



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Estudio ecológico de los hongos silvestres
comestibles en el bosque de encino (*Quercus*)
de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO (A) EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Esmeralda Cervantes Varela

Codirectores

Dra. Adriana Montoya Esquivel

M. en C. Alejandro Kong Luz

Tlaxcala, Tlax.

Diciembre, 2020



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Estudio ecológico de los hongos silvestres
comestibles en el bosque de encino (*Quercus*) de San
Francisco Temetzontla, Tlaxcala

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO (A) EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Esmeralda Cervantes Varela

Comité Tutorial

Dra. Adriana Montoya Esquivel
M. en C. Alejandro Kong Luz
Dra. Margarita Villegas Ríos
Dra. Citlalli Castillo Guevara
Dra. María Mercedes Rodríguez Palma

Tlaxcala, Tlax.

Diciembre, 2020

El presente trabajo se desarrolló en el Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. Maestría en Ciencias Biológicas registrada en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) y en la Universidad Nacional Autónoma de México Laboratorio de Micología con el apoyo de la beca otorgada por Espacio Común de Educación Superior (ECOES).

Investigación financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
(Becario núm. 230420)

**COORDINACIÓN POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
P R E S E N T E**

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del proyecto de tesis que **Esmeralda Cervantes Varela** realiza para la obtención del grado de Maestra en Ciencias Biológicas, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es: “Estudio ecológico de los hongos silvestres comestibles en el bosque de encino (*Quercus*) de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala”.

Sin otro particular, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE
TLAXCALA, TLAX., DICIEMBRE 16 DE 2020



DRA. CITLALI CASTILLO GUEVARA

Adriana Montoya E.

DRA. ADRIANA MONTOYA ESQUIVEL



DRA. MARIA MERCEDES RODRIGUEZ PALMA



M. EN C. ALEJANDRO KONG LUZ



M. EN C. GEMA LILIA GALINDO FLORES

Agradecimientos

Al posgrado de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala y al Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC) por todo el apoyo brindado.

Este proyecto fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con número de CVU/Becario (328712/230420).

Al Laboratorio de suelos del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas (CICB) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

A todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis en especial a la Dra. Adriana Montoya Esquivel y M en C. Alejandro Kong Luz, por hacer posible este trabajo brindarme todos sus conocimientos su apoyo y comprensión. Muchas gracias.

A los miembros del comité titorial, Dra. Margarita Villegas Río, Dra. Citlalli Castillo, M en Guevara y Dra. María Mercedes Rodríguez Palma por la revisión comentarios y consejos a este proyecto.

A maestros del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas (**CICB**) que me brindaron calidez, conocimiento, apoyo y alegrías en especial a la Dra. Lupita Santiago Martínez (†) siempre me decía (titúlate chamaca), M en C. Gema Galindo Flores y Dra. Yolanda Nava Gutiérrez.

A todos mis compañeros de laboratorio, que hicieron mi estancia más grata y divertida, en especial a: Hellen, Leyda, Lucy, Miriam, Luis Enrique y Cacho, gracias por su gran amistad, todas sus enseñanzas y ayuda en todo tiempo, así como todos los momentos alegres que me brindaron en distintos espacios, que no mencionaremos...

A mi familia Cervantes y Varela, Pérez Briones en especial a Sonia Pérez Briones, gracias por siempre impulsarme y ayudarme para alcanzar mis objetivos TQM. A la familia Soriano Vences. Por el apoyo en cada momento.

Dedicatoria

A: Dios gracias porque tuya es la sabiduría; el conocimiento y la ciencia que brotan de tus labios (proverbios 2:6).

Mis padres: Guillermina Varela Pérez †

Aristeo Cervantes Preciado

“Gracias por la vida”

Hermano: Julio Cesar Cervantes Varela †

“Siempre será por los dos”

Al amor de mi vida: Grecia Soriano Cervantes, nunca es tarde para cumplir tus sueños.

“La maravillosa creación de mi vida”

Roberto Jorge Soriano Vences: la ayuda idónea y gran compañero.

“Gracias por todo el apoyo y hermosos momentos que me ayudaron a cumplir esta meta en mi vida”

Resumen

El presente estudio se realizó en un bosque de encino (*Quercus*) en la comunidad de Temetzontla, Tlaxcala durante el año 2010. Se analizaron las condiciones dasométricas del arbolado, edáficas y ambientales que determinaron la abundancia, producción y diversidad de los hongos silvestres comestibles en dos sitios con diferentes características fisonómicas. Los muestreos para la recolección de hongos, se efectuaron cada semana durante la época de lluvias (de abril a octubre). En cada sitio se trazaron, al azar, tres Unidades de Muestreo (UM) permanentes de 30 x 30 m, teniendo un área total de 5400 m². Se efectuaron un total de 22 visitas a los sitios de estudio. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre sitios con base en las características dasométricas del arbolado como son, la densidad, altura y DAP. El análisis edáfico mostró suelos moderadamente acidificados, de textura franco arcillosa, pobres en fósforo disponible y bajo contenido de materia orgánica. En cuanto a los parámetros fúngico fueron diferenciadas un total de 50 especies de hongos silvestres comestibles. En el sitio 1(S1) se encontró una mayor riqueza, con 38 especies y una diversidad de $H' = 2.95$; de manera contrastante en el sitio 2 (S2) se encontraron 28 especies y una diversidad de $H' = 2.55$. La abundancia y producción fue similar para los dos sitios con un total de 651 esporomas, 324 en el Sitio 1 y 327 en el Sitio 2. La producción total fue de 16.162 kg. En el sitio 1 (S1) se registró 8.042 kg y en el sitio 2 (S2) un total de 8.120 kg. Las especies más abundantes fueron *Amanita rubescens*, *Boletus subvelutipes*, *Lactarius indigo*, *Lactarius yazoensis* y *Russula decipiens*. Los valores de producción más alto fueron para *A. rubescens*, *B. subvelutipes*, *Boletus reticulatus*, *Boletus variipes*, *Lactarius indigo*, y *Russula decipiens*. El análisis de similitud realizado considerando los datos dasométricos del arbolado, del suelo, temperatura, precipitación y parámetros fúngicos como abundancia producción y diversidad mostró que las UM que conforman el S1 fueron similares entre si separándose de las UM que se ubican en el Sitio 2. El análisis de Componentes Principales mostró que los valores de la densidad arbórea, pH, contenido de fósforo, materia orgánica, abundancia y producción fueron los que determinaron la formación de los grupos los que conforman el sitio1 y el sitio 2. La fenología reproductiva de las especies, coincidió con la precipitación pluvial que inicio desde el mes de junio terminando en el mes de octubre.

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	6
2. ANTECEDENTES	8
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. HIPÓTESIS	16
5. OBJETIVOS	17
5.1 Objetivo general	17
5.2. Objetivos particulares	17
6. METODOLOGÍA	18
7. RESULTADOS	26
8. DISCUSIÓN	48
9. CONCLUSIONES	56
10. REFERENCIAS	59

INTRODUCCIÓN

México se encuentra entre los siete países llamados megadiversos (CONABIO, 2006). En el territorio se encuentra el 12% de la diversidad terrestre del planeta. Esta diversidad es el resultado de la compleja topografía y geología, de los diversos climas y microclimas que se encuentran en todo el territorio. Asimismo, la ubicación geográfica hace que se distinga por ser la zona de unión de dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, lo que implica que en el país han evolucionado especies de distinta afinidad ecológica y geográfica (CONABIO, 2006). La historia biogeográfica del país también contribuye con la generación de biodiversidad, presenta bosques y selvas que ocupan 55.3 millones de hectáreas representando más del 25% del territorio Nacional, en estos bosques existe una gran diversidad de especies (plantas, animales, hongos y muchas otras formas de vida). Además tienen un valor socioeconómico muy alto, por los productos y servicios que proveen.

Mundialmente, México ocupa el octavo sitio en superficie boscosa y el segundo lugar en Latinoamérica. En cuanto a la producción de madera, en el país se concentra el 80% de pinos, y siguiendo en importancia los encinos (INE, 2008). La abundancia de especies de encinos es relevantes ya que esto contribuyen con la biodiversidad mundial y en México alcanza su mayor representatividad con alrededor de 160 especies (Valencia, 2004) de las 500 que se estiman a nivel mundial (Manos *et al.* (1999). Alrededor de 107 especies son endémicas de México. En los bosques, son elementos importantes para la conservación de diferentes especies de fauna y flora, así como, de muchas especies de hongos, ya que varios de ellos forman micorrizas (Valencia, 2004).

En México se postula que existen unas 200,000 especies de hongos de los cuales se conocen aproximadamente 7000 (García y Garza, 2001; Guzmán, 1998). Entre ellos están los hongos silvestres comestibles, de los cuales se conocen aproximadamente 300 especies (Garibay-Orijel *et al.*, 2006), sobresaliendo por su importancia nutrimental, medicinal, económica y cultural además de su importancia ecológica ya que aproximadamente el 50% de las especies de hongos comestibles son ectomicorizógenas y establecen una relación simbiótica con árboles de importancia forestal como *Pinus*, *Fagus* y *Quercus*, que cubren grandes superficies del planeta, que no podrían sobrevivir en ausencia de esta simbiosis (Smith

y Read, 1997; Estrada- Torres y Santiago-Martínez, 2003). Además que al igual que los no comestibles, influyen los procesos de los ecosistemas forestales como son, el reciclaje de nutrimentos, mayor resistencia contra plagas y enfermedades, resistencia al estrés hídrico y mayor sobrevivencia en suelos degradados y contaminados por metales pesados (Hoff *et al.*, 2004).

Si bien en México los macromicetos quizá han sido los más estudiados en cuanto a su diversidad que cualquier otro grupo de hongos, estos estudios siguen siendo escasos e inexistentes para muchas regiones del mundo. Además, la mayoría de estos estudios tienen enfoques principalmente taxonómicos y los aspectos ecológicos de estos organismos son tratados de manera superficial. La dificultad para realizar estudios ecológicos y estudiar la diversidad de macromicetos en diferentes hábitats debido a su amplia distribución ha limitado la generación de información básica como el conocimiento del número de especies de una localidad específica (Muller *et al.*, 2006), además la falta de información básica sobre la diversidad de los hongos tiene implicaciones en aspectos de la biología evolutiva e interpretación de patrones biogeográficos (Muller *et al.*, 2006).

La riqueza de especies de hongos que habitan en los bosques de encino sin duda es importante, no obstante el conocimiento de macromicetos que crecen en estos tipos de vegetación todavía es incompleta así como de las especies que establecen interacciones mutualistas formando micorrizas con los encinos (Pulido, 1994). Lo cual es muy grave ya que en general el hábitat de los encinos padece una acentuada perturbación en el país, ya sea por deterioro ambiental como sobreexplotación de recursos forestales, debido a cambios en el uso de suelo, incendios, etc. (Zavala y García, 1996), que ponen en peligro la sobrevivencia de muchas especies de hongos asociados.

Por lo anterior, como una contribución para la generación de información ecológica de las poblaciones de hongos silvestres, el presente trabajo planteó un estudio de tipo ecológico en el que se evaluaron la diversidad, producción, abundancia y se caracterizó la fenología de los hongos silvestres comestibles en dos áreas con diferente condición ecológica, en el bosque de encino (*Quercus*) ubicado en San Francisco Temetzontla Tlaxcala.

ANTECEDENTES

El género *Quercus*

La familia Fagaceae el género *Quercus* es el que presenta mayor distribución en todo el mundo. Se encuentra en casi todos los bosques templados del Hemisferio Norte, así como en algunas regiones tropicales y subtropicales del mismo. Incluso existen algunas especies en hábitats más secos, en el sureste de Asia y nororiente de África. En América se localiza desde Canadá hasta Colombia, incluyendo Cuba. Los encinos incluyen unas 450 especies en todo el mundo. Existe una gran controversia en la clasificación infragenérica, debido a la gran variación a nivel específico y alto grado de hibridación de los encinos.

Dicho género es de importancia económica mundial por sus usos actuales (como leña, carbón y, a veces, como madera) y por su potencial que presenta para la obtención de celulosa; los frutos de algunas especies son consumidos por el hombre y animales, la corteza contiene una gran cantidad de taninos que son útiles en curtiduría; los árboles también son utilizados para fines de reforestación y como plantas de ornato (Zavala, 1995).

El género *Quercus* en México

Se reconocen dos centros de diversidad para el género *Quercus*. El primero se localiza en el sureste de Asia con alrededor de 125 especies (Menitsky, 1984 en Govaerts y Frodin, 1998). El segundo se presenta en México, particularmente en las regiones montañosas, en donde forman parte importante de los bosques templados (Govaerts y Frodin, 1998). La diversidad topográfica, climática y de hábitat probablemente ejercen una influencia importante en los procesos de radiación evolutiva y en el mantenimiento de la diversidad de especies de *Quercus* descritas (González-Rodríguez *et al*, 2004).

Los encinos, junto con las coníferas, ocupan casi el 21% de la superficie del país encontrándose a lo largo de la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre del Sur, Sierra del Norte de Oaxaca, la Sierra de Chiapas, la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California, así como algunas elevaciones de otras regiones entre las cuales se encuentran el Altiplano Mexicano y la Sierra de la Laguna en Baja California Sur (Zavala, 1995).

El género *Quercus* en Tlaxcala

En el estado de Tlaxcala los encinares ocupan el 5% de la superficie estatal (INEGI, 2004), distribuidos principalmente sobre cerros y lomeríos de la porción central y norte de la entidad y en la Malinche, entre los 2200 y 3000 msnm (Acosta, 1991). En el territorio de Tlaxcala se han encontrado hasta el momento 18 especies de encinos pertenecientes a dos subgéneros. Subgénero *Leucobalanus* o encinos blancos: *Q. desertícola* Trel, *Q. frutex* Trel, *Q. glabrescens* Benth, *Q. greggii* Trel, *Q. laeta* Liebm, *Q. magnoliifolia* Née, *Q. micropylla* Humb. Et Bonpl, *Q. obtusata* Humb. Et Bonpl, *Q. rusa* Née. Subgénero *Erythrobalanus* o encinos rojos: *Q. acutifolia* Née, *Q. candicans* Née, *Q. castanea* Née, *Q. crassifolia* Humb. Et Bonpl, *Q. crassipes* Humb. Et Bonpl, *Q. dysophylla* Benth, *Q. alurina* Humb. Et Bonpl, *Q. mexicana* Humb. Et Bonpl, *Q. sartorii* Liebm (Santacruz y Espejel-Rodríguez, 2004).

Importancia ecológica

El valor ecológico del género *Quercus* es muy grande, sus especies son el elemento dominante en los bosques templados de encinos de todas las regiones montañosas del país o bien son codominantes en los bosques de *Pinus-Quercus*. Los individuos de *Quercus* son hábitat de diversas epífitas, así como musgos (*Briofitas*), helechos (*Pteridofitas*), orquídeas (*Orchidaceae*), bromelias (*Bromeliaceae*), muérdagos (*Viscaceae*), además numerosos animales vertebrados e invertebrados. Además, existen muchas especies de hongos micorrizógenos que presentan relaciones simbióticas con plantas de este género (Bacon, 1997), por lo que cualquier alteración o remoción de individuos produce un gran impacto en las especies asociadas (Valencia, 1989).

