



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES
ORIENTACIÓN PROFESIONALIZANTE

**“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE
LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DE LOS HONGOS
AZULES”, SANTA MARÍA AHUACATITLÁN,
MORELOS: HACIA UN MANEJO SOSTENIBLE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

M A E S T R O E N M A N E J O
D E
R E C U R S O S N A T U R A L E S

P R E S E N T A
SAMUEL PUEBLA ROMÁN

DIRECTOR
DRA. ROSA CERROS TLATILPA
CODIRECTOR
M. EN MRN. ÁLVARO FLORES-CASTORENA

CUERNAVACA, MORELOS

NOVIEMBRE, 2020



DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi familia, a mis padres, por haberme apoyado en cada uno de mis pasos y enseñarme buenos valores, por la motivación constante que permitieron ser la persona que soy hoy en día. A mis hermanos Cesar, Saul y Fernanda, con los que siempre cuento en las buenas y en las malas. Por último (pero no menos importante) quiero dedicar esta tesis a mi Mamode, por ser un ejemplo a seguir de la cual he aprendido y sigo aprendiendo muchas cosas.

Hoy más que nunca, la vida se debe caracterizar por un sentido de responsabilidad universal, no sólo entre naciones y humanos, sino entre humanos y cualquier otra forma de vida.

Dalai Lama.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) le agradezco la beca recibida durante el posgrado, que permitió el correcto desarrollo de la investigación.

Al Centro de Investigaciones Biológicas, que me ha abierto las puertas siempre y a la Coordinación del Posgrado en Manejo de Recursos Naturales que me brindó la oportunidad de seguir desarrollando mis capacidades intelectuales y profesionales.

Mi más sincero agradecimiento a la Sra. Marisa Hernández, la Sra. María de los Ángeles Martínez Flores y el Sr. Tomas Campos Jiménez, que desde el inicio del proyecto brindaron todas las facilidades, su tiempo y conocimiento para llevar a buen puerto la investigación. Valoro y reconozco todo el esfuerzo que realizan día a día en pro de la conservación y el desarrollo sostenible del Bosque de los Hongos Azules.

A la M. en C. Domitila Martínez Alvarado y al M. en MRN. Álvaro Flores Castorena por todo su apoyo, instrucción y colaboración durante el desarrollo de esta investigación. Al Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa (Q.E.P.D.) le agradezco su dedicación y valiosos aportes durante las evaluaciones. Al Dr. Einar Topiltzin Contreras MacBeath le agradezco las múltiples sugerencias y consideraciones durante el desarrollo de la investigación. Los cuatro formaron un espléndido comité tutorial, siempre ayudándome a mejorar como estudiante y como profesional.

Al resto de los miembros del jurado de corrección de tesis y examen de grado, Dra. Rosa Cerros Tlatilpa, M. en MRN. Mara Erika Paredes Lira y el M. en C. Aquiles Argote Cortés les agradezco profundamente su tiempo y dedicación para corregir el manuscrito final y fungir como miembros del jurado evaluador.

ÍNDICE

1	RESUMEN	1
1.1	ABSTRACT	1
2	INTRODUCCIÓN	2
2.1	Límite de Cambio Aceptable (LCA)	3
2.2	Conceptos teóricos para el estudio de comunidades vegetales	4
2.2.1	Comunidad vegetal	4
2.2.2	Flora y Vegetación.	5
2.2.3	Composición y estructura de la vegetación.	5
3	ANTECEDENTES	6
3.1	Composición, estructura y diversidad.....	6
3.2	Límite de cambio aceptable (LCA)	11
4	OBJETIVOS	13
4.1	Objetivo general.....	13
4.2	Objetivos específicos.	13
5	MATERIALES Y MÉTODOS	13
5.1	Descripción del área de estudio.....	13
5.2	Muestreo de la vegetación.	19
5.3	Composición florística.	20
5.4	Estructura de la comunidad vegetal.	20
5.5	Análisis de la diversidad.....	22
5.6	Límite de cambio aceptable (LCA).	24
6	RESULTADOS	4
6.1	Composición florística	4

6.2	Estructura de la comunidad vegetal	7
6.3	Análisis de la diversidad	9
6.4	Límites de cambio aceptable (LCA)	10
7	DISCUSIÓN	56
7.1	Composición, estructura y diversidad	56
7.2	Límite de Cambio Aceptable (LCA)	58
8	CONCLUSIONES	66
	ANEXOS	69
	LITERATURA CITADA	82
	Dictiotopografía	98
	ÍNDICE DE FIGURAS	7
	ÍNDICE DE TABLAS	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ANP - Zona norte del Estado de Morelos	15
Figura 2. Ubicación Bosque de los Hongos Azules	18
Figura 3. BHA en concordancia con el POET de Cuernavaca	19
Figura 4. Serie de pasos que conforman el análisis de LCA.....	1
Figura 5. Cuadrantes en el BHA	5
Figura 6. Número de individuos por familia	6
Figura 7. Clases de oportunidades del BHA	26
Figura 8. Zonificación que optimiza condición primitiva	37
Figura 9. Zonificación que optimiza condición natural.....	38
Figura 10. Zonificación que optimiza condición rústica	39
Figura 11. Zonificación que optimiza condición rural.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de familias y especies con mayor representatividad en el BHA	5
Tabla 2. Lista de familias y especies con mayor representatividad en el BHA	6
Tabla 3. Valores absolutos y relativos (frecuencia, densidad y dominancia) e índice de valor de importancia de las especies.....	7
Tabla 4. Índices de diversidad para el BHA	10
Tabla 5. Mapa de actores.	10
Tabla 6. Cronograma de actividades para el análisis de LCA.	13
Tabla 7. Inquietudes y oportunidades del BHA	16
Tabla 8. Clase de oportunidad: Primitiva.....	17
Tabla 9. Clase de oportunidad Natural	19
Tabla 10. Clase de oportunidad: Rústico	21
Tabla 11. Clase de oportunidad: Rural.....	24
Tabla 12. Indicadores potenciales en el proceso de LCA para el BHA	27
Tabla 13. Evaluación de indicadores.....	29
Tabla 14. Indicadores seleccionados	30
Tabla 15. Estándares por indicador de acuerdo con las clases de oportunidades.....	30
Tabla 16. Protocolo de monitoreo para el BHA	31
Tabla 17. Estrategias de manejo complementarias para el BHA.....	41
Tabla 18. Matriz de Leopold simplificada para el BHA	52

1 RESUMEN

La presente investigación estuvo dirigida hacia dos grandes objetivos, la contribución al conocimiento de la estructura y diversidad de especies vegetales del Bosque de los Hongos Azules (BHA) y la aplicación del sistema de Límites de Cambio Aceptable (LCA). La conjunción de estas dos estrategias permite brindar a la comunidad local, herramientas útiles para el manejo sostenible del área, ya que se promueve la participación para lograr un proceso socio ambiental que ayude a generar una visión de condiciones deseadas y la definición de los niveles de uso aceptables en materia de preservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

En términos de resultados, el BHA presenta características que lo identifican como un bosque de encinar de mediana altitud; no obstante, muestra afinidades con el bosque mesófilo de montaña por la presencia de elementos característicos de este tipo de vegetación y estar representados con niveles altos para los índices de valor de importancia de especies y dominancia.

En el desarrollo de LCA se definieron los actores claves, mediante consenso e intercambios de información se lograron identificar y priorizar las inquietudes y oportunidades sobresalientes, que ayudaron en la definición de 4 clases de oportunidades para el BHA: Primitiva, Natural, Rústico y Rural. Se fijaron 7 indicadores distribuidos en 3 dimensiones (Biofísica, social y gestión), con un protocolo de monitoreo; se identificaron los distintos escenarios de manejo tomando en consideración cada clase de oportunidad y se desglosaron recomendaciones para el establecimiento de las medidas de manejo que se consideran pertinentes para el manejo sostenible del BHA.

1.1 ABSTRACT

This research was aimed at two main objectives, the contribution to the knowledge of the structure and diversity of plant species of the Bosque de los Hongos Azules (BHA) and the application of the Limits of Acceptable Change (LAC) system. The conjunction of these two strategies allows to provide the local community with useful tools for the sustainable management of the area, since participation is promoted to achieve a socio-environmental process that helps to generate a vision of desired conditions and the definition of the levels of acceptable use in terms of preservation and use of natural resources.

In terms of results, the BHA has characteristics that identify it as a mid-altitude holm oak forest; however, it shows affinities with the mountain mesophilic forest due to the presence of characteristic elements of this type of vegetation and being represented with high levels for the value indexes of importance of species and dominance.

In the development of LAC, the key actors were defined, through consensus and information exchanges, it was possible to identify and prioritize the outstanding concerns and opportunities, which helped in the definition of 4 classes of opportunities for the BHA: Primitive, Natural, Rustic and Rural. Seven indicators were created distributed in 3 dimensions (Biophysics, social and management), with a monitoring protocol; the different management scenarios were identified taking into consideration each kind of opportunity and recommendations were broken down for the establishment of the management measures that are considered pertinent for the sustainable management of the BHA.

2 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia en nuestro país, los recursos florísticos han sido percibidos y manejados únicamente como fuentes de bienes de consumo y materias primas, propiciado por un modelo de desarrollo económico e industrial que prevalece en la sociedad mexicana, basado en la explotación y destrucción de la riqueza natural (Flores-Castorena, 2016). Lo anterior, sin tomar en cuenta los servicios ecosistémicos que brindan, por ejemplo, son fuente de una gama amplia de alimentos nutritivos, agua limpia, medicinas, especies ornamentales o de importancia cultural y espiritual, servicios distintos que contribuyen a la regulación climática, control de enfermedades, regulación de los impactos de los eventos extremos que ocurren de forma natural, la regulación de la erosión y numerosos beneficios no materiales a las poblaciones humanas que habitan o visitan los ecosistemas naturales (FAO, s.f.; Balvanera, 2012).

La pérdida y modificación de los ambientes naturales ha sido también resultado del manejo inadecuado de los recursos, consecuencia del acelerado crecimiento poblacional en los siglos XIX y XX, particularmente agudizado a partir de 1950 (Rodríguez, 2014; Challenger y Dirzo, 2009). Esto ha contribuido directamente al crecimiento y desarrollo de las ciudades, lo que genera estragos importantes en la salud de los ecosistemas y otros recursos naturales (Rodríguez, 2014). En consecuencia, esto se relaciona directamente con cambios en la cobertura vegetal y el uso del suelo, ante la necesidad imperante de obtener mayores terrenos (para uso habitacional, agrícola y ganadero), que ayudaran en periodos cortos de tiempo a satisfacer parte de las necesidades básicas de toda la población, pero fuera del marco de la sostenibilidad.

La necesidad de intervenciones directas en favor del cuidado del ambiente ha generado la preocupación de la comunidad científica, ejidos, comunidades y algunos gobiernos por realizar, de manera integral, investigación básica y tecnológica, que funja como la base de programas y proyectos para promover el uso y conservación de los recursos florísticos,

cuyo aprovechamiento integrado permita recuperar y en su caso, conservar el equilibrio de la relación entre naturaleza y sociedad (Flores-Castorena, 1988).

A pesar de los esfuerzos y el reconocimiento de la problemática ambiental en sus diferentes niveles, una de las tareas que resultan más complicadas, es precisamente la estimación e identificación de los elementos de la biodiversidad, y en este caso, de la flora existente. En gran medida, ante la dificultad de sintetizar información dispersa en numerosas publicaciones de investigación y la falta de bases de datos que documenten de manera adecuada esta riqueza (Villaseñor, 2016). De acuerdo con Villaseñor y Magaña (2002), al año se describen en promedio cincuenta especies nuevas de plantas y se estima que faltarían por descubrirse alrededor de 3 000 especies; continuando al mismo ritmo, para describir esta riqueza, se requerirían cerca de sesenta años; así que, probablemente se está perdiendo biodiversidad sin aún conocerla. En este sentido, la importancia de generar y diversificar la información taxonómica y ecológica de este recurso se vuelve primordial, como punto de quiebre hacia la generación de acciones y estrategias de conservación adecuadas a los contextos locales, que respondan a objetivos claros y metas realistas, que permitan, un manejo eficiente y sostenible de los recursos naturales.

2.1 Límite de Cambio Aceptable (LCA)

La gestión de los recursos naturales es uno de los grandes desafíos de la humanidad. En los últimos años el interés de la sociedad por el cuidado del ambiente y el gusto por conocer paisajes, flora, fauna y diversidad cultural, ha propiciado que la oferta de actividades turísticas alternativas sea una de las estrategias más utilizadas para la vinculación de la sociedad en temas de conservación.

El ecoturismo es una de las modalidades que mayor nivel de importancia ha alcanzado, ya que es vislumbrado como una vía de generación de ingresos para el mantenimiento no solo de áreas naturales, sino también de las comunidades en las que se lleva a cabo (Bringas y Ojeda, 2000). Sin embargo, dichas actividades pueden significar un riesgo por

una variedad de cambios inducidos por el hombre dentro y fuera de los límites de estas áreas. Por lo que, se requiere la aplicación de estrategias y normas, mediante la implementación de límites para las actividades humanas en estos espacios (Segrado-Pavón *et al.* 2014).

Se han propuesto diferentes métodos que ayudan en la evaluación de la capacidad receptora de turistas en áreas naturales, principalmente basados sobre dos enfoques: la capacidad de carga turística (CCT), que se concentra en definir e intentar controlar el número de visitantes máximo que un espacio puede soportar antes de perder su capacidad de regeneración (Rhodes, 2015) y los límites de cambio aceptable (LCA), método propuesto por Stankey *et al.* (1985), que hace énfasis en los cambios del ecosistema receptor y el establecimiento de límites de uso por un acuerdo social (Segrado-Pavón *et al.* 2014). El método LCA está basado en el concepto fundamental de que el cambio (impactos a los recursos y/o en la experiencia del visitante) es inevitable como producto de las actividades recreativas (Rhodes, 2015), desde este enfoque se logra decidir cuánto cambio se permitirá, en donde y cuáles serán las acciones necesarias para controlarlo (Stankey *et al.*, 1985).

La presente investigación tiene la finalidad de contribuir a las acciones descritas, en la generación de información florística y ecológica del “Bosque de los Hongos Azules” (BHA). Sumado a la aplicación del método LCA, donde se busca la participación de la comunidad y poseedores de la tierra para lograr un proceso socio-ecológico, que ayude a generar una visión de condiciones deseadas, se establezcan los niveles de uso aceptables en materia de preservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y se definan las medidas de manejo para el BHA.

2.2 Conceptos teóricos para el estudio de comunidades vegetales

2.2.1 Comunidad vegetal

Se define como el conjunto de plantas de cualquier rango, que viven e interaccionan mutuamente en un hábitat natural (Rzedowski, 2006). Es un complejo de especies vegetales compuesto de elementos ecológica y fenológicamente diferentes que, pese a su dinamismo, forman un sistema persistente que describe, desde el punto de vista botánico, las relaciones fitogeográficas y la historia de la región (Ramírez, 1995).

2.2.2 Flora y Vegetación.

Flora se define como el conjunto de plantas de un área geográfica cualquiera; puede interpretarse también como “la obra que trata de las plantas, las enumera, las describe o indica en donde se crían, cuándo florecen, si escasean o abundan, etc. (Font Quer, 1965); cuando no se describen las plantas es más correcto emplear otros términos: catálogo, enumeración, lista o listado. Al emplear la palabra florístico o florística no siempre se refiere a la flora y si hablamos de un estudio florístico la referencia es a una parte de la fitogeografía dedicada a los inventarios, las entidades sistemáticas de un país dando el área de cada una de ellas e indicaciones relativas a su hábitat, abundancia o escasez, época de floración (fenología), forma de vida, distribución espacial, etc. (Bautista *et al.*, 2004).

La vegetación, por su parte, se refiere al conjunto interactuante de especies de plantas que cohabitan en un espacio determinado y constituye el componente estructural más importante de la mayoría de las comunidades biológicas (Van der Maarel, 2005). Debe ser caracterizada por su propia fisionomía (estructura y composición), no por el hábitat, cuyo estudio a la vez es indispensable para la comprensión de su naturaleza y distribución. Es la estructura y composición de una comunidad vegetal lo que debemos conocer y registrar en las muestras como una base segura de datos florísticos (Bautista *et al.*, 2004).

2.2.3 Composición y estructura de la vegetación.

Se entiende como estructura al patrón espacial de distribución que presentan las plantas de un determinado ecosistema (Barkman, 1979) y en esta se distinguen dos componentes básicos: a) estructura vertical, donde se logra la identificación de los estratos que presenta

la formación vegetal (Rangel y Velázquez, 1997) y b) estructura horizontal, que permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque, mediante los parámetros de abundancia, dominancia y/o frecuencia (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Por su parte, la composición florística se entiende como la enumeración de las especies de plantas presentes en un lugar, usualmente teniendo en cuenta su densidad, su distribución y su biomasa (Cano y Stevenson, 2009).

En el presente trabajo de investigación se pretende conjuntar la argumentación científica ecológica y el manejo de los recursos florísticos, teniendo como base el análisis de la estructura horizontal y vertical en especies del estrato arbóreo, ubicadas en ecosistemas caracterizados por su diversidad de especies. Con el objetivo de desarrollar el conocimiento sobre aspectos de caracterización estructural de ecosistemas aportando bases firmes para la toma de decisiones, su comprensión y su manejo con un resultado a corto plazo, que permita vislumbrar las bases para el desarrollo de estrategias de manejo sostenible de los recursos naturales del BHA.

3 ANTECEDENTES

3.1 Composición, estructura y diversidad.

Las investigaciones enfocadas a describir la estructura, composición y diversidad de los diferentes tipos de vegetación continúan desarrollándose en la época reciente (Beltrán-Rodríguez *et al.*, 2018; Leal *et al.*, 2018; Domínguez *et al.*, 2018; Aguilar-Luna *et al.*, 2018). Al igual que en años pasados, donde los estudios de este tipo en diferentes regiones de México han brindado información básica y necesaria para lograr proteger, restaurar y en su caso utilizar los recursos naturales desde una visión de conservación y sostenibilidad (Zacarias-Eslava *et al.*, 2011; Zamora-Crescencio *et al.*, 2015; Bravo-Bolaños *et al.*, 2016) ante la acelerada pérdida de biodiversidad y cobertura vegetal en muchas partes de nuestro territorio (Aguilar *et al.*, 2000).

Por ejemplo, en estados como Chihuahua, Durango, Sonora, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Campeche y Quintana Roo que concentran la mayor cantidad de áreas arboladas con bosques y selvas (48 millones de hectáreas que representan el 71% de las áreas arboladas de México) (Boege, 2010), las investigaciones enfocadas a describir la estructura, composición y diversidad de los diferentes tipos de vegetación se han diversificado ante la pérdida de biodiversidad y cobertura vegetal en muchas partes de nuestro territorio. Brindar la información básica necesaria resultará en lograr proteger, restaurar y en su caso utilizar los recursos naturales desde una visión de conservación y sostenibilidad.

Hernández (2012), monitoreó durante 20 años el efecto del manejo forestal en la diversidad, composición y estructura del bosque de pino del ejido El Largo en Chihuahua. El propósito fue contribuir a fortalecer o replantear las prácticas silvícolas que garantizaran su sostenibilidad; cuantificó individuos del estrato arbóreo con diámetro a la altura de pecho mayor a 7.5 cm y mediante diferentes índices ecológicos evaluó la dinámica de crecimiento de los principales parámetros dasométricos que definen la estructura horizontal y vertical de la masa forestal. Comparó los indicadores ecológicos y parámetros dasométricos entre las evaluaciones mediante análisis de varianza, prueba de Kruskal-Wallis, prueba de t, y Nemenyi, para detectar cambios o estabilidad en la diversidad y la composición estructural del estrato arbóreo después de uno o dos ciclos de corte; concluye que el bosque era regular, en fase de crecimiento, mantenía la composición y diversidad arbórea y lograba sostener la producción mediante las cortas intermedias necesarias para su desarrollo.

En los estados de Durango (Graciano-Ávila *et al.*, 2017) y Coahuila (Encina-Domínguez *et al.*, 2009) se han analizado cuestiones de composición, aspectos estructurales y diversidad en bosques templados y de encinos respectivamente. En el primer caso, se calcularon los índices diversidad y riqueza; a través del establecimiento de nueve sitios de muestreo cuadrangulares de 50 x 50 m (2 500 m²). A cada individuo se le realizaron mediciones de altura total y diámetro a la altura del pecho (d.a.p.). Se obtuvo

el índice de valor de importancia (IVI), calculado a partir de las variables, abundancia, dominancia y frecuencia. Para el segundo, se aplicó un diseño estratificado aleatorio, se establecieron 66 sitios, equivalentes a 3.3 ha del encinar, con parcelas circulares como la unidad de muestreo y con un área de 500 m² para el estrato arbóreo y el arbustivo, para el caso de árboles juveniles definieron cinco parcelas cuadradas de 1 m², una al centro y cuatro en los puntos cardinales del círculo de 500 m²; concluyeron que, en el caso del bosque templado se presenta una baja riqueza específica y diversidad de especies arbóreas, mientras que en el de encinos la riqueza reportada está conformada por 259 especies y taxa infraespecíficos en 178 géneros y 67 familias, así como diferentes asociaciones entre las especies de encinos.

Para la zona occidental del país también se logran recuperar algunas referencias relevantes donde se describe la estructura, composición y diversidad en bosques templados, mesófilo de montaña, pino, encino, entre otros (Sánchez-Rodríguez, 2003; Padilla *et al.*, 2006; Fortanelli-Martínez *et al.*, 2014; González-Elizondo *et al.*, 2012; Bravo-Bolaños *et al.*, 2016). Cada uno, con proyecciones y escalas distintas, pero mantienen en su mayoría metodologías similares para el análisis de la vegetación, a través de la implementación de parcelas y distintos análisis ecológicos.

Para la región centro de México se diversifica un poco más la información, por ejemplo, Guízar-Nolazco *et al.* (2010), estudió la vegetación en diez municipios del extremo meridional de la Mixteca poblana, efectuó colectas botánicas y un muestreo ecológico cuantitativo para estimar los valores de importancia y área basal para las especies arbóreas en las áreas mejor conservadas, con el objetivo de determinar los tipos de vegetación existentes y las asociaciones vegetales aún presentes. López-Hernández *et al.* (2017), realizaron una investigación con el objetivo de evaluar composición y diversidad de las especies forestales en bosques templados también en el estado de Puebla, con el registro de información dasométrica de altura total (m), diámetro a la altura del pecho (cm) y cobertura de copa de los individuos con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 7.5 cm y cuantificaron su dominancia a través del área basal, la

abundancia de acuerdo con el número de árboles y frecuencias en las parcelas de muestreo.

En Michoacán, Méndez Toribio *et al.* (2014), Zacarías-Eslava *et al.* (2011), Cué Bär *et al.* (2006) y Maza-Villalobos *et al.* (2014), realizaron también esfuerzos para dar a conocer información relacionada con la vegetación de diferentes zonas de interés en el estado. A pesar de que sumaron a sus estudios tipos de vegetación distintos a las referenciadas hasta el momento, resaltaron en su mayoría los bosques de encino, de pino, coníferas y mixtos como la vegetación con mayor cobertura en las áreas de estudio.

Por su parte para el estado de Guerrero, Martínez *et al.* (2004) exploraron 730 km², abarcaron cinco municipios que forman parte de la Sierra de Taxco para el análisis de aspectos fisonómicos y estructurales de la vegetación. Concluyeron que el tipo de vegetación con mayor rango de distribución en la zona es el bosque de *Quercus*, con el 36% de ocupación del área total. Saavedra (2009) realizó un estudio también en el municipio de Taxco, en el Parque Estatal Francisco Torres Moreno, Cerro del Huixteco, donde se encontraron dos tipos de vegetación: bosque mesófilo de montaña y bosque de *Quercus*, comparados en diferentes estados de conservación (perturbado y conservado). El bosque mesófilo de montaña, cubre una superficie de 26.60 ha (34.33% del total), con una densidad que oscila entre 318.31 ind/ha y 923.10 ind/ha, en sitios perturbados y conservados, respectivamente. El bosque de *Quercus* ocupa una superficie de 50.71 ha (65.44% del total), con una dominancia de las especies *Quercus laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. urbanii*, *Q. castanea*, *Arbutus xalapensis* y *Styrax ramirezii*, con una densidad entre 222.82 ind/ha y 143.39 ind/ha; clasificando el bosque como bajo y mediano.

En Morelos (específicamente la zona norte del estado), diversos botánicos han realizado expediciones con el objetivo de conocer la flora y brindar información relevante de algunos grupos de plantas. Entre los estudios realizados en esta región, se destacan los de Sosa (1935); Ramírez (1945, 1949); Dressler (1960); Espinoza (1962); Bonilla-Barbosa y Novelo (1995); Bonilla-Barbosa y Viana (1997); Cerros-Tlatilpa y Espejo-Serna (1998);

Espejo-Serna *et al.* (1998); Pulido-Esparza *et al.* (2009); Hernández-Cárdenas *et al.* (2014) Block y Meave (2015). Sin embargo, solo existe un estudio florístico integral de todo el Corredor Biológico Chichinautzin, el de Pulido-Esparza *et al.* (2009), quienes incluyen a todas las monocotiledóneas nativas que están con al menos un ejemplar de herbario de respaldo. Existen además, algunos estudios no específicos sobre esta zona pero citan especies para la región, entre los que sobresalen: Vázquez (1974), SARH (1975), COTECOCA (1979), Carmona (1980), Dorado (1983), Sotelo (1984), Martínez (1981), Martínez-Alvarado (1985), Ramírez y Téllez (1992), Flores (1990), Riba *et al.* (1996), González-Amado (1998), Juárez (1998), Ramírez (1999), Espejo-Serna *et al.* (2002) y Piedra-Malagón *et al.* (2006).

En un caso más reciente, Block y Meave (2015) describieron la composición florística, la diversidad y estructura del componente terrestre de los encinares del Parque Nacional el Tepozteco, así como la relación de estos atributos con la complejidad geomorfológica del parque. Establecieron aleatoriamente 60 parcelas de 100 m² en seis unidades geomorfológicas: los derrames de lava de los volcanes Chichinautzin, Suchiooc, Otates (porciones alta y baja) y Oclayuca, y la Sierra del Tepozteco. Describieron la vegetación por unidad geomorfológica y para todas en conjunto, para las plantas del dosel (DAP \geq 2.5 cm) y del sotobosque por separado. Reportaron 324 especies de plantas vasculares registradas en las parcelas y 17 recolectadas fuera de ellas, incluidas en 208 géneros y 88 familias; la familia que se reporta con mayor riqueza fue Asteraceae (57 especies) y el género con mayor número de especies fue *Salvia* (10 especies). Hubo diferencias entre unidades geomorfológicas en la riqueza promedio por parcela (12.0–33.5 especies), la riqueza total (60–149 especies), y en las contribuciones estructurales de las especies. También observaron diferencias estructurales, pero éstas no siempre fueron significativas. *Quercus rugosa* fue dominante en Chichinautzin, Suchiooc y la parte alta de Otates, *Styrax ramirezii* en la parte inferior de Otates y en Oclayuca, mientras que *Quercus castanea* y *Q. obtusata* compartieron la dominancia en la Sierra del Tepozteco (la unidad de mayor riqueza de especies de manera general y de encinos). Concluyeron que la estructura y composición de los encinares del parque son heterogéneos, aparentemente debido a la

complejidad del pasado geológico de la región, la cual debería guiar la conservación y la restauración de los encinares del parque.

En primera instancia, la presente investigación no podrá analizarse en un periodo largo de tiempo como el caso de Hernández (2012), sin embargo, existen similitudes metodológicas con algunos de los estudios de caso presentados con anterioridad para el análisis de la vegetación, como, el establecimiento de parcelas y la aplicación de distintos análisis ecológicos, pero adecuados a las características presentes en el Bosque de los Hongos Azules; por ejemplo, en comparación con el estudio de Graciano-Ávila *et al.* (2017), que establecieron nueve sitios de muestreos de 50 x 50 m. o Encina-Domínguez *et al.* (2009) donde optaron por 66 sitios con un área de 500 m². En este caso se optó por establecer cuadrantes de menor área, pero en mayor cantidad (20 cuadrantes), para lograr una muestra representativa dadas las condiciones de heterogeneidad del hábitat y la extensión de la zona de estudio.

