UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

“Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE LA BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN

PRESENTA:

BIÓL. ROSMERY HERNÁNDEZ PRADO

DIRECTORA: DRA. CRISTINA MARTÍNEZ GARZA

CODIRECTORA: DRA. IRENE SÁNCHEZ GALLEN

CUERNAVACA, MORELOS. **ABRIL, 2025**

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a mis directoras de tesis, la Dra. Cristina Martínez Garza y la Dra. Irene Sánchez Gallen, por su invaluable orientación y apoyo a lo largo de este proceso; su disposición para compartir sus conocimientos ha sido fundamental en mi formación.

A los demás miembros del comité tutoral, la Dra. María Patricia Guadarrama Chávez y la Dra. Patricia Valentina Carrasco Carballido, así como a los miembros del comité revisor, el Dr. Martin Hassan Polo Marcial y la Dra. María Marcela Osorio Beristain, les agradezco por sus valiosas sugerencias y críticas constructivas, que han enriquecido este trabajo y me han permitido crecer académicamente.

Agradezco a la M. en C. Luz María Ayestarán Hernández por el apoyo logístico para el uso de los Laboratorios del CIByC, así como al Ing. Alejandro Mata Reyeros y Angélica Alemán por el apoyo para el uso de los viveros del CIByC.

Un agradecimiento especial a los trabajadores de la Estación Biológica El Limón, quienes me brindaron su apoyo logístico durante el trabajo de campo. Al Biól. Arley Acosta, le agradezco por su ayuda en la recolección de muestras.

También quiero reconocer a las estudiantes de Licenciatura, Mónica Martínez y Landy Flores, quienes me acompañaron en el trabajo de laboratorio como parte de su servicio social.

Agradezco a SECIHTI por la beca otorgada como apoyo para cursar la Maestría.

Finalmente, agradezco a la Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación y al CIByC en general, por brindarme la oportunidad de aprender y crecer en un ambiente académico tan enriquecedor.

Citar como:

Hernández-Prado, R. 2025. Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. 78 pp.

Contenido

Índice de figuras 1
Índice de apéndices 4
Resumen 5
Abstract 6
Introducción 7
Antecedentes 10
Objetivo general 15
Objetivos específicos 15
Hipótesis y Predicciones 15
Materiales y métodos 16
  Área de estudio 16
  Análisis de los datos 21
Resultados 23
Discusión 36
Conclusiones 44
Literatura citada 45
Apéndices 60

Índice de figuras

Figura 1. Parcelas de estudio de Ecología de la Restauración correspondientes a cuatro hábitats en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos (P: Perturbado; SN: Sucesión natural; Pl: Plantaciones; C: Conservado). 17

Figura 2. Abundancia por hábitat: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución. 25

Figura 3. Riqueza observada y estimada en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos..... 26

Figura 4. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico de la composición de hongos micorrizógenos arbusculares en cuatro hábitats: SN: sucesión natural (1, 3, 5, 7), Plant: plantaciones (2, 4, 6, 8), C: conservado (9-11) y Pert: perturbado (12-14), en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. 28

Figura 5. Porcentaje de contenido de agua en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución..... 29

Figura 6. Valor de pH en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. La línea en la parte superior del gráfico indica comparaciones pareadas entre hábitats con diferencias significativas ($p < 0.05$). Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución. 30

Figura 7. Contenido de materia orgánica en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. La línea en la parte superior del gráfico indica comparaciones pareadas entre hábitats con diferencias significativas ($p < 0.05$). Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución. 31

Figura 8. Análisis de componentes principales de la comunidad de hongos micorrizógenos arbusculares en cuatro hábitats: Perturbado, Plantaciones, Sucesión natural y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. 32

Figura 9. Regresión lineal (R^2= 0.3724, p=0.0268) entre riqueza de especies de hongos micorrizógenos arbusculares y componente principal 1 del análisis de componentes principales en cuatro hábitats: Perturbado, Plantaciones, Sucesión natural y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. 34

Figura 10. Análisis de correspondencia canónica de la composición de la comunidad de hongos micorrizógenos arbusculares y los parámetros edáficos abióticos en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Los números en rojo indican las morfoespecies de hongos. 35

Índice de apéndices

Apéndice 1. Especies de árboles nativos plantados en 2006 en el hábitat de plantaciones. 60

Apéndice 2. Coordenadas de los puntos muestreados..... 61

Apéndice 3. Listado de especies de HMA por hábitat: Perturbado (P), Sucesión natural (SN), Plantaciones (Pl) y Conservado (C) en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Se incluye una especie del orden Endogonales, filo Mucoromycota. 65

Apéndice 4. Especies de hongos micorrizógenos arbusculares presentes en parcelas de restauración, perturbadas y conservadas en El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos: A) *Acaulospora cavernata*, B) *Acaulospora colombiana*, C) *Acaulospora denticulata*, , D) *Acaulospora laevis*, E) *Acaulospora excavata*, F) *Acaulospora minuta*, G) *Acaulospora reducta*, H) *Acaulospora rehmii*, I) *Acaulospora scrobiculata*, J) *Acaulospora tuberculata*, K) *Ambispora appendicula*, L) *Ambispora callosa*, M) *Glomus* sp. 52, N) *Entrophospora infrequens*, Ñ) *Gigaspora albida*..... 70

Apéndice 5. Especies de hongos micorrizógenos arbusculares presentes en parcelas de restauración, perturbadas y conservadas en El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos: A) Gigaspora decipiens, B) Gigaspora gigantea, C) Scutellospora scutata, D) Funneliformis geosporum, E) Glomus brohultii, F) Glomus citricola, G) Glomus indicum, H) Glomus macrocarpum, I) Glomus sp. 51, J) Glomus spinuliferum, K) Glomus trufemii, L) Rhizoglomus fasciculatum, M) Sclerocystis sinuosa, N) Scutellospora sp. 3, Ñ) Glomus sp. 5, O) Glomus sp. 17. 71

Apéndice 6. Contribución de las variables del suelo a los componentes principales.... 72

Apéndice 7. Identificador en número de morfoespecies de hongos. 73

Resumen

En México, la selva estacionalmente seca presenta altas tasas de degradación debido a actividades antropogénicas. La recuperación del ecosistema se ve favorecida por los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), habitantes de la rizósfera que forman una asociación mutualista con las raíces de las plantas. En El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos, se lleva a cabo desde el 2006 un experimento de restauración que incluye la exclusión de la perturbación y plantaciones de 20 especies de árboles nativos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la restauración sobre la riqueza, abundancia y composición de HMA. Los hongos micorrizógenos arbusculares se evaluaron en cuatro hábitats: (i) sitios bajo perturbación crónica (N=3), (ii) parcelas bajo sucesión natural (N=4), (iii) plantaciones de restauración (N=4) y (iv) selva conservada (N=3). En cada parcela se tomaron cinco muestras de suelo, se midió pH, materia orgánica y contenido de agua. El aislamiento de HMA se llevó a cabo con la técnica de tamizado húmedo, decantación y centrifugación en agua y sacarosa y se realizaron preparaciones permanentes. Las morfoespecies identificadas del filo Glomeromycota fueron 118, correspondientes a 4 órdenes, 6 familias y 11 géneros; además se identificó una especie perteneciente al filo Mucoromycota. En las plantaciones se registró la mayor riqueza estimada (110.5), seguida del hábitat perturbado (110.46), sucesión natural (102.5) y conservado (78.79). La abundancia de esporas fue menor en el hábitat conservado y mayor en las plantaciones. La riqueza y abundancia de HMA fue similar en los hábitats. La composición de HMA fue más similar entre sitios en restauración y conservados, mostrando una tendencia hacia la recuperación de los sitios como resultado de las acciones de restauración. El pH y la materia orgánica del suelo explicaron la riqueza de HMA. El pH, materia orgánica y contenido de agua en el suelo influyeron en la composición de la comunidad de los HMA. Aunque la riqueza y abundancia de HMA fue similar entre hábitats, la intervención de restauración de 17 años ha favorecido la ocurrencia de grupos de HMA que son característicos de sitios conservados.

Abstract

In Mexico, the seasonally dry tropical forest experiences high degradation rates due to anthropogenic activities. Ecosystem recovery is facilitated by arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), rhizosphere inhabitants that form a mutualistic association with plant roots. In El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos, a restoration experiment has been conducted since 2006, involving disturbance exclusion and plantations of 20 native tree species. The objective of this study was to evaluate the effect of restoration on the richness, abundance, and composition of AMF. Arbuscular mycorrhizal fungi were assessed in four habitats: (i) sites under chronic disturbance (N=3), (ii) study plots in natural succession (N=4), (iii) restoration plantations (N=4), and (iv) conserved forest (N=3). In each plot, five soil samples were collected, and pH, organic matter, and water content were measured. AMF isolation was performed using the wet sieving, decanting, and centrifugation technique in water and sucrose, followed by permanent slide preparations. The total identified morphospecies from the phylum Glomeromycota were 118, corresponding to 4 orders, 6 families, and 11 genera; additionally, one species from the phylum Mucoromycota was identified. The highest estimated richness was recorded in the plantations (110.5), followed by the disturbed habitat (110.46), natural succession (102.5), and conserved forest (78.79). Spore abundance was lowest in the conserved habitat and highest in the plantations. AMF richness and abundance were similar across habitats. AMF composition was more similar between restoration and conserved sites, showing a trend toward site recovery as a result of restoration actions. Soil pH and organic matter explained AMF richness. Soil pH, organic matter, and water content influenced the composition of the AMF community. Although AMF richness and abundance were similar among habitats, the 17-year restoration intervention has favored the occurrence of AMF groups characteristic of conserved sites.

Introducción

La selva estacionalmente seca (*seasonally tropical dry forest sensu* Bullock *et al.*, 1995) ha sido fuertemente afectada por actividades humanas. Este ecosistema, que es conocido también como bosque tropical caducifolio (*sensu* Rzedowski, 2006), o selva baja caducifolia (*sensu* Miranda y Hernández, 1963) se caracteriza por temperatura y precipitación media anual de 22-37.7 °C y 1143.7 mm, respectivamente (Rivero-Villar *et al.*, 2022). En este ecosistema, la precipitación presenta una distribución estacional con alrededor de 7.4 meses secos (precipitación < 100 mm) (Rivero-Villar *et al.*, 2022). A nivel mundial, para el periodo comprendido entre 1950 y 1990, la selva estacionalmente seca tuvo las mayores tasas de deforestación (Saenz-Pedroza *et al.*, 2022). En México este ecosistema había sido transformado o degradado entre 70 y 82 %, quedando únicamente en pie alrededor de 75,500 km^2 para el año 2010 (Trejo, 2010). Las principales causas de la deforestación en la selva estacionalmente seca son la ganadería extensiva y extracción de recursos, que constituyen perturbaciones antropogénicas (Trejo y Dirzo *et al.*, 2000). La perturbación se considera un evento que crea un nuevo sustrato o ha eliminado parte de la vegetación (Begon *et al.*, 1997; Poorter *et al.*, 2023). Las actividades antropogénicas están ocasionando pérdidas considerables en la selva estacionalmente seca.

Posterior a un evento de perturbación un ecosistema podría recuperarse de forma natural a través de la sucesión natural. La sucesión natural se define como el proceso de colonización y extinción de poblaciones de especies después de una perturbación (Begon *et al.*, 1997). Cuando los eventos de perturbación son crónicos, el ecosistema puede no recuperarse (IPBES, 2018). Cuando el ecosistema no se recupera mediante la sucesión natural, hay que intervenirlo; esto puede hacerse a través de la restauración

ecológica que comprende las acciones para recuperar un ecosistema que ha sido degradado o destruido (Gann *et al.*, 2019). Por otra parte, la Ecología de la restauración es la ciencia que proporciona conceptos, modelos, metodologías y herramientas para la práctica de la restauración ecológica (Gann *et al.*, 2019). La restauración ecológica es clave para recuperar ecosistemas degradados por perturbaciones cuando la sucesión natural no es suficiente.

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) son microorganismos que se asocian a las plantas. Estos microorganismos tienen una asociación mutualista con las raíces de las plantas; el mutualismo se define como asociaciones entre pares de especies, con beneficios mutuos (Begon *et al.*, 1997). Cuando estos hongos se asocian con las raíces, forman las llamadas micorrizas; el término micorriza proviene del griego *mykes*, 'hongo' y *rhiza*, 'raíz' (Frank, 2005; Montaño *et al.*, 2007). Los HMA son encontrados en todo tipo de suelos y pueden colonizar cualquier planta que sea capaz de asociarse con estos hongos (Barrer, 2009). Además, la interacción HMA-planta genera un ambiente favorable para el establecimiento de otros grupos microbianos y plantas superiores, principalmente durante la etapa de plántulas (Cornejo *et al.*, 2008; Jones y Smith, 2004; van der Heijden y Horton, 2009). Esta interacción la consiguen mediante las hifas que son largos filamentos que crecen en el interior de las raíces más jóvenes de las plantas, a lo largo del córtex radical; estas hifas también se expanden e intervienen en la exploración en el suelo al aumentar la superficie de búsqueda y absorción de nutrientes y agua (Giovannetti, 2008; Kuhar *et al.*, 2013). Además, los HMA previenen la pérdida de nutrientes, mejorando su uso eficiente y la sostenibilidad del ecosistema, especialmente en suelos pobres donde la productividad vegetal es limitada (van der Heijden *et al.*, 2015). Debido a que la restauración ecológica busca

recuperar las funciones del ecosistema, se deben recuperar también las interacciones mutualistas. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de la intervención de restauración sobre la comunidad de HMA en una selva estacionalmente seca.

Antecedentes

El establecimiento de una interacción entre hongos micorrizógenos arbusculares (HMA)-planta puede ser benéfico para ambos organismos. La transferencia bidireccional de sustancias entre ambos organismos (hongo-planta hospedera) se realiza en los arbúsculos (Giovannetti, 2008). Los arbúsculos son estructuras de intercambio bidireccional de nutrientes, agua y carbono; se forman cuando las hifas penetran en las células de las raíces y asemejan un pequeño árbol dentro de la célula vegetal, por ello el nombre "arbúsculo" (Parniske, 2008; Martínez y Pugnaire, 2009). Los hongos mejoran el estado nutricional de la planta y favorecen la supervivencia y competitividad vegetal porque aumentan la superficie de absorción de nutrientes y agua mediante las hifas (Joner *et al.*, 2000; Guadarrama *et al.*, 2004; Sierraalta *et al.*, 2021). Además, la red de hifas contribuye a la estructura y estabilidad del suelo mediante la producción de glomalina, que participa en la formación de agregados (Ruiz *et al.*, 2011). Esta sustancia favorece la adhesión de partículas, lo que mejora el drenaje y la aireación del suelo (Ruiz *et al.*, 2011). Asimismo, reduce la compactación y disminuye el riesgo de erosión hídrica y eólica (Cornejo *et al.*, 2008). También incrementa la capacidad de retención de agua, aumentando la disponibilidad hídrica para la vegetación (Cornejo *et al.*, 2008). Finalmente, influye en la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Peña-Venegas y Cardona, 2010). Por su parte, la planta suministra al hongo carbono y le brinda protección (Montaño *et al.*, 2007; Smith y Read, 2008). La interacción entre HMA y planta se define como una interacción mutualista que beneficia a ambos organismos y mejora la estructura y función del suelo.

Las condiciones bióticas y abióticas del suelo influyen en la comunidad de HMA. Una revisión del 2016 mostró que el desarrollo de los HMA, que incluye germinación, colonización, elongación hifal extrarradical y esporulación, puede verse obstaculizado por el estrés abiótico (Lenoir *et al.*, 2016). Por ejemplo, durante la época de secas, la producción de esporas de HMA es mayor porque la baja disponibilidad de agua genera estrés hídrico a las plantas y hongos, estos últimos responden a dichas condiciones incrementando su producción de esporas (Moreira y Siqueira, 2002; Violi *et al.*, 2008). Esta es una forma de sobrevivir o permanecer en estado de latencia por un largo periodo de tiempo, cuando las condiciones se tornan favorables, las esporas comienzan a germinar (Moreira y Siqueira, 2002) extendiendo su micelio hacia raíces que colonizarán. A nivel de especie, el número de HMA varía según la temporada del año (Lara-Pérez *et al.*, 2020; Kemmelmeier *et al.*, 2022). Por otro lado, la materia orgánica puede determinar la composición de la comunidad de HMA, algo similar se ha visto en plantas medicinales en el bosque templado (Chávez-Hernández *et al.,* 2021). También, en plantaciones de café en Chiapas, México, sitios con menor cantidad de materia orgánica presentaron una mayor riqueza y diversidad de morfoespecies de HMA, así como una abundancia de esporas intermedia (Bertolini *et al.*, 2020). Además, en bosques secos restaurados de la Caatinga brasileña, la materia orgánica se correlacionó positivamente con el número de esporas viables (Medeiros *et al.*, 2021). En el caso del pH, los cambios pueden modificar la probabilidad de esporulación de las especies de HMA (Pérez y Fuentes, 2009). La materia orgánica, el pH y el contenido de agua influyen en la riqueza, abundancia y composición de HMA.