Importancia ecológica de los hongos

Los hongos son componentes importantes de casi todos los ecosistemas puesto que llevan a cabo una variedad de funciones ecológicas, ya sea como saprótrofos, biótropos y necrótrofos (Winterhoff, 1992). La contribución más importante de los hongos es su papel en el reciclaje del carbono y otros elementos esenciales en el ecosistema. Debido a que son heterótrofos,

dependen de la materia orgánica, ya sea viva o muerta, como una fuente de energía (Varela y Estrada-Torres, 1997).

La presencia de los hongos en el suelo es indispensable para el buen desarrollo de las plantas, pues intervienen desde la génesis del suelo hasta la formación de micorrizas que establecen una relación simbiótica facultativa u obligada en las raíces de la mayor parte de las especies vegetales, tanto herbáceas como arbustivas y arbóreas. Así que, sin los hongos no existiría la gran diversidad de bosques y de otras formaciones vegetales que pueblan extensas áreas del planeta y que sostienen una notable diversidad faunística (Herrera, 1994). Dentro de las asociaciones simbióticas, se encuentran los hongos silvestres comestibles que se desarrollan en los ecosistemas forestales en el período de lluvias. Los hongos silvestres comestibles, son consumidos en gran parte del mundo por sus grandes características gastronómicas (sabores y aromas) y por presentar componentes nutritivos importantes. Se conocen mundialmente aproximadamente 2500 especies. Entre los hongos silvestres comestibles ectomicorrizogénos más demandados para consumo humano, se reporta a *Tuber magnatum*, *T. melanosporum*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius* y *Amanita caesarea* consumidos en regiones de Europa como España, Francia, Italia y *Tricholoma matsutake* en Japón (Yun y Hall, 2004).

En México se conocen alrededor de 300 especies de hongos comestibles, entre los más demandados existen especies como: *Amanita basii*, *Cantharellus cibarius*, *Morchella* spp. *Russula brevipes*, entre otras (Garibay-Orijel *et al.*, 2006).

En el estado de Tlaxcala se conocen alrededor de 100 especies y entre las más demandadas están *Amanita basii*, *Boletus pinophilus*, *Lyophyllum decastes*, *Ramaria* ssp. y *Turbinellus floccosus* (*Gomphus floccosus*) que provienen de diferentes regiones del estado (Montoya, 1998; Montoya *et al.*, 2001; Montoya, 2005).

Estudios ecológicos de los hongos

En el año 1917 algunos especialistas realizaron investigaciones ecológicas con hongos macroscópicos sobre varios aspectos como por ejemplo el trabajo de Shantz y Piemesie quienes estudiaron los hongos epigeos en diversos pastizales del Este de Colorado, E.U.A. Los trabajos posteriores desarrollados por Graham (1927) y Gilbert (1928 citados por Cooke, 1948) discutieron algunos problemas sobre los estudios relacionados con la ecología de hongos pero no emplearon métodos cuantitativos. Los primeros estudios cuantitativos fueron realizados en Alemania por Haas (1932 in Hering, 1966) quién utilizó cuadros permanentes de varias dimensiones y calculó los índices de abundancia y sociabilidad, tomando a los esporomas como indicadores de estos parámetros (Villarreal, 1994).

En el noroeste de Estonia, se estimó la productividad de hongos comestibles al establecer cuadros de 0.1 ha, en dos asociaciones de *Pinus* con diferente edad (25 años y 100 años), realizando muestreos cada 10 días. Los autores encontraron una producción de 504 kg/ha en *Pinus* de 25 años, en tanto que en el de 100 años fue de 188 kg/ha. Los autores concluyen que al aumentar la edad, aumenta la diversidad de hongos comestibles; sin embargo, mencionan que la máxima producción se da a los 25 años (Kalamees y Silver, 1988).

En Inglaterra, con el objetivo de conocer el comportamiento de las poblaciones de hongos, se establecieron cuadros permanentes de 100 m² durante tres años en dos bosques de encino. La productividad estimada fue de 95 kg/ha en el bosque de *Quercus petraea* con un suelo ácido, mientras que en el bosque de *Quercus-Fraxinus* con suelo básico la producción fue de 37 kg/ha (Hering, 1966 in Villarreal, 1994). Estos estudios realizados en diversas partes del mundo han contribuido de manera significativa al conocimiento micológico.

En México también se han realizado estudios ecológicos con hongos comestibles. Se puede observar que la mayoría de estos se han realizado en bosques de coníferas y difieren por un lado en el tiempo que dura la investigación que van de un a cinco años. No obstante, a lo anterior, se tienen datos de relevancia en los sitios estudiados y en cuanto a la información de riqueza y diversidad, especies que se observa son compartidas en los diferentes sitios estudiados (Tabla1).

Tipo de vegetación	Lugar	Riqueza de especies	Producción	Abundancia	UM para estimación de hongos.	Referencia
<i>Pinus hartwegii</i>	Santa Catarina del Monte, Estado de México	15	107 kg/ha/año	No registrada	5 parcelas de 1ha	Moreno-Zárate (1990)
<i>Abies religiosa</i>		21				
Bosque de <i>Pinus sp.</i>	San Juan Tetla, Puebla	35	17.02 kg/ha	No registrada	4 sitios de 2500 m ²	Alvarado-López (1993)
Bosque de oyamel		49	85.708 kg/ha			
Bosque de <i>Pinus montezumae</i>	Topilejo D.F	29	65.52 kg/ha	No registrada	2 parcelas permanentes de 400 m ²	Zamora-Martínez (1993)
<i>Abies religiosa</i>	San Juan Tetla, Puebla	49	85.237 kg/ha			
<i>Abies religiosa</i>	Topilejo D.F	29	128 kg/ha	No registrada	4 Parcelas de muestreo de 2500 m ²	Zamora-Martínez y Nieto de Pascua (1993)
Bosque de <i>Pinus</i>	El cofre Perote Veracruz	37	5.37-48.23 kg/2ha	181- 1178 esporomas	2 parcelas rectangulares de 1ha	Villarreal (1996)
<i>Pinus- Abies</i>		33	0.907-12.007 kg/2ha	102-682 esporomas		
Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	Sierra de Juquila Jalisco	171	No registrada	452 esporomas	16 sitios de muestreos aleatorios.	Fierros <i>et al.</i> (2000)
Bosque mesófilo de montaña		167				
Bosque de <i>Quercus</i>		59				
Bosque de <i>Pinus, Abies religiosa Quercus</i>	Parque Nacional Izta-PoPo	53	No registrada	No registrada	Muestreos aleatorios.	Lorenzana (2008)

En el estado de Tlaxcala se han realizado algunos estudios en donde se han evaluado algunas variables ecológicas de hongos comestibles básicamente en el Volcán la Malinche como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Estudios ecológicos de hongos comestibles en distintos tipos de vegetación en Tlaxcala.						
Tipo de vegetación	Lugar	Riqueza de especies	Producción	Abundancia	UM para estimación de hongos.	Referencia
Bosque de <i>Abies</i>	Volcán la Malinche Tlaxcala	28	181.132 kg/ha/año	No registrada	2 cuadros de 900 m ²	Hernández-Díaz (1998)
Bosque de <i>Pinus</i>		22	55.504 kg/ha/año			
Bosque de <i>Pinus</i>	Volcán la Malinche Tlaxcala	35	13,753 kg/ha	No registrada	10 parcelas de 33 x 33 m ²	Zamora-Martínez <i>et al.</i> (2000)
Bosque de <i>Abies religiosa</i>	Volcán la Malinche Tlaxcala	49	27.3439 kg/ha	3,671 esporomas	10 cuadros	Torres-García (2009)
Bosque de <i>Pinus y Abies</i>	Volcán la Malinche Tlaxcala	61	29.53 kg/3,200 m ²	1319 esporomas	8 transectos de 400 m ²	Montoya (2005)
Bosque de <i>Pinus-Abies</i>	Volcán la Malinche Tlaxcala	27	No registrada	No registrada	trayectorias (traysectos)	Pacheco-Cobos (2009)

JUSTIFICACIÓN

Actualmente los productos forestales no maderables (PFNM) han sido considerados como componentes importantes en los ecosistemas. En México uno de estos productos son los hongos silvestres comestibles. Estos cumplen una importante función ecológica dentro del subsistema de la degradación y junto con los demás organismos que integran este subsistema, son considerados unos de los principales factores determinantes biológicos de la calidad del sitio forestal, también forman parte de la diversidad biológica, ecológica, cultural y alimentaria de muchas etnia además de ser un componente económico en las actividades productivas dentro de las comunidades campesinas que habitan las regiones boscosas de México. Por otro lado, se considera necesario monitorear los recursos asociados con los bosques de *Quercus* en particular, por la relevancia de su diversidad y el estado de amenaza en el que se encuentran. Los hongos asociados con estos árboles son una alternativa para la reforestación y conservación. También desde el punto de vista ecológico es necesario generar información básica entorno a los hongos, sobre su distribución, abundancia, fenología y riqueza para conocer los factores que determinan su fructificación y así promover un manejo adecuado y conservación. Para llevar acabo lo anterior, es importante ensayar métodos, para adecuarlos a la naturaleza de los hongos, estandarizarlos y generar información regional y nacional que permitan entender la biogeografía de estos organismos.

En el estado de Tlaxcala existe una gran heterogeneidad ambiental y seccionamiento de áreas provocando una gran diversidad ecológica. La vegetación dominante son los bosques de coníferas (31%) y encinos (28%) (Espinosa, 2007).

En la comunidad de Temetzontla se desarrolla un bosque de encino gravemente reducido y altamente amenazado debido a la frontera agrícola. El bosque alberga una gran diversidad de macromicetos, algunos de ellos, sólo conocidos en estos bosques (Kong *et al.*, 1994), brindando la posibilidad para describir el recurso micológico y realizar estudios de tipo ecológico en áreas de vegetación muy reducidas, así como aprovechar el conocimiento que tiene la población sobre estos organismos. Se cuenta con un listado de especies que crecen en los bosques de encino y pino de la zona, los que son de importancia alimentaria y económica para las personas de la comunidad (Montoya *et al.*, 2006). Sin embargo, no existen estudios de

tipo ecológico en esta comunidad que generen información básica para el conocimiento de las poblaciones y se procure la conservación de dicho ambiente.

Por lo anterior, es importante evaluar la diversidad, producción y abundancia de los hongos silvestres comestibles en dos sitios con diferente condición ecológica en el bosque de encino (*Quercus*) ubicado en San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.

HIPÓTESIS

Los valores de diversidad, producción y abundancia de los hongos silvestres comestibles están determinados por las condiciones ecológicas, por lo que se observarán diferencias en los valores obtenidos de los parámetros fúngicos entre sitios.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio ecológico en dos sitios con diferentes características dasométricas del arbolado en las que se desarrollan los hongos silvestres comestibles del bosque de encino (*Quercus*) de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Evaluar la abundancia y producción de esporomas de hongos comestibles del bosque de encino (*Quercus*) de San Francisco Temetzontla Tlaxcala.
2. Evaluar la diversidad de las especies de hongos comestibles en los dos sitios de estudio del bosque de encino (*Quercus*).
3. Analizar la fenología de las especies de hongos comestibles los dos sitios de estudio del bosque de encino (*Quercus*).
4. Comparar la abundancia, riqueza, producción y diversidad de hongos silvestres comestibles entre los dos sitios seleccionados.

Características edáficas

En la zona de estudio se desarrollan las siguientes unidades edáficas:

Cambisoles (B): son suelos de sedimentos piroplásticos, translocados a menudo con horizontes de Duripan (tepetates). *Cambisoles vérticos* (B1) (suelos de barro semejante al vertisol): son sedimentos de toba de color blanco-gris, a menudo recubiertos de una capa coluvial arenosa, migajón arcilloarenoso a arcillalimosa, sobre arena migajosa a migajón limoso. *Cambisoles crómicos* (B2) (suelos de barro café amarillento): son sedimentos de toba de color café amarillento, a menudo recubiertos de una capa coluvial arenosa, arena limosa a franco limosa. *Tepetate color café amarillento* (D2): son sedimentos de toba gris claro, fuertemente compactados, recubiertos de la capa coluvial arenosa, arena limosa a franco limosa (Werner 1986).

Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen (García, 1990) el clima en la comunidad de San Francisco Temezontla es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano y con porcentaje de precipitación invernal menor de 5 mm. La temperatura media anual es de 14 a 16°C. La precipitación media anual es de 800 a 1000 mm (INEGI, 1987).

Vegetación

En el área de estudio existen dos tipos de vegetación dominante: el bosque de *Quercus* y el bosque de *Pinus*. Las especies predominantes en el estrato arbóreo del bosque de *Quercus* son: *Quercus crassifolia* H. & B., *Q. laeta* Liebm y *Q. laurina* H. & B. y en el bosque de *Pinus* la especie más abundante es *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. Generalmente en estos bosques se encuentran algunos individuos de *Arbutus glandulosa* Mart. & Gal. y *Juniperus deppeana* Steud, entremezclados con las especies dominantes.

En el estrato arbustivo en ambos bosques, son comunes: *Rhus standleyi* Barkley, *Eupatorium isolepis* Rob., *Bacharis conferta* H.B.K., *Senecio salignus* D.C., *Cestrum thyrsoides* H.B.K., *Solanum lanceolatum* Cav. (esta última en la orilla del bosque y en partes perturbadas y claras). Las especies predominantes en el estrato herbáceo son: *Helianthemum glomeratum* Lag., *Eryngium columnare* Hemsl., *Spiranthes minutiflora* Rich. & Gal. y *Stevia subpubescens* Lag. Las especies encontradas en los claros del bosque (en áreas perturbadas)

son *Baccharis conferta* H.B.K., *Senecio salignus* D.C. y *Solanum lanceolatum* Cav. (INEGI, 1987).

Sitios de estudio

Los sitios de estudio se seleccionaron a través de observación de imágenes satelitales (Google Earth) y recorridos en campo. Cada sitio seleccionado mostró diferencias fisonómicas en la cobertura vegetal, en la exposición a los caminos transitados por la gente, con diferencias aparentes en la cantidad de hojarasca y en la compactación del suelo. Se ubicaron seis UM (Unidades de Muestreo) permanentes, repartidas en los dos sitios con distintas características ecológicas aparentes. Tres se ubicaron el sitio con mayor cubierta vegetal, más hojarasca aparente, menor compactación de suelo y menos expuesto al paso de los caminos. Las otras tres UM quedaron ubicadas en el sitio con condiciones contrarias (fácil acceso y por ende mayor compactación aparente del suelo por la actividad humana (pastoreo, recreación etc.) y menor cobertura arbórea) (Figura 2).

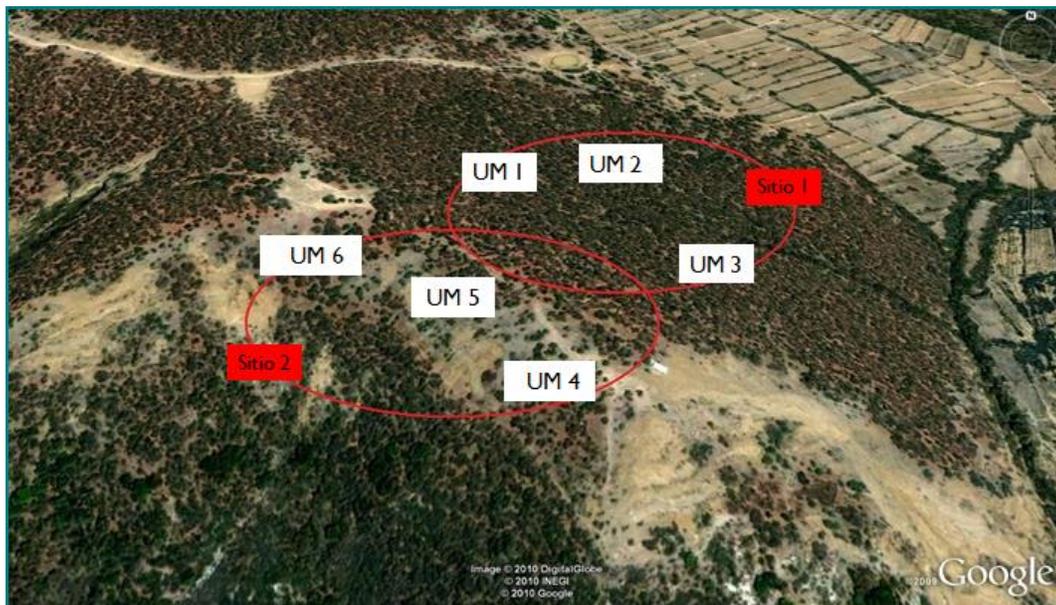


Figura 2. Ubicación de los sitios de estudio y de las Unidades de Muestreo en el bosque de *Quercus*, en San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.

