semiárido Templado (véase figura 1.4).

Como indicador local se tienen datos del municipio de Santo Domingo Yanhuitlán, el cual tiene un clima templado sub húmedo con lluvias en verano y un pequeño porcentaje de lluvias en invierno C(wo).

En este municipio, el rango anual de temperatura va de los 6.5°C a los 30°C. (Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable, 2008). Aunque estaciones cercanas, como la estación climatológica San Mateo Etlatongo, marcan un valor mínimo anual de 5°C en el mes de enero y máximo de 39 °C en el mes de abril (CONAGUA, S/A). Por otra parte, la precipitación promedio anual en Santo Domingo Yanhuitlán es de 678 mm (Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable, 2008).

Figura 1.4. Climas en el Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Elaborado con datos de García y CONABIO, 1998; Oropeza et al. 2016

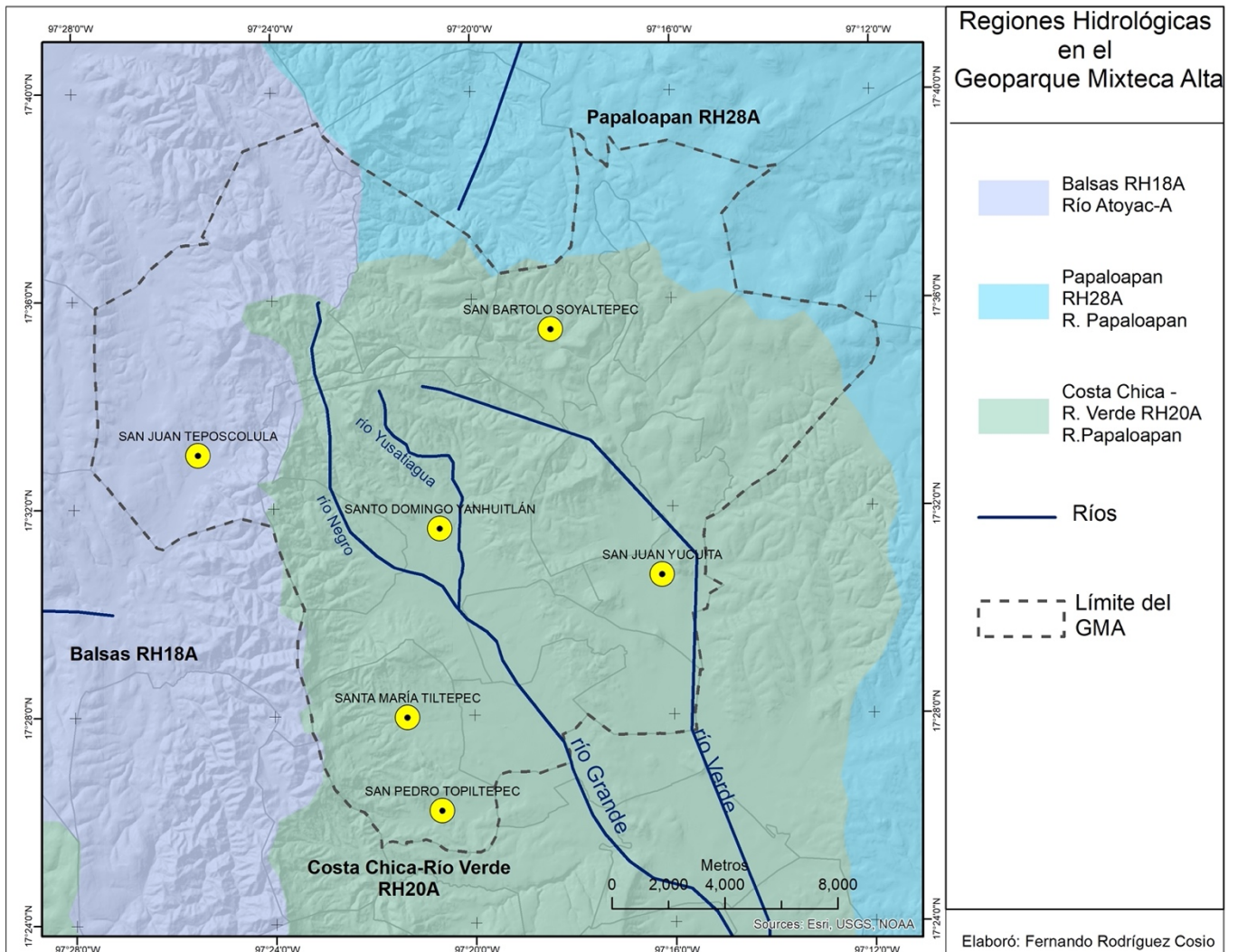
Hidrología

Dentro del geoparque Mixteca Alta se encuentran tres regiones hidrológico-administrativas: RHA Balsas, RHA Pacífico Sur y RHA Golfo Centro (CONAGUA, 2014 en López, 2016), también convergen dentro del geoparque las cabeceras de tres grandes cuencas, estas son: Cuenca del Papaloapan, Cuenca Costa Chica y Cuenca del Balsas (véase figura 1.5).

En el geoparque fluyen afluentes de tres ríos importantes que se originan en la región Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán: río Papaloapan, río Balsas y río Verde. La región donde se originan estos ríos es un parteaguas continental identificado por el Nudo Mixteco o cerro Verde, el cual es el punto más alto dentro del Geoparque Mixteca Alta (2892msnm) (Ferrusquía-Villafranca, 1976; Romero, 2018). El río Papaloapan desemboca en el Golfo de México mientras que los ríos Balsas y Verde lo hacen en el Océano Pacífico.

Los ríos principales de la región, que tienen un patrón dominante dendrítico son los únicos que llevan agua todo el año en sus caudales, los ríos de menor orden son intermitentes y llevan agua solamente durante la temporada de lluvias (Ferrusquía-Villafranca, 1976).

Figura 1.5. Regiones Hidrológicas en el Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Elaborado con datos de INEGI, INE y CONAGUA 2007; Oropeza et al. 2016.

Geomorfología

Dentro de la zona de estudio Ortiz-Pérez *et al.* (2016) identifican los siguientes paisajes geomorfológicos (figura 1.6), éstos son:

- Cuestas y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, lomeríos y campos de cárcavas en rocas ígneas piroclásticas.
- Laderas de montañas y cimas denudativas en rocas ígneas intrusivas o extrusivas.
- Depresiones de origen kárstico

- Laderas de montañas y cimas erosivas en rocas ígneas
- Laderas de montañas y cimas denudativas-erosivas en rocas sedimentarias
- Laderas de montañas y cimas erosivas en rocas sedimentarias
- Lomas aisladas denudativas
- Piedemonte
- Planicie aluvial denudativa
- Valles erosivos

En la tabla 1.2 se muestra el porcentaje de presencia de los paisajes geomorfológicos en el geoparque. Se puede observar que las cuestas y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, lomeríos y campos de cárcavas en rocas ígneas piroclásticas es el paisaje geomorfológico con mayor presencia en el geoparque (25.21 %), mientras que los paisajes de lomas aisladas denudativas y el de depresiones de origen kárstico son los que se encuentran en menor cantidad con (0.13%) y (0.26%) respectivamente.

Tabla 1.2. Porcentaje de presencia de los paisajes geomorfológicos en el Geoparque Mixteca Alta.

Nombre completo del paisaje geomorfológico	Porcentaje de presencia en el Geoparque (%)
• Cuestas y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, lomeríos y campos de cárcavas en rocas ígneas piroclásticas.	25.21
• Laderas de montañas y cimas denudativa en rocas ígneas intrusivas o extrusivas.	3.53
• Depresiones de origen kárstico	0.26
• Laderas de montañas y cimas erosivas en rocas ígneas	35.03
• Laderas de montañas y cimas denudativas-erosivas en rocas sedimentarias	14.77
• Laderas de montañas y cimas erosivas en rocas sedimentarias	2.41
• Lomas aisladas denudativas	0.13
• Piedemonte	9.66
• Planicie aluvial denudativa	4.76
• Valles erosivos	4.25

Fuente: Elaborado con datos de Ortiz-Pérez et al. 2016.

De estos paisajes geomorfológicos, los predominantes dentro del geoparque son las laderas de montañas y cimas erosivas en rocas ígneas. Estos paisajes se distribuyen principalmente en la región norte-noroeste y una parte del oeste del oeste de la zona de estudio.

Las laderas de montañas y cimas denudativas-erosivas asociadas con rocas sedimentarias también son de los paisajes geomorfológicos predominantes, estos se encuentran en los extremos oeste y noreste del geoparque. Se pueden identificar algunas asociaciones entre esta geomorfología y el bosque de encino.

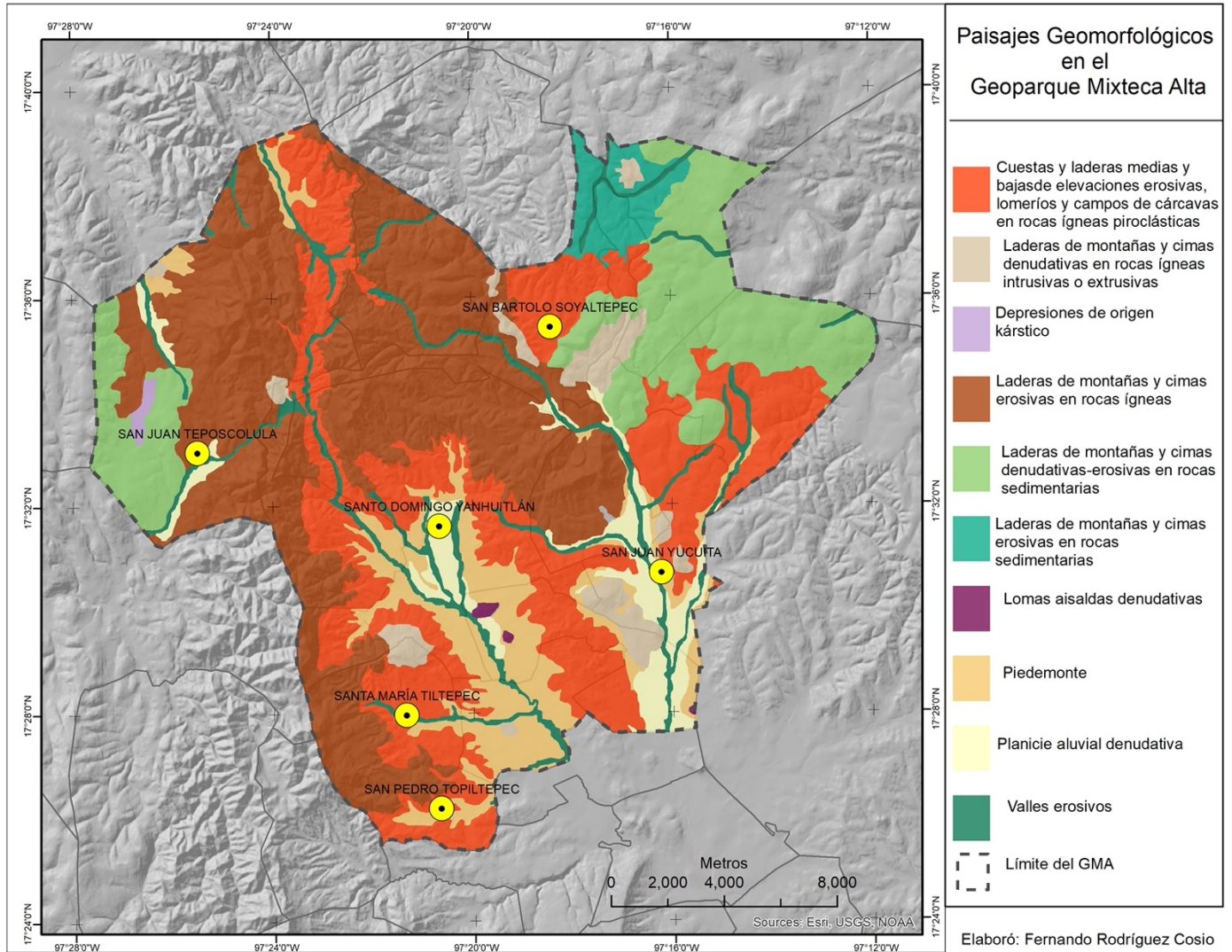
Los paisajes geomorfológicos menos extensos son las lomas aisladas denudativas, los valles erosivos y las depresiones de origen kárstico. Las lomas aisladas denudativas se identifican en la zona centro sur del geoparque, al sur de Santo Domingo Yanhuitlán.

Las zonas de planicie aluvial denudativa se encuentran también en las zonas bajas de los valles, principalmente a los costados de los valles erosivos. Sobre esta morfología se asocian las actividades agrícolas asentamientos humanos.

Los valles erosivos están directamente asociados con los ríos de la región, donde también se identifica la vegetación riparia, principalmente en las zonas bajas de los valles del geoparque.

Se identifica una sola zona de depresiones de origen kárstico en el poniente del Geoparque, al noroeste de San Juan Teposcolula.

Figura 1.6. Paisajes Geomorfológicos en el Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Elaborado con datos de Ortiz-Pérez et al. 2016.

Edafología

El Geoparque Mixteca Alta tiene una amplia variedad de tipos de suelo, por las características de relieve, vegetación y clima presentes así como un fuerte dinamismo de procesos de ladera relacionados con la erosión característica del lugar (véase figura 1.7).

Además de la capa de suelos generada por INEGI (2007), los suelos en el Geoparque han sido identificados a través de la extracción de monolitos de suelo, de los cuales se han obtenido 18 hasta el momento y han sido recolectados en los nueve municipios que conforman el geoparque, corresponden: cuatro al municipio de Santo Domingo Tonaltepec, tres a San Juan Teposcolula, cuatro a San Bartolo Soyaltepec, uno a Santa María Chachoapam, uno a Yucuita, uno a San Andrés Sinaxtla, uno a Santiago Tillo, dos a San Pedro Topiltepec y uno a Santo Domingo Yanhuitlán.

Por una parte, de acuerdo con la carta edafológica serie II de INEGI (2007) dentro del geoparque se pueden encontrar 16 relaciones de suelos que corresponden a la clasificación de la World Reference Base for Soil Resources (WRB). Estas son las siguientes:

LPcamo+LPrz+RGcalen/3: LEPTOSOL Calcárico Mólico + LEPTOSOL Réndzico + REGOSOL Calcárico Endoléptico.

LPrz+LPeuli/3: LEPTOSOL Réndzico + LEPTOSOL Éutrico Lítico

LPrz+LVcr+LPeu/3: LEPTOSOL Réndzico + LUVISOL Crómico + LEPTOSOL Éutrico

LPrz+LVvrlen/3: LEPTOSOL Réndzico + LUVISOL Vértico Endoléptico

LVcr/3: LUVISOL Crómico

LVcrlen+LPeu+CMcrlen/3: LUVISOL Crómico Endoléptico + LEPTOSOL Éutrico + Cambisol Crómico Endoléptico

LVcrlen+RGeulen+LPeu/2: LUVISOL Crómico Endoléptico + REGOSOL Éutrico Endoléptico + LEPTOSOL Éutrico

LVrolen+LVhulep+PHcalen/3: LUVISOL Ródico Endoléptico + LUVISOL Húmico Epiléptico + PHAEOZEM Calcárico Endoléptico

PHcalen+LPeu+LVcrlen/3: PHAEOZEM Calcárico Endoléptico + LEPTOSOL Éutrico + LUVISOL Crómico Endoléptico

PHlep+LPeu+LVlen/3: PHAEOZEM Epiléptico + LEPTOSOL Éutrico + LUVISOL Endoléptico

RGeulep+LPcamo+PHlep/1: REGOSOL Éutrico Epiléptico + LEPTOSOL Calcárico Mólico + PHAEOZEM Epiléptico

RGeulep+LVcr/2: REGOSOL Éutrico Epiléptico + LUVISOL Crómico

VRcr+FLeu/3: VERTISOL Crómico + FLUVISOL Éutrico

VRcr/3: VERTISOL Crómico

VRmzca+FLeu/3: VERTISOL Mázico Calcárico + FLUVISOL Éutrico

VRmzcc+FLeu/3: VERTISOL Mázico Cálculo + FLUVISOL Éutrico

Estas asociaciones están compuestas por ocho suelos dominantes (LEPTOSOL, REGOSOL, LUVISOL, CAMBISOL, PHAEOZEM, VERTISOL y FLUVISOL), así como por diez calificadores entre primarios y secundarios (calcárico, éutrico, vértico, mázico, mólico, réndzico, endoléptico, lítico, crómico y epiléptico).