La perturbación puede ocasionar cambios en la composición de HMA. En suelos expuestos a estrés abiótico, la diversidad de HMA es generalmente menor que en suelos no perturbados, con predominio de especies de la familia Glomeraceae (Lenoir *et al.*, 2016). Según las condiciones del suelo, algunas especies de la familia Glomeraceae pueden persistir ante la ruptura de la estructura del suelo y la muerte repentina de la planta hospedera (Chagnon *et al.*, 2013). Además, el género *Glomus* es dominante en un amplio rango de ecosistemas y usos de suelo (Soka y Richie, 2018; Tuheteru *et al.*, 2020). Por otro lado, la familia Acaulosporaceae se considera tolerante a condiciones de baja fertilidad y suelos ácidos y ha sido registrada en suelos agrícolas, pastizales y bosques (Solís-Rodríguez *et al.*, 2020; Tuheteru *et al.*, 2020). En el caso de la familia Gigasporaceae se ha registrado en suelos ácidos, con bajos niveles de humedad y carbono orgánico (Lekberg *et al.*, 2007). Algunas especies del género *Gigaspora* se consideran vulnerables ante las perturbaciones derivadas de los usos de suelo (Lovera y Cuenca, 2007). La perturbación del suelo puede ocasionar cambios en la composición de HMA debido a sus efectos a nivel de familia o género.

La recuperación de la vegetación durante la sucesión favorece el desarrollo de la comunidad de HMA. La riqueza de plantas hospederas es fundamental para el mantenimiento de la diversidad de estos hongos y viceversa (Bever, 1999). Por ejemplo, en un ecosistema de pastizales en Kansas, el aumento en la riqueza de HMA estuvo vinculado a un incremento en la diversidad vegetal (Hartnett y Wilson, 1999). Por otra parte, en una región semiárida de Brasil, la abundancia de esporas de HMA fue mayor en suelos excluidos del pastoreo durante 20 años, seguida de sitios degradados y conservados (da Silva *et al.*, 2022). Asimismo, en la selva

estacionalmente seca de Venezuela, se encontró una mayor cantidad de esporas en áreas bajo sucesión natural de cuatro años en comparación con plantaciones de cinco especies de árboles nativos (Fajardo *et al.*, 2015). En cambio, en la selva estacionalmente seca de Oaxaca, México, no se observaron diferencias en el número de esporas de HMA entre hábitats en recuperación (de uno a más de 60 años) tras el abandono de cultivos de maíz (Guadarrama *et al.*, 2014). En cuanto a la composición, en la selva estacionalmente seca de Brasil, se registró una mayor similitud en la composición de HMA entre áreas conservadas y plantaciones mixtas forestales, en comparación con áreas perturbadas (Pagano *et al.*, 2012). De manera similar, en zonas semiáridas de Brasil, los sitios excluidos de perturbación por 20 años mostraron una composición de HMA similar a la de sitios conservados y distinta a la de áreas perturbadas (da Silva *et al.*, 2022). La recuperación de la vegetación favorece el aumento de la riqueza de HMA y la recuperación de la composición de especies de HMA, pero la abundancia de esporas puede no variar.

Las acciones de restauración dependen de las condiciones iniciales de un sitio. Los sitios poco degradados pueden recuperarse si se detiene la perturbación, lo que es llamado intervención mínima de restauración (Martínez-Garza *et al.*, 2016). Esta intervención se sugiere cuando se identifica un alto potencial de regeneración natural (Martínez-Garza *et al.*, 2022a). El alto potencial de regeneración natural se refiere a la capacidad de un ecosistema de recuperar sus atributos originales mediante el proceso natural de sucesión ecológica (Gann *et al.*, 2019). En cambio, sitios con altos niveles de degradación y alejados de fragmentos de vegetación conservada pueden requerir la plantación de especies nativas (Benayas *et al.,* 2009), llamada intervención máxima

(Martínez-Garza *et al.,* 2016). Por otra parte, el ecosistema de referencia hace alusión a los sitios que tienen las características del ecosistema conservado (Gann *et al.*, 2019). Las condiciones iniciales de un sitio deben tenerse en cuenta para determinar el nivel de intervención de restauración.

En 2006 se estableció un experimento de restauración en la selva estacionalmente seca aledaña a la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos; ahí se evaluaron áreas bajo perturbación crónica originada por entrada de ganado y extracción de recursos, áreas excluidas de la perturbación mediante cercados, bajo sucesión natural y plantaciones de restauración de 20 especies de árboles nativos y áreas de selva estacional más conservada (Martínez-Garza *et al.*, 2011). La estructura de la vegetación en estos hábitats se ha seguido durante 18 años: se han registrado cambios a corto plazo en la densidad y a mediano plazo en la riqueza de plantas; mientras que la composición de plantas y animales apenas ha comenzado a cambiar (Martínez-Garza *et al.*, 2022b). En este estudio se evaluó el efecto de la intervención de restauración de 17 años sobre la comunidad de HMA.

Objetivo general

Evaluar la comunidad de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) en cuatro hábitats en la selva estacionalmente seca de Sierra de Huautla, Morelos: perturbación crónica, sucesión natural y plantaciones de restauración de 17 años, y conservado.

Objetivos específicos

1. Evaluar la riqueza y abundancia de HMA en cuatro hábitats.
2. Comparar la composición de HMA en cuatro hábitats.
3. Evaluar el efecto de algunas propiedades del suelo (pH, materia orgánica y contenido de agua del suelo) sobre la riqueza y abundancia de HMA en cuatro hábitats.
4. Evaluar el efecto de algunas propiedades del suelo (pH, materia orgánica y contenido de agua del suelo) sobre la composición de HMA en cuatro hábitats.

Hipótesis y predicciones

1. La riqueza de HMA difiere entre hábitats mientras que la abundancia de HMA es similar.
2. La composición de especies de HMA en hábitats con plantaciones de restauración y sucesión natural es similar a la del hábitat conservado, y diferente a la del hábitat perturbado.
3. El pH, materia orgánica y contenido de agua en cada hábitat explican la riqueza y abundancia de HMA.
4. El pH, materia orgánica y contenido de agua en cada hábitat afectan la composición de HMA.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. La Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla es una de las áreas naturales protegidas con mayor extensión territorial (59 030 ha) dedicada a la conservación de la selva estacionalmente seca (CONANP, 2005). Esta localidad presenta una temperatura media anual de 24.5 °C y precipitación media anual de 840 mm, con ~ 90 % entre finales de mayo y octubre (1980-2001; CONAGUA, Gerencia Regional Balsas, datos no publicados). En la época de secas la mayoría de las plantas pierden sus hojas (Dirzo *et al.*, 2011; Rzedowski, 2006).

El estudio incluyó 14 parcelas de 50 x 50 m, ubicadas en cuatro hábitats. Estas parcelas fueron establecidas en el 2006: 1) selva estacional secundaria bajo perturbación crónica (N=3) (nombrado de ahora en adelante hábitat perturbado); 2) hábitat excluido de la perturbación donde se ha favorecido la sucesión natural (N=4) (llamado de ahora en adelante sucesión natural); 3) hábitat excluido de la perturbación donde además se establecieron plantaciones de restauración con 20 especies nativas (N=4) (llamado de ahora en adelante plantaciones); 4) áreas con selva estacional más conservada que nunca han sido taladas (N=3) (llamado de ahora en adelante conservado) (Fig. 1).



Figura 1. Parcelas de estudio de Ecología de la Restauración correspondientes a cuatro hábitats en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos (P: Perturbado; SN: Sucesión natural; Pl: Plantaciones; C: Conservado).

El hábitat perturbado y los excluidos de la perturbación mediante cercado tuvieron una historia de manejo similar: la vegetación fue talada durante varios años, hace más de 25 años, para su uso en la agricultura, principalmente maíz, hasta que las abandonaron (Gerardo Pacheco, habitante de la localidad, comunicación personal); durante la época de lluvias, el ganado entraba a alimentarse de la vegetación secundaria. Además, se practicó la extracción selectiva de plantas y animales (de la O-Toris *et al.*, 2012). El hábitat perturbado todavía presenta ganadería extensiva y extracción de productos naturales (Martínez-Garza *et al.*, 2011). En el hábitat de plantaciones, 20 especies de árboles nativos fueron plantadas en agosto de 2006 (Apéndice 1) (Martínez-Garza *et al.*, 2022b). El hábitat conservado nunca ha sido talado, pero la comunidad extrae algunos recursos para su consumo (Belinda Maldonado, comunicación personal; Gerardo Pacheco, comunicación personal). Las parcelas del hábitat conservado no están excluidas de la perturbación; estas áreas tienen una baja frecuencia de entrada de ganado (< 1 cabeza/ha; Belinda Maldonado, comunicación personal; Gerardo Pacheco, comunicación personal).

Colecta de suelo: El muestreo se realizó del 18 al 21 de mayo de 2023, que corresponde al final de la época seca. Las muestras de suelo para la obtención de esporas de HMA se tomaron de los primeros 20 cm de profundidad de suelo con un nucleador de 12 cm x 20 cm, retirando previamente la hojarasca. En cada parcela se tomaron cinco muestras de suelo, cada una pesaba 0.5 kg aproximadamente. El muestreo se realizó de manera sistemática, una muestra en cada esquina de la parcela y una en el centro. De cada punto de colecta se registraron sus coordenadas, fecha de colecta y colector (Apéndice 2). Posteriormente, las muestras fueron sometidas a un proceso de secado bajo condiciones de sombra y a una temperatura ambiente entre

24 y 28°C durante una semana. Una vez que las muestras estuvieron secas, fueron tamizadas con un tamiz de 2 mm de abertura.

Procesamiento de muestras: De cada muestra de suelo se tomaron 100 g del cual se extrajeron las esporas mediante la técnica de tamizado húmedo, decantación y centrifugación en agua (3,500 r.p.m.) y sacarosa al 40% (modificada de Brundrett *et al.*, 1996). Las esporas se montaron en preparaciones permanentes.

Clasificación e identificación: La identificación se realizó a partir de ejemplares montados en alcohol polivinílico (PVLG) y PVLG más reactivo de Melzer (1:1, v/v), tomando en cuenta características como esporogénesis, forma, color, tamaño, número y fenotipos de paredes y capas (Medeiros *et al.,* 2021). La identificación se realizó con literatura especializada (Oehl *et al.*, 2011a, b; Redecker *et al.*, 2013) y recursos en línea: INVAM (http://www.invam.caf.wvu.edu) y http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota del Dr. Janusz Blaszkowski (Departamento de Patología de Plantas de la Universidad de Agricultura de Szczecin, Polonia). La clasificación siguió lo propuesto por Schüßler y Walker (2010) (www.amf-phylogeny.com). La nomenclatura actual fue consultada en MycoBankDatabase (www.mycobank.org). Además, se tomaron fotografías y se midieron las esporas con un microscopio óptico marca VELAB con aumentos de 100 a 1000x y una cámara acoplada al ocular (Walfront); las imágenes se procesaron mediante el software HAYEAR (*Shenzhen Hayear Electronics Co. Ltd.,* 2023).

Cultivos trampa: Los cultivos trampa se implementaron para confirmar la presencia de algunos HMA y activar otros no detectados en los 100 g de muestra (modificado de https://invam.ku.edu/trap-cultures). En un recipiente de aproximadamente 200 ml se adicionó suelo del sitio de colecta previamente tamizado y arena (3:1); junto con lo

que germinó del banco de semillas de cada punto de muestreo se sembraron semillas de alpiste para establecer la relación micorrícica y la multiplicación de las esporas. Antes de sembrar las semillas se desinfectaron con cloro al 10% por 15 minutos. Las macetas se mantuvieron en condiciones de invernadero con riego automático desde la fecha de siembra (28 de junio) hasta el 30 de octubre de 2023. El riego automático consistió en riego por goteo durante un minuto cada dos días. Desde el 30 de octubre se suspendió el riego, y dos semanas después se procedió a aislar e identificar las especies de HMA.

Análisis de suelo: El pH de una suspensión de suelo/agua 1:5 (5g de suelo y 25ml de agua) para cada muestra, se determinó después de agitar durante 1 h. Después de que las suspensiones se asentaron durante aproximadamente 10 minutos, se determinó el pH en el sobrenadante por medio de un electrodo Hanna® que había sido calibrado a pH 7.0 y 4.0. El electrodo se dejó en el sobrenadante hasta que se obtuvo una lectura estable (modificado de Little, 1992). La materia orgánica se determinó a partir del método de calcinación (modificado de Nelson y Sommers, 1996). De cada muestra se pesaron 5 g de suelo y se añadieron a crisoles por separado que fueron puestos en una mufla a 600^{o}C durante dos horas. Posteriormente, fueron pesados para determinar el contenido de materia orgánica de cada muestra a partir de la diferencia entre el peso inicial y final. La materia orgánica se expresó en porcentaje para cada muestra. El contenido de agua en el suelo se determinó a partir del método gravimétrico (Duque y Escobar, 2016). De cada muestra se pesaron 10 g de suelo (peso fresco) y se añadieron a sobres por separado que se secaron en una estufa a 110 ^{o}C durante 24 h. Luego, fueron nuevamente pesados (peso seco) y se determinó el contenido de agua que

presentaba cada muestra de la diferencia del peso fresco (PF) y seco (PS). El contenido de agua se expresó en porcentaje para cada muestra ((PF-PS)/PF)*100).

Análisis de los datos

La riqueza observada se expresó como el número de especies por parcela y por hábitat. Mediante el conteo directo de esporas bajo el estereomicroscopio de cada morfoespecie por muestra, se obtuvo la abundancia de cada morfoespecie en cada muestra, expresada como número de esporas en 100 g de suelo seco. Para determinar la riqueza estimada se realizaron curvas de extrapolación e interpolación: números efectivos de Hill, q=0 referente a riqueza de morfoespecies usando el concepto de número efectivo de especies (Chao *et al.*, 2014). Este análisis permitió establecer en qué hábitats había una mayor riqueza estimada de HMA. El análisis entre hábitats se realizó con el paquete iNEXT de R (Chao *et al.*, 2014). La abundancia entre hábitats se comparó con pruebas de ji-cuadrada ($\boldsymbol{X}^2$) dado que los datos no cumplían con el supuesto de normalidad; para esto se utilizaron los paquetes *ggstatsplot* (Patil, 2021) y dplyr (Wickham *et al.*, 2023) del software R.

La composición de la comunidad de HMA se visualizó con el escalamiento multidimensional no métrico (NMDS, por sus siglas en inglés). Para el análisis se utilizó el índice de Bray-Curtis, basado en la abundancia, como medida de similitud debido a su robustez tanto para pequeños como grandes gradientes ecológicos (Minchin, 1987). La significancia estadística de las diferencias entre hábitats se evaluó a partir de un análisis de similitud (ANOSIM) (Clarke, 1993). El ANOSIM se realizó por una matriz de

distancia de Bray-Curtis, después de 9 999 interacciones. Los análisis se realizaron utilizando el paquete vegan de R (Oksanen *et al.*, 2022).

Con el pH, contenido de agua y materia orgánica en cada hábitat se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Con los dos primeros ejes del ACP y la riqueza y abundancia de HMA se corrieron regresiones lineales. Un análisis de correspondencia canónica (CCA, por sus siglas en inglés) se realizó para evaluar la relación entre el pH, contenido de agua y materia orgánica y las comunidades de HMA en cada hábitat. Los análisis se realizaron con los paquetes vegan (Oksanen *et al.*, 2022), dplyr (Wickham *et al.*, 2023), ggfortify (Tang *et al.*, 2016), ggpubr (Kassambara, 2023), readr (Wickham *et al.*, 2024), MASS (Venables y Ripley, 2002), car (Fox y Weisberg, 2019) y lmtest (Zeileis y Hothorn, 2002) del software R. Además, para determinar si existían diferencias de pH, contenido de agua y materia orgánica entre hábitats se realizaron diagramas de caja y gráficos de violín y se llevaron a cabo pruebas de ji-cuadrada (X^2) porque los datos no cumplían con el supuesto de normalidad. Estos se realizaron con los paquetes *ggstatsplot* (Patil, 2021) y dplyr (Wickham *et al.*, 2023) del software R.

Resultados

En este estudio se encontraron 118 morfoespecies de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). De estas morfoespecies, se identificaron 31 hasta especie de 11 géneros y 6 familias. Adicionalmente, se determinó una especie del orden Endogonales (filo Mucoromycota) (Apéndice 3-5). La familia Glomeraceae dominó con 70 morfoespecies; la familia menos representada fue Entrophosporaceae con una especie para Glomeromycota. Los géneros *Glomus* y *Acaulospora* fueron los géneros más frecuentes con 58 y 30 morfoespecies, respectivamente.

En las plantaciones se encontraron 82 morfoespecies, en el hábitat bajo sucesión natural y en el perturbado 77, y en el conservado 61. El mayor número de especies de la familia Gigasporaceae se encontró en los hábitats con intervención de restauración (10) y en el conservado (8) (Apéndice 3). Al realizar las curvas de extrapolación e interpolación considerando la riqueza con q=0, no se encontraron diferencias significativas entre hábitats. Las plantaciones tuvieron la mayor riqueza estimada (110.5), seguido del hábitat perturbado (110.46), sucesión natural (102.5) y conservado (78.79) (Fig. 3). La especie dominante de acuerdo con la cantidad de esporas en el hábitat perturbado fue *Acaulospora scrobiculata; en* la sucesión natural y las plantaciones, la especie dominante por cantidad de esporas fue *Glomus macrocarpum,* mientras que en el hábitat conservado la especie *Glomus* sp. 41 fue dominante.

En total se aislaron 5844 esporas, el hábitat de plantaciones tuvo la mayor abundancia con 2070 esporas en total, mientras que el hábitat conservado tuvo la menor

abundancia con 953 esporas. No se detectaron diferencias significativas en la abundancia entre hábitats (X^2=4.41; p=0.22) (Fig. 2).