La información existente en los archivos de la presidencia municipal, señalan que el área total correspondiente con el bosque de *Quercus*, es de 8 hectáreas. Las UM consistieron en cuadros permanentes de 30 x 30 m (900 m²). Con base en las recomendaciones de Arnolds (1981), Jansen (1984), Winterhoff (1992) y lo reportado en estudios previos, el área mínima necesaria para incluir una parte representativa de la micobiota es de 500-1500 m², lo que varía según el tipo de vegetación. En este caso, el área muestreada en cada sitio es de 2,700 m², haciendo un total de 5,400 m². Las UM fueron seleccionadas de manera dirigida dentro de los sitios de interés. Las UM constaron de cuadrantes y se utilizó una brújula para su orientación, las medidas de altitud y latitud fueron determinadas utilizando un geoposicionador ScoutTrimble/Navigation. Las marcas se colocaron en los árboles ubicados en las esquinas de cada UM y estos fueron rodeados de cinta de color llamativo (anaranjado, amarillo brillante) a una altura mayor a dos metros; además, los árboles fueron marcados con una mancha de tinta indeleble, con ayuda de una brocha en un punto visible, para facilitar su localización a lo largo del tiempo. Las UM estuvieron expuestas a la recolección de las personas del sitio ya que no se prohibió el acceso en ningún sentido.

Caracterización dasométrica del arbolado en las UM

Densidad

Se estimó a partir del número de árboles (*Quercus*) dentro de las unidades de muestreo.

Altura

Se determinó midiendo la altura total en metros de cada árbol ubicado dentro de las UM.

Cobertura

La cobertura (C_i) de cada individuo se calculó en m² como: $C_i = \pi (d_{\max}/2) (d_{\min}/2)$, donde d_{\max} es el diámetro de copa máximo y d_{\min} el diámetro de copa mínimo. La cobertura total se obtuvo sumando las coberturas de todas los arboles registradas en cada sitio.

Diámetro a la altura de 1.30 m (DAP)

Se registró el diámetro normal para cada árbol, con el uso de una cinta diamétrica, lo que permitió calcular el área ocupada por todos los árboles en cada UM y por sitio.

Análisis estadístico

Para analizar la variable densidad arbórea entre los sitios se empleó la prueba de χ^2 . La variable a la altura se analizó con la prueba estadística análisis ANOVA. La variable área basal y cobertura se determinó con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se recolectaron muestras de la vegetación presente en cada UM para su identificación. Los ejemplares recolectados fueron prensados, secados, fumigados y montados para su identificación. Se identificaron mediante el uso de claves taxonómicas (Rzedowski, 1985; Smith, 1997 y Keller, 2004) y su cotejo con ejemplares del herbario y consulta con especialistas.

Los ejemplares de respaldo fueron depositados en la colección del herbario TLXM.

Determinación de la similitud entre las UM con base a las características dasométricas del arbolado

Para comparar las unidades de muestreo con base en las características del arbolado (altura, cobertura, densidad y DAP) en las UM se utilizó el Índice de similitud de Morisita Horn $IM-H = 2 \sum (a_i b_i) / [(d_a + d_b) (a_N)(b_N)]$ (Maguran, 1988), con los valores de similitud obtenidos entre las unidades de muestreo se elaboró un dendógrama, así como el cálculo del índice de correlación cofenética ambos se obtuvieron con el programa NTSY-pc (Rohlf, 2000).

Análisis del suelo

La evaluación del tipo de suelo se obtuvo tomando una muestra de suelo a una profundidad de 30 cm, con la ayuda de una barrena. Las muestras se tomaron en 4 puntos diferentes escogidos al azar en cada sitio, no por UM debido a la homogeneidad observada entre éstas. Las pruebas físicas que se realizaron fueron: textura (por el método de Bouyoucos) (NOM-021-RECNAT-2000), densidad real (por el método del picnómetro) (NOM-021-RECNAT-2000), densidad aparente (por el método de la probeta) (NOM-021-RECNAT-2000), porcentaje de espacio poroso con relación a las dos anteriores y porcentaje de humedad (a través de peso húmedo y peso seco) (NOM-021-RECNAT-2000). Las determinaciones químicas consideradas fueron: materia orgánica por el método de Walkley-Black, pH con un potenciométrico, fósforo por el

método colorimétrico (NOM-021-RECNAT-2000). Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de suelos del CICB de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Información climática

Las variables caracterizadas fueron: temperatura, precipitación y humedad relativa. Se obtuvieron los datos de temperatura, máxima, media y mínima mensual, precipitación total mensual y humedad relativa de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de estudio zona Tlaxcala (CONAGUA, 2010).

Parámetros fúngicos evaluados

Inventario micológico y toma de datos

El estatus de comestibilidad de los hongos en la zona se basó en un estudio previo de etnomicología en el mismo sitio (Montoya *et al.*, 2004) y se consultó la obra de Boa (2004). Para caracterizar la comunidad de hongos comestibles en las UM de cada sitio seleccionado, se registró información durante cada visita (una vez por semana), durante la temporada de lluvias (abril-octubre) de 2010. Para el reconocimiento de las especies en el momento de la recolección y para tener un registro de los materiales recolectados con sus datos ecológicos, se asignó un nombre provisional a cada espécimen encontrado, considerando su morfología general, colores y características en fresco. A cada recolección se le anotó la fecha, UM y el sitio. La información se anotó en una libreta para tener el registro por salida y después se vació en una base de datos en el programa Excel.

Para la determinación de los hongos recolectados se tomaron en consideración los caracteres macroscópicos de los ejemplares en fresco siguiendo la guía de Cifuentes *et al.* (1986), se tomaron fotografías de cada ejemplar recolectado, de modo que fueran de utilidad para fines de identificación. Se realizó la revisión microscópica de las estructuras fúngicas (píleo, láminas y estípites) para lo que se elaboraron preparaciones con diferentes reactivos dependiendo de cada especie, como: alcohol, hidróxido de potasio (KOH) al 4% y 10%, reactivo de Melzer (para observar las reacciones amiloides y dextrinoides de muchas esporas y células microscópicas), fucsina, floxina, rojo congo, ácido clorhídrico y ácido sulfúrico. Para la identificación del material fúngico se utilizaron las obras de Hesler y Smith (1963), Romagnesi (1967), Singer (1975), Moser (1983), Moreno *et al.* (1986), Abbot y Currah

(1988), Bon (1988), Kibby y Fatto (1990) y Tulloss (1994), entre otras. El material fúngico recolectado fue incorporado a una base de datos y depositado en el Herbario (TLXM) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. La clasificación empleada fue la de Kirk *et al.* (2001).

Para el análisis ecológico se evaluaron las siguientes variables:

Riqueza

Se evaluó a través del número de especies que se presentaron en cada UM de cada sitio de estudio.

Diversidad

Se estimó con la fórmula del índice de Shannon:

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

Dónde: S – número de especies (riqueza de especies)

p_i – proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): $\frac{n_i}{N}$

n_i – número de individuos de la especie i

N – número de todos los individuos de todas las especies

Abundancia

Se evaluó a través del número de esporomas de cada especie en cada UM.

Producción

Se registró en campo, el peso fresco de los esporomas por especie. El peso fresco se obtuvo en una balanza granataria. Cuando los ejemplares eran muy pequeños, se transportaron al laboratorio para pesarlos en la balanza analítica.

Análisis de similitud

Para comparar los sitios de estudio se tomaron en cuenta los valores de abundancia, producción, diversidad de las especies, así como los valores edáficos y dasométricos del arbolado obtenidos por UM. Se elaboró una matriz de similitud con datos cuantitativos se calculó el índice de distancia Euclidiana $D_{ij} = \sqrt{\sum (X_{ik} - X_{jk})^2}$ (Pielou, 1969; Krebs, 1989). Se realizó un análisis de conglomerados, utilizando el método de agrupamiento UPGMA del programa SAHN, y se elaboró un dendrograma con el programa NTSYS-pc (Rolhf, 2000).

Análisis de ordenamiento

Se realizó un Análisis de Componentes Principales para determinar que variables ecológicas explican las agrupaciones encontradas. Se utilizó el programa NTSYS-pc (Rolhf, 2000).

Fenología

Se realizó un registro por salida, de las especies de hongos comestibles presentes en las UM de cada uno de los sitios de estudio.

RESULTADOS

Se realizaron 22 visitas a las UM establecidas en el bosque de *Quercus* ubicado en San Francisco Temetzontla Tlaxcala durante la temporada de lluvias del año 2010. A continuación se muestra la información obtenida sobre las características estructurales de la vegetación arbórea y los parámetros edáficos, que permitieron caracterizar los sitios de estudio y compararlos entre sí, para después, relacionarlos con la estructura de la comunidad de hongos.

Caracterización dasométrica del arbolado

Vegetación

Los dos sitios de estudio presentaron encinos como elementos estructurales predominantes de la vegetación. La especie predominante en el área de estudio fue *Quercus glabrescens* Benth. Los encinos se encuentran mezclados con árboles de *Junniperus deppeana* Steud y de *Arbutus xalapensis* Kunth que forman parte importante de la fisonomía del lugar.

Evaluación dasométrica del arbolado de *Quercus glabrescens* Benth.

Densidad

El número de árboles encontrados en cada sitio se muestran en la Tabla 3. Puede observarse que el sitio 1 presento mayor densidad y el Sitio 2 la menor densidad. Al comparar la densidad arbórea entre los sitios de estudio hubo diferencias significativas en el número total de árboles $X^2= 12.256$, $P\leq 0.00021$, siendo el Sitio 1 el que presenta mayor densidad.

Tabla. 3 Número de árboles por sitio en el bosque de encino <i>Quercus</i> de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.	
Sitio 1	105
Sitio 2	64

El número de árboles encontrado por UM se muestran en la Tabla 4 El análisis estadístico sobre la densidad arbórea por UM mostró que La UM2, $X^2= 4.77$, $P\leq 0.00001$, así como la UM5, $X^2= 17.48$, $P\leq 0.00001$, UM6, $X^2= 4.72$, $P\leq 0.00001$ son diferentes a la UM1. La UM2, $X^2= 4.58$, $P\leq 0.00001$, UM3, $X^2= 12.76$, $P\leq 0.00001$ y la UM4, $X^2= 5.76$, $P\leq 0.00001$ son diferentes a la UM 5.

Tabla. 4 Número de árboles por UM en el bosque de encino <i>Quercus</i> de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.	
UM1	43
UM2	25
UM3	37
UM4	27
UM5	12
UM6	25

Al analizar la variable altura entre sitios se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($F_{1, 167}= 47.817$, $P\leq 0.0001$). Los árboles del Sitio 1 son más altos (13.93 m) que los del Sitio 2 (9.13 m) en promedio.

Tabla. 5 Altura de los árboles por sitio en el bosque de encino <i>Quercus</i> de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.	
Sitio 1	13.9 m
Sitio 2	8.6 m

El resultado estadístico por UM se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($F_{5, 163} = 10.817, P \leq 0.0001$). Siendo las UM 1 y 4, 1 y 5, 1 y 6, 2 y 4, 2 y 5, 2 y 6, 3 y 5, 3 y 6, diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Tabla. 6 Altura de árboles por UM en el bosque de encino <i>Quercus</i> de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.	
UM1	13.9 m
UM2	13.9 m
UM3	13.1 m
UM4	10.5 m
UM5	8.6 m
UM6	8.6 m

Área basal

Al analizar la variable área basal se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sitios y UM ($H = 55,730, P \leq 0.0001$). La UM3 es distinta a las demás (Dunnett, $P \leq 0.0001$)

Tabla. 7 área basal de los árboles por UM en el bosque de encino <i>Quercus</i> de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala.	
UM1	102 cm
UM2	49.05 cm
UM3	159.44 cm
UM4	47.01 cm
UM5	3.042 cm
UM6	44.3 cm

Cobertura

Al analizar la variable cobertura entre sitios y UM no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($H= 6.331$, $P \leq 0.2793$).

UM1	1396 m
UM2	928.64 m
UM3	1311.36 m
UM4	688.64 m
UM5	385.39 m
UM6	853.72 m

Juniperus deppeana

Para el caso de la especie de *J. deppeana* el número total de de 185 en el Sitio uno y 117 en el Sitio dos. La información obtenida sobre el número de árboles de *J. deppeana* por UM mostró que la UM3 presentó el valor más alto y la UM6 la que presntó valores más bajos.

Arbutus xalapensis

Se muestra el número total de árboles de *A. jalapensis* que fue de 38 en el sitio 1 y 44 en el sitio 2, la densidad de árboles de *A. jalapensis* por UM mostando que la UM6 es la de mayor número de árboles con 22 y la de menor número de árboles.

Análisis de similitud

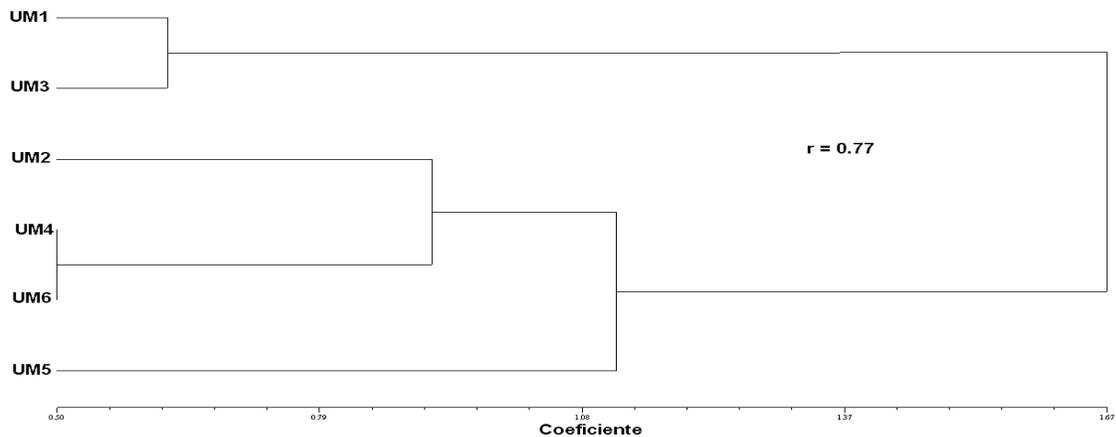


Figura 3. Dendrograma que muestra el parecido entre las diferentes UM, con base en las características del arbolado (densidad, cobertura, área basal y altura) en el bosque de *Quercus glabrescens*, en Temetzontla, Tlaxcala.

