



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

TESIS

Presentada para obtener el grado de:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Por:

FRANCISCO JAVIER DEL BOSQUE DE LA BARRERA

**“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE UN SISTEMA AGRO-SILVO-PASTORIL
EN CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO”**

Dirigida por:

Dr. José Luis Gama Flores

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO, 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mi PADRE, Javier Del Bosque, por ser mi ejemplo a seguir, por enseñarme que todo lo que me proponga lo haga con INTEGRIDAD, RESPONSABILIDAD, HONESTIDAD y COMPROMISO. Por ser siempre una persona intachable y sincera. ¡Gracias papá!

A mi MADRE, Ma. Teresa De la Barrera, por ser mi cómplice en esta grande aventura, por enseñarme a ser HUMILDE en todo momento, por su PACIENCIA en mis proyectos y locuras, por ser siempre mi apoyo incondicional, por ser la única en entender de lo que estoy hablando y sobre todo porque jamás permitiste que me diera por vencido. ¡Gracias mamá!

A mis hermanos, Maritere y Agustín, por su cariño, su motivación, por soportar mis cambios de ánimo y demás locuras. ¡Los quiero hermanos!

A mi Abuelito Guillermo (QEPD) y Margarita Espinosa, por todo su amor y apoyo en todos los aspectos de mi vida, siempre estaré agradecido con ustedes.

A mi Abuelita Yolanda y tías Lourdes y María Eugenia (QEPD) por el gran cariño que me tienen.

A mi PADRINO Manuel De la Barrera, por representar para mí otro ejemplo a seguir, por motivarme a seguir preparándome y sobre todo por su cariño. Gracias Manolín.

A mis tíos Luis, Lupita y su hermosa familia De la Barrera Martínez por estar siempre pendientes de mis proyectos y de mis logros, muchísimas gracias tíos y primos.

A mis hermosas familias Del Bosque y De la Barrera por su motivación y cariño.

A mis entrañables amigos-hermanos borbotones Miguel y Rodrigo por ser la familia que yo elegí y que estoy seguro que me apoyarán en todo lo que me proponga. A mi amigo Paco por motivarme y levantarme en los momentos difíciles.

A mis queridos hermanos de carrera Brenda, Adriana, Daniela, Abraham, Pablo, Gabriela y Eréndira por compartir tantas aventuras, retos, experiencias y momentos únicos que me marcaron como persona y como biólogo. Nunca los olvidaré colegas.

A mis amados ALUMNOS, porque ustedes son mi motivo para seguir preparándome, son mi mayor satisfacción como biólogo, gracias también por sus muestras de cariño y motivación.]

Y por último a ti amigo, hermano, consejero, compañero Guadalupe Rangel, ¡LO LOGRÉ LUPE!, estoy seguro que en donde quiera que estés estás orgulloso de mí, porque desde que te fuiste prometí que este logro sería por los dos.

AGRADECIMIENTOS

Al ser supremo, al responsable de ponerme en el momento, lugar y con las personas adecuadas.

A mi *Alma Mater* la Universidad Nacional Autónoma de México, por dejarme ser parte de la mejor universidad del país y muy particularmente a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala que por más de cuatro años fue “mi casa”, por formarme personal y profesionalmente dentro de la maravillosa carrera de Biología.

A mi PADRE académico el distinguido Doctor José Luis Gama, por absolutamente TODO, su paciencia, dedicación, entrega, sabiduría, por sus consejos y sugerencias, por demostrarme mis capacidades, por motivarme, alentarme y ayudarme no solo a nivel profesional, si no personal. Me ha enseñado que no importan las adversidades, cuando se quiere se puede, espero seguir trabajando con usted mucho tiempo más. Le estaré eternamente agradecido profe.

A mi MADRE académica M.C. María Elena Huidobro, por su cariño, sus detalles, su sabia opinión sobre las cuestiones botánicas, por cerrar pláticas con una conclusión acertada, por tantas pláticas tan amenas en esos regresos a casa. Gracias por todo profesora.

Al CEIEPASP por permitirme realizar este trabajo dentro de sus instalaciones. Al Dr. Eduardo Hernández por las facilidades y atenciones conmigo y mis asesores. Y a todo el personal del CEIEPASP, muchísimas gracias.

A mis sinodales Dr. Raymundo Montoya, M.C. Ana Lilia Muñoz por su tiempo, consejos y correcciones para que este trabajo fuera un éxito.

De manera muy especial al M.C. Francisco López por su gran aportación en la estructuración y en las cuestiones edáficas y en general a todo el laboratorio de edafología por sus facilidades y atenciones. Muchas gracias profesor.

A la M.C. Irene Frutis por la colecta y la identificación de la mayoría de los macromicetos.

Al biólogo Jonás Millán por su ayuda INCONDICIONAL en los muestreos, pero principalmente por su amistad.

A mis amigos Daniela y Ernesto por ayudarme en el análisis sanitario del bosque y en el conteo y medición de los árboles.

A todos los profesores, técnicos, laboratoristas y personal de Iztacala por haber sido parte de mi formación como biólogo.

Y un GRAN agradecimiento a mi querida Dra. Evelyn Zamudio, por llegar en este momento y ayudarme en tantos sentidos en mi vida. Gracias por tus consejos, comentarios, correcciones y sugerencias para este trabajo. Gracias mi doc por todo.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1	
1.1	Marco teórico	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	3
II. OBJETIVOS	4	
2.1.	Objetivo General	4
2.2.	Objetivos Específicos	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	5	
3.1	Área de estudio	5
3.2	Descripción ambiental	6
3.2.1	<i>Descripción del hábitat o Edafogeomorfología</i>	6
3.2.2	<i>Comunidad Biótica</i>	7
3.2.3	<i>Biodiversidad y Servicios del Ecosistema</i>	9
IV. RESULTADOS E IMPLICACIONES	12	
4.1	Descripción ambiental	12
4.1.1	<i>Descripción del hábitat o Edafogeomorfología</i>	13
4.1.2	<i>Comunidad Biótica</i>	17
4.2	Uso potencial	29
V. DISCUSIÓN	31	
5.1	Uso del suelo, fragmentación y fertilidad	31
5.1.1	<i>Limitación de fertilidad por acidez</i>	32
5.1.2	<i>Limitación de fertilidad por sodicidad</i>	32
5.1.3	<i>Acidez y disminución de la actividad biológica</i>	33
5.2	Composición y riqueza de especies	35
5.2.1	<i>Interacción Mutualista Planta-Hongo</i>	35
5.3	Interacciones Tróficas	36
5.3.1	<i>Depredación</i>	36
5.3.2	<i>Parasitosis</i>	37
5.4	Flujos de bienes	40
5.4.1	<i>Validación económica de los servicios y funciones de la biodiversidad</i>	40
5.4.2	<i>Servicios Cuantificables</i>	40
5.4.3	<i>Servicios no cuantificables</i>	43

5.4.4	<i>Medidas de gestión y sistemas de vigilancia</i>	44
VI.	CONCLUSIONES	47
VII.	BIBLIOGRAFÍA	48
VIII.	ANEXOS	57
	ANEXO 1. SANIDAD	57
	ANEXO 2. LISTADO TAXONÓMICO DE MACROMICETOS	60
	ANEXO 3. PAGO DEL SERVICIO AMBIENTAL DE CAPTURA DE CARBONO EN MÉXICO	72 72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1. UBICACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.....	6
FIG. 2. CORRELACIÓN ENTRE LAS DIVERSAS CLASES DIAMÉTRICAS Y LA BIOMASA.....	11
FIG. 3. ZONIFICACIÓN O USO DEL SUELO DEL CEIEPASP EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.....	12
FIG. 5. DENSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS POR HECTÁREA.....	20
FIG. 6. PIRÁMIDE DE EDAD DE CADA UNA DE LAS ESPECIES DE ENCINO Y SUS CLASES DIAMÉTRICAS.....	21
FIG. 7. DENSIDAD DE ESPECIES ARBUSTIVAS POR HECTÁREA.....	22
FIG. 8. GRUPOS FUNCIONALES EN LOS MACROMICETOS EN EL CEIEPASP.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CATEGORÍAS DE LAS CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS, DEL RELIEVE Y DE SUS POSIBILIDADES PARA USO AGRÍCOLA.....	7
TABLA 2. CRITERIOS Y CATEGORÍAS DE LAS CLASES DIAMÉTRICAS DE LAS ESPECIES DE <i>QUERCUS SPP.</i>	8
TABLA 3. DESCRIPCIÓN FÍSICOQUÍMICA EDÁFICA DE LAS 5 ZONAS DE MUESTREO EN EL CEIEPASP CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO	14
TABLA 4. TIPOS DE FACTORES Y SUS LIMITACIONES POR SITIO.....	16
TABLA 5. LISTADO TAXONÓMICO DEL GRUPO DE AUTÓTROFOS.....	17
TABLA 6. CRITERIOS FITOSANITARIOS DEL ENCINAR DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO.....	21
TABLA 7. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE VERTEBRADOS.....	23
TABLA 8. TAXONOMÍA DE MACROMICETOS Y GRUPOS FUNCIONALES.....	24
TABLA 9. PARÁSITOS, ESTRUCTURAS PARASITADAS E INCIDENCIA.....	26
TABLA 10: ASPECTOS UTILITARIOS PARA CADA ESPECIES.....	29
TABLA 11. CÁLCULO DE BIOMASA Y CARBONO REMOVIDO DE LAS 3 ZONAS	30
TABLA 12. ESPECIES DE MICROMICETOS PRESENTES EN BELLOTAS Y SU POTENCIAL ENZIMÁTICO.....	38
TABLA 13. PRECIO POR UNIDADES O POR PESO (Kg) DE ALGUNAS ESPECIES DE MACROMICETOS EN EL ESTADO DE MÉXICO EN EL AÑO 2001.....	42
TABLA 14. MEDIDAS APLICABLES A ESCALA DEL SISTEMA Y DE LAS ZONAS, PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M) DE LAS PERTURBACIONES.....	45

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Marco teórico

Uno de los grandes problemas a los que se enfrentan los ecosistemas en el mundo es la sobreexplotación de los recursos biológicos, como resultado del crecimiento poblacional, y con ello la demanda de materias primas. La riqueza biológica, las tradiciones y la cultura locales son los sujetos más vulnerables a este proceso que como resultado conduce al empobrecimiento del planeta en todos los sentidos (Tovar y Garivay, 2000).

Los conflictos ambientales se deben a la diferencia de valores y actitudes hacia el ambiente por parte de los sectores socio-económicos que se generan cuando dos o más sectores compiten por el mismo recurso (Bojórquez-Tapia y Ongay-Delhumeau, 1994).

La degradación del medio ambiente, implícito en un crecimiento económico ilimitado, genera peligros como los aumentos en el consumo, y las poblaciones en rápido crecimiento pueden ejercer un peso real sobre los recursos del planeta, provocando enfrentamientos políticos y sociales por el control de dichos recursos (Arizpe y Velázquez, 1996).

Esta degradación ambiental ocurre a nivel atmósfera, hidrósfera y litósfera, siendo esta última en donde los microorganismos se ven más afectados funcionalmente debido a perturbaciones en sus ciclos nutrimentales (Gosz, 1981). Es común que los espacios degradados lleven asociado un suelo en malas condiciones o inexistente, afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, reduciendo su productividad y la capacidad de autorregulación u homeostasis edáfica, la cual se produce por acción de las interacciones de la edafobiota. La degradación de suelo ocurre principalmente por la sobreexplotación, contaminación y la ocupación (Gómez, 2004).

La degradación a nivel atmosférico ocurre por el aumento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). En nuestro país, unos de los principales emisores de GEI son el cambio en el uso del suelo y silvicultura con 30.2 MtC (Masera et al., 1995a). A nivel nacional, los bosques son actualmente la segunda fuente de emisiones de GEI, contribuyendo aproximadamente con el 30 % del total de estas (Gobierno de México, 1997); lo que representa un almacén de carbono aproximado de 8 GtC, cantidad equivalente a las emisiones mundiales actuales de CO₂. La evaluación

del efecto del cambio de uso del suelo, cuánto y cómo se pierden los bosques a través del tiempo resulta complicado pues depende de la interacción de factores de tipo biofísico y socioeconómico (Masera *et al.*, 1997).

Para generar acciones integrales destinadas a impulsar el desarrollo de México, es indispensable tomar en cuenta visiones de planeación que presenten las posibilidades y limitaciones ambientales, productivas y socio-económicas del territorio. En ese contexto, el diagnóstico ambiental es un instrumento de política ambiental, diseñado para caracterizar y proponer formas de utilización del espacio territorial y sus recursos naturales, siempre bajo el enfoque del uso racional y diversificado, y con el consenso de la población (INE, 2000).

El Instituto Nacional de Ecología (INE) define el objetivo general del Diagnóstico, como la acción de identificar las relaciones y los procesos que determinan la existencia de conflictos territoriales en una zona determinada, que justifican la definición de áreas para la protección y la conservación, y que identifican simultáneamente áreas con aptitud para el desarrollo de actividades humanas.

Existen tres principales rubros identificados para la etapa de Diagnóstico natural y que integran los expuestos en la Caracterización.

1. Áreas prioritarias para protección, conservación, restauración y mantenimiento de los bienes y servicios ambientales.
2. Aptitud territorial para cada una de las actividades productivas y para los asentamientos humanos.
3. Identificación de conflictos territoriales por:
 - a) El uso competitivo de los recursos.
 - b) Divergencia de intereses.
 - c) Impacto.

1.2 Antecedentes

Estudios sobre ordenamiento o diagnóstico ambiental de sistemas forestales en el Valle de México o el centro de la república, han sido previamente abordados por Jiménez-Escudero, 2010, en donde se utilizó la metodología conocida como “indicadores ambientales con el esquema Presión-Estado-Respuesta” en el Parque Nacional Cumbres del Ajusco, Distrito Federal. Dicha matriz se desarrolló con datos obtenidos de visitas mensuales y muestreos. Por último se plantearon medidas de mitigación en la zona.

Asimismo, para identificar los impactos más significativos así como conocer el grado de afectación de cada uno de los indicadores Cuevas-Villalobos (2010),

utilizó la matriz tipo Leopold y una matriz de Mc Harg, para realizar un diagnóstico ambiental del parque Estatal “Sierra de Tepotzotlán” ubicado en los municipios de Tepotzotlán y Huehuetoca en el Estado de México, reportó que las principales actividades generadoras de impacto, en orden de importancia fueron los incendios forestales, el pastoreo y asentamientos humanos. Los componentes más afectados son la vegetación (bosque de encino y matorral), el suelo, la fauna y la flora.

Existe también, una descripción de la situación de los recursos naturales y de propuestas de mitigación y manejo sustentable hecha por Alcivar (2009) para Chapa de Mota, Estado de México, zona que mostró deterioro ambiental (fragmentación muy intensa de las áreas boscosas y pérdida de su fauna residente), políticas de reforestación inapropiadas y actividades socio-económicas.

1.3 Justificación

Actualmente los estudios de diagnóstico ambiental en México están enfocados a resaltar la perturbación y el aprovechamiento de los recursos naturales, mencionando únicamente los beneficios sociales, no los beneficios derivados del funcionamiento armónico de la comunidad en distintas interacciones entre sus grupos funcionales y con el hábitat, donde se detecte la situación que guarda el ecosistema según el tipo de gestión que se está ejerciendo sobre él.

Así mismo la información es especialmente nula para los bosques templados del Centro y Sur de México. Aunado a esto, no se cuenta en el país con información detallada sobre los almacenes de carbono (en su forma de CO₂) por tipo de ecosistema, uso del suelo ni de los flujos netos de dicho gas derivados de los patrones de cambio de uso del suelo a nivel regional (Hughes *et al.*, 2000).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Realizar un diagnóstico de la problemática ambiental y socio-económica del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agro-silvo-pastoril (CEIEPASP) en el municipio de Chapa de Mota, Estado de México.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterización del hábitat con base al uso del suelo (zonificación).
- Estimar características fisicoquímicas del suelo de cada uno de los sitios zonificados.
- Reconocer taxonómicamente especies de grupos funcionales particulares.
- Relacionar la pirámide de edad de especies arbóreas así como su abundancia, estado fitosanitario y distribución dentro del sistema.
- Visualizar interacciones que influyan en la dinámica de la comunidad.
- Determinar algunos de los beneficios que brinda el ecosistema.
- Generar un sistema con medidas de prevención y mitigación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agro-Silvo Pastoril (CEIEPAS) perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, se localiza sobre el km 68.5 de la carretera Atizapán-Jilotepec dentro de la cabecera municipal de Chapa de Mota. El Centro, se ubica en una pequeña cuenca hidrológica tributaria del alto Pánuco, con bosque de encino y pastizal a 2560 msnm. Es una zona de frontera entre el avance de las zonas urbanas y áreas rurales, con diferentes problemas de carencia de orientación correcta en el campo y social-económica. La región que se localiza en el Centro es considerada de importancia forestal dentro del Estado de México y por ello el Centro es miembro activo de la Unión de Productores Forestales del Noroeste de la misma entidad, asimismo con los programas vinculados a PROBOSQUE y a la Comisión Nacional Forestal. El CEIEPASP cuenta con 248 hectáreas de tierras, de las cuales, 138 corresponden a tierras de bosque de encino, 24 de tierras agrícolas y el resto a pastizal y áreas de recuperación (INEGI, 1996).

El municipio de Chapa de Mota, se localiza al noroeste del Estado de México con una extensión de 289.49 km², aproximadamente 30 000 ha. Sus coordenadas son 99° 25' 13", 99° 40' 15" longitud oeste y 19°43'57", 19° 54' 15" latitud norte. Colinda al norte con los municipios de Jilotepec y Villa del Carbón, al sur con Morelos y Villa del Carbón, al este con Villa del Carbón y el Estado de Hidalgo, y al oeste con los Municipios de Timilpan y Morelos (Fig. 1).

