



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Biodiversidad de esporotipos de hongos micorrízicos arbusculares  
en diferentes tipos de suelo.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**SANDRA LUCIA MANJARREZ LUNA**



**DIRECTOR DE TESIS:**

**DRA. MARÍA DEL PILAR ORTEGA LARROCEA**

**2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

1.- Datos del alumno

Manjarrez

Luna

Sandra Lucia

15 17 92 71

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

099183916

2.- Datos del Asesor

Dra.

María del Pilar

Ortega

Larrocea

3.- Datos del Sinodal 1

Dr.

Francisco Javier

Álvarez

Sánchez

4.- Datos del Sinodal 2

M. en C.

Guadalupe

Vidal

Gaona

5.- Datos del Sinodal 3

Dra.

Rosalva

García

Sánchez

6.- Datos del Sinodal 4

M. en C.

Elizabeth

Fuentes

Romero

7.- Datos del trabajo escrito

Biodiversidad de esporotipos de hongos micorrízicos arbusculares en diferentes tipos de suelo.

88 Pp

2012

## Agradecimientos

Esta tesis contó con el financiamiento de los proyectos PAPIIT IN119609 y PAPIIT IT101812.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme recibido en esta Máxima casa de estudios desde mi bachillerato en el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur y en la Facultad de Ciencias donde recibí a manos llenas la Ciencia de la Biología.

Al Instituto de Geología por haberme albergado mientras realizaba mi proyecto de investigación.

A la Doctora María del Pilar Ortega Larrocea, directora de esta tesis por haberme recibido en su equipo de trabajo y dedicarme su tiempo y brindarme su espacio, pero sobre todo por haber confiado en mí en la finalización de todo el esfuerzo y dedicación que involucró esta tesis.

Al Dr. Pavel Krasilnikov, del Departamento de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias por permitirme desarrollar mi tesis en el marco de su proyecto de investigación: *El efecto de la diversidad de los suelos en la biodiversidad de los ecosistemas forestales de México* PAPIIT-IN104807.

A la M. en C. Elizabeth Fuentes Romero del Laboratorio de Conservación y Degradación de suelos UMDI-Facultad de Ciencias-Juriquilla, por proporcionarme los datos y las muestras de suelo que revisé ya que sin ellas no hubiera podido quedar completa esta Tesis.

Al Biól. Miguel Hernández Alva quien realizó el muestreo en algunos de los sitios de estudio.

A la M. en C. Kumiko Shimada Miyasaka y al Biól. Jorge René Alcalá Martínez del Departamento de Edafología del Instituto de Geología por las determinaciones fisicoquímicas de los suelos.

A la M. en C. Mónica Rangel Villafranco y a la M. en C. Iris Suárez Quijada del laboratorio Microcosmos Bioedáfico del mismo departamento, por todo su apoyo en la realización de esta tesis.

A la Dra. Laura Hernández de la Universidad Autónoma de Tlaxcala por su valiosa ayuda en la determinación taxonómica de las especies.

A todos los miembros del Jurado, Dr. Javier Álvarez Sánchez, Dra. Rosalva García Sánchez, M. en C. Guadalupe Vidal y M. en C. Elizabeth Fuentes por sus valiosas observaciones y recomendaciones al manuscrito.

## DEDICATORIA:

A mis padres José Eduardo Manjarrez y Julia Luna que con todo su amor y paciencia siempre confiaron en mí por haberme dado una educación y formación porque gracias a ellos soy lo que soy.

A mis abuelos Melquiades (†), Guadalupe, Guillermo (†) y Rosita por ser la base fundamental de mi familia.

A mis hermanos Julio, Lorena y Barby por estar siempre a mi lado y porque siempre me han apoyado.

A mis sobrinos Yunuen, Joltzin, Mathias, Renata, y Emilia por enseñarme que la vida es mejor sonriendo.

A mis amigos Sandra Flores, Gaby Castro, Cintya Medina, Miguel Ángel V; Santiago Hernández, Marco Hernández y Luz por su amistad y por haber descubierto juntos que la vida es mejor cantando y a la segunda generación de T. de Tierra Fértil: Elma, César, Bagy, Jesica, Celso, Ale, Marlen, Raúl, Mónica, por su gran amistad.

A mi gran amiga Ana Celia quien siempre ha estado a mi lado y me ha brindado su amistad y apoyo para poder realizar todos mis sueños.

A mi gran amiga Claudia Palacios y su familia por brindarme su apoyo y cariño y por tener una gran amistad.

A mis compañeros y amigos del Instituto de Geología: M. en C. Mónica Rangel, M. en C. Iris Suárez, Jesús Colín, Karina Ramírez, Liliana Guerrero, Néstor, Mauricio, Gregorio, Karla, por su apoyo y amistad en la realización de este gran proyecto.

A mis amigos de la Facultad de Ciencias: Daniela Reyes, Selene Leal, Gabriela Hernández, Alejandra Mathías, Roberto Trejo, Daniel Reynoso, Mónica Martínez, Diana Agudo, Javier, Betty Oseguera, Diana Ramírez, Perla Neria, por haber vivido y disfrutado tantas cosas buenas fuera y dentro de la Facultad.

A mis amigos Ana Paola Moreno, Janeth Vazquéz, Ariana Rosales, Susana Benhumea, Lucia Fernández, Fabián Correa, Beto y Oscar Hernández, quienes estuvieron presentes en mi formación y en el mejor momento de mi vida.

A la Familia Luna Belmont y Luna Velázquez porque con cariño y aprecio hemos aprendido a ser una gran familia.

A la Familia Miranda Martínez por todo su apoyo y cariño.

A Oscar Miranda y Oscar Uriel Miranda Manjarrez porque son mi motor y mi vida entera.

Esta tesis es dedicada con todo mi amor a mis padres, hermanos

A mi esposo e hijo.