Para comparar la composición del arbolado entre UM, se utilizó un índice de similitud de cuantitativo de morisita. En este análisis, se obtuvo un dendrograma con un índice de correlación R de 0.77 (Fig.3) y en el que se observa que se forman dos bloques de UM. En el primero, integrado por las UM 1 y 3 (0.057) se debe a los valores de altura y densidad arbórea. En el segundo grupo se encuentran las UM 4-6-2-5, siendo las dos primeras, las más parecidas entre sí. Enseguida la UM 2, es la que más se parece a las UM 4-6 y la más distante de estas tres es la UM 5. Al observar las diferentes características dasométricas, se sugiere que los valores de altura y densidad, determinan estas relaciones de parecido; así como los valores de área basal de los árboles, que fueron muy distintos en la UM5 (Tabla 7). Esto refleja una heterogeneidad en la estructura vegetal de las unidades de muestreo a pesar de que los sitios se encuentran muy cercanos. Wells y Getis (1999) señalan que el arreglo de los individuos dentro de un rodal por sitio y edad (estructura del rodal) es en parte determinado por estrategias históricas de la vida de las especies y los disturbios en los sitios.

Análisis de suelo

En la Tabla 9. Se presentan los valores de textura, pH, materia orgánica, fósforo, carbono total y capacidad de intercambio catiónico obtenidos en las muestras de suelo de los sitios estudiados en el bosque de *Quercus*, en Temetzontla, Tlaxcala. La textura y el pH de las muestras del Sitio 1 y el Sitio 2 presentan características similares debidas seguramente a la cercanía geográfica entre ambos. Son suelos moderadamente acidificados, de textura franco arcillosa, pobres en fósforo disponible. En cuanto al contenido de materia orgánica, puede observarse que el Sitio 1 el valor es ligeramente menor que el Sitio 2, a pesar de que la vegetación es menor en este último. (NOM-021-RECNAT-2000).

Tabla 9. Características físico-químicas de los suelos en los sitios de muestreo en el Bosque de <i>Quercus</i> de Temetzontla Tlaxcala.									
	pH H₂O	CE	CO	MO	P	Textura			Clase Textural
	1:2	1:5				Arena	Arcilla	Limo	
		dS m ⁻¹	%	%	mg/kg	%	%	%	
Sitio I	5.37	0.039	1.21	2.09	1.6	52.56	21.83	25.61	Franco Arcilloso Arenoso
Sitio II	5.5	0.039	1.51	2.61	0.89	52.56	22.16	25.28	Franco Arcilloso Arenoso

Información Climática

En la Tabla 10. Se presentan los datos climáticos del área de estudio obtenidos de la Estación Meteorológica de Tlaxcala Centro. El mes que registró un mayor valor de temperatura fue octubre con 29°C seguido de agosto en el que presentó una temperatura de 28.1°C. Los valores de temperatura más bajos se registraron en los meses de Julio y Septiembre. El mes de agosto fue el que mostró un mayor valor de precipitación con 202.9 mm y los valores más bajos de precipitación se observaron en los meses de julio y septiembre con 26 mm.

Tabla 10. Datos de temperatura, precipitación y evaporación registrados en la Estación Climática Tlaxcala, de los meses de julio-octubre de 2010.				
Estación Tlaxcala Clave 19030		Latitud 19° 18 59" Longitud 98° 14 47,7		
Variables climáticas	Julio (mm)	Agosto (mm)	Septiembre (mm)	Octubre (mm)
Temperatura máxima en C°	26.7	28.1	26 .6	29.0
Temperatura mínima en C°	9.4	8.5	4.0	2.8
Temperatura media en C°	18.1	18.6	17.9	15.6
Lluvia máxima en 24 h	47.9	28.8	32.6	6.1
Lluvia mínima en 24 h	0.0	0.0	0.0	0.0
Lluvia media en el mes	6.0	6.5	5.2	0.3
Precipitación total	180	202.9	157.1	9.7
Evaporación máxima en el mes	5.90	-	18.20	6.92
Evaporación mínima en el mes	-15.82	-	-2.28	0.60
Evaporación media en el mes	2.19	-	3.69	3.70
Evaporación total en el mes	63.42	-	110.74	114.66

Análisis ecológico de los hongos

Riqueza de especies

Se encontraron un total de 50 especies de hongos comestibles en los dos sitios de estudio, a lo largo del período de un año de muestreo, clasificados de la siguiente manera dentro de los Basidiomycetes, las familias mejor representadas fueron: Russulaceae con 20 especies (15 de *Russula* y 5 de *Lactarius*), Amanitaceae con cinco y Boletaceae con tres especies (Tabla 11). En cuanto a la riqueza de especies exclusivas del Sitio 1 fueron 19 especies y del Sitio 2 fueron 12. Las especies compartidas entre los dos sitios fueron 20 (Fig. 4).

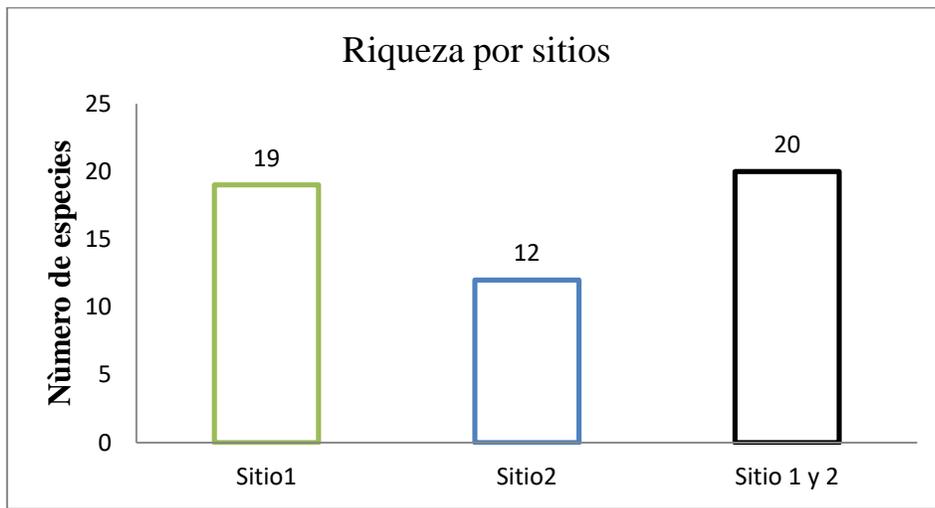


Figura 4. Riqueza de los hongos comestibles en los sitios muestreados en el bosque de *Quercus*, en Temezontla, Tlaxcala.

Se observó mayor riqueza en la UM1 con 26 especies seguida de la UM2 con 20; en la UM3 se registraron 19, en la UM4 17, la UM6 presentó 19 y la UM5 12 especies. Las especies exclusivas de la UM1 fueron 6 (*Lactarius* sp, *Russula* sp. 3, *Russula* sp. 4, *Russula* sp. 5, *Russula* sp. 6 y *Russula* sp. 7), de las UM2, UM3 y UM6 fueron 4 (*Russula* sp. 1, *Russula* sp. 8, *Russula* sp. 9, *Russula anthracina* y *Ramaria* sp. 1), en la UM5 fueron 3 (*Amanita basii*, *Laccaria amethystina* y *Russula* sp. 2) y en la UM4 fue una (*Helvella lacunosa*).

Tabla 11. Riqueza de especies de hongos comestibles encontrados en el bosque de *Quercus* de Temetzontla Tlaxcala en el 2010.

Nº	Especies	Exclusivas Sitio 1	Exclusivas Sitio 2	Especies compartidas
1	<i>Amanita basii</i> Guzmán & Ram.-Guill.			
2	<i>Amanita fulva</i> Fr.			
3	<i>Amanita rubescens</i> Pers.			
4	<i>Amanita flavorubens</i> Pers.(Berk. & Mont. Sacc.)			
5	<i>Amanita flavoconia</i> G.F. Atk.			
6	<i>Agaricus</i> sp1.			
7	<i>Agaricus</i> sp2.			
8	<i>Boletus subvelutipes</i> Peck.			
9	<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff.			
10	<i>Boletus variipes</i> Peck.			
11	<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.			
12	<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) P. Kumm.			
13	<i>Entoloma clypeatum</i> (L.) P. Kumm.			
14	<i>Gymnopus</i> sp. 1			
15	<i>Helvella lacunosa</i> Afzel.			
16	<i>Laccaria amethystina</i> Cooke.			
17	<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke.			
18	<i>Lactarius indigo</i> (Schwein.) Fr.			
19	<i>Lactarius yazoensis</i> Hesler & A.H. Sm.			
20	<i>Lactarius lacteolutescens</i> Montoya, Bandala & G. Moreno.			
21	<i>Lactarius</i> sp.1			
22	<i>Lactarius sulphurescens</i> Verbeken & E. Horak			
23	<i>Leccinum rugosiceps</i> (Peck) Singer.			
24	<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.			
25	<i>Otidea alutacea</i> (Pers.) Masee.			
26	<i>Psatyrella</i> sp.1			
27	<i>Ramaria persicina</i> Cázares.			
28	<i>Ramaria</i> sp.1			
29	<i>Russula</i> sp. 1			
30	<i>Russula</i> sp. 2			
31	<i>Russula</i> sp. 3			
32	<i>Russula</i> sp. 4			
33	<i>Russula</i> sp. 5			
34	<i>Russula</i> sp. 6			
35	<i>Russula</i> sp. 7			
36	<i>Russula</i> sp. 8			
37	<i>Russula</i> sp. 9			
38	<i>Russula anthracina</i> Romagn.			

39	<i>Russula decipiens</i> (Singer) Bon.			
40	<i>Russula delica</i> Fr.			
41	<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr			
42	<i>Russula mariae</i> Peck.			
43	<i>Russula rubroalba</i> (Singer) Romagn.			
44	<i>Russula xerampelina</i> (Schaeff.) Fr.			
45	<i>Rhodocollybia butyracea</i> (Bull.) Lennox.			
46	<i>Strobilomyces floccopus</i>			
47	<i>Tylopilus felleus</i> (Bull.) P. Karst.			
48	<i>Tylopilus rubrobrunneus</i> Mazzer & A.H. Sm.			
49	<i>Tricholoma equestre</i> (L.) P. Kumm.			
50	<i>Xerocomus</i> sp.			

Grupos tróficos

Con base en el sustrato en el que fructifican los hongos silvestres comestibles se distinguieron dos grupos tróficos: 44 especies (88%) fueron micorrizógenas y seis especies (12%) son saprótrofes.

Diversidad de especies

La diversidad de una comunidad se describe como la variedad de especies así como la abundancia o predominio de las mismas (Odum y Sarmiento, 1998). En el presente trabajo de acuerdo con el índice de Shannon Wiener se obtuvo una diversidad en el Sitio 1 de $H' = 2.95$ y en el Sitio 2 una diversidad de $H' = 2.55$.

Abundancia

La abundancia registrada para cada una de las especies en las unidades de muestreo se presenta en la Tabla 12. En el Sitio 1 se encontraron 324 esporomas y en el Sitio 2, 327.

Las Unidades de Muestro con mayor cantidad de esporomas fueron las UM6 con 202, la UM3 con 126 y la UM1 con 120. La UM5 fue la de menor abundancia con 51.

Producción

Los resultados de la producción de los hongos comestibles en el sitio1 fue de 8.042 kg y en el sitio 2 de 8.12 kg. En cuanto a las UM la mayor producción se registró en la UM6 y la menor la UM5 (Tabla 13).

Tabla 12. Abundancia por UM de los hongos silvestres comestibles del bosque de *Quercus* de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala 2010.

ESPECIES	UM 1	UM 2	UM 3	UM 4	UM 5	UM 6	Tota l
<i>Amanita basii</i> Guzmán & Ram.-Guill					1		1
<i>Amanita fulva</i> Fr.		2			2	3	7
<i>Amanita rubescens</i> Pers.	10	6	15	4	5	20	60
<i>Amanita rubescens</i> Pers.(Berk. & Mont. Sacc.)		1	1				2
<i>Amanita flavoconia</i> G.F. Atk.	2		4	1			7
<i>Agaricus</i> sp.1			5				5
<i>Agaricus</i> sp.2			1				1
<i>Boletus subvelutipes</i> Peck.		1		2	13	26	42
<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff.	4	2		2		7	15
<i>Boletus variipes</i> Peck.	2	2	1	6	3	27	41
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.					2		2
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) P. Kumm.	1	2	7	11		8	29
<i>Entoloma clypeatum</i> (L.) P. Kumm.						2	2
<i>Gymnopus</i> sp. 1			20	12		1	33
<i>Helvella lacunosa</i> Afzel.				1			1
<i>Laccaria amethystina</i> Cooke.					7		7
<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke.	2		10	3			15
<i>Lactarius indigo</i> (Schwein.) Fr.	16	19					35
<i>Lactarius yazooensis</i> Hesler & A.H. Sm.	11	10	29	9	2	14	75
<i>Lactarius lacteolutescens</i> Montoya, Bandala & G. Moreno.	14		5		9		28
<i>Lactarius</i> sp.	1						1
<i>Lactarius sulphurescens</i> Verbeken & E. Horak						5	5
<i>Leccinum rugosiceps</i> (Peck) Singer.			2	2			4
<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.	6	5	5		1	2	19
<i>Otidea alutacea</i> (Pers.) Masee.	11						11
<i>Psatyrella</i> sp.1	2		3	2			7

<i>Ramaria persicina</i> Cázares.	2						2
<i>Ramaria</i> sp. 1	3	1				1	5
<i>Russula</i> sp. 1			3				3
<i>Russula</i> sp. 2					3		3
<i>Russula</i> sp. 3	1						1
<i>Russula</i> sp. 4				1			1
<i>Russula</i> sp. 5	2						2
<i>Russula</i> sp. 6	1						1
<i>Russula</i> sp. 7	2					1	3
<i>Russula</i> sp. 8		1					1
<i>Russula</i> sp. 9		1					1
<i>Russula anthracina</i> Romagn.		1					1
<i>Russula decipiens</i> (Singer) Bon.	8	13	2	16		70	109
<i>Russula delica</i> Fr.							1
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr	11	2	3	1		2	19
<i>Russula mariae</i> Peck.	1	2	2			3	8
<i>Russula rubroalba</i> (Singer) Romagn.					3	2	5
<i>Russula xerampelina</i> (Schaeff.) Fr.	2	2					4
<i>Rhodocollybia butyracea</i> (Bull.) Lennox.						6	6
<i>Strobilomyces floccopus</i>	3	3	8				14
<i>Tylopilus felleus</i> (Bull.) P. Karst.	1			1			2
<i>Tylopilus rubrobrunneus</i> Mazzer & A.H. Sm.		2					2
<i>Tricholoma equestre</i> (L.) P. Kumm.						1	1
<i>Xerocomus</i> sp.	1						1
Total	120	78	126	74	51	202	651

Tabla 13. Producción de los hongos silvestres comestibles por Unidad de Muestreo en el bosque de (*Quercus*) de San Francisco Temetzontla, Tlaxcala (2010).