Presenta un clima templado con lluvias en verano. La temperatura media anual oscila entre 14° y 20 °C. La precipitación del mes más seco es menor de 40 mm (INEGI. 1999). El tipo de vegetación que se localiza en el municipio corresponde al bosque de coníferas donde predominan los bosques de pino, oyamel, encino, madroño y ocote (CONABIO, 2011).

En cuanto a la topografía, al municipio lo ocupan diferentes niveles desde los 2350 msnm hasta los 3200. La mayor parte del territorio se asienta sobre la prolongación de la Sierra de San Andrés hacia el oriente, cuyas cumbres bordean la zona suroeste, sur y nordeste. En hidrología se relaciona con la región hidrológica del Alto Pánuco. Las montañas, que hacen dos cadenas de cordilleras, forman un prolongado valle que permite la captación pluvial. Entre los cuerpos de agua más importantes del municipio se encuentran las presas La Concepción, Santa Elena y Danxho; también el municipio cuenta con 15 manantiales y 14 pozos profundos. Los suelos característicos son de tipo feozem, andosol y vertisol.

El uso agrícola representa en 23.9 %; el pecuario el 23.3 %, el forestal 46.9 % y el uso urbano de 0.5 %, el resto está en áreas erosionadas o cuerpos de agua (INEGI, 1996).

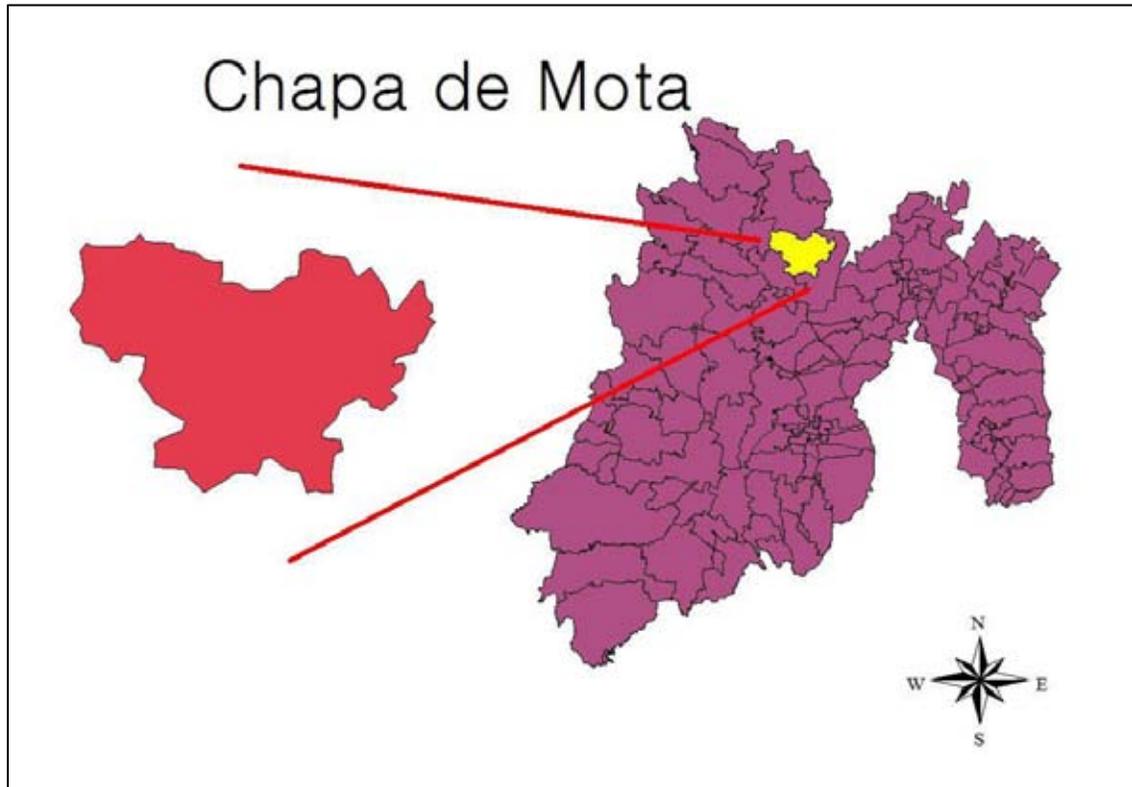


FIG. 1. UBICACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO

3.2 Descripción ambiental

Para la descripción ambiental del ecosistema forestal, se consideraron los siguientes aspectos: a) Descripción del Hábitat, b) Evaluación de la Comunidad Biótica y su situación sanitaria y c) Aspectos Socioeconómicos.

3.2.1 Descripción del hábitat o Edafogeomorfología

La descripción del hábitat, se inició mediante el desarrollo de un geoposicionamiento de los puntos que conforman el área de estudio en un

polígono y agrupándolos en una base de datos, finalmente fueron ingresados en un programa de SIG, Arcview versión 3.0. Posteriormente, se zonificó el área de estudio en categorías de acuerdo al uso del suelo, se cuantificó la extensión en cada una de ellas y se realizó una caracterización del perfil edáfico para cada microambiente.

Para cada categoría de la zonificación se evaluaron características físicoquímicas del suelo. Todo lo anterior de acuerdo a criterios estándares (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2002; y Apha, Awwa, WEF, 1989): Porosidad, mediante el método del picnómetro (Aguilera y Domínguez, 1980), Textura, de acuerdo con Bouyoucos (1962), pH potenciométricamente, Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C) siguiendo el procedimiento del Versenato, Materia Orgánica (M.O.) mediante la técnica de Walkey y Black (1947), además de una caracterización de calidad de fertilidad, potasio y fósforo asimilable, erosión, humificación, % de saturación, y limitantes para su uso agrícola. Los nutrientes NO_3 , NH_4 y PO_4 se cuantificaron con el espectrómetro marca Hanna, modelo HI 83203.

Para establecer la posibilidad de uso agrícola de los sitios (según las características edáficas y de relieve), se consideraron las siguientes categorías (González-Otero *et al.*, 1994).

TABLA 1. CATEGORÍAS DE LAS CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS, DEL RELIEVE Y DE SUS POSIBILIDADES PARA USO AGRÍCOLA

NIVEL	CATEGORÍA	ÁREAS
1	Muy favorable	Áreas recomendables sin grandes mejoras
2	Favorable	
3	Poco favorable	Áreas poco recomendables para uso agrícola
4	Muy desfavorable	
5	Extremadamente desfavorable	Áreas con actividad agrícola impracticable

3.2.2 Comunidad Biótica

Dentro del estudio de la comunidad biótica se consideraron algunos factores de importancia, los cuales se mencionan a continuación.

Composición de la Comunidad Natural

En una comunidad, cada grupo que la conforma tiene una función, misma que los relaciona e integra en una trama trófica mediante relaciones positivas y antagónicas, por lo cual ésta se integró en grupos funcionales. Así que la trama se caracterizó con los organismos que ingresan la energía al sistema (vegetales con semilla), los que la consumen (vertebrados herbívoros y carnívoros) y los que la degradan y reciclan (grupo fúngico macroscópico).

- Para el primer grupo (vegetal), se estableció lo siguiente:
 - a) La riqueza taxonómica específica de las angiospermas. Para ello, se realizaron recolecciones de los organismos, se herborizaron, e identificaron con las claves taxonómicas de Rzedowski (2005), así como consulta literaria especializada.
 - b) Para describir la estructura fisionómica y la función de la cubierta vegetal, se cuantificaron los individuos (densidad/Ha) y de brinzales (plántulas) de las principales especies arbóreas y arbustivas de interés económico, su variación espacial en el sitio y sobre todo la pirámide de edades de dichas especies. Para esto se agruparon categorías de edad o clases diamétricas (Tabla 2).

TABLA 2. CRITERIOS Y CATEGORÍAS DE LAS CLASES DIAMÉTRICAS DE LAS ESPECIES DE *QUERCUS SPP.*

CATEGORÍA	DIÁMETRO (cm)	CRITERIO
1	<7	Brinzal (plántula)
2	7 – 16.9	Joven
3	17 – 26.9	Adulto – Joven
4	27 – 36.9	Adulto – Maduro
5	>37	Adulto – Senil

- c) También, se les esquematizó en un perfil topográfico-altitudinal en donde se les ubica de acuerdo con los criterios de Dansereau (1951, en Shimwell, 1971). Finalmente, se evaluó la situación fitosanitaria del estrato arbóreo mediante los criterios oficiales de INIFAP (www.congresoforestal) ajustados por el autor, definiendo de una manera más precisa las categorías. En la

descripción se consideró el estado físico y sanitario a nivel de follaje, tronco, raíz y bellotas (Anexo 1).

- Para el segundo grupo (vertebrados herbívoros y carnívoros) se realizó un listado para vertebrados, específicamente mamíferos, aves, reptiles y anfibios, con recopilación de datos proporcionados por el CEIEPASP y de observaciones personales del autor.

- Del tercer grupo (grupo fúngico macroscópico) se identificaron taxonómicamente siguiendo las claves de Guzmán (1980), Herrera-Ulloa (1998), García-Jiménez *et al.*, (1998) Franco-Maass *et al.*, (2012) y Chacón *et al.*, (1995), señalando a qué grupo funcional pertenecen específicamente (lignícola, micorrizante, parásito o humícola).

Interacciones Tróficas y su Variación Espacial

Las simbiosis de **mutualismo** (interacción positiva), **depredación-herbivoría**, **parasitismo** y **competencia** (interacciones tróficas y antagónicas) se establecieron mediante observaciones y cuantificaciones personales y la búsqueda de literatura especializada. En ellas, se identificaron los agentes causales más evidentes y se desarrollaron estimaciones semi-cuantitativas en cuanto al número de individuos parasitados por hectárea.

3.2.3 Biodiversidad y Servicios del Ecosistema

Para cubrir este rubro se consideraron los siguientes procesos y/o condiciones de los ecosistemas naturales relacionados con la vida y la actividad humana.

- a) Fertilidad del Suelo.

- b) Flujos de Bienes y Uso Potencial.

Por medio de información proporcionada por el CEIEPASP y de literatura especializada se identificaron los usos potenciales de especies

del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo, así como del grupo fúngico de los macromicetos.

Los usos potenciales que se tomaron en cuenta fueron: Alimenticio, Maderable, Medicinal, Textil y Forrajero, los cuales se establecieron con base en una extensa revisión de literatura especializada. Estos se dividieron en los siguientes rubros:

- Uso potencial cuantificable: A aquellos organismos que ya estén cotizados con un valor monetario.
- Uso potencial no cuantificable: A aquellos organismos que no tengan un valor monetario o que no se les pueda dar un valor específico, debido a su uso medicinal, cultural o tradicional, propios de la región.

c) Remoción de CO₂ ambiental.

Previo al cálculo de la remoción de CO₂ se necesita derivar la cantidad de biomasa (en este estudio a los encinos). Esto implica métodos destructivos, generalmente con costos elevados y un enorme daño al ecosistema. Por lo cual en el presente trabajo se realizaron determinaciones directas en menor escala y se emplearon modelos de regresión (ecuaciones alométricas) que proporcionaron estimaciones confiables a partir de mediciones de árboles en pie (Deans *et al.*, 1996; Rodríguez *et al.*, 2007). Para causar la menor perturbación al sistema forestal, se derribaron 2 individuos de cuatro clases diamétricas (Joven, Adulto – Joven, Adulto - Maduro, y Adulto - Senil); Además, los árboles muestra derribados se obtuvieron de aquellos que están parasitados e incluso casi muertos en pie (selección dirigida). Previo al derribo, se realizó la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP), altura del fuste limpio a la primera rama viva y longitud de copa de los árboles seleccionados. Después del derribo, cada árbol se separó por componentes, follaje, ramas y fuste; de los cuales se cortaron rodajas de 5±1 cm de altura y posteriormente se llevaron al laboratorio, donde se secaron a una temperatura de 105 °C hasta obtener un peso seco constante. Por último se calculó la suma del peso seco de cada componente, lo que constituyó la biomasa total del árbol.

Para estimar la cantidad de biomasa de un individuo de una categoría diamétrica particular, se partió de las mediciones de altura y diámetro de las rodajas y se obtuvieron la correlación de clase diamétrica (edad) y la cantidad de biomasa /clase diamétrica, dichos datos fueron utilizados para obtener el modelo matemático que representa dicha correlación (Fig. 2).

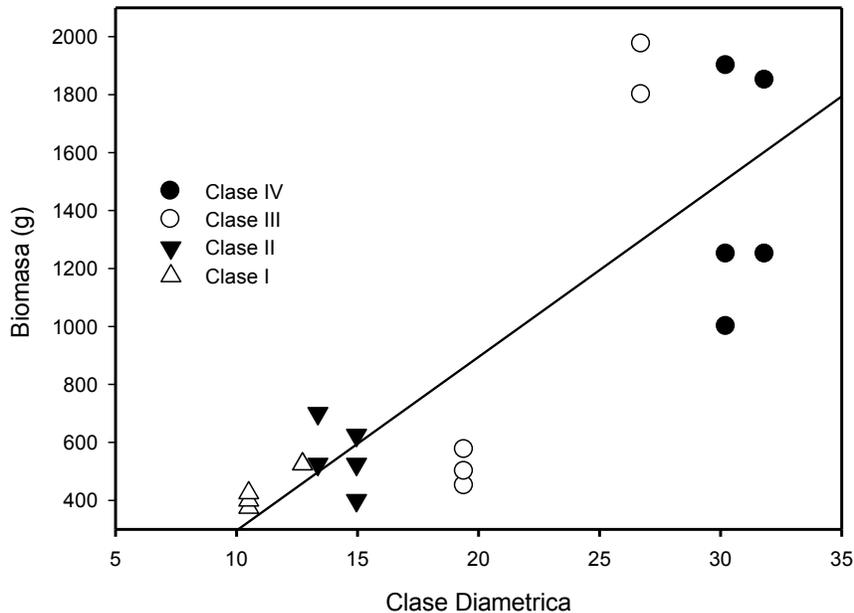


FIG. 2. CORRELACIÓN ENTRE LAS DIVERSAS CLASES DIAMÉTRICAS Y LA BIOMASA

*Los puntos representados en el gráfico son el promedio de 4 mediciones a las rodajas de los troncos de cada clase diamétrica.

A partir de esta correlación se obtuvieron la cantidad de biomasa de los individuos de cada categoría por zona, el promedio entre zonas y finalmente por hectárea en el bosque.

Para obtener la cantidad de CO₂ removido se siguió la propuesta de Rodríguez-Laguna, 2006, la cual establece que la cantidad de carbono removido es igual al cociente de 0.49 de la biomasa total del árbol. Además, se realizó una búsqueda en literatura especializada para conocer los valores en el mercado de tonelada de carbono removido del ambiente, de madera y de carbón.

IV. RESULTADOS E IMPLICACIONES

4.1 Descripción ambiental

El paisaje del área de estudio está fragmentado en 5 sitios: 3 de Bosque, una de Agricultura y una de Potrero (originados en la década de los ochentas), siendo su mayoría de cobertura del bosque original, y rodeada por las áreas de cultivo y de Pastizal (Fig. 3). En la zona de agricultura se tienen cultivos de organismos perennes maderables (*Pinus patula* y *Cupressus lindleyi*) cultivos anuales (avena, cebada y alfalfa) y los restantes son zonas de bosque templado de encino con un dosel arbóreo que alcanza alturas de 15 a 20 m en el que predominan *Quercus mexicana*, *Q. crassipes*, *Crataegus pubescens* y *Alnus firmifolia*.

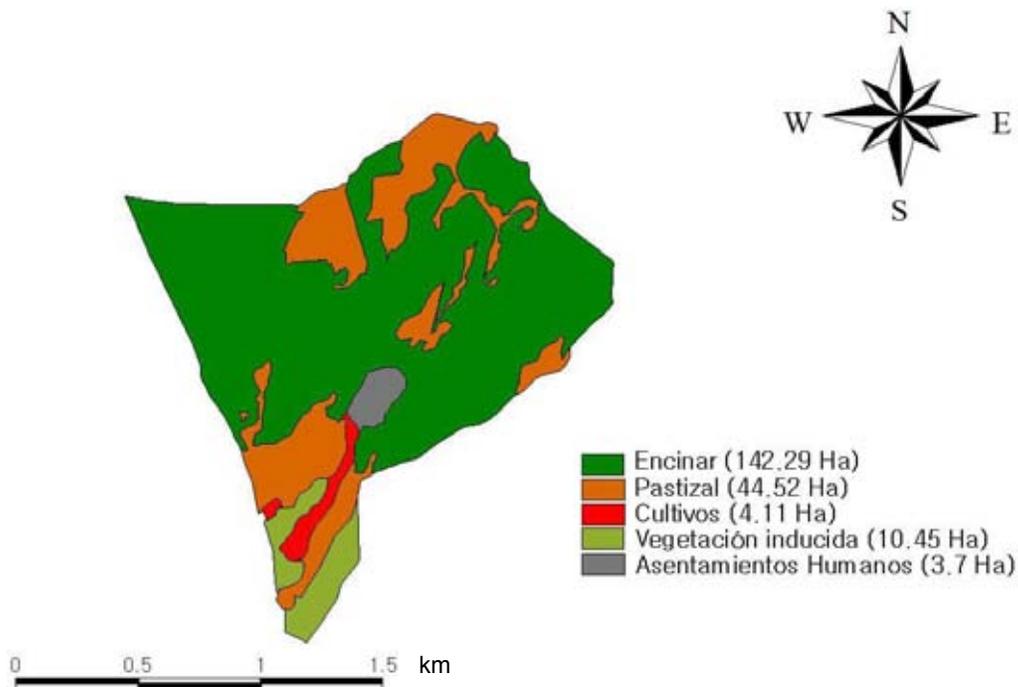


FIG. 3. ZONIFICACIÓN O USO DEL SUELO DEL CEIPASP EN EL MUNICIPIO DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO

El dosel del sotobosque está dominado por las familias: Compositae y Solanaceae, correspondiendo la mayoría de las especies de estas familias con una altura máxima de 1.5 m y con mayor diversidad de las formas herbáceas.