## Índice

<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>I. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>II. Marco teórico</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Generalidades de las asociaciones micorrízicas</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Beneficios de la asociación</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Características de los géneros de HMA</b>	<b>8</b>
<b>2.4. Taxonomía actual de los hongos MA</b>	<b>10</b>
<b>2.5. Propiedades edáficas de los suelos estudiados</b>	<b>14</b>
<b>III. Justificación</b>	<b>17</b>
<b>IV. Objetivos e hipótesis</b>	<b>18</b>
<b>V. Sitios de estudio</b>	<b>19</b>
<b>5.1. Descripción del sitio 1</b>	<b>19</b>
<b>5.2. Descripción del sitio 2</b>	<b>21</b>
<b>VI. Materiales y Métodos</b>	<b>22</b>
<b>6.1. Recolecta de las muestras de suelos</b>	<b>22</b>
<b>6.2. Aislamiento y recuento de esporas de hongos micorrízicos arbusculares</b>	<b>22</b>
<b>6.3. Determinación de morfotipos de los HMA y estimación de la diversidad</b>	<b>23</b>
<b>6.4. Cuantificación de propiedades físicas de los suelos y correlaciones con las variables fúngicas</b>	<b>23</b>
<b>6.5. Análisis de datos</b>	<b>24</b>
<b>VII. Resultados y discusión</b>	<b>25</b>
<b>VIII. Conclusiones</b>	<b>38</b>

<b>IX. Láminas</b>	<b>39</b>
<b>X. Literatura citada</b>	<b>50</b>
<b>XI. Anexos</b>	<b>57</b>

## Resumen

La presente investigación surge de un proyecto general que pretendió conocer el efecto de la biodiversidad como espejo de la edafodiversidad. Algunos grupos funcionales se estudiaron en el suelo como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por ser microorganismos universalmente distribuidos y asociados a las raíces de casi todas las plantas vasculares. Se muestrearon cuatro localidades con cuatro unidades taxonómicas de suelos contrastantes y abundantes en México: como suelos poco evolucionados un Umbrisol y un Phaeozem, ambos en el estado de Oaxaca bajo selva mediana subcaducifolia. Los otros grupos edáficos analizados, presentaron mayor profundidad fisiológica y pedogénesis, suelos determinados morfológicamente como Luvisol y un Andosol en el estado de Michoacán sobre los que se desarrolla bosque de pino.

Se encontraron diferencias cualitativas en la distribución de algunas de las morfoespecies encontradas de hongos micorrízicos arbusculares, no así en su abundancia que fue similar para todas los grupos de suelo ( $16 \pm 0$  esporas por 100 g suelo). Las especies agrupadas en el orden Diversisporales fueron las mejores representadas con abundantes morfoespecies de la familia Acaulosporaceae que pudieron determinarse con mayor facilidad dado el estado de conservación de las esporas, en comparación con el resto de las otras morfoespecies. La familia Glomeraceae fue la segunda en importancia, dada la mayor representatividad que tiene esta familia en todos los edafocistemas con varias especies del género *Glomus*. Consecuentemente, la familia Gigasporaceae fue la tercera más abundante, encontrándose algunas especies de los géneros *Gigaspora* y *Scutellospora*. De acuerdo a los grupos de suelo, se encontró una mayor diversidad y abundancia en el Phaeozem aunque el índice de diversidad de Shannon fue similar para los cuatro suelos estudiados (2.4-2.6). En contraste, en el Andosol de mayor profundidad litológica se registró un menor número de morfoespecies que además fue sólo un 6.4 % similar al resto de los suelos. En general, el índice de similitud de Sorensen mostró que los suelos tienen una similitud de escasamente del 26 % lo que demuestra que las comunidades de los HMA están bien adaptadas a las condiciones edáficas de cada uno. Al respecto, los análisis físicoquímicos mostraron condiciones contrastantes en los suelos ricos de Oaxaca en C, N y P, así como nutrientes intercambiables. Los suelos de origen volcánico de Michoacán tuvieron un mayor contenido de arcillas y menor riqueza en los nutrientes mencionados.

Aún, cuando la comparación con otros estudios en México sobre la abundancia y distribución de los HMA es difícil de realizar dado que en casi todos los trabajos no se identifican taxonómicamente a los suelos, se discute la importancia del clima y vegetación en la distribución de algunos géneros de HMA. El suelo, así como el hospedero, es el hábitat de los HMA sin embargo ha sido ignorado en su diversidad y complejidad. La simple caracterización de la unidad edáfica en donde se desarrolla cualquier estudio relacionado con estos organismos daría más elementos para entender su distribución clave en los edafocistemas que sería de utilidad para prácticas sostenibles de conservación o restauración de suelos degradados.

Palabras clave: Edafodiversidad, micorriza arbuscular, morfoespecies, grupos edáficos.

## I. INTRODUCCION

El suelo es el hábitat para muchas de las especies de plantas, hongos, invertebrados y microorganismos, por lo que es un factor determinante en el desarrollo y existencia de los ecosistemas. Por tanto, la diversidad biológica depende en gran medida de los suelos, no directamente de la unidad taxonómica del mismo, sino de algunas de sus propiedades particulares (Solon *et al.*, 2007). Aun cuando estas propiedades pueden variar dentro de una unidad de suelo, especialmente en los ecosistemas forestales, se podría esperar que la distribución de algunas especies pueda obedecer al conjunto de propiedades de los suelos que los hacen diferentes fisicoquímicamente entre ellos. Las zonas de bosques templados, tropicales y subtropicales de México presentan una alta diversidad biológica y edáfica, representan cerca del 90 % de las especies de suelos en el país, lo que las hace áreas potenciales para el estudio de la biodiversidad en función de la edafodiversidad. La diversidad de las rocas parentales y los procesos geomorfológicos en el relieve mexicano producen situaciones de alto contraste ecológico en suelos jóvenes como los Umbrisoles en comparación con suelos más desarrollados como los Andosoles (Krasilnikov *et al.*, 2001).