Por otro lado, a través de la extracción de monolitos se encontraron los siguientes tipos de suelo: Luvisol, Cambisol, Phaeozem, Leptosol, Fluvisol, Umbrisol, Arenosol, y Regosol, sin embargo, Estrada-Herrera, Palacio-Prieto y Cram-Heidrich, 2019. Encontraron dos subtipos del Fluvisol, los cuales son Fluvisol Antrópico y Fluvisol Vértico, mientras que de Arenosol se encontró una variante, la cual es Arenosol Flúvico.

A continuación se describen los principales tipos de suelo que se encuentran en el geoparque:

Leptosol: Se caracterizan por ser suelos poco profundos pero con fragmentos gruesos. Pueden no ser muy buenos para la producción agrícola por ser

tan someros. Pueden estar relacionados con regiones montañosas, principalmente en las pendientes así como zonas erosivas donde se dificulta la formación de suelos. Los Leptosols tienen vocación de zonas forestales y de pastoreo, sin embargo, la presión de las actividades antrópicas lo hacen proclive a la erosión (SEMARNAT, 2002; WRB, 2014).

Luvisol: Son suelos con alto contenido de arcilla en su parte profunda, suelen relacionarse con depósitos aluviales, coluviales y eólicos. Su ambiente de formación se asocia a zonas templadas frescas y cálidas con una época de lluvias marcada y se encuentran comunmente en zonas de planicie o de ligera inclinación. (WRB, 2014).

Cambisol: Los cambisoles son suelos jóvenes, con poco desarrollo, además de ser propensos a la erosión, tienen una textura fina a media. Se pueden asociar con distintos tipos de terreno, vegetación y climas, son comunmente usados para actividades agrícolas. (Alfaro, 2004; WRB, 2014).

Phaeozem: Se trata de suelos muy diversos, es decir que se forman en distintos ambientes. Una de las variantes del Phaeozem, el Phaeozem calcárico, se caracteriza por la presencia de cal en sus horizontes. Estos son suelos fértiles, óptimos para actividades agrícolas (Alfaro, 2004).

Fluvisol: Son suelos juvenes, se encuentran en depósitos fluviales recientes, aunque también se encuentran relacionados con sedimentos lacustres y marinos. Se pueden encontrar en planicies aluviales, abanicos de ríos y valles, por mencionar algunos ejemplos, y en todas las zonas climáticas. Sus perfiles tienden a ser difíciles de diferenciar. (WRB, 2014).

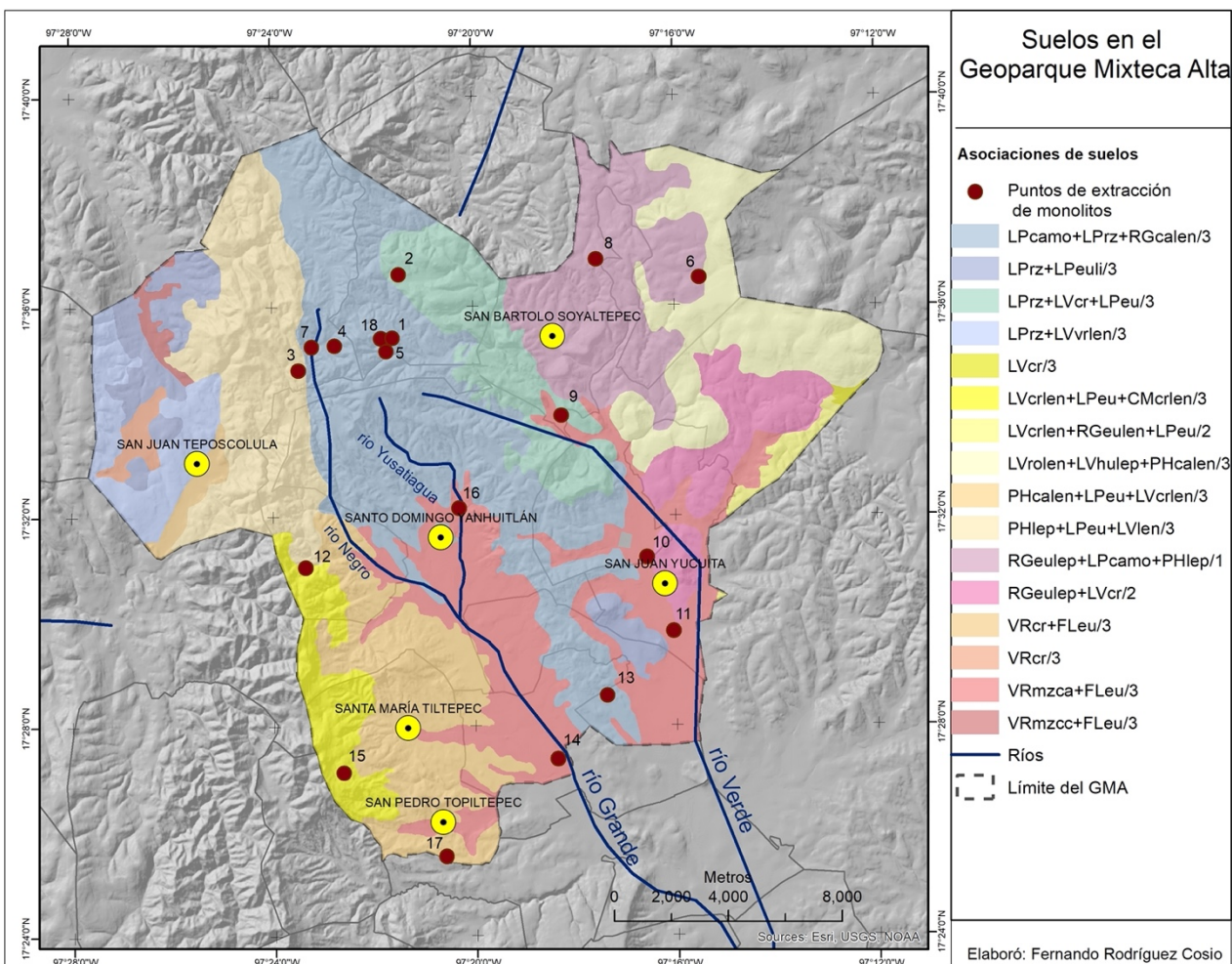
Umbrisol: Su formación se asocia con la acumulación de materia orgánica, presentan tonos oscuros. Se encuentra en climas húmedos y en regiones montañosas. Su formación es a través de la meteorización de rocas silíceas (WRB, 2014).

Arenosol: Son suelos arenosos, su material parental es no consolidado y de textura arenosa. Su ambiente de formación puede ir de árido hasta húmedo y de muy frío a cálido. Puede ser asociado con distintos tipos de vegetación (WRB, 2014).

Regosol: Estos suelos se forman por materiales no consolidados. Estos suelos no presentan horizontes. Muchas veces se forman por la erosión hídrica en las laderas, esto último es una característica del geoparque específicamente relacionada con la formación Yanhuitlán. Estos suelos muchas veces se encuentran asociados con litosoles y luvisoles y son comúnmente usados para actividades forestales, pecuarias y agrícolas (Alfaro, 2004).

Vertisol: Están compuestos principalmente por arcillas causadas por la meteorización. Se encuentran en zonas de depresión o planicies, en climas que van de semiárido a húmedo con marcadas estaciones de lluvia y sequía. Son suelos con potencial agrícola y de pastoreo (WRB, 2014)

Figura 1.7. Asociaciones de suelos en el Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Elaborado con datos de INEGI, (2007); Estrada-Herrera, Palacio-Prieto, Cram-Heydrich, (2019)

Tabla 1.3. Porcentaje de presencia de los tipos de suelo en el Geoparque Mixteca Alta.

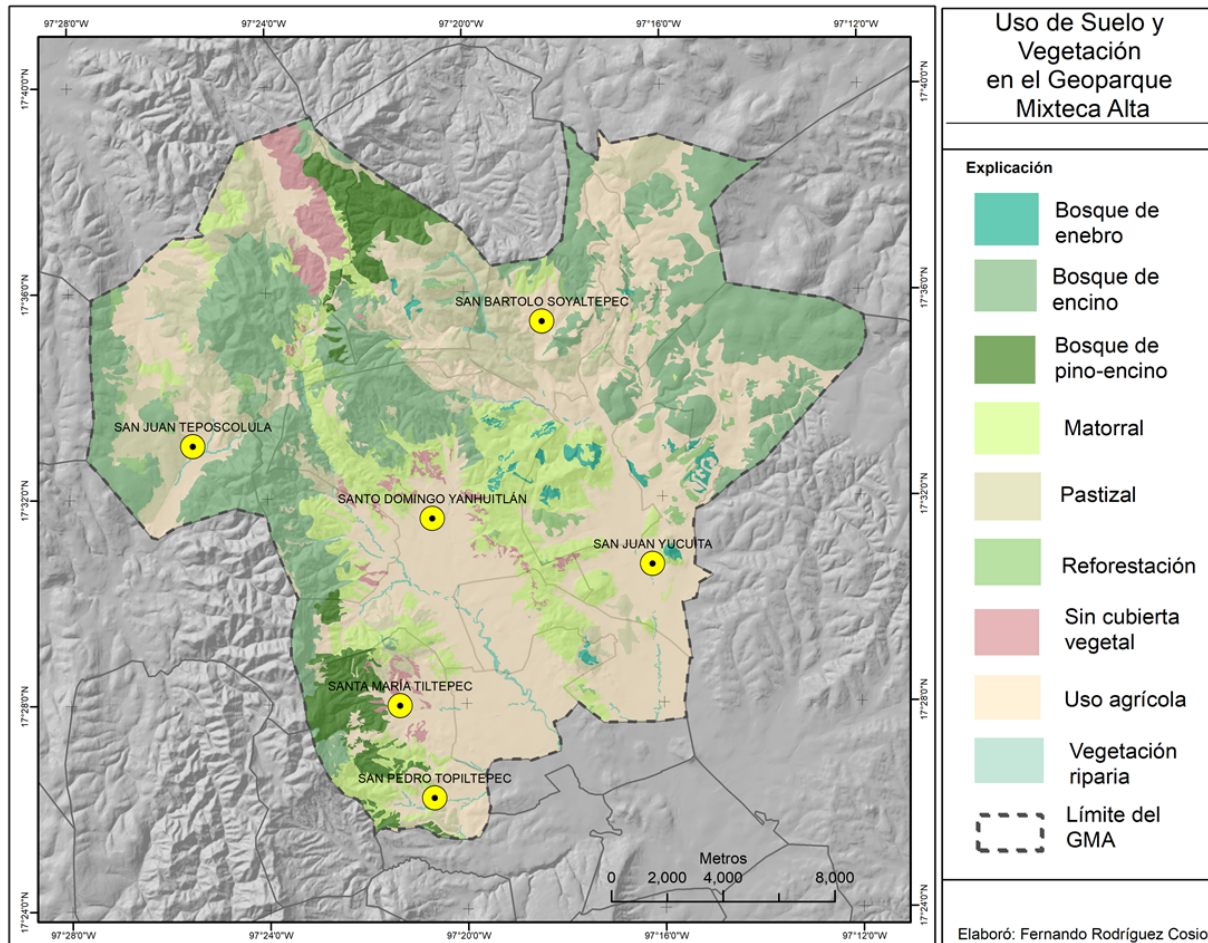
Asociación de suelo	Porcentaje
LPcamo+LPrz+RGcalen/3	21.82
LPrz+LPeuli/3	3.73
LPrz+LVcr+LPeu/3	6.40
LPrz+LVvrlen/3	3.65
LVcr/3	0.10
LVcrlen+LPeu+CMcrlen/3	3.86
LVcrlen+RGeulen+LPeu/2	0.72
LVrolen+LVhulep+PHcalen/3	8.43
PHcalen+LPeu+LVcrlen/3	9.36
PHlep+LPeu+LVlen/3	10.61
RGeulep+LPcamo+PHlep/1	9.51
RGeulep+LVcr/2	4.76
VRcr/3	0.70
VRcr+FLeu/3	0.80
VRmzca+FLeu/3	14.94
VRmzcc+FLeu/3	0.56

Fuente: INEGI, 2007

Uso de suelo y vegetación

En la Mixteca Alta hay una gran variedad de especies de flora, muchas de las cuales son endémicas gracias a las características de la región (Orozco *et al.* 2020). En el Geoparque Mixteca Alta se encuentran nueve tipos de vegetación y uso de suelo (Bosque de encino, Bosque de pino-encino, Bosque de enebro, Matorral, Vegetación riparia, Pastizal, incluyendo las áreas de reforestación), uso de suelo agrícola y áreas, sin cubierta vegetal (véase figura 1.8).

Figura 1.8. Uso de suelo y Vegetación en el Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Elaborado con datos de Orozco et al. (2020, inédito).

Bosque de Enebro: En el geoparque cubre una superficie de 4 km². Se considera a este tipo de vegetación como una etapa secundaria del bosque de encino. La altitud en la que se puede encontrar va de 2,116 a 2,482 msnm y se encuentra principalmente sobre Leptosol, Regosol eútrico y Phaeozem calcárico. (Orozco et al, 2020).

Bosque de Encino: Es el tipo de vegetación más abundante en el Geoparque Mixteca Alta ocupando 24% de su territorio (tabla 1.4) y el 45% de abundancia relativa con respecto a la vegetación natural. Este se puede encontrar en el geoparque a alturas que van desde los 2,124 y hasta 2,880 msnm. El bosque de encino se encuentra sobre los suelos más desarrollados de la zona. Los municipios con mayor presencia de bosque de enebro son San Bartolo Soyaltepec, Santa María Chachoapam, San Juan Teposcolula y Santo Domingo Yanhuitlán (Orozco *et al.* 2020).

Bosque de Pino-Encino: Se trata de una secuencia de especies y de pino y encino que crean la cobertura vegetal mejor conservada de la zona, esto es importante ya que representan las zonas de mayor captación de agua, estas comunidades son más comunes en las zonas altas de la porción norte y occidente del geoparque (Oropeza *et al.* 2016).

Matorral: Es un tipo de vegetación secundaria originado por disturbios antrópicos (Oropeza *et al.* 2016). Este tipo de vegetación ocupa el 18% del geoparque y se encuentra principalmente en los municipios de Santo Domingo Yanhuitlán, San Juan Teposcolula, San Bartolo Soyaltepec y Santa María Chachoapam. El matorral se puede encontrar entre los 2,068 y los 2,650 msnm (Orozco *et al.* 2020).

Pastizal: Al igual que el matorral, los pastizales son vegetación secundaria, estrechamente relacionada con actividades antrópicas (Oropeza *et al.* 2016). Está presente en todos los municipios del geoparque ocupando el 9% del territorio de estudio. Su distribución va de los 2,079 a los 2,700 msnm y su desarrollo se da en suelos de tipo Regosol y Leptosol (Orozco *et al.* 2020).

Reforestación: Son zonas reforestadas con las especies de *Pinus Greggii* y *Pinus oaxacana* en los nueve municipios del geoparque sobre suelos de tipo Leptosol y Regosol (Orozco *et al.* 2020) y en el municipio de Yanhuitlán también con la especie de *Cercocarpus fothersgilloides* (Cruz-Ramírez, M. comunicación personal. Agosto 2020).

Sin cubierta vegetal: En el área de estudio, las zonas desprovistas de vegetación se relacionan directamente con la erosión, elemento característico de la región y comúnmente asociado a la formación Yanhuitlán, la cual queda al descubierto y es uno de los atractivos principales del geoparque. Estas zonas se encuentran principalmente en los municipios de Santo Domingo Yanhuitlán, San Juan Teposcolula y San Pedro Topiltepec y están entre los 2,105 y los 2,625 msnm (Orozco *et al.* 2020).

Uso agrícola: En la tabla 1.4 se puede ver que este uso de suelo es el predominante en el geoparque cubriendo el 34% de su territorio. Se encuentra principalmente en los municipios de San Bartolo Soyaltepec, Santa María Chachoapam y Santo Domingo Yanhuitlán en zonas con pendientes poco pronunciadas y con alturas que van de los 2,038 a los 2,614 msnm sobre suelos de tipo Fluvisol, Cambisol, Leptosol y Regosol (Orozco *et al.* 2020).