4.1.1 Descripción del hábitat o Edafogeomorfología

El suelo que prevalece en el CEIEPASP en el municipio de Chapa de Mota está desarrollado sobre roca del tipo ígnea extrusiva: andesita (53.12%), volcanoclástico (22.79 %) y basalto (5.65%) en las partes altas; roca sedimentaria: conglomerado (6.95 %) y brecha sedimentaria (0.4 %) de formación aluvial en las zonas bajas (INEGI, carta geo-estadística, 2009). En toda el área presentan un porcentaje de pendiente que oscila entre 10-15 %, siendo el promedio del 10%. Corresponde a un Phaeozem lúvico y se caracteriza por presentar textura franco arcillosa, pH ligeramente ácido (4.97 - 5.87) y una capacidad de intercambio catiónico que varía en las diferentes zonas, oscilando de 13 a 48 cmol/kg⁻¹ según la zona. La cantidad de materia orgánica fue alta en todas las zonas.

En relación a nutrimentos de nitrógeno, no se detectaron nitratos en ninguna de los sitios evaluados, solo la especie química de amonio, el cual varió de 0.68-1.61 mg/L, según la zona. Este patrón de variación semejante fue el que exhibió el fósforo como ortofosfato, aunque su variación fue más extrema: 0.61-13.2 mg/L.

Por su parte, la cantidad de potasio fue relativamente parecida entre las zonas salvo en la correspondiente con la del cultivo donde tuvo una concentración de 6.30 cmol (zona 5). Por último, la cantidad de sodio en general, fue mayor en la zona 5 con 14.49 cmol, en las demás zonas se presentan concentraciones que van de 8.74 a 12.78 cmol (Tabla 3).

TABLA 3. DESCRIPCIÓN FÍSICOQUÍMICA EDÁFICA DE LAS 5 ZONAS DE MUESTREO EN EL CEIEPASP CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO

FACTORES FÍSICOQUÍMICOS Y PERFIL DEL SUELO					
Factores F-Q	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V (cultivo)
Pendiente	± 10 – 15%	± 15 – 18%	± 10 – 15%	± 30 – 35%	0 %
Textura	Media	Media	Media	Media	Media
pH	5.87	5.26	5.76	5.80	4.97
C.I.C (cmol/kg⁻¹)	19	40	33	48	13
Materia Org.	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
NO₃ (mg/L)	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable
NH₄ (mg/L)	0.68	1.61	1.07	1.23	1.31
PO₄ (mg/L)	0.61	1.82	12.08	13	13.2
K (cmol)	14.03	13.96	13.60	14.06	6.30
Na (cmol)	11.24	12.66	12.78	8.74	14.49
Salinidad (1 d s/m)	0.08	0.09	0.09	0.06	0.10

Las características edáficas, del relieve y de las posibilidades para su uso agrícola de los 5 sitios analizados fueron descritos de acuerdo con los criterios de González-Otero, *et al.*, (1994). Con base en estas características fisicoquímicas del hábitat, la fertilidad del sistema tuvo una fertilidad de baja a alta, dependiendo la zona (Tabla 4).

TABLA 4. TIPOS DE FACTORES Y SUS LIMITACIONES POR SITIO

LIMITANTES		SITIO I	SITIO II	SITIO III	SITIO IV	SITIO V
FACTORES FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS	FERTILIDAD	Baja	Alta	Media	Alta	Baja
	ACIDEZ	Moderadamente ácido	Fuertemente ácido	Moderadamente ácido	Moderadamente ácido	Fuertemente ácido
	SODICIDAD	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
FACTORES HIDROFÍSICOS	PROFUNDIDAD	Somera		Somera		
	TEXTURA	Media-Alta	Media	Media	Media	Media
	COMPACTACIÓN	Alta	Media-Baja	Alta	Media-Baja	Alta
FACTORES SUPERFICIALES	EROSIÓN	Susceptibilidad mínima	Susceptible	Susceptibilidad mínima	Muy susceptible	Susceptibilidad nula
	PENDIENTE*	Valle de laderas poco inclinado	Valle de laderas inclinadas	Valle de laderas poco inclinado	Valle de laderas inclinadas	Valle Plano
Nivel de categoría por sitio**		3	3	3	4	3

*Criterios de topoformas ECOL Xalapa, Veracruz

** Criterios de González *et al.*, 1994 (Tabla 2).

4.1.2 Comunidad Biótica

Comunidad Vegetal

Dentro de la comunidad vegetal estudiada se observó una riqueza del grupo de autótrofos (angiospermas), encontrándose 105 especies de la comunidad estudiada (Tabla 5). Taxonómicamente, se agruparon en 27 familias, todas determinadas hasta nivel de especie, salvo *Archibaccharis sp.*, *Ageratum sp.*, *Gnaphalium sp. 2*, *Stevia sp.*, *Commelina (especies sp 1 y sp 2)*, *Astragalus sp.*, *Cyperus (sp 1 y sp 2)* y *Macroptilum sp.*

TABLA 5. LISTADO TAXONÓMICO DEL GRUPO DE AUTÓTROFOS

FAMILIA	ESPECIE	FAMILIA	ESPECIE
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i>
Asteraceae	<i>Alloispermum scabrum</i>		
	<i>Archibaccharis sp.</i>	Euphorbiaceae	<i>Acalypha brevicaulis</i>
	<i>Ageratum corymbosum</i>	Fagaceae	<i>Quercus crassipes</i>
	<i>Ageratum sp.</i>		<i>Quercus mexicana</i>
	<i>Baccharis conferta</i>		<i>Quercus laurina</i>
	<i>Baccharis heterophylla</i>		<i>Quercus rugosa</i>
	<i>Bidens aurea</i>	Gentianaceae	<i>Gentiana spathaceae</i>
	<i>Bidens ferulifolia</i>	Iridaceae	<i>Sisyrinchium arizonicum</i>
	<i>Bidens pilosa</i>	Labiatae	<i>Salvia mexicana</i>
	<i>Cosmos bipinnatus</i>		<i>Salvia concolor</i>
	<i>Eupatorium deltoideum</i>		<i>Salvia lavanduloides</i>
	<i>Eupatorium longipes</i>		<i>Salvia polystachya</i>
	<i>Eupatorium pazcuarensis</i>		<i>Stachys parviflora</i>
	<i>Eupatorium petiolare</i>		Leguminosae
	<i>Eupatorium vernicosum</i>	<i>Centrosema pubescens</i>	
	<i>Galinsoga parviflora</i>	<i>Galea leporina</i>	
	<i>Gnaphalium ehrenbergianum</i>	<i>Lotus oroboides</i>	
	<i>Gnaphalium sp.2</i>	<i>Lotus repens</i>	
	<i>Senecio procumbens</i>	<i>Lupinus mexicanus</i>	
	<i>Stevia micrantha</i>	<i>Macroptilum sp.</i>	
	<i>Stevia purpussi</i>	<i>Prunella vulgaris</i>	
	<i>Stevia salicifolia</i>	<i>Senna multigrandulosa</i>	
	<i>Stevia serrata</i>	Loranthaceae	<i>Phoradendron velutilum</i>
	<i>Stevia sp.</i>	Onagraceae	<i>Lopezia racemosa</i>
	<i>Tagetes lucida</i>	Orobanchaceae	<i>Conopholis alpina</i>
	<i>Tridax trilobata</i>	Oxalidaceae	<i>Oxalis alba</i>
<i>Verbesina virgata</i>	Phytolacaceae	<i>Prhytolacca octandra</i>	

FAMILIA	ESPECIE	FAMILIA	ESPECIE
Betulaceae	<i>Alnus firmifolia</i>	Pinaceae	<i>Pinus teocote</i>
	<i>Alnus glandulosa</i>		<i>Pinus leiophylla</i>
Bromeliaceae	<i>Thillandsia recurbata</i>	Rosaceae	<i>Crataegus pubescens</i>
	<i>Thillandsia violacea</i>		<i>Prunus capuli</i>
Caprifoliaceae	<i>Symphoricarpus microphyllus</i>	Solanaceae	<i>Bouquetia erecta</i>
Commelinaceae	<i>Aneilema pulchella</i>		<i>Cestrum fulvecens</i>
	<i>Commelina sp. 1</i>		<i>Cestrum nitidum</i>
	<i>Commelina sp. 2</i>		<i>Cestrum thysioideum</i>
Cruciferae	<i>Eruca sativa</i>	Scrophulariaceae	<i>Penstemon campanulatus</i>
	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Umbelliferae	<i>Eryngium monocephalum</i>
Cupressaceae	<i>Cupressus lindleyi</i>		<i>Arracacia atropurpurea</i>
Cyperaceae	<i>Cyperus sp.</i>		

De acuerdo con los criterios de Dansereau, la comunidad presentó una estructura herbáceo-arbórea (Fig.4).

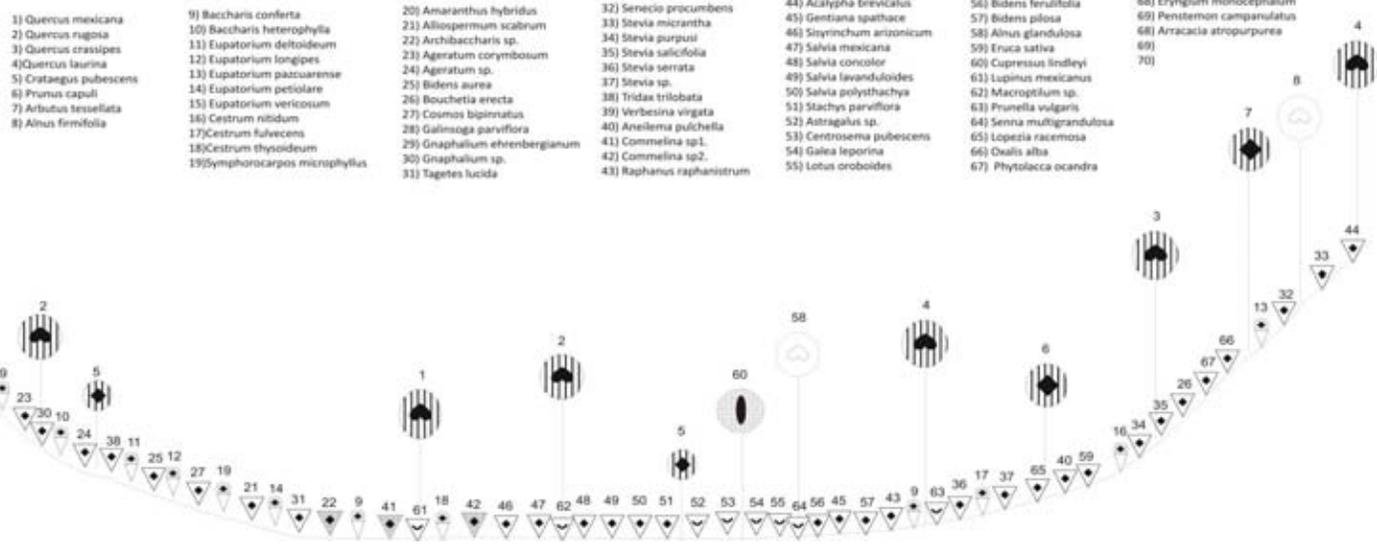


FIG. 4. DANSEREUGRAMA DE LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES ARBÓREA, ARBUSTIVA Y HERBÁCEA DE LAS 5 ZONAS DE ESTUDIO

Asimismo, las especies arbóreas con mayor abundancia por hectárea fueron las de encino (*Q. mexicana*, *Q. Rugosa*, *Q. Crassipes*) y de tejojote (*C. Pubescens*) respectivamente (Fig. 5).

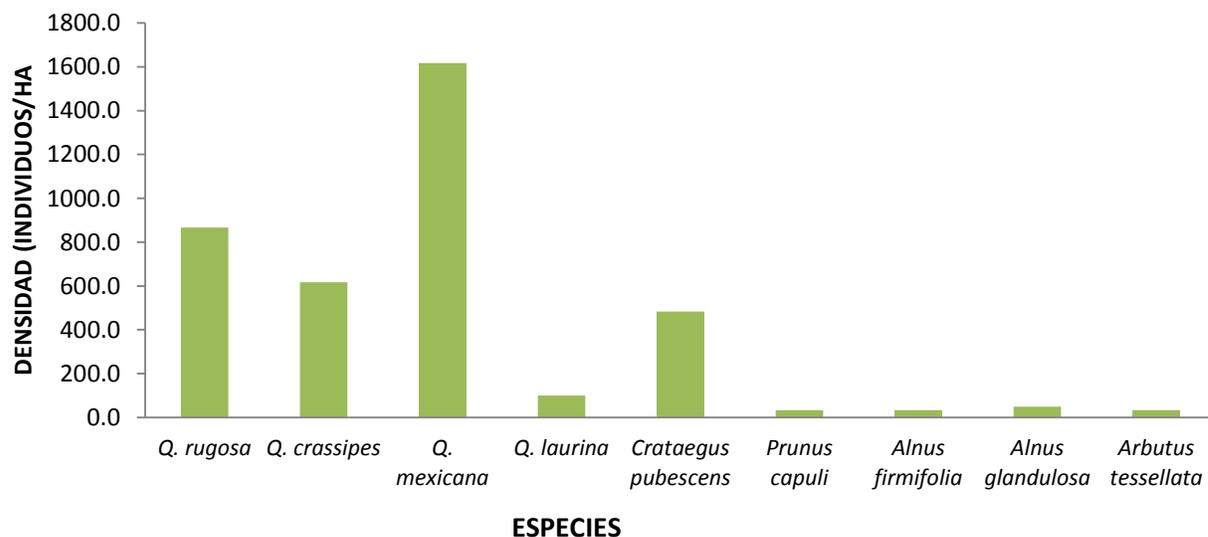


FIG. 5. DENSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS POR HECTÁREA

En general, la comunidad arbórea de encinos exhibió una situación sanitaria tanto para el tronco como para el follaje de “regular” (Tabla 6), debido a factores bióticos y abióticos, los cuales se describen en la sección de “Relación Perturbación-Interacciones”.

TABLA. 6. CRITERIOS FITOSANITARIOS DEL ENCINAR DE CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO

ESPECIE	TALLO				FOLLAJE			
	B	R	M	P	B	R	M	P
<i>Q. rugosa</i>		X				X		
<i>Q. crassipes</i>		X				X		
<i>Q. mexicana</i>		X				X		
<i>Q. laurina</i>		X				X		

B (Bueno), R (Regular), M (Malo), Y P (Pésimo)

La pirámide de edades (clases diamétricas), mostró que *Q. mexicana* fue la única especie donde existían todas las edades, mientras que *Q. laurina* estaba representada solo por adultos jóvenes y seniles (Fig. 6).

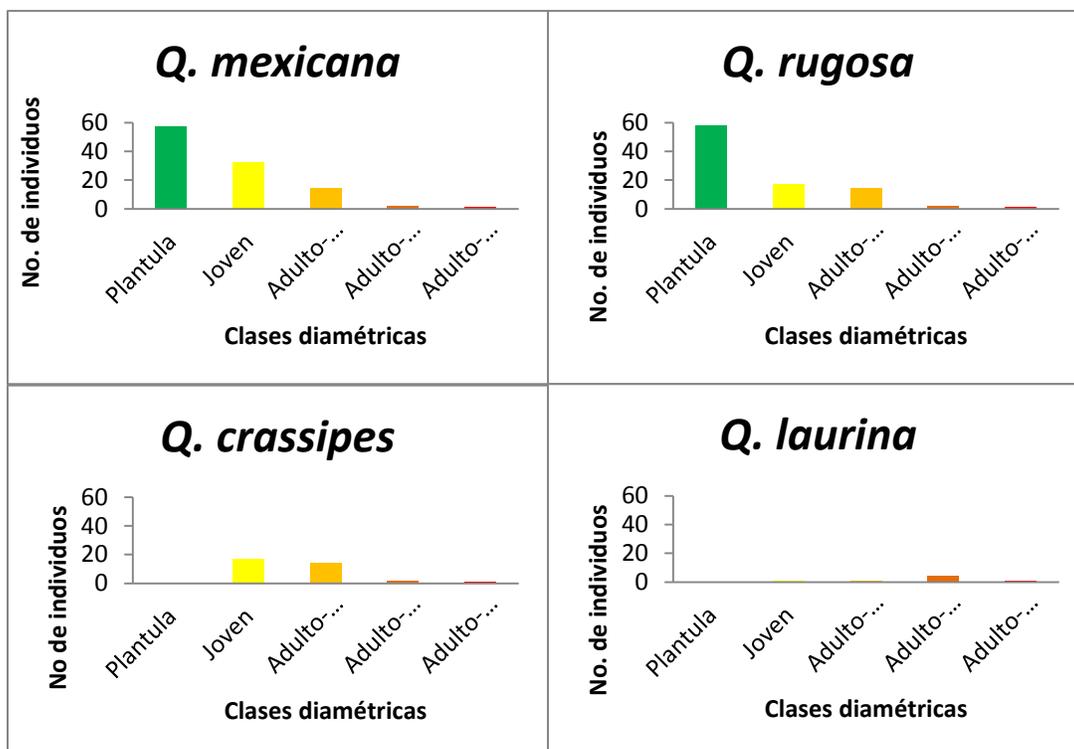


FIG. 6. PIRÁMIDE DE EDAD DE CADA UNA DE LAS ESPECIES DE ENCINO Y SUS CLASES DIAMÉTRICAS

La mayor abundancia por hectárea de las arbustivas se observó en las dos especies de *Bacharis* (*B. conferta* y *B. heterophylla*) (Fig. 7).