Los hongos micorrízicos dependen más de los hospederos vegetales para la obtención de carbono y por eso se han hecho menos estudios que demuestren que su abundancia y diversidad esté relacionada directamente con los suelos. Las propiedades de los mismos que más influyen en ellos son la textura y la acidez que dictan la disponibilidad de nutrimentos esenciales para la productividad como el fósforo y la humedad (Cuadro 1). La diversidad de las unidades litológicas y edáficas influye en los agroecosistemas aunque poco se ha estudiado en la forestería (Varela y Trejo, 2001; Krasilnikov *et al.*, 2009). Al respecto, los ecosistemas forestales de México son muy diversos no sólo en cuanto a sus unidades de suelos si no también en relación a las características de manejo. Debido a que predominan las especies de hongos ectomicorrízicos en los bosques mexicanos, existe menos documentación sobre los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en estos ecosistemas forestales. Los estudios de biodiversidad edáfica han profundizado en el trópico húmedo en selvas (Álvarez-Sánchez y Naranjo-García, 2003) o sistemas manejados (Arias *et al.*, 2011).

Los enfoques predominantes se sitúan sobre los ciclos de nutrientes y en el caso de las micorrizas arbusculares, sobre la sucesión vegetal y dinámica de plántulas (Varela-Fregoso y Guadarrama-Chávez, 2003; Sánchez-Gallén y Guadarrama-Chávez, 2003) más que en la diversidad de las unidades edáficas.

**Cuadro 1.** Factores que afectan la abundancia y distribución de los hongos micorrízicos arbusculares (modificado de Camargo-Ricalde, 2002).

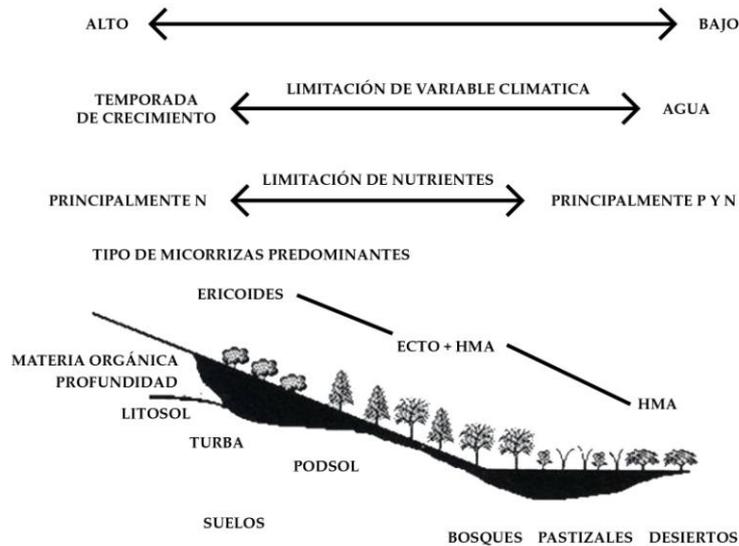
<b>Factor</b>	<b>Efectos</b>	<b>Sitio de investigación</b>	<b>Fuente</b>
Fertilidad y humedad del suelo	La riqueza de especies y abundancia de esporas se correlacionó positivamente con el porcentaje de materia orgánica y contenido de N del suelo.	Pradera de pastos altos	Anderson <i>et al.</i> , 1984
PH en el suelo	El pH influyó en la capacidad de colonización, esporulación y germinación de las esporas.	Invernadero	Green <i>et al.</i> , 1976 Porter <i>et al.</i> , 1987
Textura, estructura y nutrientes en el suelo	El efecto de los hospederos influyó en las comunidades de hongos AM	Parcelas de monocultivos de cinco especies de gramíneas en sucesión	Johnson <i>et al.</i> , 1992
Diversidad de plantas y suelos	Algunos consorcios de HMA son afectados en el desarrollo y crecimiento de las plantas y crecen en un rango de condiciones edáficas y del hospedero.	Invernadero	Sylvia <i>et al.</i> , 1993
Topografía y frecuencia de quema	La variación en especies de HMA se vio influenciada por la topografía y frecuencia de quema.	Pradera de pastos altos	Gibson y Hetrick, 1988
Temperatura	El promedio de la riqueza de especies de HMA se correlacionó positivamente con la distancia geográfica sur a lo largo del gradiente y con los parámetros de temperatura.	Parcelas en un gradiente latitudinal a lo largo de una duna	Koske, 1987
Gradiente latitudinal	Los HMA forman sus propios patrones específicos de distribución de acuerdo a la de los hospederos.	Parcelas en el desierto	Allen <i>et al.</i> , 1995

## II. MARCO TEORICO

La distribución de los microorganismos del suelo está relacionada directamente con las características del entorno biótico (Drenovsky, *et al.*, 2004). Entre ellas, los factores físicos y químicos inherentes al clima como temperatura, precipitación, régimen de lluvias, etc., afectan directamente el tipo de vegetación o ecosistema. Existen varios ecosistemas o biomas que se encuentran localizados en zonas geográficas tropicales y que dependiendo de los factores climáticos y de vegetación, adquieren sus nombres como bosques tropicales, sabanas, etc. Con relación a las especies vegetales dominantes, la clasificación vegetal da lugar a la nomenclatura; sin embargo, el factor edáfico se adiciona como un componente que no define en ningún momento la diversidad del ecosistema (Krasilnikov, 2005).

Para el caso de los organismos cuyo hábitat está más relacionado con el suelo que con la vegetación, el tipo de suelo, constituye un factor que puede influir en su diversidad. Tal es el caso de los HMA que son componentes bióticos presentes en todos los edafosistemas, formando asociaciones simbióticas con más del 70% de las especies vegetales (Brundrett, 2009). Se argumenta que la distribución de los HMA es cosmopolita porque se encuentran presentes en todos los suelos y porque no demuestran especificidad relacionada con el tipo de plantas con los que se asocian, aunque como la abundancia de los tipos de micorrizas que está más influenciada por la altitud y región climática (Figura 1) (Allen, 1991).