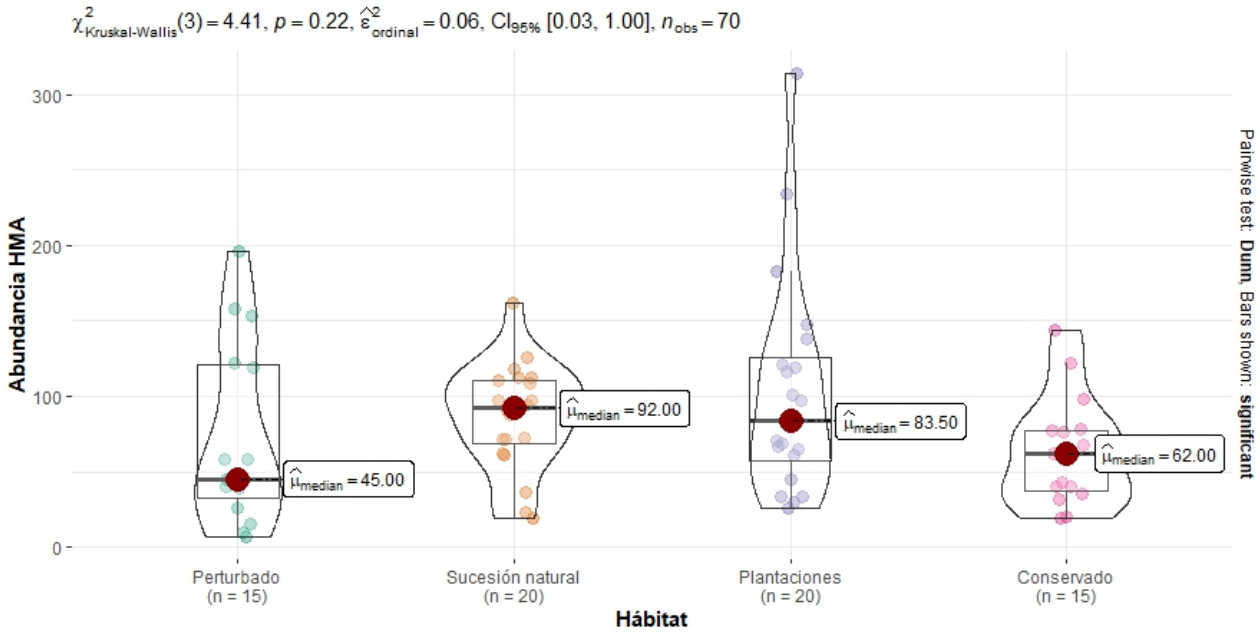


Figura 2. Abundancia por hábitat: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución.

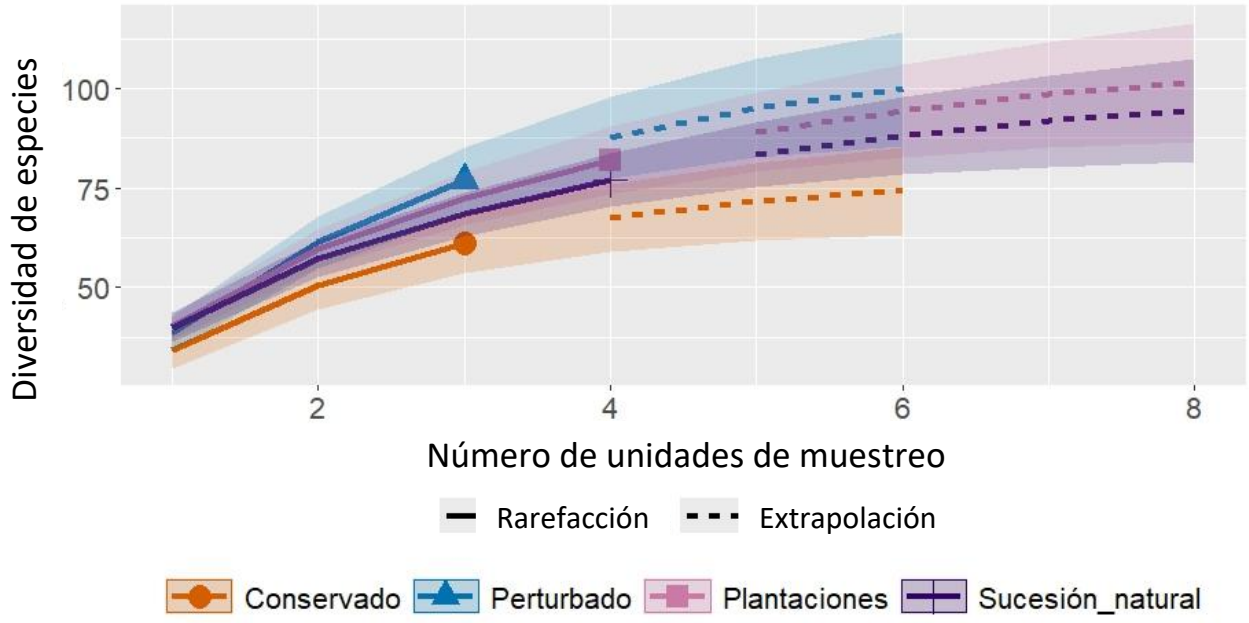


Figura 3. Riqueza observada y estimada en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos.

Para el NMDS se obtuvo un valor de stress de 0.135 con polígonos más cercanos entre los hábitats con intervención de restauración y conservado y más aislado el del hábitat perturbado (Fig. 4). El ANOSIM reveló que la composición de HMA entre hábitats fue similar (R= 0.1157, p = 0.1423).

El contenido de agua en las muestras de suelo fue, en promedio mayor en el hábitat conservado (3.83 %) y menor en el hábitat de sucesión natural (2.29 %); los hábitats perturbado y plantaciones presentaron contenidos de agua en el suelo intermedios (3.48 % y 2.73 %, respectivamente). La comparación estadística para esta variable entre hábitats no mostró diferencias significativas (X^2=1.49; p=0.68) (Fig. 5). El pH fue en promedio mayor para el hábitat perturbado (7.18) y menor para el hábitat de sucesión natural (6.8); entre estos hábitats el análisis reveló diferencias significativas (X^2=11.7; p=0.0085) (Fig. 6). Para materia orgánica se encontraron diferencias significativas entre el hábitat perturbado (10.67%) y conservado (14.15 %) (X^2=11.79; p=0.008) (Fig. 7).

El análisis de componentes principales incluyendo el pH, materia orgánica y contenido de agua tuvo una varianza total explicada por los dos primeros ejes de 76.08%. El eje 1 explicó el 40.36% de la varianza. El eje 1 se relacionó con el pH (0.756) y la materia orgánica (-0.498). El eje 2 de ACP explicó el 35.68% de la varianza. El eje 2 se relacionó con el contenido de agua en el suelo (0.739) y la materia orgánica (0.673) (Fig. 8, Apéndice 6).

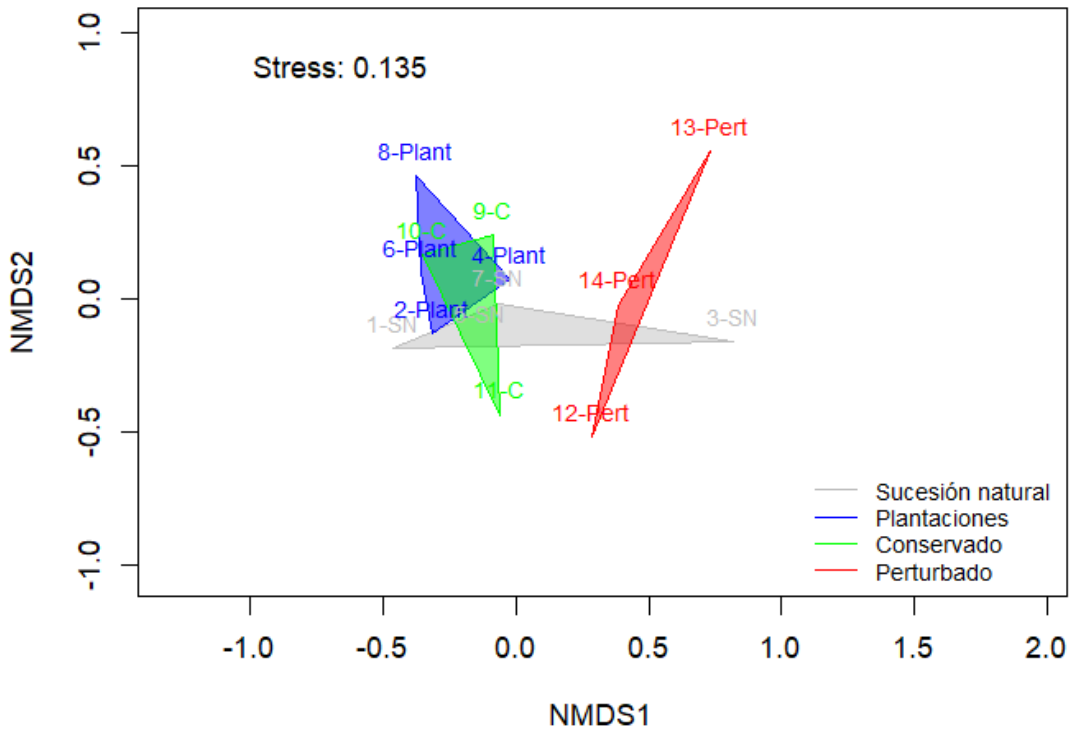


Figura 4. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico de la composición de hongos micorrizógenos arbusculares en cuatro hábitats: SN: sucesión natural (1, 3, 5, 7), Plant: plantaciones (2, 4, 6, 8), C: conservado (9-11) y Pert: perturbado (12-14), en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos.

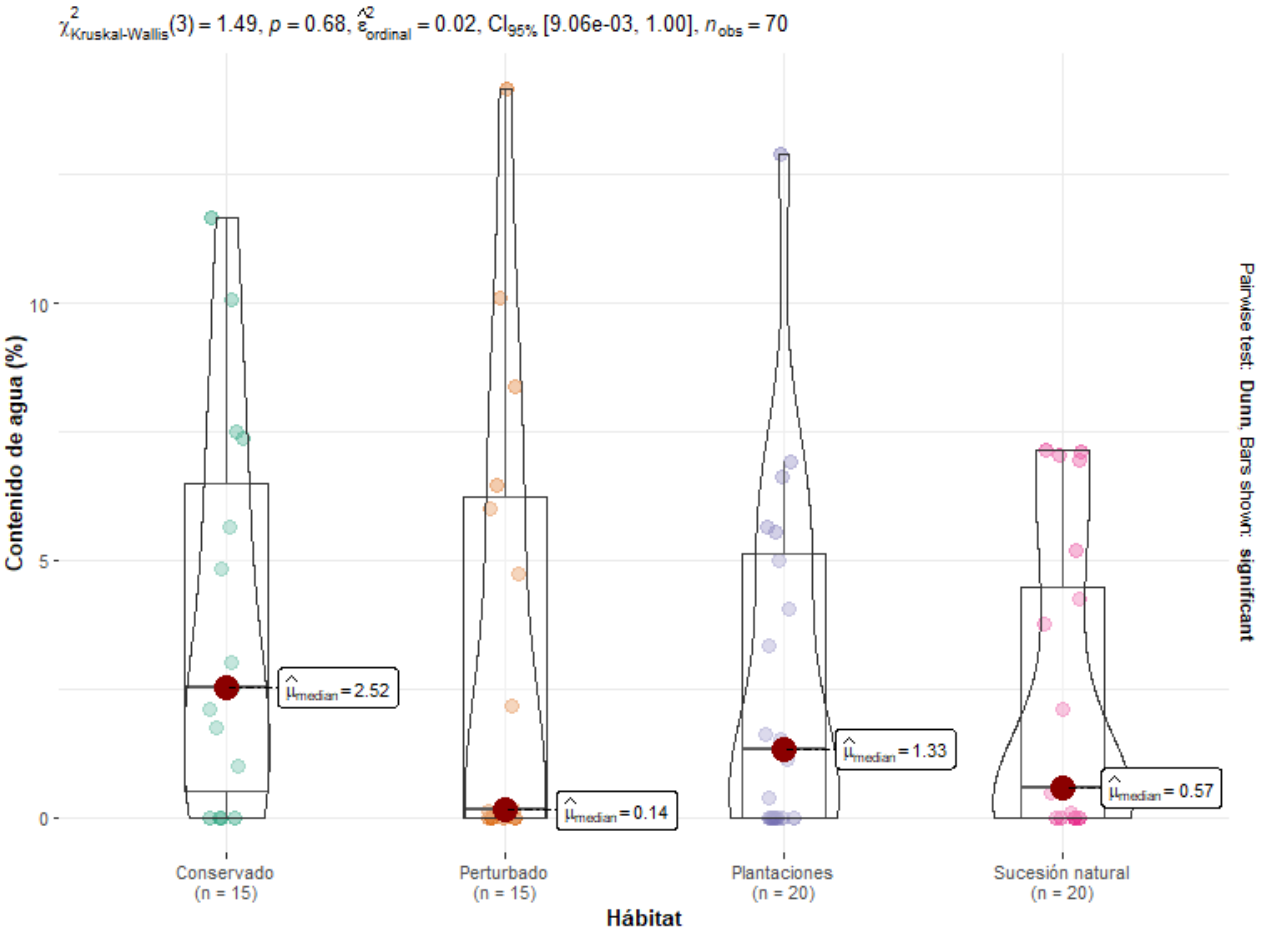


Figura 5. Porcentaje de contenido de agua en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución.

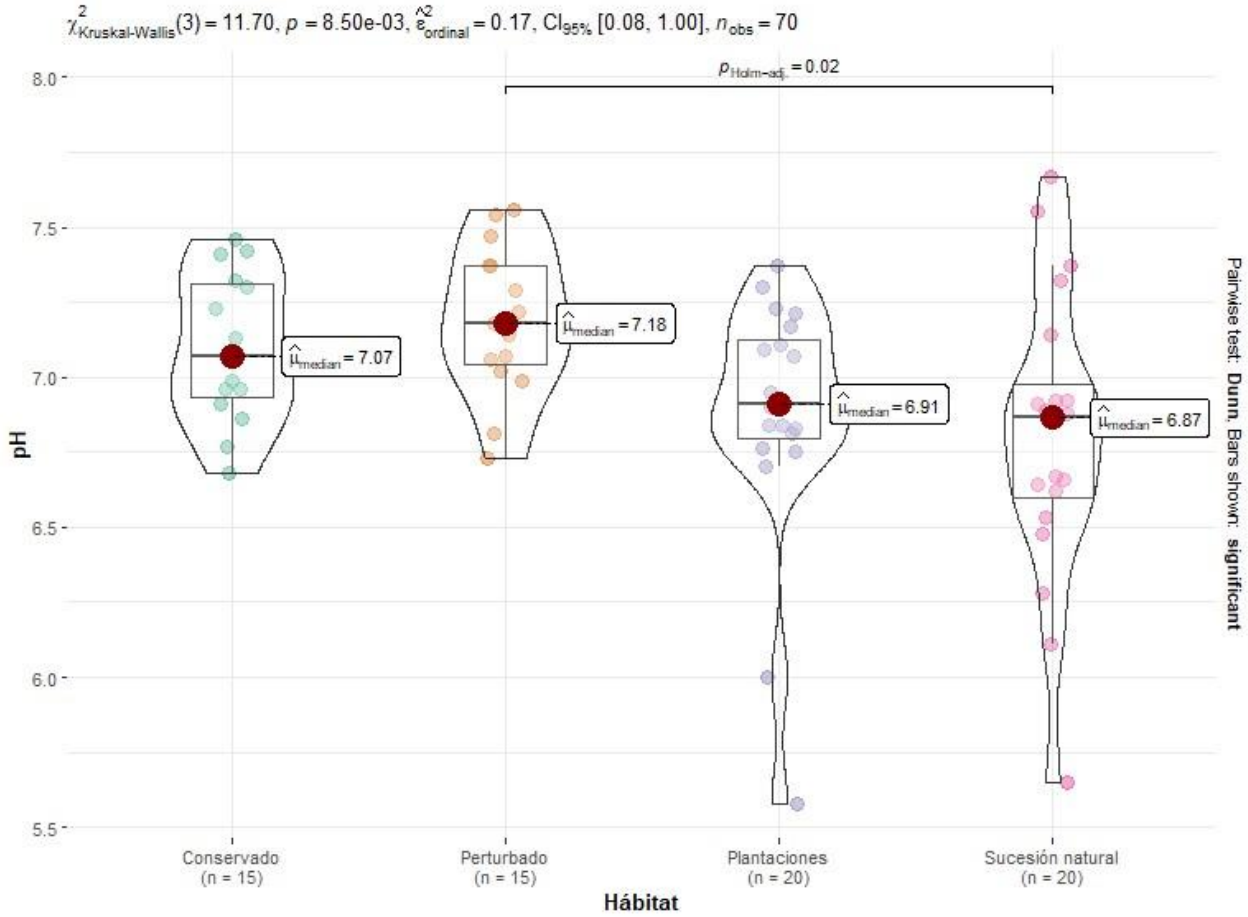


Figura 6. Valor de pH en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. La línea en la parte superior del gráfico indica comparaciones pareadas entre hábitats con diferencias significativas ($p < 0.05$). Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución.