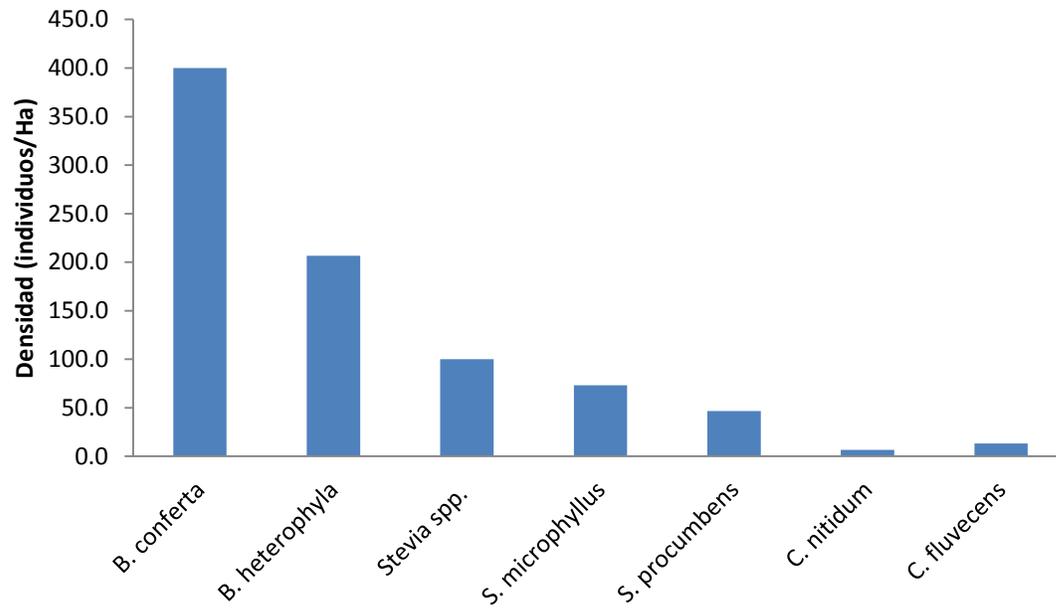


FIG. 7. DENSIDAD DE ESPECIES ARBUSTIVAS POR HECTÁREA

Comunidad de Vertebrados

Dentro del grupo de los vertebrados las especies de los órdenes Rodentia y Carnivora, comprendieron el 50 % del total de especies registradas en el sistema (Tabla 7).

TABLA 7. ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE VERTEBRADOS

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Amphibia	Anura	Hylidae	<i>Hyla eximia</i>	Rana arborícola
Reptilia	Squamata	Anguidae	<i>Barisia imbricata</i>	Falso escorpión
	Squamata	Viperidae	<i>Crotalus triseriatus</i>	Víbora de cascabel
	Squamata	Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma obliquare</i>	Falso camaleón
Aves	Passeriforme	Mimidae	<i>Mimus polyglottos</i>	Cenzontle
	Passeriforme	Corvidae	<i>Corvus corax</i>	Cuervo
	Galliforme	Odonthophoridae	<i>Colinus virginianus</i>	Codorniz
	Passeriforme	Turdidae	<i>Myadestes obscurus</i>	Jilguero
Mammalia	Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus nelsoni</i>	Ardilla de árbol
	Rodentia	Sciuridae	<i>Spermophilus mexicanus</i>	Ardillón, ardilla de tierra
	Rodentia	Sciuridae	<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardilla de tierra
	Rodentia	Sciuridae	<i>Glaucomys volans</i>	Ardilla voladora
	Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyus novencintus</i>	Armadillo
	Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus astutus</i>	Cacomixtle
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Conejo de monte
	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo de campo
	Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote
	Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorro gris
	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
	Carnivora	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja
	Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Tejón, coatí
	Carnivora	Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo, zorro hediondo
	Carnivora	Felidae	<i>Lynx rufus</i>	Gato montés, lince
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Tlacuache	

Comunidad de degradadores-recicladores (macromicetos).

En relación al gremio de los recicladores-descomponedores, se registraron 37 especies, la mayoría de ellas fueron reconocidas a nivel de género (Tabla 8). De esta riqueza la mayoría correspondieron funcionalmente a hongos micorrizantes y el resto fueron lignícolas, fimícolas, humícolas y parásitos (Fig. 8).

TABLA 8. TAXONOMÍA DE MACROMICETOS Y GRUPOS FUNCIONALES

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	GRUPO FUNCIONAL
Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus sp.</i>	M
		<i>Lepista sp.</i>	M
		<i>Lycoperdon sp.</i>	M
		<i>Lycoperdon perlatum</i>	M
		<i>Panaeolus sp.</i>	F
		<i>Schyzophyllum commune</i>	L
	Amanitaceae	<i>Amanita sp1</i>	M
		<i>Amanita sp2</i>	M
		<i>Amanita sp3</i>	M
		<i>Amanita sp4</i>	M
	Brankeraceae	<i>Sarcodon sp.</i>	M
	Crepidotaceae	<i>Crepidotus sp.</i>	L
	Hydnangiaceae	<i>Laccaria sp.</i>	M
	Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus sp.</i>	M
Nidulariaceae	<i>Cyathus olla</i>	F	
Thricholomataceae	<i>Clitocybe sp.</i>	H	
Strophariaceae	<i>Psilocybe sp. 1</i>	F	
	<i>Psilocybe sp. 2</i>	F	
Boletales	Boletaceae	<i>Boletus sp.</i>	M
		<i>Strobilomyces sp.</i>	M
	Diplocystidiceae	<i>Astraeus sp.</i>	*
Cantharellales	Clavulinaceae	<i>Clavariadelphus sp.</i>	M
Gomphales	Gomphaceae	<i>Ramaria stricta</i>	M
Hypocreales	Hypocreaceae	<i>Hypomyces lactifluorum</i>	P
Polyporales	Meruliaceae	<i>Merullius sp.</i>	P

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	GRUPO FUNCIONAL
Russulales	Steteaceae	<i>Streum sp.</i>	*
	Russulaceae	<i>Lactarius indigo</i>	M
		<i>Russula sp 1</i>	M
		<i>Russula sp 2</i>	M
		<i>Russula sp 3</i>	M
		<i>Russula sp 4</i>	M
<i>Russula sp 5</i>	M		
Theleporales	Theleporaceae	<i>Thelephora sp.</i>	M
Tremellales	Tremellaceae	<i>Tremella sp.</i>	L
Pezizales	Pezizaceae	<i>Peziza sp.</i>	H
	Sarcoscyphaceae	<i>Sarcoscypha coccinea</i>	L
	Helvellaceae	<i>Helvella sp.</i>	*
Xylariales	Xylariaceae	<i>Daldinia sp.</i>	P

Micorrízicos (M), Lignícolas (L), Humícolas (H), Fimícolas (F) y Parásitos (P), con un asterisco (*) se señala que no hay registro de esas especies.

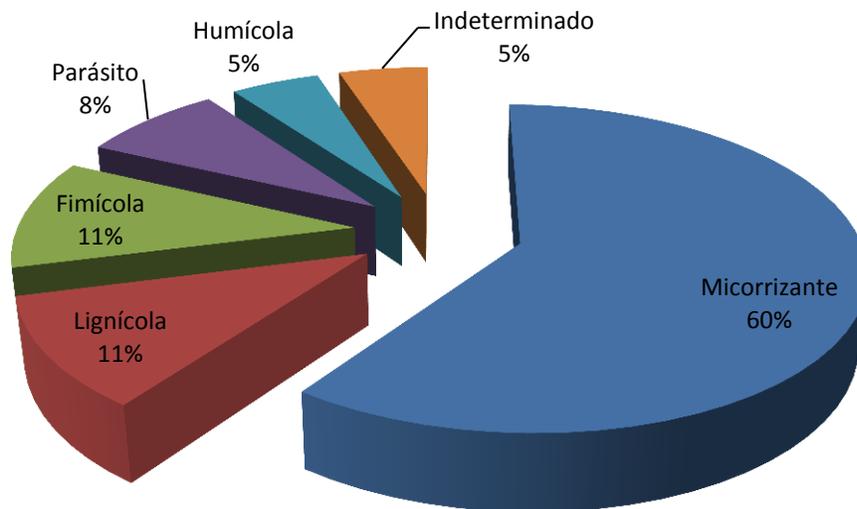


FIG. 8. GRUPOS FUNCIONALES EN LOS MACROMICETOS EN EL CEIEPASP

Dinámica de la comunidad.

El papel de las especies en la regulación de las comunidades y sus respuestas a los restrictores ambientales, no se pueden entender basados únicamente en el estudio de las poblaciones (nivel de especie) aisladas, sino en su interacción de coexistencia (nivel de comunidad). La estructura de las comunidades bióticas en los ecosistemas naturales está estrechamente relacionada con las interacciones (intra e interespecíficas). Éstas, son no solo las principales fuentes ecológicas de efectos directos e indirectos sino que son tan intensas, que la estructura de la comunidad, depende de ellas (Preston, 2002). Sin embargo, estimar la fuerza de la interacción es bastante difícil debido al gran número de interacciones en la naturaleza. Las interacciones forman una trama compleja, de relaciones no lineales (Wootton *et al.*, 2004). Cabe resaltar que existen algunas interacciones positivas (mutualismo) y otras negativas (depredación y parasitosis), básicamente. No obstante, para estimar los efectos de un restrictor ambiental, o el impacto por la perturbación, o la contaminación en los sistemas naturales, sería necesario considerar interacciones dentro y entre niveles tróficos (Clements y Newman, 2002). Para el sistema agro-silvo-pastoril se encontró una gama de interacciones de todo tipo (Tabla 9).

TABLA 9. PARÁSITOS, ESTRUCTURAS PARASITADAS E INCIDENCIA

ESTRUCTURAS	AGENTES CAUSALES	GRUPO TAXONÓMICO	INCIDENCIA (No. INDIVIDUOS/Ha)
Raíz	<i>Conopholis alpina</i>	Angiosperma	40-340
	<i>Monotropa uniflora</i>		*
	<i>Armillaria sp.</i>	Macro Fungi	*
Tallo	<i>Daldinia sp.</i> <i>Marasmius sp.</i> <i>Tremella sp.</i> <i>Crepidotus sp.</i>	Macro Fungi	*
Follaje	<i>Cynipidae</i>	<i>Insecta</i>	*
	<i>Phoradendrum velutilim</i>	<i>Angiosperma</i>	40-180
Fruto	<i>Curculio sp.</i> Cynipidae <i>Araneae sp 1</i> <i>Araneae sp 2</i>	<i>Insecta</i>	*
	Nematodos	<i>Nematoda</i>	*
	<i>Tricothecium rosium</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>Candelabrella sp.</i> <i>Alternaria sp.</i>	Micro Fungi	*

(*) Parásitos no registrados.

Los hongos que se encontraron dentro de las bellotas fueron sembrados en un medio de cultivo específico para hongos-PDA (Agar Papa Dextrosa).

Dentro de las relaciones mutualistas se observaron los siguientes simbiosiontes:

Entre plantas del grupo Leguminosae con nódulos de microorganismos fijadores de nitrógeno. Este grupo, se localizó muy frecuente entorno de la zona y en los márgenes de cultivos de sorgo y avena. Las especies más frecuentes fueron *Astragalus sp.*, *Centrosema pubescens*, *Galea leporina*, *Lotus oroboides*, *Lotus repens*, *Prunella vulgaris*, *Senna multigrandulosa* y *Crotalaria pumila*.

- i. Entre especies de hongos y raíces de plantas. Funcionalmente, los hongos son un grupo de especies dominantes que están relacionados con los procesos de degradación y reciclamiento de la materia orgánica (Alexopoulos *et al.*, 1996), pero la asociación micorrízica rebasa lo antes mencionado. Ejemplos de hongos micorrízicos se observaron en especies del género *Russula*, *Amanita*, *Lycoperdon*, *Agaricus*, *Ramaria*, entre otros (Tabla 8). La diversidad Fúngica Micorrizante influye en la diversidad vegetal, la variabilidad del ecosistema, su productividad y la salud. Muchos de los géneros de árboles con importancia económica de las zonas templadas son asociadas con ectomicorrizas por ejemplo en las familias Pinaceae, Betulaceae, Fagaceae, Dipterocarpaceae y Myrtaceae (Dajoz, 2001).

La depredación, lo mismo que el parasitismo, son interacciones netamente tróficas (Wootton *et al.*, 2004) y antagónicas.

En el sitio se encontraron diversos ejemplos de depredación, entre ellos la depredación del fruto del encino por diversos vertebrados, particularmente especies de ardillas *Sciurus nelsoni*, *Spermophilus mexicanus*, *S. variegatus* y *Glaucomys volans*; así como el ganado del CEIEPASP que se saca a pastar al interior del bosque (cerdos y cabras).

El factor de mortandad en frutos que presentó una mayor incidencia fue *Curculio sp.* De cada 10 frutos registrados, este insecto se encontró en 4 ó 5 de ellos. En ocasiones, se presentaban dentro de un fruto uno o dos adultos y dos o tres estadios larvales de éste, incluso se registró que las larvas de *Curculio sp.* pueden convivir excepcionalmente dentro de la bellota con larvas de la avispa agalladora *Andricus sp.*, la cual fue el insecto con menor ocurrencia (de 1 a 2 bellotas por cada 10). Cabe resaltar que cuantificar la mortandad de las bellotas analizando únicamente a un factor, es en ocasiones relativo, dado que lo más común es

encontrar la coexistencia de varios de ellos. Por ejemplo, la incidencia de bellotas afectadas exclusivamente por hongos fue de 1 por cada 20 y se registraron más de dos especies afectando a una sola bellota. Es decir, no era un solo micromiceto, fueron dos o tres actuando simultáneamente.

En el sitio de estudio, se observaron ejemplos del parasitismo entre hongo-planta, planta-planta e insecto-planta en diversas estructuras. En este sentido, los hongos que desintegran la materia orgánica todavía viva, son conocidos como parásitos. A nivel del tallo, *Daldinia sp.*, *Merullius sp.*, *Tremella sp.* y *Crepidotus sp.* fueron parásitos medrando sobre la corteza de las distintas especies de encino (principalmente sobre *Q. crassipes*, *Q. laurina*, y *Q. rugosa*), siendo principalmente *Daldinia sp.* la que tuvo una incidencia alta, incluso la calidad sanitaria de tallo y follaje del encino fue regular y agrietada debido en gran medida, a su impacto (Tabla 6). A nivel de fruto se registró la presencia de 4 micromicetos (*Alternaria sp.*, *Penicillium sp.*, *Tricothecium rosium* y *Candelabrella sp.*) afectando las bellotas. La mayoría de las ocasiones, los Micromycetes registrados fueron relacionados con la presencia de los insectos, ya que pueden ingresar a la bellota en el cuerpo de estos cuando la perforan. Este proceso de ingreso al fruto del encino de los micromicetos por medio de las patas de los insectos, es un hecho ya documentado para el encino rojo por parte de un curculionido (Winston, 1956).

El parasitismo entre planta-planta se observó a nivel de follaje con la presencia de *Phoradendron velutulum* (muérdago), parasitando principalmente a las especies *Q. mexicana*, *Q. rugosa* y *Crataegus pubescens* (tejocote). Esta parasitosis es más frecuente entre el tejocote y muérdago con incidencia que va desde 40 a 180 parásitos por hectárea. A nivel de raíz la interacción se registró con *Conopholis alpina* y *Monotropa uniflora*, las cuales son plantas parásitas con flor. Ambas se registraron únicamente con especies de encinos y con incidencias que se podrían considerar notables, principalmente *C. alpina* con una incidencia desde 40 a 340 individuos parasitados/ha.

Por último, el parasitismo entre insecto-planta fue diverso (Tabla 9). A nivel de follaje el parásito más notorio fue la avispa de la familia Cynipidae, la cual induce la formación de numerosas agallas en las diferentes especies de encinos de hojas grandes en el sitio. La formación de las agallas fue independiente de la edad de los encinos y no se realizó de manera cuantitativa aunque se observaron en mayor cantidad en plántulas (Anexo 3).

La afección ocasionada por insectos y hongos, la cual fue cercana a un 60%, aunado a la depredación no cuantificada de vertebrados como ardillas y del ganado del CEIEPASP (datos no cuantificados, son observaciones del personal del centro), la disponibilidad de fruto viable fue muy baja, en torno del 10%. Por

otra parte, se observaron dos grupos de organismos que no se podría explicar su presencia en el interior de la bellota, salvo para depredar: Nemátodos y arañas.

4.2 Uso potencial

La biodiversidad puede tener usos con beneficio económico (cuantificables) y usos que pueden ser religiosos, ornamentales, alimenticios, entre otros, los cuales no tienen un valor económico como tal (no cuantificables) (Tabla 10).