Esto último permite predecir que todo suelo que sea recolectado de cualquier hábitat o ecosistema en donde se encuentren plantas, contendrá HMA. Se ha documentado que existe una mayor presencia de especies de HMA en suelos no perturbados con una alta diversidad vegetal (Klironomos *et al.*, 2000). Esto no significa que sean especies únicas o endémicas de un tipo de vegetación. Pobre ha sido el enfoque en donde se estudie el efecto de la pedogénesis o de las especies edáficas en función de la distribución y/o abundancia de ecotipos de HMA.



**Figura 1.** Distribución de las micorrizas en los biomas. Tomado de Allen (1991).

Los suelos son diversos y complejos por lo que los diferentes grupos constituyen la edafodiversidad que está en función del clima, la actividad de los microorganismos, de la vegetación y en gran parte, de los materiales parentales de los que se derivan muchas de sus propiedades (Brady y Weil, 2002). Además, la geomorfología, que es la forma del relieve que permite la intemperización de los materiales que darán lugar al suelo, también es un factor predominante en la pedogénesis. De esta forma, en ecosistemas con el mismo tipo de vegetación y por ende de similar estequiometría foliar (C:N:P), se pueden encontrar una muy diversa gama de especies edáficas con suelos de incipiente formación o jóvenes junto con suelos maduros en los que la disponibilidad de estos elementos ya esté influenciada por las características inherentes a estos suelos (Johnson, 2010).

Las propiedades de los suelos jóvenes, intermedios o maduros varían en función de parámetros físicos y químicos como el pH, la acidez o alcalinidad, el contenido de materia orgánica, de sales, etc. Estos factores junto con la profundidad y filtración permitirán que se den condiciones óptimas para el crecimiento vegetal constituyendo diferentes calidades de sitio (USDA, 1991; Peña *et al.*, 2009). Así, las plantas que crecen en un mismo ecosistema, aun cuando se distribuyan en la misma unidad climática, es posible que estén menos favorecidas por los suelos donde crecen. En relación a la biodiversidad que albergan, los suelos de reciente formación, menos profundos, tienen un mayor contraste ecológico que aquellos maduros (Krasilnikov *et al.*, 2011).

## **2.1. Generalidades de las asociaciones micorrízicas.**

En 1885 Albert Bernard Frank acuñó en griego el término micorriza que significa “hongos en las raíces”. Los hongos micorrízicos forman una relación simbiótica mutualista con las raíces de la mayoría de las plantas. Se han descrito siete tipos morfológicos de micorrizas: arbuscular, ectomicorriza, ectendomicorriza, y micorrizas arbutoide, monotropoide, ericoide y orquideoide. Cada una de estas categorías se caracteriza por la forma del crecimiento del hongo en las células de la raíz, por las estructuras características que desarrollan y las especies de hongos y plantas que participan (Smith y Read, 2008). Los registros fósiles y estudios moleculares señalan que los hongos micorrízicos arbusculares son los más antiguos datando su aparición aproximadamente de 400 a 600 millones de años (Redecker *et al.*, 2000). Esta asociación considerada biotrófica obligada para los hongos, originalmente era llamada micorriza vesicular-arbuscular que suponían que todos los géneros formaban vesículas dentro de las raíces. Lo que se considera un carácter único para todos ellos es la formación de los arbusculos como estructura de intercambio siendo ahora extensivo el uso del término micorriza arbuscular (Smith y Read, 2008). Además de los arbusculos y las vesículas, los HMA presentan estructuras como las hifas intra-radicales (intercelulares e intracelulares), el micelio extra-radical y las esporas formadas en el micelio extra o intra-radical para su reproducción. La determinación taxonómica de estos hongos a menudo requiere de su propagación en plantas huésped para poder observar las diferentes etapas de su desarrollo en varias esporas, lo que es difícil de observar en ejemplares recolectados en campo. Las esporas recolectadas directamente de suelo frecuentemente están parasitadas por otros organismos y no es posible obtener suficiente información con relación a la variabilidad de sus características (Varela y Trejo, 2001).

## **2.2. Beneficios de la asociación.**

Esta asociación hongo-planta proporciona un beneficio para cada uno de los integrantes tales como la transferencia de nutrientes especialmente el fósforo, la protección cuando se encuentran bajo condiciones de estrés por problemas de salinidad, sequía, acidez, metales pesados y otros elementos tóxicos o patógenos que atacan a la raíz, así como contra herbívoros (Gange y West, 1994; Joner *et al.*, 2000; Newsham *et al.*, 1995, Koide y Mosse, 2004). Esto se debe a que los HMA colonizan las raíces de las plantas

formando una extensa red de micelio en el suelo que les permiten tener un mayor transporte de agua, nutrimentos y micronutrimentos, especialmente Cu y Zn lo que hace que las plantas tengan una mejora considerable en su nutrición vegetal. Los HMA modifican el balance hídrico de las plantas hospederas a través de su influencia en la regulación hormonal (Augé, 2001).

Los HMA tienen un papel importante en la estabilidad del suelo contribuyendo significativamente a la formación de agregados y aumentando su calidad y fertilidad (Wright y Upadhyaya, 1998). La agregación de suelo es gobernada por una serie de factores bióticos y abióticos incluyendo el manejo del mismo. La agregación es fundamental para mantener sus propiedades físicas y facilitar los ciclos biogeoquímicos. Las hifas de los HMA son consideradas como importantes agentes aglutinadores de partículas del suelo y se han descrito correlaciones positivas en sistemas naturales entre la abundancia de las hifas y la estabilidad de los agregados. Recientemente se han dado evidencias que demuestran que una glicoproteína producida en gran cantidad por las hifas de los HMA llamada extensivamente glomalina, pero que es una familia proteica denominada GRSP (Glomaline Related Soil Protein de sus siglas en inglés), cementa las partículas de suelo y está fuertemente involucrada en la agregación (Wright y Upadhyaya, 1996; Rillig *et al.*, 2002; Rillig, 2004; Borie *et al.*, 2008).