Vegetación Riparia: Ocupa cerca del 1% de la cobertura vegetal del Geoparque. Se localiza en las zonas bajas, al borde de los cauces de agua. Este tipo de vegetación provee de diversos servicios ambientales que son clave tanto para la diversidad de flora como de fauna (Oropeza *et al.* 2016).

Tabla 1.4. Tipos de Vegetación y de Uso de Suelo en el Geoparque Mixteca Alta.

Uso de suelo y vegetación	Área en km²	Porcentaje
Bosque de enebro	3.79	0.911
Bosque de encino	109.84	26.42
Bosque de pino-encino	19.49	4.68
Matorral	56.79	13.66
Pastizal	52.14	12.54
Reforestación	7.53	1.81
Sin cubierta vegetal	10.63	2.55
Uso agrícola	153.79	36.99
Vegetación riparia	1.66	0.39
TOTAL	415.66	100%

Fuente: Orozco *et al.* 2020.

En la tabla 1.5 se muestra el porcentaje de cobertura vegetal relativa, es decir tomando en cuenta solo la vegetación natural. Esto nos ayuda a conocer mejor las características naturales de la flora en el geoparque sin tomar en cuenta los usos antrópicos que hay dentro del área del mismo. De los datos obtenidos de Uso de Suelo y Vegetación en el geoparque, la vegetación natural cubre 243.47 de los 415km²

Tabla 1.5. Porcentaje de distribución relativa de vegetación natural en el GMA,

Tipo de vegetación natural	Porcentaje de distribución relativo (%)
Bosque de enebro	1.5
Bosque de encino	45.0
Bosque de pino-encino	7.9
Matorral	23.3
Pastizal	21.3
Vegetación riparia	0.6

Fuente: Orozco *et al.* 2020.

Por otro lado, en la tabla 1.6 se puede ver el porcentaje relativo de los Usos de suelo en el geoparque. Es importante mencionar que las zonas desprovistas de cobertura vegetal se incluyen en esta tabla debido a que se asocian con usos antrópicos como la ganadería y la reforestación.

Tabla 1.6. Porcentaje de distribución relativa de los usos de suelo en el Geoparque Mixteca Alta.

Uso de suelo relativo	Porcentaje de distribución relativo (%)
Reforestación	4.38
Uso agrícola	89.43
Sin cubierta vegetal	6.18

Fuente: Orozco *et al.* 2020.

1.2 Caracterización socioeconómica del Geoparque Mixteca Alta

Caracterización histórica

La región Mixteca ha estado habitada por muchos años; a lo largo de su historia, la cultura Mixteca ha pasado por muchos cambios demográficos y muchos de ellos tienen una estrecha relación con procesos naturales que ocurren en esta dinámica región, así como por otros eventos que han marcado la historia de este territorio y del país en general, como puede ser la llegada de los españoles.

La cultura Mixteca tuvo su apogeo en el periodo posclásico, sin embargo, es importante comprender las etapas previas y consecuentes para tener un panorama más amplio sobre la actualidad de la región Mixteca y su cultura. (Balkansky, Nava y Palomares, 2009). En la tabla 1.7 se indican las cinco fases identificadas en la cultura Mixteca.

Tabla 1.7. Fases identificadas en la región Mixteca Alta.

Fases identificadas	Periodo
Fase Cruz	1500-400 a.C.
Fase Ramos	400 a. C.-300 d.C.
Fase Las Flores	300 – 900 d.C.
Fase Natividad	900 – 1520 d.C.
Fase Convento	1522-1600 d.C.
Época colonial temprana	1600 – 1745 d.C.
Época colonial tardía	1745 d.C. – ¿?

Fuente: Elaborado con datos de Spores, 1969.

Estas fases se han datado por productos como puede ser la alfarería que hoy en día se pueden identificar como elementos surgidos del conocimiento ancestral del entorno (Spores, 2013).

Caracterización socioeconómica actual

El estado de Oaxaca es considerado como uno de los estados con mayor índice de marginación del país junto con los estados de Guerrero y Chiapas, e incluso se ha mencionado a la Mixteca como una de las regiones más pobres (CONAPO, 2010).

Según datos de CONAPO (2010), el estado de Oaxaca tiene generalmente un grado de marginación muy alto. Entre los nueve municipios que conforman el geoparque, solo uno de ellos, Santa María Chachoapam, tiene un grado de marginación bajo, mientras los otros ocho municipios se encuentran con grados medios y altos de marginación.

Por otro lado, el estado de Oaxaca, por el incremento que presenta por emigración, se encuentra dentro de las regiones de migración emergente al igual que los estados de Veracruz, Puebla y Guerrero ya que existen otros estados con una tradición migratoria establecida (Alvarado, 2008).

La mayor parte de la migración internacional proveniente del estado de Oaxaca se dirige a Estados Unidos, algo que se identifica desde el programa Bracero a partir de 1942 (Alvarado, 2008). Más específicamente en la Mixteca se repite también el fenómeno migratorio de población que parte a Estados Unidos

creando grandes colonias de pobladores mixtecos. Este fenómeno comenzó a crecer en gran forma en las décadas de 1980 y 1990 (Reyes *et al.* 2004:207, en Chavez-Servia *et al.* 2017). Este fenómeno migratorio funciona como una estrategia familiar para mejorar su situación económica a través del envío de remesas.

El estado de Oaxaca en el año 2006 recibió la cantidad de 11,892 millones de pesos en remesas enviadas desde Estados Unidos, dato que funciona para conocer parte del resultado de proceso migratorio (Banco de México, 2007, en Chavez-Servia *et al.* 2017).

En la tabla 1.8 se puede ver tanto el índice como el grado de marginación presentado en el estado de Oaxaca por cada cinco años desde 1990 hasta 2015.

Tabla 1.8. Índice y grado de marginación por rangos de cinco años en el estado de Oaxaca.

Año	Índice de Marginación	Grado de Marginación
1990	2.06	Muy Alto
1995	1.85	Muy Alto
2000	2.08	Muy Alto
2005	2.13	Muy Alto
2010	2.15	Muy Alto
2015	2.12	Muy Alto

Fuente: Elaborado con datos de CONAPO (2010)

Se puede concluir que el estado de Oaxaca y la Región Mixteca Alta tienen dinámicas complejas tanto naturales como sociales y culturales. Estas dinámicas se encuentran sujetas a distintas condiciones, cambian la configuración de la región y del estado.

Es evidente la diversidad del estado de Oaxaca, tanto cultural como natural, biótica y abiótica y es de gran importancia para este trabajo lograr relacionarlas en el territorio de estudio para poder comprender más sobre su origen, dispersión y función y lograr que se explique de la forma correcta en el jardín geobotánico.

CAPÍTULO II. METODOS Y MATERIALES

2.1 Revisión bibliográfica

Para elaborar una propuesta de jardín geobotánico que considere tanto la conservación biótica y abiótica del Geoparque Mixteca Alta y la difusión del conocimiento científico y tradicional sobre la conservación y uso de dichos elementos, se realizó en primera instancia, una revisión de literatura relacionada con jardines botánicos, con sus objetivos, su importancia, las herramientas didácticas que emplean para proporcionar la información que presentan de la mejor forma y las distintas formas en que se han utilizado.

También se consultó literatura relacionada con la importancia de la conservación de las especies de flora, específicamente de flora nativa y al ser un proyecto que busca relacionar la diversidad biótica con la abiótica se consultó de igual forma sobre geoconservación y geodiversidad. Mucha de esta información estrechamente relacionada con el surgimiento de los geoparques.

La revisión bibliográfica se complementó con la consulta de información sobre geobotánica, la cual fue de gran importancia para elaborar la definición de jardín geobotánico y la propuesta de implementación.

2.2 Visitas a diferentes jardines botánicos

Como parte del trabajo de campo se realizaron visitas a diferentes jardines botánicos y etnobotánicos de México y Canadá para conocer diferentes proyectos y la forma en que se llevaron a cabo como esfuerzos de enseñanza y difusión. Los jardines botánicos y etnobotánicos visitados durante este periodo fueron los siguientes:

- Jardín Etnobotánico de Oaxaca.
- Jardín Etnobotánico, INAH en Cuernavaca, Morelos.
- Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.
- UBC botanical Garden en Vancouver, Canadá.
- VanDusen Botanical Garden en Vancouver, Canadá.

- Jardín Botánico de Montreal, Canadá.

Posterior a la consulta bibliográfica sobre botánica, jardines botánicos y geobotánica, así como a las visitas a distintos jardines botánicos, se propuso una definición de jardín geobotánico que contempla tanto la enseñanza como la conservación de la vegetación y los elementos abióticos del geoparque.

2.3 Trabajo de campo

Se realizaron varias visitas al área del Geoparque Mixteca Alta en donde existió participación apoyando al Ing. Forestal Miguel Ángel Cruz Ramírez, al Dr. Quetzalcoatl Orozco Ramírez y a la Dra. Rosario Ramírez Santiago de la Unidad Académica de Estudios Territoriales Oaxaca (UAETO para futuras referencias) en el levantamiento de campo de los polígonos de biodiversidad.

Por otro lado, hubo oportunidad de acompañar a la Dra. Isabel del Rayo Estrada y al Dr. Donato Ramírez José en una salida para la extracción de los monolitos edafológicos para la realizar la caracterización de suelos. En estos monolitos se puede apreciar la interfase entre lo biótico y lo abiótico al observar las características propias de cada perfil edafológico.

Polígonos de biodiversidad

Para conocer la riqueza de especies en el geoparque se realizaron 70 polígonos de biodiversidad. Esto consistió en delimitar cuadrantes de 5 x 10 m con una cinta métrica y posteriormente identificar visualmente las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas dentro de cada cuadrante, esto sirvió también para identificar si se trataba de vegetación primaria y secundaria. Posteriormente, dentro de cada cuadrante se realizaron muestreos en pequeños cuadrantes de 1 X 1 m en los que se realizó un conteo de cada especie encontrada para reportar la diversidad y abundancia de vegetación.

Se realizó un muestreo de la vegetación más abundante y representativa. Las muestras se etiquetaron con información sobre la especie y después fueron

colocadas cuidadosamente en papel periódico para conservarlas mejor y comenzar el proceso de secado. Más adelante se pusieron en un horno de madera cubierto con papel aluminio para terminar de secar. Las muestras colectadas pasarán a formar parte del herbario del geoparque.

Todos los cuadrantes se georreferenciaron, así como los puntos de muestreo de cada especie. De igual forma, en cada cuadrante se registró la forma y pendiente del terreno, y se tomaron muestras de suelo del lugar. Esto permitió elaborar y corregir la información que posteriormente se utilizó para realizar el mapa de uso de suelo y vegetación.

Esta etapa del trabajo de campo se realizó como parte de los proyectos de investigación a cargo del Ing. Miguel Ángel Cruz Ramírez, del Dr. Quetzalcóatl Orozco y de la Dra. Rosario Ramírez de la UAETO (Instituto de Geografía de la UNAM) con apoyo de estudiantes de ingeniería forestal.

Monolitos edafológicos

En el geoparque han sido extraídos 18 monolitos de distintas partes (Estrada-Herrera, Palacio-Prieto y Cram-Heydrich 2019), de zonas que son muy representativas por algunas de sus características naturales y que son de gran importancia por el papel que tendrán en el proceso de creación del jardín geobotánico

Para la obtención de los 18 monolitos de suelo, como parte del proyecto a cargo de la Dra. Isabel del Rayo Estrada, se utilizó la metodología propuesta por Van Baren y Bommer (1979), la cual consiste en cuatro pasos generales que son:

- Excavación de la fosa de la cual se obtendrá el monolito
- Suavización de la cara de la cual se extraerá el monolito
- Extracción del monolito dentro de una caja de alrededor de 150x28x10cm

Finalmente, para la preservación del monolito se deben realizar los siguientes pasos.

- Impregnar del monolito con laca
- Por último, remover la capa de laca del monolito

2.4 Análisis de relación territorial

Para conocer la relación entre la vegetación con otros elementos geográficos primero se elaboraron 6 mapas sobre las características naturales bióticas y abióticas seleccionadas usando el programa ArcGis 9.3, tomando como mapa principal para el análisis el de Uso de Suelo y Vegetación. Una vez elaborados dichos mapas se procedió a cruzar la información contenida en sus capas para conocer la expresión territorial de la relación de la vegetación con los demás elementos.

Elaboración de mapas

Los mapas generados para este procedimiento fueron: Uso de Suelo y Vegetación, Geología, Geomorfología, Edafología, Clima y Regiones Hidrológicas, para ello se consultaron diferentes fuentes de información dependiendo de cada mapa, siendo las principales INEGI y CONABIO.

Para el caso de los mapas de Geología, Geomorfología y Uso de Suelo y Vegetación se utilizó también información brindada por investigadores en campo o directamente de publicaciones. Particularmente, el mapa de Uso de Suelo y Vegetación funcionó como base para todos los cruces y fue hecho con shapefiles generados por la UAETO; por otra parte, para el mapa de Geología se usó un shapefile creado por Vences-Sánchez, Oropeza-Orozco y Hemann-Lejarazu con datos de Santamaría-Díaz, Alaníz-Alvarez y Nieto-Samaniego (2008). Cabe resaltar que para este mapa se adaptó el mismo patrón de colores y claves geológicas aplicadas por Santamaría-Díaz, Alaníz-Álvarez y Nieto-Samaniego (2008). Por último, el mapa de Geomorfología se construyó con un shapefile con datos de Ortiz-Pérez *et al.* 2016.

Cruce de mapas

Para obtener la relación territorial existente entre cada tipo de uso de suelo y vegetación con cada elemento geográfico analizado, se unió la expresión territorial de las capas seleccionadas para generar un nuevo archivo shapefile con los datos de dicha unión cargados en su tabla de atributos y así poder calcular el área y porcentaje generados por esta relación.

2.5 Entrevista con expertos locales del comité científico del Geoparque.

Para complementar la información consultada en la literatura se aplicaron entrevistas semiestructuradas en campo y vía remota con los expertos sobre vegetación y uso de suelo, geología, geomorfología, reforestación, suelos y específicamente monolitos edafológicos y elaboración de geoproductos y sus principales materiales, tanto locales del comité científico como de otras instituciones con otros expertos en distintos temas con los que se visitó el geoparque durante la etapa de trabajo de campo, así como con algunos de los guías locales.

Las entrevistas permitieron también ampliar el conocimiento sobre la relación de la población con su entorno y el uso que se le da a los recursos locales.

2.6 Trabajo de gabinete

Para elaborar una propuesta de jardín geobotánico del Geoparque Mixteca Alta se llevó a cabo una amplia investigación sobre los jardines botánicos de México y el mundo.

Análisis de datos

El análisis de datos consistió en la conversión a porcentajes de los resultados obtenidos en km² de los cruces de mapas de Uso de suelo y Vegetación con los demás elementos geográficos. Para facilitar la interpretación de los mismos, se elaboraron nuevas tablas de resultados de la relación territorial, en porcentaje.

Investigación sobre el uso tradicional de la vegetación

Para elaborar una propuesta de jardín geobotánico que tome en cuenta el uso sustentable de la vegetación y su conservación se está considerando un proyecto de enseñanza del conocimiento tanto científico como tradicional, ya que es muy importante dar a conocer que muchas de las especies vegetales que se encuentran en el geoparque tienen importancia para la población.

Para la propuesta de implementación del jardín geobotánico, se utilizó el Catálogo de Plantas Medicinales del Geoparque Mixteca Alta, Oaxaca, elaborado por Lena Ahlf en 2016, en el cual se hace una recopilación de las principales especies con usos medicinales indicadas por la población y en donde se incluye información como: descripción, uso y modo de empleo y partes utilizadas.

2.7 Propuesta de implementación jardín geobotánico

Para llevar a cabo la implementación de el presente proyecto, fue necesario tener una propuesta de sitio que contara con las características necesarias. Esta propuesta, la cual fue acordada entre los miembros del comité del geoparque, debe ser aprobada por la comunidad y las autoridades locales correspondientes.

Habiendo seleccionado una ubicación fue necesario tomar en cuenta dos tipos de espacios, uno abierto para la colección viva y un salón cerrado para la colección del herbario. El sitio propuesto debe contar con características de accesibilidad, ubicación y dimensiones, que resultan ideales para la creación de este proyecto.