ESPECIES	UM1	UM2	UM3	UM4	UM5	UM6	Total
<i>Amanita basii</i> Guzmán & Ram.-Guill					45.5		45.5
<i>Amanita fulva</i> Fr.		23.5			9.9	20.6	54
<i>Amanita rubescens</i> Pers.(Berk. & Mont. Sacc.)	208	137	313.7	32.5	22.53	455.3	1169.03
<i>Amanita flavorubens</i>		17.4	6.5				23.9
<i>Amanita flavoconia</i> G.F. Atk.	51.5		101	12			164.5
<i>Agaricus</i> sp. 1			75				75
<i>Agaricus</i> sp. 2			10.08				10.08
<i>Boletus subvelutipes</i> Peck.		185.3			47	1790	2022.3
<i>Boletus reticulatus</i> Schaeff.	210	81		53.8		925	1269.8
<i>Boletus variipes</i> Peck.	45.8	242	33	345.9	193.8	1074.1	1934.6
<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.					6		6
<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) P. Kumm.	8.5						8.5
<i>Entoloma clypeatum</i> (L.) P. Kumm.						23.2	23.2
<i>Gymnopus</i> sp. 1			25	85		1.8	111.8
<i>Helvella lacunosa</i> Afzel.				4.5			4.5
<i>Laccaria amethystina</i> Cooke.					3		3
<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke.	1.5		8.7	3.5			13.7
<i>Lactarius indigo</i> (Schwein.) Fr.	545.1	589					1134.1
<i>Lactarius yazoensis</i> Hesler & A.H. Sm.	78.7	551.5	10	118	11	53.6	822.8
<i>Lactarius lacteolutescens</i> Montoya, Bandala & G. Moreno.	34.5		24.7		51.1		110.3
<i>Lactarius</i> sp.	7.3						7.3
<i>Lactarius sulphurescens</i> Verbeken & E. Horak						133.6	133.6
<i>Leccinum rugosiceps</i> (Peck) Singer.			261	305			566
<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.	15.5	54	13		5.5	20.03	108.03
<i>Otidea alutacea</i> (Pers.) Masee.	110						110
<i>Psatyrella</i> sp.1	6		5	3.5			14.5
<i>Ramaria persicina</i> Cázares.	97						97
<i>Ramaria</i> sp. 1	200	135.1				6	341.1
<i>Russula</i> sp. 1			246.1				246.1
<i>Russula</i> sp. 2					234		234
<i>Russula</i> sp. 3	21.6						21.6
<i>Russula</i> sp. 4				21			21
<i>Russula</i> sp. 5	20						20
<i>Russula</i> sp. 6	30.5						30.5
<i>Russula</i> sp. 7	22					15.5	37.5
<i>Russula</i> sp. 8		15.5					15.5
<i>Russula</i> sp. 9		55					55

<i>Russula anthracina</i> Romagn.		81					81
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.) Fr	592.9	99	37	9.3		109.2	847.4
<i>Russula decipiens</i> (Singer) Bon.	252.5	450.9	84	428.2		90	2116.9
<i>Russula delica</i> Fr.						68.7	68.7
<i>Russula mariae</i> Peck.	13	31	44.6			29.4	118
<i>Russula rubroalba</i> (Singer) Romagn.					86.3	66.3	152.6
<i>Russula xerampelina</i> (Schaeff.) Fr.	100	17					117
<i>Rhodocollybia butyracea</i> (Bull.) Lennox.						91.5	91.5
<i>Strobilomyces floccopus</i>	124	72.2	77.7				273.9
<i>Tylopilus felleus</i> (Bull.) P. Karst.	174			173			347
<i>Tylopilus rubrobrunneus</i> Mazzer & A.H. Sm.		825		173			826
<i>Tricholoma equestre</i> (L.) P. Kumm.						25.5	25.5
<i>Xerocomus</i> sp.	34.5						34.5
Total	3004.4	3662.4	1376.08	1595.2	715.63	5810.63	16,164.34

Similitud

Para comparar los sitios de estudio con base en los parámetros evaluados se utilizó un índice de similitud cuantitativo (índice de distancia euclidiana), este muestra una medida de parecido (Pielou, 1984). Se utilizaron los valores dasométricos del arbolado, edáficos, de riqueza, de abundancia y producción en cada Unidad de Muestreo. Recordando que las UM 1-3 corresponden al Sitio 1 y las UM 4-6 corresponden al Sitio 2. El valor de correlación obtenido después de calcular la similitud, fue de 0.93700, por lo que la matriz del dendograma corresponde y representa bien a la matriz original y explica la agrupación de las Unidades de Muestreo.

En este análisis de agrupamiento (Fig. 5), se evidencia que existe alta similitud entre las UM1-UM2-UM3 y forman un grupo, dichas UM corresponden al Sitio 1. Las UM 4-5 y 6 pertenecen al Sitio 2 y quedaron agrupadas con base en la similitud obtenida en un grupo separado del anterior. Estas agrupaciones muestran la similitud de los sitios con base en la abundancia de las especies presentes en cada uno.

Análisis de similitud

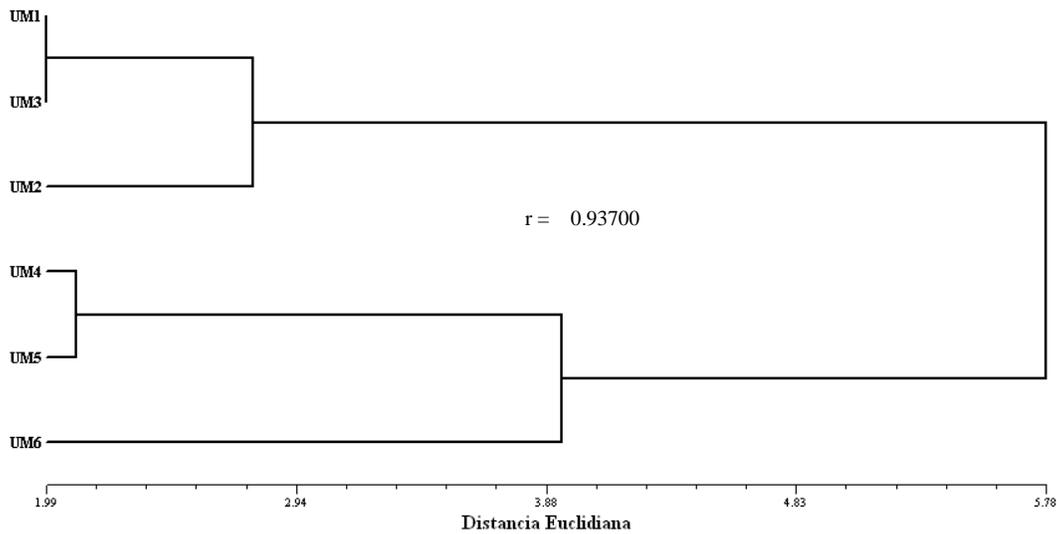


Figura 5. Dendrograma de las UM de *Quercus glabrescens*, en Temetzontla, Tlaxcala, utilizando la distancia Euclidiana

Análisis de Componentes Principales

La gráfica con los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP), al comparar el CP1 vs CP2, confirma lo encontrado mediante el análisis de similitud, al lado izquierdo de la gráfica que observan las UM 4, 5 y 6, siendo esta última la que se aleja de las dos primeras, por lo que es la menos parecida de las otras dos. En el segundo grupo, al lado del lado derecho de la gráfica, se observan las UM 1, 2 y 3 que forman un grupo con gran similitud a decir por la distancia entre los sitios. La Figura 6, muestra la gráfica obtenida al comparar el CP1 vs el CP3 y muestra que la UM más diferentes es, la UM2, que se ubica en la parte inferior en la gráfica.

Los tres primeros CP explican una variación del 99.53 % a través de los análisis de Eigen valores. En el CP1, las características con mayor peso (valor del componente) que explican este arreglo son: del suelo, el pH (0.974), el contenido de fósforo (0.974) y el contenido de materia orgánica (0.974); de los parámetros observados de los hongos es la diversidad (0.974). En el CP2, las características de mayor peso fueron, la abundancia (0.965) y producción (0.860) de hongos y en el CP3, sólo la producción de hongos, con un valor muy bajo de 0.4939. En el CP4, la característica más importante fue la densidad arbórea, aunque con un valor muy bajo (0.3101).

Análisis de ordenación (ACP).

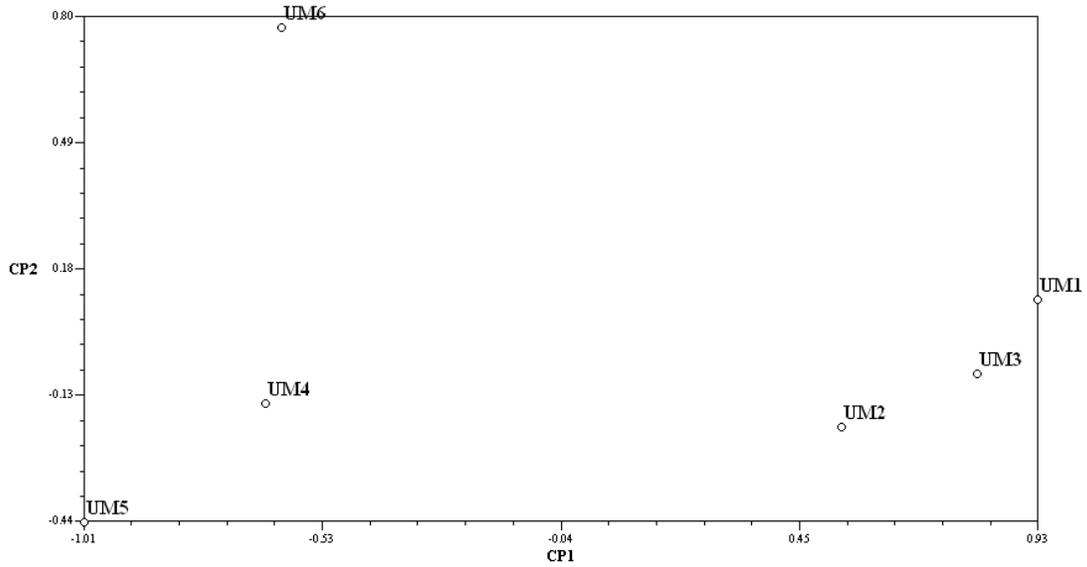


Figura 6. Análisis de componentes principales con base en los valores dasométricos, edáficos, climáticos y fúngicos el bosque de *Quercus glabrescens*, en Temetzontla, Tlaxcala.

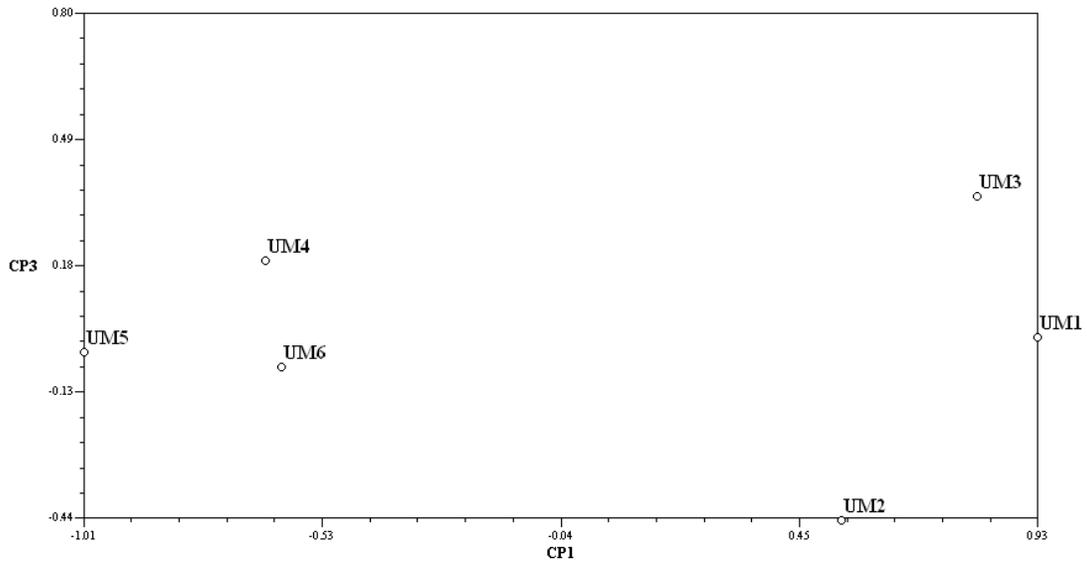


Figura 7. Análisis de componentes principales con base en los valores dasométricos, edáficos, climáticos y fúngicos el bosque de *Quercus glabrescens*, en Temetzontla, Tlaxcala.

Fenología

En cuanto a la época de fructificación de los hongos, las condiciones meteorológicas en los sitios de estudio, permitieron observar comportamientos muy diferentes la (Tabla 14). Las especies presentes durante el tiempo de muestreo fueron *A. rubescens*, *B. variipes*, *Clitocybe gibba*, *L. yazzoensis*, *L. lacteolutescens*, *R. decipiens*, y *R. cyanoxantha*. Los valores más altos de riqueza y abundancia de especies de hongos comestibles se observaron en los meses de julio (con 29), agosto con (32) y septiembre (con 24). En el mes de octubre se registraron sólo seis especies. Este resultado está estrechamente relacionado con la precipitación y la temperatura. Los valores más altos de precipitación se registraron durante los meses de julio, agosto y septiembre. El valor máximos de temperatura fue 26.7° y el valor mínimo de 9.4 °C (Fig. 8).

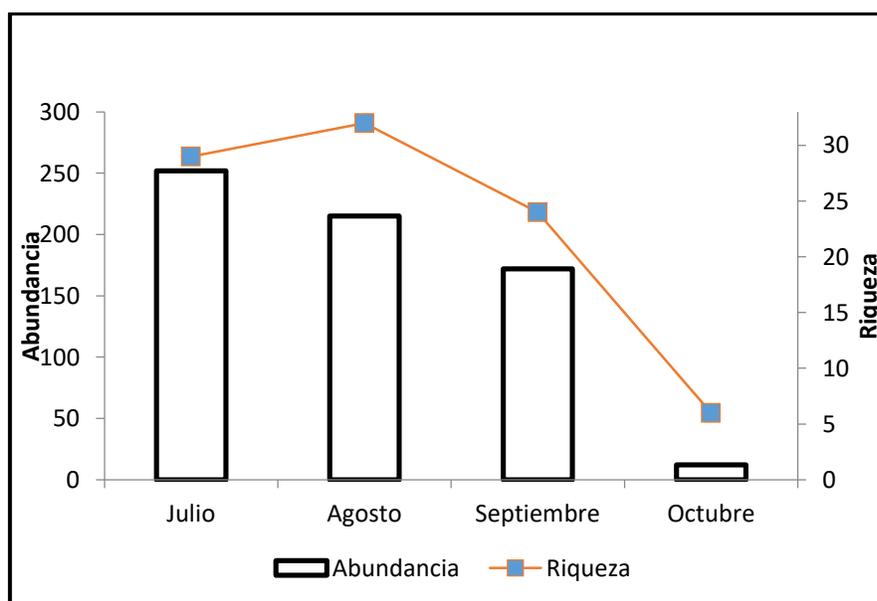


Figura 8. Variación de la abundancia y riqueza hongos comestible en el bosque de *Quercus* de San Francisco, Temezontla, Tlaxcala.