Por esto, los HMA son considerados componentes esenciales y de sustentabilidad en el sistema planta-suelo (Hooker y Black, 1995). Aunque aparentemente no existe especificidad taxonómica relacionada con las especies de plantas con las que se asocian los HMA, evidencias recientes obtenidas con técnicas moleculares indican que algunas plantas son colonizadas preferentemente por ciertas especies fúngicas con base en sus efectos diferenciales sobre el crecimiento vegetal (Lovera y Cuenca, 2007). Los hongos como microorganismos altamente dependientes del suelo, son muy sensibles a factores microclimáticos que están más relacionados con el pH y la calidad de la materia orgánica (Mirás-Avalos, 2011). (Cuadro 1). Sin embargo, los hongos micorrízicos, al ser dependientes en su totalidad de los hospederos vegetales con los que se asocian para la obtención de carbono, están más influenciados por la abundancia de raíces en el suelo como su hábitat.

### 2.3. Características de los géneros de los HMA

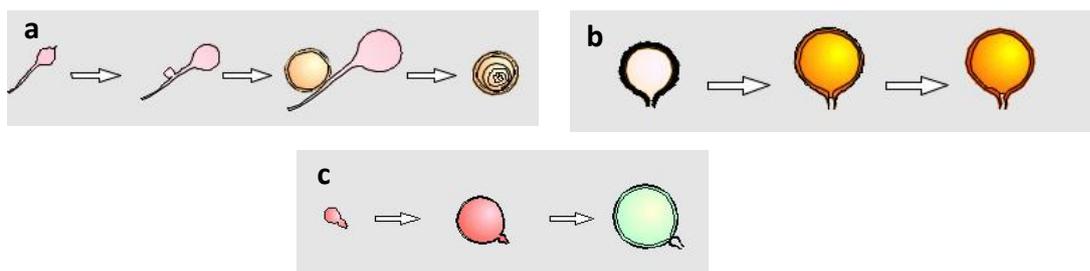
Los glomeromicetes son hongos que forman esporas asexuales grandes (20-500  $\mu\text{m}$ ) e hifas cenocíticas. La taxonomía morfológica está basada en las esporas, siendo la estructura de la pared, el tamaño, forma, color, ornamentación, hifa de sostén y su forma de oclusión, los principales caracteres usados para la delimitación de especies (Morton, 1988). Las esporas generalmente se desarrollan de forma individual en el ápice de las hifas extraradicales o en grupos llamados esporocarpos. Las esporas forman diversas capas o paredes que son únicas entre los miembros del reino de los hongos. Walker (1983) fue el primero en tratar de dar sentido a la organización de estas paredes estableciendo un código llamado murograma para denominar su posición y forma para con ello facilitar la comparación entre especies al describir su taxonomía. A pesar de esto, la murología es un auxiliar que no siempre facilita la taxonomía dado que las esporas maduras varían en el número de capas de la pared y la capa exterior se vuelve a menudo pigmentada e impermeable. De acuerdo a la madurez de las esporas varían en su composición de polisacáridos, lípidos, proteínas y quitina. La quitina está presente en una o varias capas y a menudo en un conjunto de fibrillas. La pared de las capas de las esporas de los HMA son resistentes y esto les permite permanecer en el suelo a veces durante muchos años (Hooker y Black, 1995). Como propágulos, las esporas necesitan germinar y producir hifas que pueden colonizar las raíces. La hifa de germinación se denomina tubo germinativo. En algunos géneros, los tubos germinales aprovechan la pared de las hifas de sostén para emerger; en otros géneros, pueden salir directamente a través de la pared de las esporas o de regiones especiales que se forman dentro de la espora denominadas escudos de germinación y que sirven para diferenciar a las especies del género *Scutellospora*.

Las esporas también pueden producirse dentro de las raíces, notoriamente en algunas especies del género *Glomus* como el complejo *G. intraradices* (*Rhizophagus intraradices*) y *G. diaphanum*. La formación de esporas se ve afectada por diversos factores como el crecimiento de la planta, los niveles de luz y los nutrientes del suelo. Una disminución en la producción de esporas a menudo se produce cuando la fotosíntesis de la planta se reduce, limitando así la asignación de recursos a las raíces, a la red de micelio y por tanto a las estructuras de resistencia. La esporulación ocurre después de 3 a 4 semanas que ha iniciado la colonización y para que ocurra, es necesario que se establezca previamente una buena colonización intrarradical.

Cuando frecuentemente se ha asociado a condiciones de estrés del hospedero, estacionalidad y especies, la esporulación depende más de las especies de HMA aunque el factor que más retarda o inhibe la esporulación es la disponibilidad de P en el suelo. Una vez formadas, las esporas se dispersan por medio del aire, agua y animales pequeños y su distribución se ve afectada en los suelos alterados por la agricultura y la deforestación (Peterson *et al.*, 2004).

La formación de las esporas se lleva a cabo a través de un ensanchamiento de hifas terminales. Las paredes externas de las paredes de las esporas se engruesan conforme envejecen y son las primeras que forman a la espora aunque las paredes internas son mucilaginosas por lo que tienen una reacción amiloide al yodo tiñiendo de rojo con el reactivo de Meltzer.

La forma de la hifa de sostén, que tiene la misma composición de pared que la de la espora (en algunas especies se engruesa de la misma forma que la pared de la espora), así como su presencia o ausencia es de valor taxonómico. En las especies del género *Acaulospora*, se desprende dando un aspecto sésil a las esporas (Figura 2a). En este género todas las paredes flexibles internas y la variada ornamentación de la pared externa no se observan en especies del género *Glomus*. En éste, existe una mayor diversidad en la posición de las capas en las esporas y de su morfología que en el resto de las otras especies de otros géneros (Figura 2b).