Ubicación del jardín geobotánico

El sitio propuesto es el parador de Santo Domingo Yanhuitlán, que actualmente funge como centro de interpretación del Geoparque, y que se encuentra sobre la carretera a Huajuapán de León a poco menos de un kilómetro distancia del Exconvento de Santo Domingo Yanhuitlán (véase figura 3.1).

Modelo de Implementación

Para elaborar esta propuesta se diseñó un modelo arquitectónico del jardín geobotánico, tanto de la parte interior donde se encontrará el herbario, como del jardín exterior donde se encontrará la colección viva del mismo.

El modelo fue elaborado con el apoyo del arquitecto Alan Haquet Jiménez, utilizando el programa Revit 2019 y Escape versión 2.8. Para la realización del modelo se utilizaron fotografías de los espacios tanto del interior como del exterior e imágenes aéreas de un dron DJI Phantom 4 Pro tomadas por el Maestro Ricardo Garnica. Así se pudieron tomar las medidas, lo más cercanas a la realidad.

Exposición geobotánica, colección viva

En la implementación de este proyecto se consideró la exposición de una colección viva de plantas y una exposición de herbario. Para la primera se buscó un espacio exterior y para el herbario un espacio interior. Es importante considerar que todos los ejemplares que se expongan estén debidamente registrados en una base de datos georreferenciada.

De las 148 especies descritas en el anexo del presente trabajo y en el libro de vegetación del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta (Orozco *et al.*, 2020), se propone priorizar para la colección viva aquellas especies que se han identificado con mayor valor para la población ya sea estético, medicinal y gastronómico, entre otros.

Para la muestra de la colección viva se propone un recorrido lineal donde se muestren algunas de las especies seleccionadas, con pequeñas placas donde se encontrarán las fichas técnicas.

Esta etapa de la implementación es probablemente la que más retos impone, ya que se trata de seleccionar especies que se puedan transportar fácilmente, que se adapten al entorno y a las cualidades del suelo que se utilice y que su extracción

no represente un riesgo ambiental, es decir, que no se trate de especies en situación de riesgo o vulnerabilidad.

Exposición geobotánica, colección del herbario

El herbario es una colección de especies que se mostrarán en seco y es una muestra representativa de cada tipo de vegetación. Se exhibirán solo ramas, hojas y flores de las especies, permitiendo así extraer la menor cantidad posible de especímenes en su totalidad. La colección de herbario se exhibirá en un espacio interior en vitrinas para su mejor presentación.

Cada ejemplar de la colección del herbario se exhibirá con una explicación sobre la especie, su entorno y la forma en que se relaciona con otros elementos naturales y con la comunidad local, es decir, si tiene algún uso o importancia cultural.

Para el herbario o colección en seco se propone un recorrido con orden que responde a los tipos de uso de suelo y vegetación que existen en el geoparque. Esto permitirá crear una mejor idea de cómo se encuentran ubicados *in situ* estas especies y ahondar aún más en su entorno, a través de la explicación de su relación con los otros elementos geográficos seleccionados.

Exposición geobotánica, monolitos edafológicos

En el centro de interpretación, las especies de flora del geoparque serán asociadas directamente con la edafología y la geología a través de los monolitos edafológicos; estos monolitos representan una herramienta didáctica muy útil para difundir el conocimiento sobre los suelos y entender su formación, composición y su función como base para la vida y así poder comprender la importancia de su manejo y preservación (Más-Martínez *et al.*, 2010).

Para incorporar los monolitos a la exposición geobotánica se propuso que se lleve a cabo en la parte del herbario. Debido al peso y fragilidad de los monolitos de suelo y para conservar su integridad, se consideró incorporar una imagen en tamaño

real de un monolito representativo de cada tipo de suelo que se asocie con cada tipo de vegetación a un lado de la explicación (figura 2.1).

Figura 2.1. Monolitos edafológicos extraídos en el Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Fotografía propia

Propuesta de herramientas didácticas

Para facilitar la enseñanza de las relaciones biodiversidad-geodiversidad y el conocimiento tradicional de la vegetación se consideraron como herramientas didácticas las fichas técnicas y los paneles informativos descritos a continuación:

- **Fichas técnicas:** La ficha técnica incluirá información sobre los elementos bióticos y abióticos que dan origen a la vegetación y su distribución de la colección viva (véase figura 3.8).

Paneles informativos: Se propone implementar mamparas o paneles informativos para presentar la colección del herbario y de los monolitos de suelo. La propuesta de paneles surge por la facilidad que presentan para guiar el recorrido y

así poder proponer un orden de visita específico. Esto también permite que se usen materiales de bajo costo y que puedan doblarse y ser cambiados de lugar si se requiere. En los páneles informativos se expondrá la misma información de las fichas técnicas de la colección viva más la de los monolitos de suelo y su relación con cada tipo de vegetación.

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Diversidad de vegetación

Como resultado de los muestreos de los polígonos de biodiversidad se obtuvieron 90 especies de 57 géneros y 32 familias de vegetación del Geoparque Mixteca Alta. Los 110 ejemplares recolectados se prepararon para ser parte de la colección del herbario, muchos de los cuales servirán también para conformar la colección viva del jardín geobotánico del Geoparque Mixteca Alta. (Ramírez-Santiago *et al.* Inédito; Cruz-Ramírez, M. comunicación personal, agosto 2020).

Especies florísticas del jardín Geobotánico

El inventario de flora, hasta el momento cuenta con 110 especies, de las cuales, se encuentran especies arbóreas, arbustivas y herbáceas (Orozco *et al.* 2020, inédito). Es importante conocer la variedad total de especies que se encuentran en el geoparque para poder entender mejor las condiciones generales del territorio y poder así, asociarlas a otros factores naturales que se relacionan con la vegetación.

Al igual que la relación de las especies con los elementos abióticos del geoparque, es vital para la selección de especies que estarán exhibidas en el jardín geobotánico, tomar en cuenta la función que han tenido para la población local, es decir, que sean útiles por sus características medicinales, ornamentales y gastronómicas. La conjunción de estos elementos lo convierte en geobotánico.

En el anexo 3 se puede ver la lista de especies que en este trabajo se proponen para la implementación del jardín geobotánico. Esta selección se hizo tomando en cuenta la variedad de usos que tienen las distintas especies, su distribución en la zona de estudio y relación con los tipos de suelo, geología y geomorfología identificados y el modo de obtención, ya sea a través de la extracción en campo o por reproducción sexual.

3.2 Monolitos edafológicos

Al comparar la ubicación de la extracción de los monolitos con los datos del mapa de INEGI (2007) se evidencía que la escala en la que se genera esta información es demasiado general para una zona de estudio de estas dimensiones, por eso los monolitos representan una muy valiosa fuente de comparación y comprobación de datos (véase tabla 3.1).

Tabla 3.1. Monolitos edafológicos extraídos en el Geoparque Mixteca Alta.

No. de Monolito	Municipio	Sitio	Clasificación	Asociación de suelo (Inegi 2007)	Coincide con INEGI
M1	Santo Domingo Tonaltepec	Vista Hermosa, Lamabordo pasivo (Ichiyodo)	Cambisol	LPcamo+LPrz+RGcalen/3	No
M2	Santo Domingo Tonaltepec	Tonaltepec, Lamabordo Activo	Fluvisol antrópico	LPrz+LVcr+LPeu/3	No
M3	San Juan Teposcolula	Santa María Pozoltepec, Contacto litológico	Leptosol	PHlep+LPeu+LVlen/3	Si
M4	San Juan Teposcolula	Santa María Pozoltepec	Regosol	LPcamo+LPrz+RGcalen/3	Si
M5	Santo Domingo Tonaltepec	Vista Hermosa, Lamabordo pasivo (Ichiyodo)	Regosol	LPcamo+LPrz+RGcalen/3	Si
M6	San Juan Teposcolula	Santa María Pozoltepec	Luvisol	RGeulep+LPcamo+PHlep/1	No
M7	San Bartolo Soyaltepec	La Laguna, Terra rosa	Fluvisol	LPcamo+LPrz+RGcalen/3	No
M8	San Bartolo Soyaltepec	Gavillera, Tierra Amarilla	Regosol	RGeulep+LPcamo+PHlep/1	Si
M9	San Bartolo Soyaltepec	Río Verde	Leptosol	LPrz+LVcr+LPeu/3 y VRmzca+Fleu/3	Si
M10	Santa María Chachoapam	Arenal Río	Arenosol flúvico	VRmzca+Fleu/3 y RGeulep+LVcr/2	No
M11	Yucuita	Tierra agrícola	Fluvisol	VRmzca+Fleu/3	Si
M12	San Bartolo Soyaltepec	San Pedro Añañe	Regosol	VRmzca+Fleu/3 y Lvclren+LPeu+Cmclren/3	No
M13	San Andrés Sinaxtla	Loma Blanca	Umbrisol	LPcamo+LPrz+RGcalen/3	No
M14	Santiago Tillo	Vista Hermosa	Fluvisol Vértico	VRmzca+Fleu/3	Si
M15	San Pedro Topiltepec	Tiltepec	Phaeozem	Lvclren+LPeu+Cmclren/3	No
M16	Santo Domingo Yanhuitlán	Paleosuelo	Luvisol	VRmzca+Fleu/3	No
M17	San Pedro Topiltepec	La Mojonera	Arenosol	PHcalen+LPeu+LVclren/3	No
M18	Santo Domingo Tonaltepec	Río Blanco	Cambisol	LPcamo+LPrz+RGcalen/3	No

Fuente: Elaborado con datos de Estrada-Herrera, Palacio-Prieto, Cram-Heydrich, (2019) e INEGI (2007)

Después de contrastar estos datos se puede determinar que de los 18 monolitos extraídos siete si coinciden con los datos que indica INEGI (2007), otros nueve no coinciden con la asociación de suelos representada y en dos de ellos se encontraron problemas de ubicación con respecto a sus coordenadas.

Es importante que uno de los monolitos que no coinciden, no se encontró relación con el suelo dominante pero si con el clasificador. Este es el caso del M10 el cual es un monolito de Arenosol flúvico y aunque en la asociación de suelos de INEGI no hay arenosoles, si se encuentra sobre un fluvisol.

El monolito número uno, que se trata de un Cambisol, en el mapa se encuentra en donde INEGI marca una asociación de Leptosol calcárico mólico, Leptosol réndzico y Regosol calcárico endoléptico

3.3 Relaciones geoespaciales

A continuación se presentan los resultados del cruce de mapas de Vegetación Usos de Suelo y los de caracterización física del geoparque.

Relación Vegetación – Geología

Los porcentajes de relación obtenidos entre la vegetación y uso de suelo y la geología nos muestran algunas relaciones que terminan por ser muy evidentes, sin embargo, también marca la pauta para aquellas que no lo son tanto y que tal vez responden a otros factores como, los suelos, la altitud o las actividades humanas, por mencionar algunos (véase tabla 3.2).

La relación entre las unidades geológicas con el uso del suelo y vegetación muestra tendencias preferenciales. Por ejemplo, el bosque de encino se distribuye preferentemente en las formaciones Andesita Yucudac (28.55%) y Formación Teposcolula (29.01%), Rzedowski (2006) menciona que es común encontrar encinares tanto en rocas ígneas como sedimentarias y metamórficas, por lo tanto se puede deducir que la relación de los encinares con las formaciones mencionadas puede responder a que éstas prevalecen en zonas altas.

Rzedowski (2006) también indica que algunos Quercus, como el Q. rugosa y el Q. Obtusata, ambos presentes en la zona de estudio, se benefician de zonas altas y húmedas, tal vez más parecidas a aquellas que se pueden encontrar en el

poniente del geoparque, donde está la formación Teposcolula. Caso similar es el del bosque de pino-encino se encuentra predominantemente en Andesita Yucudac (46.49%) y Toba Llano de Lobos (37.41%). (Tabla 3.2).

Un caso de relación muy evidente entre unidades geológicas con ciertos tipos de uso de suelo y vegetación es el caso de las zonas desprovistas de vegetación que se identifican arriba del 90% sobre la formación Yanhuitlán, algo que es muy característico y evidente en el Geoparque y que puede estar relacionado con la dinámica de erosión que caracteriza a esa Formación. Puede observarse también que en el caso de la vegetación riparia que se encuentra en las zonas bajas del Geoparque, ésta se asocia por arriba de un 50% con el aluvión.

En el caso de la Formación Ixtaltepec (Pz), llama la atención que a pesar de ser una de las unidades geológicas más pequeñas del geoparque le sobreyacen tres tipos de uso de suelo y vegetación, los cuales son: Matorral, Reforestación y Uso agrícola debido principalmente a que se encuentra en una zona baja cercana al poblado de San Juan Yucuita.

Las zonas de reforestación se asocian principalmente con la Formación Yanhuitlán (40.95%), esto puede ser porque una de las especies elegidas para reforestar es el Ramón (*Cercocarpus* spp.) se ha identificado que tiene una relación exitosa con el caliche, roca que es común encontrar en la parte superior de la formación Yanhuitlán (Cruz-Ramírez, comunicación personal noviembre 2020).

Tabla 3.2. Relación territorial del Uso de Suelo y Vegetación con la Geología en el Geoparque Mixteca Alta. Datos en %. En color rojo se muestra las relaciones predominantes. X: cuando no hay relación

Uso de Suelo y Vegetación	Geología									
	Q	AY	Vt	Pz	Ks	Tat	Ki	Ya	HIP	TL
Bosque de Enebro	2.51	27.78	X	X	9.32	X	X	25.81	6.21	28.34
Bosque de Encino	0.09	28.58	4.71	X	29.01	0.0004	7.02	14.69	0.51	15.35
Bosque de Pino-Encino	0.009	46.49	X	X	X	X	X	16.07	X	37.41
Matorral	2.79	24.55	0.007	0.64	0.05	X	1.33	47.5	2.27	20.8
Pastizal	1.47	25.95	2.27	X	3.02	0.02	9.29	26.73	8.53	22.66
Reforestación	0.01	0.77	X	0.07	11.42	X	12.32	40.95	2.66	22.03
Sin Cubierta Vegetal (SCV)	1.94	2.22	X	X	X	X	X	92.77	X	3.05
Uso Agrícola	39.06	3.63	3.97	0.2	12.38	0.01	0.85	32.19	2.79	4.87
Vegetación Riparia	56.06	9.15	X	X	X	X	0.03	28.09	X	6.65

Nota: Q (Aluvión); AY (Andesita Yucudac); Vt (Depósitos Teotongo); Pz (Formación Ixtaltepec); Ks (Formación Teposcolula); Tat (Formación Tamazulapan); Ki (Formación San Isidro); Ya (Formación Yanhuitlán); HIP (Cuerpos hipabisales); TL (Toba Llano de lobos).

Relación vegetación y asociaciones de suelos

Al analizar estas relaciones se pueden obtener algunos datos contundentes sobre las características de los suelos a los que se puede asociar la vegetación (véase tabla 3.3).

Algunos tipos de vegetación se pueden encontrar en la mayoría de las asociaciones de suelos, como es el caso del bosque de encino que tiene presencia sobre todas las asociaciones de suelos a excepción de VRmzcc+FLeu/3, sin embargo si se encuentra en la asociación VRmzca+Fleu/3 lo cual indica que sí existe una relación con vertisoles y fluvisoles pero no cuando el vertisol es calcárico. Rzedowski (2006) no limita la distribución de los bosques de encino a algún tipo de suelo específico, sino a suelos que cuentan con ciertas características como buen drenaje y de abundante materia orgánica en la superficie.

Otros tipos de uso de suelo y vegetación se pueden relacionar con muy pocas asociaciones de suelos, tal es el caso del bosque de enebro y bosque de pino-encino, sin embargo se puede concluir que dado a relación que existe en la ubicación de estos dos tipos de bosque con el bosque de encino, este cambio puede atribuirse a las distintas dimensiones que presentan dentro de la zona de estudio, ya que los bosque de enebro y bosque de pino-encino existen en considerablemente menor dimensión que el bosque de encino en el geoparque.

Las zonas agrícolas son un uso de suelo también se encuentra sobre todas las asociaciones de suelo en mayor o menor medida, aunque predomina sobre la asociación de vertisoles mázicos calcáricos y fluvisoles éutricos (27.09%).