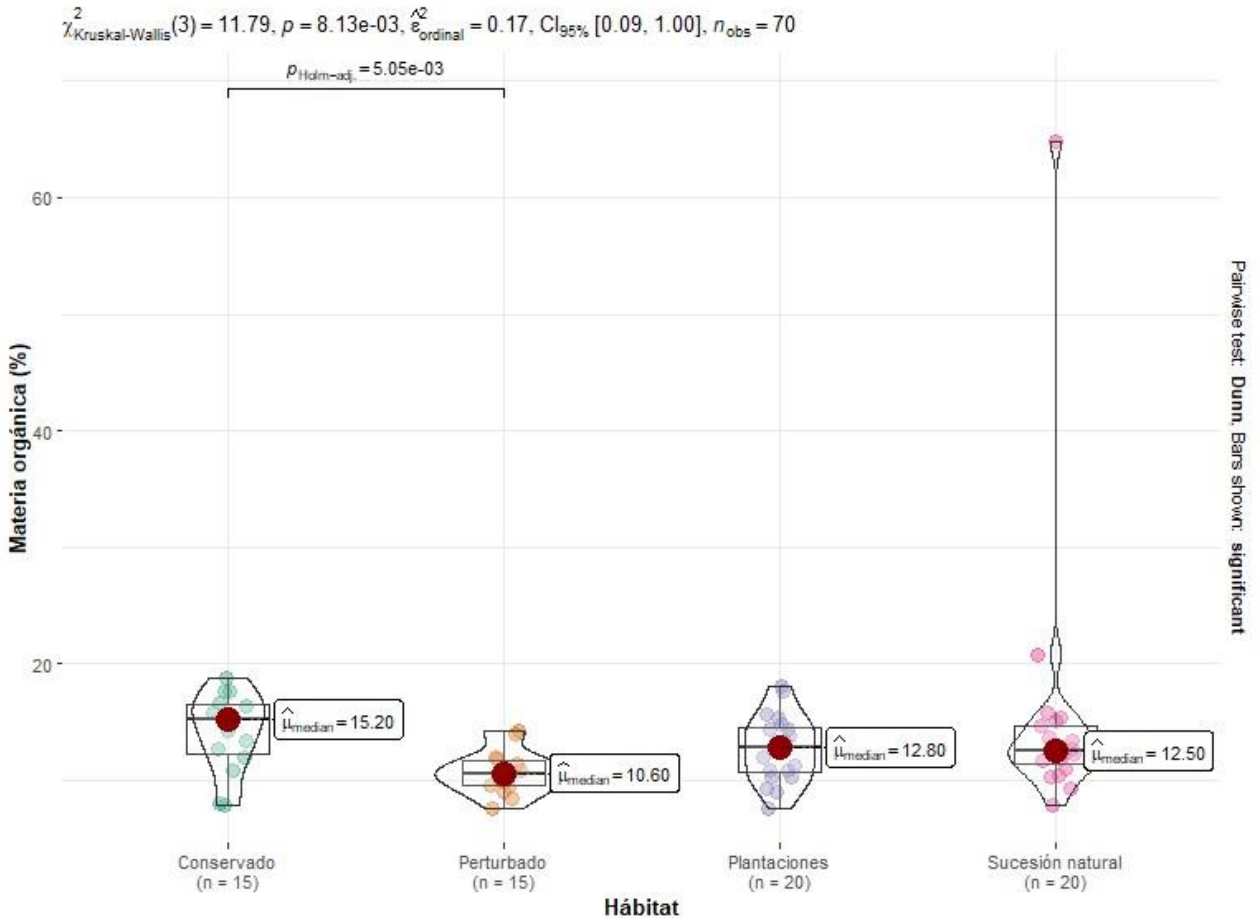


Figura 7. Contenido de materia orgánica en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. La línea en la parte superior del gráfico indica comparaciones pareadas entre hábitats con diferencias significativas ($p < 0.05$). Las cajas muestran la mediana y el rango intercuartílico, los bigotes indican la dispersión de los datos sin valores atípicos, y la forma del violín representa la densidad de la distribución.

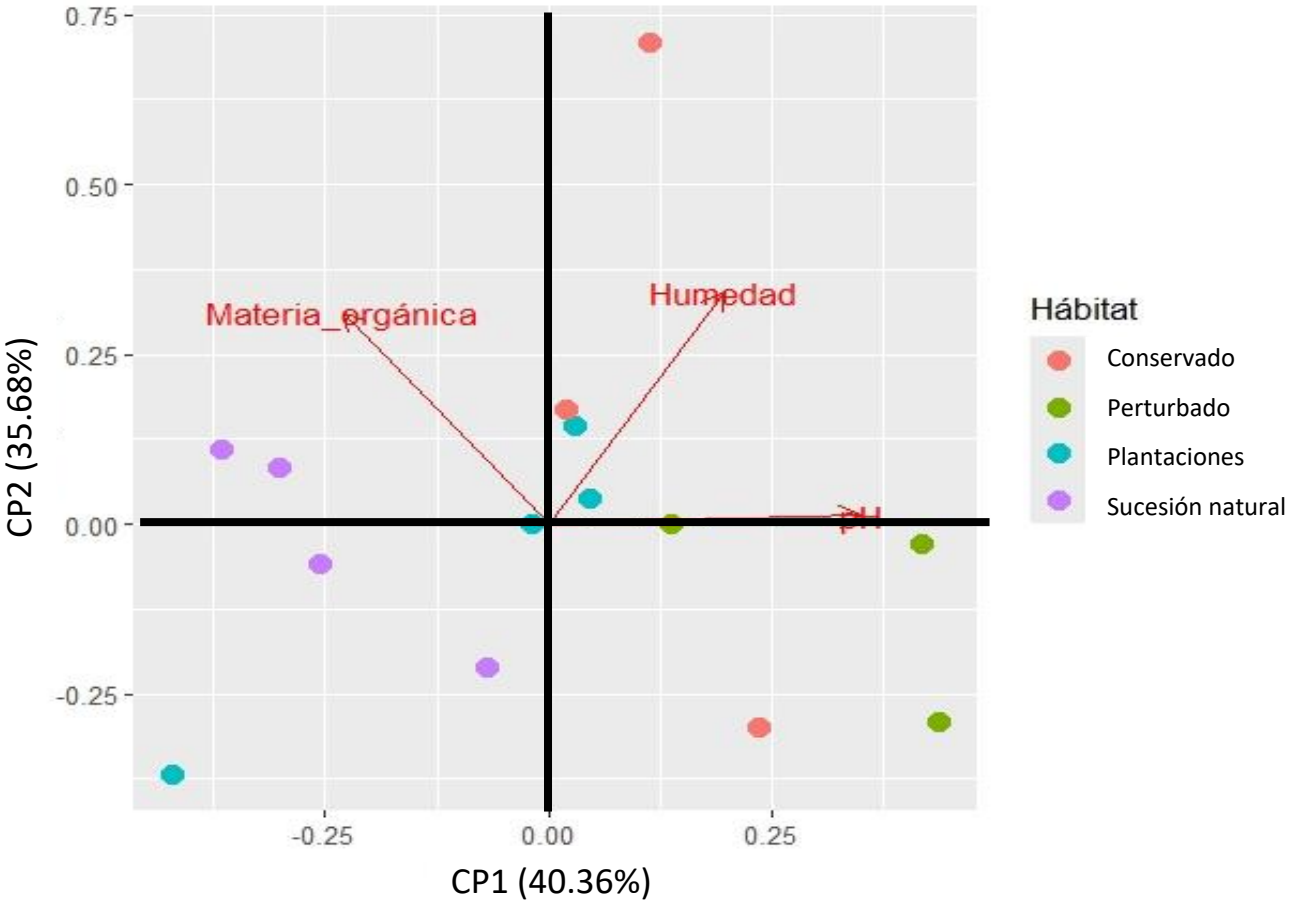


Figura 8. Análisis de componentes principales de la comunidad de hongos micorrizógenos arbusculares en cuatro hábitats: Perturbado, Plantaciones, Sucesión natural y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos.

El análisis de regresión mostró una relación lineal significativa entre el número de especies de HMA y el eje 1 del ACP (F=6.53, R^2= 0.37, p=0.02, Y^=37.559 - 3.339 * PC1) (Fig. 9). El eje 2 del ACP no se relacionó con la riqueza (F=0.97, R^2= 0.15, p= 0.1, Y^=39.473 - 1.914 * PC2). La abundancia de esporas no estuvo relacionada con los componentes principales 1 (F=0.56, R^2= 0.04, p= 0.4, Y^=396.36−18.90∗PC1) y 2 del ACP (F=0.0006, R^2= 0.006, p= 0.9, Y^=396.63+2.20∗PC2).

Al acoplar la matriz de las variables abióticas (pH, contenido de agua y materia orgánica) con la de composición de HMA, el análisis de correspondencia canónica (CCA) mostró que el 25.27% de la variabilidad total de la composición de HMA entre hábitats fue explicada por estas variables. Los tres primeros ejes explicaron el 61.9%, 20.0% y 13.7% respectivamente, acumulando el 95.6% de la varianza restringida. La variabilidad en la primera dimensión estuvo explicada por el pH (0.62), el contenido de agua (-0.56) y la materia orgánica (-0.33). La segunda dimensión estuvo explicada por el contenido de agua (-0.75) y el pH (-0.78). En cada cuadrante se ubicaron distintas morfoespecies (Fig. 10). En el Apéndice 7 se indican los identificadores de cada morfoespecie en el CCA.

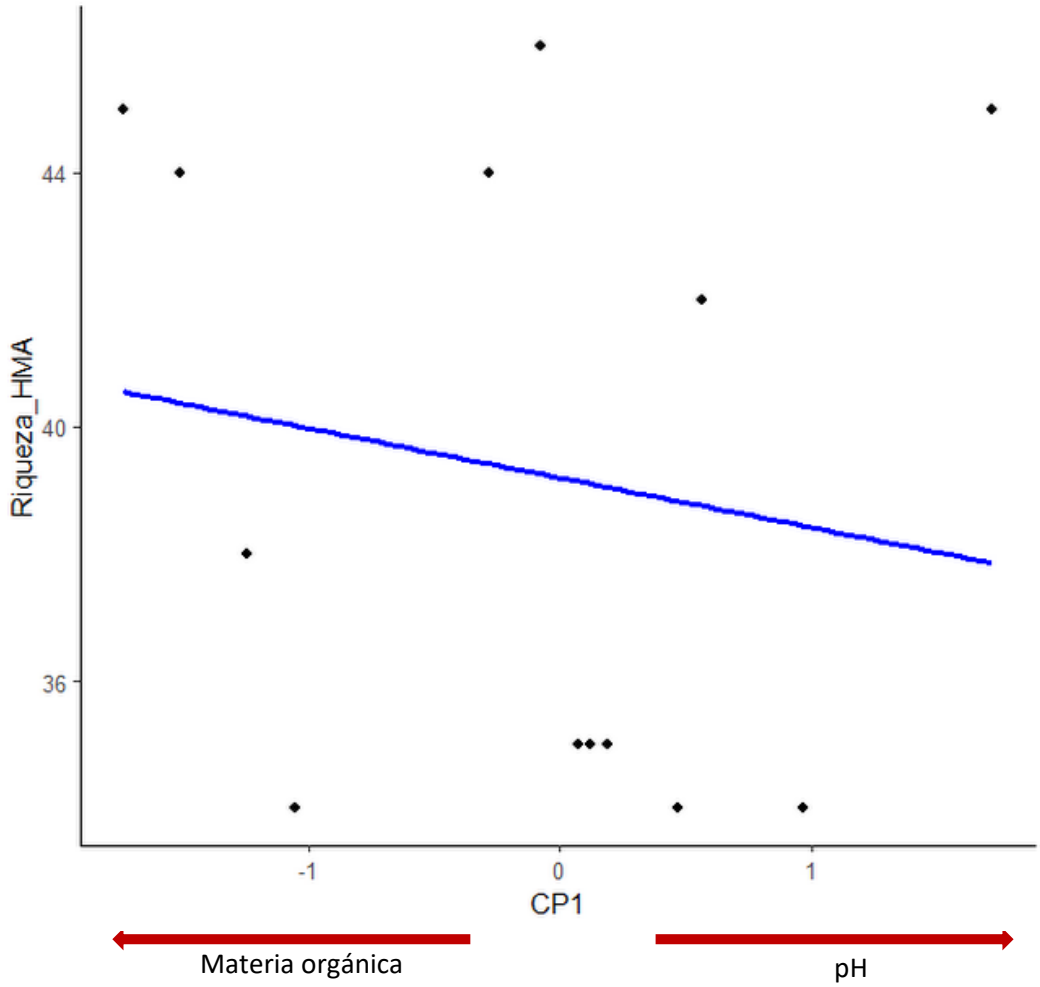


Figura 9. Regresión lineal (R^2= 0.3724, p=0.0268) entre riqueza de especies de hongos micorrizógenos arbusculares y componente principal 1 del análisis de componentes principales en cuatro hábitats: Perturbado, Plantaciones, Sucesión natural y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos.

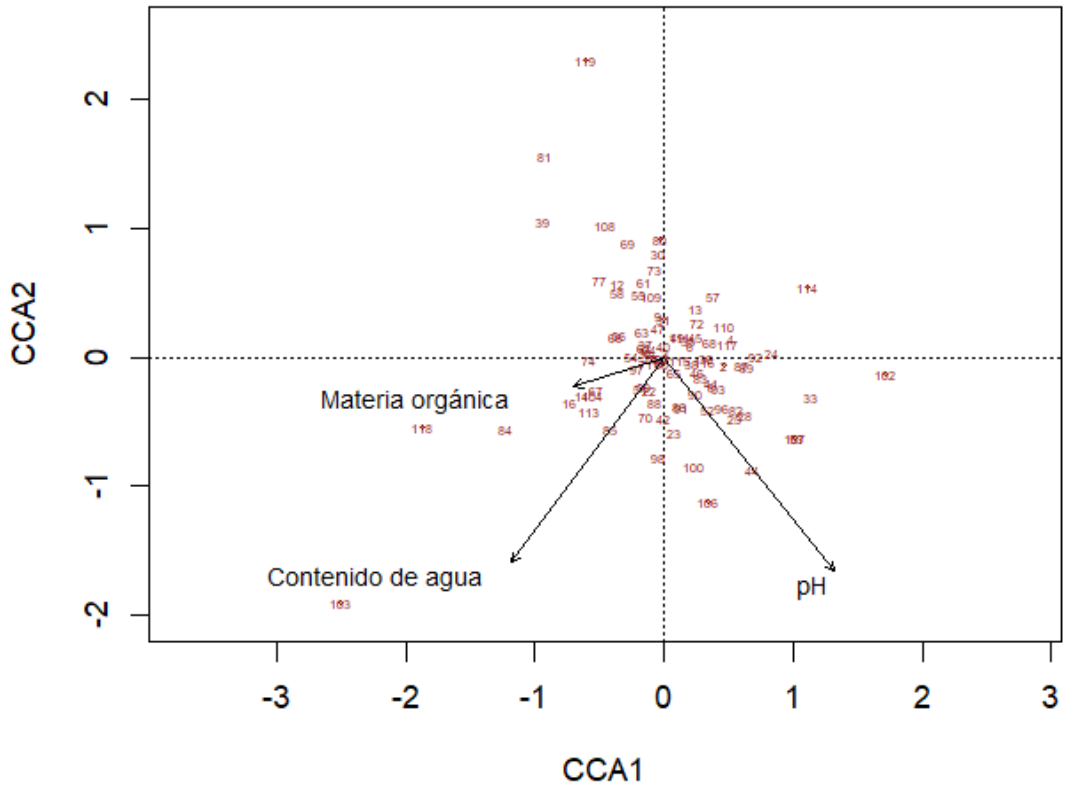


Figura 10. Análisis de correspondencia canónica de la composición de la comunidad de hongos micorrizógenos arbusculares y los parámetros edáficos abióticos en cuatro hábitats: Perturbado, Sucesión natural, Plantaciones y Conservado en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Los números en rojo indican las morfoespecies de hongos.

Discusión

Este trabajo evaluó el efecto de las prácticas y seguimiento de restauración durante 17 años sobre la comunidad de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). No se encontraron diferencias significativas en cuanto a riqueza de HMA y su abundancia entre los hábitats con intervención de restauración (plantaciones y sucesión natural), el hábitat conservado y el perturbado; aunque se observa una tendencia a una mayor riqueza estimada para el hábitat plantaciones, seguido de perturbado, sucesión natural, y conservado, respectivamente. Con respecto a la composición de HMA, es más similar entre los hábitats de plantaciones, sucesión natural y conservado y diferente al perturbado. El aumento del pH y la disminución de materia orgánica influyen en la disminución de la riqueza de HMA. Las variaciones en pH, materia orgánica y humedad repercuten en la composición de especies de HMA.