**Figura 2.** Desarrollo general de las esporas del género *Acaulospora* (a), *Glomus* (b) y *Gigaspora* (c). Modificado de INVAM, <http://invam.caf.wvu.edu>, última actualización 21 de Octubre del 2012.

Las esporas del género *Gigaspora*, no tienen por lo general ornamentaciones y su pared presenta sólo dos capas, formando además células auxiliares de paredes gruesas y equinuladas en hifas distintas de donde se desarrollan las esporas. Éstas se forman a partir de un engrosamiento de la hifa que da lugar a otro engrosamiento terminal de mayor

tamaño que se constriñe y da el aspecto de un globo (Figura 2c).

El sáculo esporífero que se desarrolla lateralmente del ápice hifal en los géneros *Entrophospora* y *Acaulospora* se expande y la espora se forma a partir de un engrosamiento de la hifa de sostén, desintegrándose el sáculo cuando la espora madura en la mayoría de los casos (2a).

#### **2.4. Taxonomía de los hongos MA.**

La taxonomía de los HMA se encuentra actualmente entre las más complejas dentro de los hongos debido a los caracteres morfológicos con los que tradicionalmente se ha estudiado a este grupo biológico y la diversidad genética de sus cientos de núcleos (Schüßler y Walker, 2010). Los HMA son microorganismos en los que no se conoce hasta ahora su reproducción sexual por lo que las esporas asexuales han constituido casi el carácter exclusivo que se toma en cuenta para conocer su diversidad. Los especialistas consideran sin embargo, que aún con las esporas, la resolución taxonómica a la que se puede llegar es pobre dado que no todas las especies presentes en el suelo esporulan o lo hacen al mismo tiempo ni en las mismas proporciones. Las esporas aún cuando son estructuras de resistencia, sufren procesos de descomposición y envejecimiento relativamente rápidos (estacionales en algunos casos). Algunas especies presentan dimorfismo o es difícil encontrar esporas maduras con todas sus características en el momento del estudio (Janson y Allen, 1986). De este modo, el cultivo de los hongos en plantas trampa ha permitido resolver algunos de los factores antes mencionados. Sin embargo el cultivo por varios meses tampoco garantiza obtener esporas de todas las especies de HMA que pueden componer una muestra de suelo.

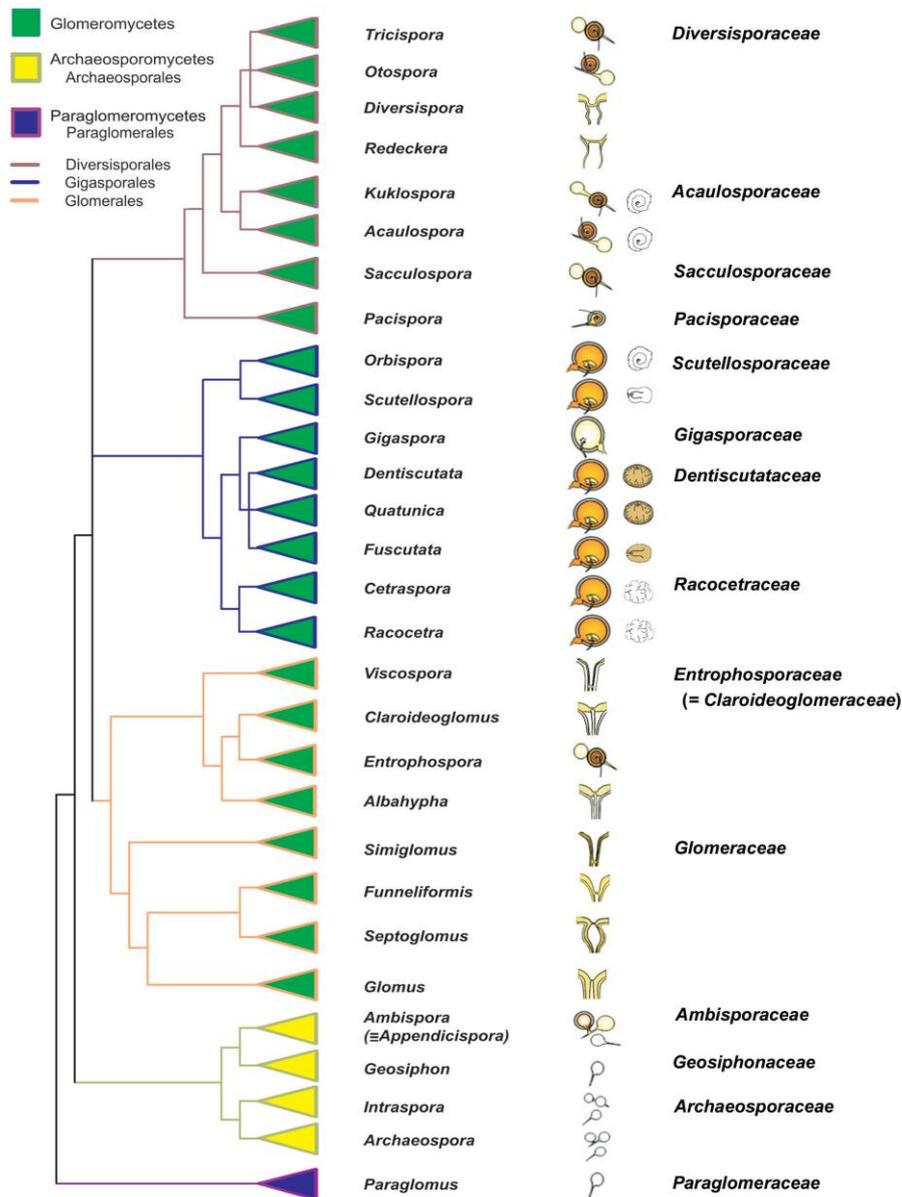
Los estudios moleculares en los HMA, aún cuando cada vez más recurrentes, no son en nuestros días, una herramienta que resuelva por completo los inconvenientes mencionados. Esto se debe a que la calidad del material requerido para la amplificación como las esporas, debe ser muy buena y esta está muy poco representada en muestras de suelos naturales. Otra dificultad radica en que las esporas de los HMA tienen una gran cantidad de núcleos con cierta variabilidad genética dado que son las esporas más grandes en el reino de los hongos. Esto no ha permitido hasta ahora el diseño de iniciadores convenientes que amplifiquen todas las especies de hongos arbusculares al mismo tiempo.