TABLA 10: ASPECTOS UTILITARIOS PARA CADA ESPECIES

ESPECIES	UTILIDAD
<i>Quercus laurina</i>	M,C,L
<i>Quercus mexicana</i>	M,C,L
<i>Quercus rugosa</i>	M,C,L
<i>Quercus crassipes</i>	M,C,L
<i>Pinus teocote</i>	L,M
<i>Pinus leiophylla</i>	L
<i>Cupressus lindleyi</i>	L
<i>Alnus firmifolia</i>	L,C
<i>Alnus glandulosa</i>	L,C
<i>Arbutus xalapensis</i>	M
<i>Crataegus pubescens</i>	M,A
<i>Prunus capuli</i>	M,A
<i>S. microphyllus</i>	F
<i>Cestrum thyrsoideus</i>	M
<i>Phytolacca octandra</i>	M
<i>Bacharis conferta</i>	M,L
<i>Bacharis heterophylla</i>	M,L
<i>Eupatorium sp.</i>	M
<i>Tagetes lucida</i>	A
<i>Agaricus sp.</i>	A
<i>Lycoperdon perlatum</i>	A, M
<i>Amanita sp.</i>	A
<i>Laccaria sp.</i>	A
<i>Boletus sp.</i>	A, M
<i>Strobilomyces sp</i>	A
<i>Ramaria stricta</i>	A
<i>Lactarius indigo</i>	A, M

Medicinal (M), Alimentario (A), Forraje (F), Leña (L), Combustible (C)

Uno de los principales servicios ambientales cuantificables es la remoción de CO₂ atmosférico, a través de su acumulación en biomasa forestal (Ordóñez, 2008). Al respecto, existe un mercado incipiente en el pago por los servicios ambientales y el precio por fijación de carbono es variable y dependerá de las oportunidades del mercado que rigen la oferta y la demanda o puntualmente del gobierno. El proceso se paga por tonelada de carbono fijado por hectárea y existen cuotas mínimas de fijación para el mercado establecido en los mecanismos de desarrollo limpio, así como un mercado voluntario donde incide el grueso de los posibles proyectos de carbono y donde muchas empresas emisoras y comunidades poseedoras de áreas con vegetación que pueden ofrecer el servicio ambiental, necesitan de un esquema regulatorio, con monitoreo, certificación de captura de carbono (Ordóñez, 2008).

De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación en el 2004 la aprobación del pago para la ejecución del proyecto de servicios ambientales por captura de carbono deberá aplicarse a Proyectos de pequeña escala y sujetarse a ciertos criterios (Anexo 3). El pago por tonelada de carbono equivale a un mínimo de 50 y un máximo de 100 pesos M. N. por tonelada de dióxido de carbono equivalente.

La siguiente tabla muestra el carbono removido con base en la cantidad de biomasa de cada zona, el promedio de estas y la cantidad de remoción en una hectárea.

TABLA 11. CÁLCULO DE BIOMASA Y CARBONO REMOVIDO DE LAS 3 ZONAS

ZONA	BIOMASA (Kg)	CARBONO REMOVIDO/HA
1	8112	4056
2	7716	3858
3	12672	6336
Promedio por zona	9500	14250
Por hectárea	158333.33	237500

V. DISCUSIÓN

En el ecosistema agro-silvo-pastoril del CEIPASP, Chapa de Mota, se encontró una problemática de la comunidad forestal relacionada con diferentes factores:

- El uso del suelo, su fragmentación y fertilidad
- La composición y la riqueza de especies
- Las interacciones orgánicas
- Los bienes que se extraen del mismo por su manejo

Estas perturbaciones no fueron novedosas en el sitio, Alcivar (2009) reportó la existencia del deterioro ambiental (fragmentación muy intensa de las áreas boscosas y pérdida de su fauna residente), debido a políticas de reforestación inapropiadas con uso de especies no nativas y que por ende no prosperan adecuadamente y unidades de producción excesivas que inducen a una mayor compactación y erosión (trompeo de los puercos, desplazamiento vehicular), del suelo en el lugar.

5.1 Uso del suelo, fragmentación y fertilidad

La caracterización físicoquímica entre los sitios del lugar (Tabla 3) permitió deducir que existe una perturbación nutrimental, acentuada en algunas de ellas. En la naturaleza, cualquier evento en el tiempo que altere la composición (riqueza de especies), la estructura o la función de un ecosistema, se considera una perturbación (Barnes *et al.*, 1997). La perturbación podría visualizarse, entonces, como la alteración a las respuestas funcionales bióticas de la comunidad por cambios naturales o por actividades humanas. Estas perturbaciones frecuentemente actúan de manera sinérgica. La transformación del paisaje por la acción humana puede imitar, modificar o amplificar los efectos de eventos naturales o alterar regímenes históricos de perturbación en un ecosistema particular, aumentar su vulnerabilidad o introducir nuevos tipos de perturbación así como su dinámica (Pickett *et al.*, 1997). Hay que resaltar que la fertilidad constituye la capacidad del suelo de retener o almacenar cationes intercambiables que pueden ser absorbidos por las plantas, y su grado de fecundidad o capacidad del suelo de producir cosechas (Álvarez-Marqués, 2002), o aumento de biomasa.

De acuerdo con los datos, las limitaciones principales de la fertilidad están asociadas a una marcada acidez, así como una alta sodicidad con toda una gama de efectos cascada asociados a ambos factores.

5.1.1 Limitación de fertilidad por acidez

El aumento de la acidez a pH muy ácidos (resultado de la degradación de restos orgánicos), reduce la capacidad de intercambio de coloides, y facilita el lavado de sales particularmente de K, Ca y Mg (Packham *et al.*, 1992), dificultan la disponibilidad y la movilización de nutrientes y en esas condiciones se establece un bajo poder de amortiguación (Gosz, 1981). Este hecho conlleva a una alteración en solubilidad y absorción de elementos esenciales así como la presencia de especies químicas tóxicas como NO_2 , y/o Fe_3^+ . Más aún, de acuerdo con la relación readfield (Maya-Rendón y Jiménez-Cisneros, 2000), una perturbación nutrimental se presenta cuando la relación nitrógeno/fósforo (N/P) es 16, lo cual corresponde a un medio nutrimentalmente saludable. Cuando el valor aumenta, el elemento limitante es el fósforo, mientras que cuando disminuye el limitante es el nitrógeno. Las observaciones de este trabajo mostraron que esta relación en todas las zonas fue menor a 1. Lo cual indica que el nitrógeno fue limitante, particularmente en la especie química de nitratos, confirmando que las pérdidas de nitratos son, en muchas ocasiones, mayores que las de cualquier otro nutrimento (Vitousek y Howarth, 1991).

5.1.2 Limitación de fertilidad por sodicidad

Las observaciones de este estudio mostraron una incongruencia en los valores de pH ácido y una cantidad de sodio inesperada en algunos sitios (Tabla 3), lo cual no es común en suelos con valores de pH ácido registrados. Este fenómeno es considerado una perturbación nutrimental. De acuerdo con Ortiz-Olguín (1999) este es un proceso denominado solotización, en donde parte del sodio intercambiable del suelo sufre hidrólisis, siendo sustituido por hidrógeno, y formándose hidróxido de sodio. Así, el suelo continúa siendo sódico, pero se incrementa el porcentaje de hidrógeno intercambiable. Si el hidróxido de sodio formado es lavado, parte del hidrógeno intercambiable pasa a la fase soluble, con lo cual se da un aumento en la concentración de iones hidrógeno, y por lo tanto una disminución del pH, entonces, se presenta el caso de un suelo sódico el cual presenta pH ácido. A este tipo de suelo se le conoce como "suelo sódico degradado", y corresponde al denominado solodi (Ortiz-Olguín, 1999).

Por otro lado, el aumento en las concentraciones de nitratos, por deposición, tiene diversos efectos sobre el suelo forestal, como por ejemplo, aumentar el lavado de Ca^{2+} , aumenta la solubilidad de Al^{3+} y disminuye la relación Ca/Al (Aber *et al.*, 1989; Foster *et al.*, 1989). Este dato resulta de gran importancia, ya que la nitrificación se inhibe a altas concentraciones de Al^{3+} y Fe^{3+} . En el lugar, esto ocurre con mayor probabilidad en todas las áreas actualmente destinadas a actividades agropecuarias y agrícolas. En ellas, la posibilidad de uso agrícola

varía; los sitios 1, 3 y 5 pueden ser de categorías 2-3 lo cual indica que serían de uso agrícola con ciertas restricciones (Tabla 1.). Es importante resaltar que la zona de cultivo "5" se puede considerar como la de mayor perturbación, ya que se encontraron las mayores afectaciones en la movilidad de nutrientes, pH ácido, acumulación de fósforo así como de un nivel alto de sodicidad.

5.1.3 Acidez y disminución de la actividad biológica

Una consecuencia por la baja acidez, es la disminución de la actividad biológica y de sus relaciones (simbiosis mutualistas en gran medida). Hay que destacar que las plantas mantienen relaciones fundamentales y complejas con microorganismos relacionados con ciclos biogeoquímicos (nitrógeno y fósforo), y con los flujos de energía (Jenkinson y Ladd, 1981). De acuerdo con De Luca *et al.*, (1996), y Smith (1997), los factores naturales que afectan la fijación de N₂ son el estrés hídrico, la temperatura, el pH y la concentración de fósforo, además de actividades antropogénicas (Elser *et al.*, 2007). Se ha reportado que los ciclos del nitrógeno y el fósforo han sido masivamente alterados en la mayoría de los ecosistemas (De Luca *et al.*, 1996 y Smith 1997), además de provocar una limitación nutrimental que restringe la producción primaria así como la composición de especies en muchos ecosistemas (Branco *et al.*, 2010).

La relación perturbación - riqueza biológica (angiospermas y macromicetos) observada en el sitio de los grupos vegetales puede considerarse cercana en un 80 % a lo reportado por Gómez-Fuentes Galindo (2008) y con una similitud del 10 % para los fúngicos (Montañes-Arce, 1999) para el mismo lugar. Las razones probables que expliquen dicha disminución pueden atribuirse a la falta de un registro detallado durante un ciclo anual, o bien que la zona registrada (CEIEPASP) es una parte mínima de todo lo registrado en el municipio por dichos autores. Aunque la proporción de hongos registrados en este trabajo es mínima, contiene las mismas proporciones de grupos funcionales reportados por Montañes-Arce (1999), siendo más del 50 % las especies capaces de formar interacciones micorrízicas, importantes para el ecosistema, desde la perspectiva ecológica.

Otros factores importantes que podrían haber incidido en la disminución de especies en el lugar fue la fragmentación junto con la apertura de áreas de cultivo, de acuerdo con Dirzo (1990) quien reportó que las aperturas por extensión de frontera agrícola suelen ser colonizadas por plantas oportunistas conocidas como malezas, fenómeno conocido como invasión. De estas últimas, se registró un porcentaje de 25 % en este trabajo, lo cual indica que invadieron y sustituyeron a especies locales después de la perturbación. La relación régimen de perturbación - biodiversidad aún es insuficiente, pero constituye un

aspecto fundamental para la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas (Manson y Jardel-Peláez 2009).

En este sentido, se ha encontrado que cada especie de planta lleva asociaciones microbianas (rizosferas) particulares y esto es fundamental en la fertilización del suelo (Acero *et al.*, 1994). En dichos estudios se demostró que especies exóticas introducidas o invasoras modifican sustancialmente el ciclo del nitrógeno y el carbono en el sistema, mientras que las nativas aceleran el reciclado de material nitrogenado e incentivan la productividad del ecosistema. Sí bien se encontró una menor riqueza, esto no parece haber influido en la estructura de la comunidad original. La estructura de un encinar es arbóreo-arbustiva y con especies típicas de la comunidad (Rzedowski, 2005), semejante a la ilustrada en este estudio (Figura 4). La estructura de la comunidad se debe a la interacción de sus componentes mientras que la dinámica es la forma como funcionan o responden los organismos a los factores ambientales, incluso a la perturbación.

Dos interrelaciones importantes que suelen aumentar la producción y acelerar la sucesión de la comunidad vegetal (Edmonds *et al.*, 2000) son la fijación de nitrógeno por consorcios bacterianos, y la movilización de fósforo por hongos micorrizantes. En este estudio, se detectó una alteración o afectación a la fijación y movilización de esos nutrientes por los microorganismos microbianos presentes en el suelo.

En todas las zonas, hubo nitrógeno (solo de la forma de NH_4^+) en niveles bajos, además de concentraciones altas de fósforo (Tabla 3). Las especies microbianas realizan la fijación con la energía (fotosintatos) inicial del huésped a pH neutro-alcalinos. Sin embargo, facultativamente, pueden fijar el nitrógeno como ion NH_4^+ a pH ácido (Burn y Davies, 1986) hecho que explicaría las concentraciones del ión amonio registradas en este estudio así como la ausencia de nitratos. Desde la perspectiva agronómica, la fijación de N_2 mediante el mutualismo planta microorganismos, presentes en muchas leguminosas y en algunas otras familias de vegetales, tiene gran importancia ya que su rendimiento puede ser 40-350 kg N_2 /Ha /año (Torrey, 1979), lo cual supone en consecuencia, la entrada y fertilidad capital en la nutrición y desarrollo de las plantas más importante en los ecosistemas terrestres (Tamm, 1991; Michielis y Vanderleyden, 1994). La continuidad de la fertilidad forestal depende de la recuperación, la integridad y el mantenimiento de su comunidad, particularmente aquella presente en la rizósfera (Packham *et al.*, 1992).

Una evaluación de la diversidad biológica en suelos, debe estar basada no solo en la cuantificación e identificación de los microorganismos encontrados, sino también en encontrar el papel funcional a fin de definir el significado de la diversidad microbiana. En este sentido el estudio de la capacidad enzimática de la micro y macrobiota es una forma de comprender sus actividades y proporciona una base fisiológica a la sucesión observada.

Entonces, es llamativo percibir que de la riqueza taxonómica vegetal registrada en el sistema, una familia predominante fue exactamente la de las leguminosas, y más aún que la mayoría (> 80 %) de esas especies en la zona, están reportadas como simbióticas mutualísticas (Doyle, 1994) lo cual implica que en gran medida la fertilidad del sistema depende de ellas. Un detalle curioso adicional se observó en la fertilidad entre sitios: los valores extremos se observaron entre las zonas del bosque y la de cultivo; altas y baja, respectivamente (Tabla 4), lo cual puede ser atribuido a que existe inhibición en la fijación de N₂ en las zonas de uso agrícola. Al respecto, De Luca *et al.*, (1996) documentaron que los desechos de ganado inducen bajos niveles de pH y concentraciones altas de nitrógeno mineralizable capaz de inhibir la fijación de N₂ no simbiótica en ellos, y en última instancia, la presencia de los organismos fijadores. Más aún, donde la fertilización con nitrógeno inorgánico (urea y triple 17) y carbono orgánico (aporte de desechos orgánicos como las heces vacunas) es alta, lo cual suele inhibir la absorción por las plantas (Burn y Davies, 1986). Las pérdidas de nitrógeno añadido como fertilizante se estiman aproximadamente en un 20% por volatilización de amonio y por emisión de óxido nítrico vía nitrificación, si los fertilizantes son orgánicos, y en un 10% si son inorgánicos (Schepers y Mosier, 1991). Esto es exactamente una de las medidas previas para cultivar alfalfa, sorgo y avena en ellas (comentario del personal del centro) en el CEIPASP, y que podría haber ocasionado dicha afectación. Esto también explicaría por qué las zonas del bosque, relativamente no perturbadas (zona 2 y 4), mostraron la mayor fertilidad dado en esencia, que conserva su microbiota simbiótica inalterada, aunque esto debe de confirmarse con posteriores estudios.

5.2 Composición y riqueza de especies

5.2.1 Interacción Mutualista Planta-Hongo

En la mayoría de los bosques templados, como el de Chapa de Mota, se encuentran relaciones planta – hongo o micorrizaciones. Mediante este tipo de simbiosis, se realizan diversas aportaciones benéficas a la planta las cuales incluyen la transferencia de agua y nutrimentos. La simbiosis micorrízica aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, el potasio, el calcio, el zinc, el magnesio y especialmente el fósforo; mejora el transporte y la absorción de agua en la planta, así como la resistencia de la planta huésped a la sequía (Merryweather y Fitter, 1996; Alkaraki y Clark, 1998; Rivas, 1997 y Alkaraki, 1998). Esta función de la diversidad fúngica micorrizante contribuye a la fertilidad de los suelos, siendo por ende reguladores fitosanitarios, diversidad vegetal, variabilidad del ecosistema y su productividad (Smith y Read, 2008). En cada interacción, existe un equilibrio funcional en la movilización de nutrimentos presentes en un material orgánico

natural y esto es especie - específico. Así, en una relación tripartita bacteria – hongo – planta, puede haber un consumo preferencial en la movilización de los elementos N₂ y P (Tovar, 2000).

Se ha reportado que en la relación formada entre *Paxillus involutus* – *Betula pendula*, el hongo micorrizante movilizó 35 % de fósforo, pero sólo el 1 % de nitrógeno. Asimismo, en la relación formada entre *Thelephora terrestris* – *Pinus silvestris*, la especie micorrízica movilizó 13 % de nitrógeno y 3 % de fósforo (Smith y Read, 2008), siendo una porción significativa de estos nutrientes transferidos hacia la planta huésped y el resto para el metabolismo del hongo (Pérez-Moreno *et al.*, 2008; Smith y Read, 2000).

Es claro, que existe una relación directamente proporcional entre la riqueza vegetal y la comunidad microbiana presente en la rizosfera: a mayor diversidad, mayor funcionalidad y en consecuencia mayor fertilidad. En este contexto, resulta significativo resaltar que cerca del 60 % de las especies de hongos registradas en el sistema, funcionalmente pertenecen al grupo micorrizante, hecho que muestra que en el sitio, el bosque todavía presenta las asociaciones necesarias para conservarse sano. Por otra parte, en su mayoría, los hongos se encontraron en las áreas boscosas, lo que aclara porque en ellas se presenta el mayor nivel de fertilidad.