En México, hasta el año 2025 se han reportado 167 especies de HMA (Polo-Marcial *et al.,* 2025) y solo 53 de estas para selva estacionalmente seca (Polo-Marcial *et al.,* 2021). En este estudio se encontraron para selva estacionalmente seca 118 morfoespecies de HMA, de las cuales 31 fueron llevadas hasta el nivel de especie, valor que corresponde aproximadamente al 58% de las especies reportadas para selva estacionalmente seca hasta 2021 según Polo-Marcial *et al.* (2021). Además, los valores reportados en el presente estudio superan a los de estudios previos para el ecosistema en México (Guadarrama-Chávez *et al.,* 2007; Gavito *et al.*, 2008; Aguilar-Fernández *et al.,* 2009). La familia Glomeraceae predomina con 69 morfoespecies, los representantes de esta familia son considerados generalistas y capaces de dominar en ambientes perturbados (Davison *et al.,* 2015); esto coincide con lo encontrado en este

estudio con la presencia de 51 morfoespecies de Glomeraceae en el hábitat perturbado. Los representantes de Glomeraceae, especialmente las especies del género Glomus, tienen rasgos de historia de vida ruderal: invierten más en producir esporas (Oehl *et al.*, 2009) y tienen mecanismos especializados para fusionar de forma más rápida sus hifas y recolonizar raíces de las plantas (De la Providencia *et al.*, 2005). Los géneros *Glomus* y *Acaulospora* fueron los géneros más frecuentes con 58 y 30 morfoespecies, respectivamente; esto coincide con estudios previos en selva estacionalmente seca en México (Gavito *et al.*, 2008; Aguilar-Fernández *et al.*, 2009) y mantienen un patrón de distribución en América (Stürmer y Kemmelmeier, 2021).

Acaulospora tuberculata Janos & Trappe, fue reportada por primera vez para México en 2025, en dunas costeras de arena en Veracruz (Polo-Marcial *et al.,* 2025); en este estudio se reporta por segunda vez. Por otro lado, *Ambispora callosa* (Sieverd.) C. Walker, Vestberg & A. Schüssler que en este estudio aparece con 76 esporas, solo ha sido reportada en México para selva estacionalmente seca (Polo-Marcial *et al.,* 2021); esta especie ha sido reportada anteriormente en suelos agrícolas en la República de Zaire y Japón (http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Ambispora%20callosa.html; Walker *et al.*, 2007), en tierras altas tropicales de Rwanda (Sieverding, 1988), en pastizales de Japón (Walker *et al.*, 2007) y asociada a plantas medicinales en China e India (Jiang *et al.*, 2012; Chahar y Belose, 2018). *Acaulospora cavernata* Błaszk., *Acaulospora colombiana* (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever, *Acaulospora minuta* Oehl, Tchabi, Hount., Palenz., I.C. Sánchez & G.A. Silva, *Acaulospora reducta* Oehl, B.T. Goto & C.M.R., *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe, *Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Sm., *Glomus brohultii* R.A. Herrera, Ferrer & Sieverd., *Glomus citricola* D.Z. Tang & M. Zang, *Glomus trufemii* B.T. Goto,

G.A. Silva & F. Oehl, *Rhizoglomus fasciculatum (Thaxt.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl*, *Scutellospora scutata* C. Walker & Dieder. y *Septoglomus viscosum* (T.H. Nicolson) C. Walker, D. Redecker, D. Stiller & A. Schüssler no habían sido reportadas hasta el momento para selva estacionalmente seca en México; pero si en otros ecosistemas como agroecosistemas, bosque nuboso montano tropical, pastizales, bosque templado y matorrales xerófilos (Polo-Marcial *et al.,* 2021; Polo-Marcial *et al.,* 2023, Polo-Marcial *et al.,* 2025).

Contrario a lo esperado, no se encontraron diferencias significativas de la riqueza de HMA entre hábitats. Esto concuerda con resultados obtenidos por Fajardo *et al.* (2015) para selva estacionalmente seca en Venezuela en hábitats con plantaciones de restauración de especies nativas (con aplicación o no de hidrogel) y sucesión natural. Aunque no se encontraron diferencias significativas, la riqueza estimada fue mayor para el hábitat plantaciones, seguido del perturbado, sucesión natural y conservado, respectivamente. Los resultados obtenidos pueden estar vinculados a una mayor riqueza de especies vegetales de árboles en el hábitat de plantaciones (Hernández-Galindo *et al.*, 2022). La riqueza de plantas hospederas tiene una relación positiva con la riqueza de HMA; una variedad de plantas hospederas que proporcionen entornos variables para los HMA son esenciales para el mantenimiento de la diversidad de la comunidad de estos hongos (Lovelock *et al.*, 2003). Los resultados de este estudio difieren de los obtenidos por Guadarrama-Chávez *et al.* (2007) en Oaxaca, México; en dicho estudio encontraron más riqueza de HMA en regiones con vegetación secundaria luego del abandono de campos agrícolas y una riqueza similar entre sitios con cultivos de maíz y selva estacionalmente seca. También

difieren de los resultados obtenidos por Bonfim *et al.* (2013) en áreas ribereñas pertenecientes al bioma de la Mata Atlántica en el Estado de São Paulo, Brasil; estos encontraron una mayor riqueza de HMA en los sitios de referencia, en comparación con sitios que tenían entre 5 y 20 años de intervención para la recuperación ambiental. Según un estudio realizado por Álvarez-Sánchez *et al.* (2012), identificaron que en sitios mexicanos (bosque templado, bosque tropical lluvioso, selva estacionalmente seca) la riqueza de especies de HMA aumentó bajo condiciones de baja perturbación (sucesión temprana).

Como se esperaba, con respecto a la abundancia, no se encontraron diferencias significativas entre hábitats, lo cual coincide con estudios previos realizados para selva estacionalmente seca en México (Guadarrama *et al.,* 2008; Guadarrama *et al.,* 2014). Por otra parte, los resultados no coinciden con un estudio realizado por Fajardo *et al.* (2015) en selva estacionalmente seca en Venezuela, quienes encontraron mayor cantidad de esporas en sucesión natural (4 años) que en zonas con plantaciones de especies nativas.

Aunque no se encontró diferencias significativas en cuanto a composición entre hábitats, se observa una separación, siendo más similar la composición entre los hábitats con intervención de restauración y conservado, y menos similar al del hábitat perturbado. Solamente una parcela de sucesión natural se encontró distante de las otras tres correspondientes al hábitat. Las parcelas del hábitat perturbado fueron más heterogéneas en cuanto a su composición de HMA; ello puede explicarse por las diferencias en la composición vegetal y no a variaciones en las variables abióticas medidas; en este hábitat, aunque tuvo menor materia orgánica promedio y pH

promedio más alto, ambas variables no presentaron valores de desviación diferentes a los de los otros hábitats. Además, en el caso de los hábitats de plantaciones y conservado presentan una mayor similitud en cuanto a la composición de HMA entre las parcelas del mismo hábitat. En un estudio realizado por Fajardo *et al.* (2015) en selva estacionalmente seca en Venezuela, encontraron una composición diferente entre sitios con plantaciones de restauración y sucesión natural con presencia de herbáceas, a pesar de la eliminación de la perturbación en ambos casos desde hacía cuatro años; los resultados de dicho estudio indican que este tiempo no había sido suficiente para recuperar una comunidad de HMA que fuera similar entre estos sitios. En el presente estudio los resultados indican que las acciones de restauración han tenido un impacto positivo en la composición de HMA pasados 17 años, acercándose a la composición presente en el hábitat conservado.

Los hábitats con intervención de restauración y el conservado presentaron un mayor número de especies de la familia Gigasporaceae, que se han reportado como susceptibles a perturbaciones (Lovera y Cuenca, 2007). Esto puede estar indicando que estos hábitats presentan condiciones menos estresantes para las especies pertenecientes a esta familia, como es el caso de *Gigaspora gigantea* que se encontró en el hábitat de sucesión natural y de plantaciones. Esta especie se ha encontrado en zonas de vegetación secundaria y en sitios de selva estacionalmente seca en estudios previos y han catalogado a la especie como poco tolerante a los disturbios (Guadarrama-Chávez *et al*., 2007). En el presente estudio *Glomus trufemii* solo fue detectado en el hábitat de sucesión natural. Los hábitats con intervención de restauración correspondientes al presente estudio presentan una mayor presencia de herbáceas con respecto al hábitat conservado y el perturbado, con predominio de

morfoespecies de las familias Poaceae y Asteraceae (de la O-Toris *et al.*, 2012). Esto podría indicar, como han reportado previamente otros autores, que *Glomus trufemii* se asocia con plantas herbáceas (Goto *et al.*, 2012; Álvarez-Lopeztello *et al.*, 2018), inclusive en ambientes peri-urbanos (Polo-Marcial *et al*., 2022)

Los valores de pH estuvieron entre 5.58 y 7.67 con diferencias significativas entre el hábitat de sucesión natural y el perturbado. En la literatura se han reportado valores de pH entre 5.7-6.6 en selva estacionalmente seca (Rivero-Villar *et al.*, 2022). El pH entre 6 y 7 es ideal para el desarrollo de los HMA, sin importar el género (Bagyaraj, 1991, Hernández-Acosta *et al.*, 2021). Para materia orgánica se encontraron diferencias significativas entre el hábitat perturbado y conservado, presentando el hábitat conservado los mayores valores. Esto puede estar dado por una mayor densidad de especies vegetales (datos reportados por Hernández-Galindo *et al.*, 2022) y mayor biomasa de plantas herbáceas en el hábitat conservado (de la O-Toris *et al.*, 2012). Con respecto al contenido de agua, en este estudio no se encontraron diferencias significativas entre hábitats, esto puede estar dado por la toma de muestras en temporada seca, en un ambiente caracterizado por largas temporadas de sequía. Los resultados no coinciden con los obtenidos por Fajardo *et al.* (2015) también para época de sequía en selva estacionalmente seca; en dicho estudio reportaron un mayor contenido de agua para hábitat con plantaciones y uso de hidrogel, en comparación con hábitat con plantaciones y de sucesión natural.

En el caso de las variables del suelo, riqueza y abundancia de HMA, solo se cumplió parcialmente lo esperado; el pH y la materia orgánica explicaron la riqueza de especies de HMA en los distintos hábitats analizados, mientras que la abundancia de

HMA no se logró explicar con las variables del suelo medidas. La riqueza de HMA estuvo relacionada de manera lineal con el pH (negativamente) y la materia orgánica (positivamente). La abundancia no siguió ese comportamiento. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por López y Peña (2018) para el bosque altoandino colombiano quienes reportaron una relación positiva entre la materia orgánica y el pH con la abundancia de HMA. Tampoco coincide con los resultados obtenidos por Peña-Venegas *et al.* (2007) en suelos ácidos del sur de la Amazonia colombiana, quienes encontraron una relación positiva del pH tanto con el contenido de ADN como con el número de esporas de HMA. Por otra parte, coincide parcialmente con el estudio realizado por Méndez-Matias *et al.* (2021) en regiones con sequía en Oaxaca con cultivos de maíz; la riqueza de HMA estuvo asociada con variables del suelo, la abundancia de esporas tuvo asociación positiva con el contenido de agua y la concentración de fósforo disponible, pero negativa con el pH. Estos resultados indican que la relación de la riqueza y abundancia de HMA puede estar variando según las condiciones del sitio y las especies presentes.

De acuerdo con lo esperado, las variables del suelo repercuten en la composición de HMA. Las especies ubicadas en el cuadrante inferior izquierdo están más asociadas con valores altos de materia orgánica, mientras que las del cuadrante inferior derecho se relacionan con un menor porcentaje de materia orgánica. En ambos casos, presentan una mayor relación con valores elevados de pH y contenido de agua. Por otro lado, solo las especies en la parte superior están más vinculadas con valores bajos de contenido de agua y pH. Chaudhary *et al.* (2008) propusieron que el clima y las propiedades del suelo (coincidiendo contenido de materia orgánica y pH para el presente estudio), combinadas con las propiedades bióticas (composición de

las comunidades vegetales y las interacciones intra- e interespecíficas) repercuten en la distribución de las especies de HMA. Otros estudios mencionan a las propiedades físico-químicas del suelo como los factores determinantes de la composición de la comunidad de HMA (de Souza y Freitas, 2017). Las esporas glomoides (especies del género *Glomus sensu lato*) suelen predominar en diversas condiciones de suelo debido a su alta resistencia a los disturbios, a diferencia de las especies gigasporoides (géneros *Gigaspora, Dentiscutata, Racocetra* y *Scutellospora*) que son menos resistentes (Oehl *et al.*, 2003; Hart y Reader, 2004). Los géneros *Acaulospora* y *Glomus* comprenden un mayor número de especies que presentan adaptaciones a suelos degradados y con valores bajos de pH (Boddington y Dood, 2000; Lovelock *et al.*, 2003).

Conclusiones

- Aunque la riqueza y abundancia de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) no difirió entre hábitats, la restauración ecológica en El Limón de Cuauchichinola ha favorecido la ocurrencia de ciertos grupos, sugiriendo una recuperación de la comunidad de HMA.
- El aumento del pH y la disminución de materia orgánica están relacionados con una disminución de la riqueza de HMA.
- El pH, contenido de agua edáfico y materia orgánica influyen en la composición de HMA.

Literatura citada

Aguilar-Fernández, M., Jaramillo, V. J., Varela-Fregoso, L., & Gavito, M. E. (2009). Short-term consequences of slash-and-burn practices on the arbuscular mycorrhizal fungi of a tropical dry forest. *Mycorrhiza*, *19*, 179-186.

Álvarez-Lopeztello, J., Hernández-Cuevas, L. V., Castillo, R. F. D., & Robles, C. (2018). Second world record of *Glomus trufemii* (Glomeromycota: Fungi), an arbuscular mycorrhizal fungus from a Mexican savanna. *Revista mexicana de biodiversidad*, *89*(1), 298-300.

Álvarez-Sánchez, J., Johnson, N. C., Antoninka, A., Chaudhary, V. B., Lau, M. K., Owen, S. M., Guadarrama, P., & Castillo, S. (2012). Large-scale diversity patterns in spore communities of arbuscular mycorrhizal fungi. Mycorrhiza: occurrence and role in natural and restored environments. *Nova Science Publishers, Hauppauge,* 33-50.

Barrer, S. E. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 7*(1).

Bagyaraj, B. D. (1991). Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. En D. K. Arora, B. Rai, K. G. Mukerji, & G. R. Knudsen (Eds.), *Handbook of applied mycology: Vol. 1. Soil and plants* (pp. 3–34). Marcel Dekker.

Begon, M., Harper, J., & Townsend, C. (1997). *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*. Editorial Omega.

Benayas, J. M. R., Newton, A. C., Diaz, A., & Bullock J. M. (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis. *Science, 325*, 1121-1124.

Bertolini, V., Montano, N. M., Salazar-Ortuño, B. L., Chimal-Sánchez, E., & Varela, L. (2020). Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en plantaciones de café (*Coffea arabica*) del volcán Tacana, Chiapas, México. *Acta Botanica Mexicana*, *127*, 1-16.

Bever, J. D. (1999). Dynamics within mutualism and the maintenance of diversity: inference from a model of interguild frequency dependence. *Ecology Letters*, *2*(1), 52-61.

Boddington, C. L., & Dodd, J. C. (2000). The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. II. Studies in experimental microcosms. *Plant and Soil*, *218*, 145-157.

Bonfim, J. A., Vasconcellos, R. L. F., Stürmer, S. L., & Cardoso, E. J. B. N. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi in the Brazilian Atlantic forest: A gradient of environmental restoration. *Applied Soil Ecology, 71*, 7-14.

Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., & Malajczuk, N. (1996). *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.

Bullock, H., Mooney, A., & Medina, E. (1995). *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press.

Chagnon, P. L., Bradley, R. L., Maherali, H. y Klironomos, J. N. (2013). A trait-based framework to understand the life history of mycorrhizal fungi. *Trends in Plant Science, 18,* 484–491.

Chahar, S., & Belose, S. (2018) AM Fungal Diversity in selected medicinal trees of Sanjay Gandhi National Park, Borivali, Mumbai, India. *International Journal of Life Sciences, 6(2)*, 517-522.

Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monograph, 84*(1), 45-67.

Chaudhary, V., Lau, M., & Johnson, N. (2008). Macroecology of microbes-biogeography of the Glomeromycota. En A. Varma (Ed.), *Mycorrhiza* (pp. 529–565). Springer-Verlag.

Chávez-Hernández, C. G., Barrera Aguilar, C. C., Téllez Espinosa, G. J., Chimal-Sánchez, E., & García-Sánchez, R. (2021). Colonización micorrízica y comunidades de hongos micorrizógenos arbusculares en plantas medicinales del bosque templado "Agua Escondida", Taxco, Guerrero, México. *Scientia fungorum*, *51*.

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology, 18*, 117-143.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2005). *Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla México*. México: SEPRIM.

Cornejo, P., Meier, S., Borie, G., Rilling, M. C., & Borie, F. (2008). Glomalin-related soil protein in a Mediterranean ecosystem affected by a copper smelter and its contribution to Cu and Zn sequestration. *Science of the Total Environment, 406*(1), 154-160.

da Silva, D. F., Moreira, J. V., de Sousa, L. I. S., Santana, M. C., Mota, J. C. A., dos Santos Queiroz, A., Vasconcelos, I., Miranda, A. M., Ferreira, A. D., Maciel, V. M., Valente, É., Nogueira, E. J. B. & de Araujo Pereira, A. P. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi community in soils under desertification and restoration in the Brazilian semiarid. *Microbiological Research, 264,* 127161.

Davison, J., Moora, M., Öpik, M., Adholeya, A., Ainsaar, L., Bâ, A., Burla, A. G., Hiiesalu, I., Jairus, T., Johnson, N. C., Kane, A., Koorem, K., Kochar, M., Ndiaye, C., Pärtel, M., Reier, Ü., Saks, Ü., Singh, R., Vasar, M., & Zobel, M. (2015). Global assessment of arbuscular mycorrhizal fungus diversity reveals very low endemism. *Science*, *349*(6251), 970-973.

de la O-Toris, J., Maldonado, B., & Martínez-Garza, C. (2012). Efecto de la perturbación en la comunidad de herbáceas nativas y ruderales de una selva estacional mexicana. *Botanical Sciences, 90*(4), 469-480.