Esta problemática ha traído como consecuencia que recientemente se haya dado un completa reclasificación de estos hongos considerando su filogenia y taxonomía tradicional (Schüßler y Walker, 2010) y hayan sido ubicados en un Phylum aparte (Schüßler *et al.*, 2001).

En el Cuadro 2 se presenta una de las más recientes clasificaciones de los HMA según los autores anteriores. La reclasificación de algunas especies se ha dado con base en cultivos monospóricos y secuenciación. Los cambios que destacan con la anterior clasificación son que las especies del Género *Glomus*, el más diverso y abundante del Phylum, están reubicadas en varios géneros. La especie *Glomus mosseae* que está entre las más cosmopolitas y estudiadas, ha sido reubicada en el nuevo género *Funneliformis*. El género *Sclerocystis*, descrito en 1873, reclasificado posteriormente con el género *Glomus*, una vez más ha sido separado del mismo y reconocido como un género independiente. La filogenia de las especies que fueron agrupadas en el complejo *Glomus* grupo AB, actualmente se ubican en el género *Rhizophagus*. Algunos otros cambios a nivel de Familia como la inclusión del género *Geosiphon* en el Phylum y la inclusión del género *Racocetra* en la familia Gigasporaceae también transcurren en esta nueva reclasificación. Como se observa para muchas de las especies en el cuadro, se encuentran en posición todavía incierta, por lo que se necesitarán más estudios antes de que se pueda concluir su posición filogenética natural. El avance en la secuenciación molecular de los genomas ha permitido que otros investigadores encuentren diferentes propuestas a la filogenia de estos hongos y la nomenclatura de los géneros sea diferente (Oehl *et al.*, 2011) (Figura 3).

**Cuadro 2.** Clasificación taxonómica reciente de los hongos micorrízicos arbusculares en el Phylum Glomeromycota (Schüßler y Walker, 2010).

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Género</b>
Glomerales	Glomeraceae	<i>Glomus</i> sensu stricto
		Especies con posición incierta en <i>Glomus sensu lato</i> <i>Funneliformis</i> <i>Sclerosystis</i>
	Claroideoglomeraceae	Especies con posición incierta en <i>Sclerocystis</i> <i>Rhizophagus</i>
		<i>Claroideoglonus</i>
		Especies con posición incierta en <i>Claroideoglonus</i>
		Especies con posición incierta en <i>Glomerales</i>
Diversisporales	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i> <i>Scutellospora</i>
		Especies con posición incierta en <i>Scutellospora</i> <i>Racocetra</i>
		Especies con posición incierta en <i>Racocetra</i> Especies con posición incierta en <i>Gigasporaceae</i>
	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>
		Especies con posición incierta en <i>Acaulospora</i>
	Entrophosporaceae	<i>Entrophospora</i>
		Especies con posición incierta en <i>Entrophospora</i>
	Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>
	Diversisporaceae	<i>Diversispora</i> <i>Otophora</i> <i>Redeckera</i>
		<i>Paraglomus</i>
<i>Geosiphon</i>		
Paraglomerales	Paraglomeraceae	
Archeasporales	Geosiphonaceae	
	Ambisporaceae	<i>Ambispora</i>
	Archeosporaceae	<i>Archaeospora</i>



**Figura 3.** Filogenia de los hongos micorrízicos arbusculares propuesta por Oehl *et al.* (2011).

Existen gran cantidad de investigadores especialistas en el estudio de los HMA pero no así en su compleja taxonomía y aún cuando esto es una debilidad de la mayoría de los estudios que involucren a estos hongos, una adecuada documentación de las morfoespecies, así como los ejemplares de respaldo resguardados en una colección, permitirá superar estos inconvenientes cuando no se tenga la facilidad de realizar estudios moleculares (Morton y Bentivenga, 1994). El trabajo con las morfoespecies y/o los consorcios permite realizar comparaciones cualitativas y/o cuantitativas de abundancia y diversidad para llevar a cabo estudios diagnósticos en ecosistemas poco documentados como los tropicales.

## **2.5. Propiedades edáficas de los suelos estudiados.**

### **Phaeozem**

Son suelos de color oscuro con abundante materia orgánica, con material de origen eólico con horizonte mólico, glacial y otros materiales no consolidados. Presentan un perfil AhBC, con cambios de color en cada horizonte (café, marrón a gris, marrón amarillento a marrón rojizo). Son suelos porosos, aireados y estables, fértiles, en los que se pueden cultivar legumbres y cereales. Por la presencia de arcilla suelen retener gran cantidad de agua, tienen valores de pH entre 5 y 7 que aumentan hacia el horizonte C. Sus principales limitaciones son las sequías periódicas y la erosión por viento y agua. Se estima que en el mundo existen 190 millones de hectáreas de estos suelos (FAO, 2001). En México representan un 11.7% del territorio (Cruz *et al.*, 2007). (Figura 4a superior izquierda.)

### **Umbrisol**

Son suelos de color negro con un horizonte úmbrico, ricos en materia orgánica, con material parental producto de la erosión de roca silíceas. Son de moderadamente profundos a profundos, con textura media, permeables y drenados presentando grava, piedras y rocas. Se encuentran en sitios fríos y húmedos y en zonas montañosas con poca humedad. En general, estos suelos sufren cambios por la actividad humana ya que son utilizados para cultivos que por lo regular son de cereal, café, tubérculos y té. La mayoría de estos suelos tienen perfil AC o A(B)C. Los umbrisoles que fueron modificados por el humano pueden presentar un horizonte superficial grueso de menos de 50 cm de espesor que se le conoce como horizonte antropodogénico. Mundialmente hay 100 millones de hectáreas cubiertas por umbrisoles (FAO, 2001). (Figura 4b superior derecha.)