A pesar de que ya existen algunos esfuerzos por conocer y describir la flora y vegetación de la zona norte de Morelos (Sosa, 1935; Ramírez, 1945 y 1949; Espinoza, 1962; Bonilla-Barbosa y Novelo, 1995; Bonilla-Barbosa y Viana, 1997; Pulido-Esparza *et al.*, 2009), es claro que la información debe seguir diversificándose, como lo hizo recientemente Block y Meave en el 2015, al describir los encinares del Tepozteco (plantas del dosel y del sotobosque), sin embargo, para el caso del Bosque de los hongos azules al ser un espacio con objetivos claros de turismo alternativo y al no existir referencias sobre flora y vegetación particularmente, no se puede optar por un diseño de estudio en específico de una familia, un género o una especie, sino que se busca aportar información relevante de la flora y vegetación en la zona que ayude a su óptimo desarrollo y en función de eso lograr un impacto en la concientización de la población sobre la importancia de la conservación de los recursos naturales.

3.2 Límite de cambio aceptable (LCA)

En Latinoamérica se han desarrollado de manera amplia estudios con la aplicación de LCA; algunos investigadores como Gómez (2011), Moreno (2013), Gómez *et al.* (2016), DRNA (2016), Rojas-Ulloa *et al.* (2017), Chiriboga *et al.* (2017) han mostrado esfuerzos por usar esta metodología en áreas naturales. Existen en cada uno de los casos modificaciones acorde a las circunstancias propias de cada área, pero en la mayoría de los casos se prioriza la participación social de los actores clave para reducir el impacto negativo de la actividad turística y mejorar las condiciones a partir de una planificación eficiente.

En el caso de México la aplicación de este tipo de análisis poco a poco está siendo adoptado como una herramienta viable para el manejo de áreas naturales. Pero hasta la fecha son pocos los estudios publicados en nuestro país que apliquen esta metodología. Chávez *et al.* (2015), realizó el estudio de límite de cambio aceptable y capacidad de carga en el área de protección de flora y fauna “La Primavera” en el estado de Jalisco. Sin embargo, en dicha investigación la metodología no retoma los pasos definidos por Stankey *et al.* (1985), en consecuencia, los resultados y estrategias de manejo que proponen están ligados directamente con el análisis de capacidad de carga turística.

En la misma línea, Esquivel (2016 y 2017) desarrolló en el estado de San Luis Potosí el análisis de límites de cambio aceptable; en el primer caso para tres ANP (el Parque Estatal Manantial de la Media Luna, y los Monumentos Naturales “Sótano Las Golondrinas” y “La Hoya de las Huahuas”) y al año siguiente con la publicación del mismo análisis, aplicado para los Pueblos Mágicos de Xilitla, Real de Catorce y uno más para el Parque Estatal Palma Larga, también en San Luis Potosí. Ambas investigaciones presentan una estructura metodológica similar a la utilizada por Chávez *et al.* (2015) y no se adecuan ni retoman ninguno de los pasos metodológicos descritos por Stankey *et al.* (1985), de nueva cuenta se analiza el sistema de capacidad de carga turística propuesto por Cifuentes (1992).

Basado en la revisión exhaustiva para el estado de Morelos no se registran referencias publicada sobre la aplicación de LCA en áreas naturales. La presente investigación busca ser uno de los primeros esfuerzos en la entidad que establezca límites de cambio aceptable para el BHA, como parteaguas hacia el desarrollo de proyectos de la misma naturaleza aplicados en otras áreas naturales del estado, ya que, en menor o mayor medida, su desarrollo está ligado directamente con actividades de turismo alternativo que pueden deteriorar los recursos naturales y generar impactos de consideración si no se cuentan con estrategias de manejo dentro del marco de la sostenibilidad.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general.

- Describir la composición, estructura y diversidad florística arborea del Bosque de los Hongos Azules.
- Establecer los Límites de cambio aceptable (LCA) en el Bosque de los Hongos Azules.

4.2 Objetivos específicos.

- Determinar la composición florística (estrato arbóreo).
- Caracterizar la estructura de la comunidad vegetal.
- Analizar la diversidad de especies vegetales.
- Proponer estrategias de manejo y conservación en el Bosque de los Hongos Azules a partir del establecimiento de los límites de cambio aceptable

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio.

El estado de Morelos debido a su historia geológica, topografía, variedad de climas y fundamentalmente por su localización entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical, así como la confluencia de las provincias biogeográficas de la depresión del balsas y la faja neovolcánica transversal (consideradas como importantes centros de endemismo), posee una diversidad biológica importante (Rodríguez, 2014). Esto a pesar de ser uno de los estados más pequeños de la República Mexicana, cuenta con una extensión territorial de 4 961 km (aproximadamente el 0.3% de la superficie total del país) (Bonilla *et al.*, 2010). Villaseñor (2016), en el catálogo de las plantas vasculares nativas de México, cita para el estado de Morelos 197 familias, 1063 géneros y 3,491 especies de plantas vasculares, de las cuales 1,242 son endémicas de México, 23 son endémicas de la entidad y una más que no presenta endemismo, pero está restringida al estado. Además, describe una amplia variedad en cuanto a tipos de vegetación presentes, como; el bosque de coníferas, bosque de *Quercus*, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, pastizal, zacatonal, bosque de galería y vegetación acuática. Siendo el bosque de coníferas la más importante de las áreas boscosas ya que ocupa la totalidad de las partes altas de la faja neovolcánica, al norte del estado (Bonilla *et al.*, 2010).

Es una de las zonas que mayor impacto ambiental ha sufrido a lo largo de los años, resultado de actividades antropogénicas (cambio del uso de suelo, venta de tierras, incendios forestales, deforestación y venta ilegal de tierra de monte y roca volcánica), lo que ha generado procesos de degradación y fragmentación del hábitat, con consecuencias en algunos de los casos, irreversibles. En este sentido, la estrategia más utilizada (hasta la fecha) para proteger la diversidad biológica, ha sido la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP) a lo largo del territorio nacional. Las ANP se han consolidado como la estrategia clave con la que cuenta México para conservar la biodiversidad y los servicios ambientales que ésta proporciona a la sociedad (CONABIO, 2009). A pesar de que en sus inicios, el establecimiento de una ANP seguía intereses económicos, actualmente se busca que estas zonas contribuyan a asegurar la continuidad del proceso de la evolución biológica, a través del cual surgen, se adaptan, transforman y desaparecen naturalmente

las especies sobre la tierra (Rodríguez, 2014); de tal forma, que no se visualicen como sistemas cerrados e independientes a los cambios y presiones en el territorio.

En la zona norte del estado están decretadas cuatro ANP de carácter federal, que corresponden a porciones de los parques nacionales Lagunas de Zempoala, El Tepozteco, Iztaccíhuatl-Popocatepetl y bajo la categoría de área de protección de flora y fauna silvestre, el Corredor Biológico Chichinautzin (Figura 1). Esta última, fue decretada el 30 de noviembre de 1988 en el Diario Oficial de la Federación, abarcando territorio de los municipios de Huitzilac, Tepoztlán, Tlalnepantla, Yautepec, Tlayacapan, Totolapan y la capital del estado, Cuernavaca. Fue la primer reserva mexicana creada bajo la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre, con el fin de asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos de la biota de la zona, y a su vez fungir como una barrera natural que evitara el crecimiento de las manchas urbanas de Morelos y la CDMX. Alberga una amplia gama de tipos de vegetación y asociaciones, como, el bosque de pino, bosque de oyamel, bosque de encino, asociaciones transicionales de selva baja caducifolia, entre otras (Bonilla-Barbosa y Viana, 1997; Silva *et al.* 1999).

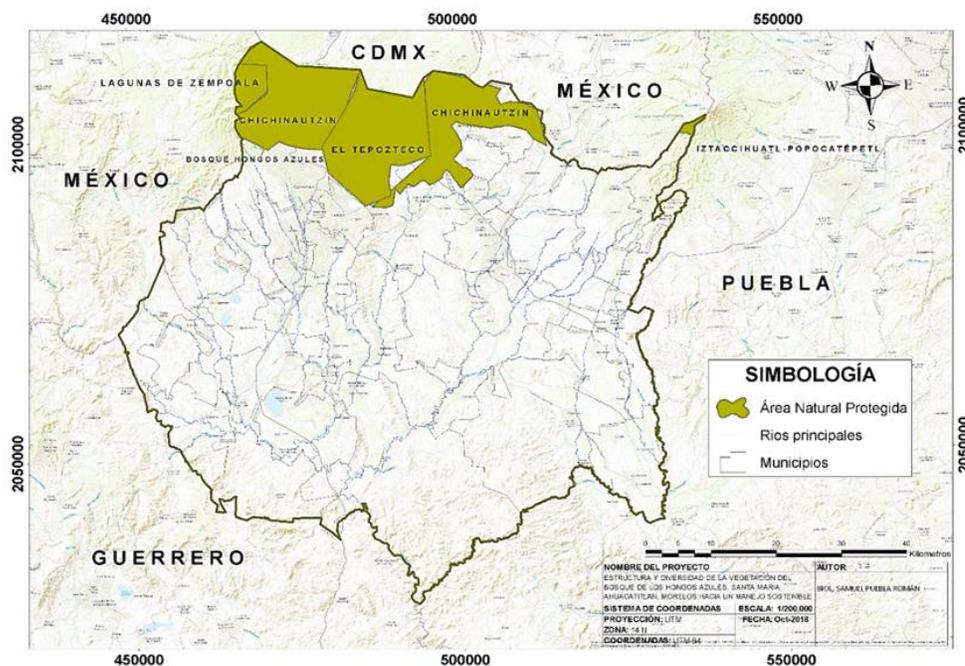


Figura 1. ANP - Zona norte del Estado de Morelos

Sin embargo, como lo describe Paz (2005), el aumento de las problemáticas ambientales en diferentes áreas del Corredor Biológico Chichinautzin, fueron resultado de incumplimientos en la normatividad oficial con el aprovechamiento de los recursos forestales y conflictos de interés entre autoridades ambientales y las comunidades; que propiciaron un contexto social lleno de confusión, desconfianzas y vacíos normativos. Es así como, en el año 2010, el Centro de Investigaciones Biológicas, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, publica el programa de manejo del corredor, donde se determinan las estrategias de conservación y uso del ANP. No obstante, existen zonas específicas que requieren una atención particular debido a que actividades, principalmente antropogénicas, generan una presión constante a los recursos naturales y el BHA es precisamente una de estas zonas.

El Bosque de los Hongos Azules, objeto de estudio en la presente investigación, es un proyecto de turismo rural sustentable comunitario que se localiza al norte del municipio de Cuernavaca, en la localidad de Santa María Ahuacatlán. Como se mencionó con anterioridad, se encuentra dentro del Corredor Biológico Chichinautzin en dirección suroeste (Figura 2). Es un lugar conservado, con una superficie aproximada de 51, 500 m², a una altitud de 2, 000 msnm. El clima predominante en la zona es el semicálido subhúmedo, una temperatura media anual de entre 18 y 22 °C, con índices de precipitación media anual entre 1000 a 1200 mm (García, 1998; Climate-data, 2020).

De acuerdo con la carta edafológica de INEGI (2014), en la zona se presentan dos tipos, el andosol húmico y andosol ócrico, ambos derivados de cenizas volcánicas que se caracterizan por ser suelos ácidos y fácilmente erosionables, se consideran aptos para usos forestales y poco apropiados para el uso agrícola. La zona es cruzada por los escurrimientos del manantial el Tepeite, mismo que abastece de agua a la comunidad de Santa María Ahuacatlán; presentan algunos escurrimientos superficiales durante la época lluviosa del año y al ser una zona que sustenta vegetación forestal con suelos de

tipo andosol presenta alta permeabilidad y por consecuencia captación importante de recursos hidrológicos (SEMARNAT, s/f).

De manera general, puede observarse el bosque de encino como el tipo de vegetación predominante; con presencia de algunos senderos y caminos no pavimentados, establecido en una zona de alta recarga de acuíferos, con pendientes marcadas y suelos de alta permeabilidad, condiciones que vuelven altamente frágil la zona a cambios de uso del suelo u otras actividades antropogénicas (SEMARNAT, s/f).

Desde su conformación (periodo 2011-2012) se ha desarrollado como un proyecto ecoturístico, que fomenta la participación de la población en actividades relacionadas con la observación de flora y fauna silvestre, senderismo interpretativo, talleres de educación ambiental y artesanales, campismo, entre otros. Pero a su vez representa algunos riesgos, ya que su gestión puede generar impactos negativos si no se mantiene un manejo óptimo acorde con los lineamientos planteados dentro del programa de manejo y demás instrumentos normativos, por lo cual, resulta primordial contar con un estudio que permita en primera instancia caracterizar los recursos florísticos del área, y en función de estos, generar estrategias de conservación y manejo sostenible en la zona.

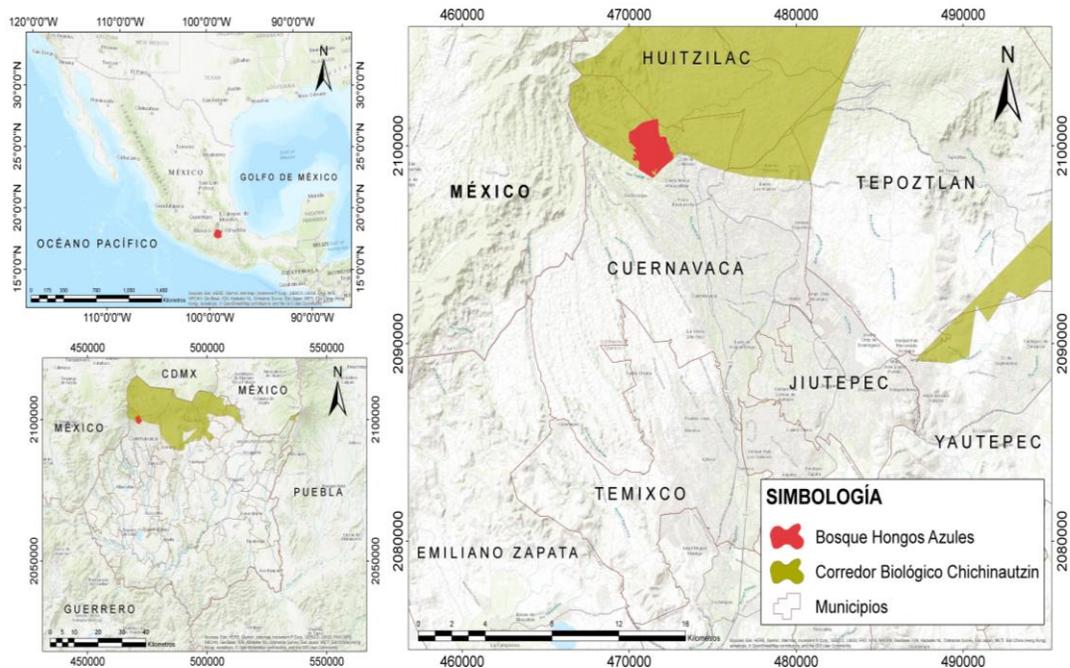


Figura 2. Ubicación Bosque de los Hongos Azules

En el municipio de Cuernavaca existen instrumentos gubernamentales que regulan el desarrollo urbano y ambiental, como el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) (2006) del municipio de Cuernavaca; en este sentido los predios que abarca el BHA se ubican dentro de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) número dos (Figura 3). El POET, en su apartado de estrategias y políticas, refiere para dicha UGA una política de conservación. La cual, propone conservar el ecosistema forestal y la vegetación nativa, con la posible aplicación de otros usos condicionados; como, el ecoturismo (senderos ecológicos interpretativos y observatorios de naturaleza), la instalación de Unidades de Manejo Ambiental (UMA), entre otras.

Al englobar estos aspectos, es claro que el BHA tiene un gran potencial para desarrollarse en el marco de la conservación y consolidarse como un espacio importante

en donde la población pueda revalorizar la relación hombre naturaleza como parte vital de nuestra existencia.

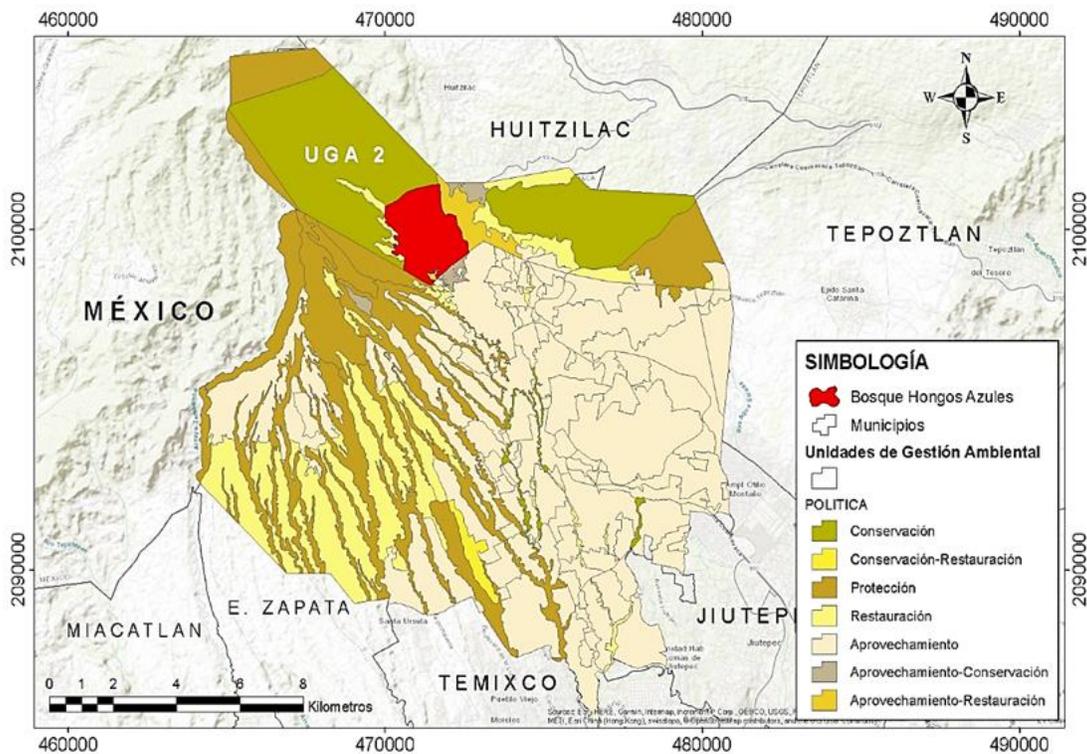


Figura 3. BHA en concordancia con el POET de Cuernavaca

5.2 Muestreo de la vegetación.

Para describir la composición, estructura y diversidad de la vegetación se optó por utilizar un método representativo (subjetivo o selectivo) a través de la delimitación por cuadrantes, en donde estos se arreglan subjetivamente en áreas representativas de la zona de estudio (Bautista *et al.*, 2004). Se marcaron un total de 20 cuadrantes con una dimensión de 10 x 10 metros, es decir, de 100 metros cuadrados por cuadrante o parcela, separados entre sí a una distancia mínima de 150 metros, esto para tener una muestra representativa de la vegetación del BHA. A través de imágenes satelitales, el manejo del software ArqGis (versión 10.6) y comprobación en campo, se realizó el acomodo de los cuadrantes.

Se inició con la cuantificación, en cada cuadrante, del número de especies y el número de individuos por especie, se registraron las medidas de cobertura, altura y diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) del estrato arbóreo. La definición utilizada en este estudio para el estrato arbóreo se identifica bajo el siguiente criterio (Ramos-López, 2005).

- Arbóreo (plantas leñosas con un diámetro a la altura del pecho d.a.p. ≥ 2.5 cm a 1.5 m del suelo)

5.3 Composición florística.

A través de la realización de 2 a 3 salidas periódicas por mes al BHA, las muestras se colectaron por duplicados. Cada ejemplar contó con todas las estructuras vegetativas hasta donde fue posible (hojas, flores y frutos); para su identificación se consultaron los diferentes fascículos de la Flora de Veracruz, la colección de la Flora de Guerrero, la obra de Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, así como la Flora fanerogámica del Valle de México. Los muestreos abarcaron las dos principales estaciones del año (lluvias y estiaje), con el propósito de reunir datos fenológicos de las diferentes especies. Además, se tomaron fotografías de cada espécimen para conservar aspectos que pudieran perderse en el proceso de secado de los individuos como flores, frutos, disposición, color y morfología de las especies. Esto de acuerdo con el Manual de herbario compilado por Lot y Chiang (1986).

5.4 Estructura de la comunidad vegetal.

Se determinó en los sitios de muestreo mediante los siguientes análisis estadísticos (Flores y Álvarez-Sánchez, 2004).

Frecuencia: Se refiere a si un individuo de una especie aparece en una unidad muestral; así, la medida se refiere a: en cuántas unidades muestrales apareció al menos un individuo de la especie en cuestión, dividido entre el número de unidades muestrales totales.

Frecuencia absoluta (F_A):

F_A = Número de cuadros donde se encontró la especie/Número total de cuadros muestreados

Frecuencia relativa (F_R):

$$F_R = \frac{F_{A_i}}{\sum_n F_{A_i}} \times 100$$

Densidad: Es el número de individuos por unidad de área.

Densidad absoluta (D_A) (Núm. de individuos por m^2)

D_A = núm. Individuos de la especie por área total muestreada

Densidad relativa (D_R)

$$D_R = \frac{D_{A_i}}{\sum_n D_{A_i}} \times 100$$

Dominancia Relativa (Dr): Las especies que se les denomina dominantes son aquellas que presentan mayor biomasa total, dependiendo del tipo de estrato pueden tener sus especies dominantes. La medida de dominancia indica el espacio de terreno ocupado actualmente por una especie, generalmente se toma como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo, la suma de las proyecciones de las copas de todos los individuos. A causa de la estructura vertical compleja de los bosques, la determinación de las copas es complicada y en algunos casos difícil de realizar, debido a esto, generalmente estas no son evaluadas, sino que se utilizan las áreas basales calculadas como sustitutos de los verdaderos valores de dominancia, es decir, puede estimarse a partir de cualquiera de las variables de abundancia (Mateucci y Colma, 1982). Se utiliza la siguiente formula:

$$Dr = Ae / \sum At \times 100$$

Donde:

A_e = área basal de cada especie

ΣA_t = sumatoria de las áreas basales de todas las especies

Índice valor de importancia ecológica de las especies (IVIE) (Keels *et al.*, 1997): Define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Será obtenido mediante la suma de los parámetros de la estructura horizontal, de acuerdo con la fórmula:

$$IVIE = D_R + F_R + D_r$$

5.5 Análisis de la diversidad.

Uno de los aspectos distintivos de las comunidades naturales, es la diferencia existente entre ellas en cuanto a su riqueza específica. En general, se considera que una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la componen (Baca, 2000).

Existen distintos tipos de diversidad: la local o diversidad α (alfa), la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad β (beta) y la diversidad (gamma) que reúne a las dos anteriores. En este estudio se describe la diversidad alfa, que es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea (Smith y Smith, 2007).

Índice de diversidad y dominancia de Simpson.

Se basa en la heterogeneidad de las especies más comunes presentes en el ecosistema de estudio, y está referido como una medida de dominancia (Magurran, 1988). Indica la probabilidad de que dos individuos al azar de una muestra sean de la misma especie. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Lande, 1996). Se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\lambda = \Sigma p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Se suma el Índice de Shannon-Wiener (H), que refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: la riqueza de especies y su abundancia. Esta es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Magurran, 2004). Su fórmula es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \times \log_2 p_i)$$

Donde:

$p_i = n_i/N$, n_i es el número de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

La definición de los índices de Simpson y Shannon posibilita la comparación de resultados siempre y cuando se desarrolle el complemento del índice de Simpson ($1 - \lambda$) y se dé el ajuste del índice de Shannon a una escala de 0 a 1 mediante la fórmula $H/\ln S$, también conocida como índice de equitatividad (E). De esta manera, los valores de H' y λ reflejan diversidad (heterogeneidad) en una escala compatible de 0 a 1, y donde los valores cercanos a 1 significan que la comunidad biológica es muy diversa (Baca, 2000).

Índice de equitatividad (E)

El índice de equitatividad del índice de Shannon, se basa en un producto de la relación existente entre la diversidad observada y la diversidad máxima, y cuyo valor se encuentra en el intervalo de 0 y 1, en donde la mínima o nula diversidad es referida por valores cercanos a 0 y los valores cercanos a 1 representa una gran diversidad, asumiendo que todas las especies son igualmente abundantes (Pielou, 1969). La equitatividad puede entonces definirse como:

$$E = H' / \ln(S)$$

Donde:

H' = Índice de Shannon-Wiener

S = Número de especies

Riqueza de especies

El índice de Margalef (D_{Mg}) es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969). Su fórmula es:

$$D_{Mg} = S - 1 / \ln N$$

Donde:

S = número de especies.

N = número total de individuos.

5.6 Límite de cambio aceptable (LCA).

Los enfoques contemporáneos para entender y aplicar la capacidad de visitantes se basan en la determinación de los LCA (Leung *et al.*, 2019) y a través de los años la metodología ha sufrido modificaciones con el fin de facilitar su implementación, combinándose con otros análisis para abarcar en su mayoría las necesidades de un ANP con desarrollo ecoturístico, por ejemplo, se ha incorporado el uso del ROVAP (Rango de Oportunidades para Visitantes en Áreas Protegidas), un marco de referencia que ayuda a visualizar posibilidades y oportunidades recreativas para las diferentes zonas (Rhodes, 2015).

Para el desarrollo de la presente investigación se utiliza la metodología de LCA propuesta por Stankey *et al.* (1985) con las modificaciones y adición del ROVAP (Figura 4) que se desarrolla en un total de 13 pasos (CONANP, s/f). Es importante resaltar que



Figura 4. Serie de pasos que conforman el análisis de LCA

algunos de los pasos sufrieron adecuaciones (o en su caso no fueron realizados) dadas las condiciones de la investigación misma, por ejemplo, los pasos número 1 (Preparar para la planificación), número 2 (Compartir información pertinente) y número 7 (Recolectar la información adicional necesaria) desglosan los pasos a seguir para la conformación de equipos de trabajo, promover el adecuado flujo de información entre dichos integrantes y la recolección o generación (en caso de ser necesario) de información adicional para la realización del análisis, por lo cual en este caso el desglose de estos puntos se realiza en menor medida en comparación con proyectos desarrollados a mayor escala, con un plan de financiamiento y diferentes grupos de interés involucrados.

Los últimos dos pasos, que hacen referencia a implementar el escenario seleccionado y monitorear y adaptar el manejo a las condiciones, no podrán ser analizados en la presente investigación, debido al tiempo con el que se cuenta para la realización de la misma, sin embargo, se busca sentar las bases que permitan a los administradores del BHA y la comunidad poder implementar, monitorear y en su caso realizar modificaciones a las condiciones en el análisis.

A continuación, se desglosan uno a uno los pasos que conforman el método LCA de acuerdo con CONANP (s/f), se desarrolla para cada paso el propósito y resultados esperados con las adecuaciones pertinentes.

Paso 1: Preparar para la planificación

Propósito del paso. Tres objetivos importantes que deben cumplirse:

- Identificar e incorporar a las personas que van a trabajar en el proceso de planeación y los mecanismos necesarios para la participación efectiva del público;
- Organización de los aspectos administrativos y logísticos;
- Inicio de la recolección de información pertinente (a través de una recopilación documental y bibliográfica).

Resultados esperados. Al cumplir con este paso, se debe tener listo:

- La identificación de todos los posibles participantes en el proceso de planeación;

- Organización de una metodología que involucre a los participantes en el proceso, determinando el tipo y nivel de su participación;
- Un cronograma de actividades que defina las actividades principales a realizar y cuando se van a llevar a cabo;
- Recolección de los documentos de apoyo para el proceso.

Paso 2: Compartir información pertinente

Propósito del paso: Asegurar que las personas involucradas en el proceso reciban la información básica necesaria para poder participar con niveles similares de comprensión de la problemática del BHA.

Resultados esperados: Una vez finalizado, los participantes deben:

- Tener acceso a todos los documentos pertinentes;
- Haber revisado la documentación;
- Tener una visión común de la misión del BHA y su problemática;
- Conocimiento del rol de cada uno de los involucrados en el proceso.

Paso 3: Identificar y priorizar inquietudes y oportunidades sobresalientes

Propósito del paso: Con la participación de todos los involucrados, preparar una lista priorizada de las inquietudes y las oportunidades que deben informar los próximos pasos del proceso y que deben afectar el futuro manejo del BHA.

Resultados esperados: Con la lista priorizada de inquietudes y oportunidades, los participantes deben tener un entendimiento común de los valores, atractivos naturales y culturales, así como, los factores que influyen en el manejo, y estar preparados para describir condiciones deseadas para el futuro.