De La Providencia, I. E., De Souza, F. A., Fernández, F., Delmas, N. S., & Declerck, S. (2005). Arbuscular mycorrhizal fungi reveal distinct patterns of anastomosis formation and hyphal healing mechanisms between different phylogenic groups. *New Phytologist, 165(1),* 261-271.

de Souza, T. A. F., & Freitas, H. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungal community assembly in the Brazilian tropical seasonal dry forest. *Ecological Processes, 6*, 1–10.

Dirzo, R., Young, H. S., Mooney, H. A., & Ceballos, G. (Eds.). (2011). *Seasonally dry tropical forests: Ecology and conservation* (p. 392). Island Press.

Duque, G., & Escobar, C. (2016). Relaciones gravimétricas y volumétricas del suelo. *Gromecánica*, 29–32.

Fajardo, L., Lovera, M., Arrindell, P., Aguilar, V. H., Hasmy, Z., & Cuenca, G. (2015). Morphotype-based characterization of arbuscular mycorrhizal fungal communities in a restored tropical dry forest, Margarita island-Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, *63*(3), 859-870. https://doi.org/10.15517/RBT.V63I3.15940

Fox, J., & Weisberg, S. *(2019). _An R Companion to Applied Regression_, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA. https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.*

Frank, B. (2005). On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of AB Frank's classic paper of 1885). *Mycorrhiza, 15*(4), 267-275. https://doi.org/10.1007/s00572-004-0329-y

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decleer, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration (2ª ed.). *Restoration Ecology*, *27*(S1), S1–S46.

Gavito, M. E., Pérez-Castillo, D., González-Monterrubio, C. F., Vieyra-Hernández, T., & Martínez-Trujillo, M. (2008). High compatibility between arbuscular mycorrhizal fungal communities and seedlings of different land use types in a tropical dry ecosystem. *Mycorrhiza, 19*, 47-60.

Giovannetti, M. (2008). Structure, extent and functional significance of belowground arbuscular mycorrhizal networks. En *Mycorrhiza: State of the art, genetics and molecular biology, eco-function, biotechnology, eco-physiology, structure and systematics* (3ª ed., pp. 59–72). Springer-Verlag.

Goto, B. T., Jardim, J. G., Silva, G. A. D., Furrazola, E., Torres-Arias, Y., & Oehl, F. (2012). *Glomus trufemii* (Glomeromycetes), a new sporocarpic species from Brazilian sand dunes. *Mycotaxon, 120*(1), 1-9.

Guadarrama, P., Álvarez-Sánchez, J., & Briones, O. (2004). Seedling growth of two pioneer tropical species in competition: the role of arbuscular mycorrhizae. *Euphytica, 138*, 113-121.

Guadarrama, P., Castillo-Argüero, S., Ramos-Zapata, J. A., Camargo-Ricalde, S. L., & Álvarez-Sánchez, J. (2008). Propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in a secondary dry forest of Oaxaca, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, *56*(1), 269-277.

Guadarrama, P., Castillo, S., Ramos-Zapata, J. A., Hernández-Cuevas, L. V., & Camargo-Ricalde, S. L. (2014). Arbuscular mycorrhizal fungal communities in changing environments: The effects of seasonality and anthropogenic disturbance in a seasonal dry forest. *Pedobiologia, 57*(2), 87-95.

Guadarrama-Chávez, P., Camargo-Ricalde, S. L., Hernández-Cuevas, L., & Castillo-Argüero, S. (2007). Los hongos micorrizógenos arbusculares de la región de Nizanda, Oaxaca, México. *Botanical Sciences, 81*, 131-137.

Hart, M.M., & Reader, R.J. 2004. Do arbuscular mycorrhizal fungi recover from soil disturbance differently? *Tropical Ecology, 45,* 97-111.

Hartnett, D. C., & Wilson, G. W. T. (1999). Mycorrhizae influence plant community structure and diversity in tallgrass prairie. *Ecology, 80*, 1187–1195.

Hernández-Acosta, E., Banuelos, J., & Trejo-Aguilar, D. (2021). Revisión: Distribución y efecto de los hongos micorrízicos en el agroecosistema de café. *Revista de Biología Tropical, 69(2),* 445-461.

Hernández-Galindo, M. D. L. Á., Martínez-Garza, C., Rosas-Pacheco, L. F., & Ayestarán-Hernández, L. M. (2022). Sexual systems of Tropical Dry Forest trees in restored habitats. *Botanical Sciences*, *100*(3), 515-533.

IPBES (2018): The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 744 pages.

Jiang Pan, J. P., Wang MingYuan, W. M., & Lu JingChan, L. J. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi associated with medicinal plants in Zhangzhou, Fujian. *Mycosystema*, *31(5)*, 676-689.

Joner, E.J., van Aarle, I.M., & Vosatka, M. (2000). Phosphatase activity of extra-radical arbuscular mycorrhizal hyphae: A review. *Plant Soil, 226*, 199–210.

Jones, M. D., & Smith, S. E. (2004). Exploring functional definitions of mycorrhizas: are mycorrhizas always mutualisms?. *Canadian Journal of Botany*, *82*(8), 1089-1109.

Kassambara, A. (2023). _ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots_. R package version 0.6.0, <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>.

Kemmelmeier, K., Dos Santos, D. A., Grittz, G. S., & Stürmer, S. L. (2022). Composition and seasonal variation of the arbuscular mycorrhizal fungi spore community in litter, root mat, and soil from a subtropical rain forest. *Mycorrhiza, 32(5),* 409-423.

Kuhar, J. F., Castiglia, V. C., & Papinutti, V. L. (2013). Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos. *Revista Boletín Biológica, 28*, 11-18.

Lara-Pérez, L. A., Oros-Ortega, I., Córdova-Lara, I., Estrada-Medina, H., O'Connor-Sánchez, A., Góngora-Castillo, E., & Sáenz-Carbonell, L. (2020). Seasonal shifts of

arbuscular mycorrhizal fungi in Cocos nucifera roots in Yucatan, Mexico. *Mycorrhiza, 30,* 269-283.

Lekberg, Y., Koide, R. T., Rohr, J. R., Aldrich-Wolfe, L., & Morton, J. B. (2007). Role of niche restrictions and dispersal in the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Journal of Ecology*, *95,* 95–105.

Lenoir, I., Fontaine, J., & Sahraoui, A. L. H. (2016). Arbuscular mycorrhizal fungal responses to abiotic stresses: a review. *Phytochemistry*, *123*, 4-15.

Little, I. P. (1992). The Relationship between Soil pH Measurements in Calcium Chloride and Water Suspensions. *Australian Journal Soil Research, 30*, 587-592.

López, F., & Peña, D. Y. (2018). Presence of arbuscular mycorrhizal fungi spores in five succession states of altoandino Colombian forest. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 9*(2), 135–147. https://doi.org/https://doi.org/10.22490/21456453.2194

Lovelock, C. E., Andersen, K., & Morton, J. B. (2003). Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. *Oecologia, 135*, 268-279.

Lovera, M., & Cuenca, G. (2007). Diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, venezolana. *Interciencia*, *32,* 108–114.

Martínez, L.B., & Pugnaire, F.I. (2009). Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas, 18(2)*, 44-54.

Martínez-Garza, C., Juan-Baeza, I., León-Carvajal, K. L., & Hernández- Hernández, M. (2022a). La regeneración del bosque después de un incendio. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, *18*(44), 9.

Martínez-Garza, C., Campo-Alves, J., Valenzuela-Galván, C., Alba-García, L. & Nicólas-Medina, A. (2022b). Siembra directa de árboles nativos para la restauración de la selva estacionalmente seca. *Acta Botanica Mexicana, 129*, 1-32.

Martínez-Garza, C., Osorio-Beristain, M., Alcalá, R., Valenzuela-Galván, D., & Mariano N. (2016). Ocho años de restauración experimental en las selvas estacionales de México. En *Ceccon, E., Martínez-Garza, C. (Eds.)*, *Experiencias Mexicanas en la Restauración de Ecosistemas* (pp. 385-406). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-02-8157-0.

Martínez-Garza, C., Osorio-Beristain, M., Valenzuela-Galvan, D., & Nicolas-Medina, A. (2011). Intra and inter-annual variation in seed rain in a secondary dry tropical forest excluded from chronic disturbance. *Forest Ecology and Management, 262*(12), 2207-2218.

Medeiros, A. S., Goto, B. T., & Ganade, G. (2021). Ecological restoration methods influence the structure of arbuscular mycorrhizal fungal communities in degraded drylands. *Pedobiologia, 84,* 150690.

Méndez-Matias, A. M., Robles, C., & Cuevas, L. H. (2021). Hongos micorrizógenos arbusculares asociados con el cultivo de maíz en regiones con sequía en Oaxaca. *Agrociencia*, *55*(1), 19-35.

Minchin, P. R. (1987). An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. *Vegetatio, 69*, 89-107.

Miranda, F., & Hernández, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México, 28*, 29-179.

Montaño, N. M., Camargo-Ricalde, S. L., García-Sánchez, R., & Monroy, A. (Eds.). (2007). *Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos (Arbuscular*

mycorrhizae in arid and semiarid ecosystems). Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Mundi-Prensa SA de CV, UAM Iztapalapa, FES Zaragoza, UNAM. Distrito Federal, México. 460 pp.

Moreira, M.S, & Siqueira, J. (2002). *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Editora UFLA. Lavras, Brazil. 625 p.

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd.

Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Mäder, P., Boller, T., & Wiemken, A. (2003). Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Applied and environmental microbiology, 69(5),* 2816-2824.

Oehl, F., Sieverding, E., Ineichen, K., Maeder, P., Wiemken, A., & Boller, T. (2009). Distinct sporulation dynamics of arbuscular mycorrhizal fungal communities from different agroecosystems in long-term microcosms. *Agriculture, ecosystems & environment, 134*(3-4), 257-268.

Oehl, F., Sieverding, E., Palenzuela, J., Ineichen, K., & da Silva, G. A. (2011a). Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *International Mycological Association Fungus, 2*, 191–199.

Oehl, F., da Silva, G. A., Goto, B. T., & Sieverding, E. (2011b). Glomeromycota: three new genera and glomoid species reorganized. *Mycotaxon, 116*, 75–120.

Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Cáceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., McGlinn, D.,

Ouellette, M., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C., & Weedon, J. (2022). *vegan: Community ecology package* (versión 2.6-4) [Paquete de software R]. Recuperado de https://CRAN.R-project.org/package=vegan

Pagano, M., Scotti, M. R., & Cabello, M. N. (2012). Mycorrhizas, an important component in semiarid sites. En: Pagano, M. (Ed.). *Mycorrhiza: Occurrence in natural and restored environments* (pp. 127-290). New York: Nova Science Publishers.

Parniske, M. (2008). Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology, 6(10),* 763-775.

Patil, I. (2021). Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach. *Journal of Open Source Software, 6(61)*, 3167.

Peña-Venegas, C. P., Cardona, G. I., Arguelles, J. H., & Arcos, A. L. (2007). Micorrizas arbusculares del sur de la amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*, *37*, 327-336.

Peña-Venegas, C. P., & Cardona, G. (2010). *Dinámica de los suelos amazónicos: Procesos de degradación y alternativas para su recuperación.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi.

Pérez, A., & Fuentes, J. (2009). Regresión logística en la evaluación de la esporulación de micorrizas en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA, 1*, 1–18.

Polo-Marcial, M. H., Lara-Pérez, L. A., Goto, B. T., Margarito-Vista, X., & Andrade-Torres, A. (2021). Glomeromycota in Mexico, a country with very high richness. *Sydowia, 74*, 33-63.

Polo-Marcial, M. H., Lara-Pérez, L. A., Goto, B. T., Noa-Carrazana, J. C., Díaz-Fleischer, F., & Andrade-Torres, A. (2022). Tropical deciduous species under different land use

retain a high glomerospores diversity and arbuscular and septate endophyte colonization. *Nova Hedwigia*, *115*(3-4), 487-517.

Polo-Marcial, M. H., Gómez-Falcón, N., Alarcón, M. D. J., Sáenz-Carbonell, L., & Andrade-Torres, A. (2023). Una rara especie de hongo micorrízico arbuscular encontrada en Yucatán, México: *Acaulospora cavernata*. *Centro, 15*, 180-183.

Polo-Marcial, M. H., Lara-Pérez, L. A., Pavón-Reyes, P. D., & Goto, B. T. (2025). Three new records of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Glomeromycota) from Mexico: Acaulospora tuberculata, Glomus crenatum, and Racocetra crispa. *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology)*, *15*(1), 10-21.

Poorter, L., Amissah, L., Bongers, F., Hordijk, I., Kok, J., Laurance, S. G., Lohbeck, M., Martínez-Ramos, M., Matsuo, T., Meave, J. A., Muñoz, R., Peña-Claros, M., & van der Sande, M. T. (2023). Successional theories. *Biological Reviews, 98*(6), 2049-2077.

Redecker, D., Schüßler, A., Stockinger, H., Stürmer, S., Morton, J., & Walker, C. (2013). An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza, 23*, 515–531.

Rivero-Villar, A., de la Peña-Domene, M., Rodríguez-Tapia, G., Giardina, C. P., & Campo, J. (2022). A pantropical overview of soils across tropical dry forest ecoregions. *Sustainability, 14*(11), 6803.

Ruiz, P. O., Rojas, K. C., & Sieverding, E. (2011). La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo, 23,* 47-63.

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Saenz-Pedroza, I., Ramírez-Díaz, C. J., Manjarrez, J., & Zepeda-Gómez, C. (2022). Bosque tropical seco: entre lluvias, secas y humanos. *Desde El Herbario CICY, 14*, 5–10.

Schüßler, A., & Walker, C. (2010). The Glomeromycota: a species list with new families and new genera. The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University.

Sierraalta, D., Cáceres, A., Hernández Valencia, I., Gajardo, R., Cáceres-Mago, K., & Rodríguez, A. (2021). Efecto de la revegetación con la especie nativa *Piscidia carthagenensis* Jacq. sobre la calidad del suelo en un matorral xerófito intervenido para la extracción de arena. *Multequina, 30*(2), 143-156.

Sieverding, E. (1988). Two new species of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae from tropical highlands of Africa. *Angewandte Botanik (Germany, FR)*, *62*(5).

Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). Mycorrhizal symbiosis (3rd ed.). Elsevier Academic Press.

Soka, G.E.& Ritchie, M.E. (2018). Arbuscular mycorrhizal spore composition and diversity associated with different land uses in a tropical savanna landscape, Tanzania. *Applied Soil Ecology, 125,* 222–232.

Solís-Rodríguez, U. R. J., Ramos-Zapata, J.A., Hernández-Cuevas, L., Salinas-Peba, L. & Guadarrama, P. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi diversity and distribution in tropical low flooding forest in Mexico. *Mycological Progress, 19,* 195–204.

Stürmer, S. L., & Kemmelmeier, K. (2021). The Glomeromycota in the neotropics. *Frontiers in microbiology*, 11, 553679.

Tang, Y., Horikoshi, M., & Li, W. (2016). ggfortify: Unified interface to visualize statistical result of popular R packages. *The R Journal, 8(2),* 478-489.

Trejo I. (2010). Las selvas secas del Pacífico mexicano. En: Ceballos G., Martínez L., García A., Espinoza E., Bezaury J. y Dirzo R. Eds. *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México*, pp. 285-320. Fondo de Cultura Económica y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México DF, México.

Trejo, I., & Dirzo, R. (2000). Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation, 94*, 133–142.

Tuheteru, F. D., Husna, H., Albasri, A., Arif, A., Kramadibrata, K., & Soka, G. (2020). Composition and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi spore associated with different land-use types in tropical gold mine. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 8,* 2503–2512.

van Der Heijden, M. G., & Horton, T. R. (2009). Socialism in soil? The importance of mycorrhizal fungal networks for facilitation in natural ecosystems. *Journal of ecology*, *97*(6), 1139-1150.

van Der Heijden, M. G., Martin, F. M., Selosse, M. A., & Sanders, I. R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. *New phytologist*, *205*(4), 1406-1423.

Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0

Violi, H. A., Barrientos-Priego, A. F., Wright, S. G., Escamilla-Prado, E., Morton, J. B., Menge, J. A., & Lovatt, C. J. (2008). Disturbance changes arbuscular mycorrhizal fungal phenology and soil glomalin concentrations but not fungal spore composition in montane rainforest in Veracruz and Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management, 254*, 276–290. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.08.007

Walker, C., Vestberg, M., Demircik, F., Stockinger, H., Saito, M., Sawaki, H., Nishmura, I., & Schüßler A. (2007). Molecular phylogeny and new taxa in the Archaeosporales (Glomeromycota): Ambispora fennica gen. sp. nov., Ambisporaceae fam. nov., and emendation of Archaeospora and Archaeosporaceae. *Mycological research, 111,* 137-153.

Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). *dplyr: A grammar of data manipulation* (versión 1.1.4) [Paquete de software R]. Recuperado de https://CRAN.R-project.org/package=dplyr

Wickham, H., Hester, J., & Bryan, J. (2024). *readr: Read rectangular text data* (versión 2.1.5) [Paquete de software R]. Recuperado de https://CRAN.R-project.org/package=readr

Zeileis, A., & Hothorn, T. (2002). Diagnostic checking in regression relationships. *R News, 2*(3), 7–10. Recuperado de https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/

Apéndices

Apéndice 1. Especies de árboles nativos plantados en 2006 en el hábitat de plantaciones.