Uno de los más evidentes son las zonas sin cubierta vegetal, las cuales se relacionan en un 78.85% con la asociación LPcamo+LPrz+RGcalen/3, al tratarse de zonas de pendiente con características ersivas coincide con los Leptosoles que de acuerdo con WRB (2014) son suelos delgados que se vinculan con regiones montañosas y específicamente de pendiente pronunciada pendiente.

Por otro lado la relación de las zonas desprovistas de vegetación con regosols es aún más clara ya que para WRB (2014) estos se relacionan con zonas áridas donde prevalece la erosión, a pesar de que también existen en distitnos climas.

La vegetación riparia tiene una relación muy clara con vertisoles y fluvisoles (53.63%), este tipo de vegetación, al encontrarse en las zonas bajas de los valles pueden asociarse con las arcillas que se acumulan en esas mismas zonas por erosión y que forman los vertisoles , coincide que en WRB (2014) se describe el entorno donde predominan estos suelos como depresiones y zonas planas.

Aún más clara puede ser su relación con los fluvisoles, que se describen como presentes en depositos aluviales, zonas en las que claramente se puede encontrar vegetación riparia (WRB, 2014).

Tabla 3.3. Relación territorial del Uso de Suelo y Vegetación con las asociaciones de suelos en el Geoparque Mixteca Alta. Datos en %. En color rojo se muestra las relaciones predominantes. X: cuando no hay relación

Asociaciones de suelos																
Uso de Suelo y Vegetación	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
Bosque de Enebro	36.95	X	28.22	X	X	X	X	0.29	X	X	1.79	30.75	X	X	1.97	X
Bosque de Encino	16.81	1.12	0.89	7.1	0.04	6.37	2.42	25.8	0.93	24.48	9.73	3.34	0.17	0.38	0.27	X
Bosque de Pino-Encino	40.87	X	9.49	X	X	32.46	X	X	17.16	X	X	X	X	X	X	X
Matorral	48.97	5.34	9.17	0.16	X	3.28	X	0.05	19.41	5.78	1.93	1.39	X	0.05	4.38	0.04
Pastizal	15.03	8.48	24.63	8.95	X	1.21	X	2.39	4.89	19.27	10.06	0.36	0.1	3.46	0.61	0.4
Reforestación	33.89	11.04	3.7	4.66	X	X	X	3.82	0.99	8.18	6.94	20.35	X	1.33	4.82	0.24
Sin Cuiabierta Vegetal	78.85	X	X	X	X	0.15	X	X	13.72	2.22	X	X	X	X	5.03	X
Uso Agrícola	10.37	3.87	2.63	1.37	0.23	0.11	0.22	3.29	12.58	1.9	14.22	0.08	1.89	0.35	37.09	1.3
Vegetación Riparia	11.21	0.43	17.02	0.02	X	X	X	X	3.2	4.49	X	X	9.26	X	53.63	1.71

Nota: A1 (LPcamo+LPrz+RGcalen/3); A2 (LPrz+LPeuli/3); A3 (LPrz+LVcr+LPeu/3); A4 (LPrz+LVvrlen/3); A5 (LVcr/3); A6 (LVcrLen+LPeu+Cmcrlen/3); A7 (LVcrLen+RGeulen+LPeu/2); A8 (LVvrlen+LVhulep+PHcalen/3); A9 (PHcalen+LPeu+LVcrLen/3); A10 (PHlep+LPeu+LVlen/3); A11 (RGeulep+LPcamo+PHlep/1); A12 (RGeulep+LVcr/2); A13 (VRcr+Fleu/3); A14 (VRcr/3); A15 (VRmzca+Fleu/3); A16 (VRmzcc+FLeu/3).

Relación Vegetación – Geomorfología.

En la tabla 3.4 se puede observar que en los paisaje I y IV se encuentra la mayor abundancia de los tipos de Uso de Suelo y vegetación, a excepción de la vegetación riparia, la cual se encuentra predominantemente en los valles erosivos Paisaje X.

En este sentido, se hace evidente la respuesta de la vegetación a ciertos rasgos de la superficie, como puede ser la forma en la que la vegetación riparia es predominante en los valles erosivos (48.77%), es decir las depresiones estrechas formadas por procesos erosivos (Lugo, 2011), en donde se encuentran los cauces de agua permanentes o intermitentes, (Orozco *et al.*, 2020). Sin embargo este tipo de vegetación también se puede encontrar en planicie aluvial denudativa (8.52%), piedemonte (19.5%), laderas de montañas y cimas denudativas en rocas ígneas intrusivas o extrusivas (18.64%) y en cuevas y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, lomeríos y campos de cárcavas (4.57%).

En cuanto a las zonas del geoparque que se encuentran sin cubierta vegetal, se encuentran presentes en mayor cantidad sobre cuevas y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, lomeríos y campos de cárcavas en rocas ígneas piroclásticas (89.97%), aunque se esperaría que sea mayor el porcentaje que se encuentra sobre laderas de montañas y cimas denudativas-erosivas en rocas sedimentarias, donde se encuentra es abundante la formación Yanhuitlán. Esto puede estar relacionado con la diferente escala de detalle que tiene la cartografía de paisajes geomorfológicos, la de uso de suelo y vegetación y la de geología en esta región.

En su mayoría, las zonas de bosque de pino encino, bosque de enebro y bosque de encino coinciden en que se encuentran predominantemente sobre las mismas unidades geomorfológicas. Sobre cuevas y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, lomeríos y campos de cárcavas en rocas ígneas piroclásticas (bosque de enebro 33.94% y bosque de pino encino 24.1%) y sobre laderas de montañas y cimas erosivas en rocas ígneas (bosque de enebro 33.94%, bosque de encino 45.12% y bosque de pino-encino 73.91%).

Cabe señalar que el bosque de encino, también se puede encontrar en gran extensión sobre laderas de montañas y cimas denudativas-erosivas en rocas sedimentarias (36.17%) y es el único tipo de vegetación que se encuentra en mayor cantidad sobre esta unidad.

Tabla 3.4 Relación territorial del Uso de Suelo y Vegetación con los Paisajes Geomorfológicos en el Geoparque Mixteca Alta. Datos en %.

Vegetación	Paisajes Geomorfológicos									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Bosque de Enebro	33.94	6.18	X	55.03	1.55	X	X	0.46	0.04	2.79
Bosque de Encino	12.88	0.59	0.02	45.12	36.17	4.3	X	0.01	0.02	0.89
Bosque de Pino-Encino	24.1	X	X	73.91	X	X	X	0.03	X	1.95
Matorral	47.87	6.18	0.06	40.59	1.24	X	X	2.05	0.06	1.96
Pastizal	9.78	10.51	1.06	62.9	10.88	2.07	X	0.56	0.19	2.05
Reforestación	34.38	2.57	X	46.24	15.12	0.23	X	0.42	0.04	1
Sin cubierta vegetal	89.97	0.09	X	2.06	X	X	X	5.83	X	2.05
Uso agrícola	26.12	2.99	0.29	12.87	9.12	2.73	0.35	24.47	12.66	8.38
Vegetación riparia	4.57	X	X	18.64	X	X	X	19.5	8.52	48.77

Nota: I (Cuestas y laderas medias y bajas de elevaciones erosivas, lomeríos y campos de cárcavas en rocas ígneas piroclásticas); II (Laderas de montañas y cimas denudativas en rocas ígneas intrusivas o extrusivas); III (Depresiones de origen kárstico); IV (Laderas de montañas y cimas erosivas en rocas ígneas); V (Laderas de montañas y cimas denudativas-erosivas en rocas sedimentarias); VI (Laderas de montañas y cimas erosivas en rocas sedimentarias); VII (Lomas aisladas denudativas); VIII Piedemonte; IX (Planicie aluvial denudativa); X Valles erosivos.

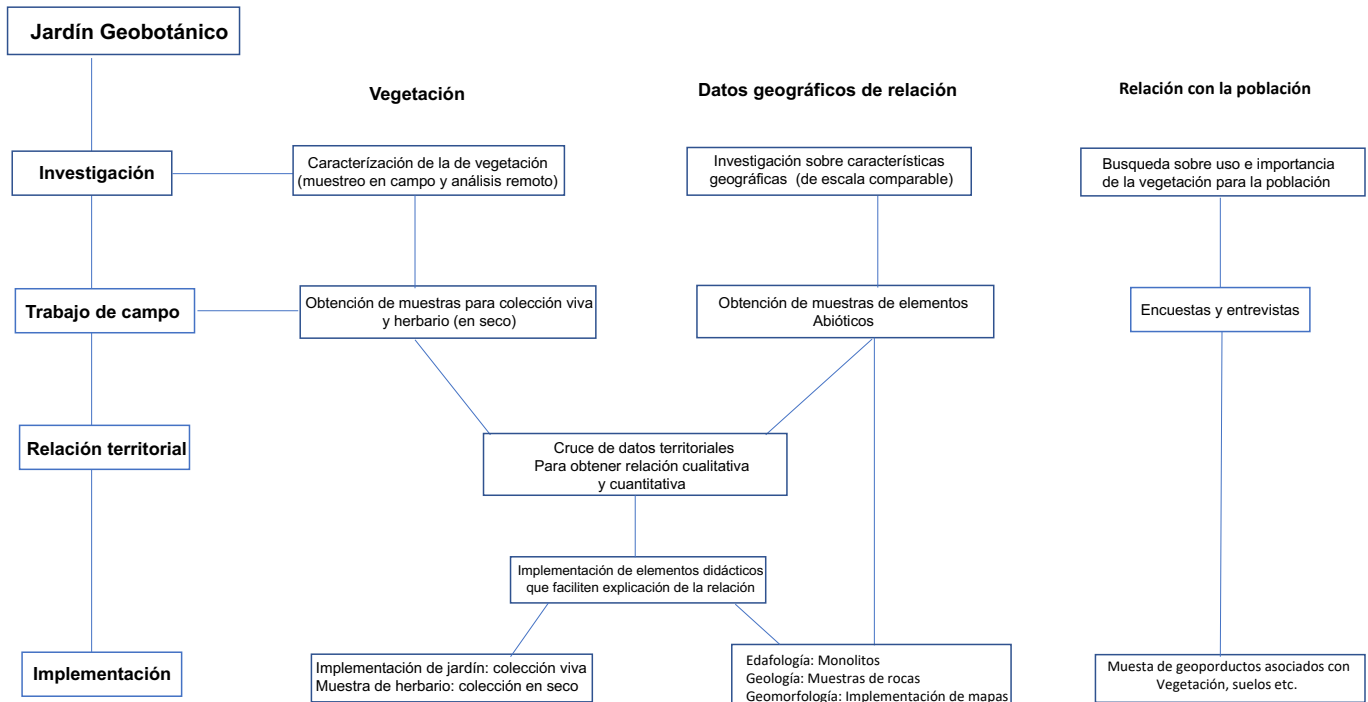
3.4 Implementación del jardín geobotánico

Para este trabajo se propone la siguiente definición de jardín geobotánico: Un jardín geobotánico es una colección viva de plantas, asociada de forma científica y didáctica con los elementos geográficos que modifican su distribución, crecimiento y condiciones generales, así como con la población local a través del uso e importancia que a estos se les ha otorgado, tanto a través de la historia como en la actualidad.

Esta definición busca adecuar el prefijo geo como alusivo a geografía en donde se toman en cuenta elementos como el clima, el suelo, las geoformas y la geología. Por otra parte, como parte esencial del estudio geográfico, también se incorpora a la sociedad, la cual le otorga un valor cultural y científico.

Para la implementación del jardín geobotánico se propone una metodología básica (véase figura 3.1) que considera por un lado, la exposición de la vegetación que se puede encontrar en el geoparque y su relación con los elementos abióticos del sitio, y por otro con los usos e importancia cultural que la población local le otorga. El jardín geobotánico se dividirá en dos distintas exposiciones principales, la primera de ellas consta de la colección viva de especies.

Figura 3.1. Propuesta de metodología para la elaboración de un jardín geobotánico



Fuente: Elaboración propia

Exposición geobotánica, colección viva

La colección viva es presentada en la parte exterior del Parador de Santo Domingo Yanhuítlan. Se mostrará a la vegetación elegida por sus características y por la importancia que tiene para la población local. Para cada especie se elabora una ficha técnica con información propia de la especie y su relación con los factores abióticos y usos tradicionales en el geoparque expuesta a un lado de cada ejemplar.

Además de la fichas técnicas, se propone para la visita de la exposición viva, un recorrido que vaya mostrando la vegetación asociada a los diferentes tipos de suelo.

Exposición geobotánica, colección del herbario

En esta exposición se expondrá la colección de herbario del jardín geobotánico en uno de los salones interiores del Centro de Interpretación. La

exposición de herbario se hará en paneles donde también se presentará la información sobre cada especie y las características de su entorno. Es importante resaltar que aquí se expondrá también una imagen en tamaño real de los monolitos obtenidos representativos de los diferentes tipos de suelo.

La propuesta de la exposición del herbario se inspiró en la exposición del Museo de Historia Natural de Nueva York en donde se exhibe la vegetación a través de herbarios que muestran también algunos elementos de la zona donde se encuentra ese tipo de vegetación, como rocas o imágenes del paisaje. En este caso la exposición de las imágenes de los monolitos y la integración de la información sobre el uso tradicional de cada especie es fundamental para esta exposición.

Monolitos edafológicos

Como ya se mencionó en el apartado anterior, dentro de la exposición del herbario, se presentará una fotografía en tamaño real y su esquema explicado de los monolitos de cada tipo de suelo.

Así, se propone utilizar estos monolitos como una herramienta didáctica que mejore, en primera instancia, la comprensión de los visitantes sobre la importancia de los suelos y su conservación para comprender su papel como base de la biodiversidad. Esto se convierte entonces en una parte fundamental de este proyecto y su búsqueda por facilitar la enseñanza de las relaciones biodiversidad-geodiversidad.

En este, sentido, en México y en América Latina, la obtención de monolitos de suelo es de gran importancia para conocer a una escala más específica la información edafológica del país y saber más sobre los problemas de degradación del mismo, por lo tanto es una labor no solo de divulgación sino también de conservación de la base abiótica y por ende, de la biodiversidad que se encuentra sobre ella (Más-Martínez *et al.*, 2010).

3.5 Conocimiento local y tradicional de la diversidad biótica y abiótica.

De acuerdo con Toledo y Barrera-Bassols (2008), el conocimiento de los productores locales sobre el entorno tiene un valor que surge de la forma en que perciben el entorno, esto incluye el paisaje en general y sus recursos, este conocimiento está estrechamente relacionado con los medios de subsistencia.

Existen distintas formas en las que la población ha plasmado su conocimiento sobre el entorno en la región Mixteca Alta. Como ya se sabe, esta región tiene una gran diversidad geológica y geomorfológica, así como biológica y climática. Así, el conocimiento de la población adquirido por generaciones sobre su entorno ha permitido el aprovechamiento de los recursos tanto bióticos como abióticos para otorgarle diversos usos y desarrollar distintos productos (Centeno-García, 2004)

Como resultado de esta relación con el entorno se han generado varios productos locales conocidos como geoproductos y que forman parte del geopatrimonio de la región, los cuales serán expuestos en el jardín geobotánico y el centro de interpretación explicando la importancia de los elementos naturales y de su relación con las personas que han habitado este lugar a través de los años.

Así, los objetos que resultan de la transformación de los recursos florísticos son un ejemplo del vínculo que existe entre la población y la naturaleza y su preservación es de gran ayuda para conocer mejor las raíces de la población, así como algunos de los usos y costumbres locales.

En este sentido, Alhf (2016) en el catálogo de “Plantas medicinales del Geoparque Mixteca Alta, Oaxaca”, enlista algunas de las especies de vegetación que tienen un valor cultural y uso tradicional, principalmente medicinal para los habitantes del Geoparque Mixteca Alta. Este catálogo funcionará como una guía de aquellas especies que serán expuestas en el jardín geobotánico ya que se realizó con apoyo de la población local. El catálogo cuenta con 72 especies vegetales herbáceas, arbustivas y arbóreas.

Además de las especies se incluirán aquellas que la población considere que tienen usos gastronómicos, ornamentales o ceremoniales, así como otras cuya exposición sea importante por tener categoría de preservación o si se considera que provee servicios ecosistémicos importantes para las poblaciones locales. También se utilizará la información obtenida de los recorridos de campo, compilada en un catálogo de vegetación del Geoparque Mixteca Alta.