Paso 4: Describir clases de oportunidades para lograr condiciones deseadas

Propósito del paso: En este paso se identifican y determinan las diversas oportunidades recreativas a ofrecer, siempre tomando en cuenta el marco de la misión del área, las condiciones futuras para el manejo y eventualmente elaborar una propuesta de zonificación para el BHA.

Resultados esperados: Determinar los tipos (clases) de experiencias recreativas que pueden ser apropiados en el área, expresado mediante un sistema de zonificación cuyas características faciliten ese rango de experiencias, incluyendo condiciones biofísicas, sociales, culturales y de gestión de cada zona.

Paso 5: Escribir una declaración para el área que describe las condiciones deseadas

Propósito del paso: De manera sintetizada describir la dirección general que tomará el manejo del BHA, así como, sus proyecciones a futuro.

Resultados esperados: Una visión clara y fácil de entender del futuro manejo del BHA.

Paso 6: Seleccionar y diseñar indicadores para las inquietudes y oportunidades

Propósito del paso: Seleccionar un conjunto de indicadores cuyo monitoreo demuestra la calidad de la salud de las condiciones deseadas de cada zona.

Resultados esperados: Un conjunto de indicadores representativos, en primera instancia de las inquietudes y oportunidades señaladas en los pasos anteriores y, en segundo lugar, de las condiciones deseadas y clases de oportunidades desarrolladas en el paso 4.

Paso 7. Recolectar la información adicional necesaria

Propósito del paso: Recolectar información respecto a las condiciones biofísicas y sociales relacionadas con los indicadores seleccionados para determinar puntos de referencia o línea base para cada uno.

Resultados esperados: Indicadores factibles e información suficiente como referencia en la especificación de estándares para cada indicador.

Paso 8: Especificar estándares de condiciones aceptables para cada indicador

Propósito del paso: Desarrollar estándares que definen los límites de cambio aceptable para cada indicador.

Resultados esperados: Estándares realistas para cada indicador, resultando de consenso de los interesados; detalles para su monitoreo; desarrollo de un protocolo de monitoreo.

Paso 9: Identificar escenarios de manejo

Propósito del paso: Definir en el mapa del BHA diferentes escenarios para un esquema de zonificación.

Resultados esperados:

- Una comprensión por parte de los participantes de la importancia de la zonificación;
- Escenarios distintos desarrolladas de posibles esquemas de zonificación ubicadas en el mapa.

Paso 10: Para cada escenario comparar las condiciones actuales a las aceptables (estándares) e identificar las acciones necesarias

Propósito del paso:

- Identificar causas de las discrepancias entre las condiciones actuales y las aceptables;
- Seleccionar las estrategias y tácticas de manejo para lograr o mantener las condiciones aceptables (representadas por los indicadores y estándares ya identificadas).

Resultados esperados: Lograr una comprensión de las causas de los problemas (inquietudes) y preparar una lista de estrategias de manejo para mantener o lograr las condiciones aceptables para cada indicador y estándar.

Paso 11: Seleccionar el escenario preferido

Propósito del paso: Analizar los distintos escenarios de zonificación y seleccionar el más adecuado.

Resultados esperados:

- Consenso respecto a la mejor zonificación para el BHA
- Un esquema (mapa) de zonificación seleccionada.

6 RESULTADOS

6.1 Composición florística

Se muestrearon 20 cuadrantes en el BHA (Figura 4), se registraron 268 individuos (árboles en su totalidad) representados por 34 especies, de las cuales se identificaron 15 hasta especie, en 11 familias y 13 géneros.

Se determinó que las 3 familias con mayor cantidad de especies en el BHA son: Fagaceae (1 género, 3 especies), Betulaceae (2 géneros, 2 especies) y Fabaceae (2 géneros, 2 especies) las cuales representan un 46% del total de especies registradas (Tabla 1 y 2). Las familias restantes están representadas por un solo género y una especie.

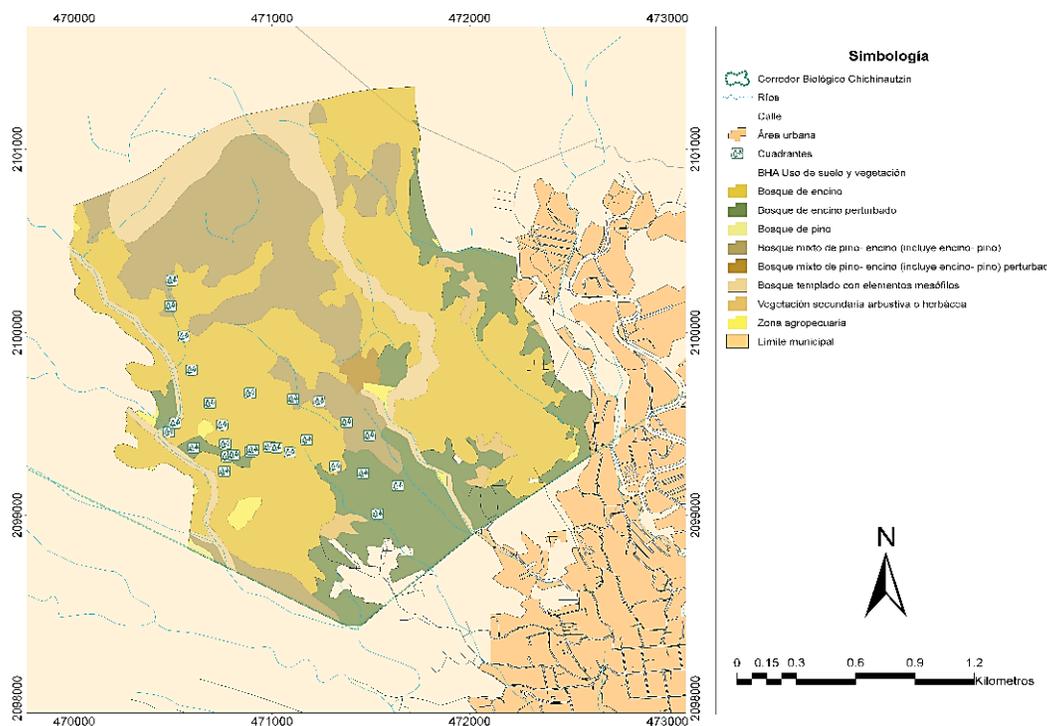


Figura 5. Cuadrantes en el BHA

Tabla 1. Número de familias y especies con mayor representatividad en el BHA.

Importancia	Familia	Géneros	Especies	Porcentaje (%)
1	Fagaceae	1	3	20
2	Betulaceae	2	2	13
3	Fabaceae	2	2	13
			Total	46

Tabla 2. Lista de familias y especies con mayor representatividad en el BHA

FAMILIA	ESPECIE	% ESPECIES POR FAMILIA
Fagaceae	<i>Quercus laurina</i> Bonpl. <i>Quercus rugosa</i> Née <i>Quercus magnoliifolia</i> Née	20
Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i> Kunth <i>Carpinus caroliniana</i> Walter	13
Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill. <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	13

La familia Fagaceae al igual que con la diversidad de especies, ocupa el primer lugar en cuanto a la familia con mayor número de individuos registrados (74) en el BHA, 1 género y 3 especies (*Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Q. magnoliifolia*); sin embargo, al hacer la comparación con las siguientes familias más diversas por número de especie las diferencias son notorias, ya que en Styracaceae con la especie *Styrax argenteus* var. *ramirezii* y Pentaphylacaceae con *Ternstroemia lineata* ocupan el segundo y tercer puesto con 51 y 22 individuos registrados respectivamente (Figura 6).

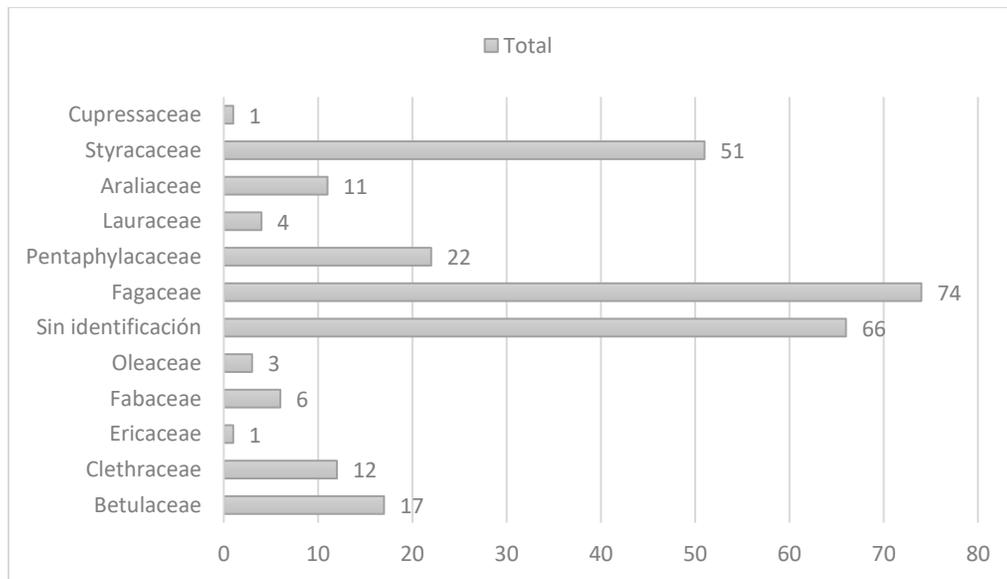


Figura 6. Número de individuos por familia.

La altura promedio de los árboles en el BHA es de 10.19 m y el DAP promedio es de 28 cm, no obstante, este dato al momento puede presentar sesgo y probablemente se realicen adecuaciones en los análisis al final del muestreo, ya que se han tomado en cuenta todos los individuos de árboles donde se incluyen juveniles y plántulas que en ocasiones no rebasan los 5 cm de DAP ni los 2 metros de altura.

En cuanto al tema de árboles por ha y m², con los datos que se tienen a la fecha, se calcula que hay aproximadamente 1340 árboles por ha y 0.13 árboles por m² lo que indica que cada 7.46 m² hay un árbol.

6.2 Estructura de la comunidad vegetal

Las poblaciones de especies no existen solas en el ambiente, se ensamblan con otras poblaciones en una misma área, las interacciones existentes forman asociaciones que son definidas por la frecuencia, abundancia y dominancia. En la Tabla 3 se observan las especies que aparecieron en los sitios de muestreo con los respectivos valores (absolutos y relativos) de frecuencia, densidad y dominancia.

Tabla 3. Valores absolutos y relativos (Frecuencia (Frecuencia absoluta (F_A), Frecuencia relativa (F_R)), Densidad (D_A, D_R) y Dominancia (D_a, D_r) e índice de valor de importancia de las especies (IVIE).

TAXÓN	NOMBRE COMÚN	F _A	F _R	D _A	D _R	D _a	D _r	IVIE
<i>Styrax argenteus</i> var. <i>ramirezii</i> (Greenm.) Gonsoulin	Aguacatillo	15	10.20	52	19.40	4.41	17.39	47.00
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	Aile	3	2.04	8	2.99	0.61	2.42	7.45
<i>Prunus serotina</i> spp. <i>capuli</i> (Cav. ex Spreng.) McVaugh	Capulín	5	3.40	5	1.87	0.16	0.63	5.90
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Cedro	1	0.68	1	0.37	0.00	0.02	1.07
Especie 1	Cincuentón	7	4.76	13	4.85	0.55	2.19	11.80

Especie 2	Compancillo	1	0.68	1	0.37	0.01	0.05	1.11
Especie 3	Sin especificar	1	0.68	4	1.49	0.03	0.12	2.29
Especie 4	Sin especificar	1	0.68	1	0.37	0.02	0.07	1.12
Especie 5	Sin especificar	1	0.68	1	0.37	0.001	0.003	1.06
Especie 6	Sin especificar	1	0.68	1	0.37	0.10	0.38	1.43
Especie 7	Sin especificar	1	0.68	1	0.37	0.00	0.02	1.07
Especie 8	Sin especificar	1	0.68	1	0.37	0.04	0.15	1.20
Especie 9	Sin especificar	1	0.68	1	0.37	0.01	0.03	1.08
Especie 10	Sin especificar	1	0.68	1	0.37	0.04	0.16	1.22
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	Encino hoja ancha	4	2.72	8	2.99	1.05	4.14	9.85
<i>Quercus laurina</i> Bonpl.	Encino laurelillo	14	9.52	31	11.57	7.16	28.22	49.31
<i>Quercus rugosa</i> Née	Encino prieto	17	11.56	35	13.06	4.18	16.50	41.13
<i>Quercus spp.</i>	Encino*	1	0.68	1	0.37	0.38	1.52	2.57
<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Fresno	3	2.04	3	1.12	0.01	0.03	3.19
<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	Laurel cimarrón	2	1.36	4	1.49	0.02	0.09	2.95
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Madroño	1	0.68	1	0.37	0.38	1.52	2.57
<i>Clethra mexicana</i> DC.	Mameicillo	8	5.44	12	4.48	2.39	9.43	19.35
Especie 11	Mezquite	4	2.72	8	2.99	1.12	4.42	10.12
Especie 12	Naranjillo	6	4.08	8	2.99	0.24	0.93	8.00

<i>Pinus spp.</i>	Ocote	1	0.68	1	0.37	0.05	0.21	1.26
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	Palmilla	4	2.72	9	3.36	0.46	1.82	7.90
<i>Carpinus spp.</i>	Palmilla*	1	0.68	3	1.12	0.12	0.47	2.27
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Palo dulce	2	1.36	2	0.75	0.37	1.47	3.58
<i>Garrya laurifolia</i> Benth.	Palo de zorro	9	6.12	10	3.73	0.03	0.13	9.99
<i>Oreopanax peltatus</i> Linden ex Regel	Papayo	10	6.80	11	4.10	0.22	0.85	11.76
<i>Crataegus spp.</i>	Tejocotillo	1	0.68	3	1.12	0.16	0.62	2.42
<i>Ternstroemia lineata</i> DC.	Trompillo	15	10.20	22	8.21	0.66	2.60	21.02
<i>Erythrina americana</i> Mill.	Zomplantle	3	2.04	4	1.49	0.27	1.06	4.59
<i>Erythrina spp.</i>	Zompantillo	1	0.68	1	0.37	0.09	0.34	1.39
	TOTAL	14 7	100	268	100	25.36	100	

En las primeras columnas se observan las frecuencias de las especies en los sitios de muestreo, correspondiendo a *Quercus rugosa* el 11.56% seguido por *Ternstroemia lineata* y *Styrax argenteus* var. *ramirezii* compartiendo el 10.20% y *Q. laurina* con el 9.52% de apariciones en los cuadrantes, el resto de las especies oscilan entre el 1% y 6%. Por último, y de acuerdo con el IVIE, las especies *Q. laurina* (49.31), *Q. rugosa* (41.13) y *S. argenteus* var. *ramirezii* (47) son las de mayor importancia en el muestreo en cuanto a su frecuencia, densidad y dominancia.

6.3 Análisis de la diversidad

Los resultados obtenidos en la Tabla 4 en cuanto al índice de diversidad de especies; Simpson (λ) y su complemento ($1 - \lambda$), además de Shannon (H); encontramos 0.08 (λ), 0.91 ($1 - \lambda$) y 2.8 (H). Simpson nos lleva a una heterogeneidad (recordando que sus valores van de 0 a 1) y que de acuerdo con el valor obtenido (0.08), este representa la probabilidad de que los organismos tomados al azar sean de la misma especie, dato que se

complementa con el índice $1 - \lambda$ (0.91) que al acercarse más al valor 1 se infiere una mayor diversidad. Shannon por su parte se basa en cuanto mayor sea el valor de H' (2.8) mayor será la diversidad.

El índice de equitatividad (E) con valor de 0.8, nos indica por último que la equitatividad es uno de los elementos importantes para determinar la diversidad de la comunidad, ya que a valores cercanos a 1 se representa una gran diversidad y se asume que muchas de las especies analizadas a la fecha son abundantes en cantidades similares.

Tabla 4. Índices de diversidad para el BHA

Diversidad ($1 - \lambda$)	Simpson (λ)	Shannon (H')	Margalef (D_{Mg})	Equitatividad (E)
0.911	0.088	2.833	5.902	0.803

6.4 Límites de cambio aceptable (LCA)

Paso 1: Preparar para la planificación

Mapa de actores.

Es una técnica que permite identificar a las personas que ser importantes para la planeación, diseño, implementación o evaluación de un proyecto. Se nombran e identifican los grupos, instituciones, organizaciones, comunidades e individuos que tienen algún interés en el tema (Tabla 5). Son clasificados de acuerdo con el poder que ejerce o puede ejercer sobre el AP y su conexión con esta.

Tabla 5. Mapa de actores. *Relación predominante*: 1. A favor: predominan las relaciones de confianza y colaboración. 2. Indeciso/indiferente: Predomina las relaciones de afinidad, pero existe una mayor incidencia de las relaciones antagónicas. 3. En contra: el predominio de relaciones es de conflicto. *Jerarquización de poder*: Es la capacidad del actor de limitar o facilitar las acciones (Solís, 2007).

Grupo de actores sociales	Actor	Rol en el proyecto	Relación predominante	Jerarquización de poder
---------------------------	-------	--------------------	-----------------------	-------------------------

A.C. El Bosque de los Hongos Azules	<ul style="list-style-type: none"> • Sra. Marisa Hernández Pérez • Sra. María de los Ángeles Martínez Flores • Sr. Tomas Campos Jiménez 	Como poseedores de la tierra, toman las decisiones finales respecto al análisis. Primordiales por el conocimiento con el que cuentan del BHA.	A favor	Alto
UAEM, a través del Centro de Investigaciones Biológicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Biol. Samuel Puebla Román 	Responsable de dirigir el proceso de LCA, junto con la organización de las actividades a realizar.	A favor	Medio
UAEM, a través del Centro de Investigaciones Biológicas.	<ul style="list-style-type: none"> • M. en C. Domitila Martínez Alvarado • M. en MRN. Álvaro Flores-Castorena • Dr. Jaime Raúl Bonilla Barbosa • Dr. Einar Topiltzin Contreras Macbeath 	Cumplen funciones de asesoría principalmente, con participaciones puntuales en el proceso de LCA.	Indeciso/ Indiferente	Bajo
Presidencia municipal de Santa María Ahuacatlán	<ul style="list-style-type: none"> • C. Manuel Galicia Sánchez 	Actores en la toma de decisiones que convienen al municipio	A favor	Medio
Bienes comunales Santa María Ahuacatlán	<ul style="list-style-type: none"> • Pendiente 	Tiene participación directa en la toma de decisiones	A favor	Alto

		como la voz de los poseedores de la tierra de la comunidad.		
CONANP	<ul style="list-style-type: none"> • Ing. Adelmo David Caffagni Portillo 	Responsable del monitoreo en el ANP.	A favor	Alto
CONAFOR	<ul style="list-style-type: none"> • Pendiente 	Cumplen funciones en la protección, conservación y manejo de los bosques.	A favor	Medio
SEMARNAT. Subdelegado de Gestión Para la Protección Ambiental y Recursos Naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Juan Ramon Acosta Cebrenos 	Secretaría general que se encarga de la protección de los recursos naturales, en los que se gestionan procesos administrativos de injerencia en las ANP.	A favor	Medio
Secretaria de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Morelos	<ul style="list-style-type: none"> • Constantino Maldonado Krinis 	Entidad pública que impulsa el desarrollo sustentable en el estado.	A favor	Medio
Secretaria de Desarrollo Sustentable y Servicios Públicos del Ayuntamiento de Cuernavaca	<ul style="list-style-type: none"> • Efraín Esaú Mondragón Corrales 	Secretaría que impulsa el desarrollo sustentable en el municipio.	A favor	Medio

Involucramiento del público.

- Reuniones de trabajo con los participantes. Se explicó la importancia del análisis, lograr una retroalimentación con comentarios y opiniones de los diferentes actores y detallando las bases para el correcto desarrollo de la investigación.
- Recorridos de campo. Permitió familiarizar a los participantes en el proceso de planeación, identificando las condiciones actuales del BHA para el planteamiento posterior de clases de oportunidad, indicadores y demás estrategias del análisis.
- Entrevistas, intercambios con actores clave. A pesar de que no se genera un formato como tal de entrevista en alguna de sus modalidades, las reuniones de trabajo y recorridos de campo han propiciado el intercambio de información entre los participantes, suficiente para conocer el contexto del BHA con temas de posesión de la tierra, cuestiones políticas dentro de la comunidad, etc.

Cronograma de actividades.

Tabla 6. Cronograma de actividades para el análisis de LCA (Bimestral, a partir de agosto 2019).

PASO DEL PROCESO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. Preparar para la planificación	x									
II. Compartir información pertinente	x									
III. Identificar y priorizar inquietudes y oportunidades		x								
IV. Describir clases de oportunidades para definir condiciones deseadas		x	x							
V. Escribir una declaración (visión) de condiciones deseadas				x						

V1. Seleccionar y diseñar indicadores para inquietudes y oportunidades				x	x					
VII. Recolectar información adicional					x	x				
VIII. Especificar estándares de condiciones aceptables para cada indicador							x			
PASO DEL PROCESO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IX. Identificar escenarios de manejo								x	x	
X. Para cada escenario comparar las condiciones actuales a las aceptables (estándares) e identificar las acciones necesarias										x
XI. Seleccionar el escenario preferido										x

Recolección de información.

La información en específico del BHA es limitada, sin embargo, fue posible recuperar literatura en relación con el corredor biológico Chichinautzin, donde la información abarca en un nivel más amplio parte de las condiciones y características del área:

- Decreto por el que se declara el área de protección de la Flora y Fauna silvestres “Corredor Biológico Chichinautzin”, publicada en el Diario Oficial de la Federación en el año de 1988, marcando las pautas que debe seguir su funcionamiento dada su categoría;
- Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Cuernavaca, publicado en el año 2006, que definen las unidades de gestión ambiental del municipio, recomendando para cada una de ellas las actividades más adecuadas dependiendo características de cada área.

- El libro “Biodiversidad, conservación y manejo en el Corredor Biológico Chichinautzin. Condiciones actuales y perspectivas.”, publicado en el 2010 por la UAEM;

Paso 2: Compartir información pertinente

A través de las primeras reuniones de trabajo junto a los participantes, se compartió toda la información mencionada en el paso anterior y mediante el intercambio entre todas las partes se logró conocer a mayor detalle la historia de conformación del proyecto ecoturístico, como ha sido su desarrollo hasta la fecha y cuáles son las proyecciones del BHA; dando la introducción para el desarrollo del paso siguiente en donde se desglosan todas las inquietudes y oportunidades del BHA.

Paso 3: Identificar y priorizar inquietudes y oportunidades sobresalientes

Este es un de los pasos más importantes ya que se establecen las bases para describir las condiciones deseadas para el futuro del BHA, por lo cual resulta importante definir a que se hace referencia con "inquietud" y "oportunidad”.

Una inquietud de acuerdo con CONANP (s/f), está definida como cualquier duda o preocupación que tengan los participantes relacionada con el manejo actual o futuro del área. Mientras que la oportunidad hace referencia a los puntos positivos que pueden ser aprovechados en el manejo del BHA.

La definición y priorización de las inquietudes y oportunidades fueron formuladas a partir de sesiones de trabajo con los actores clave del BHA. Al inicio de la actividad se le pidió a cada uno de los participantes que escribieran 5 inquietudes principales de acuerdo con su experiencia y conocimiento previo del BHA; finalizada la actividad se mencionaron todas las ideas, obteniendo una lista preliminar. Una vez completada la lista, en consenso de todos los participantes se realizó la priorización de las inquietudes y se repitió el proceso, pero ahora tomando en cuenta las oportunidades del BHA (Tabla 7).

Tabla 7. Inquietudes y oportunidades del BHA.

INQUIETUDES	OPORTUNIDADES
Extracción de flora silvestre.	Valores y atractivos naturales del BHA.
Extracción de recurso forestal.	Especies de flora carismáticas.
INQUIETUDES	OPORTUNIDADES
Impacto físico resultado de la actividad turística (pisoteo de vegetación, ampliación de senderos). Falta de señalización adecuada en las zonas de influencia del Bosque.	Atractivo cultural del BHA.
Manejo de residuos (Generación de basura).	Mercado turístico y productivo potencial.
Participación limitada de la comunidad en beneficio de la zona.	Convenios y relaciones estrechas con instituciones académicas.
Impacto social con la población aledaña al BHA (conflictos de uso).	Existencia de infraestructura para prestar servicios.

Paso 4: Describir clases de oportunidades para lograr condiciones deseadas

A partir de la información recabada sobre las actividades recreativas que se ofrecen en el BHA, se realizó la zonificación del área, tomando en cuenta sus características biofísicas, sociales, infraestructura y gestión. La clasificación tiene como base la implementación del sistema ROVAP, que ayuda a establecer las condiciones deseadas en el establecimiento de LCA para la zona. Se definieron 4 clases de oportunidad (Figura 7):

- Primitiva
- Natural
- Rústico
- Rural

En las Tabla 8, 9, 10 y 11 se describe respectivamente cada clase de oportunidad en base al marco de referencia de ROVAP:

Tabla 8. Clase de oportunidad: Primitiva

Clase de oportunidad: PRIMITIVA			
Entorno		Subcomponente	Descripción
Descripción		Zona con poca evidencia de alteración antropogénica y amplia cobertura vegetal. Zonas de difícil acceso, los senderos son escasos y no son sencillos de transitar. Los grupos de visitantes que recorren estas zonas son poco frecuentes. No existen señalizaciones que permitan recorrer la zona sin conocimiento previo, por lo cual, los grupos de visitantes que pueden acceder son reducidos y se dan en compañía de guías especializados. Los encuentros con pobladores locales son poco frecuentes.	
Biofísico	Alejamiento		La posibilidad de experimentar una sensación de lejanía y soledad es alta, al igual que los encuentros con la vida silvestre que habita en el bosque conservado.
	Grado de naturalidad	Impacto en la vegetación terrestre	Un alto porcentaje de la vegetación está en buenas condiciones de conservación, es un ambiente donde pueden desarrollarse de manera favorable muchas especies de vertebrados e invertebrados.
		Evidencia de actividad humana	La presencia de actividad humana es baja y se relaciona únicamente con los senderos antiguos que se habilitaron en la zona.
	Tipos de acceso		No existe control del acceso con pobladores de la comunidad, sin embargo, con los visitantes se mantienen condiciones controladas en los senderos y brechas durante las caminatas. El acceso no rebasa los 2 metros de anchura.

Social	Interacción social	Número de personas por grupo	No excede las 10 personas.
		Número de encuentros	Los encuentros con pobladores de la comunidad son poco frecuentes.
	Actividades	Locales	Recorridos de vigilancia por parte de los administradores del BHA y recolección de hongos en temporada.
		Turísticas	Desarrollo de actividades relacionadas con la observación de flora y fauna silvestre y senderismo interpretativo.
	Tenencia de la tierra		De carácter comunal.
Gestión	Infraestructura	Senderos	Los senderos existentes fueron habilitados desde hace décadas por las actividades de la comunidad y se utilizan a la par en el senderismo interpretativo. A la fecha no se han habilitado nuevos senderos.
		Caminos	No aplica.
		Señalización	No existe señalización en la zona.
		Edificación	No aplica.
		Sanitarios	No aplica.
		Fuentes de agua potable	Existe un canal con infraestructura cerrada que se abastece del Río Tepeite al norte del BHA y que atraviesa todo el polígono hasta llegar a las comunidades aledañas.
		Alojamiento	No existen edificaciones y no se permite instalar campamentos.
	Presencia de gestión	Patrullajes	Se realizan recorridos de vigilancia y monitoreo ante cualquier eventualidad que pueda suscitarse (incendios forestales, caída de árboles, entre otros)
		Interpretación	Los guías que brindan el servicio están capacitados y certificados para el desarrollo de sus actividades.
		Regulación y control	Las actividades que involucran el recibimiento de visitantes están programadas por la

			administración del BHA con antelación. Antes de comenzar la actividad se dan las indicaciones y reglas principales que promueven el cuidado del ambiente; por ejemplo, queda prohibida la extracción de cualquier tipo de recurso florístico o faunístico, no se debe tirar ningún tipo de residuo y no se promueve ningún tipo de actividad relacionado a cabalgatas, ciclismo de montaña, motocross, cuatrimotos, rapel o cualquier otra actividad extrema.
--	--	--	---

Tabla 9. Clase de oportunidad Natural.