5.3 Interacciones Tróficas

Otras interacciones notables en el sitio, fueron a) la depredación y b) la parasitosis. Ambas, modifican los flujos de energía y materiales, influyen en la abundancia de las especies que controlan esos flujos y son interacciones netamente tróficas (Wootton *et al.*, 2004) y antagónicas.

5.3.1 Depredación

En el sistema, la depredación de la bellota por los diversos agentes es alta y muy diversa (Tabla 8). Las observaciones de este trabajo concuerdan de manera general con varias investigaciones que se realizaron en diferentes partes del mundo (incluido México) para evaluar la mortalidad de bellotas, y que concluyen reafirmando que especies del picudo (*Curculio sp.*) son la principal plaga de las bellotas de encino, junto con las enfermedades causadas por los micromycetos y factores ambientales (Acosta *et al.*, 2006). Un factor adicional a la tasa de depredación es el tiempo de germinación de las semillas de las especies. Zavala y García (1996), señalan que las bellotas de algunas especies de encino requieren de dos años para madurar (bellotas bianuales, ciclo reproductivo de tres años), como es el caso de *Q. laurina*. El hecho de que estos encinos presenten un ciclo reproductivo más largo, representa una desventaja debido a que sus bellotas son expuestas a los depredadores por

periodos más largos, lo cual explica su escasa densidad y que no existan todas las categorías de edad en esta especie (Figura 6).

En conjunto, todas estas implicaciones son serias para el sistema forestal, y producen un escenario muy preocupante debido a que existe una pirámide de edades invertida en las especies *Q. crassipes* y *Q. laurina* (Figura 6), lo que demuestra que hay un reclutamiento inadecuado de estas especies de encinos y sobre todo que se está presentando un cambio en el flujo de materia y energía así como la estructura de la comunidad forestal. Lo más preocupante es que el fenómeno está muy extendido en diversas comunidades de encinos en México, de acuerdo con diversos estudios (Acosta *et al.*, 2006; Cibrián *et al.*, 2000).

Con respecto a la presencia de nematodos dentro de la bellota, se sabe que estos organismos son fitófagos consumidores de hongos. En el caso de las arañas, se cree que estos organismos detectan la presencia del insecto presa en la etapa de larva dentro del fruto, esto debido a la perforación que éste realiza para ingresar y consumirlo. Como se observa, existe toda una gama de interacciones complejas en un hábitat muy reducido, que es lo que algunos autores han denominado como “merocenosis” (Dajoz, 2001).

Desde el punto de vista morfológico, ecológico y nutricional, dentro de las plantas existen diferentes formas de vida (además de las autótrofas). Un número significativo de ellas, se desenvuelve de un modo de vida heterotrófico, donde toda su nutrición o parte de ella se obtiene a partir de interacciones con otros organismos (animales o vegetales); pudiendo ser heterótrofas micotróficas o heterotróficas parasitas estrictas (conocidas llanamente como parásitas). Asimismo, a estas últimas se les puede agrupar en dos grupos, de acuerdo con su nivel de dependencia nutricional: 1) hemiparásitas, (facultativas de realizar fotosíntesis cuando menos en algún momento de su ciclo de vida), y 2) holoparásitas, (dependen íntegramente de los recursos removidos del xilema y del floema del hospedero (Vázquez Collazo, *et al.*, 2006). Diversos autores (Dassi *et al.*, 1998; Cuenca *et al.*, 1998) reportan que el mutualismo micorrizico faculta a la planta con la capacidad de contrarrestar el ataque de patógenos, ya sea por la ocupación previa del espacio de las raicillas o por la estimulación de los mecanismos de defensa bioquímica.

5.3.2 Parasitosis

Los tipos de parasitosis encontrados fueron: Hongo-Planta, Planta-Planta e Insecto-Planta.

Las parasitosis por hongos encontradas a nivel de tallo en el sitio, fueron dos principalmente: *Daldinia cf concentrica* y *Armillaria cf mellea*. La de *Daldinia sp.* hongo lignícola, en el tronco, siendo esta última la más importante por su incidencia. Esta especie se caracteriza por presentar enzimas que convierten la

lignocelulosa en glucosa y azúcares solubles, lo cual reblandece y afecta la calidad de la madera a nivel comercial (<http://www.smb.org.mx/smbanterior/XXVIIICONGRESO.pdf>). Esta especie es en gran medida la culpable junto con los insectos y los muérdagos, de la calidad fitosanitaria de los encinos en el sistema. Este es un aspecto de considerable importancia económica para la población que gestiona el bosque, y que más adelante se abordará. Por su parte *A. mellea* es un parásito que suele provocar enfermedad estructural en la raíz. El impacto de esta parásita es mayor cuando la comunidad se encuentra en estrés por la textura, la cantidad de aireación, el pH, la materia orgánica y la disponibilidad de nutrimentos (Edmonds *et al.*, 2000). Como se observa en la Tabla 3, la mayoría de estos factores en el lugar se encuentran modificados lo cual significa que aunque es poco frecuente este hongo, parece que va en aumento. La regulación natural se debe a los fuegos (Edmonds, *op cit*), los cuales junto con las prácticas de manejo forestal, suelen regular los cambios en los factores edafológicos arriba citados.

Cabe señalar que el considerar a los micromicetos como parásitos, es una visión antropogénica dado que tienen una función ecológica. En el bosque, los componentes orgánicos (sustrato de las enzimas presentes en ellos) más representativos son la celulosa, lignina, almidón, pectina y proteínas (Valenzuela, *et al.*, 2001), algunas de ellas son sustancias que pueden ser de interés industrial e incluso medicinal (Tabla 12).

TABLA 12. ESPECIES DE MICROMICETOS PRESENTES EN BELLOTAS Y SU POTENCIAL ENZIMÁTICO

ESPECIE	FUNCIÓN E IMPORTANCIA
<i>Alternaria sp</i>	Saprobio con alta capacidad de degradador de celulosa, puede utilizar compuestos de nitrato (de magnesio, calcio y amonio) peptona, d-alanina, acetato de amonio, oxalato de amonio, glicina, acetamina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutámico, urea, leucina.
<i>Candelabrella sp</i>	Controlador natural de nematodos, saprobio de materia orgánica.
<i>Penicillium sp</i>	Descomponedores de almidón, taninos, celulosa, pectina y xylano. Común en la rizósfera.
<i>Trichothecium sp</i>	Descomponedor de almidón, quitina, peptina y celulosa. Dentro de las celulasas contiene la arabinoxylan que es más efectiva que las xylanases, así como proteínas hidrolíticas e hidrolasas. Común en la rizósfera

Otros tipos de parasitosis registrados en el área de estudio son aquellos de interacción planta-planta a diferentes niveles (raíz y follaje).

A) NIVEL DE RAÍZ. Dentro del ecosistema, las parásitas de raíz encontradas, la “pipa de indio” (*Monotropa uniflora*) y el “elotillo” (*Conopholis* sp), que son especies mico-heterotróficas, micotróficas o parásitas indirectas (erróneamente conocidas como saprófitas) porque desarrollan una relación nutricional simbiótica con hongos micorrízicos, quienes están a su vez ligados a las raíces de árboles, formando así, una asociación entre tres organismos distintos (Brasil, 2011). En el sitio, la primera parásita fue registrada de manera infrecuente mientras que la segunda fue de registro frecuente, denotando un problema de arbolado muy sensibilizado y muy propenso a la parasitación debido al desbalance nutricional y pH de la rizósfera del medio del ecosistema forestal.

B) NIVEL DE FOLLAJE. El muérdago, es una parásita que produce enfermedades ulcerosas y vasculares del follaje, causante de graves daños o muerte a los encinos (Caldera-Hinojosa 1997), así como daños a la estructura y función de la comunidad en general. La importancia del muérdago radica en que parasita árboles y arbustos (Cházaro *et al.*, 1992). En los tejidos internos del hospedero forma un órgano llamado “haustorio”, que atraviesa la corteza y el floema, hasta llegar al xilema donde toma las sales y el agua para su desarrollo, destruyendo lentamente a los árboles lo cual provoca un decaimiento, hasta producir la muerte (De la Paz Pérez *et al.*, 2006).

El muérdago, aunque puede categorizarse, en general, como de infestación leve (menos del 30 de su copa invadida), no deja de ser preocupante dado lo frecuente de los árboles plagados. Más aun sabiendo que los muérdagos constituyen el tercer agente de destrucción de los bosques de clima templado frío después de los incendios e insectos descortezadores, ya que están presentes en más del 10 % de la superficie arbolada, lo que equivale a cerca de 1.8 millones de Ha de bosque de coníferas y latifoliadas. Por efecto del parasitismo de estos muérdagos se pierde un volumen medio maderable de 1.04 m³/año/Ha, lo que representa una pérdida anual a nivel nacional de cerca de 2 millones de m³ de madera en rollo, esto sin considerar el volumen perdido por muerte del arbolado (Vázquez Collazo *et al.*, 2006). Otras consecuencias por ataque de muérdago pueden ser: pérdida del crecimiento normal del vegetal, mortalidad, reducción de la calidad y cantidad de semilla, calidad de la madera, predisposición a los ataques de insectos y enfermedades, y variación en la dinámica del ecosistema, y en término de especies) (Vázquez – Collazo *op cit.*). Todos estos efectos están presentes, en mayor o menor medida, en el CEIEPASP.

5.4 Flujos de bienes

5.4.1 Validación económica de los servicios y funciones de la biodiversidad

En nuestro país existen diferentes métodos de manejo forestal, que se adecuan a condiciones diferenciales como edad, composición, estructura, ubicación y pendiente. Ordóñez (2008), menciona 4 métodos de manejo forestal usados en México, del cual destacamos el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares ya que corresponde al tipo de bosque de este estudio con poblaciones de diferentes edades o masas incoetáneas.

El manejo o la gestión forestal de las comunidades vegetales ofrece beneficios (funciones) como protección del suelo, regulación microclimática, cortina de vientos, mitigación de la movilidad en sustratos arenosos, funciona como pulmón en áreas urbanas, conservan la biodiversidad y almacenamiento de agua, además de la fijación o captación de carbono (Ordóñez, 2008). También una serie de productos como madera, tablas, leña, resina, celulosa, semillas, entre otros, los cuales se utilizan directamente o se transforman, pero con una política de sustentabilidad (conocer, evaluar para propagar y reforestar y al final utilizar).

La valoración económica del medio ambiente es una tarea difícil, ya que los bienes naturales, en general, carecen de mercado, es decir, no existe un mecanismo que les asigne un precio como expresión de valor. Existen algunos bienes ambientales a los cuales se les ha asignado un valor en el mercado, ya que por su alta demanda requieren ser cuantificados para obtener una ganancia económica. De forma aproximada es posible valorar a aquellos bienes no cuantificables de acuerdo a ciertas características como que forman parte de la función de producción de gran cantidad de bienes económicos, son la base de innumerables procesos productivos y participan en la producción, distribución y consumo de bienes. Es por eso que este estudio dividimos los servicios ambientales del CEIEPASP en cuantificables y no cuantificables.

5.4.2 Servicios Cuantificables

MADERA Y CARBÓN

De acuerdo con los datos registrados por el INEGI en el 2011, el municipio de Chapa de Mota cuenta con una producción anual de 8651 m³.

Si bien existe el uso del género *Quercus* como maderable, su cuantificación es difícil dado que no suele adquirirse por cantidad de tablones o de madera total que produce cada individuo, sino más bien de situaciones incidentales como extracción para mango de algunas herramientas (martillo, serrucho, azadón,

entre otras). El uso más conocido y económicamente reconocido es como carbón.

Comercialmente, el costo de carbón oscila desde 6,000 hasta 7,500 pesos la tonelada (www.olx.com.mx) Así, en la zona existe una cantidad de biomasa en pie de 158333.33 kg/ha, entonces se puede esperar un ingreso potencial de \$1,185,000.00.

Symphoricarpus microphyllus, popularmente conocida como perilla o perlita, es un producto forestal no maderable de la cual sus ramas son utilizadas para elaborar escobas rústicas. Monroy *et al.*, (2007) mencionan que en la comunidad de Coajomulco, Morelos, los fabricantes de escobas se apropian (por persona) del material para 12 escobas promedio por día, lo que implica coleccionar 300 ramas provenientes de 60 plantas de perilla. Se registró que las ramas recolectadas se amarran en manojos de 25 para integrar una escoba. La comercialización se realiza en dos rutas, una directa en los tianguis de la comunidad y el mercado municipal de Cuernavaca. La otra se realiza a través de intermediarios, quienes compran rollos de 12 escobas con un costo de \$70.00 y \$80.00 (datos de marzo a mayo de 2005). Personas ajenas a la comunidad de Coajomulco Morelos, coleccionan clandestinamente para abastecer al servicio de limpia con las barredoras mecanizadas del Distrito Federal, además de que cubren también la demanda de escobas de barrenderos, jardineros y amas de casa en el D.F.

Esto significa que de la recolección de 60 plantas se producen 12 escobas a un costo de \$70-80 que sería más o menos un salario mínimo. En el lugar se podrían recoleccionar 75 individuos/Ha equivalente a 15 escobas por Ha durante un periodo de lluvia que es cuando crecen las plantas, aunque cabe resaltar que los organismos de perilla del CEIEPASP, por su estado de desarrollo y por su depredación, son individuos de los cuales se requerirían de 90 a 100 plantas para obtener 12 escobas. Calculando la cantidad de hectáreas totales en las cuales se podría encontrar la perilla las cuales son aproximadamente 75 Ha, tendríamos un total de 5625 plantas, aproximadamente. Tomando como referencia el costo de cada escoba de Monroy, *et al.*, (2007) tendríamos una ganancia neta de \$3937, siendo entonces muy alto el daño y con poca rentabilidad.

HONGOS

En el Estado de México se han registrado 155 especies de hongos comestibles, siendo uno de los estados con mayor número de registros (Villareal y Pérez-Moreno, 1989). Por otra parte, México es un importante reservorio cultural y biológico de hongos silvestres comestibles a nivel internacional.

El precio de los hongos silvestres va desde los \$12.00 hasta los \$80.00 por kilogramo fresco. Los precios al igual que otros productos están regulados por la oferta y la demanda; las especies con mayor demanda son: *Hypomyces lactifluorum*, *Amanita caesarea* y *Ramaria spp.* que presentan los costos más elevados, llegando a alcanzar hasta los \$80.00 por kilogramo, mientras que las especies de menor tamaño como *Laccaria laccata* y *Agaricus campestris* presentan menor demanda y por lo tanto son las de menor precio, en el caso de *Laccaria proxima*, la venta es por pieza y no por unidad de peso. Al respecto, Montoya (2001) reportó el precio unitario de hongos en mercados de la ciudad de México; algunos de ellos presentes en la zona de estudio (Tabla 13).

**TABLA 13. PRECIO POR UNIDADES O POR PESO (Kg)
DE ALGUNAS ESPECIES DE MACROMICETOS EN EL ESTADO DE MÉXICO
EN EL AÑO 2001**

ESPECIE	PRECIO (\$)	MEDIDA
<i>Helvella sp.</i>	4-6	Peso
<i>Amanita sp.</i>	15-50	Unidad
<i>Boletus sp.</i>	10-53	Unidad
<i>Clytocybe sp.</i>	6-12	Peso
<i>Laccaria sp.</i>	10-14	Peso
<i>Lactarius indigo</i>	35-50	Unidad
<i>Ramaria</i>	5-15	Unidad

Cabe resaltar que *L. indigo*, especie abundante en la zona (observaciones personales), es muy valorada en relación al precio que tienen el resto de las especies comestibles encontradas. Aunque las especies de *Amanita* y de *Boletus* conocidas en muchos lugares como “pancitas”, son de registro frecuente también. Esto significa que el sistema forestal, ofrece a los lugareños una buena diversidad de recursos para autoconsumo o para ganancia (muy limitada) económica con este grupo, dado que para juntar un volumen importante, es necesario extraer muchos cuerpos fructíferos, afectando esto la recuperación de sus poblaciones.

Un gran porcentaje de las especies de hongos silvestres comestibles en México forman asociaciones ectomicorrízicas. Se estima que existen más de 5000 especies de hongos (pertenecientes a los basidiomicetes y ascomicetes) y alrededor de 2 000 plantas con semilla (fanerogamas) que forman simbiosis ectomicorrízicas (Pérez-Moreno *et al.*, 2008).

REMOCIÓN DE CO₂

Una función de la biodiversidad de relevancia ecológica, es su relación con el ciclo hidrológico (generación de agua dulce) y el de gases de la atmósfera (oxígeno y CO₂), ambos mediados en el proceso de la fotosíntesis (Constanza *et al.*, 1998). La formación de agua dulce se produce porque el arbolado impide el escurrimiento precipitado y por promover la infiltración hacia los mantos acuíferos sub-superficiales y prolongar el ciclo hidrológico. De los gases, el CO₂ es uno de los principales gases con efecto invernadero (Maserá *et al.*, 1995a) y que ha aumentado como consecuencia del cambio de uso del suelo. Es por estas razones que se han establecido mecanismos de desarrollo limpio (MDL), a fin de que los países en desarrollo puedan percibir incentivos por la venta de bonos de captura de carbono derivados de la certificación en la reducción de sus emisiones y del establecimiento de proyectos de captura de carbono (Ordóñez y Maserá, 2001).