Un ejemplo concreto de geo-productos en el geoparque, que se puede exponer en el jardín geobotánico como resultado del conocimiento tradicional y del geopatrimonio puede ser la alfarería, la cual necesita de suelos específicos para crear las figuras de barro y de distintas especies de vegetación para el tinte que lleva en la superficie (véase figura 3.2).

Estas piezas deben hornearse en hornos de piedra o tabique que comúnmente se alínean de forma perpendicular al viento para controlar la el fuego y una vez horneadas pero aún calientes, son bañadas de un tinte específico de origen vegetal (Pérez, 2020).

Se trata de corteza de Encino (*Quercus rugosa* y *Quercus castanea*) para obtener un tinte y Nopal negro (*Opuntia streptacantha*) (Cruz-Ramírez, 2021 comunicación personal; Pérez, 2020). De este tipo de alfarería predomina la elaboración de ollas, cántaros, jarros, cazuelas y cajetes (Pérez, 2020).

Figura 3.2. Alfarería elaborada en el municipio de Santo Domingo Tonaltepec, Geoparque Mixteca Alta.



Fuente: Fotografía propia

3.6 Selección de especies para exhibición

Como uno de los principales resultados se muestra la propuesta de especies que serán exhibidas en el jardín geobotánico. En la tabla 3.5 se puede ver la lista de especies seleccionadas, su nombre común y su nombre científico, su uso y si serán recolectadas en campo o si se obtendrán por reproducción sexual.

Tabla 3.5 Propuesta de selección de especies para el jardín geobotánico. Elaborada con datos de Orozco et al. 2020 (Inédito) Y Cruz-Ramírez (comunicación personal Noviembre 2020)

Especie	Nombre común	Usos	Reproducción o Extracción
<i>Arbutus Xalapensis</i>	Madroño	Forraje	Extracción en campo
<i>Arctostaphylos pungens subsp. Pungens</i>	Pinguica, Manzanita	Medicinal	Extracción en campo
<i>Asclepias linaria</i>	Barba de viejo	Medicinal	Extracción en campo
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	Ramon chinito	Forraje	Reproducción sexual
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	Ramon rojo	Artesanal	Reproducción sexual
<i>Clinopodium mexicanum</i>	Poleo, ita-nduku, borrachito	Medicinal	Extracción en campo
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	Modroño, tini-laki	Leña	Extracción en campo
<i>Commelina Coelestis</i>	Carricillo flor azul	Forraje	Reproducción sexual
<i>Coryphantha retusa</i>	Biznaga de tepachito	Ornamental	Reproducción sexual
<i>Equisetum hyemale</i>	Cola de caballo	Medicinal	Extracción en campo
<i>Glandularia elegans</i>	Rastrera de flor morada	Forraje	Reproducción sexual
<i>Juniperus flaccida var. flaccida</i>	Enebro	Construcción	Reproducción sexual
<i>Ferocactus latispinus</i>	Biznaga de picantito	Ornamental	Reproducción sexual y extracción en campo
<i>Heterotheca inuloides var. Inuloides</i>	Árnica	Medicinal	Reproducción sexual
<i>Lamourouxia dasyantha</i>	Flor de muerto en racimo morado	Ornamental	Extracción en campo
<i>Laurus sp.</i>	Laurel	Medicinal	Extracción en campo
<i>Leucaena esculenta</i>	Guaje	Forraje	Extracción en campo
<i>Mammillaria mystax</i>	Biznaga de picante, Biznaga de la Mixteca	Ornamental	Reproducción sexual
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal negro	Comestible	Extracción en campo
<i>Mentzelia hispida</i>	Arbusto de hoja pegajosa	Forraje	Extracción en campo
<i>Physalis Philadelphinca</i>	Tomatillo silvestre	Forraje	Reproducción sexual
<i>Pinus pseudostrobus var. apulcensis</i>	Pino ocote	Construcción	Reproducción sexual
<i>Polypodium madrense</i>	Helecho chinito	Medicinal	Extracción en campo
<i>Pseudognaphalium oxyphyllum</i>	Gordolobo	Medicinal	Extracción en campo

<i>Pseudognaphalium purpurascens</i>	Gordolobo de flor rosa pastel	Ornamental	Extracción en campo
<i>Quercus aff. Obtusata</i>	Encino de hojas amarillas	Leña	Reproducción sexual
<i>Quercus Castanea</i>	Encino rojo	Artesanal	Reproducción sexual
<i>Quercus Crassifolia</i>	Encino de cucharal negro	Artesanal	Reproducción sexual
<i>Quercus grahamii</i>	Encino de chivo	Leña	Reproducción sexual
<i>Quercus rugosa</i>	Encino de cucharal verde, encino negro, encino negro de hoja chica	Artesanal	Reproducción sexual
<i>Rhus virens</i>	Palo de hoja resbalosa	Leña	Extracción en campo
<i>Salvia purpurea</i>	Racimo de flor morada	Ornamental	Extracción en campo
<i>Stenocactus crispatus</i>	Biznaga de flor moradita	Ornamental	Reproducción sexual
<i>Tecoma stans</i>	Tronadora	Ornamental	Reproducción sexual

Como parte de la metodología de este trabajo, se muestra en la tabla 3.6 la relación específica de cada una de las especies seleccionadas con los elementos abióticos: geología, suelos y geomorfología. De esta forma se podrá implementar correctamente tanto en la colección viva como en el herbario acompañada de los elementos didácticos correspondientes para cada relación.

Tabla 3.6. Relación específica de la propuesta de selección de especies para el jardín geobotánico con los principales elementos abióticos a los que se asocia.

Especie	Tipo de vegetación y uso de suelo	Geología	Suelo	Geomorfología
<i>Juniperus flaccida</i> var. <i>flaccida</i>	Bosque de Enebro	TL y AY	A1 y A12	IV y I
<i>Commelina Coelestis</i>	Bosque de encino	Ks y AY	A8 y A10	IV y V
<i>Quercus aff. Obtusata</i>	Bosque de Encino	AY y TL	A8 y A10	IV y V
<i>Quercus Castanea</i>	Bosque de Encino	AY y TL	A8 y A10	IV y V
<i>Quercus Crassifolia</i>	Bosque de Encino	AY y TL	A8 y A10	IV y V
<i>Polypodium madrense</i>	Bosque de Encino	KS y AY	A8 y A10	IV y V
<i>Polypodium madrense</i>	Bosque de Encino	KS y AY	A8 y A10	IV y V
<i>Arbutus Xalapensis</i>	Bosque de Pino-Encino	AY y TL	A1 y A6	IV
<i>Arctostaphylos pungens</i> subsp. <i>Pungens</i>	Bosque de pino-encino y Matorral	AY, TL y Ya	A1, A6 y A9	IV y I
<i>Asclepias linaria</i>	Bosque de Pino-Encino	AY y TL	A1 y A6	IV
<i>Pinus pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	Bosque de Pino-Encino	AY y TL	A1 y A6	IV
<i>Laurus sp.</i>	Bosque de Pino-Encino	AY	A1 y A6	IV
<i>Quercus grahamii</i>	Bosque de Encino, Enebro y Pino-Encino	AY, TL, KS	A1, A6, A8 y A10	IV, V y I
<i>Rhus virens</i>	Pino-Encino, Enebro y Matorral	AY, TL y YA	A1, A6, A12 y A9	I y IV
<i>Clinopodium mexicanum</i>	Matorral y Bosque de Pino-Encino	Ya y AY	A1, A6 y A9	IV y I
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	Matorral	Ya	A1 y A9	I y IV
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	Matorral	Ya	A1 y A9	I y IV
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	Matorral	Ya	A1 y A9	I y IV
<i>Equisetum hyemale</i>	Vegetación Riparia	Q	A15	X
<i>Physalis Philadelphinca</i>	Vegetación Riparia y Agrícola	Q	A11 y A15	X, I y VIII
<i>Lamourouxia dasyantha</i>	Pastizal, Matorral y Bosque de Pino-Encino	Ya y AY	A1, A3, A6, A9 y A10	IV y I
<i>Ferocactus latispinus</i>	Pastizal	Ya y AY	A3 y A10	IV
<i>Pseudognaphalium purpurascens</i>	Pastizal	Ya	A3 y A10	IV
<i>Coryphantha retusa</i>	Pastizal	Ya	A3 y A10	IV
<i>Leucaena leucocephala</i>	Pastizal	Ya	A3 y A10	IV

<i>Glandularia elegans</i>	Pastizal y Agrícola	Ya, AY y Q	A3, A10, A11 y A15	IV, I y VIII
<i>Opuntia streptacantha</i>	Pastizal y Agrícola	Ya, AY y Q	A3, A10, A11 y A15	IV, I y VIII
<i>Pseudognaphalium oxyphyllum</i>	Pastizal y Zonas de Reforestación	Ya	A1, A3, A10 y A12	IV y I
<i>Salvia purpurea</i>	Pastizal, Matorral y Pino-Encino	Ya, AY y TL	A1, A3, A6, A9 y A10	IV, I
<i>Stenocactus crispatus</i>	Pastizal y Matorral	Ya	A1, A3, A9 y A10	I y IV
<i>Mentzelia hispida</i>	Sin cubierta vegetal	Ya	A1	I
<i>Tecoma stans</i>	Sin Cubierta Vegetal y Matorral	Ya	A1	I y IV

Elaborada con datos de Orozco et al. 2020 Y Cruz-Ramírez (comunicación personal Noviembre 2020)

Ubicación y modelo del jardín geobotánico

Ubicación

La ubicación del jardín geobotánico fue propuesta por el comité científico del geoparque a la población local. El sitio propuesto es el parador de Santo Domingo Yanhuitlán (figura 3.2), el cual ha sido utilizado desde la creación del geoparque como centro de interpretación.

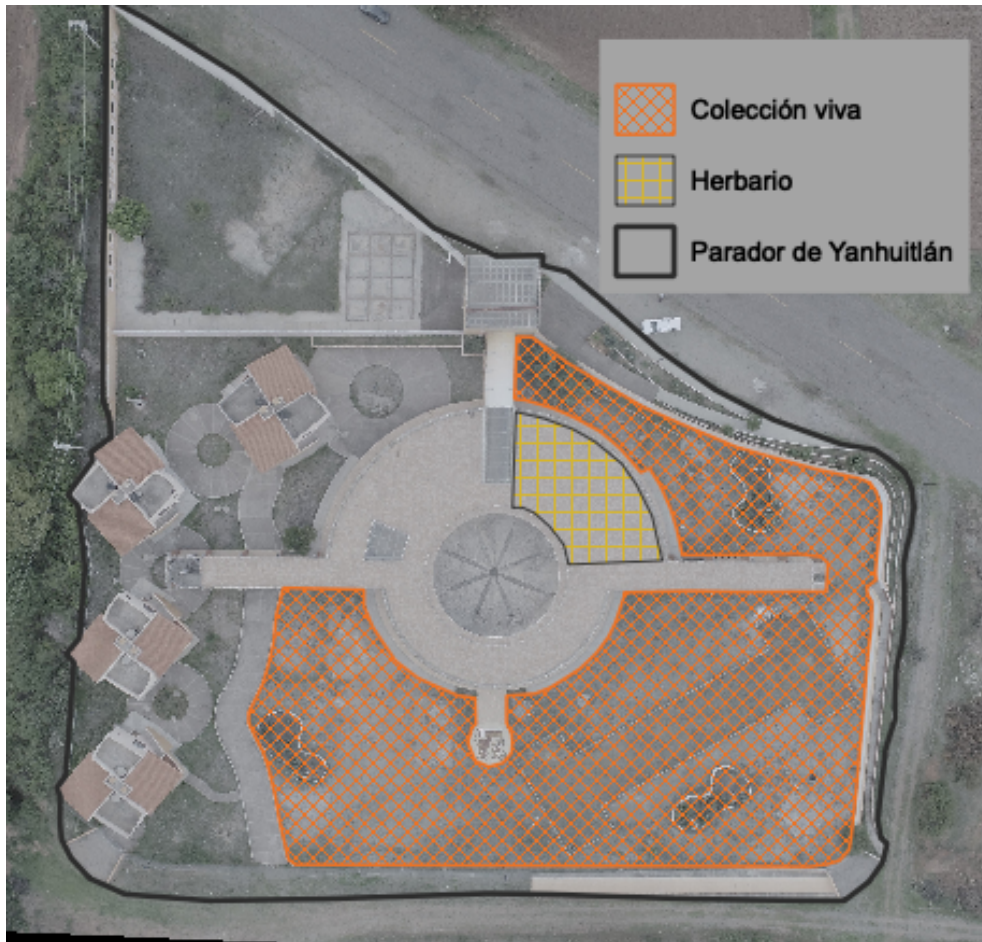
Figura 3.3. Localización del parador con respecto al Exconvento de Santo DomingoYanhuitlán



Fuente: Tomada por Ricardo Garnica

El actual centro de interpretación fue elegido por sus cualidades de ubicación estratégica y por el potencial de sus espacios interiores y exteriores, por contar con dos salones (figura 3.3) que se pueden adaptar a la exposición del herbario y los monolitos de suelo, así como por contar con buena infraestructura general para recibir visitantes.

Figura 3.4. Ubicación de la colección viva y salón del herbario en el parador de Santo Domingo Yanhuatlán



Fuente: Elaboración propia con fotografía de Ricardo Garnica.

Modelo del Jardín Geobotánico

Con las fotografías obtenidas se simularon los espacios y se modeló en ellos tanto la implementación del jardín en la parte exterior, como los paneles del herbario en la parte interior del edificio.

Implementación

Páneles informativos: Se utilizan mamparas o paneles informativos para presentar la colección del herbario y de los monolitos de suelo. Estos paneles muestran en el herbario el ejemplar en seco de la especie montada sobre una

fotografía del paisaje en el que se encontró para facilitar su asociación con su ambiente natural.

A un lado de la muestra en seco se encuentra una breve explicación de la especie, su ubicación, los elementos bióticos y abióticos con los que se relaciona y mapas de su distribución, posteriormente se coloca a un lado una imagen o fotografía en tamaño real del monolito de suelo con el que dicha especie se encuentra relacionada en campo (véase figura 3.4).

Figura 3.5. Propuesta de paneles para exposición de herbario

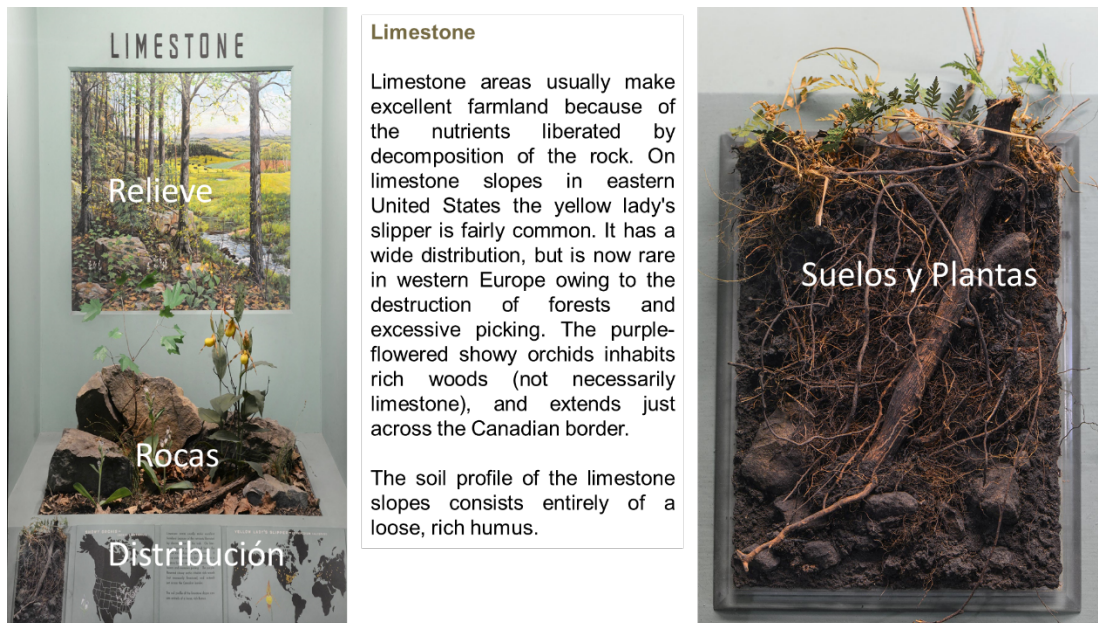


Esta idea surge de una implementación encontrada en el Museo de Historia Natural de la ciudad de Nueva York. Esta implementación se adapta a la finalidad del Jardín Geobotánico de relacionar los aspectos abióticos y culturales con la vegetación (véanse figuras 3.5 y 3.6).