Clase de oportunidad: NATURAL			
Descripción		Zona con un buen grado de conservación; sin embargo, en algunas zonas es posible encontrarse con evidencias de cambio de uso de suelo por actividades agrícolas principalmente. Los senderos existentes son sencillos y el acceso es a pie o mediante algún animal de carga. No hay ningún tipo de señalización. El contacto con otros visitantes y pobladores de la comunidad es poco frecuente.	
Entorno	Componente	Subcomponente	Descripción
Biofísico	Alejamiento		Es posible experimentar sensación de lejanía y soledad en algunas zonas. Se pueden observar especies de vida silvestre en su entorno natural.
	Grado de naturalidad	Impacto en la vegetación terrestre	La cobertura vegetal esta conservada en un 75-80% aproximadamente. Existe evidencia de actividades antropogénicas, relacionadas en su mayoría a zonas agrícolas para subsistencia y venta local.
		Evidencia de actividad humana	La actividad humana se relaciona más con los pobladores locales que poseen alguna extensión

			de tierra en la zona. Los recorridos con visitantes a estas zonas son muy poco frecuentes.
	Tipos de acceso		Los accesos (senderos y brechas) varían en anchura, en algunas zonas son más accesibles, sin embargo, esto varía en función de las condiciones topográficas del terreno.
Social	Interacción social	Número de personas por grupo	No excede las 10 personas por grupo.
		Número de encuentros	Los encuentros con pobladores de la comunidad son poco frecuentes.
	Actividades	Locales	Actividades relacionadas con la agricultura y recolección de algunos productos de la vegetación (p.ej. temporada de hongos).
		Turísticas	No son frecuentes, pero se relacionan con la observación de flora/fauna silvestre y senderismo interpretativo.
	Tenencia de la tierra		De carácter comunal.
Gestión	Infraestructura	Senderos	Los senderos y brechas existentes se habilitaron desde hace décadas para el desarrollo de las actividades de la comunidad.
		Caminos	No aplica.
		Señalización	No existe señalización en la zona.
		Edificación	Existen en algunos puntos, pequeños “jacales” o construcciones sencillas para resguardo en el desarrollo de sus actividades en la zona.
		Sanitarios	Dato no disponible.
		Fuentes de agua potable	Existe un canal con infraestructura cerrada que se abastece del río Tepeite, desciende en dirección sureste hasta llegar a las comunidades aledañas. Del lado oeste se encuentra el cauce del río Tepeite.
		Alojamiento	No se permite la instalación de campamentos.

	Presencia de gestión	Patrullajes	Son realizados directamente por los pobladores de la comunidad que poseen alguna extensión de tierra.
		Interpretación	No aplica
		Regulación y control	En algunas zonas es posible encontrarse con cercos que dividen los predios y evitan el acceso.

Tabla 10. Clase de oportunidad: Rústico

Clase de oportunidad: RÚSTICO

Descripción		Es un área que presenta evidencia clara de perturbación a raíz de actividades agrícolas, turísticas (fin de semana y periodos vacacionales principalmente) y la construcción de edificaciones (propiedad privada y comunal) como vivienda y para brindar servicios de hospedaje y alimentación a los visitantes, así como, venta de artesanías y productos derivados de la vegetación nativa. Está rodeada por vegetación característica de la zona. Los encuentros con otros visitantes son variados, con una afluencia alta son muy comunes. Existen medidas de vigilancia, regulación y control constantes. El acceso puede ser a pie, con animales de carga e incluso mediante algún transporte motorizado; los senderos y caminos están bien marcados y superan el metro de ancho. Los administradores del BHA y prestadores de servicios se han capacitado y siguen fortaleciendo sus capacidades para el desarrollo de las actividades, buscando el involucramiento y participación de más miembros de la comunidad.	
Entorno	Componente	Subcomponente	Descripción
Biofísico	Alejamiento		No se experimenta un gran alejamiento por la infraestructura establecida y los accesos bien definidos que conectan rápidamente con la localidad en dirección sur.
	Grado de naturalidad	Impacto en la vegetación terrestre	Zonas específicas visiblemente impactadas por actividades antropogénicas, sin embargo, en los alrededores se mantiene una estructura vegetal en

			buenas condiciones y sin impactos de mayor relevancia aparente.
		Evidencia de actividad humana	Es mucho más frecuente en la zona de campamento, alimentos y hospedaje. La afluencia de visitantes aumenta principalmente en fines de semana y periodos vacacionales.
	Tipos de acceso		El camino principal está bien delimitado y es de terracería en su mayoría, sin embargo, un tramo con pendiente de la primera sección esta empedrada. El acceso puede darse mediante algún vehículo motorizado ligero, a pie y pobladores locales pueden recurrir a algún animal de carga en ocasiones.
Social	Interacción social	Número de personas por grupo	En esta zona no hay una limitación establecida y generalmente se trata de familias o grupos de estudiantes con número variable de integrantes.
		Número de encuentros	Son frecuentes con otros usuarios, sobre todo en temporadas con mayor afluencia. Durante el transcurso de la semana los encuentros bajan considerablemente.
	Actividades	Locales	Se realizan actividades tradicionales, como la cosecha de hongos en temporada y otros cultivos.
		Turísticas	Se puede encontrar una zona para la venta de alimentos, artesanías y productos derivados de especies vegetales para infusiones y té, así como, la oportunidad de acampar u hospedarse en la cabaña o el hostal.
Tenencia de la tierra		De carácter comunal.	
Gestión	Infraestructura	Senderos	Se tienen habilitados dos senderos principales para el desarrollo de las actividades de senderismo interpretativo, avistamiento de flora y fauna. Pueden ser transitados a pie o a caballo, con pendientes pronunciadas en algunas zonas. Todos son de terracería, con tramos accidentados.

		Caminos	Solo hay un camino principal de acceso y salida que conduce a las instalaciones que conforman el proyecto, el tramo principal tiene pendientes marcadas y está conformado por tramos de tierra y empedrados.
		Señalización	La señalización es escasa, solo hay un cartel en el camino principal que da la bienvenida a los visitantes y aporta un poco de información acerca de que se encuentran dentro del ANP "Corredor Biológico Chichinautzin".
		Edificación	Cuentan con infraestructura ya bien definida en algunas zonas, la primera con la que se tiene contacto al visitar el BHA es una cabaña bien equipada, después se encuentra la zona de alimentos (equipada con sillas, mesas e infraestructura para la preparación de alimentos); a la par de esta zona, pero del lado izquierdo y en una parte más alta se tiene el hostel, equipado con literas. Siguiendo hacia el norte de la zona de alimentos, aproximadamente a unos 250 metros se cuenta con el campamento a cielo abierto y la zona de usos múltiples. El estilo arquitectónico es similar en todas las edificaciones y los materiales de construcción también son los mismos, logrando dar una apariencia más armónica con la naturalidad del bosque.
		Sanitarios	Dentro del marco de la sustentabilidad se cuenta con un total de 20 baños secos (divididos entre retretes y mingitorios), distribuidos en las diferentes instalaciones del bosque.
		Fuentes de agua potable	El suministro de agua potable con la que se abastece el BHA se deriva de una toma conectada de un canal que desciende del paraje "los tubos" y que a su vez se alimenta del río Tepeite al noreste del BHA. Se cuentan con dos depósitos edificados al exterior que conservan el agua. Además de un depósito ubicado a un lado del hostel que funge como captador de aguas pluviales que posteriormente son utilizadas para actividades de riego

	Presencia de gestión	Patrullajes	La presencia de los administradores del BHA y los guías es constante para salvaguardar la integridad de los visitantes.
		Interpretación	Existe la posibilidad de realizar interpretación de diferentes aspectos naturales, sin embargo, esta aun en desarrollo el material gráfico y didáctico (mapas temáticos, folletos, guías, entre otros) que apoyen el desarrollo de las actividades en el BHA.
		Regulación y control	Las actividades que se promueven en el BHA están organizadas y supervisadas por guías capacitados, en este aspecto y a diferencia de otras zonas ecoturísticas los visitantes no pueden realizar actividades que estén fuera del programa establecido o sin la compañía de alguno de los guías que estén a cargo. Lo mismo sucede con las actividades relacionadas a la zona de campamento y demás instalaciones de hospedaje, la supervisión por parte del personal es constante; sin embargo, se mantiene un equilibrio para que los visitantes logren disfrutar su experiencia en el BHA con la mayor comodidad y privacidad posible.

Tabla 11. Clase de oportunidad: Rural

Clase de oportunidad: RURAL

Descripción		Zona con evidencia alta de impacto sobre el entorno natural, es una combinación entre áreas naturales y expansión de asentamientos humanos adyacentes de las zonas urbanas de Cuernavaca y Huitzilac. Zonas con acceso relativamente sencillo, con caminos y senderos pavimentados, empedrados o de terracería. Los grupos de visitantes en esta zona no realizan actividades y la interacción con pobladores locales que oferten algún servicio es nula.	
Entorno	Componente	Subcomponente	Descripción

Biofísico	Alejamiento		La posibilidad de experimentar una sensación de lejanía y soledad es baja al estar en contacto con infraestructura ya definida.
	Grado de naturalidad	Impacto en la vegetación terrestre	Un alto porcentaje de la vegetación presenta impactos y alteraciones para el establecer asentamientos humanos o alguna zona de carácter agropecuario.
		Evidencia de actividad humana	La presencia de actividad humana es alta y se relaciona directamente con el desarrollo de las actividades cotidianas de los pobladores locales.
	Tipos de acceso		Existen calles y caminos habilitados, en algunas zonas ya se encuentran pavimentadas y otros más están habilitados mediante empedrado o terracería.
Social	Interacción social	Número de personas por grupo	No aplica.
		Número de encuentros	Los encuentros con pobladores de la comunidad son muy frecuentes.
	Actividades	Locales	Directamente relacionadas con la cotidianidad, p. ej. la venta de productos variados (abarrotes, carne, pollo, frutas y verduras, entre otros).
		Turísticas	No se desarrollan en esta zona
Tenencia de la tierra		De carácter comunal y privada.	
Gestión	Infraestructura	Senderos	No aplica
		Caminos	Existe infraestructura de este tipo, algunos pavimentados y otros más están empedrados o son de terracería.
		Señalización	Existen señalizaciones, pero ninguna hace referencia al Corredor Biológico Chichinautzin o alguna otra actividad relacionada con la actividad turística.
		Edificación	Asentamientos humanos variados.

Presencia de gestión	Sanitarios	Dato no disponible.
	Fuentes de agua potable	El abastecimiento se da directamente del canal en la parte norte del área de estudio y del cauce del río Tepeite
	Alojamiento	No se cuenta con alojamiento, ya que las edificaciones son de carácter privado.
	Patrullajes	No aplica
	Interpretación	
	Regulación y control	

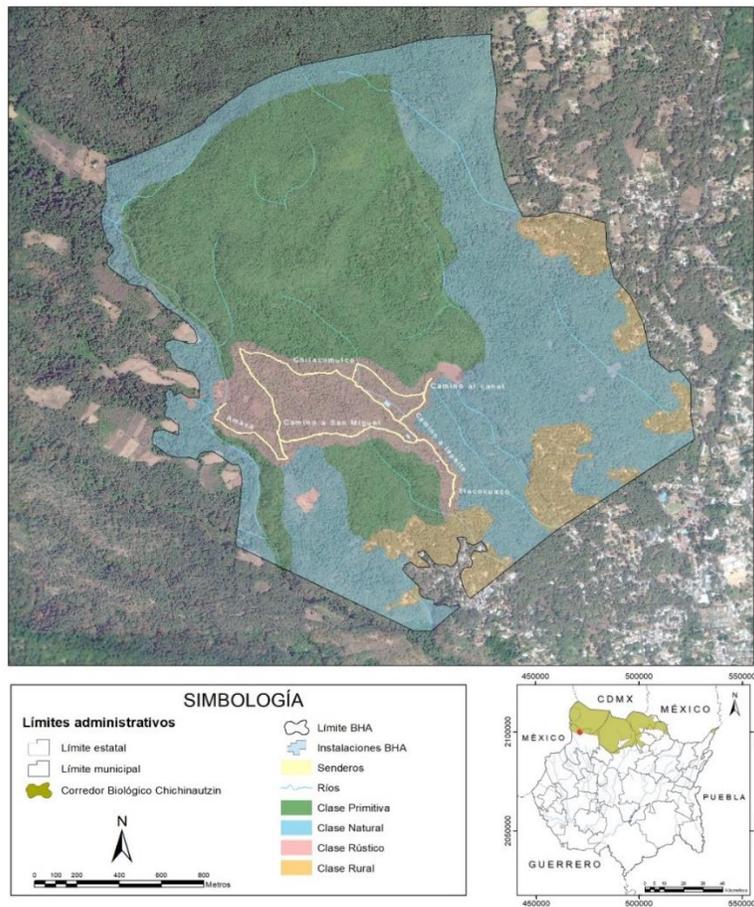


Figura 7. Clases de oportunidades del BHA

Paso 5: Escribir una declaración para el área que describe las condiciones deseadas.

Mantener un bosque con altos niveles de conservación, manejado como un recurso especial para la investigación científica, el turismo de naturaleza y la educación ambiental. Desarrollo de actividades productivas dentro del marco de la sostenibilidad; que favorezcan el establecimiento de un vivero forestal con especies nativas, la instalación de UMA's, la producción de hongos, entre otras. Un involucramiento más activo de la comunidad para el desarrollo e implementación de programas de manejo forestal sustentable que permitan conservar la diversidad biológica del bosque, su vitalidad y la capacidad de brindar servicios ecosistémicos en el presente y futuro.

Paso 6: Seleccionar y diseñar indicadores para inquietudes y oportunidades

Los indicadores constituyen uno de los elementos clave y más objetivo en todo el proceso de LCA. Un indicador, es una variable representativa de una condición o situación que debe ser monitoreada, aplicable e indicativa del grado o tipo de uso (impacto) (CONANP, s/f).

La selección de estos indicadores debe basarse en las inquietudes y oportunidades desarrolladas en el tercer paso y pueden reflejar impactos en aspectos biofísicos, cambios en la experiencia del visitante o situaciones de gestión. En seguida se presentan los indicadores potenciales (Tabla 12) para el BHA, su evaluación (Tabla 13) y la selección final (Tabla 14).

Tabla 12. Indicadores potenciales en el proceso de LCA para el BHA

ENTORNO	INDICADORES POTENCIALES
Biofísico	Número de árboles caídos o dañados por metro cuadrado o por hectárea (a causa de tala o fenómenos naturales).
	Pérdida de cobertura vegetal en los bordes de los senderos (expansión de senderos).

	Aclareamiento, apertura de terreno, cambio de uso de suelo de la zona forestal (medido por número de árboles talados) (por hectárea o metros cuadrados).
	Número de individuos vegetales extraídos por los visitantes del BHA.
	Extracción de ejemplares vegetales o de estructuras reproductivas (flores, frutos, raíces).
	Extracción o aprovechamiento de productos maderables (leña, carbón).
	Extracción o aprovechamiento de productos no maderables (semillas comestibles, hongos, frutos, fibras, especias y condimentos, aromatizantes, resinas, gomas, productos vegetales y con fines medicinales, cosméticos o culturales).
	Zonas con evidencia de impacto antropogénico (pisoteo de vegetación).
	Apertura de nuevos senderos, veredas o caminos.
Social	Número de personas que se llevan plantas.
	Número de evidencias de estiércol de animales de carga.
	Número de actividades no permitidas en el BHA.
	Numero de evidencias de fogata.
Gestión	Kilos de basura fuera de los contenedores.
	Kilos de basura recolectada en los senderos interpretativos.
	Número de señalamientos en zonas clave.

Un solo indicador no será capaz de reflejar la situación y condiciones del BHA; sin embargo, una selección muy robusta de indicadores aumentaría la complejidad del monitoreo y pone en riesgo su aplicación. Ante esto, es relevante encontrar un balance entre lo factible, lo confiable y lo integrativo.

Se revisaron los valores de importancia dados para cada indicador potencial, mediante consenso y la participación de todos los actores clave que participan en el proceso. Los valores de importancia van del 0 a 3 (valor de 0 para indicadores que no cumplen con la característica deseada y 3 para aquellos que la cumplen en su totalidad), cada indicador obtuvo un valor total, resultado de la suma de los valores en las características deseadas. La calidad de cada indicador potencial se definió de acuerdo con los siguientes rangos:

- Muy bueno (valor entre 21 y 27)
- Bueno (valor entre 14 y 20)
- Regular (valor entre 13 y 7)
- Malo (valor de 6 o >6)

Tabla 13. Evaluación de indicadores

Características deseadas	Pregunta
Cuantitativo	¿Es posible medirlo?
Correlacionado	¿Detecta cambios antropogénicos?
Confiable	¿Distintos observadores conseguirán resultados similares?
Puede responder	¿Detecta los cambios en la aplicación de acciones de manejo?
Integrante	¿Se relaciona con cambios distintos?
Sensible	¿Detecta cambios que suceden rápidamente?
Advierte	¿Da señales preventivas?
Significativo	¿Evalúa impactos persistentes en el ambiente?
Viable	¿La medición se puede hacer por cualquier persona?

Indicadores seleccionados

Los indicadores definidos para el monitoreo de impactos son aquellos que son más viables y sencillos de identificar, en el caso BHA se revisaron uno a uno los indicadores

potenciales de la Tabla 12 y se seleccionaron aquellos que mejor representan las inquietudes y oportunidades que inciden en el área de estudio (Tabla 14).

Tabla 14. Indicadores seleccionados

Indicador
Número de árboles caídos o dañados por metro cuadrado o por hectárea (a causa de tala o fenómenos naturales).
Aclaramiento, apertura de terreno, cambio de uso de suelo de la zona forestal (medido por número de árboles talados por hectárea o metros cuadrados).
Kilos de basura recolectada en los senderos interpretativos.
Pérdida de cobertura vegetal en los bordes de los senderos (expansión de senderos).
Número de individuos vegetales extraídos por los visitantes del BHA.
Extracción o aprovechamiento de productos maderables (leña).
Número de evidencias de estiércol de animales de carga.

Paso 8: Especificar estándares de condiciones aceptables para cada indicador

Un estándar es el número vinculado con un indicador, que representa un juicio de valor respecto al límite que es considerado como aceptable (no es lo mismo que “deseable” u “óptimo”). Es un número absoluto, y al sobrepasarse es imprescindible tomar acción para evitar mayor deterioro del recurso, o sea una situación “no aceptable” (CONANP, s/f). Para el BHA, se desarrollan en la Tabla 15 los estándares para cada uno de los indicadores, en función de las características propias que presentan las clases de oportunidades primitiva, rústica, natural y rural.

Tabla 15. Estándares por indicador de acuerdo con las clases de oportunidades

INDICADOR	ESTÁNDARES POR CLASES DE OPORTUNIDADES			
	Primitiva	Natural	Rústica	Rural
Biofísico				

Número de árboles caídos o dañados por metro cuadrado o por hectárea (a causa de tala o fenómenos naturales).	0	0	1	1
Aclaramiento, apertura de terreno, cambio de uso de suelo de la zona forestal (medido por número de árboles talados) (por hectárea o metros cuadrados).	0 ha	0 ha	0 ha	0 ha
Perdida de cobertura vegetal en los bordes de los senderos (expansión de senderos).	5 cm	5 cm	10 cm	0 cm
Extracción o aprovechamiento de productos maderables (leña, carbón).	0 kg	1 kg	5 kg	10 kg
Social				
Número de individuos vegetales extraídos por los visitantes del BHA	0	0	0	0
Número de evidencias de estiércol de animales de carga	0 kg	20 kg.	30 kg	40 kg
Gestión				
Litros de basura recolectada en los senderos interpretativos	1 kg.	3 kg	5 kg	10 kg

Además de la definición de los estándares para cada indicador, es primordial establecer un protocolo de monitoreo (Tabla 16) que permite a los evaluadores identificar cambios e impactos en las subzonas definidas para el BHA. En dicho protocolo se detalla que se va a medir, con qué frecuencia debe realizarse el monitoreo, que material o equipo es recomendable para la realización de la actividad y cuántas personas son requeridas.

Tabla 16. Protocolo de monitoreo para el BHA.

Indicador	Metodología	Frecuencia	Equipo	Monitores
Biofísico				

Número de árboles caídos o dañados	Contabilización in situ del número de árboles derribados por acción de tala o fenómenos naturales (diferenciación clara). Relevante registrar la zona, nombre de la/s especie/s y causa.	Bisemanal o trisemanal	<ul style="list-style-type: none"> •Bitácora de registro. •Lápiz, goma y sacapuntas. •Cámara fotográfica. 	De dos a tres integrantes de la comunidad .
Aclaramiento, apertura de terreno, cambio de uso de suelo de la zona forestal	Determinar con fórmulas básicas el área de la parcela de terreno en la cual se tenga evidencia de fragmentación de hábitat (p.ej. deforestación) o afectaciones por cambio de uso de suelo. Si es posible se pueden tomar referencias geográficas	Mensual	Herramientas de medición habitual: <ul style="list-style-type: none"> •Cinta métrica o flexómetro •Cuerdas previamente graduadas •GPS •Bitácora de registro. •Lápiz, goma y sacapuntas. •Cámara fotográfica. 	De dos a tres integrantes de la comunidad .
Perdida de cobertura vegetal	Se establecerán en primera	Semestral	Se puede seleccionar	De dos a tres

<p>en los bordes de los senderos</p>	<p>instancia los senderos con mayor susceptibilidad a expandirse. Debe realizarse una medición inicial con puntos de control, los cuales serán registrados en una bitácora. En el tiempo establecido se realizarán las mismas mediciones para llevar el monitoreo.</p>		<p>cualquier herramienta de medición de longitud habitual (en función de la disponibilidad), como:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cuerdas previamente graduadas •Cinta métrica o flexómetro •Distanciómetros •Topómetros u odómetros •Bitácora de registro. •Lápiz, goma y sacapuntas. •Cámara fotográfica. 	<p>integrantes de la comunidad .</p>
<p>Extracción o aprovechamiento de productos maderables</p>	<p>Describir en primera instancia si se trata de “raja” (leña de tronco y ramas gruesas) o “brazuela” (ramas</p>	<p>Mensual</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Bitácora de registro. •Lápiz, goma y sacapuntas. •Cámara fotográfica. 	<p>Por lo menos dos integrantes de la comunidad .</p>

	y puntas de árboles). Calcular la pila de leña en m ³ , tomando mediciones de longitud de la pila, ancho y alto.			
--	---	--	--	--

Social

Número de individuos vegetales extraídos por los visitantes del BHA	Durante recorridos con grupos de visitantes, observar y registrar la cantidad de plantas que son extraídas por las personas. Es importante detallar el nombre de la planta y de que zona fue tomada.	Observación en cada recorrido	<ul style="list-style-type: none"> •Bitácora de registro. •Lápiz, goma y sacapuntas. •Cámara fotográfica. *En caso de ejemplares completos que puedan replantarse: •Espátula para jardinería •Guantes 	Guías de la A.C. Bosque de los Hongos Azules
Número de evidencias de estiércol de animales de carga	Se realiza un recorrido a pie por la zona seleccionada. Durante el trayecto se	Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> •Bitácora de registro. •Botas de campo. •Lápiz, goma y sacapuntas. 	De dos a tres integrantes de la comunidad .

	registran todas las evidencias de estiércol en una bitácora. * En caso de adoptar estrategias de aprovechamiento , sería necesario recolectarlas.		<ul style="list-style-type: none"> •Cámara fotográfica. *En caso de recolección: •Sacos •Rastrillo y recogedor de estiércol. 	
--	---	--	--	--

Gestión

Kilos de basura recolectada en los senderos interpretativos	Se realiza un recorrido a pie en la zona elegida. Durante el trayecto se recolectan los residuos encontrados y se depositan en algún recipiente de su elección. El total de residuos recolectados se registra en una bitácora para el seguimiento.	Mensual	<ul style="list-style-type: none"> •Recipiente de 5 a 10 litros. •Bitácora de registro. •Guantes. •Bastón para recolectar desechos. •Botas de campo. •Lápiz, goma y sacapuntas. •Cámara fotográfica. 	Por lo menos dos integrantes de la comunidad .
---	--	---------	---	--

Paso 9: Identificar escenarios de manejo

La representación gráfica de distintos escenarios de oportunidades permite evaluar y vislumbrar posibles futuros para el manejo de las actividades en el BHA. Mediante la creación de escenarios, es posible identificar diversas alternativas que permiten atender y cumplir con la visión de manejo para el BHA.

Se generaron cuatro escenarios distintos basados en cada una de las clases de oportunidades definidas en pasos anteriores. Se identificaron los principios rectores que den una visión a futuro para el BHA. Esto permitió a los diferentes actores visualizar y discutir las características que cada alternativa promueve, lo que favorece la toma de decisiones informadas y consensadas.

- Primer escenario (Figura 8): Zonificación que optimiza condición primitiva.

Bajo este escenario, la intensidad de visitantes es relativamente baja y se utiliza la infraestructura existente, el desarrollo de las actividades recreativas no se realizan fuera del área "rústica" y se respetan las medidas de control para los diversos usos en el BHA. Se pretenden enfocar los esfuerzos de conservación a la zona "primitiva", con un alto grado de control y se debe considerar la restricción de uso por parte de la comunidad hasta definir la viabilidad del desarrollo de programas de aprovechamiento sostenible que no pongan en riesgo la conservación de los recursos naturales.

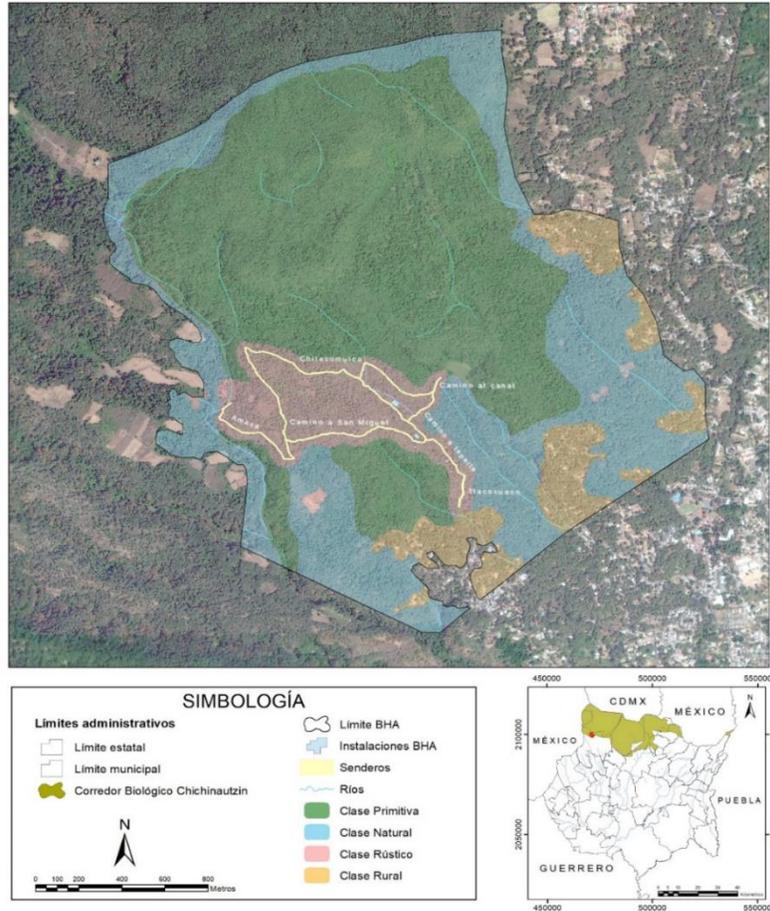


Figura 8. Zonificación que optimiza condición primitiva

La zonificación favorece las condiciones primitivas en una gran parte del BHA, exceptuando las zonas con establecimiento rural y las clases rústico y natural. Las actividades recreativas no se verían reducidas, pero si se mantendría un control estricto en los accesos en gran parte del área. A primera instancia este escenario podría parecer desalentador, sin embargo, con el desarrollo de estrategias de manejo sostenible adecuadas al BHA se podría favorecer la participación de la comunidad a través de incentivos económicos y la diversificación de las actividades, lo que fomentaría la consolidación de un grupo de colaboradores en el manejo del BHA.

- Segundo escenario (Figura 9): Zonificación que optimiza condición natural.

Este escenario considera una intensidad de visitantes solo en las zonas ya definidas de la clase rústica, con la utilización de la infraestructura existente. Sin embargo, a diferencia del primer escenario, en este se plantea el aprovechamiento de los recursos en un rango más amplio.