Especies de árboles nativos en Sierra de Huautla
Crescentia alata Kunth
Ceiba sp.
Pseudobombax ellipticum (Kunth) Dugand
Bursera aloexylon (Schiede) Engl.
Bursera copallifera (DC.) Bullock
Bursera grandifolia (Schltdl.) Engl.
Jacaratia mexicana A. DC.
Conzattia multiflora (B.L. Rob.) Standl.
Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.
Erythrina americana Mill.
Haematoxylum brasiletto H. Karst.
Leucaena esculenta (DC.) Benth.
Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit
Lysiloma divaricatum (Jacq.) J.F. Macbr.
Malpighia mexicana A. Juss.
Swietenia humilis Zucc.
Ruprechtia fusca Fernald
Mastichodendron capiri (A. DC.) Cronquist
Vitex mollis Kunth)

Apéndice 2. Coordenadas de los puntos muestreados.

Id	*Parcela*	*Tipo*	*Punto*	*Latitud*	*Longitud*
1	1	Perturbada	Interior Derecha	18.538262	-98.930988
2	1	Perturbada	Interior Izquierda	18.538528	-98.931253
3	1	Perturbada	Centro	18.538287	-98.931231
4	1	Perturbada	Exterior derecha	18.53791	-98.931242
5	1	Perturbada	Exterior izquierda	18.538192	-98.931557
6	2	Perturbada	Interior Derecha	18.538902	-98.933965
7	2	Perturbada	Interior Izquierda	18.539344	-98.933964
8	2	Perturbada	Centro	18.539191	-98.934155
9	2	Perturbada	Exterior derecha	18.539402	-98.934399
10	2	Perturbada	Exterior izquierda	18.539344	-98.933964
11	3	Perturbada	Interior Derecha	18.546605	-98.93522
12	3	Perturbada	Interior Izquierda	18.546867	-98.935174
13	3	Perturbada	Centro	18.546752	-98.935486
14	3	Perturbada	Exterior derecha	18.546602	-98.935663
15	3	Perturbada	Exterior izquierda	18.547044	-98.935693
16	1	Restauración	Interior Derecha	18.548607	-98.942937
17	1	Restauración	Interior Izquierda	18.548482	-98.942586
18	1	Restauración	Centro	18.54874	-98.942607
19	1	Restauración	Exterior derecha	18.548985	-98.942731
20	1	Restauración	Exterior izquierda	18.54879	-98.942344
21	2	Restauración	Interior Derecha	18.54735	-98.93474
22	2	Restauración	Interior Izquierda	18.547815	-98.934782

23	2	Restauración	Centro	18.547624	-98.935048
24	2	Restauración	Exterior derecha	18.547393	-98.935202
25	2	Restauración	Exterior izquierda	18.547788	-98.93518
26	3	Restauración	Interior Derecha	18.54663	-98.936566
27	3	Restauración	Interior Izquierda	18.54623	-98.936663
28	3	Restauración	Centro	18.546425	-98.936409
29	3	Restauración	Exterior derecha	18.546583	-98.93618
30	3	Restauración	Exterior izquierda	18.546203	-98.936205
31	4	Restauración	Interior Derecha	18.545919	-98.934634
32	4	Restauración	Interior Izquierda	18.546098	-98.934328
33	4	Restauración	Centro	18.546207	-98.934544
34	4	Restauración	Exterior derecha	18.546302	-98.934812
35	4	Restauración	Exterior izquierda	18.546465	-98.934446
36	5	Restauración	Interior Derecha	18.540008	-98.933498
37	5	Restauración	Interior Izquierda	18.539881	-98.933149
38	5	Restauración	Centro	18.54013	-98.933195
39	5	Restauración	Exterior derecha	18.540389	-98.933289
40	5	Restauración	Exterior izquierda	18.54026	-98.932973
41	6	Restauración	Interior Derecha	18.539974	-98.933617
42	6	Restauración	Interior Izquierda	18.539974	-98.933617
43	6	Restauración	Centro	18.539685	-98.933704
44	6	Restauración	Exterior derecha	18.539623	-98.933341
45	6	Restauración	Exterior izquierda	18.539448	-98.933836

46	7	Restauración	Interior Derecha	18.538594	-98.933871
47	7	Restauración	Interior Izquierda	18.53888	-98.933339
48	7	Restauración	Centro	18.538754	-98.933696
49	7	Restauración	Exterior derecha	18.539046	-98.933783
50	7	Restauración	Exterior izquierda	18.538399	-98.933583
51	8	Restauración	Interior Derecha	18.538358	-98.933188
52	8	Restauración	Interior Izquierda	18.538165	-98.932947
53	8	Restauración	Centro	18.538462	-98.932938
54	8	Restauración	Exterior derecha	18.538747	-98.933047
55	8	Restauración	Exterior izquierda	18.538528	-98.93272
56	1	Conservada	Interior Derecha	18.524879	-98.934303
57	1	Conservada	Interior Izquierda	18.524428	-98.934448
58	1	Conservada	Centro	18.524664	-98.934167
59	1	Conservada	Exterior derecha	18.52484	-98.933981
60	1	Conservada	Exterior izquierda	18.524409	-98.93405
61	2	Conservada	Interior Derecha	18.523913	-98.935165
62	2	Conservada	Interior Izquierda	18.523536	-98.934965
63	2	Conservada	Centro	18.523883	-98.934947
64	2	Conservada	Exterior derecha	18.524216	-98.934841
65	2	Conservada	Exterior izquierda	18.52377	-98.934686
66	3	Conservada	Interior Derecha	18.528838	-98.94454
67	3	Conservada	Interior Izquierda	18.52845	-98.944693
68	3	Conservada	Centro	18.528663	-98.944773

69	3	Conservada	Exterior derecha	18.528683	-98.945126
70	3	Conservada	Exterior izquierda	18.528324	-98.944928

Apéndice 3. Listado de especies de HMA por hábitat: Perturbado (P), Sucesión natural (SN), Plantaciones (Pl) y Conservado (C) en la selva estacionalmente seca de la localidad de El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos. Se incluye una especie del orden Endogonales, filo Mucoromycota.

			HÁBITATS			
ORDEN	Familia	Especies	SN	Pl	C	P
ARCHAEOSPORALES	Ambisporaceae	*Ambispora appendicula* (Spain, Sieverd. & N.C. Schenck) C. Walker		X		X
		Ambispora callosa (Sieverd.) C. Walker, Vestberg & A. Schüßler	X	X	X	X
DIVERSISPORALES	Acaulosporaceae	*Acaulospora cavernata* Błaszk.		X		
		Acaulospora colombiana (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton & Bever	X	X	X	X
		Acaulospora denticulata Sieverd. & S. Toro	X	X	X	X
		Acaulospora excavata Ingleby & C. Walker	X	X	X	X
		Acaulospora laevis Gerd. & Trappe	X	X		
		Acaulospora minuta Oehl, Tchabi, Hountondji, Palenz., I.C. Sánchez & G.A. Silva	X	X	X	X
		Acaulospora reducta Oehl, B.T. Goto & C.M.R. Pereira	X		X	X
		Acaulospora rehmii Sieverd. & S. Toro	X	X		X
		Acaulospora scrobiculata Trappe	X	X	X	X

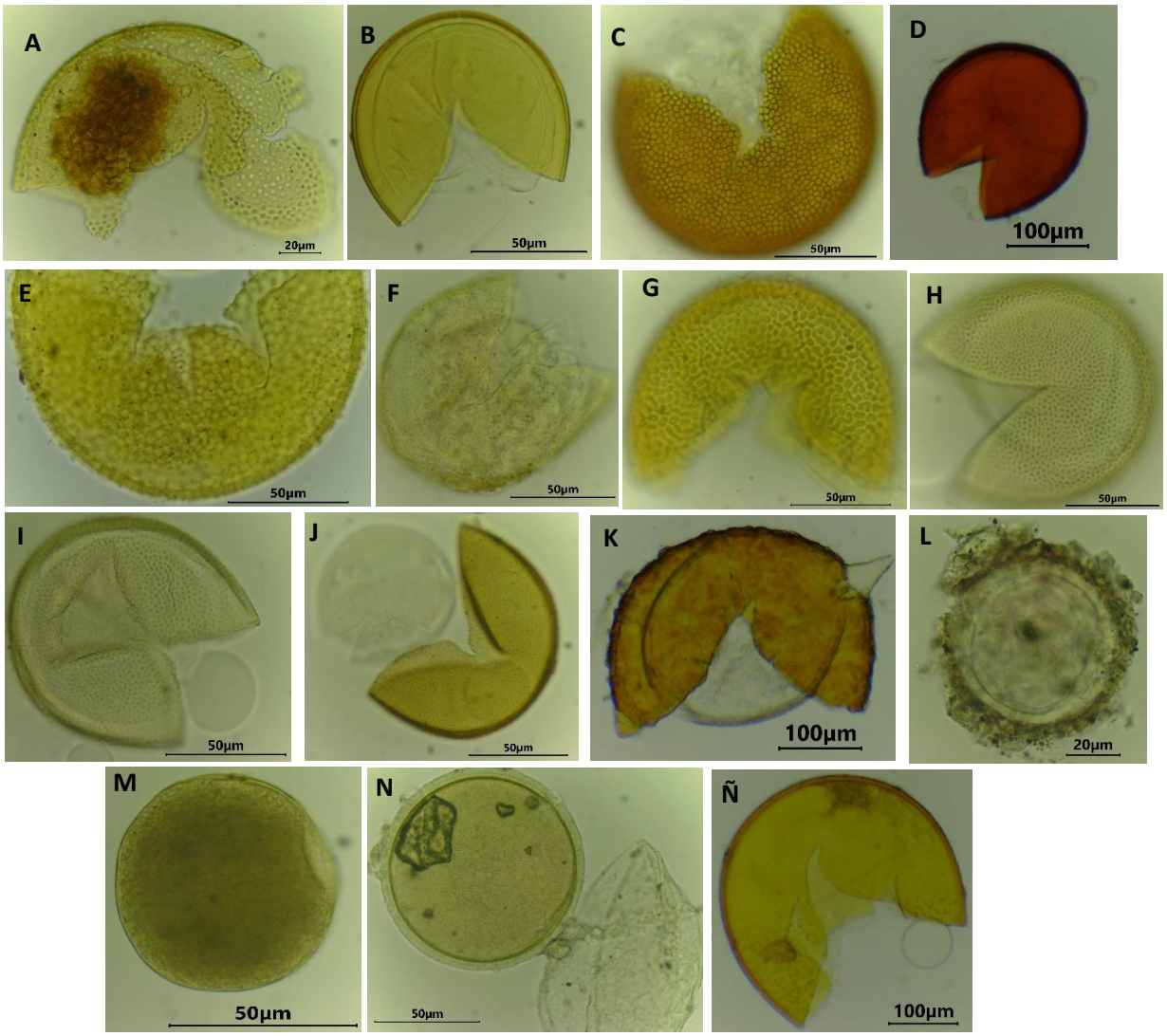
	Acaulospora spinosa C. Walker & Trappe		X		X
	Acaulospora tuberculata Janos & Trappe	X	X		
	Acaulospora sp. 1	X			X
	Acaulospora sp. 2	X	X	X	
	Acaulospora sp. 3		X		
	Acaulospora sp. 4	X	X	X	X
	Acaulospora sp. 5	X		X	
	Acaulospora sp. 6		X		
	Acaulospora sp. 7			X	
	Acaulospora sp. 8		X		
	Acaulospora sp. 9		X		
	Acaulospora sp. 10	X	X	X	
	Acaulospora sp. 11			X	
	Acaulospora sp. 12	X			X
	Acaulospora sp. 13				X
	Acaulospora sp. 14				X
	Acaulospora sp. 15				X
	Acaulospora sp. 16		X		X
	Acaulospora sp. 17				X
	Acaulospora sp. 18	X	X		X
	Acaulospora sp. 19			X	
Gigasporaceae	*Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Sm.	X	X	X	X
	Gigaspora decipiens I.R. Hall & L.K. Abbott	X	X	X	X
	Gigaspora gigantea (T.H. Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe	X	X	X	X
	Gigaspora sp. 1	X			
	Gigaspora sp. 2	X	X	X	
	Gigaspora sp. 3	X	X	X	X
	Gigaspora sp. 4			X	
	Gigaspora sp. 5				X
	Scutellospora scutata C. Walker & Dieder.		X	X	X
	Scutellospora sp. 1	X			X
	Scutellospora sp. 2	X			
	Scutellospora sp. 3	X	X	X	
Pacisporaceae	*Pacispora* sp. 1		X	X	X

		Pacispora sp. 2	X		X	
		Pacispora sp. 3		X		
ENTROPHOSPORALES	Entrophosporaceae	*Entrophospora infrequens* (I.R. Hall) R.N. Ames & R.W. Schneid.	X	X		X
GLOMERALES	Glomeraceae	*Funneliformis geosporum* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler	X	X	X	X
		Funneliformis sp. 1	X	X	X	X
		Glomus brohultii R.A. Herrera, Ferrer & Sieverd.	X	X	X	X
		Glomus citricola D.Z. Tang & M. Zang	X	X	X	X
		Glomus clavisporum (Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck	X	X	X	X
		Glomus indicum Błaszk., Wubet & Harikumar			X	X
		Glomus macrocarpum Tul. & C. Tul.	X	X	X	X
		Glomus rubiforme (Gerd. & Trappe) R.T. Almeida & N.C. Schenck	X			X
		Glomus spinuliferum Sieverd. & Oehl	X	X		X
		Glomus trufemii B.T. Goto, G.A. Silva & Oehl	X	X		
		Glomus sp. 1	X	X	X	X
		Glomus sp. 2	X	X	X	X
		Glomus sp. 3	X	X		
		Glomus sp. 4	X	X	X	X
		Glomus sp. 5	X	X	X	X
		Glomus sp. 6	X	X	X	X
		Glomus sp. 7	X	X	X	X
		Glomus sp. 8	X	X	X	X

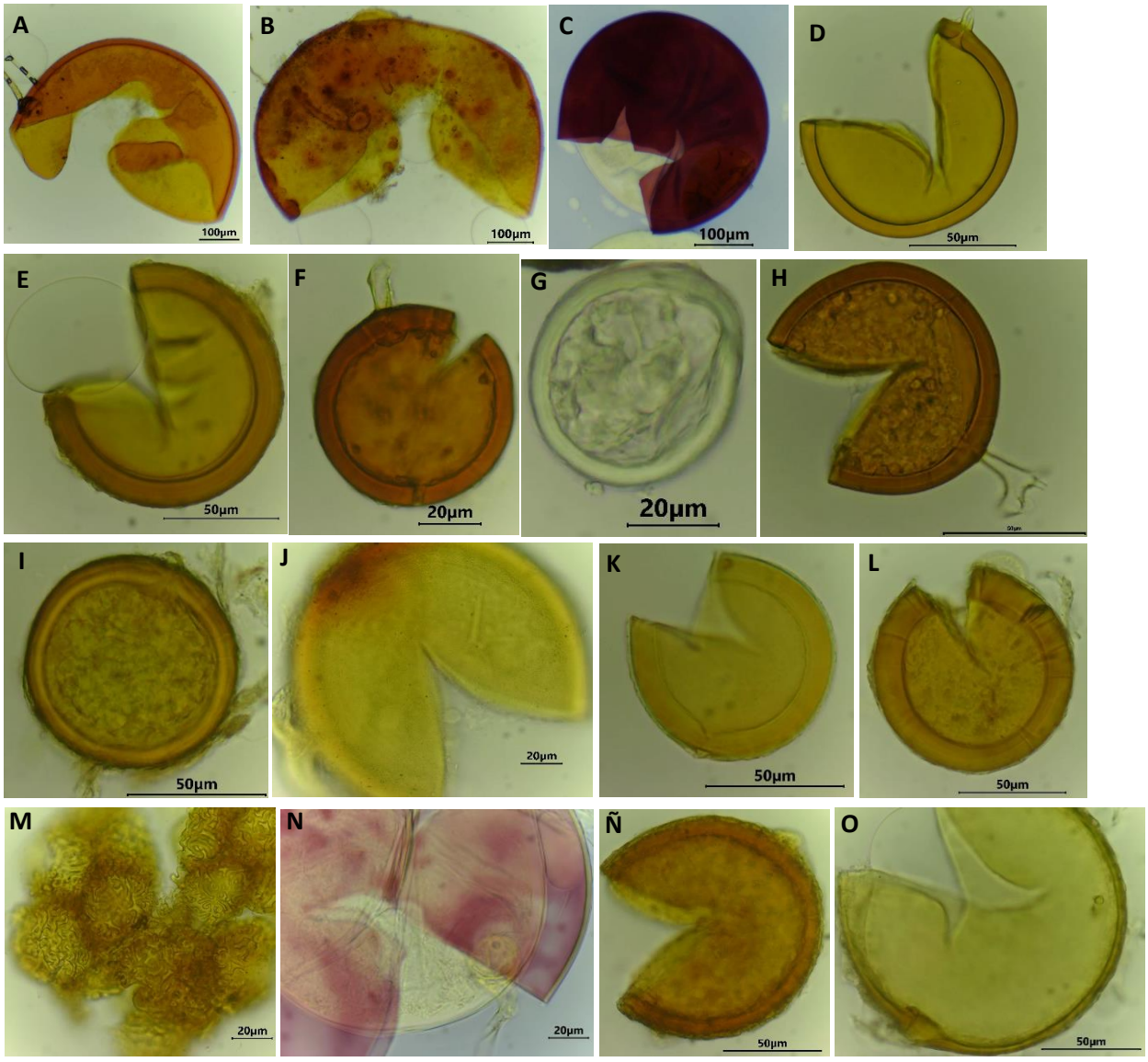
Glomus sp. 9	X		X	X
Glomus sp. 10	X	X		X
Glomus sp. 11	X	X		
Glomus sp. 12	X	X	X	X
Glomus sp. 13	X	X	X	X
Glomus sp. 14	X	X		X
Glomus sp. 15	X			
Glomus sp. 16	X	X	X	X
Glomus sp. 17	X	X	X	X
Glomus sp. 18		X		X
Glomus sp. 19	X	X		
Glomus sp. 20		X		
Glomus sp. 21		X		X
Glomus sp. 22		X		X
Glomus sp. 23	X	X		
Glomus sp. 24	X	X	X	X
Glomus sp. 25	X	X	X	X
Glomus sp. 26	X		X	
Glomus sp. 27	X		X	X
Glomus sp. 28	X	X	X	X
Glomus sp. 29	X	X	X	
Glomus sp. 30		X		
Glomus sp. 31	X	X		X
Glomus sp. 32		X		
Glomus sp. 33		X		X
Glomus sp. 34	X	X		X
Glomus sp. 35	X	X		X
Glomus sp. 36	X			
Glomus sp. 37		X		
Glomus sp. 38	X	X		X
Glomus sp. 39	X	X		
Glomus sp. 40			X	X
Glomus sp. 41			X	
Glomus sp. 42			X	X
Glomus sp. 43			X	
Glomus sp. 44			X	
Glomus sp. 45			X	
Glomus sp. 46		X	X	X
Glomus sp. 47				X
Glomus sp. 48				X
Glomus sp. 49				X
Glomus sp. 50	X	X		
Glomus sp. 51	X	X	X	
Glomus sp. 52			X	X
Rhizoglomus fasciculatum	X	X		X