Figura 3.6. Ejemplo de implementación en el Museo de Historia Natural de Nueva York



Figura 3.7. Ejemplo de implementación en el Museo de Historia Natural de Nueva York



Colección viva

Se proyecta un recorrido que siga una secuencia asociada a la transición de tipos de vegetación y uso de suelo del geoparque, esto facilitará su comprensión cuando se visiten los geosenderos y se observen las mismas especies. En este recorrido se utilizan también muestras de rocas con las que se asocia cada tipo de vegetación y fichas con información sobre ella (figura 3.7).

Figura 3.8. Propuesta de implementación del jardín geobotánico (vista exterior)



Herramientas didácticas

Se proponen distintas herramientas que funcionen para mejorar la calidad didáctica del jardín geobotánico, para facilitar la comprensión de los visitantes y lograr relacionar los elementos de la exposición *ex situ* con aquellos que verán *in situ* al recorrer los geosenderos del geoparque antes o después de visitar el jardín. Es importante la correcta implementación de herramientas didácticas que faciliten la comprensión de las relaciones geográficas que se dan entre todos los aspectos naturales que estarán en exposición y la relación que ellos han tenido con la población a través de la historia y en la actualidad.

Dentro de estas herramientas didácticas se encuentran fichas técnicas, posters, los geosenderos que son espacios previamente implementados y que se pueden complementar con la exposición que se hará en el Jardín Geobotánico.

Fichas técnicas

Las fichas técnicas propuestas en este trabajo contienen dentro de su información características físicas de la especie, características de su distribución, incluyendo los suelos que favorecen su crecimiento, la altitud a la que se presentan, los climas en los que se pueden encontrar y si tienen un uso o importancia para la población local, por mencionar algunos ejemplos.

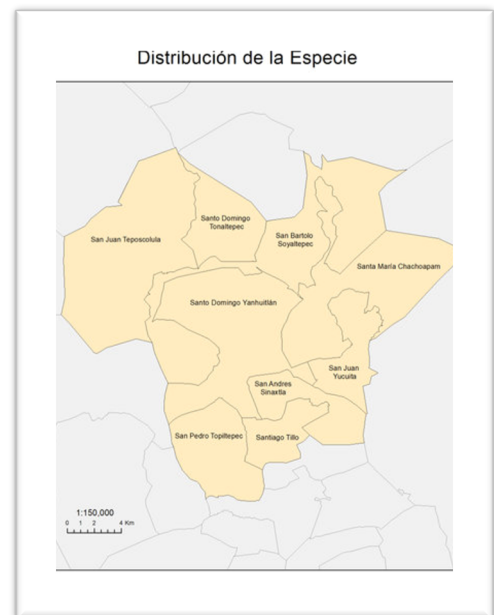
Estas fichas técnicas deben cumplir la función del jardín geobotánico que es agrupar y explicar las relaciones naturales que existen en la región y que dan origen a la vegetación que ahí se encuentra, por lo tanto la información que contienen deriva de la relación de la vegetación con sus aspectos geográficos más importantes (véase figura 3.8).

Figura 3.9. Propuesta de ficha técnica para colección viva y herbario

FICHA TÉCNICA

- **Nombre común:**
- **Nombre científico:**
- **Familia:**
- **Características físicas**
 - Altura:
 - Hojas:
 - Flores:
 - Frutos:
- **CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DONDE SE DESARROLLA**
 - Clima
 - Temperatura promedio
 - Precipitación promedio
 - Altitud media:
 - Tipo de suelo:
 - Textura:
 - Profundidad:
 - Drenaje:
 - Pendiente del terreno
 - Geoforma:
 - Litología asociada:
- **Distribución en México:**
- **Distribución dentro del geoparque**
- **Asociación vegetal:**
 - Especie endémica:
 - Categoría de conservación:
- **USOS Y GEOPRODUCTOS**
 - Reforestación:
 - Usos:
 - Geoproductos:
- **IMPORTANCIA CULTURAL:**

Fotografía de la especie



: _____

Fuente: Elaborado con datos obtenidos en visitas a jardines botánicos

CONCLUSIONES

En relación a las preguntas de investigación se puede concluir que, a pesar de que todos los elementos bióticos y abióticos son importantes para el crecimiento y distribución de la vegetación, para conocer la relación real que existe entre ellos, estos deben partir de fuentes de escala comparable para que los datos sean representativos. Por ejemplo, al hacer un cruce de uso de suelo y vegetación con clima se encontró que los datos no eran representativos por la diferencia de escala y se limitó a tomar la información climática a la que responden los distintos tipos de vegetación a través de consulta bibliográfica.

Era una parte fundamental de este trabajo encontrar las herramientas didácticas de un jardín botánico que se pueden implementar en un jardín geobotánico, en ese sentido se concluye que las fichas técnicas y paneles informativos son de gran utilidad, sin embargo es importante incluir los elementos pertinentes sobre variables abióticas y culturales con las que se asocia la vegetación, además demostrarlo en el orden adecuado para facilitar su comprensión.

Es importante destacar que no solo se pueden rescatar herramientas didácticas de los jardines botánicos, sino también aquellos que se utilizan comúnmente en los geoparques. Un ejemplo de esto pueden ser los geosenderos, los cuales se pueden relacionar con lo visto en el jardín geobotánico y mejoran la imagen del elemento en su entorno natural, otros pueden ser miradores y de forma más general los centros de interpretación, donde se puede exponer gran variedad de elementos que caracterizan a la región, no solo en relación con la vegetación.

Es justamente a través de las herramientas didácticas que se puede dar a conocer información sobre los geoproductos, aquellos elementos del conocimiento tradicional del territorio que forman parte del patrimonio intangible de la región y que son el la muestra física de la relación de la población local con el medio en distintos niveles y a través de los años. Estos pueden incorporarse a través de

descripciones en las fichas técnicas de fotografías en los paneles y, en la medida de lo posible exponer algunas muestras.

Llevar a cabo trabajo de gabinete es de gran importancia para conocer lo que existe sobre el tema, sin embargo el trabajo de campo realizado por expertos de distintas áreas es vital para la comprobación de esos datos, además de que, al tratarse de un proyecto geográfico, el jardín geobotánico debe contar con una visión multidisciplinaria e integradora.

Como una conclusión mas general, a pesar de que en México existe una deficiencia en el estudio de la flora y su distribución (Rzedowski, 2006), el estudio de los elementos geográficos en general con los que se asocia puede representar un paso importante.

Estas relaciones nos ayudan a entender un poco más sobre los factores a los que responde y la importancia de su conservación. Sin embargo, se trata de relaciones complejas y es necesario encontrar vías de comunicación que faciliten la difusión de su importancia.

Los jardines botánicos, por su enfoque de conservación y difusión del conocimiento, son una forma de dar a conocer la importancia de la vegetación, no obstante muchos de ellos han carecido de una explicación que logre asociar dicha vegetación con su entorno físico y social.

La presente propuesta de jardín geobotánico, una vez implementado representará una herramienta didáctica que facilitará la comprensión de los visitantes sobre la importancia de la vegetación, su uso y conservación y su relación con los elementos abióticos del entorno.

En sintonía con la finalidad de los geoparques y específicamente del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, este proyecto propondrá un nuevo atractivo para el geoturismo, enfocado en visitantes interesados en el conocimiento tanto tradicional como científico que un proyecto de este orden puede proporcionar.

Al ser un proyecto un tanto distinto a los jardines botánicos existentes, supone retos de desarrollo e implementación pero también oportunidades para proponer herramientas que muestren el vínculo de la sociedad con la naturaleza.

Tratándose de un proyecto que se adecúa en cuanto a metodología e implementación a los fines de los geoparques, es un esfuerzo replicable en otros geoparques, tomando en cuenta las distintas características naturales que se pueden encontrar.

A diferencia de los jardines botánicos tradicionales, el foco del jardín geobotánico se ajusta a los objetivos de los geoparques y contribuye a la difusión del conocimiento tradicional indígena para que la biodiversidad y la geodiversidad se mezclen con la cultura local, ofreciendo ejemplos que permiten a los visitantes reconocer cómo interactúa la naturaleza y la sociedad.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, S.G. (2004) Suelos. En García-Mendoza, A., Ordóñez, M. y Briones-Salas, M. (eds.) *Biodiversidad de Oaxaca*, Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Found: México, pp. 55-65
- Alhf, A. (2016). *Plantas Medicinales del Geoparque Mixteca Alta*, Oaxaca. Inédito
- Alvarado, A. (2008) Migración y Pobreza en Oaxaca. *El cotidiano*. (148) 85-94.
- Balkansky, A., Nava, F. y Palomares, M. (2009). Los orígenes de la civilización Mixteca. *Arqueología Iberoamericana*, 1(2), 25-33.
- Benado, J., Hervé, F., Schilling, M., y Brilha, J. (2018). Geoconservation in Chile: State of the Art and Analysis. *Geoheritage*. doi:10.1007/s12371-018-0330-z e Vol. 166, No. 3905 pp. 557-569.
- Botanic Gardens Conservation International (S/A) Jardín Etnobotánico de Oaxaca. Recuperado de: <https://tools.bgci.org/garden.php?id=3161>
- Brilha, J. (2015). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review: *Geoheritage*, DOI 10.1007/s12371-014-0139-3
- Carcavilla, L., Durán, J.J., y López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10, 1299-1303. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria.
- Centeno-García, E. (2004) Configuración Geológica del Estado. en García-Mendoza, A., Ordóñez, M. y Briones-Salas, M. (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Found: México, pp 29-42.
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olgín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J.M., Miranda-Viquez, E. y Pineda-Velázquez, A. (1990).

Provincias Fisiográficas de México. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. *Atlas Nacional de México*. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO, 2008, *Principales Tipos de Vegetación*. Recuperado de conabio.gob.mx/conocimiento/cambios_veg/doctos/tipos_valle.html

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO, (2018), *Jardines Botánicos: contribución a la conservación vegetal de México*. Recuperado de: <https://dqcii.conabio.gob.mx/jardines-botnicos/>

Comisión Nacional del agua, CONAGUA, S/A, *Información Estadística Climatológica*. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

Consejo Nacional de Población, CONAPO, (2010). *Índice de Marginación por Entidad Federativa y Municipio 2015*. Recuperado de: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio.

Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sostenible (2008), *Plan Municipal de Desarrollo Rural Sustentable*, Santo Domingo Yanhuitlán, Nochixtlán, Oaxaca.

Estrada-Herrera, I del R., Palacio-Prieto, JL., Cram-Heidrich, S. (2019). *44 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*, Sociedad Mexicana de las Ciencias del Suelo. Aguascalientes, Aguascalientes. 28 de octubre al 1 de noviembre.

Ferrusquía-Villafranca, Ismael. (1976). Estudios Geológico-Paleontológicos en la Región Mixteca, Pt. 1: Geología del Área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca, México: *Boletín del Instituto de Geología*, Universidad Nacional Autónoma de México, v.97, 106 p.

- García, E. (1998). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1998). "Climas" (clasificación de koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México
- Herrera, T. y Ortega, M. (1998). *Breve historia de la botánica en México*: Fondo de Cultura Económica. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, 2007, *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico*. Escala 1:250,000 Serie II Continuo Nacional Oaxaca.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ,INEGI, Instituto Nacional de Ecología, INE y Comisión Nacional de Agua ,CONAGUA, 2007, Mapa de Cuencas Hidrográficas de México, 2007. Escala 1:250000, elaborada por Priego A.G., Isunza, E., Luna, N. y Pérez, J.L. México, D.F.
- IUSS Working Group WRB (2015). Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema Internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.
- Lascurain, M. y Aguilera, A. (2016). Redes Mundiales de Jardines Botánicos, en Lascurain, M., Gómez, O., Sánchez, O. y Hernández, C (eds.) *Jardines Botánicos conceptos, operación y manejo*: Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A.C. México.
- Linares, E., Mazari, M., Balcázar, T. Bolaños, R., y Bye, R. (2006). Componentes esenciales en la planeación de un jardín botánico. *Jardines Botánicos: Conceptos, Operación y Manejo*, 35-53.

- López, N. (2016). *Transformación Antrópica del Paisaje por Prácticas Agrícolas en Yanhuitlán, Oaxaca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Lugo, J. (2011). *Diccionario Geomorfológico*. Instituto de Geografía: México.
- Más-Martínez, R., Fernandez-Denis, I., Villegas, R. y Bautista-Zúñiga, F. (2010). *Monolitos de Suelo para Colecciones Científicas. Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales*, 99-115. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Instituto Nacional de Ecología. México
- Matthews, T. J. (2013). Integrating Geoconservation and Biodiversity Conservation: Theoretical Foundations and Conservation Recommendations in a European Union Context. *Geoheritage*, 6(1), 57–70. doi:10.1007/s12371-013-0092-6
- Mc keever, P y Zouros, N. (2005). Geoparks: Celebrating Earth heritage, sustaining local communities: *Episodes*.
- Núñez, I., González, E y Barahona, A. (2013) La Biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, 28 (7): 387-393. Caracas, Venezuela.
- Ordóñez, M.J. y Rodríguez, P. (2008). Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México, y sus productores rurales. *Ciencias* (91), pp. 54-64.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, (2008). Base de referencia mundial del recurso suelo: un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional.
- Oropeza, O. Cram, S. Vences-Sánchez, A. Ortiz & Hermann, M. (2016) Caracterización del medio natural de la cuenca de Yanhuitlán. En Hermann, M. (Coord.) *Configuraciones Territoriales en la Mixteca Vol. II Estudios de geografía y arqueológica* (pp. 39-82). Ciudad de México: Casa Chata.