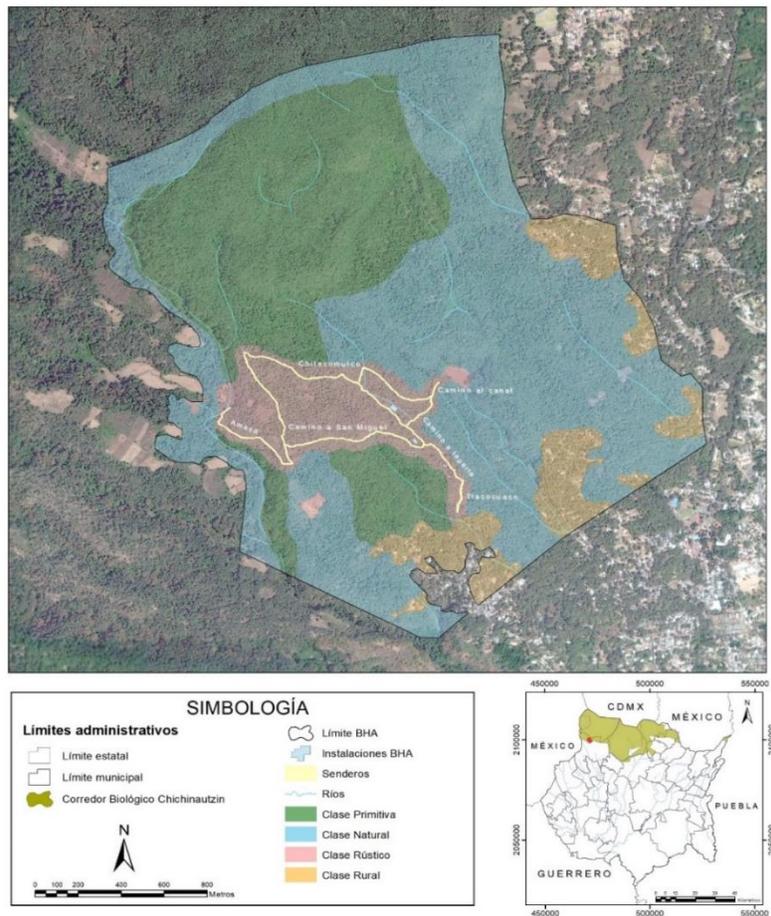


Figura 9. Zonificación que optimiza condición natural

Al favorecer las condiciones naturales en gran parte del BHA, no se plantea una restricción de uso, siempre y cuando se consolide y la participación comunitaria organizada, ya que, la implementación y desarrollo de actividades productivas fuera del marco de la sostenibilidad podrían generar impactos significativos y degradación ambiental de los recursos naturales.

- Tercer escenario: (Figura 10): Zonificación que optimiza condición rústica

Bajo este escenario, se promueve la amplitud de áreas donde pueden realizarse las actividades recreativas en el BHA. Puede promoverse la instalación de nueva infraestructura y la diversificación de las actividades que se le ofrecen a los visitantes.

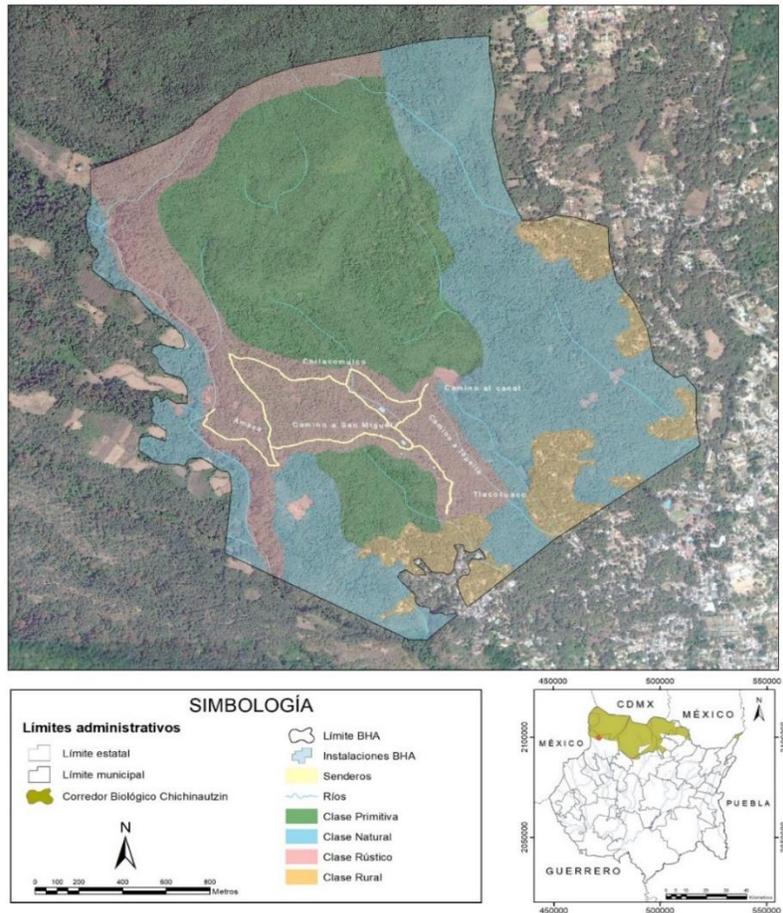


Figura 10. Zonificación que optimiza condición rústica

Esta visión reconoce un aprovechamiento de alta intensidad en la clase rústica. La clasificación bajo esta visión amplía la huella de las áreas habilitadas para el desarrollo de las actividades recreativas. Al mantenerse un patrón de aumento en el impacto de los recursos naturales producto de dichas actividades, se entiende que ocurrirá una reducción de las áreas clasificadas como naturales y primitivas. Este escenario podría reflejar el futuro de las condiciones del BHA si no se logran consolidar las acciones de manejo que fomenten el aprovechamiento sostenible.

- Cuarto escenario: (Figura 11): Zonificación que optimiza condición rural.

Este último escenario, considera la amplitud de la zona rural, principalmente en la parte sur y este del BHA, ya que la propia topografía del terreno dificulta en cierta medida el establecimiento de asentamientos humanos hacia la parte norte.

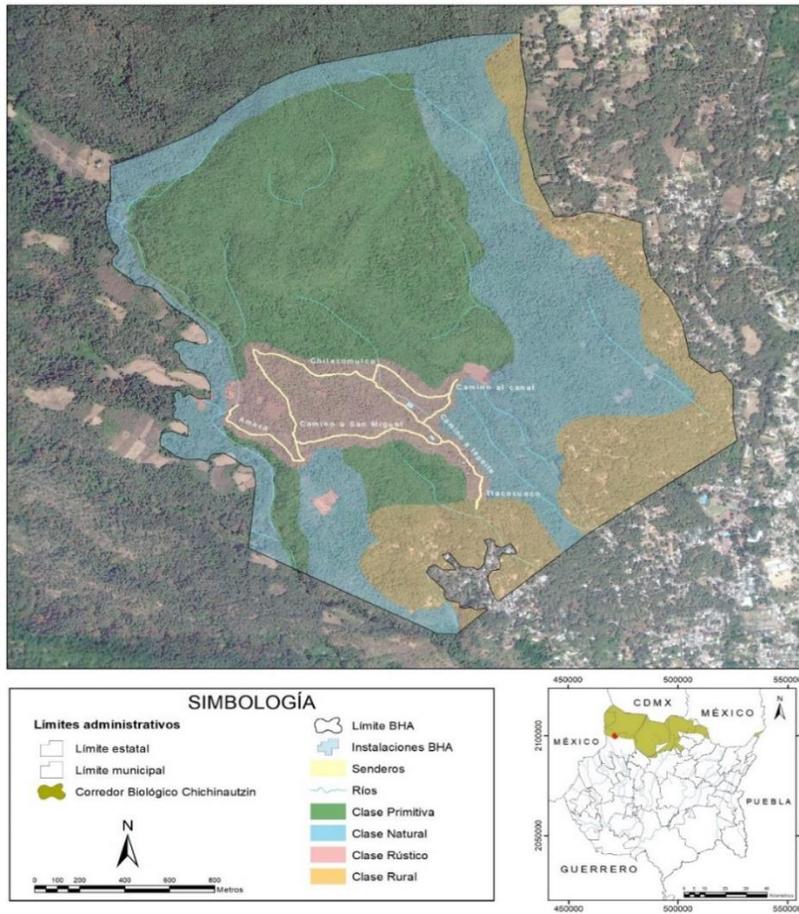


Figura 11. Zonificación que optimiza condición rural

Las implicaciones de este escenario se relacionan con la apertura de nuevos terrenos y la remoción de la cobertura vegetal, que reducirá las áreas clasificadas como naturales. La adopción de este escenario implica aumentar el impacto antropogénico en zonas de bosque conservado, por lo que, se reconoce un aprovechamiento de alta intensidad por parte de la comunidad. Este escenario podría presentarse si no consolida una estructura

administrativa del BHA con objetivos claros de conservación y aprovechamiento sostenible.

Paso 10: Para cada escenario comparar las condiciones actuales a las aceptables (estándares) e identificar las acciones necesarias.

Se presentan las posibles estrategias de manejo que pueden ser desarrolladas en el BHA (Tabla 17). Se trata de estrategias complementarias a las acciones de monitoreo, que consideran el concepto de desarrollo sostenible al vincular el desarrollo socioeconómico y todos los posibles efectos que pueden tener sobre el entorno natural, es decir, se sustenta en una economía saludable con equidad social y calidad ambiental (Haro-Martínez y Taddei-Bringas, 2014).

Tabla 17. Estrategias de manejo complementarias para el BHA

Ámbito	Estrategia de manejo complementaria
Biofísico	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento sostenible de recursos forestales (carbón vegetal): • Instalación de un vivero forestal comunitario con especies nativas de la zona. • Instalación de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs) • Estrategias de aprovechamiento de productos y subproductos vegetales del BHA. • Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de bosques.
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de los servicios de educación ambiental y desarrollar un programa de interpretación. • Generadores de biogás (Biodigestores).

Gestión	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un programa de separación de desechos y preparar composta con los desechos biodegradables. • Colocar señalética informativa, restrictiva e interpretativa para el visitante. • Mantenimiento de los senderos y evaluación para nuevas aperturas.
---------	---

Las propuestas se dividen en los ámbitos biofísico, social y de gestión, se describe la estrategia recomendada y su relevancia en función de los indicadores definidos en pasos anteriores.

- **Ámbito: Biofísico**

1. **Aprovechamiento sostenible de recursos forestales (carbón vegetal):** Durante el proceso del análisis de la vegetación en el BHA, se recuperaron evidencias de aprovechamiento del recurso forestal (leña) y la instalación de "hornos" rústicos en el sitio para la transformación de leña a carbón vegetal sin una regulación formal. Actividad relativamente común en bosques, ya que, alrededor de la mitad de la madera extraída en todo el mundo se utiliza para producir energía, principalmente para cocinar y proporcionar calefacción (FAO, 2017).

El carbón vegetal es un recurso energético renovable, característicamente poroso y frágil, cuyo uso comenzó hace miles de años y persiste hasta nuestros días (Guevara *et al.*, 2020). Se produce a partir de la madera de diferentes árboles, como el pino, el encino o el mezquite mediante el proceso denominado “carbonización” (Wolf y Vogel, 1986). A través de este procedimiento la madera pierde toda su humedad y sufre una serie de cambios físicos y químicos, permitiendo ser utilizado como combustible y sea capaz de producir mucha más energía que la madera en estado natural.

No obstante, mantener un aprovechamiento de este recurso sin el respaldo metodológico adecuado y sin los permisos que expiden las instancias gubernamentales

correspondientes, puede originar problemas de degradación, cambios en la composición de especies y problemas de fragmentación que influyen en la baja productividad de las áreas forestales y la salud de los ecosistemas (Torres-Rojo, 2004). Adoptar estrategias que gestionen de forma sostenible la producción de carbón vegetal con tecnologías mejoradas, constituye una fuente de bajas emisiones netas de gases de efecto invernadero, que contribuye a mitigar los efectos del cambio climático, al tiempo que mejora el acceso a la energía, alimentos y proporciona oportunidades para la obtención de ingresos (FAO, 2017).

El tipo de sistema de producción puede ir desde el horno de tierra conocido como chavete o pavas, horno de fosa, horno metálico hasta hornos de ladrillo o colmena brasileño (Carrillo-Parra *et al.*, 2011). Los hornos fijos se utilizan principalmente donde se dispone de materia prima suficiente para amortizar el costo de la fabricación del horno, la vida útil puede ser mayor a seis años. Uno de los hornos fijos más utilizados a nivel mundial es el colmena brasileño, el método más económico en su construcción es el horno de fosa, puede ser utilizado en tiempos cortos y los hornos transportables son los metálicos, que se difundieron rápidamente por la facilidad de ser cambiados de sitio, los más utilizados son el Tropical Products Institute (TPI), el carbofrance, bataillon, magnein y las retortas (García, 2010).

2. Instalación de un vivero forestal comunitario con especies nativas de la zona: Al adoptar una estrategia de manejo forestal en el BHA, otra de las actividades que puede activar de la economía de la zona e incentivar la participación de la comunidad, es la instalación de un vivero forestal. Al implementar este tipo de proyecto, va a permitir disponer de material vegetal adecuado para desarrollar estrategias de conservación, manejo y recuperación de hábitat; ya que, uno de los problemas más recurrentes al realizar programas de forestación y reforestación es el bajo porcentaje de establecimiento de la planta en campo (Rodríguez, 2010), su desarrollo depende de las condiciones ambientales, de las labores culturales aplicadas y del uso de plantas de alta calidad (plantas que tengan un adecuado equilibrio entre la parte aérea y la raíz, que estén libres de

enfermedades o cualquier otro aspecto extraño a su morfología.) (Birchler *et al.*, 1998; Prieto *et al.*, 2003) que reúnan las características morfológicas y fisiológicas adecuadas para sobrevivir y crecer satisfactoriamente (Rodríguez, 2010).

Existen diferentes tipos de viveros dependiendo el tipo de planta que producen, la duración del proyecto y de acuerdo con el tamaño de producción que alcanzan (Piñuela *et al.*, 2013). Para el BHA se recomienda iniciar con un vivero forestal pequeño (menor a 50.000 plantas/año) permanente, que permita integrar a la comunidad, fortalecer y enriquecer el conocimiento sobre la diversidad local (Guerrero, 2012), debe ser adaptado utilizando materiales sencillos, de bajo costo y fácil construcción y sin romper la belleza escénica del paisaje.

3. Instalación de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs): Las UMAs son esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, a través del uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales renovables (Sánchez *et al.*, 2011). A pesar de que se incluyen los viveros como un tipo de UMA en este caso no se hace referencia de nuevo al vivero forestal propuesto en el punto anterior, sino que, se presenta como una estrategia nueva, el desarrollo y establecimiento de una UMA con especies vegetales de importancia para el BHA.

En función del objetivo que se defina para esta estrategia también se puede optar por el desarrollo como Predios o Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS), que son una variante de UMA donde se maneja vida silvestre en forma confinada, fuera de su hábitat natural y con fines comerciales sin realizar acciones concretas de conservación. Una UMA de plantas de importancia ecológica (plantas en peligro, raras o con importancia económica que pueda incentivar la activación económica de la comunidad, que con estudios en profundidad (análisis poblacionales) pueda servir como reservorio ante estrategias de conservación enfocadas a cierto grupo de plantas.

4. Estrategias de aprovechamiento de productos y subproductos vegetales del BHA: Los productos forestales no maderables constituyen una colección de recursos biológicos

que incluye una gran variedad de beneficios, por ejemplo: frutas, nueces, semillas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales y muchos otros, específicos de las áreas donde son recolectados (De Beer y McDermott, 1989). En el BHA se han identificado por comunicación personal algunas de las especies utilizadas por la comunidad, sin embargo, en primera instancia se requiere de un estudio formal etnobotánico donde se identifiquen los recursos de uso tradicional y potenciales, que permitan el fortalecimiento de esta estrategia. Se debe tomar como una estrategia complementaria, que brinde un incentivo económico para la comunidad.

5. Sistemas agroforestales (SAF) como estrategia para el manejo de bosques. Los SAF son el conjunto de arreglos, normas y técnicas que están orientadas a obtener una mejor producción mediante la asociación de especies vegetales (árboles con cultivos agrícolas), tratando que la productividad sea permanente y sostenible a través del tiempo de todos los recursos que conforman un sistema (Ramírez, 2005). El término se usa extensamente para denominar la producción conjunta agrícola, forestal, frutal y ganadera, manteniendo siempre la idea de una explotación múltiple y estable (CONAFOR, 2013).

El BHA como se ha mencionado con anterioridad, se encuentran dentro del Corredor Biológico Chichinautzin y la actividad agrícola no es compatible de acuerdo con los instrumentos de regulación oficiales para el área, sin embargo, desde hace décadas esta actividad ha sido desarrollada por algunos miembros de la comunidad, principalmente para autoabasto y venta a nivel local. Ante esto, se propone el desarrollo de un sistema agroforestal como alternativa de manejo, ya que una prohibición estricta de la actividad podría generar conflictos sociales si no existe una diversificación en las actividades económicas que desincentive su desarrollo.

- **Ámbito: Social**

1. Fortalecimiento de los servicios de educación ambiental y desarrollar un programa de interpretación: Se reconoce que la educación ambiental es fundamental para estimular la participación, colaboración y el mantenimiento de las áreas protegidas. Si se conocen

las relaciones ecológicas existentes en los ecosistemas de la comunidad, se puede multiplicar la conciencia ambiental (Lima, 2015). En el BHA, algunas de las actividades con mayor relevancia se relacionan con la observación de flora y fauna silvestre, senderismo interpretativo y talleres de educación ambiental, por lo cual, se vuelve de suma importancia el fortalecimiento de estas prácticas.

Se recomienda la elaboración de un manual de interpretación ambiental para las condiciones específicas del BHA. La interpretación ambiental es una rama de la educación ambiental y pretende revelar significados e interpretaciones a través del uso de objetos originales, por un contacto directo con los recursos naturales o por medios ilustrativos en lugar de simplemente comunicar información literal (Tilden, 1957), además es una de las formas de mayor éxito empleadas para la formación de conciencia conservacionista, con objetivos trazados que garantizan el aprendizaje, comprensión y motivación de sus receptores para lograr un cambio de comportamiento y promover la conservación de los recursos; además de proporcionar grandes beneficios para las áreas protegidas (SAM-MBRS, 2005).

2. Generadores de biogás (Biodigestores): Es una estrategia alternativa con la cual puede obtenerse energía sin la quema de combustibles fósiles. Los biodigestores conocidos también como plantas (productoras o de producción) de biogás, son recintos o tanques cerrados donde la materia orgánica y el agua residual permanecen un periodo de tiempo para lograr su descomposición produciendo biogás y bioabono (Martina *et al.*, 2003; Pedraza *et al.* 2001; Ramón *et al.* 2006). El biogás, puede ser usado para cocción de alimentos, calefacción y múltiples aplicaciones de los combustibles convencionales (Linares-Lujan *et al.*, 2017).

En el BHA, toda la infraestructura de sanitarios, se caracteriza por ser un sistema basado en la deshidratación (sanitarios secos), sumado al paso constante de animales de carga que depositan sus desechos a lo largo de los senderos, esta estrategia podría resultar viable para darle un aprovechamiento a este recurso. No obstante, al considerar esta

estrategia, sería necesario llevar a cabo un análisis donde se detallen las potencialidades de un biodigestor, que incluya, aspectos técnicos, operación y mantenimiento dadas las condiciones particulares de la zona. Además, calcular el potencial energético en función de la cantidad de excretas recolectadas, que permita definir la viabilidad de establecer un sistema de este tipo en el BHA.

- **Ámbito: Gestión**

1. Establecer un programa de separación de desechos y preparar composta con los desechos biodegradables: A través de las visitas realizadas al BHA, se pudo identificar que los residuos sólidos no generan una afectación en grandes proporciones, sin embargo, definir un programa que contemple el manejo de residuos sin tener necesariamente una problemática fuerte, realza el compromiso de la comunidad por mantener un espacio conservado. Este tipo de estrategias deben partir desde una perspectiva integral que identifique el volumen, el tipo de generación de los residuos sólidos, el sistema de recolección y los sitios de transferencia. Así como, la aplicación de diagnósticos y planes participativos de manejo que involucren a la comunidad y sus actores clave (Alonzo y Paz, 2014).

Una de las líneas estratégicas complementarias en el manejo de los residuos, es el compostaje. Es una tecnología sostenible para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos, permite la valorización de estos residuos orgánicos mediante la degradación y estabilización de su contenido en materia orgánica (Barrena, 2006). una de las alternativas más utilizadas en el manejo de residuos, ya que al transformarse puede ser aprovechada por diferentes usuarios (en función de la cantidad de composta que se genera), como abono para la agricultura (Sans y Ribas, 2004), utilizarse en el vivero forestal propuesto, distribuirse con público en general que cuenten con jardines y áreas verdes, etc. A la par deben definirse los incentivos en la distribución, la composta producida puede ser brindada sin costo alguno o puede recuperarse una cuota monetaria que promueva la

participación de la comunidad y ayude en los gastos de operación y mantenimiento de la composta.

2. Colocar señalética informativa, restrictiva e interpretativa para el visitante: Como se ha mencionado con anterioridad, en el BHA es casi nula la presencia de señaléticas que brinden información a los visitantes, por lo cual resulta de suma importancia la gestión de este tipo de material que fomente los valores naturales, el respeto y protección del ambiente.

Las señaléticas son herramientas que orientan e informan a los visitantes y habitantes del lugar sobre la importancia biológica, ecosistémica, cultural, social y económica de un ANP, se promueve la educación ambiental, la protección y conservación de la naturaleza, permite al visitante tener claro dónde se encuentra y pueden restringir el acceso a determinados espacios de fragilidad o riesgo (CONANP, s.f.).

Es importante considerar que en el caso del BHA, al estar dentro del Corredor Biológico Chichinautzin se deben seguir lineamientos y procesos administrativos gestionados a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Esta comisión tiene la facultad de realizar el diagnóstico y definir las consideraciones necesarias para seleccionar los tipos de señales que mejor se adecuan al BHA, los elementos para elaborar el diseño gráfico, el tamaño, materiales, contenidos y todos los demás parámetros de relevancia.

3. Mantenimiento de los senderos y evaluación para nuevas aperturas: Los senderos establecidos en el BHA, son construcciones que se habilitaron desde hace décadas por la comunidad para tener acceso en la zona. Por lo cual pueden seguirse dos líneas de trabajo relacionados con este factor, el mantenimiento de los senderos (independientemente de su grado de uso) y el diagnóstico para la apertura de nuevos senderos con un enfoque interpretativo.

Un sendero sin mantenimiento puede provocar la erosión del suelo y dificultar la accesibilidad al sitio. Es por lo que todo sendero requiere ocasionalmente de trabajos para mantenerlo en buenas condiciones (Tacón y Firmani, 2004). Debe existir participación de la comunidad en la limpieza de la vegetación que pueda dificultar el tránsito, remover los obstáculos grandes que podrían generar accidentes, en zonas donde se presenta constantemente terreno resbaladizo o con exceso de barro debe evaluarse la modificación o reubicación del sendero.

Con la planeación para apertura de nuevos senderos se debe tener precaución, un sendero interpretativo no es tan solo una vereda acondicionada con letreros, puentes y miradores rústicos en un espacio natural. Para su establecimiento se requiere de una serie de estudios y valoraciones previas de la zona por donde pasará, con la finalidad de evitar alteraciones al ecosistema (SECTUR, 2004). Además, que debe mantenerse una regulación específica en caso de adoptar esta estrategia, ya que la apertura de nuevos senderos podría interpretarse de manera errónea y no debe representar oportunidades para establecer asentamientos humanos o el desarrollo de actividades productivas fuera del marco de la sustentabilidad.

Paso 11: Seleccionar el escenario preferido

Basado en las conclusiones del paso nueve en la metodología de LCA, se elaboraron mapas con los distintos escenarios para el BHA (cuatro mapas), cada uno refleja la optimización de las clases de oportunidad identificadas, para seleccionar a través de un trabajo participativo el escenario más compatible con la capacidad de manejo que represente las inquietudes, oportunidades y visión del BHA.

Esta no es una tarea sencilla, dado que, existe una amplia variedad de enfoques y técnicas metodológicas para cumplir este fin, desde la planeación por escenarios para predecir y/o construir un futuro, mediante la identificación de tendencias claves para mejorar el proceso de toma de decisiones (Vergara-Schmalbach *et al.*, 2010), hasta procesos más específicos como las evaluaciones de impacto ambiental (EIA), que se

enfocan en la valoración de impactos ambientales en las distintas alternativas de un proyecto determinado (Garmendia *et al.*, 2005), que a su vez cuenta con un gran listado de metodologías para cumplir sus objetivos (matrices causa-efecto, lista de chequeos, sistemas de interacciones o redes, sistemas cartográficos, etc. (Fernandez-Vítora, 2010).

Dada la naturaleza de la presente investigación, se optó por una metodología que permitiera reflejar y comparar de manera práctica la existencia o no de impactos sobre factores ambientales de las posibles acciones que trae consigo cada escenario propuesto. Esta relación puede mostrarse en forma muy satisfactoria con un esquema de matriz (Coria, 2008); es por eso, que para tener una mejor visión del escenario que mejor se adecue a los objetivos del BHA, se retoma la metodología propuesta por Leopold *et al.* (1971). Consiste en la elaboración de una matriz interactiva de causa-efecto (Canter 1998), ampliamente utilizada en las evaluaciones de impacto ambiental, para la identificación y valoración de los impactos potenciales de una determinada actividad o proyecto con respecto a los componentes físicos, químicos, biológicos, culturales, económicos y sociales (Fernandez-Vítora, 2010).

La matriz de Leopold fue diseñada inicialmente para evaluar impactos ambientales que se relacionaban con proyectos mineros (Leopold *et al.*, 1971) y posteriormente resultó útil en la evaluación de proyectos de construcción, y aunque no es el sistema completo de evaluación ambiental, es un método eficaz en la identificación y puede ser usada para la comunicación de resultados o en este caso, ajustarse para lograr la identificación de impactos en distintos escenarios de manejo en el BHA.

De manera general, la matriz se describe como de doble entrada (Coria, 2008), en su forma original está constituida por 100 columnas en las que se representan las acciones del proyecto y 88 filas relacionadas con factores ambientales, para dar un total de 8.800 posibles interacciones (Leopold *et al.*, 1971). Sin embargo, dada la dificultad de trabajar con tal número de interacciones, normalmente se recomienda operar con matrices reducidas (León Peláez, s/f), excluyendo las filas y columnas que no tengan relación y

tomar en cuenta solo aquellos factores ambientales que pueden ser afectados junto con las acciones que podrían generar algún tipo de impacto. La matriz consta de los siguientes componentes (Leopold *et al.*, 1971):

- a) Identificación de las acciones del proyecto que intervienen y los componentes del medio ambiental afectado, a través, de una matriz inicial donde se identifican los impactos ambientales.

- b) Estimación subjetiva de la magnitud del impacto, en una escala de 1 a 10, siendo el signo (+) un impacto positivo y el signo (-) un impacto negativo, con la finalidad de reflejar la magnitud del impacto o alteración y la evaluación de la importancia o intensidad del impacto, en una escala de 1 a 10.

Para el desarrollo del primer componente, se recuperan las listas de factores ambientales que pudiesen ser impactados y la de acciones probables para el cotejo e identificación de impactos (véase anexo 1 y 2); una vez analizados, se marcaron en una matriz general con el número “uno” todas las interacciones posibles tomando en cuenta las condiciones del manejo actual y las cuatro propuestas de escenario para el BHA. De esta forma se obtuvo una matriz reducida que permite conocer el impacto entre las filas que representan el Factor Ambiental (F), y las columnas que reflejan la Acción de proyecto (A). Como resultado de esta matriz, se identificaron 28 factores y 13 posibles acciones con al menos una interacción (véase anexo 3).

No obstante, este método no preserva la propiedad de “mutuamente exclusivo”, ya que existe la posibilidad de contar doble (García, 2004), lo que puede traer consigo una sobreestimación de los resultados; por ejemplo, el suelo incluido en el factor "tierra" se toma en consideración al inicio de la matriz y podría generar confusión o un conteo doble si se toman en cuenta también los elementos de erosión y compactación incluidos en el factor "procesos" al presentar interacciones similares, o el caso de los elementos barreras y corredores que se repiten para el factor "flora", "fauna".