Para estimar el carbono es necesario distinguir los siguientes compartimientos o almacenes donde se secuestra temporalmente durante su ciclo, particularmente en este trabajo se realizó el cálculo de los siguientes:

- **El carbono en vegetación** (C_v) que es la suma del carbono contenido en la biomasa aérea (hojas, ramas y follaje) y el carbono contenido en la biomasa de las raíces.
- **El carbono en productos** (C_p), son los productos forestales, almacenes de carbono durante todo el tiempo de vida del producto y cuando este tiempo termina.

El pago por servicios de captura de carbono para la mitigación del cambio climático, se inició el año 2004 con el fin de pagar por la producción de dióxido de carbono equivalente (Ver anexo 3).

El costo por remoción de carbono del área forestal del CEIEPASP, se estimó con los datos obtenidos (Tabla 11), el cual fue de aproximadamente \$11,876 por año, por lo que sería conveniente considerar aumentar el área forestal y conservar la que ya se tiene para que dicho beneficio aumente.

5.4.3 Servicios no cuantificables

Son servicios que básicamente se consideran de uso ocasional, personal y/o autoconsumo, lo cual es de difícil valoración socio-económica. Representan un servicio cultural, religioso, ornamental, culinario (Tabla 9).

Los siguientes son ejemplos muy tangibles.

- *Tagetes lucida*, conocido comúnmente como pericón, es una planta que García-Sánchez, *et al.*, (2012) reportaron como medicinal. También esta asterácea es utilizada como saborizante del elote cocido, ya que en su preparación colocan ramilletes al hervir el agua, además es considerado de uso religioso pues la gente lo utiliza para formar cruces que se colocan en paredes o puertas de las casas días previos al periodo de día de muertos.
- Varias especies de *Eryngium* son comestibles o se cultivan como ornato (García-Ruiz, 2013). *Eryngium monocephallum*, conocida como hierba del sapo es una planta con propiedades medicinales, reportada por Carreón-Sánchez *et al.*, (2013) como hipoglucemiante y anti-inflamatoria.
- El forraje comprende las estructuras de las plantas de encino utilizadas para alimentar al ganado, específicamente porcino o caprino, de acuerdo con la literatura, en diferentes partes del país. Para esto, los ganaderos aportan como parte de la dieta de estos animales las bellotas y el follaje de ciertas especies de encino. El uso de bellotas de *Q. affinis*, *Q. castanea*, *Q. candicans*, *Q. crassipes*, *Q. glabrescens*, *Q. glaucoides*, *Q. insignis*, *Q. laurina* y *Q. rugosa* se reporta para los estados de Guerrero, Jalisco, Estado de México, Morelos, Oaxaca y Puebla (Luna-José, *et al.*, 2003).

5.4.4 Medidas de gestión y sistemas de vigilancia

El esquema PER se basa en el conjunto de relaciones siguientes: las actividades humanas ejercen presión (P) sobre el ambiente, modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado de los recursos naturales; la sociedad responde (R) a tales transformaciones con políticas generales y sectoriales, tanto ambientales como socioeconómicas, las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas (Bravo-Espinosa, *et al.*, 2009). Estimar cómo las poblaciones enfrentarán estos cambios es de interés considerable y de importancia práctica además de generar aproximaciones sobre aspectos biológico- ecológicos fundamentales. En dichos análisis (de la matriz de Leopold), se resaltan los efectos a la salud causados por el deterioro del ambiente (contaminación, por ejemplo) a la población en general y a los ecosistemas, se cuantifican los esfuerzos realizados para responder a los cambios y problemas del ambiente, y resalta estrategias para abatir la problemática

En éste trabajo, a partir de las descripciones bióticas, del hábitat y del flujo de bienes con efecto en la economía social registradas, se sintetiza una serie de medidas (preventivas y de mitigación, P y M, respectivamente), de manejo de un programa que sirvan también como estrategia de vigilancia o monitoreo del ecosistema (Tabla 14).

Las primeras tienen el objetivo de evitar la ocurrencia de los problemas asociados (por ejemplo, la erosión por el trompeo de los puercos en el suelo para la búsqueda y consumo de alimento vegetal y fúngico); mientras que las de mitigación o rehabilitación tienen como objetivo controlar su desarrollo y disminuir sus efectos negativos, y sobre todo buscando mejorar la condición del sistema forestal (Chorus & Bartram, 1999). Las medidas también contemplan las escalas de largo plazo (del ecosistema y de relevancia ecológica porque están relacionadas con ciclos naturales), y de escala local o del sitio (a corto plazo).

TABLA 14. MEDIDAS APLICABLES A ESCALA DEL SISTEMA Y DE LAS ZONAS, PREVENCIÓN (P) Y MITIGACIÓN (M) DE LAS PERTURBACIONES

ESCALA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	MEDIDA	TIPO DE MEDIDA
Sistema	Evitar la erosión	Recuperar la cubierta vegetal de las zonas desnudas	Campañas de reforestación	P y M
			Crear viveros de especies nativas y claves para la comunidad	P y M
		Propagar plántulas para asegurar el predominio de especies predominantes nativas de la comunidad.		
		Prevenir la remoción del suelo por el lavado de partículas y sales ocasionado por la lluvia y viento.	Campañas de reforestación con énfasis en zonas con pendiente	P y M
Sistema	Recuperar el equilibrio nutrimental del suelo	Control de pH y de reducción de sodicidad	Añadir roca de tipo calcita o rocas carbonatadas	P y M
			Repoblar con especies halófilas (Amarantaceas) y plantas tolerantes a	P y M

			la sodicidad	
			Mejorar el desequilibrio nutrimental y el pH mediante la adición de Gipsita	
		Aumentar el nivel de nitrógeno en el suelo particularmente en las zonas 1, 3 y 5	Propagar diversas especies como Leguminosas y Gramíneas entre otras con consorcios microbianos asociados	P y M
			Extracción y aislamiento de inoculos con cianobacterias principalmente de los géneros <i>Nostoc</i> , <i>Anabaena</i> y <i>Espirulina</i>	P y M
Sistema	Reducir la sobre-explotación de recursos	Extender los periodos de pastoreo de las unidades de producción así como una rotación con mayor frecuencia para que se dé más tiempo a la recuperación	Reducir la cantidad de área desnuda con el cultivo de herbáceas principalmente	P y M
	Reducir la compactación del suelo	Reducir la cantidad de carga de las unidades de producción	Calcular la pérdida de biomasa producida por el pastoreo de las unidades de producción para crear estrategias de introducción de ganado y de recuperación	
Sitio	Manejar la trama trófica local y controlar las especies invasoras	Evitar las tramas tróficas emergentes que modifican la natural	Mantener y asegurar la trama trófica natural	P y M
			Controlar la expansión de	

			plantas parásitas con podas a organismos afectados	
			Regular y vigilar la distribución de las parasitas	

VI. CONCLUSIONES

El hábitat tiene una alteración en cuanto a niveles altos de sodio y pH muy ácidos en el suelo.

La alteración de la fertilidad del sitio se debe a pH muy ácidos que restringen y alteran simbiosis mutualísticas, sobre todo en especies con consorcios microbianos relacionados con los ciclos biogeoquímicos del N₂ y del P. Promueven el lavado y pérdida de elementos esenciales. Dificultan la movilidad e intercambio de nutrimentos (elementos o iones), y sobre todo el acúmulo de especies químicas potencialmente tóxicas como NO₂, y/o Fe³⁺ o que restringen la absorción de otras (Na).

La situación fitosanitaria de estrato arbóreo en el sitio se considera de Regular con tendencia a Mala debido a que existe una parasitosis muy acentuada en los niveles comprendidos por follaje, tronco y raíces respectivamente, por muérdago, *Daldinia*, y *Conopholis alpina*, principalmente.

La propagación de las poblaciones de encinos está muy afectada por la depredación alta sobre de la bellota, incluso poniendo en riesgo el reclutamiento de algunas de las especies de encino que presentan una pirámide de edad invertida.

Existe un manejo de recursos que en su mayoría carecen de un valor económico, y aquellos que lo tienen es relativo ya que es muy bajo y poco rentable, a excepción de los servicios ambientales como la captura de carbono que a su vez genera oxígeno.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aber, J.D., Nadelhoffer, K.J., Steudler, P. y Melillo, J.M. 1989. Nitrogen saturation in northern forest ecosystems. *Bioscience*, 39:378-386.
- Acosta-Percastegui, J., Méndez-Montiel, J.L., Zavala-Chávez, F. y Campos-Bolaños R. 2006. Mortalidad en bellotas de *Quercus mexicana* Humb. & Bonpl, en el parque estatal Sierra de Tepetzotlán. Tesis de maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. 75 p.
- Agarwal, P. and Sah, P. 2009. Ecological importance of ectomycorrhizae in world forest ecosystems. *Nature and Science*. 7(2):107-116.
- Aguilera, H N. 1989. Tratado de Edafología de México, Tomo I. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Ángel, A.L. 2004. Estructura de la vegetación del Parque Estatal “Sierra de Tepetzotlán”, Estado de México. Tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 63 p.
- Alcivar, J.J. 2009. Diagnóstico ambiental de Cerro Verde Sección I del municipio de Chapa de Mota, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM, México.
- Álvarez-Marqués, J.L. 2002. Caracterización y manejo de los principales factores edáficos limitantes de la agroproductividad de los suelos. Universidad De Matanzas “Camilo Cienfuegos” Facultad de Agronomía. Cuba.

- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. y Blackwell, M. 1996. *Introductory Ecology*. 4ed. New York: John Wiley & sons, Inc.
- Alkaraki, G.M. 1998. Benefit, cost and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress. *Mycorrhiza* 8(1):41-45.
- Alkaraki, G.M. y Clark, R.B.C. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *Journal of plant Nutrition* 21(2):263-276
- Apha, Awwa, WEF. 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 17th Edition.
- Apps, M.J., W.A. Kurz, R.J. Luxmoore, L.O. Nilsson, R.A. Sedjo, R. Schmidt, L.G. Simpson y T.S. Vinson. 1993. Boreal Forests and Tundra. In: Wisniewski, J. y R.N. Sampson (Eds). *Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification and Sources of CO₂*. Kluwer Academic Publishers. Holanda. p: 39-53
- Arizpe, L. y Velázquez, M. 1996. Población, Sociedad y Medio Ambiente. En: Rivero, O. y Ponciano, G. *La Situación Ambiental en México*. Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA). UNAM, México. pp. 58-73.
- Barnes, B.V., Zak, D.R and Spurr, S.H. 1997. *Forest ecology*. Wiley and Sons, N.Y, USA.
- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ongay-Delhumeau. 1994. Multivariate approach of suitability assessment and environmental conflict resolution. *Journal of Environmental Management* 41:187-198
- Bouyoucos, G .J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.*54(5) 464-465
- Branco, P., Stomp, M., Egas, M., Huisman, J. 2010. Evolution of Nutrient Uptake Reveals a Trade-Off in the Ecological Stoichiometry of Plant-Herbivore Interactions. *The american naturalist* vol. 176 (6): E162-E176
- Brasil, B. 2011. *Diversidade de Formas de Vida*. Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Brasil.
- Bravo-Espinoza, M., Sánchez-Pérez, J., Vidales-Fernández, J.A., Sáenz-Reyes, J., Chávez-León, J., Madrigal-Huendo, S., Muñoz-Flores, H.J., Tapia-Vargas, L.M., Orozco-Gutiérrez, G., Alcántar-Rocillo, J.J., Vidales-Fernández, I. y Venegas-González, E. 2009. Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. *INIFAP*. 2: 1-76.

- Burns, R.G. y Davies, J.A. 1986. The microbiology of soil structure. *Biol. Agric.Hort.*, 3: 95-113.
- Caldera-Hinojosa, F. 1997. Diagnóstico y evaluación del impacto de insectos asociados al género *Quercus* L. en la Sierra Madre Oriental, en Nuevo León, México. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Chacón, S. Guzmán, G. Montoya, L. y Bandala, V. 1995. Guía ilustrada de los hongos del jardín botánico Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y áreas circunvecinas. Instituto de Ecología. Veracruz. México.
- Chazaro, B., M; Huerta, M.F.M.; Patiño, B.R.M.; Sánchez, F.R.; Lomeli, M.E. y Flores, M.A. 1992. Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitas poco conocidas. *Ciencia y Desarrollo*. 17(102):70-86.
- Chorus I, Bartram J, eds. (1999) Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. Published by E & FN Spon, London, on behalf of the World Health Organization, Geneva.
- Cibrián, T. D.; Méndez, M. J. T.; Campos, B. R.; Yates III, H. O. y flores, L. J. 2000. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Primera reimpresión español – inglés. Chapingo, Estado de México. 453 p.
- Clemens, W.H. y Newman, M.C. 2002. Community Ecotoxicology. Wiley and Sons, England.
- CONABIO (2011), mapas de flora y fauna: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. & van der Belt, M. 1987. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*. 387: 253-260.
- Cuenca, G. *et al.*,. 1998. Arbuscular mycorrhizae in the rehabilitation of fragile degraded tropical land. *Biology and Fertility of Soils*. 26 (2):107-111.
- Cuevas-Villalobos, I. 2010. Diagnóstico ambiental de la Sierra de Tepetzotlán en las inmediaciones de Huehuetoca, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- Dajoz, R. 2001. Entomología forestal: Los insectos y el bosque. Mundi-Prensa. Madrid, España.

- Dassi, B. 1998. Do pathogenesis-related proteins play a role in bioprotection of mycorrhizal tomato roots towards *Phytophthora parasitica*?. *Physiology and Molecular Plant Pathology*. 52 (3):167
- Deans, J., Mora, J., y Grace, J. 1996. Biomass relationships for tree species in regenerating semi-deciduous tropical moist forest in Cameroon. *Forest Ecology and Management*. 88(3): 215-225.
- De la Paz Pérez O., C., J. Ceja R. y G., Vela R. 2006. Árboles y muérdago: una relación que mata. *Contactos* 59: 28-34.
- Del Rio-Mora, A.A. y Petrovitch, I. 2011. Técnicas de monitoreo e investigación fitosanitaria en los bosques de clima templado. Imprenta Calderón, Morelia, Michoacán, México
- De Luca, T.H. Drinkwater, L.E. y Wiefeling, B.A. 1995. Free-living nitrogen-fixing bacteria in temperate cropping systems: Influence of nitrogen source. *Biol. Fert. Soil* 23 (2): 140-144.
- Doyle, J. J. (1994) Phylogeny of the legume family: an approach to understanding the origins of nodulation. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 25:325-349.
- Diario Oficial de la Federación con fecha del miércoles 24 de noviembre del año 2004, Segunda Sección, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Dirzo, R. 1990. La biodiversidad como crisis ecológica actual, ¿qué sabemos?. *Ciencias. Especial* 4: 48-55
- Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler y J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263:185-190.
- Edmonds, R.L., Agee, J.L and Gara, R.I. 2000. *Forest health and protection*. Waveland Press. USA
- Elser, J.J., Bracken, M.E.S., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Hillebrand, H., Ngai, J.T., Seabloom, E.W., Shurin, J.B and Smith, J.E. 2007. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters* 10: 1135-1142
- Franco-Maass, S., Burrola-Aguilar, C. y Arana-Gabriel, Y. 2012. Hongos silvestres comestibles: Un recurso forestal no maderable del Nevado de Toluca. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

- Foster, N.W., Hazlett, P.W., Nicolson, J.A. y Morrison, I.K. 1989. Ion leaching from a sugar maple forest in response to acidic deposition and nitrification. *Water Air Soil Poll.*, 48: 251-261.
- García-Ruiz, I. 2013. Contribución al conocimiento del género *Eryngium* (Apiaceae) en el estado de Michoacán, México. *Acta Botánica*. 103-65-118.
- García-Jiménez, J. Pedraza-Kamino, D. Silva-Barrón, C.I., Andrade-Melchor, R.L. y Castillo-Tovar, J. 1998. Hongos del Estado de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. México.
- Gómez, D. 2004. Recuperación de Espacios Degradados. Ediciones Mundi-Prensa. España. 191-284 pp.
- Gómez-Fuentes Galindo, T. 2008. Evaluación de la vegetación en un bosque de encino, bajo pastoreo de alta densidad con diferentes tiempos de exclusión. Tesis de Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal. UNAM.
- González-Otero, L., Arcia, M., Muñiz, O., Barranco, G., Fernández, M., Quintana, M., Gil de la Madrid, K., Martínez, MC., Luis, J., Llerena, M., Borroto, R., Chamizo, H., González, C. y González, B. 1994. La Geografía del Medio Ambiente: Una alternativa del ordenamiento ecológico. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Planeación Urbana y Regional. México. 289 p.
- Gosz., J.R. 1981. Nitrogen cycling in coniferous ecosystems. In "Terrestrial Nitrogen Cycles: Processes, Ecosystem Strategies and Management Impacts" (F.E. Clark and T. Rosswall, eds.), pp. 405-426. Ecological Bulletins, Stockholm. Sweden.
- Guzmán, G. 1980. Identificación de los hongos comestibles venenosos y alucinantes y destructores de la madera. Limusa. México.
- Hernández, R. J. C. 1999. Estrategias de manejo para el Parque Estatal "Sierra de Tepetztlán", Estado de México. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 100 p.
- Herrera, T. y Ulloa, M. 1998. El reino de los hongos: micología básica aplicada. 2da edición. Fondo de Cultura Económica. UNAM. México.
- Hughes, R.F., J.B. Kauffman y V.J. Jaramillo. 2000. Ecosystem scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of Mexico. *Ecological Applications* 10:515-527

- INEGI (1996). Carta Topográfica. Tepeji del Rio de Ocampo. Clave: E14 A18. Escala 1:50 000.
- INEGI (1999). Carta estatal. Estado de México. Climas. Escala 1: 400 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI (2009). Carta estatal Geoestadística Estado de México. Escala 1: 400 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INIFAP. www.congresoforestal.com. Para evaluaciones dasométricas y fitosanitarias de arbolado. También en Reporte Técnico. "Evaluación dasométrica y sanitaria del arbolado en el jardín botánico del Campo Experimental Uruapan".
- Jenkinson, D.S., Ladd, J.N. 1981. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: Paul, E.A., Ladd, J.N. (eds) Soil Bio- chemistry, vol 5. Marcel Dekker, New York, Basel, pp 415-471
- Jiménez-Escudero, V.M. Diagnóstico ambiental del parque nacional Cumbres del Ajusco, en la delegación Tlalpan, Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- Leith H. & Whithacker R. 1975. Primary Productivity of the Biosphere. Ecological Studies v. 14. Springer-Verlag, New York-USA.
- Luna-José, A. Montalvo-Espinosa y L. Rendón-Aguilar, B. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. Sociedad Botánica de México. 72:107-117.
- Masera, O. 1995a. Carbon mitigation scenarios for Mexican forests: methodological considerations and results. *Interciencia* 20(6): 388-395
- Masera, O. 1995b. Desforestación y degradación forestal en México. Documento de Trabajo 19. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México. 50 p.
- Masera O., M.J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35: 265-295.
- Masera, O. y López-Ridaura, S. 2000. Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Mundi-Prensa. México. 346 p.
- Manson, R.H., Jardel Peláez, E.J. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio, México, pp. 131-184.