Tabla 14. Fenología de las 50 especies de hongos comestibles del bosque de <i>Quercus</i> de Temetzontla Tlaxcala en la temporada de lluvias de 2010.				
Especies	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
<i>Amanita basii</i>				
<i>Amanita fulva</i>				
<i>Amanita rubescens</i>				
<i>Amanita flavorubens</i>				
<i>Amanita flavoconia</i>				
<i>Agaricus</i> sp.1				
<i>Agaricus</i> sp. 2				
<i>Boletus subvelutipes</i>				
<i>Boletus reticulatus</i>				
<i>Boletus variipes</i>				
<i>Cantharellus cibarius</i>				
<i>Clitocybe gibba</i>				
<i>Entoloma clypeatum</i>				
<i>Gymnopus</i> sp. 1				
<i>Helvella lacunosa</i>				
<i>Laccaria amethystina</i>				
<i>Laccaria laccata</i>				
<i>Lactarius indigo</i>				
<i>Lactarius yazooensis</i> Hesler & A.H. Sm.				
<i>Lactarius lacteolutescens</i>				
<i>Lactarius</i> sp. 1				
<i>Lactarius sulphurescens</i>				
<i>Leccinum rugosiceps</i>				
<i>Lycoperdon perlatum</i>				
<i>Otidea alutacea</i>				
<i>Psatyrella</i> sp.1				
<i>Ramaria persicina</i>				

<i>Ramaria</i> sp. 1				
<i>Russula</i> sp. 1				
<i>Russula</i> sp. 2				
<i>Russula</i> sp. 3				
<i>Russula</i> sp. 4				
<i>Russula</i> sp. 5				
<i>Russula</i> sp. 6				
<i>Russula</i> sp. 7				
<i>Russula</i> sp. 8				
<i>Russula</i> sp. 9				
<i>Russula anthracina</i>				
<i>Russula cyanoxantha</i>				
<i>Russula decipiens</i>				
<i>Russula delica</i>				
<i>Russula mariaae</i>				
<i>Russula rubroalba</i>				
<i>Russula xerampelina</i>				
<i>Rhodocollybia butyracea</i>				
<i>Strobilomyces floccopus</i>				
<i>Tylopilus felleus</i>				
<i>Tylopilus rubrobrunneus</i>				
<i>Tricholoma equestre</i>				
<i>Xerocomus</i> sp.				

El punto máximo de aparición de las especies comestibles fue en el mes de agosto (Fig. 9). En el mes de julio se encontraron especies como: *Amanita fulva*, *Agaricus sp.*, *Boletus subvelutipes*, *Gymnopus sp.*, *Lactorius laccata*, *Lycoperdon perlatum*. Otras especies aparecieron a lo largo de la temporada de lluvias (julio, agosto, septiembre y octubre) con fueron: *Amanita rubescens*, *Boletus variipes*, *Clitocybe gibba* y *Russula descipiens*. Posteriormente cuando los valores de temperatura bajaron a partir de los meses de septiembre y se alcanzó una temperatura de 5°C en el mes de octubre (Fig. 10) se observó un descenso en la producción fúngica.

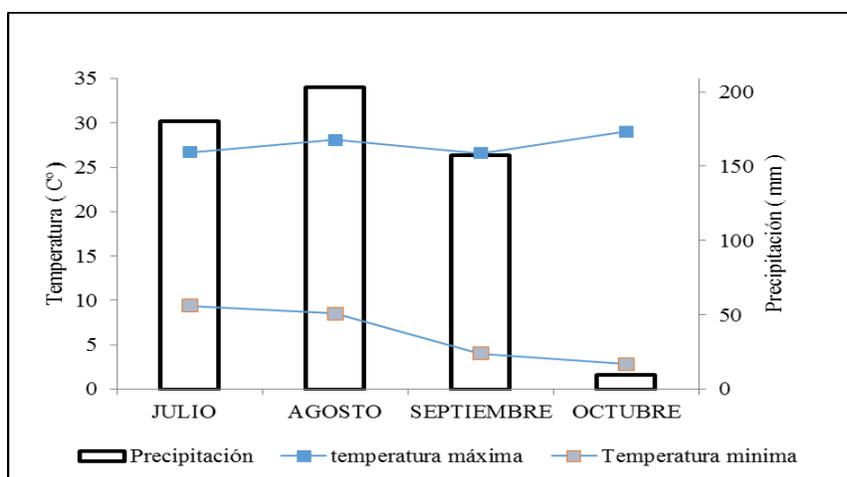


Figura 9. Precipitación y temperatura de el bosque de *Quercus glabrescens*, en Temetzontla, Tlaxcala.

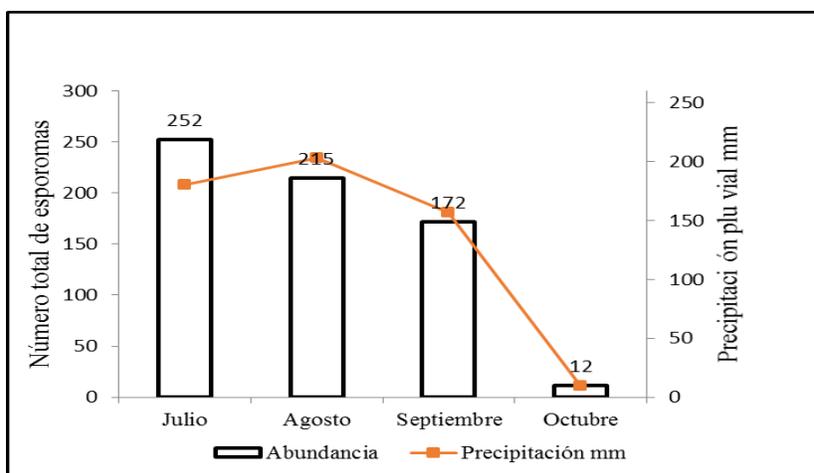


Figura 10. Abundancia mensual de los hongos silvestres comestibles del bosque de *Quercus glabrescens*, en San Francisco Temetzontla, Tlaxcala

DISCUSIÓN

Los estudios sobre ecología y producción de hongos comestibles en México son escasos, además los resultados obtenidos de estas investigaciones muestran información incomparable pues el tipo de vegetación y los métodos utilizados para cada estudio de las comunidades de hongos son un conjunto de muchos enfoques diferentes y no estandarizados. Sin embargo es de gran importancia la generación de información sobre la producción, abundancia y riqueza de especies, Esta es información básica que es de gran importancia primero para caracterizar aspectos ecológicos de los hongos y conocer la dinámica de las poblaciones en los bosques de México, en este caso particular en los bosques de encino. La información que se genera en este sentido es de utilidad porque contribuye a tener las bases para cuestiones de manejo y también de conservación del recurso fúngico. Es información útil que se requiere para sustentar la generación de políticas públicas, en el sentido de poder determinar si el aprovechamiento que se hace del recurso fúngico es sostenible o no. Lamentablemente este estudio se realizó únicamente por un año y es necesario tener información de varios años consecutivos, al menos tres, para poder tener una idea general del comportamiento de la comunidad de hongos en cualquier sitio. Se requiere apoyo Institucional o gubernamental Federal para hacer el monitoreo de la dinámica de los hongos en los diferentes tipos de vegetación de México. Además para realizar una correcta identificación de las especies complementando la identificación morfológica con análisis genéticos del ADN.

La fortaleza de este estudio fue el realizarlo en bosques de encino, cuya disminución se ha incrementado considerable a través de los últimos años, poniendo en riesgo los recursos asociados, entre ellos los hongos. Se observó un manejo inadecuado de los sitios en que se realizó el trabajo, debido a que se considera que plantas epífitas son una plaga y un parásito de los árboles, lo que genera prácticas de limpieza infundadas; se observó la introducción de pinos en los bosques de *Quercus*, que tienen una funga específica, se observó extracción de suelo forestal, invasión al bosque de construcciones humanas, tales como viviendas y un panteón.

Es un gran manchón de bosque de *Quercus* que alberga especies de hongos ectomicorrizógenos de gran interés y con gran potencial alimentario, micorrizógeno y especies saprótrofas de interés para cultivo, recientemente fue descrita una especie nueva para la ciencia, recolectada por primera vez en los bosques bajo estudio. Hay una alta diversidad observada al menos cualitativamente y evidenciada en los sitios de muestreo. Es por ello que se recomienda concientizar a la población, a las autoridades en realizar estudios más integrales y la protección del sitio, así como promover prácticas de manejo que sean fundamentadas, con asesoría de biólogos, micólogos, forestales y sociólogos que propongan actividades de manejo adecuado y conservación.

Evaluación dasométrica del arbolado

Para comprender la influencia de los factores ecológicos en el crecimiento, producción y diversidad de hongos comestibles se evaluaron las características dasométricas del arbolado en los dos sitios de estudio del bosque de encino (*Quercus glabrescens*), encontrando diferencias significativas en la densidad ($X^2= 12.256$, $P\leq 0.00021$), altura ($F_{1, 167}= 47.817$, $P\leq 0.0001$) y área basal ($H= 55,730$, $P\leq 0.0001$), entre los sitios de estudio siendo el Sitio 1 el que presentó mayor número de árboles, altura, área basal y cobertura vegetal que ayudaron a mantener las condiciones ambientales que favorecieron el establecimiento de estos organismos, encontrando una riqueza 38 especies, comparado con el Sitio 2 donde se encontraron 28 especies pudiendo ser estas diferencias dasométricas de densidad, altura y área basal las que influyeron en la riqueza, abundancia y sobrevivencia de estos organismos. Algunos autores como Bonet *et al.* (2008) establecieron que las características dasométricas del arbolado en particular la cobertura son determinantes para la producción de hongos, de igual forma en el estudio de Arteaga y Moreno (2006) quienes determinaron que la composición y estructura de la vegetación son elementos que limitan o promueven la emergencia, abundancia y la distribución espacial de los esporomas, especialmente de los hongos ectomicorrizógenos (Jumpponen y Egerton-Warburton, 2005). Pilz y Molina (1996 citado por Peterson *et al.*, 2000) concluyeron que la edad del arbolado, la composición y la estructura de la comunidad tienen una gran influencia sobre la producción del recurso. Autores como Villanueva *et al.*, 1989; Bill *et al.*, 1986; Natel y Neuman, 1992; Longe *et al.*, 2004 reportaron que el tipo de

vegetación y/o especie arbórea dominante influye en la riqueza de especies fúngicas. Así, diversos reportes indican diferencias entre bosques de coníferas y bosques mixtos, siendo más diversos en especies de hongos los segundos (Villeneuve *et al.*, 1989; Bill *et al.*, 1986; Natel y Neuman, 1992; Longe *et al.*, 2004). Existen reportes en los que se documentan como los cambios en la composición de especies arbóreas modifican la riqueza de especies fúngicas (Kalames y Silver, 1988).

Análisis de suelos

Con respecto a las propiedades edáficas de los sitios de muestreo los resultados fueron semejantes entre sitios con una tendencia a desarrollar una textura franco arcilloso-arenoso, el pH fue ácido con valores de 5.3 y 5.5 respectivamente, se presentó bajo contenido de materia orgánica de 2.09 y 2.61, en el caso de contenido de fósforo la concentración fue baja de 1.6 y 0.89. Estos valores corresponden con suelos degradados donde se va perdiendo el mantillo orgánico iniciando raíces finas superficiales y generando árboles con un dosel de menor altura y cobertura más rala (Hernández y Fölster, 1994; Kingsbury, 2001; Dezzeo *et al.*, 2004). Autores como Mendoza *et al.* (2006), reportaron una textura franco-arenosa en un bosque de *Quercus mexicana* con pH de 4.56 y en un bosque de *Quercus obtusata* un pH de 5.35, los datos de materia orgánica y contenido de fósforo para *Quercus mexicana* fue de 12.71 y el contenido de materia orgánica de 7.53 y para *Quercus obtusata* la concentración de fósforo fue de 10.82 y el contenido de materia orgánica de 8.07; encontraron 52 especies de las cuales 37 fueron reportadas como formadoras de micorrizas, así mismo encontraron que la familia más importante fue Russelaceae. Pritchett (1986), y Alarcón y Ferrera-Cerrato (2000), señalan que la formación de micorrizas está influenciada por diferentes factores como fertilidad, textura y pH del suelo así como la intensidad de luz. Así mismo, en otro estudio realizado por Lorenzana (2008), reportó una textura franco arenosa y franco-arcillosa en un bosque de pinos, oyamel, encino (*Quercus*) con suelos ácidos, el pH varió de 4.2 a 6.0, el contenido fósforo fue de 6.0 a 10.0 ppm y el contenido de materia orgánica de 2.6 a 7.5 en donde encontraron 53 especies de hongos comestibles.

Información climática

Por otra parte los factores climáticos como la precipitación y las temperaturas máximas, mínima y media del área de estudio muestran tendencias estacionales que coinciden con la producción y abundancia de los esporomas de los hongos silvestres comestibles. Los valores de abundancia y producción están asociados con los meses de mayor humedad que fueron julio y agosto, en los que se observó una precipitación de 202 mm coincidiendo con la mayor abundancia (467 esporomas) y producción (9.819 kg).

Los meses con menor precipitación fueron septiembre y octubre con una precipitación de (157 mm y 9.7 mm respectivamente) en los que se observó una abundancia de 184 esporomas y una producción de 6.345 kg. La temperatura fue, de igual forma, alta en los meses de julio y agosto, incrementando la abundancia y producción de esporomas. En los meses de septiembre y octubre la temperatura disminuye así como la precipitación, ésto provocó el decremento de abundancia y producción de esporomas. Varios autores han reportado los efectos de las variables ambientales en los hongos, Lange (1978) concluyó que la precipitación estacional es el principal factor en este proceso. Por lo tanto, la precipitación está relacionada con la riqueza de hongos. Otros autores como Mehus (1986), Eveling *et al.* (1990) estudiaron durante 14 años la presencia de esporomas en los bosques de coníferas del norte de Irlanda y analizaron la influencia de la temperatura y la precipitación en su productividad. Los resultados mostraron una alta correlación entre dichos factores climáticos y la productividad de los hongos. Villarreal (1996) encontró que los picos de producción de los hongos están asociados a meses con mayor humedad. De igual forma al haber un incremento en la temperatura hay una mayor fructificación de esporomas y un decremento de los mismos con temperatura mínima y escasa precipitación.