Para evitar estos posibles errores, se conjuntaron algunos de los factores y acciones para la consolidación de la matriz (Tabla 18), lo que permite una comunicación más eficiente y clara en el entendimiento de las posibles interacciones e impactos de cada escenario de manejo propuestos. Se modifica el factor “tierra” por “suelo” y se le incluyen dos parámetros fundamentales en la conservación, la erosión y compactación, con este movimiento se retira el factor “procesos”; en el factor “agua” se omite el elemento de la recarga, ya que, de acuerdo con un documento publicado por la FAO (2009), diferentes autores refieren que, la intercepción de los bosques y la evaporación del follaje de los árboles reducen la conversión de la precipitación en agua subterráneas, lo que puede definirse como pérdidas para el sistema de aguas útiles, pero obviamente esto se refleja en muchos otros beneficios ambientales, por lo cual es un factor sensible a la interpretación por el hecho de colocar este valor de forma negativa en la matriz sin tomar en cuenta los demás servicios ambientales derivados del bosque.

Tabla 18. Matriz de Leopold simplificada para el BHA

MEDIO NATURAL		FACTORES		ACCIONES	BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES								
					Modificación del hábitat	Mantenimiento/ Apertura de caminos y	Actividades agropecuarias	Introducción de flora o fauna exótica	Actividades de turismo alternativo	Urbanización	SUMATORIA		
											Σ NEGATIVOS	Σ POSITIVOS	Σ TOTALES
CONDICIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS	SUELO	Erosión											
		Compactación											
AGUA	Calidad del agua												
	Calidad del aire												
ATMÓSFERA	Clima (micro, macro)												
	Vida silvestre												

			Calidad del paisaje									
			Corredores biológicos									
MEDIO HUMANO	FACTORES CULTURALES Y SOCIALES	RECREACIÓN	Senderismo interpretativo y camping									
		ASPECTOS CULTURALES	Patrones culturales (estilo de vida)									
	SOCIOECONÓMICO		Calidad de vida									
			Empleo									
			Redes de servicio									
			Σ NEGATIVOS									
			Σ POSITIVOS									
			Σ TOTALES									

Se fusiona en un factor único a la "flora" y "fauna", para tomar como elemento general a la vida silvestre y se elimina el elemento de calidad de vida silvestre en el factor "interés estético y humano" para evitar la sobreestimación al retomar como un solo conjunto todo lo que implica impacto sobre la diversidad de especies en el BHA. De igual forma, se retiran de este último factor los elementos de vistas escénicas y diseño del paisaje para incluirse en un elemento general denominado calidad del paisaje que se incluye dentro de las condiciones biológicas; en el factor de recreación el elemento de caminatas se renombra como senderismo interpretativo y por último, se genera el factor "socioeconómico" en el cual se añade la calidad de vida, las redes de servicio y se mueve el elemento de empleo por su pertinencia.

El listado de acciones se agrupó en seis grandes rubros que eficientizan la matriz y permiten una mejor transmisión de resultados. Se mantiene la introducción de flora y fauna exótica, la modificación del hábitat y la urbanización. En los demás casos, se

fusionaron igual que con el caso de los factores ambientales, por ejemplo, dentro de la modificación de hábitat se considera la tala de bosques, en la urbanización se toman en cuenta acciones derivadas del desarrollo (pavimentación, cambios en el tráfico con automóviles y camiones), las acciones de ganadería, agricultura y fertilización se unen como actividades agropecuarias, y los caminos y senderos junto con la alteración de la cobertura vegetal del suelo se toman en consideración dentro de las acciones de mantenimiento y apertura de caminos y senderos.

Una vez identificadas las interacciones y depurada la matriz, se realiza la estimación de importancia. Cada cuadro que presente interacción se divide con una línea diagonal, en la parte superior se coloca la magnitud del impacto (grado, extensión o escala del impacto) en una escala de 1 a 10 como se mencionó con anterioridad, precedida del signo “+” o bien “-“, según el impacto sea positivo o negativo respectivamente. La escala empleada incluye valores del 1 al 10, con 1 para la alteración mínima y 10 la alteración máxima. En el triángulo inferior se coloca la importancia, también en escala del 1 al 10 (Coria, 2008).

Las matrices se presentan por separado (véase anexo 4) y en cada una se evalúan los posibles impactos de acuerdo con los escenarios de manejo propuestos con anterioridad para el BHA. A continuación, se desglosa el análisis interpretativo de los impactos más significativos de cada matriz generada, prestando especial atención a las casillas cuyas filas y columnas tengan las mayores calificaciones y aquellas celdas aisladas con números superiores.

Se destaca para el escenario que optimiza la condición primitiva como el que mejores impactos positivos traería al entorno natural (a excepción de la compactación del suelo). La relación entre los parámetros del medio físico y biótico con la vegetación y el hábitat en sí, reflejan valores de importancia destacables, ya que, la interacción directa entre estos factores favorece (en mayor o menor medida) la conservación de los recursos naturales en el BHA. Sin embargo, en el medio social, los impactos positivos no reflejan un nivel de importancia alto y en algunos casos la interacción es inexistente.

Para el escenario que contempla la optimización de la condición natural, se mantienen impactos positivos (igual que en el escenario anterior) sobre el entorno natural; sin embargo, al no considerar restricciones de uso estricto, las interacciones se diversifican y en algunos casos varía la magnitud del impacto. Bajo este escenario la proyección tiende a mantener en buen estado de conservación los recursos naturales y a su vez impacta de manera positiva sobre el medio social, al favorecer la recreación, la generación de empleos y mejorar la calidad de vida de los actores; sin embargo, en primera instancia parecieran ser resultados no tan significativos.

La diversificación de las actividades planteado en el escenario que optimiza la condición rústica, comienza a reflejar impactos positivos sobre el entorno social, relacionados específicamente con las actividades del turismo alternativo. No hay factores relevantes a partir de los cuales inferir afectaciones de alto impacto sobre los recursos naturales. En el ámbito natural, el factor negativo de consideración se relaciona con la compactación del suelo, un hecho lógico dado que se parte de la idea que una optimización de esta clase de oportunidad, traería consigo una mayor afluencia de visitantes en el BHA. No obstante, también debe mantenerse en perspectiva los posibles impactos sobre la calidad del agua y la vida silvestre, un aumento en los visitantes podría acarrear algunas problemáticas de contaminación o extracción de vida silvestre a baja escala.

Por último, derivado de la identificación de impactos al optimizar la condición rural en el BHA, las condiciones cambian. Se refleja claramente una disminución de los impactos positivos en el entorno natural (todos relacionados con procesos de desarrollo rural y urbano). Por ejemplo, se aumenta el grado de compactación del suelo y el subsecuente riesgo por pérdida y erosión, la calidad del agua podría verse mermada si no se establece infraestructura adecuada para el saneamiento, la limitación en las funciones del corredor biológico para el paso de fauna que implica el crecimiento de la mancha urbana y zonas rurales o las afectaciones sobre la vida silvestre derivado de la

introducción de flora y fauna exótica (plantas con fines ornamentales, fauna doméstica o los propios animales de carga) que de una u otra forma pueden impactar de manera negativa sobre la vida silvestre nativa del BHA.

7 DISCUSIÓN

7.1 Composición, estructura y diversidad

El presente estudio estuvo dirigido principalmente, al conocimiento de la estructura y diversidad de las especies vegetales con forma de vida arbórea, por su elevada importancia estructural dentro de los ecosistemas terrestres.

La importancia estructural de *Styrax argenteus* var. *ramirezii* (Greenm.) Gonsoulin y *Quercus rugosa* Née fue notoria en los cuadrantes analizados. En el BHA, uno de cada cinco y uno de cada siete individuos perteneció a *Styrax argenteus* var. *ramirezii* (Greenm.) y *Quercus rugosa* Née respectivamente. Sin embargo, la dominancia estructural está definida por *Quercus laurina* Bonpl. y puede atribuirse a la fisonomía de la especie, fueron los árboles que presentaron mayor diámetro y altura.

De acuerdo con Rzedowski (2006), la presencia de estas especies sumado a los factores abióticos y su localización geográfica, el BHA presenta características que lo identifican como un bosque de encinar de mediana altitud; no obstante, muestra afinidades altas con el bosque mesófilo de montaña (BMM) por la presencia de elementos característicos de este tipo de vegetación (*Styrax argenteus* var. *Ramirezii* (Greenm.) Gonsoulin, *Ternstroemia lineata* DC., *Carpinus caroliniana* Waltes) (Rzedowski, 2006; López-Pérez *et al.*, 2011).

Las características propias del BMM dificulta su interpretación y generalización debido a su variabilidad fisonómica y estructural en las provincias florísticas del país (Ruiz-Jiménez *et al.*, 2012). Esta heterogeneidad se atribuye directamente a las variables ambientales (altitud, latitud, pendiente, tipo de suelo, clima) donde se desarrolla este tipo de vegetación (Ruiz-Jiménez, 1995; Ruiz-Jiménez *et al.*, 2000). En el caso del BHA la

vegetación se desarrolla en un sitio con topografía abrupta, compuesta de cañadas y laderas protegidas del viento y de una excesiva exposición al sol.

Al comparar con distintas investigaciones realizadas en bosques de encinos y BMM en la misma región que el BHA, se pueden identificar similitudes y contrastes. Por ejemplo, Luna-Vega *et al.* (2007) describieron la composición vegetal de dos zonas de bosque (que clasificaron como BMM) en Ocuilan (Edomex). Definieron como una de las especies dominantes y con mayores valores de importancia relativa a *Quercus laurina* y otras especies, principalmente del estrato medio, con importancia estructural para este bosque, como *Cleyera integrifolia*, *Styrax ramirezii* y *Zinowienia coccinea*, sin embargo, ante la ausencia de *Liquidambar macrophylla*, que es un elemento característico del BMM (Miranda y Sharp, 1950; Puig, 1976; Luna y Alcántara, 2004, Rzedowski, 2006) y de otras especies también características de este tipo de vegetación, podría tratarse más bien de un encinar con afinidades mesófilas.

Romero (2017) por su parte, describió algo similar en un bosque de encinos en el municipio de Taxco, Guerrero. El género *Quercus* fue el género más importante en términos de riqueza de especies, acompañado de elementos característicos de un BMM y es congruente con otros trabajos como los de Saavedra (2009), Block-Mungía (2013) y González-Castañeda (2014); sin embargo, en ninguno de los casos los elementos con afinidad al BMM habían presentado niveles altos en la dominancia y los índices de valor de importancia como es el caso del BHA.

En el 2015, Block y Meave registraron para un bosque de encinar localizado en el municipio de Tepoztlán en Morelos, excluyendo la comparación del estrato arbustivo y herbáceo, se comparten 10 especies arbóreas con el BHA (*Styrax argenteus* var. *ramirezii*, *Alnus jorullensis*, *Q. laurina*, *Q. rugosa*, *Fraxinus uhdei*, *Litsea glaucescens*, *Arbutus xalapensis*, *Clethra mexicana*, *Oreopanax peltatus* y *Ternstroemia lineata*) y 5 no estuvieron presentes (*Cupressus lusitánica*, *Q. magnoliifolia*, *Carpinus caroliniana*, *Eysenhardtia polystachya* y *Erythrina americana*). Por lo cual, podríamos hacer referencia que el tipo de vegetación del BHA es

particular, dado que, no presenta coincidencias o diferencias absolutas con otras zonas cercanas de la región que se caracterizan como encinares con algún grado distinto de afinidad con el BMM.

7.2 Límite de Cambio Aceptable (LCA)

El objetivo de la presente investigación busca proponer un enfoque metodológico simple, basado en el proceso de LCA, que sustente la definición de estrategias de manejo para el desarrollo sostenible y su aplicación en el BHA permitió vislumbrar una serie de consideraciones metodológicas que influyeron en la toma de decisiones posteriores.

Una primera consideración relevante en la aplicación del proceso de LCA en cualquier área natural, se relaciona con la selección apropiada de indicadores. Los indicadores, constituyen variables medibles que indican la condición de la clase de oportunidad general (Stankey *et al.*, 1985) y pese a ser validos al reflejar condiciones de impacto en diferentes investigaciones, los indicadores se adecuan en función de la zona de estudio, sus objetivos y el contexto social que impera. En este caso y dada la naturaleza de la investigación misma, se optó por que los indicadores definidos para el BHA, se relacionen en su mayoría con la vegetación, ya que, al ser uno de los componentes esenciales de la naturaleza, se logran constituir buenos indicadores de impacto (naturales o antrópicos), que actúan sobre la estructura y dinámica del sistema natural (Meaza y Cadiñanos, 2000).

La situación que surge al definir o seleccionar indicadores, es que, estos tienden a ser especificados en estudios individuales y no proporcionan consistencia (McKay, 2006) (ya sea en una misma región o en distintas), lo que pareciera dificultar la comparación entre estudios. A pesar de ser una apreciación correcta bajo ciertas perspectivas, es posible identificar semejanzas en la aplicación del LCA en áreas naturales distintas. Los indicadores relacionados con la actividad antropogénica siguen una tendencia similar en distintas investigaciones; por ejemplo, los impactos sociales como la percepción, satisfacción y permanencia de los visitantes, la generación y disposición de la basura, las

actividades no permitidas (fogatas, evidencias de vandalismo etc.) o la medición de las condiciones de amplitud de los senderos transitados por los visitantes, se consideran de interés para distintos autores (McKay, 2006; Gómez, 2011; Moreno, 2013; DRNA, 2016; Gómez *et al.*, 2016; Chiriboga *et al.*, 2017; Rojas-Ulloa *et al.*, 2017).

En la presente investigación, dentro de los ámbitos social y de gestión se seleccionaron como indicadores, al número de individuos vegetales extraídos por los visitantes del BHA, ya que, representa un factor de impacto directo hacia las poblaciones silvestres de flora (Sosa-Nishizaki, 2009), el número de evidencias de estiércol de animales de carga, que pueden provocar estragos ambientales e impactar de manera negativa en la percepción de los turistas sobre las zonas recorridas y por último, la cantidad de basura que se genera en los senderos interpretativos del BHA.

Para el caso de los indicadores del ámbito natural o biofísico, es donde aparentemente se presentan mayores diferencias entre investigaciones. En el BHA, se seleccionaron cuatro indicadores, el número de árboles caídos o dañados a causa de la extracción o debido a fenómenos naturales, el cambio de uso de suelo de la zona forestal, la pérdida de cobertura vegetal en el borde de los senderos interpretativos y la extracción o aprovechamiento de productos maderables. Cada uno de estos indicadores, reflejan impactos ambientales directos, relacionados con las diferentes actividades que se realizan en el BHA. Fueron sometidos a un proceso de ponderación en cuanto a su relevancia y se tomaron como base, las preocupaciones identificadas en los primeros pasos del proceso de LCA.

Los indicadores de este rubro al ser definidos o seleccionados en función del área de estudio y las actividades que ahí se desarrollen, podrían sustentar el limitado rango de comparación entre distintas investigaciones en donde se aplica el proceso de LCA. No obstante, es posible encontrar semejanzas o ciertas tendencias en la selección de indicadores que utilizan la vegetación como grupo para el monitoreo. Por ejemplo, Gómez (2011), en un Parque Nacional de Ecuador (con páramo como el tipo de

vegetación predominante), selecciona el número de hectáreas afectadas por incendios forestales (naturales o provocados) como uno de sus indicadores, ya que, destruyen la vegetación y traen consigo afectaciones relevantes al ambiente en la zona de estudio. Gómez *et al.* (2016), en el Parque Nacional Chingaza en Colombia (caracterizado por bosques altoandinos, subandinos y páramos), utilizan dos indicadores a partir de la vegetación. El primero es el porcentaje de afectación en 3 especies del género *Espeletia* (comúnmente llamadas, frailejones), que cumplen roles ecológicos relevantes en el ecosistema y que, por sus características fisiológicas, la actividad ecoturística podría vulnerar su estatus de conservación. El segundo indicador seleccionado fue la presencia de *Ulex europaeus* (comúnmente llamado, retamo espinoso), un arbusto catalogado como una especie exótica invasora en varios países sudamericanos, que genera afectaciones ecológicas y lesiones (ocasionadas por sus espinas) a los turistas al transitar la zona.

McKay (2006) como último ejemplo, retoma dos indicadores a partir de la vegetación con un enfoque distinto a los ejemplos anteriores. Se monitorea (a través de entrevistas) el porcentaje de visitantes que expresan alguna molestia por daños en la vegetación o por la ampliación de sendero (que conlleva una remoción de cobertura vegetal). Estos indicadores claramente no permiten obtener datos cuantitativos de la pérdida de cobertura vegetal, sin embargo, al tomarlos en conjunto con los indicadores expuestos en las referencias anteriores, es claro, como la flora y vegetación, puede convertirse en el grupo base a monitorear (del entorno natural) en muchos proyectos donde se pretenda aplicar el método de LCA y a partir del cual, se deriven indicadores relevantes desde una perspectiva de impacto, relativamente fáciles de medir desde varios enfoques metodológicos y manejables mediante la implementación de estrategias in situ que favorezcan la conservación y el desarrollo sostenible.

Una segunda consideración metodológica relevante en el desarrollo de LCA es la definición de estándares o niveles de aceptabilidad del impacto generado de la actividad turística. Esta etapa es importante, porque ayuda a definir cuanto impacto derivado del

uso de los visitantes es aceptable (McKay, 2006), lo que brinda, una base sólida para la toma de decisiones con respecto a la administración de áreas naturales.

Establecer estándares es un proceso de juicio, sin embargo, debe ser lógico y está sujeto a revisión (Stankey *et al.*, 1985). Si bien, los estándares de manera típica se establecen de forma progresiva conforme a las clases de oportunidad (Stankey *et al.*, 1985), existen enfoques y formas distintas para su representación. Por ejemplo, Moreno (2013), DRNA (2016) y Chiriboga *et al.* (2017), definen estándares que se evalúan dentro las áreas de estudio respectivas, pero no toman como referencia las clases de oportunidad y no presentan progresividad. Gómez (2011), establece “estados” (haciendo referencia a estándares) bajo tres categorías, óptimo, aceptable y alerta, con rangos definidos específicamente para cada indicador; sin embargo, de nueva cuenta no se basa en las clases de oportunidad, sino que, la medición es seccionada entre los sitios que conforman el área de estudio. Casos similares se presentan en Gómez *et al.* (2016) y Rojas-Ulloa *et al.* (2017), con estándares generales y la implementación de lo que ellos denominan como “escalas de riesgo” para cada estándar, con la definición de rangos específicos que se agrupan bajo tres categorías, riesgo bajo, medio o alto.

Para el BHA, los indicadores definidos mantienen condiciones que se aplican tomando en cuenta las características descritas en las clases de oportunidad establecidas en pasos anteriores del proceso. Para los indicadores que reflejan la pérdida de cobertura vegetal (número de árboles caídos o dañados, la apertura de terrenos y cambio de uso de suelo, la extracción de productos maderables y el número de individuos vegetales extraídos por los visitantes), los estándares se establecen desde una perspectiva conservadora, con valores de cero y uno (en función del indicador). A primera instancia podría parecer un rango estricto, sin embargo, el BHA al pertenecer al Corredor Biológico Chichinautzin, debe priorizar la conservación, la actividad turística no debería impedir el mantenimiento a largo plazo de los valores ambientales, sino que debería favorecerlo, al proteger la razón misma de las actividades recreativas y turísticas (Segrado-Pavón *et al.*, 2014). Permitir estándares con valores positivos, podría traer consigo interpretaciones de favorecimiento

hacia la extracción de recursos, lo que generaría impacto negativo en la estructura vegetal del BHA.

En los indicadores que evalúan la expansión de senderos, el número de evidencias de estiércol y los kilos de basura recolectada en los senderos interpretativos, se respeta la progresión lógica en los valores de acuerdo con las clases de oportunidad (primitiva, rústica, natural y rural), bajo el entendido de que estos indicadores, no generan un impacto grave en el tiempo inmediato y pueden ser regulados mediante estrategias puntuales.

Como se mencionó anteriormente, los estándares están sujetos a revisión (Stankey *et al.*, 1985) y pueden ser ajustados o modificados a través del tiempo a medida que se desarrolla un destino. El establecimiento de estos estándares para el BHA, es una primera referencia y se pretende que una vez implementadas estrategias de manejo adecuadas al área, los valores que hoy parecen estrictos, sean reestructurados y permitan estándares con rangos más amplios, siempre y cuando se propicie un marco de aprovechamiento desde la sostenibilidad.

El objetivo del concepto de LCA no es evitar cambios, sino controlarlos y decidir qué acciones de gestión se requieren para mantener o mejorar las condiciones deseadas (Stankey *et al.*, 1985). El marco de planificación de LCA sugiere que cuando se exceden los límites aceptables, los administradores deben tomar medidas para que los niveles de impacto vuelvan al rango aceptable. Los administradores también pueden tomar los niveles de impacto que se acercan a los estándares como una advertencia, y trabajar para evitar que se excedan. En este sentido, el desarrollo de estrategias que promuevan un manejo adecuado de los recursos naturales y se mejoren las capacidades de gestión, con las cuales, se permea el sentido de conservación en distintos grupos sociales, se vuelven fundamentales.

La determinación de estrategias o acciones de manejo se presenta bajo ciertas similitudes que suceden en la definición de estándares, pareciera que es un ejercicio de

juicio en investigaciones individuales y se especifican de acuerdo con las actividades e impactos registrados y toda la serie de variables que determinan el contexto en el que se desarrollan las zonas de estudio. No obstante, en función de los indicadores pueden existir algunas similitudes o diferencias marcadas, por ejemplo, para manejar la amplitud de senderos, que es un indicador regular en distintas investigaciones que aplican LCA, se determinan diferentes estrategias. Caicedo (2014) propone dar mantenimiento a los senderos y la colocación de piedras pintadas de blanco en hileras laterales a lo largo del mismo, Chiriboga *et al.* (2017) opta por sembrar plantas nativas e identificar los tramos afectados para darles mantenimiento de recuperación. Moreno (2013) toma la decisión de clausurar los segmentos afectados por un periodo de tiempo hasta ser restituidos, limitar el número de grupos, dotar de infraestructura que evite la erosión y habilitar nuevos senderos. En el caso del BHA, dadas las condiciones de uso y las condiciones topográficas de la zona, se optó por mantener estrategias de mantenimiento a lo largo de los senderos y una subsecuente evaluación que permita reconocer la viabilidad de habilitar nuevos senderos con fin exclusivamente interpretativo.

Otro de los indicadores recurrentes es la instalación de señalética, en general se proponen reemplazos o restauraciones en infraestructura de este tipo ya existente (Moreno, 2013), en áreas con ausencia de estos materiales, se opta por recomendar señaléticas informativas, orientativas e interpretativas (Caicedo, 2014; DRNA, 2016; Gómez *et al.*, 2016) y en algunos casos se brindan los lineamientos a seguir y que generalmente son definidos por las instituciones que administran áreas naturales. Caso similar al BHA, al no estar diversificadas las señalizaciones se recomienda la colocación de estas estructuras y dada su pertenencia a un ANP, deben ser gestionadas a través de la CONANP para asegurar que los objetivos del material permeen de manera efectiva en los visitantes de la zona.

La tendencia es similar al tratar acciones para el manejo de residuos, con estrategias de reciclaje (Chiriboga *et al.*, 2017), campañas de limpieza en toda el área (Moreno, 2013) y campañas de sensibilización del visitante (Rojas-Ulloa, 2017). En el BHA, las afectaciones

por residuos sólidos no han alcanzado niveles de impacto significativos, por lo cual, el desarrollo de una estrategia integral para el manejo se convierte en una buena oportunidad para evitar escenarios de mayor degradación; complementada, con una estrategia de compostaje para abarcar el manejo de residuos sólidos orgánicos y la instalación de un sistema biodigestor para el manejo de desechos, tanto humanos como de origen animal, para brindar oportunidades de diversificación en las actividades de la comunidad y aprovechar todos los residuos generados en las actividades.

El sistema biodigestor es una estrategia alternativa que podría traer beneficios al incrementar la producción de energía renovable, en el BHA se cuenta con una pequeña planta eléctrica que suministra de esta energía a las instalaciones, pero diversificar la forma en que se genera energía es relevante, además que se contribuiría a la reducción de impacto ambiental al aumentar la protección del suelo, de las fuentes de agua y mejorar la percepción de los visitantes en los recorridos al convertir en residuos útiles las excretas de origen animal sumado a los desechos que se recolectan en las instalaciones de baños secos. La ventaja de estos sistemas, es que no restringen la combinación de desechos humanos con los de origen animal; sin embargo, es importante tener en cuenta que al incluir el manejo de excretas humanas en la estrategia deben considerarse puntos de suma relevancia. La cadena de tratamiento cuando se utilizan desechos humanos se enfoca en la eliminación de patógenos para prevenir su dispersión y evitar problemas de salud, en este aspecto se recomienda siempre acudir con profesionales en el tema que brinden el asesoramiento adecuado y puedan proveer los sistemas más eficientes para prevenir afectaciones e impactos posteriores.

Las estrategias que promueven el fortalecimiento de la educación ambiental y las practicas interpretativas en áreas naturales se vuelven fundamentales. Pueden ser reflejadas a través de distintas acciones, por ejemplo, la capacitación y certificación de guías (Chiriboga *et al.*, 2017), platicas informativas que resalten la importancia ecológica de las áreas naturales para su preservación o la implementación de planes de educación ambiental (Gómez *et al.*, 2016) que permitan el acercamiento con los actores sociales y se

contribuya a la conservación. En este sentido, los guías que actualmente laboran en el BHA están capacitados y cuentan con las certificaciones oficiales correspondientes para brindar servicios de turismo alternativo, por lo cual, se realza aún más la importancia de complementar y fortalecer las actividades ofertadas con la elaboración de un manual de interpretación ambiental, reconociéndolo como uno de los instrumentos clave que facilitan la gestión y que contribuyen en la comunicación de los valores del patrimonio natural, cultural e histórico, previenen los efectos negativos de las actividades mismas y aportan a los procesos de conservación (MBRS, 2005).

Es claro que muchas de las preocupaciones e impacto relacionados con el uso del espacio por los visitantes en áreas naturales pueden llegar a ser similares y hay algunas coincidencias en el planteamiento de estrategias, sin embargo, también existe una limitación importante para la comparación, identificada principalmente en los ámbitos que engloban el entorno natural. En función de las condiciones de cada área natural se pueden establecer planes de conservación para especies amenazadas, endémicas o migratorias, medidas de contención y erradicación de especies exótico-invasoras (Gómez *et al.*, 2016) o la implementación de Planes de Manejo y políticas públicas que regulen ciertas actividades (DRNA, 2016). En el caso específico del BHA, se busca para este ámbito aportar ideas que faciliten a los administradores su labor ante los escenarios de degradación y cambio climático que vivimos a nivel global, sin embargo, son estrategias que deben ser evaluadas con rigor técnico para conocer las oportunidades y limitaciones de cada una de ellas desde una perspectiva integral.

Por ejemplo, el efecto de la extracción o el aprovechamiento de productos maderables para la producción de leña, carbón vegetal y otros productos o subproductos derivados de la vegetación y el desarrollo de actividades agrícolas, puede regularse mediante la formulación de un programa que permita describir en primera instancia y desde un enfoque interdisciplinario el contexto (histórico y actual) de estas actividades en el BHA, a partir del cual, se analicen las variables que permitirían el aprovechamiento de productos derivados de la vegetación y el establecimiento de sistemas agroforestales, como

alternativas que contribuyan a satisfacer algunas necesidades de la población rural, diversificar las actividades para la generación de empleos y se mejore la calidad de vida; sin embargo, sería un error evaluarlas y adoptarlas con el objetivo de obtener grandes ganancias a corto plazo, en una etapa inicial debe mantenerse una visión en la cual se busque la consolidación de producciones ambientalmente neutras a baja escala y de esa forma crecer paulatinamente en un marco de sostenibilidad.

Algo similar sucede con la instalación de UMAs y viveros forestales con especies nativas, a pesar de ser estrategias que han sido promovidas e impulsadas desde hace algunas décadas en nuestro país como mecanismos que permiten disponer de material adecuado para establecer estrategias de conservación, manejo y recuperación de especies (Guerrero, 2012) o para su comercialización de acuerdo con sus usos (ornamental, medicinal, comestible, etc.). Gran parte de los proyectos de manejo que se realizan en las UMAs están incentivados esencialmente por la obtención de ganancias (Guajardo-Quiroga y Martínez-Muñoz, 2004), sin embargo, los intereses económicos deben quedar a la par de la conservación de los recursos y un reparto equitativo de los beneficios (Gallina-Tessaro *et al.*, 2009). Es importante entender que, para establecer un proyecto de esta naturaleza, hay todo un marco legal-administrativo y un proceso técnico robusto que debe tomarse en consideración, pero con las gestiones adecuadas pueden ser estrategias viables para la diversificación de actividades en el BHA y su fortalecimiento como zona modelo de buenas prácticas.