- Maya-Rendón, C. y Jiménez-Cisneros-Blanca, E. 2000. Calidad fisicoquímica y microbiológica en efluentes secundarios por el lago artificial "Nabor Carrillo", México. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Merryweather, J. y Fitter A. 1996. Phosphorus nutrition of and obligately mycorrhizal plant treated with the fungicide benomyl in the field. *New Phytologist*.132:307-311.
- Michiels, J. y Vanderleyden, J. 1994. Molecular basis of the establishment and functioning of a N₂-fixing root nodule. *World J. Microbiol. Biotech*, 10: 612-630.
- Montañés-Arce, A. 1999. Análisis en la diversidad de macromicetos que crecen en bosques de encino del municipio de Chapa de Mota, Estado de México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Monroy, R. Castillo-Cedillo, G. y Colín, H. 2007. La perlita o perilla *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K. (Caprifoliaceae) especie no maderable utilizada en una comunidad del corredor biológico Chichinautzin, Morelos, México. Núm. 23, pp. 23-36, ISSN 1405-2768
- Montoya-Esquivel, A. 2001. Aprovechamiento de hongos silvestres comestibles en el volcán La Malinche, Tlaxcala. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Muñoz-Iniestra, D. Mendoza-Cantú, A., López-Galindo, F., Soler-Aburto, A. y Hernández-Moreno, M. 2012. Edafología, Manual de Métodos de Análisis de Suelo. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México. 82 p.
- Ordóñez, J.A. y Masera, O. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7(1): 1-3.
- Ordóñez, J.A. 2008. Emisiones y captura de carbono derivadas de la dinámica de cambio en el uso del suelo en los bosques de la región purépecha. Tesis de Doctorado en Ciencias. Instituto de Ecología. UNAM. México.
- Ortiz-Olguín, M. 1999. Acumulación de iones y desarrollo de halofitas en suelos salino-sódicos del ex lago de Texcoco, México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Packham, J.R., Harding, D.J.L., Hilton, G.M and Stuttard, R.A. 1992. Functional ecology of woodlands and forests. Chapman and Hall. London. England.

- Pérez Escandón, B. E., Villavicencio, N. M. A. y Ramírez, A. A. 2003. *Lista de las Plantas Útiles del Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca. México.
- Pérez-Moreno, J.; Martínez-Reyes, M.; Yesca-Pérez, A.; Delgado-Alvarado, A. y Xoconostle-Cázares, B. 2008. Wild mushroom markets in central Mexico and a case study at Ozumba. *Econ. Bot.* 62(3):425-436.
- Pickett, S.T.A., Ostfeld R.S., Shachack M. y Likens G.E. 1997. *The ecological basis of conservation: Heterogeneity, ecosystems and biodiversity*. Chapman & Hall, Nueva York.
- Preston, B.L. 2002. Indirect effects in aquatic ecotoxicology: Implication for ecological risk assessments. *Environmental management.* 29:311-323.
- Raev I., Asan Ü. & Grozev O. 1997. Accumulation of CO₂ in the above-ground biomass of the forests In Bulgaria and Turkey in the recent decades. *Proceedings of the XI World Forestry Congress* 1: 131-138.
- Rodríguez-Laguna, R; Jiménez-Pérez, J.; Aguirre-Calderón, O.; Jurado-Ybarra, E. 2007. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea en especies de encino y pino en Iturbide, N. L. *Ciencia Forestal en México* 32 (101): 39-56.
- Rodríguez-Laguna, R; Jiménez-Pérez, J.; Aguirre-Calderón, O.; Jurado-Ybarra, E. 2006. Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. *Ciencia UANL.* 9(1): 1-8.
- Romero-Rangel, S y Rojas-Centeno, C. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 89:551-593.
- Rzedowski, J. y Rzedowski, G. 2005. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. CONABIO. México. 983 p.
- Sanquetta., R.C., Farinha W.L., y Arce, E.D. 2002. Ecuaciones de biomasa aérea y subterránea de *Pinus taeda* en el sur del estado de Paraná, Brasil. *Patagonia Forestal* (8)1:1-9.
- Schepers, J.S. y Mossier, A.R. 1991. Accounting for nitrogen in nonequilibrium soil-crop systems. *En: Managing Nitrogen for Groundwater Quality and Farm Profitability*, (R.F.Follet, D.R. Kenney y R.M. Cruse, eds.). Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin. 125-138 pp.
- Shimwell, D. W. 1971. *The description and classification of vegetation*. University of Washington Press, Seattle.

- Smith, S. E. and Read, D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, New York, USA. 787 p.
- Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. Questions of productivity, vegetational changes, and ecosystem stability. Springer-Verlag, New York. USA.
- Torrey, J. G., Tjepkna, J. D., eds. 1979. Symbiotic nitrogen fixation in actinomycete-nodulated plants. *Bot. Gaz.* 140:Suppl. S1-S146
- Tovar, V. J. y Garivay, O. R. 2000. La Globalización y la Etnobiología, el caso de los hongos en México. *Nanacatl.* 1:22-28.
- Valenzuela, E., Leiva, S., y Godoy, R. 2001. Variación estacional y potencial enzimático de microhongos asociados con la descomposición de hojarasca de *Nethofagus pumilo*. *Revista Chilena de Historia Natural* 74:737-749.
- Vázquez Collazo, I., Villa Rodríguez, A y Madrigal Huendo, S. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. INIFAP, libro técnico #2
- Velázquez, A.; Torres, A. y Bocco, G. (comps.) 2003. Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo de integral de recursos naturales. INE-Semarnat, México, D. F.
- Villaseñor, L. (ed.). 2005. La Biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. CONABIO, SUMA-Michoacán, UMSNH.
- Vitousek, P.M and Howarth, R.W. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea – How can it occur ? *Biogeochemistry*, 13: 87-115
- Walkley, A. 1947. A Critical Examination of a Rapid Method for Determination of Organic Carbon in Soils - Effect of Variations in Digestion Conditions and of Inorganic Soil Constituents. *Soil Sci.* 63:251-257.
- Winston, P.W. (1956). The acorn microsere, with special reference to arthropods. *Ecology*. 37: 120-132.
- Wooton, J., Annual, T. y Emmerson, M. 2004. Measurement of interaction strength in nature. *Review of Ecology, Evolution and Systematics* 36: 419-444.
- Zavala, CH. F. y García, M. E. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 47 p.
- Zuria, I. y Gates, J. E. 2006. Vegetated field margins in Mexico: Their history, structure and function, and management. *Human Ecology*, 34:53-77.

www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas

<http://www.smb.org.mx/smbanterior/XXVIICONGRESO.pdf>

[www.olx.com.mx/q/venta-de-carbon-de-encino.](http://www.olx.com.mx/q/venta-de-carbon-de-encino)

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. SANIDAD

Se registra de acuerdo al vigor del follaje y estado sanitario del fuste para árboles con DAP mayor a 5cm. Se diferencia en las siguientes categorías:

ESTADO FÍSICO DEL TRONCO

VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
1	Pésimo	Individuos con daños irreversibles. Síntomas: El tronco presenta una gran cantidad de daños severos causados por choques de automóviles, alambres (cinchados), clavos, etc., presenta grandes y profundos huecos; desprendimiento de y presencia de ranuras que llegan al nivel del cambium.
2	Malo	Individuos con daños mecánicos considerables que puedan afectar su futuro desarrollo. Síntomas: Tronco con pocas cavidades y ranuras, con algunos daños mecánicos causados por golpes de automóviles.
3	Regular	Individuos con daños intermedios que afectarían tangencialmente al individuo pero existe una capacidad de recuperación. Síntomas: Tronco con alguna o ninguna cavidad, con daños mecánicos muy leves en la parte inferior del tronco.
4	Bueno	Individuos con daños mínimos que no afectarían su futuro desarrollo. Síntomas: Tronco con apariencia normal, fuerte y sólido, sin algún daño mecánico visible.

ESTADO SANITARIO DEL TRONCO

VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
1	Pésimo	Individuos con daños irreversibles. Tronco con partes podridas, plagado por hongos o por cualquier tipo de insectos (barrenadores, descortezadores y ambrosías).
2	Malo	Individuos con daños biológicos considerables que puedan afectar su futuro desarrollo. Síntomas: Presencia inicial de plagas, sin partes podridas.
3	Regular	Individuos con daños intermedios que afectarían tangencialmente al individuo pero existe una capacidad de recuperación. Síntomas: Con evidencia de algún tipo de ataque incipiente de plagas.
4	Bueno	Individuos con daños mínimos que no afectarían su futuro desarrollo. Síntomas: Tronco completamente sano, fuerte y sólido.

ESTADO FÍSICO DEL FOLLAJE

VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
1	Pésimo	Individuos con daños irreversibles. Síntomas: Poco follaje, menor al 50% con copa inbalanceada y muchas ramas secas.
2	Malo	Individuos con daños mecánicos considerables que puedan afectar su futuro desarrollo.

		Síntomas: Con follaje ralo (50-70%), con espacios desfoliados o secos, copa inbalanceada.
3	Regular	Individuos con daños intermedios que afectarían tangencialmente al individuo pero existe una capacidad de recuperación. Síntomas: Follaje moderado con pocas ramas secas, copa balanceada.
4	Bueno	Individuos con daños mínimos que no afectarían su futuro desarrollo. Síntomas: Follaje denso (90% o más), de color homogéneo, sin ramas secas, copa balanceada.

ESTADO SANITARIO DEL FOLLAJE

VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
1	Pésimo	Individuos con daños irreversibles. Síntomas: Follaje con clorosis avanzada, un 50% de éste con manchas café-rojizas o amarillentas, presencia muy notoria de plagas (defoliadores, carpófagos y cogolleros).
2	Malo	Individuos con daños biológicos considerables que puedan afectar su futuro desarrollo. Síntomas: Clorosis en un 25-50% del follaje, con algunas manchas café-rojizas o amarillentas, con evidente presencia de plagas.
3	Regular	Individuos con daños intermedios que afectarían tangencialmente al individuo pero existe una capacidad de recuperación. Síntomas: Con plaga incipiente y aislada, clorosis incipiente, menos del 25% del follaje, sin manchas.
4	Bueno	Individuos con daños mínimos que no afectarían su futuro desarrollo. Síntomas: Follaje de color uniforme, sin plagas ni clorosis o algún daño aparente del mismo.

ANEXO 2. LISTADO TAXONÓMICO DE MACROMICETOS

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Agaricaceae

Género: Lycoperdon



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Hygrophoraceae

Género: Hygrophorus



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Thelephorales

Familia: Thelephoraceae

Género: Thelephora



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Coprinaceae

Género: Panaeolus



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Amanitaceae

Género: Amanita





División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Boletales

Familia: Boletaceae

Género: Boletus



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Hydangiaceae

Género: Laccaria



División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Boletales
Familia: Diplocystidaceae
Género: *Astraeus*



División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Agaricales
Familia: Agaricaceae
Género: *Lepista*



División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Gomphales
Familia: Gomphaceae
Género: *Ramaria*
Especie: *Ramaria stricta*



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Boletales

Familia: Boletaceae

Género: Strobilomyces



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Russulales

Familia: Stereaceae

Género: Stereum



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Crepidotaceae

Género: Crepidotus



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Thelephorales

Familia: Bankeraceae

Género: Sarcodon



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Polyporales

Familia: Meruliaceae

Género: Merulius



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Tremellales

Familia: Tremellaceae

Género: Tremella



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Agaricaceae

Género: Agaricus



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Russulales

Familia: Russulaceae

Género: Russula



División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Cantharellales
Familia: Clavulinaceae
Género: Clavariadelphus



División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Agaricales
Familia: Tricholomataceae
Género: Clitocybe



División: Basidiomycota
Clase: Agaricomycetes
Orden: Russulales
Familia: Russulaceae
Género: Lactarius
Especie: *L. indigo*



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Nidulariaceae

Género: *Cyathus*

Especie: *Cyathus olla*



División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Agaricaceae

Género: *Schizophyllum*

Especie: *S. commune*



División: Ascomycota



Clase: Pezizomycetes

Orden: Pezizales

Familia: Pezizaceae

Género: Scutellinia

División: Ascomycota

Clase: Pezizomycetes

Orden: Pezizales

Familia: Pezizaceae

Género: Peziza



División: Ascomycota

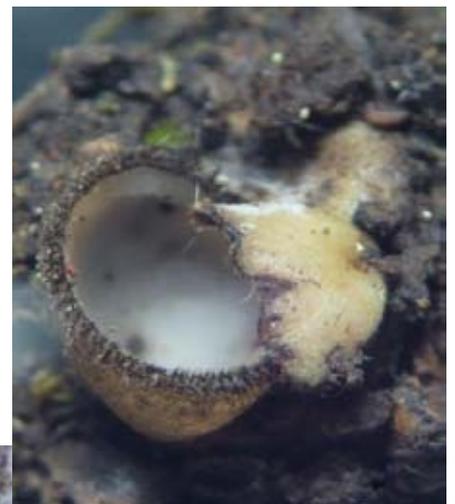
Clase: Pezizomycetes

Orden: Pezizales

Familia: Sarcoscyphaceae

Género: Sarcoscypha

Especie: *S. coccinea*



División: Ascomycota



Clase: Pezizomycetes

Orden: Pezizales

Familia: Helvellaceae

Género: Helvella

ANEXO 3. PAGO DEL SERVICIO AMBIENTAL DE CAPTURA DE CARBONO EN MÉXICO

El pago por servicios de captura de carbono para la mitigación del cambio climático, se inicia el año de 2004 con el fin de pagar por la producción de dióxido de carbono equivalente (CO₂ e) adicional a lo largo de los cinco años del Programa.

La aprobación del pago para la ejecución del proyecto de servicios ambientales por captura de carbono, deberá aplicarse a Proyectos de pequeña escala y sujetarse a los siguientes criterios:

- 1) La formulación de proyectos deberá apegarse a los lineamientos, modalidades y procedimientos del Fondo de Prototipo de Carbono del Banco Mundial o a los sancionados por la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas,

conforme a los términos de referencia que la Comisión Nacional forestal de a conocer en su página de la red.

- 2) Los proyectos deberán demostrar un potencial de captura anual adicional de entre 4,000 y 8,000 toneladas de dióxido de carbono equivalente a 40,000 toneladas de captura de carbono en un periodo de cinco años.
- 3) La superficie de cada Proyecto podrá integrar diferentes sistemas de producción forestal o agroforestal, incluyendo áreas de restauración o reforestación, a menos que éstos ya reciban algún pago del Gobierno Federal por la prestación de otro servicio ambiental.
- 4) Los pagos anuales se realizarán con los resultados del estudio del potencial de captura por arriba de la línea base presentados en el proyecto. Se harán cuatro pagos anuales equivalentes al 20% de la captura adicional total estimada en los cinco años, y un pago de finiquito que estará en función de la captura adicional verificada al final del quinto año. Cada pago deberá ser instruido por el comité. Al finalizar el periodo contratado en la carta de adhesión, se realizará la verificación de captura de carbono total alcanzada en el periodo de cinco años, a partir de la cual se realizará un ajuste final de los cuatro pagos realizados cada año, con la finalidad de balancear la correspondencia entre pagos realizados y existencia de carbono adicional con respecto a la línea base.
- 5) Las superficies bajo manejo para el aprovechamiento de recursos maderables en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, podrán ser elegibles únicamente en sus áreas de aprovechamiento en estado de reposo durante al menos los próximos siete años, lo cual deberá demostrarse con el respectivo Programa de Manejo autorizado por la Semarnat.
- 6) El pago por tonelada se determinará en función del cumplimiento de criterios ambientales y sociales que además de constituirse en parámetros de calificación de solicitudes, ayudarán a determinar un periodo base, el cual otorgará valoración diferenciada que refleje las preferencias del mercado. Por cada punto acumulado con base en los conceptos para valoración diferenciada, se pagarán 1.19 pesos M.N. adicionales al precio base de 50 pesos M. N. por tonelada de dióxido de carbono equivalente, de tal manera que se pagará un mínimo de 50 y máximo de 100 pesos M.N. por tonelada de dióxido de carbono equivalente.

Fuente: Diario Oficial de la Federación con fecha del miércoles 24 de noviembre del año 2004, Segunda Sección, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