Parámetros fúngicos evaluados

Riqueza y diversidad de especies

Los hongos silvestres comestibles recolectados en el bosque de *Q. glabrescens* Benth suman 50 especies en el período de un año. Previamente Montoya (1996) realizó un listado de hongos comestibles del mismo bosque de *Quercus* encontrando 42 especies. Hering (1966), reportó 40-60 especies fúngicas en un bosque de *Quercus* en un estudio realizado durante tres periodos de lluvia, en dos bosques de encino en Inglaterra, señalando que solo un bajo porcentaje de hongos fueron hongos comestibles. Chanona *et al.* (2007) realizaron un estudio de macromicetos en el Parque educativo Laguna Bélgica, Chiapas, en tres sitios con diferente tipo de vegetación, encontrando 144 especies, de las cuales, 22 fueron comestibles. El análisis de diversidad de los hongos mostró que la vegetación con la micobiota más diversa fue la del bosque de *Q. elliptica* ($D=0.9678$); identificaron 35 géneros y 66 especies, determinándose que el género *Russula* fue predominante por el número de especies (10). Garibay *et al.* (2007), reportaron 81 especies de hongos comestibles asociados a un bosque de pino-encino (*Quercus*) en un área muestreada total de 105,600 m² en el estado de Oaxaca, en un período de dos años. La diversidad H' fue de 1.005 en el primer año y el segundo año una H' de 0.593. Fierros *et al.* (2000) en la Sierra de Quila, Jalisco, México, analizaron la diversidad y la similitud de hongos macroscópicos en tres tipos de vegetación. Realizaron diversos análisis ecológicos con base en los ejemplares recolectados de julio de 1993 a octubre de 1994, en 16 sitios de muestreo a diferentes altitudes que van desde los 1,750 a los 2,100 msnm. La diversidad (H') ecológica se analizó en los tipos de vegetación mejor representados en la sierra. De ellos, el bosque de pino-encino con 171 especies y el bosque mesófilo de montaña con 167, fueron los que presentaron valores más altos de diversidad con 4.9075 y 4.9019, respectivamente, mientras que el bosque de encino tuvo el valor más bajo con 59 especies y una H' de 3.9634. Villarreal (1994) evaluó en forma comparativa la producción de 43 especies de hongos comestibles en un rodal de *Pinus* y *Pinus-Abies* del Cofre perote Veracruz, donde también se analizaron las condiciones ecológicas, obteniendo una H' de 0.895. Hernández-Díaz (1994), evaluó la riqueza de especies y la diversidad en el Volcán la Malintzi, en dos tipos de vegetación (bosque de *Pinus* y bosque de *Abies*) encontrando una riqueza de 28 especies con una H' de 3.03 y 22 especies con una H' de 2.68 respectivamente. Montoya

(2005) determinó la abundancia, biomasa, frecuencia, fenología y la diversidad de hongos silvestres, en los bosques de coníferas que se desarrollan en el Parque Nacional La Malinche (PNLM) encontró un total de 61 especies en un área total de 3200 m² con una H' de 3.43 (bosque de *Pinus-Abies*) hasta 0.78 en el (bosque mixto dominado por *Pinus*) durante los 3 años de estudio. Torres-garcía (2009) determinó la diversidad en un área total de 1,089 m² y obtuvo una riqueza de 49 especies de hongos comestibles con una H' de 2.8 en bosque de *Abies religiosa* en la cañada Grande en el (PNLM) durante un año de estudio.

Abundancia y producción

En México hay pocos estudios sobre la abundancia y producción de los hongos silvestres comestibles y los que se han realizado emplean diferentes metodologías por lo tanto resulta difícil de comparar con este trabajo.

Los resultados de abundancia reportados para bosque de *Quercus glabrescens* Beth en el presente trabajo fue de 651 esporomas y la producción de 16.164 kg en un área total de muestreo de 5400 m². Garibay *et al.*, (2007), encontraron en bosque de pino-encino (*Quercus*) en el Estado de Oaxaca, una abundancia de 13,950 y una producción de 59.01 kg en un área muestreada total de 105,600 m², en un periodo de 2 años. Si bien el resultado de abundancia y producción es mayor que los del presente, hay que considerar que las condiciones ecológicas son distinta además que el área de muestreo es mayor así como el tiempo de evaluación del estudio.

En cuanto a los trabajos realizados en otro tipo de vegetación, Villarreal (1996) en el Cofre Perote Veracruz reportó en un bosque de *Pinus* una abundancia de 1,178 esporomas y una producción de 48,23 kg/ de hongos comestibles en 2 ha y en un bosque de *Pinus-Abies* una abundancia de 682 esporomas, y una producción de 12,007 kg/2ha en un período de 5 años. Las especies con mayor número de carpóforos fueron *C. dryophila* con 572 carpóforos, *C. clavipes* con 370 carpóforos, *C. gibba* con 333, *A. fulva*, con 243, *R. delica* con 229, *R. caperata* con 225 y *A. rubescens* con 210 carpóforos. Las especies con mayor producción fueron *Russula delica* con 53,141.5 g, *Boletus pinicola* con 32,094g, *Amanita caesarea* con 23,905.3 g, *Russula caperata* con 14706.6 g, *Amanita rubescens* con 12102.7 g, y *Boletus edulis*

con 11655.3 g. Montoya (2005), en el Parque Nacional la Malinche en un bosque de coníferas reporto una abundancia de 1319 esporomas y una producción de 29. 53 kg/320m², en un período de lluvias de 3 años. Las especies más abundantes fueron: *H. mesophaeum* 332 carpóforos, *L. trichodermophora* 246 carpóforos, *M. elata* 144 carpóforos y *C. gibba* 101 carpóforos en el año 1999. *L. trichodermophora* 870 carpóforos, *H. lacunosa* 43 carpóforos, *C. gibba* 34 carpóforos y *E. clypeatum* 34 carpóforos y en el año 2000, las más abundantes fueron *L. trichodermophora* 787 carpóforos, *H. lacunosa* 108, *S. crassa* 99 carpóforos y *S. pseudobrevipes* 93 carpóforos. Durante el 1998 las especies con los valores más altos de producción fueron *L. ovisporus* 1658.60 g, *R. acrifolia* 995.45 g, *R. brevipes* 768.90 g, *H. mesophaeum* 692.30 g, y *L. trichodermophora* 610.20 g, en 1999 las especies con los valores más altos de producción fueron *L. trichodermophora* con 1567. 48, *R. brevipes* 1014.90 g, *R. acrifolia* 469.7 g, y *A. rubescens* con 325.90 g, y en el año 2000 *S. crassa* 2591.70 g, *L. trichodermophora* 1600.49 g, *S. pseudobrevipes* 996.60 g, *R. acrifolia* 825.80 g, *C. glaucopus* 772. 33 g y *B. pinophilus* 722.20.

Similitud

Se calculó la similaridad en la composición de especies fúngicas entre el Sitio 1 y el Sitio 2 durante el periodo 2010 fue del 50% empleando el índice de similitud cuantitativo índice de distancia euclidiana. Uno de los pocos trabajos sobre la similaridad de especies fúngicas en diferentes áreas boscosas es el que desarrolló en el Cofre Perote Veracruz en el cual Villarreal en rodal de *Pinus* y *Pinus-Abies* encontrando una similaridad del 60.5% esperando mayor similaridad, sin embargo dado que la estructura de los bosques muestreados eran diferentes se vio reflejado en los resultados.

En cuanto al Análisis de Componentes Principales (ACP), explican que el arreglo en dos grupos fue por los valores del suelo como son el pH, el contenido de fósforo, el contenido de materia orgánica y parámetros fúngicos tales como, la diversidad, la abundancia y la producción de hongos, coincidiendo con la diferencia en los dos Sitios de estudio.

Fenología

La fenología reproductiva de las especies, como se mencionó en los resultados, coincide con la precipitación pluvial. Agerer (1984) estimó el volumen equivalente de los carpóforos, utilizando su productividad relativa de hongos micorrízicos y su relación con factores climáticos. Demostró que la temperatura media mensual de la primera mitad del año y en menor escala las precipitaciones, son importantes para el crecimiento de los carpóforos y el crecimiento de las micorrizas. (Villarreal y Guzmán, 1986; Villareal, (1996); Montoya, (2005); Garibay *et al*, (2007). Encontraron que la fructificación de esporomas siguen el patrón común inducido por la precipitación pluvial. Lo antes mencionado coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Las diferencias entre los distintos trabajos se explican por varios factores, como son las diferencias bióticas y abióticas de los ecosistemas donde se realizó el trabajo (tipo de vegetación, las variables silvícolas, edáficas, variaciones climáticas, de paisaje) y por el diseño y tiempo de ejecución del muestreo. Se ha demostrado que después de 20 años de monitoreo continuo en una misma área de trabajo se siguen adicionando nuevas especies (Walting, 1995; Tofts y Orton, 1998; Straatsma *et al.*, 2001), por lo que a mayor tiempo de evaluación, mayor es la riqueza de especies, especialmente durante los primeros años en donde la tasa de nuevas especies es alta.

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo es posible decir que, los bosques de Temetzontla representan un área de gran interés ecológico por diversas razones. Es una zona que se encuentra muy cerca de la población y debido a ello es visitada frecuentemente por los habitantes para recreación y para la adquisición de diversos productos del bosque, maderables y no maderables. No obstante lo anterior, la población seguramente ha realizado ciertas prácticas de manejo que han permitido el mantenimiento del bosque por largas décadas. Al respecto sería importante hacer una caracterización de lo antes mencionado.

Por otro lado y desde el punto de vista ecológico, el paisaje aparentemente muestra ciertas diferencias en manejo, ya que hay sitios más perturbados que otros. En este trabajo se intentó determinar lo cierto de esta condición, se muestran diferencias entre ambas condiciones y algunos de los parámetros fúngicos se correlacionan con esto. Por ejemplo, con respecto a la diversidad, los valores obtenidos muestran cierta diferencia, siendo el de mayor valor para diversidad el Sitio 1 que correspondió con el sitio donde se presentó mayor cantidad de especies vegetales secundarias y cantidad de la materia orgánica favoreciendo la proliferación de diferentes grupos fúngicos como por ejemplo *Agaricus* sp.1. A diferencia del Sitio 2, al comparar estos valores con la abundancia se puede notar coherencia, ya que los valores de abundancia son relativamente más altos en el Sitio 1, mostrando que existe una homogeneidad en la distribución de la abundancia lo que determina que exista una mayor diversidad. Si los valores de abundancia hubieran sido bajos o muy contrastantes entre los sitios entonces se hubiera mostrado una mayor dominancia de ciertas especies, lo que implicaría menor diversidad. No obstante lo anterior, se considera que este estudio es bastante básico y que es necesario realizarlo por más tiempo, esto es, varios años, mínimo tres, para entender la manera en que se está comportando la comunidad de hongos en la zona. Es importante notar también que, en el Sitio 2, sobresale la UM 6, en la cual se obtuvieron los valores más altos en todos los parámetros fúngicos evaluados, a pesar de encontrarse en la zona que se observa más perturbada, esto mismo fue una tendencia observada en la UM 2 (del Sitio 1) que mostró valores altos comparada con las otras UM, pero menores que en la UM6. Otra observación sería que es pertinente el análisis de los datos más puntuales, es decir, por salida de muestreo, lo que puede permitir observar más detalle en los ritmos de fructificación que muestra la fenología y en el detalle de picos de abundancia o producción.

Con respecto al arbolado, se distingue el Sitio 1 por haber presentado los valores más altos en densidad y altura de la especie de encino en la zona y mostrar diferencias significativas con el Sitio 2 al respecto. Al observar los hongos presentes en la zona, es notable la mayor proporción de especies ectomicorrizógenas comparada con las especies saprótrofas, que fueron mínimas; esto permite suponer que están asociadas con los encinos y en eso pues los

valores parecen mostrar correlación (porque los valores más altos de densidad y cobertura de *Quercus* se registraron en el Sitio 1 y también la mayor abundancia y producción de hongos).

Sin embargo, es por ello que un análisis más fino y detallado de los datos podría dar más información al respecto, ya que, el Sitio 2 presentó una mayor densidad de árboles de *Arbutus* que en el Sitio 1 y muchas especies ectomicorrizógenas se asocian con este género, pudiendo existir asociación con ambos; además se recordará que la UM 6 con los parámetros fúngicos más altos, se ubica precisamente en el Sitio 2.

Al respecto de este trabajo, se puede decir que la información obtenida es muy valiosa ya que se registra una gran cantidad de especies de hongos comestibles, se distingue el sitio por albergar una alta diversidad (observada) de los géneros *Russula* y *Amanita*. Es un Sitio con gran afectación humana y podría sugerirse que las unidades de muestreo ubicadas en sitios con acceso directo a la recolección de hongos mostraron los valores más altos en producción y abundancia de hongos. También se puede decir que, al parecer y aunque el bosque está sujeto al uso continuo, existen sitios con mayor densidad arbórea y mayor cobertura y esto crea microambientes propicios para la fructificación diferencial de los hongos en la zona. Y definitivamente se requieren estudios ecológicos de largo plazo con la participación de taxónomos que apoyen con la identificación de especies de ciertos géneros en particular. Es apropiado el sitio para estudiar el efecto de la recolección en la producción de fructificaciones fúngicas. Y con base en lo antes mencionado, los resultados obtenidos son preliminares, sin embargo se cubrieron los objetivos planteados y se probó de manera parcial la hipótesis propuesta.

CONCLUSIONES

- Los valores obtenidos de abundancia (S1 = 324; S2 = 327) y producción (S1 = 8.04 kg y S2 = 8.12 kg) de las especies de hongos silvestres comestibles, fue similar en los dos Sitios de estudio.
- Se obtuvo una riqueza de 50 especies de hongos silvestres comestibles, siendo el Sitio 1, el que presentó un mayor número y más alta diversidad de hongos comestibles. Las especies exclusivas de Sitio 1 fueron 21 y en el Sitio 2, hubo sólo 12.
- Con respecto a la fenología, la aparición de las fructificaciones estuvo influenciada por factores climáticos como la temperatura y precipitación. Las especies que estuvieron presentes a lo largo de toda la temporada de lluvias fueron *A. rubescens*, *Boletus variipes*, *Clitocybe gibba*, *Lactarius yazoensis*, *Russula decipiens*, y *Russula cyanoxantha*. La precipitación y temperatura influyeron en la abundancia, producción y diversidad de las especies de hongos comestibles ya que en los meses de mayor temperatura y precipitación hubo mayor abundancia y producción, que en los meses de menor temperatura y precipitación
- La diversidad de hongos entre los sitios fue muy similar, obteniéndose una $H' = 2.95$ (con 38 spp.) en el Sitio 1 y una $H' = 2.55$ (con 28 spp.) en el Sitio 2.
- La estructura dasométrica del arbolado mostró diferencias significativas en los dos sitios de estudio, reflejándose en los resultados de la composición de las especies de hongos comestibles del bosque estudiado.

REFERENCIAS

- Abbot SP y R S Currah. (1998). The genus *Helvella* in Alberta. *Mycotaxon* 33:229-250.
- Agerer R, Beenken L (1998b) *Lyophyllum decastes* (Fr.) Sing. +*Quercus robur* L. *Descr Ectomyc* 3:43-47.
- Acosta-Pérez, R. y Kong, A. (1991). Guía de las excursiones botánicas y micológicas al Cerro del Peñon y Cañada Grande del Estado de Tlaxcala. IV Congreso Nacional de Micología, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Sociedad Mexicana de Micología, Jardín Botánico Tizatlan, Gobierno del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala. Folleto de divulgación No 8.
- Alarcón A, Ferrera-Cerrato R. (2000). Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Mundi-prensa. México, D. F. 251 P.
- Alvarado López G (1993). *Análisis de la producción de hongos silvestres comestibles e dos tipos de vegetación del Campo Experimental Forestal San Juan Tetla, Puebla*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México. D.F.
- Anónimo. (1999). Informe de la situación general en materia de Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente 1991-1992. Secretaría de Desarrollo Social e Instituto Nacional de Ecología, México. Anónimo, 1987. Anexo Cartográfico del estado de Tlaxcala. INEGI, México D.F
- Arnolds, E. (1981). Ecology and coenology of macrofungi in grasslands and moist heathlands *In Drenthe, the Netherlands*. Vol. 1. *Bibliotheca Mycologica* 83. J. Cramer, Vaduz. 407 pp.
- Arteaga M B y C Moreno Z. (2006). Los hongos comestibles silvestres de Santa Catarina del Monte, Estado de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12 (2):125-131.