8 CONCLUSIONES

En términos de la vegetación, las familias Fagaceae, Betulaceae y Fabaceae son las que presentan mayor número de especies; la familia Styracaceae con la especie *Styrax argenteus* var. *ramirezii* y Pentaphylacaceae con *Ternstroemia lineata* son las especies con mayor número de individuos registrados en el BHA.

Las especies más frecuentes dentro de las unidades de muestreo fueron: *Quercus rugosa*, *Ternstroemia lineata*, *Styrax argenteus* var. *ramirezii* y *Q. laurina*. De acuerdo con el índice de

valor de importancia en cuanto a su frecuencia, densidad y dominancia, las especies con mayor importancia fueron: *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Styrax argenteus* var. *ramirezii*. La diversidad en el BHA es alta de acuerdo con los valores obtenidos a partir de los índices aplicados y se registró una alta heterogeneidad con una baja probabilidad de que los organismos tomados al azar fueran de la misma especie.

El tipo de vegetación presente en esta zona podría ser denominado como “particular”, ya que, la importancia estructural de las especies registradas, los factores abióticos y la localización geográfica del BHA permiten clasificarlo como un bosque de encinar de mediana altitud con afinidades al bosque mesófilo de montaña, dado los niveles reportados de dominancia e importancia de algunas especies características de este tipo de vegetación.

Se concluye que el BHA es un espacio de alta diversidad florística, relevante en términos biológicos, que debe ser conservado y manejado de manera sostenible, para asegurar el desarrollo de los procesos ecológicos y el mantenimiento de los servicios ambientales que brinda a nivel local y regional como parte del Corredor Biológico Chichinautzin.

Claramente existen muchos factores que influyen en la sostenibilidad de un área natural con las características del BHA, el trabajo de LCA realizado constituye una primera aproximación técnica para lograr un manejo sostenible en el Bosque de los Hongos Azules. Es un sistema que permite obtener buenos resultados por que involucra una serie de indicadores que plasman la realidad en que se desarrolla el territorio y permite a través de un trabajo participativo puntualizar las estrategias que mejor se adecuen a los objetivos del BHA, sin perder el enfoque de responsabilidad en beneficio de los recursos naturales y las actividades de turismo alternativo.

Se definieron cuatro clases de oportunidad para el BHA, tomando como referencia sus características biofísicas, sociales, de infraestructura y gestión, definiéndolas como:

primitiva, natural, rústico y rural. A partir de esta base fue posible en pasos posteriores identificar diferentes escenarios de manejo al optimizar cada clase de oportunidad y a través de un análisis comparativo de matrices causa-efecto, se seleccionó el escenario que mejor se adecua dadas las condiciones de uso y los objetivos del BHA.

Para el sistema de monitoreo se evaluaron 16 posibles indicadores y se concretaron siete, considerados altamente relevantes desde una perspectiva de impacto, relativamente fáciles de medir, integrativos y manejables mediante la implementación de estrategias in situ; el protocolo de monitoreo se conforma por metodologías sencillas y prácticas para facilitar su medición en campo, la frecuencia varía en función del indicador y pueden ser partícipes diferentes miembros de la comunidad.

Resultado de la identificación y evaluación de indicadores de impacto, se proponen 10 estrategias de manejo divididas entre los diferentes ámbitos. Su implementación puede mejorar las condiciones ambientales, sociales y económicas del BHA. Sin embargo, es necesaria la ampliación de evaluaciones más específicas para conocer su viabilidad real, por lo menos en los casos que impliquen un manejo y aprovechamiento de los recursos vegetales y forestales con beneficios a mediano y largo plazo.

Se recomienda para futuras investigaciones, el refuerzo de los indicadores aquí propuestos (no necesariamente con un incremento), con la identificación y desarrollo de más información en el entorno biofísico (p. ej. grupos de la vida silvestre alternos a la vegetación) que podrían ser relevantes como indicadores y que complementarían la toma de decisiones o desencadenar en estrategias de manejo alternas a las propuestas en esta investigación.

ANEXOS

Anexo 1. Factores Ambientales (Matriz de Leopold, 1971)

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

A.1 TIERRA

- | | |
|-----------------------------|---|
| a. Recursos minerales | d. Geomorfología |
| b. Material de construcción | e. Campos magnéticos y radiactividad de fondo |
| c. Suelos | f. Factores físicos singulares |
-

A.2 AGUA

- | | |
|------------------|----------------------------|
| a. Superficiales | e. Temperatura |
| b. Marinas | f. Recarga |
| c. Subterráneas | g. Nieve, hielos y heladas |
| d. Calidad | |
-

A.3 ATMÓSFERA

- | | |
|--------------------------------|----------------|
| a. Calidad (gases, partículas) | c. Temperatura |
| b. Clima (micro, macro) | |
-

A.4 PROCESOS

- | | |
|---|--|
| a. Inundaciones | e. Sorción (intercambio de iones, complejos) |
| b. Erosión | f. Compactación y asientos |
| c. Deposición (sedimentación y precipitación) | g. Estabilidad |
| d. Solución | h. Sismología (terremotos) |
| | i. Movimientos de aire |
-

B. CONDICIONES BIOLÓGICAS

B.1 FLORA

- | | |
|-------------|------------------------|
| a. Árboles | f. Plantas acuáticas |
| b. Arbustos | g. Especies en peligro |
-

- c. Hierbas
- d. Cosechas
- e. Microflora
- h. Barrearas, obstáculos
- i. Corredores

B.2 FAUNA

- a. Aves
- b. Animales terrestres, incluso reptiles
- c. Peces y mariscos
- d. Organismos bentónicos
- e. Insectos
- f. Microfauna
- g. . Especies en peligro
- h. Barreras
- i. Corredores

C. FACTORES CULTURALES

C.1 USOS DEL TERRITORIO

- a. Espacios abiertos y salvajes
- b. Zonas húmedas
- c. Selvicultura
- d. Pastos
- e. Agricultura
- f. Zona residencial
- g. Zona comercial
- h. Zona industrial
- i. Minas y canteras

C.2 RECREATIVOS

- a. Caza
- b. Pesca
- c. Navegación
- d. Zona de baño
- e. Camping
- f. Excursión
- g. Zona de recreo

C.3 ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO

- a. Vistas panorámicas y paisajes
- b. Naturaleza
- c. Espacios abiertos
- d. Paisajes
- e. Agentes físicos singulares
- f. Parques y reservas
- g. Monumentos
- h. Especies o ecosistemas especiales
- i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
- j. Desarmonías

C.4. NIVEL CULTURAL

- | | |
|---|--------------------------|
| a. Modelos culturales (estilos de vida) | c. Empleo |
| b. Salud y seguridad | d. Densidad de población |

C.5 SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA

- | | |
|---|----------------------------|
| a. Estructuras | d. Disposición de residuos |
| b. Red de transportes (movimiento, accesos) | e. Barreras |
| c. Red de servicios | f. Corredores |

D.RELACIONES ECOLÓGICAS

- | | |
|---|---------------------------|
| a. Salinización de recursos hidráulicos | e. Salinización de suelos |
| b. Eutrofización | f. Invasión de maleza |
| c. Vectores, insectos y enfermedades | g. Otros |
| d. Cadenas alimentarias | |

E. OTROS

Anexo 2. Acciones propuestas que pueden causar Impacto Ambiental (Matriz de Leopold, 1971)

A. MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN

- | | |
|--|---|
| a. Introducción de flora y fauna exótica | g. Control del río y modificación del flujo |
| b. Controles biológicos | h. Canalización |
| c. Modificación del hábitat | i. Riego |
| d. Alteración de la cubierta terrestre | j. Modificación del clima |
| e. Alteración de la hidrología | k. Incendios |
| f. Alteración del drenaje | l. Superficie o pavimento |
| | m. Ruido y vibraciones |

B. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| a. Urbanización | k. Revestimiento de canales |
| | l. Canales |
-

-
- | | |
|---|---|
| b. Emplazamientos industriales y edificio | m. Presas y embalses |
| c. Aeropuertos | n. Escolleras, diques, puertos, deportivos y terminales marítimas |
| d. Autopistas y puentes | o. Estructuras en alta mar |
| e. Carreteras y caminos | p. Estructuras recreacionales |
| f. Vías férreas | q. Voladuras y perforaciones |
| g. Cables y elevadores | r. Desmontes y rellenos |
| h. Líneas de transmisión, oleoductos y corredores | s. Túneles y estructuras subterráneas |
| i. Barreras incluyendo vallados | |
| j. Dragados y alineado de canales | |
-

C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS

- | | |
|---|---------------------------|
| a. Voladuras y perforaciones | e. Dragados |
| b. Excavaciones superficiales | f. Explotación forestal |
| c. Excavaciones subterráneas | g. Pesca comercial y caza |
| d. Perforación de pozos y transporte de fluidos | |
-

D. PROCESOS

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| a. Agricultura | h. Industria química |
| b. Ganaderías y pastoreo | i. Industria textil |
| c. Piensos | j. Automóviles y aeroplanos |
| d. Industrias lácteas | k. Refinerías de petróleo |
| e. Generación energía eléctrica | l. Alimentación |
| f. Minería | m. Herrerías (explotación de maderas) |
| g. Metalurgia | n. Celulosa y papel |
| | o. Almacenamiento de productos |
-

E. ALTERACIONES DEL TERRENO

- | | |
|--|-----------------------|
| a. Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancal | d. Paisaje |
| | e. Dragado de puertos |
-

- b. Sellado de minas y control de residuos
- c. Rehabilitación de minas a cielo abierto
- f. Aterramientos y drenajes

F. RECURSOS RENOVABLES

- a. Repoblación forestal
- b. Gestión y control vida natural
- c. Recarga aguas subterráneas
- d. Fertilización
- e. Reciclado de residuos

G. CAMBIOS EN TRÁFICO

- a. Ferrocarril
- b. Automóvil
- c. Camiones
- d. Barcos
- e. Aviones
- f. Trafico fluvial
- g. Deportes náuticos
- h. Caminos
- i. Telecillas, telecabinas, etc.
- j. Comunicaciones
- k. Oleoductos

H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS

- a. Vertidos en mar abierto
- b. Vertedero
- c. Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros
- d. Almacenamiento subterráneo
- e. Disposición de chatarra
- f. Derrames en pozos de petróleo
- g. Disposición en pozos profundos
- h. Vertido de aguas de refrigeración
- i. Vertido de residuos urbanos
- j. Vertido de efluentes líquidos
- k. Balsas de estabilización y oxidación
- l. Tanques y fosas sépticas, comerciales domesticas
- m. Emisión de corrientes residuales a la atmósfera
- n. Lubricantes o aceites usados

I. TRATAMIENTO QUÍMICO

- a. Fertilización
 - b. Descongelación química de autopistas, etc.
 - d. Control de maleza y vegetación terrestre
 - e. Pesticidas
-

c. Estabilización química del suelo

J. ACCIDENTES

a. Explosiones

c. Fallos de funcionamiento

b. Escapes y fugas

K. OTROS

Anexo 3. Matriz de identificación de impactos ambientales del BHA.

FACTORES				ACCIONES													
				MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN				TRANSFORMACIÓN DEL TERRENO Y CONSTRUCCIÓN		EXPLOTACIÓN DEL RECURSO	PROCESAMIENTO		CAMBIOS EN EL TRÁFICO			TRATAMIENTOS QUÍMICOS	
				Introducción de flora o fauna exóticas	Modificación de hábitat	Alteración de la cobertura vegetal del suelo	Pavimentación	Urbanización	Caminos y senderos	Tala de bosques	Agricultura	Ganadería y pastoreo	Automóviles	Camiones	Senderos	Fertilización	
				A01	A03	A04	A12	A14	A18	A38	A40	A41	A67	A68	A73	A90	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	TIERRA	Suelos	F03	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1
	AGUA	Calidad del agua	F10	-	1	1	-	1	-	1	1	1	1	-	-	-	1
		Recarga	F12	-	1	1	-	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-
	ATMÓSFERA	Calidad del aire (gases, partículas)	F14	-	1	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	-	-
		Clima (micro, macro)	F15	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PROCESOS	Erosión	F18	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1
Compactación y asentamiento		F22	-	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	-	

CONDICIONES BIOLÓGICAS	FLORA	Árboles	F26	1	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	
		Arbustos	F27	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
		Productos agrícolas	F29	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
		Microflora	F30	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Especies en peligro	F32	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Barreras	F33	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
		Corredores	F34	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	FAUNA	Pájaros	F35	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Animales terrestres, incluyendo reptiles	F36	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Insectos	F39	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Microfauna	F40	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Especies en peligro	F41	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Barreras	F42	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Corredores		F43	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
FACTORES CULTURALES	RECREACIÓN	Camping y caminatas	F57	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-
	INTERÉS ESTÉTICO Y HUMANO	Vistas escénicas	F60	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Calidad de vida silvestre	F61	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Diseño del paisaje	F63	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	ASPECTOS CULTURALES	Patrones culturales (estilo de vida)	F70	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
		Empleo	F72	-	-	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-	-
	FACILIDADES Y ACTIVIDADES HUMANAS	Redes de servicios	F76	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 4. Matrices de Leopold para el BHA

Matriz de Leopold – Condición Primitiva

		ZONIFICACIÓN QUE OPTIMIZA CONDICIÓN PRIMITIVA										
		Modificación del hábitat	Mantenimiento/Apertura de caminos y senderos	Actividades agropecuarias	Introducción de flora o fauna exótica	Actividades de turismo alternativo	Urbanización	SUMATORIA				
								Σ NEGATIVOS	Σ POSITIVOS	Σ TOTALES		
MEDIO NATURAL	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	SUELO	Erosión	7 8		-2 2				1	1	52
			Compactación				3 -2		1	0	-6	
		AGUA	Calidad del agua	6 10		-3 4			1	1	48	
	ATMÓSFERA	Calidad del aire	7 9					0	1	63		
		Clima (micro, macro)	5 6					0	1	30		
	CONDICIONES BIOLÓGICAS	FLORA Y FAUNA	Vida silvestre	8 7			3 2		0	2	62	
Calidad del paisaje			7 5		-2 2			1	1	31		
Corredores biológicos			6 7					0	1	42		
MEDIO HUMANO	FACTORES CULTURALES Y SOCIALES	RECREACIÓN	3 4			2 3		0	2	18		
		ASPECTOS CULTURALES	Patrones culturales (estilo de vida)	3 2			2 2		0	2	10	
	SOCIOECONÓMICO	Calidad de vida			2 5				0	1	10	
		Empleo			2 4				0	1	8	
		Redes de servicio							0	0	0	
			Σ NEGATIVOS	0	0	3	0	1	0			
		Σ POSITIVOS	9	0	2	0	3	0				
		Σ TOTALES	360	0	-2	0	12	0				

Matriz de Leopold – Condición Natural

				ZONIFICACIÓN QUE OPTIMIZA CONDICIÓN NATURAL									
				Modificación del hábitat	Mantenimiento/Apertura de caminos y senderos	Actividades agropecuarias	Introducción de flora o fauna exótica	Actividades de turismo alternativo	Urbanización	SUMATORIA			
										Σ NEGATIVOS	Σ POSITIVOS	Σ TOTALES	
MEDIO NATURAL	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	SUELO	Erosión	6 8		-4 3				1	1	36	
			Compactación		-3 2			-4 5		2	0	-26	
		AGUA	Calidad del agua	5 10		-5 4				1	1	30	
			ATMÓSFERA	Calidad del aire	7 9				-3 2		1	1	57
				Clima (micro, macro)	5 6						0	1	30
	CONDICIONES BIOLÓGICAS	FLORA Y FAUNA	Vida silvestre	8 7				-2 3		1	1	50	
			Calidad del paisaje	6 5		-2 2				1	1	26	
			Corredores biológicos	5 6						0	1	30	
	MEDIO HUMANO	FACTORES CULTURALES Y SOCIALES	RECREACIÓN	Senderismo interpretativo y camping	4 5				2 3		0	2	26
				ASPECTOS CULTURALES	Patrones culturales (estilo de vida)	3 2				2 2		0	2
SOCIOECONÓMICO		Calidad de vida				2 5		3 4		0	2	22	
		Empleo				2 4		3 4		0	2	20	
		Redes de servicio							0	0	0		
Σ NEGATIVOS				0	1	3	0	3	0				
Σ POSITIVOS				9	0	2	0	4	0				
Σ TOTALES				366	-6	-18	0	2	0				

Matriz de Leopold – Condición Rústica

				ZONIFICACIÓN QUE OPTIMIZA CONDICIÓN RÚSTICA									
				Modificación del hábitat	Mantenimiento/Apertura de caminos y senderos	Actividades agropecuarias	Introducción de flora o fauna exótica	Actividades de turismo alternativo	Urbanización	SUMATORIA			
										Σ NEGATIVOS	Σ POSITIVOS	Σ TOTALES	
MEDIO NATURAL	CONDICIONES BIOLÓGICAS	SUELO	Erosión	4 8		-4 3				1	1	20	
			Compactación		-4 3			-7 4		2	0	-40	
		AGUA	Calidad del agua	4 10		-5 4		-4 2		2	1	12	
			ATMÓSFERA	Calidad del aire	7 9				-5 4		1	1	43
				Clima (micro, macro)	5 6						0	1	30
	FLORA Y FAUNA	Vida silvestre	7 7				-4 3		1	1	37		
		Calidad del paisaje	6 5		-2 2				1	1	26		
		Corredores biológicos	5 6						0	1	30		
	MEDIO HUMANO	FACTORES CULTURALES Y SOCIALES	RECREACIÓN	6 7				8 3		0	2	66	
			ASPECTOS CULTURALES	3 2				5 2		0	2	16	
SOCIOECONÓMICO		Calidad de vida			2 5		7 4		0	2	38		
		Empleo			2 4		5 6		0	2	38		
		Redes de servicio							0	0	0		
Σ NEGATIVOS				0	1	3	0	4	0				
Σ POSITIVOS				9	0	2	0	4	0				
Σ TOTALES				322	-12	-18	0	14	0				

Matriz de Leopold – Condición Rural

				ZONIFICACIÓN QUE OPTIMIZA CONDICIÓN RURAL									
				Modificación del hábitat	Mantenimiento/Apertura de caminos y senderos	Actividades agropecuarias	Introducción de flora o fauna exótica	Actividades de turismo alternativo	Urbanización	SUMATORIA			
										Σ NEGATIVOS	Σ POSITIVOS	Σ TOTALES	
MEDIO NATURAL	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	SUELO	Erosión	3/8	-4/3	-5/4			-3/2	3	1	-14	
			Compactación		-6/5			-7/4	-6/2	3	0	-70	
		AGUA	Calidad del agua	5/10		-6/4		-4/2	-5/3	3	1	3	
			Calidad del aire	7/9				-5/4	-3/2	2	1	37	
			Clima (micro, macro)	5/6					-2/1	1	1	28	
	CONDICIONES BIOLÓGICAS	FLORA Y FAUNA	Vida silvestre	8/7			-3/4	-4/3		2	1	32	
			Calidad del paisaje	6/5		-2/2			-2/3	2	1	20	
			Corredores biológicos	5/6					-4/3	1	1	18	
	MEDIO HUMANO	FACTORES CULTURALES Y SOCIALES	RECREACIÓN	Senderismo interpretativo y camping	6/7				5/3		0	2	57
			ASPECTOS CULTURALES	Patrones culturales (estilo de vida)	3/2				5/2	-3/1	1	2	13
SOCIOECONÓMICO		Calidad de vida			2/5		7/4			0	2	38	
		Empleo			2/4		5/4			0	2	38	
		Redes de servicio						5/3		0	1	15	
Σ NEGATIVOS				0	2	3	1	4	8				
Σ POSITIVOS				9	0	2	0	4	1				
Σ TOTALES				331	-42	-30	-12	4	-47				

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., Martínez, E. y Arriaga, L. (2000). Deforestación y Fragmentación de ecosistemas: qué tan grave es el problema en México. *Biodiversitas*, (30), 7-11.
- Aguilar-Luna, J. M. E., Loeza-Corte, J. M., García-Villanueva, E. y Hernández-Fernández, L. A. (2018). Arboreal vegetation structure and diversity in the gallery forest of the Xaltatempa river, Puebla, México. *Madera y bosques*, 24(3), e2431616. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431616>
- Alonzo, E. R. y Paz, C. (2014). Generación y manejo de residuos sólidos en áreas naturales protegidas y zonas costeras: el caso de Isla Holbox, Quintana Roo. *Sociedad y Ambiente*, 1(5), 92-114. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i5.1552>
- Baca V., J. M. (2000). Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 105 p.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 136-147.
- Barkman, J. J. (1979). The investigation of vegetation texture and structure. En: M.J. Werger (ed.). *The study of vegetation*: 123-160. Junk. The Hague-Boston.
- Barrena, G. R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. <http://www.tdx.cat/TDX-0223107-152959>
- Bautista, F., Delfín, H., Palacio, J. L. y Delgado, M. del C. (2004). *Técnicas de muestreo para Manejadores de Recursos Naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Beltrán-Rodríguez, L., Valdez-Hernández, J. I., Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A., Pineda-Herrera, E., Maldonado-Almanza, B., Borja-de la Rosa, M. A. y Blancas-Vázquez, J. (2018). Estructura y diversidad arbórea de bosques tropicales

- caducifolios secundarios en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Morelos. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(1), 108-122.
- Birchler, T., Rose R. W., Royo, A. y Pardos, M. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Inv. Agr. Sist. Recur. For*, 7(1-2), 109-121.
- Block-Munguía, S. (2013). Heterogeneidad florística y estructural de los encinares del Parque Nacional el Tepozteco, México. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM.
- Block, S. y Meave, J. A. (2015). Structure and diversity of oak forests in the el Tepozteco National Park (Morelos, México). *Botanical Sciences*, 93(3), 429-460. <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.150>.
- Bonilla Barbosa, J. R. y Novelo, A. (1995). *Manual de identificación de las plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Bonilla-Barbosa, J. R. y Viana, J. A. (1997). *Listados Florísticos de México: Parque Nacional Lagunas de Zempoala*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Bonilla-Barbosa, J.R., Mora, V., Luna-Figueroa, J., Colín, H. y Santillán-Alarcón, S. (Eds.). (2010). *Biodiversidad, conservación y manejo en el Corredor Biológico Chichinautzín. Condiciones actuales y perspectivas*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Bravo-Bolaños, O., Sánchez-González, A., de Nova Vázquez, J. A. y Pavón Hernández, N. P. (2016). Composición y estructura arbórea y arbustiva de la vegetación de la zona costera de Bahía de Banderas, Nayarit, México. *Botanical Sciences*, 94(3), 603-623. <https://dx.doi.org/10.17129/botsci.461>.

- Bringas R., N. y Ojeda Revah, L. (2000). El ecoturismo: ¿una nueva modalidad del turismo de masas? *Economía, Sociedad y Territorio*, II(7), 373-403. Recuperado a partir de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=111/11100701>.
- Caicedo, L. A. (2014). Estudio de capacidad de carga y límites de cambio aceptable en la estación biológica Pindo Mirador, parroquia y cantón Mera, provincia de Pastaza [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Repositorio Digital UTE.
- Cano, A. y Stevenson, P. R. (2009). Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación biológica Caparú, Vaupés. *Colombia Forestal*, 12, 63-80.
- Canter, L. W. (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto*. McGraw-Hill Interamericana de España.
- Carmona, M. L. (1980). Contribución al conocimiento de la flora melífera del estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Carrillo-Parra, A. Bustamante-García, V. y Garza-Ocañas, F. (2011). Factores económicos a considerar en la producción de carbón vegetal en un sistema tipo fosa. En Garza-Ocañas, F. y Carrillo-Parra, A. (Eds.), *Economía en el Manejo Sustentable de los Recursos Naturales* (pp. 79-112). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Cerros-Tlatilpa, R. y Espejo-Serna, A. (1998). Contribución al estudio florístico de los cerros el Sombrerito y las Mariposas (Zoapapalotl) en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Polibotánica*, (8), 29-44. Recuperado a partir de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=621/62100804>.
- Challenger, A. y Dirzo, R. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En *Capital Natural de México: Estado de conservación y tendencias de cambio* (Vol. 2, pp. 37-73). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Chiriboga B. D., Patiño C. D., Fuentes M. A., y Tapia N. F. (2017). Evaluación de impacto del turismo bajo la metodología de límites de cambios aceptables: Área de conservación Mashpi-Guaycuyacu-Saguangal. *Siembra*, 4(1), 131-140. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.507>.
- Cifuentes, M. (1992). *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas. Serie Técnica* (Informe Técnico Núm. 194). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- CONABIO. (2009). *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONANP. (s/f). *Manual para el Desarrollo de Programas de Uso Público basados en la metodología de Límites de Cambio Aceptable (LCA) en las Áreas Protegidas de México*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
- Coria, I. D. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135. Recuperado a partir de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=877/87702010>
- COTECOCA. (1979). *Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero*. Secretaria de Recursos Hidráulicos. Comisión Técnico-Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. México.
- Cottam, G. y Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451-460.
- Cué Bär, E., Villaseñor, J., Arredondo Amezcua, L., Cornejo Tenorio, G. e Ibarra Manríquez, G. (2006). La flora arbórea de Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (78), 47-81.
- De Beer, J. H. y McDermott, M. J. (1989). *The economic value of non timber forest products in Southeast Asia*. (2nd Edition). Netherlands Committee for IUCN.

- Diario Oficial de la Federación. (1988). Decreto por el que se declara el área de protección de la Flora y Fauna silvestres, ubicada en los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlán, Jiutepec, Tlalnepantla, Yauatepec, Tlayacapan y Totolapan, Morelos. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.
- Domínguez G., T. G., Hernández González, B. N., González Rodríguez, H., Cantú Silva, I., Alanís Rodríguez, E. y Alvarado, M. del S. (2018). Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(50), 9-34. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.227>.
- Dorado, R. O. (1983). La subfamilia Mimosoideae (Familia Leguminosae) en el estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Dressler, R. L. (1960). Tepoztlán, México, interesting orchid locality. *Orchid Digest*, 24, 297-299.
- Encina-Domínguez, J. A., Zárate-Lupercio, A., Estrada-Castillón, E., Valdés-Reyna, J. y Villarreal-Quintanilla, J. (2009). Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Botánica Mexicana*, 86, 71–108. Recuperado a partir de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512009000100004&lng=es&tlng=es.
- Espejo-Serna, A., García-Cruz, J., López-Ferrari, A. R., Jiménez Machorro, R. y Sánchez Saldaña, L. (2002). Orquídeas del Estado de Morelos. *Orquídea (Méx.)*, 16: 1-392.
- Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R., García-Cruz, J., Jiménez Machorro, R. y Sánchez Saldaña, L. (1998). Les Orchidées du Couloir Biologique Chichinautzin. *Orchidées, Culture et Protection*, 34, 9–36.
- Espinoza, G. J. (1962). Vegetación de una corriente de lava de formación reciente, localizada en el declive meridional de la Sierra de Chichinautzin. *Bol. Soc. Bot. México*, 27, 67-126.