- Orozco, Q., Ramírez, R., Cruz, M. y del Rayo, I. (2020). *Vegetación del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta un Enfoque Geobotánico y Etnobotánico*. Instituto de Geografía. (Documento enviado a revisión)
- Ortega-Gutiérrez, F. (1981). La evolución tectónica premisisípica del sur de México. *Revista mexicana de ciencias geológicas* , 5(2), 140-157.
- Ortiz, M., Hernández-Santana, J. M. y Figueroa Mah-Eng, J. M. (2004). Reconocimiento Fisiográfico y Geomofológico. En A. J. García- Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxacaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, pp. 43-53.
- Ortiz-Perez, M., Oropeza-Orozco. O., Cram-Heydrich, S., Figueroa Mah-Eng, J.M., Hermann, L. M., Vences-Sánchez, D.A., Villar, P.S.C. (2016), Reconocimiento de las unidades del paisaje geomorfológico en la cuenca hidrográfica y el municipio de Yanhuítlán. En M. Hermann (Coord.), *Configuraciones territoriales en la Mixteca, vol. II, Estudios de Geografía y Arqueología, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México, pp. 77-98*
- Palacio-Prieto, J. L.(2013) Geositos, Geomorfositos y Geoparques: Importancia, Situación actual y Perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM (82) 24-37.
- Palacio-Prieto, J. L. (Coord.) (2016). Patrimonio geológico y su conservación en América Latina. Situación y perspectivas nacionales. *Geografía para el siglo XXI serie: Libros de Investigación 18*. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Pérez, V. (2020). Estudio etnoarqueológico de la alfarería en Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca. *Revista de ciencias sociales* 25(48) 6-28
- Primack, R. & Miller-Rushing, A. (2009) The role of botanical gardens in climate change research. *New Phytologist Trust* doi:10.1111/j.1469-8137.2009.02800.x

- Ramírez, R., Orozco, Q., Clark, R. y Cruz, M. (S/A) Tipos de vegetación leñosa y su composición florística en el Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta de Oaxaca (Documento enviado a revisión).
- Rodríguez, G., Chavez-Servia, J. y Álvarez, A. (2017). La Migración de Mixtecos Oaxaqueños como Estrategia de Desarrollo Familiar.
- Rodríguez-Acosta, M. (2000). *Estrategia de Conservación para los Jardines Botánicos Mexicanos*, 2000. Asociación Mexicana de Jardines Botánicos, A.C., México.
- Romero, A. (2018). *Caracterización Geomorfométrica del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Rosado-González, E. (2016). *El Geoparque Mixteca Alta, Oaxaca; Propuesta de Incorporación a los Geoparques Globales de la UNESCO* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Rosado-González, E. M., & Ramírez-Miguel, X. (2017). Importancia del trabajo comunitario participativo para el establecimiento del geoparque mundial de la UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Investigaciones geográficas*, (92), 0-0.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504.
- Santamaría-Díaz, A. Alaníz-Álvarez, S. y Nieto-Samaniego, Á. (2008). Deformaciones Cenozoicas en la Cobertura de la Falla Caltepec en la Región de Tamazulapan, sur de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Geológicas*, 25(3): 494-516
- Sedlock, R., Ortega-Gutiérrez, F. y Speed, R. (1993) Tectonostratigraphic Terranes and Tectonic Evolution of México, *Geological Society of America*, Special Paper 278, Boulder, Colorado.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Tomado de http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/index.htm
- Sharples, C. (2002). Concepts and principles of geoconservation. *Tasmanian Parks & Wildlife Service*, Hobart.
- Spores, R. (1969). Settlement Farming Technology, and Environment in the Nochixtlán Valley, *Science*.
- Spores, R y Balkansky, A. K. (2013). The Mixtecs of Oaxaca: Ancient Times to the Present. *University of Oklahoma Press*, Norman. Estados Unidos.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales (Vol. 3). *Icaria editorial*. Barcelona.
- Torres Colín, R. (2004). Tipos de vegetación. En García-Mendoza, A., Ordóñez, M. y Briones-Salas, M. (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Found: México, pp. 105-117.
- Trejo, I. (2004), Clima. en García-Mendoza, A., Ordóñez, M. y Briones-Salas, M. (eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*, Instituto de Biología. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza-World Wildlife Found: México, pp. 67-85.
- UNESCO. (2017). *Geoparques Mundiales de la UNESCO: procesos en los países andinos*. Recuperado de: http://www.unesco.org/new/es/media-services/single-view-tv-release/news/geoparques_mundiales_de_la_unesco_procesos_en_los_paises_a/
- Van Baren, J.H.V y Bomer, W. 1979. *Procedures for the collection and preservation of soil profiles*. International Soil Museum. Wageningen, Holanda.

Vovides, A. Linares, E. & Bye, R. (2010) *Jardines Botánicos de México: Historia y Perspectivas*. Secretaría de Educación de Veracruz: México.

Wimbledon, W. A. P., Ishchenko, A. A., Gerasimenko, N. P., Karis, L. O., Suominen, V., Johansson C. E. y Freden C. (2000), en Baretino, D., W.A.P. Wimbledon y E. Gallego (eds.), Proyecto Geosites una iniciativa de la Union Internacional de las Ciencias Geologicas; la ciencia respaldada por la geoconservacion pp.73-100.

Zouros, 2014 [Emmaline Montserrat Rosado González] (2015, junio 18) 8. *Workshop promoting geoh heritage in Latin America-Operation and Management*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=DWmQyd0KW30>

ANEXOS

Anexo 1.1 Listado de principales jardines botánicos en México.

Nombre	Ubicación
Jardín Botánico Rey Nezahualcoyotl de la Universidad Autónoma de Aguascalientes	Aguascalientes
Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Baja California	Baja California
Arboretum de la Universidad Autónoma de Campeche	Campeche
Jardín Botánico Regional Carmen, UNICAR	Campeche
Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias Agronómicas, UACH	Chiapas
Jardín Botánico El Soconusco, ECOSUR	Chiapas
Jardín Botánico Dr, Faustino Miranda	Chiapas
Jardín Botánico del Centro de Información y Comunicación Ambiental Norteamericana	Ciudad de México
Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM	Ciudad de México
Jardín de Plantas Aromáticas y medicinales "Xochitlayocan", UAM-X	Ciudad de México
Jardín Botánico Jerzy Rzedowski Rotter, UAAAN	Coahuila
Jardín Botánico de la Fundación Xichitla	Estado de México
Jardín Botánico de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM	Estado de México
EL Charco del Ingenio	Guanajuato
Jardín Botánico del Centro de Enseñanza para Extranjero, UNAM	Guerrero
Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Guerrero	Guerrero
Jardín Botánico Esther Pliego de Salinas de Acapulco	Guerrero
Jardín Etnobotánico Efraín Hernandez Xolocotzi	Guerrero
Jardín Botánico de Vallarta	Jalisco
Jardín Botánico Jorge Vitor Eller T., UAG	Jalisco
Jardín Botánico Haraveri, Hacienda Tres Carmelitas	Jalisco
EcoJardín del IIES, UNAM	Michoacan
Jardín Botánico Cerro Punhuato	Michoacan
Orquidiario de Morelia	Michoacan
Jardín Etnobotánico y Museo Tradicional de Herbolaria, Centro INAH	Morelos
Jardín Escolar La Ceiba, del Centro Educativo Cruz Azul	Oaxaca
Jardín Botánico Regional Cassiano Conzatti, CIIDIR-IPN	Oaxaca
Jardín Etnobotánico de Oaxaca	Oaxaca
Pabellon de las Orquideas Ye'tsil, ITVO	Oaxaca
Jardín Etnobotánico Francisco Pelaez Roldan	Puebla
Jardín Botánico Louise Wardle de Camacho, Africam Safari	Puebla
Jardín Botánico de la Benemerita Universidad Autónoma de Puebla	Puebla

Jardín Botánico Xoyoquila	Puebla
Jardín Botánico Regional de Cadereyta Ing. Manuel González de Cosío	Querétaro
Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín, ECOSUR	Quintana Roo
Jardín Botánico Benjamín F. Johnston	Sinaloa
Jardín Botánico de Culiacán	Sinaloa
Jardín de Piedras	Tamaulipas
Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero, INECOL	Veracruz
Jardín Botánico Regional Roger Orellana, CICY	Yucatán

Tomado de: CONABIO, 2018.

Anexo 1.2 Listado Florístico del Geoparque Mixteca Alta.

Especie	Familia	nombre común	usos
<i>Acacia farnesiana</i>	Leguminosae	Espino de clavo chico	leña
<i>Alnus acuminata</i> subsp. <i>glabrata</i>	Betulaceae	Elite	construcción
<i>Amelanchier denticulata</i>	Rosaceae	Tlaxistle	construcción
<i>Anagallis arvensis</i>	Primulaceae	Jabonera	forraje
<i>Arbutus xalapensis</i>	Ericaceae	Madroño	forraje
<i>Arceuthobium vaginatum</i>	Viscaceae	linjerto	medicinal
<i>Archibaccharis asperifolia</i>	Asteraceae	Chamizo de racimo blanco	sin uso
<i>Arctostaphylos pungens</i> subsp. <i>pungens</i>	Ericaceae	Pingüica, manzanita	medicinal
<i>Asclepias circinalis</i>	Asclepiadaceae	Hierba de lengua de víbora	forraje
<i>Asclepias linaria</i>	Aclepiadaceae	Barba de viejo	medicinal
<i>Asplenium monanthes</i>	Aspleniaceae	Helecho de hoja limón	medicinal
<i>Baccharis salicifolia</i> subsp. <i>Salicifolia</i>	Asteraceae	Chamizo de río	sin uso
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Compositae	Chamizo blanco	medicinal
<i>Bidens chiapensis</i>	Compositae	Yucu data (acahual de flor amarilla)	forraje
<i>Bidens odorata</i>	Asteraceae	Flor de palomilla	forraje
<i>Bidens triplinervia</i>	Asteraceae	Tieé	forraje
<i>Bomarea acutifolia</i>	Amaryllidaceae	Enredadera de hojas rayadas	forraje
<i>Bouvardia longiflora</i>	Rubiaceae	Azucena de arbolito	ornamental
<i>Brahea dulcis</i>	Arecaceae	Palma iñuu	artesanal
<i>Buddleja cordata</i> subsp. <i>cordata</i>	Loganiaceae	Tepozán	forraje
<i>Bursera</i> sp.	Burseraceae	Arbusto de uvas silvestres	forraje
<i>Calliandra grandiflora</i>	Fabaceae	Barba de rey (barba de santo ramo)	forraje
<i>Castela tortuosa</i>	Simaroubaceae	Tlaxistle espinudo	forraje
<i>Castilleja tenuiflora</i>	Scrophulariaceae	Flor de fuego	forraje
<i>Ceanothus caeruleus</i>	Rhamnaceae	Bara de flor violeta	forraje
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	Rosaceae	Ramon chinito	forraje
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	Rosaceae	Ramon rojo	artesanal
<i>Chimaphila maculata</i>	Pyrolaceae	Hierba de chicle	forraje
<i>Clinopodium mexicanum</i>	Labiatae	Poleo, ita-nduku, borrachito	medicinal

Especie	Familia	nombre común	usos
<i>Comarostaphylis polifolia</i>	Ericaceae	Modroño, tini-laki	leña
<i>Comarostaphylis</i> sp.	Ericaceae	Quebracho	leña
<i>Commelina coelestis</i>	Commelinaceae	Carricillo flor azul	forraje
<i>Commelina dianthifolia</i>	Commelinaceae	Carricillo de flor violeta	forraje
<i>Coryphantha retusa</i>	Cactaceae	Biznaga de tepachito	ornamental
<i>Cuphea</i> sp.	Lythraceae	Rastrera rasposa de flor trompeta	forraje
<i>Dahlia apiculata</i>	Asteraceae	Dalia silvestre	ornamental
<i>Dalea sp</i>	Leguminosae	Chepite	forraje
<i>Dalea greggii</i>	Leguminosae	Vara ceniza	forraje
<i>Dalea lutea</i>	Fabaceae	Rabito	forraje
<i>Desmodium orbiculare</i>	Leguminosae	Flor de garrapata	forraje
<i>Dodonaea viscosa</i>	Sapindaceae	Jarilla, hoja de baño, cuerno de chivo	leña
<i>Dyssodia papposa</i>	Asteraceae	Orégano silvestre	forraje
<i>Equisetum hyemale</i>	Equisetaceae	Cola de caballo	medicinal
<i>Eryngium Purposii</i>	Apiaceae	Hierba de burro	forraje
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Leguminosae	Yucnuyaca, palo de chivo, palo dulce	forraje
<i>Ferocactus latispinus</i>	Cactaceae	Biznaga de picantito	ornamental
<i>Ferocactus macrodiscus</i>	Cactaceae	Biznaga de barril	ornamental
<i>Geranium seemannii</i>	Geraniaceae	Rastrera de hoja palmeada	forraje
<i>Gibasis pulchella</i>	Commelinaceae	Carricillo de flor morada	ornamental
<i>Glandularia elegans</i>	Verbenaceae	Rastrera de flor morada	forraje
<i>Govenia capitata</i>	Orchidaceae	Orquídea terrestre	ornamental
<i>Grindelia inuloides</i>	Asteraceae	Pericón de flor de capitulo	medicinal
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Asteraceae	Tilanchingo	medicinal
<i>Tithonia tubiformis</i>	Asteraceae	Girasol silvestre, acahual	forraje
<i>Heterosperma pinnatum</i>	Asteraceae	Pata de gallo	forraje
<i>Heterotheca inuloides</i> var. <i>Inuloides</i>	Asteraceae	Árnica	medicinal
<i>Iostephane trilobata</i>	Asteraceae	Acahual de hojas verdes	forraje
<i>Ipomoea alba</i>	Convolvulaceae	Quiebra plato flor blanca, amole	forraje
<i>Juniperus flaccida</i> var. <i>flaccida</i>	Cupressaceae	Enebro	construcción
<i>Lamourouxia dasyantha</i>	Scrophulariaceae	Flor de muerto en racimo morado	ornamental
<i>Lamourouxia multifida</i>	Serophulariaceae	Cilandrillo	forraje
<i>Lantana trifolia</i>	Verbenaceae	Rosita montés	forraje
<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae	Laurel	medicinal
<i>Leucaena esculenta</i>	Leguminosae	Guaje	forraje

Especie	Familia	nombre común	usos
<i>Mammillaria discolor</i>	Cactaceae	Biznaga de peña	ornamental
<i>Mammillaria haageana</i>	Cactaceae	Biznaga de monte	ornamental
<i>Mammillaria mystax</i>	Cactaceae	Biznaga de picante, biznaga de la Mixteca	ornamental
<i>Mentzelia hispida</i>	Loasaceae	Pegajosa flor naranja	forraje
<i>Mentzelia hispida</i>	Loasaceae	Arbusto de hoja pegajosa	forraje
<i>Opuntia huajuapensis</i>	Cactaceae	Nopal de coyote.	comestible
<i>Opuntia streptacantha</i>	Cactaceae	Nopal negro.	comestible
<i>Opuntia tomentosa</i>	Cactaceae	Nopal vinza-rriquí.	comestible
<i>Physalis philadelphica</i>	Solanaceae	tomatillo silvestre	forraje
<i>Phytolacca icosandra</i>	Phytolaccaceae	Hierba mora	forraje
<i>Pinaropappus roseus</i> var. <i>roseus</i>	Asteraceae	Expule de flor violeta	medicinal
<i>pinus pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	Pinaceae	Pino ocote	construcción
<i>Polypodium madrense</i>	Polypodiaceae	Helecho chinito	medicinal
<i>Polypodium subpetiolatum</i>	Polypodiaceae	Helecho 1	medicinal
<i>Porophyllum linaria</i>	Compositae	Pepicha de llano	comestible
<i>Pseudognaphalium oxyphyllum</i>	Asteraceae	Gordolobo	medicinal
<i>Pseudognaphalium purpurascens</i>	Asteraceae	Gordolobo de flor rosa pastel	ornamental
<i>Quercus aff. obtusata</i>	Fagaceae	Encino de hojas amarillas	leña
<i>Quercus castanea</i>	Fagaceae	Encino rojo	artesanal
<i>Quercus crassifolia</i>	Fagaceae	Encino de cucharal negro	artesanal
<i>Quercus deserticola</i>	Fagaceae	Encino cenizo	leña
<i>Quercus grahamii</i>	Fagaceae	Encino de chivo	leña
<i>Quercus liebmannii</i>	Fagaceae	Encino amarillo, palo amarillo, Yuctnu kuan	leña
<i>Quercus rugosa</i>	Fagaceae	encino de cucharal verde, encino negro, encino negro de hoja chica	artesanal
<i>Rhamnus calderoniae</i>	Rhamnaceae	Arbusto de manzanita verde	forraje
<i>Rhus standleyi</i>	Anacardiaceae	Zumaque	forraje
<i>Rhus virens</i>	Anacardiaceae	Palo de hoja resbalosa	leña
<i>Roldana oaxacana</i>	Asteraceae	Vara de hojas estrella 8 picos	sin uso
<i>Rubus trilobus</i>	Rosaceae	Estrellas	forraje
<i>Russelia obstusata</i>	Srophulariaceae	Roja hexagonal	sin uso
<i>Salvia purpurea</i>	Lamiaceae	Racimo de flor morada	ornamental
<i>Salvia semiatrata</i>	Lamiaceae	Oreja de ratón	forraje
<i>Salvia sp</i>	Lamiaceae	Flor de cordón morado	ornamental
<i>Sanvitalia procumbens</i>	Asteraceae	Ojo de gallo	forraje
<i>Solanum lanceolatum</i>	Solanaceae	Tabaquillo, venenillo	ornamental

Especie	Familia	nombre común	usos
<i>Stenocactus crispatus</i>	Cactaceae	Biznaga de flor moradita	ornamental
<i>Stevia ephemera</i>	Compositae	Flor blanca de llano húmedo	forraje
<i>Tagetes erecta</i>	Asteraceae	Ramo de muerto	ornamental
<i>Tagetes lucida</i>	Asteraceae	Pericón	medicinal
<i>Tagetes tenuifolia</i>	Asteraceae	Flor de ratón	ornamental
<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	Tronadora	ornamental
<i>Thalictrum</i> sp.	Ranunculaceae	Hoja de manitas	ornamental
<i>Verbesina</i> sp.	Compositae	Flor de muerto (blanca), flor de muerto (morado)	ornamental
<i>Wimmeria microphylla</i>	Celastraceae	Palo de zorra	forraje

Tomado de Orozco, et al. 2020