- Bacon C W and D M Hinton. (1996). Symptomless endophytic colonization of maize by *Fusarium moniliforme*. *Canadian Journal of Botany* 74:1195–1202.
- Boa E. (2004). *Wild edible fungi: a global overview of their use and importance to people*. food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Non-Wood forest products 17, Forestry Department, Rome. 147 p.
- Bon Arthaud. (1988). *Guía de campo de los hongos de Europa*, Ed. Omega, 1988.
- Bonet J A T Pukkala Ch R Fischer, M Palahí, J Martínez de Aragón and C Colina. (2008). Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scotpine (*Pinus sylvestris* L) forest in the Central Pyrenees. *Ann. For. Sci.* 65:206-215.
- Bandala V M, G Guzmán, D Murrieta y F Tapia. (1991). Producción de hongos comestibles en los bosques de Veracruz. *In: Memoria del IV Congreso Nacional de Micología*. Tlaxcala, Tlax. p. 69.
- CONABIO. (2006). Capital Natural y Bienestar Social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- CONAGUA. (2010). *Compendio Estadístico de Administración del Agua*. México.
- Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez. 1986. Hongos, In Manual de herbarios, A. Lot y F. Chiang (comp.). Consejo Nacional Flora de México, México, D. F. 100 p.
- Cooke W B (1948). A survey of the literatura on fungus sociology and ecology, I. *Ecology* 29:376-382.
- Cox G W. (1996). *Laboratory Manual of General Ecology*. 7th ed. W.C. Brown, Dubuque, Iowa.

- Chanona-Gómez F, R Andrea-Gallegos, J Sánchez. (2007). Macromicetos del Parque educativo Laguna Bélgica, municipio de Ocozocoautla de espinoza, Chiapas, México. 2007. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 369-381.
- Douglas R B, Parker, V T and Cullings, KW. (2005). Belowground ectomycorrhizal community structure of mature lodgepole pine and mixed conifer stands in Yellowstone National Park. *Forest Ecol. Manag.* 208:303-317.
- Espinosa D. (2007). *Taxonomía y prospección del hábitat de las especies afines al linaloe*. Herbario FEZA, fes Zaragoza, unam. Base de datos snib-Conabio, proyecto BS001.
- Estrada-Torres A y M G Santiago-Martínez. (2003). *Avances en el estudio de la ectomicorriza en el estado de Tlaxcala, México*. Univesidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México, 76p.
- Eveling D W, R N Wilson, E S Gillespie y A Bataillé. (1990). Environmental effects on sporocarp counts over fourteen years in a forest area. *Mycological Research* 94:998-1002.
- Fierros M L, J L Navarrete y L Guzman-Dávalos. (2000). Hongos macroscópicos de la Sierra de Quila, Jalisco, México: diversidad y similitud fungística. *Revista de Biología Tropical* 48 (4): 931-937. ISS0034-7744.
- García J J y Garza, OF. (2001). Conocimiento de los hongos de la familia Boletaceae de México. *Ciencia UANL* IV.3:336-343.
- García E. (1998). *Modificaciones al sistema climático de Koppen*, SIGSA, México.
- Garibay-Orijel R, Cifuentes J, Estrada-Torres A y Caballero, J. (2006). People using Macro-Fungal diversity in Oaxaca, México. *Fugal Diversity*: 41-67.

- González-Rodríguez A, Arias, D M, Valencia S, and Oyama, K. (2004). Morphological and RAPD analysis of hybridization between *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two Mexican red oaks. *Am. J. Bot.* 91: 401–409.
- Govarts R. y Frodin D.G. 1998. World Checklist and Bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae). Royal Botanical Gardens, Kew.
- Guzman G. (1998). Inventoring the fungi of México. *Biod. And Conser.* 7:369-384.
- Gross K L, M R Willig, L Gough, R Inouye, and S B Cox. (2000). Patterns of species diversity and productivity at different spatial scales in herbaceous plant communities. *Oikos* 89:417–427.
- Hernández-Díaz L. (1998). *Evaluación de la productividad de los hongos comestibles silvestres en el Volcán La Malintzi, estado de Tlaxcala*. Tesis, Licenciatura en Biología Agropecuaria, departamento de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Pp.74.
- Herrera T. (1994). Perspectivas de la investigación en micología. *Boletín de la sociedad Botánica de México* 55:39-44.
- Hesler L R y A H Smith. (1963). *North American species of Hygrophorus*. The University of Tennessee Press. Kingsport. Tenn.
- Hoff J A, Klopfenstein N B Tonn, J R, Mc Donald, G I, Zambino, P J, Rogers, J D, Peever, T L y Carris, L M. (2004). *Roles of woody root-associated fungi in forest ecosystem processes: recent advances in fungal identification*. Res. Pap. RMRS-RP-47. Fort Collins, CO: U. S. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 6 p.
- INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2004). *Conteo de población y vivienda. Consulta por localidad, Tlaxcala, México*. www. Inegi. Org. Mx.

- INEGI- Instituto Nacional. de Estadística y Geografía. (2005). *Conteo de población y vivienda. Consulta por localidad, Tlaxcala*, México. www. Inegi. Org. mx
- Jansen AE. (1984). *Vegetation and macrofungi of acid oakwoods in the north-east of The Netherlands*. Agricultural Research Reports (Wageningen) 923:1–162.
- Jumpponen A y L M Egerton-Warburton. (2005). Mycorrhizal fungi in sucesional environments: a community assembly, model incomparing host plant, environments and biotic filters. *In: Dighton, J., J. F. White and P. Oudemans (Eds). The fungal community. Its organization and role The ecosystems*. CRC Press. Boca Raton, FL USA. PP. 139-167.
- Kalamees, K. y S. Silver. (1988). Fungal productivity of pine heathlands in North-West Estonia. *Acta Botánica. Fennica* 136: 95-98.
- Keller, R. 2004. Identification of tropical woody plants in the absence of flowers, a field guide. 2nd. Edition. Birkhäuser Verlag. Basel, Switzerland. 294 p.
- Kibby, G. y R. Fatto. (1990). *Keys to the species of Russula in Northeastern North America*. 3rd edition. Somerville, N. J.
- Kirk, P. M. Cannon P F, David J C y Stalpers, JA. (2001). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 9th edn. CAB International Publishing, Kew, Surrey, Commonwealth Mycological Institute, UK, 655p.
- Kolasa, J. y S. T. A Pickett. (eds.) (1991). Ecological Heterogeneity. *Ecological Studies* 86.
- Kong- Luz A y Estrada- Torres A. (1994). A new species of *Lactarius* from México. *Mycotaxon* 52:443-466.
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological Methodology*. Harper Row, New York.

- Lange, M. (1978). Fungus flora in August. Ten years observations in a Danish beech wood district. *Botanisk Tidsskrift* 73: 21-54.
- Lorenzana, F. (2008). *Caracterización de microhabitats de hongos comestibles ectomicorrízicos en bosques de pino, oyamel y encino en los Parques Nacionales Izta-Popo y Zoquiapan*. Tesis maestría en Edafología. Colegio de Postgraduados.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Croom Helm, London, England.
- Maheshwari, R., and A. Antony. (1974). A selective technique for the isolation of *Neurospora crassa* from soil. *Journal of General Microbiology* 81:505–507.
- Manos, P. S., J. J. Doyle y K. C. Nixon. (1999). Phylogeny, biogeography, and processes of molecular differentiation in *Quercus* subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetics*
- Mehus, H. (1986). Fruit body production of macrofungi in some North Norwegian forest types. *Nordic Journal of Botany* 6:679-702.
- Menitsky, L.L. (1984) Oaks of Asia. Leningosed Sciences, St. Petersburg. 183-184 pp (in Russian).
- Moreno, G. J. L. García Manjon y A. Zugaza. (1986). *La guía de Incafo de los hongos de la Península Ibérica*. Tomo I. Incafo, Madrid.
- Moreno-Zárate C. (1990). *Los hongos comestibles: un componente de la productividad del bosque de Santa Catarina del Monte México*. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados, Montecillo, Edo. México.
- Montoya A. (1998). *Ethnomycology of Tlaxcala*, México. *Mcllvainea* 13:6-12.

- Montoya A, A Estrada-Torres, A Kong y L Juárez-Sánchez (2001) Commercialization of wild edible mushrooms in three markets of Tlaxcala, México. *Mycol. Apl. Inter.* 13(1):31-40.
- Montoya EA. (2005). *Aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles en el Volcán La Malinche, Tlaxcala*. Tesis de doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. México. 154 p.
- Montoya A, A Kong, A Estrada-Torres, Cifuentes J y Caballero J (2004) Useful wild fungi of La Malinche National Park, México. *Fungal Diversity* 17: 115-143.
- Montoya A, Hernández-Totomoch O, Estrada-Torres A, A Kong y Caballero J. (2003). Traditional knowledge about mushrooms in a Nahuatl community in the state of Tlaxcala, Mexico. *Mycologia* 95 (5): 793-806.
- Montoya A. (1997). *Estudio etnomicológico en San Francisco Temezontla, estado de Tlaxcala*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- Montoya A. (1992). *Análisis comparativo de la etnomicología de tres comunidades ubicadas en las faldas del Volcán la Malintzi, estado de Tlaxcala*. Tesis profesional. ENEP, Iztacala, UNAM., Tlalnepantla.
- Moser M. (1983). *Keys to Agarics and Boleti (Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales)*. Londres: Roger Phillips.
- Mueller, G. M., J. P. Schmit, P. R. Leacock, B. Buyck, J. Cifuentes, D. E. Desjardin, R. E. Halling, K. Hjortstam, T. Iturriaga, K. Larsson, D. J. Lodge, T. W. May, D. Minter, M. Rajchenberg, S. A. Redhead, L. Ryvarden, J. M. Trappe, R. Watling y Q. Wu. (2006). Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodiversity and Conservation*. On line: Springer Science+Business Media B.V.

- NOM-021-RECNAT-2000. (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.
- Odum E. P. (1985). *Ecología*. McGrawHill, Interamericana. México.
- Pacheco-Cobos L, Rosetti M and Hudson R. (2009). A new method for tracking pathways of humans searching for wild, edible fungi. *Micologia Aplicada International* 21:77-87.
- Pulido P., A. (1994). *Micorrización sencilla para viveros elementales*. Madrid. Revista *Quercus*. 105:34-36.
- Pielou, E. C. (1984). *The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination*. Wiley, New York.
- Pritchett, W. L. (1986). *Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento*. Limusa. México, D. F. 264 p.
- Rohlf J F (2000). *Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. Versión 2.1 Applied Biostatistics Inc. New York.
- Romagnesi H (1967). *Les Russules d'Europe et de l'Africa du Nord*. París: Bordas.
- Rzedowski J. G, Calderón de Rzedowski. (1985). *Flora fanerogámica del Valle de México*. Vol. II. I.P.N., Instituto de Ecología. México, D.F.
- Sánchez-Ramírez, R. (1982). *Evaluación de la producción de hongos comestibles Russula brevipes en una plantación de pinos en Michoacán*. In: Memorias del 1er Congreso Nacional de Micología. Universidad Veracruzana, Xalapa. 26-30 de octubre, 1982. Pp. 86.

- Santacruz G.N. y Espejel R.A. (2004). *Los Encinos (Quercus) de Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.
- Shantz, H. L. y R. L. Piemeisel. (1917). Fungus fairy rings in eastern Colorado and their effect on vegetation. *Journal of Agricultural Research* 11 (5): 191-287.
- Singer, R. (1975). *The Agaricales in Modern Taxonomy*. Vaduz: Cramer.
- Smith S E, Read D. J. (1997). *Mycorrhizal symbiosis*, 2nd Edition. Academic Press, London.
- Trappe, M. J. y E. Cazares. (1990). *Evolución, ecología y micología en los hongos hipógeos*. *Rev. Mex. de Micol.* 6:33-40.
- Tofts, R. J. y Orton PD. (1998). The species accumulation curve for agarics and boleti from a Caledonian pinewood. *Mycologist* 12: 98-102.
- Torres, G. E. (2009). *Estudio ecológico y frecuencia de mención de los hongos silvestres en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- Tulloss, R. E. (1994). *Type studies in Amanita section Vaginatae I: Some taxa described in this century (Studies 1-23)* *Mycotaxon* 52:305-396.
- Valencia, A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Bol. Soc. Bot. México* 75:33-53
- Valencia, A. S. (1989). Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Guerrero, México, Tesis de biología, Facultad de Ciencias, México.

- Velasco-Bautista E, M C Zamora-Martínez, C Nieto de Pascual-Pola, A Montoya. (2010). Modelos predictivos de la producción de hongos silvestres comestibles bosques de coníferas. *Rev. Mex. Cien. For.* 1(1): 95-103.
- Varela F L y Estrada- Torres A (1997). *Diversity and potential use of Mycorrhizae for sustainable development in Mexico*. Pp 160-182. In Palm, M. E. and I. H. Chapela (eds). *Mycology in Sustainable Development: Expanding Concepts Vanishing Borders*. Parway Publishers, Inc., Boone.
- Villanueva-Jiménez E, M Villegas-Ríos, J B Cifuentes, H León-Avendaño. (2006). Diversidad del género *Amanita* en dos áreas con diferente condición silvícola en Ixtlan Juárez, Oaxaca, México. *Rev. Mex. Bio.* 77:17-22.
- Villarreal L y J Pérez-Moreno. (1989). Los hongos comestibles silvestres de México. Un enfoque integral. *Micología Neotropical Aplicada* 2: 77-114.
- Villarreal R L. (1987). Producción de los hongos comestibles silvestres en los bosques de México (Parte 4). *Revista Mexicana de Micología.* 3: 265-282.
- Villarreal R L (1994). *Análisis ecológico silvícola de la productividad natural de hongos comestibles silvestres en los bosques de Cofre de Perote, Veracruz*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. De México.
- Villarreal R L. (1996). *Los hongos silvestres: Componentes de la Biodiversidad y Alternativa para la sustentabilidad de los bosques templados de México*. Informe final, proyecto CONABIO-CO66. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Edo. De México.
- Walting R. (1995). Assessment of fungal diversity: macromycetes, the problems. *Canadian Journal Botany.* (suppl. 1) 73: S15-S24.

- Winterhoff W. (1992). *Fungi in Vegetation Science*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherlands.
- Yun W y Hall I R (2004) Edible ectomycorrhizal mushrooms: challenges and achievements. *Can. J. Bot.* 82:1063-1073.
- Zamora-Martínez MC. (1993). *Evaluación de poblaciones silvestres de hongos comestibles en los bosques del centro del país*. Memorias del 1er. Symposium sobre Hongos Comestibles en México. CENID-COMEF-INIFAP. México, D. F. 8-10 de septiembre. Pp. 17-18.
- Zamora-Martínez M C y C Nieto de Pascual P. (1995). Natural production of wild edible mushrooms in the southwestern rural territory of Mexico City, Mexico. *Forest Ecology and Management* 72: 13-20.
- Zamora-Martínez M, G Alvarado, L y J M Domínguez. (2000). *Producción de hongos silvestres comestibles en un bosque de pino del volcán La Malitzin (1997-1999)*. In: Memorias VII Congreso Nacional de Micología. Querétaro, Qro. Pp. 83.
- Zarco J. (1986). Estudio de la distribución ecológica de los hongos (principales macromicetos) en el Valle de México, basado en los especímenes depositados en el herbario. ENCB. *Rev. Mex. de Micol.* 2:41-72.
- Zavala Ch F. (1995). *Encinos y robles*: Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 44 p.
- Zavala Ch, F García ME. (1996). *Frutos y Semillas de Encinos*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51 p.
- Zavala Ch F. (2001). Análisis demográfico preliminar de *Taxus globosa* Schlacht en el parque Nacional. El chico, Hidalgo, México. I: Población de adultos y algunas características del hábitat, *Ciencia ergos sum* 8. Núm. 2 UAEM, Toluca, México pp. 169-174.

Zotti M y S Zappatore (2006) Mycodiversity in beech woods of Western Liguria (Italy). *Plant Biosystems* 140: 27-33.