- FAO. (2009). *Los bosques y el agua*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- FAO. (2017). *The charcoal transition: greening the charcoal value chain to mitigate climate change and improve local livelihoods*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernandez-Vítora, V. C. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. (4ª edición). Mundiprensa.
- Flores, F. G. (1990). La subfamilia Caesalpinioideae (Familia Leguminosae) en el estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Flores, J.S. y Álvarez-Sánchez, J. (2004). Flora y Vegetación. En: Zúñiga, F. (ed.). *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales* (1ª ed., pp. 389-414). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Flores-Castorena, A. (1988). Los árboles ornamentales de la ciudad de Cuernavaca, Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Flores-Castorena, A. (2016). Manejo de Árboles Nativos para la Reforestación Urbana. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Font Quer, P. (1965). *Diccionario de Botánica*. Editorial Limusa.
- Fortanelli-Martínez, J., García-Pérez, J. y Castillo-Lara, P. (2014). Estructura y composición de la vegetación del Bosque de niebla de Copalillos, San Luis Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana*, (106), 161-186.
- Gallina-Tessaro S. A., Hernández-Huerta, A., Delfín-Alfonso, C. A. y González-Gallina, A. (2009). Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación ambiental*, 1(2), 143-152.
- García, E. (1998). Climas (clasificación de Koppen, modificado por García) en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

- García L. L. (2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales. [Tesis de doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya]. Tesis Doctorals en Xarxa (TDX).
- García M., J. G. (2010). Determinación de rendimientos y calidad de carbón de residuos de *Quercus spp.*, grupo erythrobalanus, en dos tipos de hornos. [Tesis de maestría, Universidad Juárez del estado de Durango].
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C. y Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Pearson Educación, S.A.
- Gómez A. E. G. (2011). Límite de cambio aceptable en el parque nacional Cotopaxi (zona natural intensiva), sectores el Caspi y Pedregal, provincias de Cotopaxi y Pichincha. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Gómez, J. D., Sánchez, A. y Gutiérrez-Fernández, F. (2016). Cálculo de los límites de cambio aceptable (LAC) en el sendero lagunas de siecha, parque nacional natural Chingaza–Colombia. *Revista de Tecnología*, 15(2), 75-88.
- González-Amado, H. (1998). La familia Bignoniaceae en el estado de Morelos, México. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- González-Castañeda. N. (2014). Estructura y diversidad de la flora leñosa en el área núcleo Cerro Altamirano, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, México. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM.
- González-Elizondo, M., Tena-Flores, J., Ruacho-González, L. y López-Enríquez, I. (2012). Vegetación de la sierra madre occidental, México: una síntesis. *Acta Botanica Mexicana*, (100), 351-405. <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.40>
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E. y Lujan-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque

- templado del noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 535-542. <https://dx.doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>
- Guajardo-Quiroga, R. G y A. Martínez-Muñoz. (2004). Cuantificación del impacto económico de la caza deportiva en el norte de México y perspectivas de su desarrollo. *Entorno Económico*, 42, 1-17.
- Guerrero, M. de L. (2012). El vivero de plantas nativas, un elemento clave en el manejo integral de la microcuenca la Joya. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ.
- Guevara C., M., Palma Linares, V. y Maltés González, C. (2020). Fuego en el manglar. *Antropica. Revista De Ciencias Sociales y Humanidades*, 6(11), 65-87. Recuperado a partir de: <https://www.antropica.com.mx/ojs/index.php/AntropicaRCSH/article/view/220>
- Guízar-Nolazco, E., Granados-Sánchez, D. y Castañeda-Mendoza, A. (2010). Flora y vegetación en la porción sur de la mixteca poblana. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 16(2), 95-118. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.04.019
- Haro-Martínez, A. A. y Taddei-Bringas, I. C. (2014). Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental. *Economía, Sociedad y Territorio*, 14(46), 743-767.
- Hernández, J. (2012). Efecto del manejo forestal en la diversidad, composición y estructura de un bosque de *Pinus arizonica* ENGELM, en el ejido el largo, Chihuahua, México. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio Académico Digital UANL.
- Hernández-Cárdenas, R. A., Cerros-Tlatilpa, R. y Flores-Morales, A. (2014). Las plantas vasculares y vegetación de la barranca Tepecapa en el municipio de Tlayacapan, Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana*, (108),11-38.

- INEGI. (2014). Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000 Serie II. (Continuo Nacional), escala: 1:250000. Edición: 2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Juárez, D. J. C. (1998). La familia Malpighiaceae en el estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Keels, S., Gentry, A., y Spinzi, L. (1997). Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in eastern Paraguay. (Biodiversity measuring and monitoring certification training, volume 2). Washington: SI/MAB. En Garibaldi, 2008. 14 p.
- Lande, R. (1996). Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76, 5-13.
- Leal E., C. E., Leal Elizondo, N., Alanís Rodríguez, E., Pequeño Ledezma, M. A., Mora-Olivo, A. y Buendía Rodríguez, E. (2018). Estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(48), 252-270. <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.129>
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B. y Balsley, J. B. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. U. S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/cir645>
- Leung, Yu-Fai; Spenceley, Anna; Hvenegaard, Glen y Buckley, Ralf (eds.) (2019). Gestión del turismo y de los visitantes en áreas protegidas: directrices para la sostenibilidad. Serie Directrices sobre Buenas Prácticas en Áreas Protegidas no. 27. IUCN.
- Lima P. J. (2015). La Educación Ambiental en las áreas protegidas: el caso del Parque Municipal da Lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil. [Tesis de doctorado, Universidad de Valencia].
- Linares-Lujan, G., Echeverria-Pérez, C. y Cespedes-Aguilar T. (2017). Potencial energético de la zona rural del Departamento de la Libertad (Perú) producido por

- biogás obtenido de excretas humanas. *Tecnología en Marcha*. 30(4), 108-117.
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3415>
- López-Hernández, J., Aguirre-Calderón, Ó., Alanís-Rodríguez, E., Monárrez-González, J., González-Tagle, M. y Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39-51. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- López-Pérez, Yolanda, Tejero-Díez, J. Daniel, Torres-Díaz, Alin N., & Luna-Vega, Isolda. (2011). Flora del bosque mesófilo de montaña y vegetación adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, Estado de México, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (88), 35-53.
- Lot, A., y Chiang, F. (1986). *Manual de Herbario: Consejo Nacional de la Flora de México*. Consejo Nacional de la Flora de México.
- Luna, I. y Alcántara, O. (2004). Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. En Luna, I., Morrone, J. J. y Espinosa, D. (Eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental* (pp. 169-191). Conabio-UNAM.
- Luna-Vega, I., Alcántara, O., Contreras-Medina, R. y Ruiz-Jiménez, C.A. (2007). Composición y Estructura del bosque mesófilo de montaña de Ocuilán, estado de México-Morelos. En Luna, I., Morrone, J. J. y Espinosa, D. (Eds.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana* (pp. 173-178). UNAM.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Margalef, R. (1969). El ecosistema pelágico del Mar Caribe. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 29(82), 5-36.
- Martina P., Corace, J., Aeberhard, A., Aeberhard, R. (2003) Construcción de un biodigestor pequeño para su uso en investigación y docencia. Sitio Argentino de Producción Animal, 1-3.

- Martínez G., M., Cruz Durán, R., Castrejón Reyna, J., Valencia Ávalos, S., Jiménez Ramírez, J. y Ruiz-Jiménez, C. (2004). Flora vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología Serie Botánica*, 75(2), 105-189.
- Martínez, A. M. (1981). Contribución al conocimiento de la flora fanerogámica de la Loma de Quiahuistepec, Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Martínez-Alvarado, D. (1985). Las cactáceas del estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Matteucci, S. D. y Colma, A. (1982). *Métodos para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- Maza-Villalobos, S., Macedo-Santana, F., Rodríguez-Velázquez, J., Oyama, K. y Martínez-Ramos, M. (2014). Variación de la estructura y composición de comunidades de árboles y arbustos entre tipos de vegetación en la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán. *Botanical Sciences*, 92(2), 243-258. <https://doi.org/10.17129/botsci.104>
- McKay, H. (2006). Applying the limits of acceptable change process to visitor impact management in New Zealand's natural areas: A case study of the Mingha-Deception Track, Arthur's Pass National Park. [Tesis de maestría, Lincoln University]. <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/handle/10182/3042>
- Meaza, G. y Cadiñanos, J. A. (2000): Valoración de la vegetación. En Meaza, G. (Ed.): *Metodología y práctica de la Biogeografía*. Ediciones del Serbal.
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Cruz, J., Cortés-Flores, J., Rendón-Sandoval, F. J. e Ibarra-Manríquez, G. (2014). Composición, estructura y diversidad de la comunidad arbórea del bosque tropical caducifolio en Tziritzicuaró, Depresión del Balsas, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1117-1128. doi: 10.7550/rmb.43457

- Miranda, F. y Sharp, A. J. (1950). Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of Eastern Mexico. *Ecology*, 31(3), 313-333. <https://doi.org/10.2307/1931489>
- Moreno R., P. A. (2013). Definición del Límite de Cambio Aceptable en el Parque Nacional Jeannette Kawas (Honduras), con miras a fomentar el ecoturismo en la zona. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/5750>
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.
- Padilla V., E., Cuevas Guzmán, R., Ibarra Manríquez, G. y Moreno Gómez, S. (2006). Riqueza y biogeografía de la flora arbórea del estado de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77(2), 271-295.
- Paz S., M. F. (2005). *La participación en el manejo de áreas naturales protegidas. Actores e intereses en conflicto en el Corredor Biológico Chichinautzín, Morelos*. Cuernavaca. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.
- Pedraza, G., Chará, J., Conde, N., Giraldo, S. y Giraldo, L. (2001). Evaluación de los biodigestores en geomembrana (PVC) y plástico de invernadero en clima medio para el tratamiento de aguas residuales de origen porcino. *Livestock Research for Rural Development*, 14(1).
- Piedra-Malagón, E. M., Ramírez Rodríguez, R. e Ibarra-Manríquez, G. (2006). El género *Ficus* (Moraceae) en el estado de Morelos, México. *Acta Botanica Mexicana*, 75, 45-75. <https://doi.org/10.21829/abm75.2006.1014>
- Pielou, E.C. (1969). *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Inter-science.
- Piñuela, A., Guerra, A. y Pérez-Sánchez, E. (2013). *Guía para el establecimiento y manejo de viveros agroforestales*. Fundación Danac.

- Prieto, J. A., Vera C. y Merlín B. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico Núm. 12. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP.
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Cuernavaca (POET). (2006). Ayuntamiento de Cuernavaca.
- Puig, H. (1976). *Végétation de la Huasteca, Mexique*. Mission Archéologique et Ethnologique Française au Mexique.
- Pulido-Esparza, E., Espejo-Serna, A. y López-Ferrari, A. R. (2009). Las monocotiledóneas nativas del Corredor Biológico Chichinautzin. *Acta Botánica Mexicana*, 86, 9-38.
- Ramírez, B. R. (1995). *Principios y métodos de Ecología Vegetal*. Editorial Universidad del Cauca, Popayán. 45p.
- Ramírez, C. D. (1945). Algunas plantas de Tepoztlán, Morelos. *Anales Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 16, 463-472.
- Ramírez, C. D. (1949). Notas sobre la vegetación de la Sierra de Tepoztlán, Morelos. *Anales Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 20, 189-126.
- Ramírez, G. A. (1999). Agavaceae del estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Ramírez, R. R. y Téllez, V. O. (1992). Las Dioscóreas (Dioscoreaceae) del estado de Morelos, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. México*, 63, 67-99.
- Ramón, J. A., Romero, L. F. y Simanca, J. L. (2006). Diseño de un biodigestor de canecas en serie para obtener gas metano y fertilizantes a partir de la fermentación de excrementos de cerdo. *Revista Ambiental: Aire, Agua y Suelo*, 1(1), 15-23.
- Ramos-López, A. (2005). Diversidad y conservación de los encinares de Colima, México. (Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio Institucional de la UNAM.

- Rangel, J. O. y Velázquez, A. (1997). Método de estudio de la vegetación. En. Rangel, J. O. (Ed.). *Diversidad Biótica* (Vol. 2, pp. 59-87). Universidad Nacional de Colombia.
- Riba, R., Pacheco, L., Valdés, A. y Sandoval, Y. (1996). Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. *Acta Botánica Mexicana*, 37, 45-65.
- Rodríguez, G. (2014). Áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la diversidad de vertebrados terrestres en el estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Rodríguez, L. (2010). *Manual de prácticas de viveros forestales*. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Rojas-Ulloa D, Rodríguez-Buitrago A. y Gutiérrez-Fernández F. (2017). Cálculo de los límites de cambio aceptable (LAC) en el casco urbano del municipio de Puerto Nariño-Amazonas, Colombia. *Revista de Tecnología*, 16(2), 78-89.
- Romero, R. T. (2017). Variación espacial de la estructura de la comunidad vegetal en un bosque conservado de *Quercus* en la localidad Rancho "El romerito", Taxco de Alarcón, Guerrero: Propuesta de restauración. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]
- Ruiz-Jiménez, C. A. (1995). Análisis estructural del bosque mesófilo de la región de Huautla de Jiménez (Oaxaca), México. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM.
- Ruiz-Jiménez, C. A.; Meave, J. y Contreras, J. L. . (2000). El bosque mesófilo de la región de Huautla de Jiménez (Oaxaca), México: análisis estructural. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 65, 23-37.
- Ruiz-Jiménez, C. A.; Téllez-Valdés, O. y Luna-Vega, I. (2012). Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 1110-1144.

- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1ra. ed.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Saavedra, M. D. F. (2009). Estudio de la vegetación del Parque Estatal Francisco Torres Moreno, Cerro del Huixteco, Taxco, Guerrero, México. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM.
- SAM-MBRS. (2005). *Manual de Interpretación Ambiental en áreas protegidas de la región del sistema arrecifal mesoamericano*. Coastal Resources Multi-Complex Building.
- Sánchez, O., Zamorano, P., Peters, E. y Moya, H. (Eds.). (2011). *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México* (1ª ed., pp. 389). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Sánchez-Rodríguez, E., López-Mata, L., García-Moya, E. y Cuevas-Guzmán, R. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 73, 17-34.
- Sans, F. R. y Ribas, J. D. (2004). *Ingeniería ambiental. Contaminación y tratamientos*. Marcombo.
- Secretaría de Agricultura y Recursos hidráulicos (SARH). (1975). *Inventario Forestal del Estado de Morelos*. SARH.
- Segrado-Pavón, R. G., Serrano-Barquín, R. del C., Juan-Pérez, J. I., Cruz-Jiménez, G. y Balbuena-Portillo, M. C. (2014). Evaluación de dos métodos para el aprovechamiento turístico en Áreas Naturales Protegidas. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 23, 1-14.
- Silva, L.C., Romero, F. J., Velázquez, A. y Almeida-Leñero, L. (1999). La vegetación de la región de montaña del sur de la Cuenca de México. En. Velázquez A. y Romero, F. J. (eds.). *Biodiversidad de la región de la montaña del Sur de la Cuenca del Valle de México*:

- Bases para el ordenamiento ecológico* (pp. 65-92). Universidad Autónoma Metropolitana.
- Smith, T. M. y Smith L. R. (2007). *Ecología*. (6ª ed., pp. 776). Pearson Educación.
- Solís, P. A. (2007). Mapeo de actores sociales. En. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. s/f. *Manual para el Desarrollo de Programas de Uso Público basados en la metodología de Límites de Cambio Aceptable (LCA) en las Áreas Protegidas de México* (pp. 75-78). CONANP.
- Sosa, A. H. (1935). Los bosques de Huitzilac y las lagunas de Zempoala en el estado de Morelos. *México Forestal*, 13, 39-46.
- Sosa-Nishizaki, O. (2009). Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. En. CONABIO. *Capital natural de México* (Vol. 2, pp. 247-276). CONABIO.
- Sotelo, G. A. (1984). La Subfamilia Panicoideae (Familia Gramineae) en el estado de Morelos. [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos].
- Stankey, G. H., Cole, D. N., Lucas, R. C., Petersen, M. E. and Frissell, S. S. (1985). The limits of acceptable change (LAC) system for wilderness planning (General Technical Report INT-176). <https://winapps.umt.edu/winapps/media2/wilderness/toolboxes/documents/planning/planning%20-%20LAC%20handbook.pdf>
- Tacón, A. y Firman, C. (2004). *Manual de Senderos y Uso Público*. CIPMA.
- Tilden, F. (1957). *Interpreting Our Heritage*. The University of North Carolina Press.
- Torres-Rojo, J. M. (2004). *Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina al año 2020*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Van der Maarel, E. (Ed.) (2005). *Vegetation ecology*. Blackwell Publishing.

- Vázquez, S. J. (1974). Contribución al estudio de las plantas del estado de Morelos (México). Catálogo de plantas contenidas en el “Herbario L’Amagatall”. *Ciencia*, 29, 1-138.
- Vergara-Schmalbach, J. C., Fontalvo, T. J. y Máza, F. (2010). La planeación por escenarios: Revisión de conceptos y propuestas metodológicas. *Prospectiva*, 8(2), 21-29.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902.
- Villaseñor, J. L. y Magaña, P. (2002). La Flora de México. *Ciencias*, (66), 24-26.
- Wolf, F. y Vogel, E. (1986). Características del carbón vegetal en algunas especies madereras del noreste de México. *Revista Ciencia Forestal*. 11(59), 181-189.
- Zacarías-Eslava, L., Cornejo-Tenorio, G., Cortés-Flores, J., González- Castañeda, N. e Ibarra-Manríquez, G. (2011). Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(3), 854-869.
- Zamora-Crescencio, P., Mas, J. F., Rico-Gray, V., Domínguez-Carrasco, M. del R., Villegas, P., Gutiérrez-Báez, C. y Barrientos-Medina, R. C. (2015). Composición y estructura arbórea de petenes en la Reserva de la Biosfera de Los Petenes, Campeche, México. *Polibotánica*, (39), 1-19.

Dictiotopografía

- Boege, E. (2010). La importancia de los Territorios de los Pueblos Indígenas y la cubierta Forestal. en Chápela, F. Estado de los bosques de México. Recuperado de: https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Estado_de_los_bosques_en_Mexico_final.pdf
- Chávez, A., Villavicencio, R., Shalisko, V., Gómez, H., Valdivia, L., González, L., Castillo, J. L., Aceves, R., Bernabe, S. y Alvarez, G. (2015). Estudio de Límite de Cambio

Aceptable y Capacidad de Carga Turística en el Área de Protección de Flora y Fauna la Primavera y Parque Nacional Volcán de Colima. Recuperado de: <http://siga.jalisco.gob.mx/unidadtransparencia/2018/Estudio%20La%20Primavera%20y%20Volcan%20de%20Colima%202.pdf>

Climate-data.org. (2020). Clima: Cuernavaca (México). Recuperado de: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/morelos/cuernavaca-1015/>

CONAFOR. (2013). Sistemas Agroforestales Maderables en México. CONAFOR y Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas_agroforestales_maderables_en_Mexico.pdf

DRNA (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales). (2016). Estudio de Límite de Cambio Aceptable de la Reserva Natural Corredor Ecológico del Noreste. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Recuperado de: http://drna.pr.gov/wp-content/uploads/2017/03/Estudio_LCA-CEN.pdf

Esquivel, R.M. (2016). Análisis del Límite de Cambio Aceptable para tres áreas naturales protegidas (ANP) del Estado de San Luis Potosí. Recuperado de: <http://beta.slp.gob.mx/SEGAM/Documentos%20compartidos/ESTUDIOS%20PROGRAMAS%20Y%20PROYECTOS/LimiteDeCambioAceptableANPs.pdf>

Esquivel, R.M. (2017). Análisis del Límite de Cambio Aceptable para los Espacios Naturales y Culturales de los Pueblos Mágicos de Xilitla y Real de Catorce, y del Área Natural Protegida Parque Estatal Palma Larga, Estado de San Luis Potosí. Recuperado de: <http://www.segam.gob.mx/descargas/INFORME%20FINAL%20LCA%20SLP%2003102017%20C.pdf>

- FAO. (s.f.). Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Recuperado de:
<http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- León Peláez, J. D. (s/f). Evaluación del impacto ambiental de proyectos de desarrollo. Recuperado de:
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001413.pdf>
- MBRS (2005). Manual de Interpretación Ambiental en Áreas Protegidas de la Región del Sistema Arrecifal Mesoamericano. Recuperado de:
<http://www.mbrs.doe.gov.bz/dbdocs/tech/Interpretacion.pdf>
- Ramírez, W. (2005). Manejo de sistemas agroforestales. Recuperado de:
https://biblioteca.ihatuey.cu/link/libros/sistemas_agroforestales/manejo.pdf
- Rhodes. A. (2015). ¿Para qué sirve el proceso de Límites de Cambio Aceptable? Ecoturismo Genuino. México. Recuperado de:
<http://www.ecoturismogenuino.com/inicio/2015/07/15/importancia-lmitescambioaceptable/>
- SECTUR. (2004). Guía para el diseño y operación de senderos interpretativos. Serie Turismo alternativo. Recuperado de: <https://www.entornoturistico.com/wp-content/uploads/2017/04/Gu%C3%ADa-para-el-dise%C3%B1o-y-operaci%C3%B3n-de-senderos-interpretativos.pdf>
- SEMARNAT. (s/f). Proyecto Ecoturístico El Cajetito. Morelos, México. Recuperado de
<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mor/estudios/2012/17MO2012TD009.pdf>

Cuernavaca, Mor., a 06 de noviembre del 2020

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

**COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES”, SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS: HACIA UN MANEJO**

SOSTENIBLE, que presenta el alumno **SAMUEL PUEBLA ROMAN**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente

Por una humanidad culta

Una universidad de excelencia

Dr. Einar Topiltzin Contreras MacBeath
Catedrático de posgrado del
Centro de Investigaciones Biológicas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

EINAR TOPILTZIN CONTRERAS MAC BEATH | Fecha:2020-11-09 17:07:54 | Firmante

GEF5FcfF/ROZGKwG7GpJfEd+oU+QTe+9VNCIxFXNDqC8H+u/JYHkeq9H+5qsDguc3XMYiO8gNifD25kSoLkTcoxPRm4rn95X+2R36irTVms/h15/NzIXHAI8e+PexX6/yIVIPFyes/

/eZ4OAMobQC71xTr7b9sl2SwicMNpqJpLNIC5kwtkro7khtM03YS7QTWYU//dQnutB0dukn0fJ0NRzU2avfont3R4Hklwh6qkBP/8ZbPrF7A9Vgla2FyMO+H6eRHMZcxtSB5s5/I01iic
tLRkreIrrnOLSpOdzhTHTJci9lowRTg/rnOoPQ2mGTEMrrWViiEAdbCckpRVW3g==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

[dAcepB](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/OBRKfuTzY3LBPW89mJ9Fc0NcLwGtjkZZ>





Cuernavaca, Mor., a 06 de noviembre del 2020

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

**COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES”, SANTA MARÍA AHUACATILÁN, MORELOS: HACIA UN MANEJO**

SOSTENIBLE, que presenta el alumno **SAMUEL PUEBLA ROMAN**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente

Por una humanidad culta

Una universidad de excelencia

Dr. Alejandro García Flores
Catedrático de posgrado del

Centro de Investigaciones Biológicas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALEJANDRO GARCIA FLORES | Fecha:2020-11-18 13:42:04 | Firmante

oiss4XNs12sa8vyeGnZGov3djOJ4gSHb5midQ7lslcbCAwVFeV9fBR0sy/Da2pKwTIU4Pu1vmUp9FqZTI2FIEK/zmfreisFDuWs5ITTTu5Tb5jsQrHqy0oFNpRJADfGhVEuiZu4wOraP
eTyKfzfjPOOxcwBhKHornbpPvpMo/0T0d4Veg4ziHKC517hTGZXJd69OwrSvTZSCGatX3sR0+Dzv+qW/9aT+LF9I0HSrLEgf9Qxod1ikPIH9UeEZA4ESj+tU5aen+1x5rVq2mMM5
ED7+iJrKknGG27QO2TliwHAK0zE3ZBKLca7Z/WyizFTd5HQEOJSs95IbW0FZLrfrdQ==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

3yCgVf

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8tdrFKZg494UYbCDkYnLMxyHA2tfGlbZ>



Cuernavaca, Mor., a 06 de noviembre del 2020

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

**COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES”, SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS: HACIA UN MANEJO**

SOSTENIBLE, que presenta el alumno **SAMUEL PUEBLA ROMAN**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente

Por una humanidad culta

Una universidad de excelencia

Dra. Rosa Cerros Tlatilpa
Catedrática de la U A E M



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ROSA CERROS TLATILPA | Fecha:2020-11-16 22:36:05 | Firmante

Li0W6kPhTYgyzx70nLt9ifYt5/49NXoKr7dqmJ0NZSvCiQxBxwfpLlHMFEjDpUpfUyDSHztJF/nGvmm9KcP73vExaftVIThbD7NorYRPl04oBSqvgGee1oNXUoM+NqJL0Av4Lt+A/bZ
E6/ZUS+Bgr8WlySPD6z92pzKB7PuVAuMUDGcNKVW4UM0sPSki8+hoS5rY7GtKGQWPtEII+n71NNXOpCEjqqUZuo06piK+qqDt7J1UqcDzYQbQUcUuS0BeD2iksIPJ7N20Vrlx6j
Z60i/6JjAbYdlppS+8UfV6nIQnaigOvoCxSL5bvRDhty3YsFYR/28gSbDQZQBrcG3Nzw==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

[JxSBqf](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tJN6zMSBcJC5zLcnm78n0DoliCKfLEDB>





Cuernavaca, Mor., a 06 de noviembre del 2020

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

**COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES DEL CENTRO
DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES”, SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS: HACIA UN MANEJO**

SOSTENIBLE, que presenta el alumno **SAMUEL PUEBLA ROMAN**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente

Por una humanidad culta

Una universidad de excelencia

M. en M.RN Álvaro Flores Castorena
Catedrático de posgrado del
Centro de Investigaciones Biológicas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALVARO FLORES CASTORENA | Fecha:2020-11-08 21:04:48 | Firmante

XVgqnHUSYP+yDMSli45UGUC6sLEabGfvhvZC/I98EN4IwVAV6v1VeR90Bkr1N2buEsDSU0Wk2WqbMqAx+fsQc93kft19KFqxRdims1o6Bgxpnn59HPMp7lywQq0qRCm/+jx/rlo
cl3ixB70/vyby/GMYyBreKpj8QoN9n5VnEP5xqxO14tdJtlhEk9hqSOTkSuz8hC4V5qqp5HyxfiVadeB9/pZCG+VLTxB+qq9cH2rKfKU75In0xfubvdznE4H/Icty3qD8lxV3uBvQfnkM2
bH3Kcz1luDnbqXVlBcP7pNjoOe51NqmXA5bW2aNWrqhfRbphPO8iwQuQwgPl23qcg==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

[CHdLka](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/4kWXqEkYwTcQBjxWtS22uHbVTRCKXoT5>



Cuernavaca, Mor., a 06 de noviembre del 2020

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

**COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES”, SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS: HACIA UN MANEJO**

SOSTENIBLE, que presenta el alumno **SAMUEL PUEBLA ROMAN**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente

Por una humanidad culta

Una universidad de excelencia

M. en C. Aquiles Argote Cortés
Catedrático de posgrado del
Centro de Investigaciones Biológicas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

AQUILES ARGOTE CORTES | Fecha:2020-11-18 20:53:11 | Firmante

stHU6MOzYhW3b5S7hJtIwJajx4sWg+cCiOuTth8+vvFtdMXbeyAUOmNLzh5w7S7xb3FZO/WX0kqX6qoJSMqLsJvrWJeK9jXzx7ZKvuFLFR76I/sXffdkdlm3N7NNknnLDvKmyfG2QfvRw+08W+UsWhFTiJRMnZSZrcQdetG5W0ahqNEAAYdXxRelwFjz72rdYP97toKg6dRji4Pyhe9NQfwbqz8oYluatsjT/8iuELzPHlpmSETyt06BhXT4DJVPH1HRvTPxM043UFNxnM6mZmnqcD9Xv/QMkHEVVI2/KobVfjC/HnZD5wRSFGf0Th6mqRYOGJrcNz8zco8qVlVQ==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

71061H

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/1p6USHVfn2p7rNGiN35BBLSmQ1YAPytr>





Cuernavaca, Mor., a 06 de noviembre del 2020

DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

**COORDINADOR DE LA MAESTRIA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

Por este medio informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis intitulado: **“COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE LA VEGETACIÓN DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES”, SANTA MARÍA AHUACATILÁN, MORELOS: HACIA UN MANEJO**

SOSTENIBLE, que presenta el alumno **SAMUEL PUEBLA ROMAN**, mismo que constituye un requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES; lo encuentro satisfactorio por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento, quedo de usted.

Atentamente

Por una humanidad culta

Una universidad de excelencia

M. en M.R.N. Mara Erika Paredes Lira
Catedrático de posgrado del

Centro de Investigaciones Biológicas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARA ERIKA PAREDES LIRA | Fecha:2020-11-10 13:35:03 | Firmante

nTbi9ZxaS4nvWzWjJfxDzLbInUChPuG2A57bz6KJD24qZ67e21p2d5iun6YiAjg35dFYoUZlzyw2cgj/kuO4rPIB/+AGRUcjs82afNmR5rTWSxAGeVaPBPUP+3LbUn/rrtskbBd+7tSFd
eg5DyKnqK6WnTGpjsTWzhCXMFOMKXP3Rmy5zZxZs37EBbJwOuhiCpDTRSIOoDyZtUIdAKWZjBRqSZRqcyIbTTE2hi02ZTwbzSuk7ZIS1440raNShjqrpv6kmXxHN5/UlcfPB4li
kPcKEXQfFopI7CoRFg6tw9o4/aNHrdomh003JrZTreoFj42gn9sKx1ZVxeBkHWHp==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

[a4HJ0o](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Xbc4NC0mOalXtXG6SuqddzmpY7BWnAL>