		(Thaxt.) Sieverd., G.A. Silva & Oehl				
		Sclerocystis sinuosa Gerd. & B.K. Bakshi	X	X		X
		Sclerocystis sp. 1	X	X	X	X
		Sclerocystis sp. 2		X		
		Sclerocystis sp. 3	X		X	X
		Sclerocystis sp. 4	X			
		Sclerocystis sp. 5	X	X	X	X
		Septoglomus viscosum (T.H. Nicolson) C. Walker, D. Redecker, Stille & A. Schüßler	X	X		X
ENDOGONALES	Endogonaceae	*Jimgerdemannia lactiflua* (Berk. & Broome) Trappe, Desirò, M.E. Sm., Bonito & Bidart.				X

Apéndice 4. Especies de hongos micorrizógenos arbusculares presentes en parcelas de restauración, perturbadas y conservadas en El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos: A) *Acaulospora cavernata*, B) *Acaulospora colombiana*, C) *Acaulospora denticulata*, , D) *Acaulospora laevis*, E) *Acaulospora excavata*, F) *Acaulospora minuta*, G) *Acaulospora reducta*, H) *Acaulospora rehmii*, I) *Acaulospora scrobiculata*, J) *Acaulospora tuberculata*, K) *Ambispora appendicula*, L) *Ambispora callosa*, M) *Glomus* sp. 52, N) *Entrophospora infrequens*, Ñ) *Gigaspora albida*.



Apéndice 5. Especies de hongos micorrizógenos arbusculares presentes en parcelas de restauración, perturbadas y conservadas en El Limón de Cuauchichinola, Sierra de Huautla, Morelos: *A) Gigaspora decipiens, B) Gigaspora gigantea, C) Scutellospora scutata, D) Funneliformis geosporum, E) Glomus brohultii, F) Glomus citricola, G) Glomus indicum, H) Glomus macrocarpum, I) Glomus sp. 51, J) Glomus spinuliferum, K) Glomus trufemii, L) Rhizoglomus fasciculatum, M) Sclerocystis sinuosa, N) Scutellospora* sp. 3*, Ñ) Glomus* sp. *5, O) Glomus* sp. 17.



Apéndice 6. Contribución de las variables del suelo a los componentes principales.

VARIABLE DEL SUELO	CP1	CP2	CP3
MATERIA ORGÁNICA (%)	-0.49814	0.6727	0.54711
CONTENIDO DE AGUA (%)	0.425228	0.739409	-0.52197
PH	0.755669	0.02737	0.654381

Apéndice 7. Identificador en número de morfoespecies de hongos.

Numero	***Especie***
1	*Acaulospora sp. 19*
2	*Acaulospora cavernata*
3	*Acaulospora colombiana*
4	*Acaulospora denticulata*
5	*Acaulospora excavata*
6	*Acaulospora laevis*
7	*Acaulospora minuta*
8	*Acaulospora reducta*
9	*Acaulospora rehmii*
10	*Acaulospora scrobiculata*
11	*Acaulospora spinosa*
12	*Acaulospora tuberculata*
13	*Acaulospora* sp. *1*
14	*Acaulospora* sp. *2*
15	*Acaulospora* sp. *3*
16	*Acaulospora* sp. *4*
17	*Acaulospora* sp. *5*
18	*Acaulospora* sp. *6*
19	*Acaulospora* sp. *7*
20	*Acaulospora* sp. *8*
21	*Acaulospora* sp. *9*

22	*Acaulospora* sp. *10*
23	*Acaulospora* sp. *11*
24	*Acaulospora* sp. *12*
25	*Acaulospora* sp. *13*
26	*Acaulospora* sp. *14*
27	*Acaulospora* sp. *15*
28	*Acaulospora* sp. *16*
29	*Acaulospora* sp. *17*
30	*Acaulospora* sp. *18*
31	*Ambispora appendicula*
32	*Ambispora callosa*
33	*Glomus* sp. 52
34	*Jimgerdemannia lactiflua*
35	*Entrophospora infrequens*
36	*Gigaspora albida*
37	*Gigaspora decipiens*
38	*Gigaspora gigantea*
39	*Gigaspora* sp. *1*
40	*Scutellospora sp. 3*
41	*Gigaspora* sp. *2*
42	*Gigaspora* sp. *3*
43	*Gigaspora* sp. *4*
44	*Gigaspora* sp. *5*

45	*Scutellospora scutata*
46	*Scutellospora* sp. *1*
47	*Scutellospora* sp. *2*
48	*Funneliformis geosporum*
49	*Funneliformis* sp. *1*
50	*Glomus brohultii*
51	*Glomus citricola*
52	*Glomus clavisporum*
53	*Glomus indicum*
54	*Glomus macrocarpum*
55	*Glomus* sp. 51
56	*Glomus rubiforme*
57	*Glomus spinuliferum*
58	*Glomus trufemii*
59	*Glomus* sp. *1*
60	*Glomus* sp. *2*
61	*Glomus* sp. *3*
62	*Glomus* sp. *4*
63	*Glomus* sp. *5*
64	*Glomus* sp. *6*
65	*Glomus* sp. *7*
66	*Glomus* sp. *8*
67	*Glomus* sp. *9*

68	*Glomus* sp. *10*
69	*Glomus* sp. *11*
70	*Glomus* sp. *12*
71	*Glomus* sp. *13*
72	*Glomus* sp. *14*
73	*Glomus* sp. *15*
74	*Glomus* sp. *16*
75	*Glomus* sp. *17*
76	*Glomus* sp. *18*
77	*Glomus* sp. *19*
78	*Glomus* sp. *20*
79	*Glomus* sp. *21*
80	*Glomus* sp. *22*
81	*Glomus* sp. *23*
82	*Glomus* sp. *24*
83	*Glomus* sp. *25*
84	*Glomus* sp. *26*
85	*Glomus* sp. *27*
86	*Glomus* sp. *28*
87	*Glomus* sp. *29*
88	*Glomus* sp. *30*
89	*Glomus* sp. *31*
90	*Glomus* sp. *32*

91	*Glomus* sp. *33*
92	*Glomus* sp. *34*
93	*Glomus* sp. *35*
94	*Glomus* sp. *36*
95	*Glomus* sp. *37*
96	*Glomus* sp. *38*
97	*Glomus* sp. *39*
98	*Glomus* sp. *40*
99	*Glomus* sp. *41*
100	*Glomus* sp. *42*
101	*Glomus* sp. *43*
102	*Glomus* sp. *44*
103	*Glomus* sp. *45*
104	*Glomus* sp. *46*
105	*Glomus* sp. *47*
106	*Glomus* sp. *48*
107	*Glomus* sp. *49*
108	*Glomus* sp. *50*
109	*Rhizoglomus fasciculatum*
110	*Sclerocystis sinuosa*
111	*Sclerocystis* sp. *1*
112	*Sclerocystis* sp. *2*
113	*Sclerocystis* sp. *3*

114	*Sclerocystis* sp. *4*
115	*Sclerocystis* sp. *5*
116	*Septoglomus viscosum*
117	*Pacispora* sp. *1*
118	*Pacispora* sp. *2*
119	*Pacispora* sp. *3*

Cuernavaca, Morelos a 25 de marzo de 2025

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada "**Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares**" de la alumna **Rosmery Hernández Prado**, con número de matrícula **10064440**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(x) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

( ) No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente

Dra. Cristina Martínez-Garza
Integrante de la Comisión Revisora

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, CIByC,
Tel. (777) 329 7000, Ext. 7019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

CRISTINA MARTINEZ GARZA | Fecha:2025-03-25 06:46:06 | FIRMANTE

CWRadZMk2Y0jiguA7pUZndh9HKTCM4ydERMNHCikqVsTVuN8hxjlio50KIc7WGtgUt7oEdjdiPLDV9FwmxsSGUjVuR5+tfBB3iw8KepPgf2r3s6JzWdMEuNeoiI5yBsPCKNSr8xXdKqAhv1ESMmCHRRYFLOEdPppuzz2N2DXyoT7ivdP+UcQTKhVE6JrwC4yc9qWfD+36dgvXOpJ0c5NqLAk/HGLm2lGuruRak7gg+i1t4FxMNe1fa7vqMx40v9BHzdlpOAtuYANLauHyuPongLiKZ1GU3opsZTl2MaJh0mJ0wU4ET+4lBA243DdoXlo59vETtlxq5OpeQk0sEKngg==

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

mAW2LKurD

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/G0y4fyEjlv37C3kKEj9BcPzBSQkJHvlH

Facultad de Ciencias
UNAM

Cd. Universitaria, CdMx. a 25 de marzo del 2025.

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada "**Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares**" de la alumna **Rosmery Hernández Prado**, con número de matrícula **10064440**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

( ) No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente

Dra. Irene Sánchez Gallen
Integrante de la comisión revisora

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

IRENE SÁNCHEZ GALLEN | Fecha:2025-03-26 08:18:42 | FIRMANTE

HcgMXShWmoaPnLfuvzulQji/8tDAg3cPNsFZ9XdAHcYs7lJ/kfWdiU7IUw9jH8HbccMpy6awoBJJdXXgDxlMdnJiq3kcd6oM68gjSTM4MeNMCABPHcyF5MpmfoH/0wMrceII/jKxUBK
Ads0GtDSRBJoJTtfSP2c+F5s+UOdmE2r1zzoaGIpt8EJh7cocRnX7j85IwNdQGH+aaI7ag0dReVE6gkIU/HPMp3WDj+agvs2hpIH+gzlOtQNAXwVj+AQGFNd3iBG1JVerl1vNgkbAd
J9jr9ir4znTDHXz4vZvvGceHjH5T2HOtX7KWmO+Ic9f7PstTlbql7v8Epc+36Efsg==

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

TUYW04naA

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/joI26lOmChhioKvJ4X4LF7GDjP9QrGMK

Cuernavaca, Morelos a 24 de marzo de 2025

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada "**Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares**" de la alumna **Rosmery Hernández Prado**, con número de matrícula **10064440**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

( ) No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente
Por una humanidad culta

Dra. Patricia Valentina Carrasco Carballido
Integrante de la comisión revisora

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

PATRICIA VALENTINA CARRASCO CARBALLIDO | Fecha:2025-03-25 09:10:25 | FIRMANTE

T3DqaF/pPTZywwZsWuupKbjGsFjMJ++9YOwSxKgspDgEB6kZyCsTrcXubq6yhYbRY2ShTmpKTebDTK+GrfMgLjr2bUxBCVpd5omj6rG89yDUeowWGrVkHjZEM0VlOmd2FCodsVlKg9am+WGImDLqBxmV8MWSoW+yofCIk1XmEAQ91H6gMptPo5umxA0mfo9Qdcd9xsV12zpSikWXunLNvRr447ScskkCUaK+mv3lqra5QNEIZfzATpE56csg0Qlxno+2Ce2gKytoSKJLTK8O4gRdzDSUVcj1K1GiPHFqMh7erqQ+0BFn0TlqFEvJJmhnqJrQu1Knr4Ur7kg+jyLXHA==

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

kcg718mNh

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/3kWcziQXIxluDvhw0dOA3HJrY3tOEZLw

Sisal, Hunucmá, Yucatán, México, a 26 de febrero de 2025

Asunto: Voto aprobatorio

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada "**Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares**" de la alumna **Rosmery Hernández Prado**, con número de matrícula **10064440**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

( ) No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente

Dra. María Patricia Guadarrama Chávez
Técnico Académico Titular C

Laboratorio de Ecología y Manejo de Costas y Mares
(988)931 1000, ext. 7156
Puerto de Abrigo s/n, C.P. 97356, Sisal, Hunucmá, Yucatán

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MARÍA PATRICIA GUADARRAMA CHÁVEZ | Fecha:2025-03-27 10:14:00 | FIRMANTE

Ov3vXTH9ls4HCS4mIjP9yfpwpWV0tCgV0+64cvOKNnXRAm5QWRBuL19KFX2Z27LzH3ACQo86MMjLSjDUpRxXdsrg9W4MDPV7oNOjazIcvA4/FMYTh7DbGbfV8RMx+oElLawtU8SQE7H8y8gb3auqYZh60lWI1rFPqQn9gtjT1k3OHuFfJxM9yj25r1coq5c2FAGTTEj2wATyL+nfwEYrhQkUFG2vb/furJrk4Fu+MVipsoZrjjBXpQbqPhiDhfVTnVNxkxwHol0DPZvucltuHsvEEo1KxkA8ya2uG/148M2QqX7Hh2uGOvbmtojGBNfJjAYGyVdsLklDbLoNAOZcSA==

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

YyPfGj4X0

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/fANWj2Dd3AFQKnG4Xd8V2IQ07fnv9Ngg

Cuernavaca, Morelos a 25 de marzo de 2025

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada "**Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares**" de la alumna **Rosmery Hernández Prado**, con número de matrícula **10064440**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

( ) No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente

Dra. María Marcela Osorio Beristain
Integrante de la Comisión Revisora

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MARIA MARCELA OSORIO BERISTAIN | Fecha:2025-03-25 13:13:51 | FIRMANTE

icZd/9ntvJMzpWnkE5AQOSlE5W70fxa6u+ahJWnU73TyJie9oLkA7Ro78oJp2ciMONR78ybTPF8F9zQXiE6k3/UJ7t0tV5hgkph601Ige5Ru9P1t/SMuUPskGg3l7dAxTx254AmghKx0dyWvZey4I+/7z3K9eyn8+zaxAOxFtExEZcEdJxO/9yr5IQuTpfPSZT/vIy7Ole59ecCgL/w/+pvIQRYGa7TzxuD85OFQMeoG7XKassrEMkhPjz6hUuH9HYBwgal8/jU55DEmxxtpssXnvK2E9KgYBGPoiID95c/gBleFgUYkQ7jeAlpgyubhKi0yyqAznimEE2v7IB0ZaQ==

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

PNMjmEx1G

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Ucc8UYg6r65GBibp8QoEvsNWDxXTWjsi



Instituto Tecnológico de la Zona Maya
Subdirección Académica

Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo, a 24 de marzo de 2025
Asunto: Voto probatorio.

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada "**Restauración ecológica en selva estacionalmente seca: efecto sobre hongos micorrizógenos arbusculares**" de la alumna **Rosmery Hernández Prado**, con número de matrícula **10064440**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(x) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

( ) No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente

Martin Hassan Polo Marcial
Dr. en Ciencias en Ecología y Biotecnología



Carretera Chetumal-Escárcega Km. 21.5
C.P. 77965 Ejido Juan Sarabia, Quintana Roo
Tel. (983) 2400-983
E-mail: acad_zmaya@tecnm.mx
www.tecnm.mx | www.zonamaya.tecnm.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MARTIN HASSAN POLO MARCIAL | Fecha:2025-03-24 16:41:00 | FIRMANTE

C7QO8lFS2njkUsnLIC65ELyMfkXq4QHhpxsxyqxx8J5gw32WcjNN2IcImXkE+mlY3n+tcuE4XtlfSuzwHXyyLZQfm9tcOL+Ghj3IVYPstzDTdxcaIaXeEQ4txiN/jgQD6MIKIcraWpXTvjRLgIDHoZbqqzFkxkgLRH6Md0HwRPhRiYMl0OTRzCoItPZ5j+K5IOAOEX/RzyhHqWoNsZ7pwvJU7/luZoj7qNGDqVTRmeSS/HSJJoHrRGacq8bTVoVhi0s+JhybCIEX3D8p8v+g2qx+gdQEg49zEAwoOwxDTnSgTtelD3RWo5Z51/obW1h6w7wwdskcOBgeGas7wkxfJw==

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

p6WFkgH9x

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Y2thLfMOXiaNeFTjlMetkLCBOJxixR3n