### **Luvisol**

Su etimología latina significa lavado, lo que hace referencia a suelos que presentan un horizonte de migración de arcillas y otro de enriquecimiento que se torna rojizo por la presencia de hidróxidos de Fe y Al. Presentan un perfil con horizontes ABtC teniendo por lo general elevados contenidos de materia orgánica. Por lo general tienen un color marrón oscuro en la superficie y marrón gris a rojizo en los siguientes horizontes.

Su pH varía entre 5.5 y 7.0. Se forman en pendientes ligeras o lugares planos en climas estacionales a partir de materiales parentales poco consolidados y son suelos de evolución media.

Mundialmente se encuentran entre 500 a 600 millones de hectáreas distribuidas en regiones templadas, tropicales y subtropicales. Es el quinto grupo más abundantes en México, representa el 9% de la superficie (Cruz *et al.*, 2007). En ellos se desarrollan bosques de coníferas y selvas. Cuando los suelos tienen buen drenaje son fértiles dado que tienen elevada capacidad de intercambio de cationes y por ello son utilizados para una gran actividad agrícola. (FAO, 2001). (Figura 4c inferior izquierda.)

### **Andosol**

El origen de la palabra Andosol significa oscuro en japonés. Son suelos derivados de cenizas volcánicas, profundos, de al menos 25 cm de profundidad y porosos. Son fértiles por su gran capacidad de intercambio catiónico y retención de humedad, así como alto contenido de materia orgánica. Se distribuyen en climas húmedos.

El perfil de estos suelos es AC o ABC cuando han sufrido una rápida alteración de los materiales volcánicos, dando lugar a minerales muy característicos como alofano, imogolita y ferrihidrita. Aun cuando son suelos de una gran aptitud agrícola, tienen una elevada fijación de fosfatos. Puede haber Andosoles jóvenes de colores oscuros hasta aquellos muy intemperizados de colores rojizos. Su distribución en el mundo está relacionada con las zonas de actividad volcánica, siendo por tanto abundantes en México en el eje volcánico trans-mexicano (FAO, 2001) (Figura 4d inferior derecha.)



**Figura 4.** Superior izquierda. Phaeozem. [http://lv-twk.oekosys.tu-berlin.de/project/lv-twk/images/jpgs/242\\_phaeozem.jpg](http://lv-twk.oekosys.tu-berlin.de/project/lv-twk/images/jpgs/242_phaeozem.jpg) de Superior derecha. Umbrisol. Imágenes tomadas de <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/5/54/Umbrisol.jpg> última actualización 25 de Octubre del 2012). Inferior izquierda. Luvisol [http://sis.agr.gc.ca/cansis/taxa/soil/luvisolic/gray\\_luvisol\\_bcs.jpg](http://sis.agr.gc.ca/cansis/taxa/soil/luvisolic/gray_luvisol_bcs.jpg) Inferior derecho. Andosol [http://www.isvo06.org/06072006\\_sp.html](http://www.isvo06.org/06072006_sp.html), (tomado de última actualización 25 de Octubre del 2012).

### III. JUSTIFICACION

Esta tesis formó parte del proyecto de investigación *El efecto de la diversidad de los suelos en la biodiversidad de los ecosistemas forestales de México*, en el cual el objetivo general fue evaluar las unidades de los suelos y su efecto en ecosistemas forestales. Se consideró importante comparar el efecto de la diversidad de los suelos o edafodiversidad con la diversidad de diferentes grupos biológicos (plantas, hongos y fauna del suelo) con la premisa de que cada unidad del suelo influye en las características de desarrollo del ecosistema. Distintos suelos en un sitio con el mismo clima generan estructuras en mosaico en el ecosistema y puede incrementar la  $\beta$ -diversidad debido a la influencia edáfica.

Algunos estudiosos de los HMA en suelos de México (Varela y Estrada, 1997) afirmaron que es de esperarse que la diversidad taxonómica y fisiológica de HMA en México sea una de las más altas del mundo considerando que la superficie del país es de casi 2 000 000 km<sup>2</sup> y que hay una gran diversidad de suelos y condiciones ambientales. Es necesario que los estudios que involucren a los HMA documenten la parte edáfica de manera adecuada, tal como se hace con la vegetación o el clima. El referir al suelo únicamente por su propiedad textural como un suelo fino o pedregoso no proporciona información relevante sobre sus pedogénesis que está en función del material parental que le brinda propiedades mineralógicas específicas entre las unidades a las cuales pueden estar adaptadas algunas especies de HMA. Esta limitación dificulta que conozcamos nuestra diversidad no sólo biótica sino edáfica y el conocimiento que se deriva de cualquier estudio que puede posteriormente usarse en la restauración de ecosistemas degradados por cambio de uso de suelo. Los suelos regulan procesos ecológicos importantes, entre ellos la dinámica de comunidades microbianas, no sólo en función del número de especies sino también de las funciones que estas cumplen en los biomas. Por tanto, considerar el grupo de suelo permitiría entender de mejor forma cuáles suelos albergan una mayor biodiversidad de los HMA (lo que se refleja directamente en la diversidad de las plantas y viceversa) y cuáles suelos pueden tener una mayor resiliencia para su cambio de uso.

## **IV. OBJETIVOS E HIPOTESIS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Conocer si la diversidad y abundancia de hongos micorrízicos arbusculares en cuatro grupos de suelos (Phaeozem, Umbrisol, Luvisol y Andosol) ubicados en Oaxaca y Michoacán se relaciona con la diversidad edáfica.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Conocer la abundancia de los hongos micorrízicos arbusculares en cada grupo de suelo.
- Conocer la diversidad de morfotipos de HMA en diferentes grupos de suelo.

### **HIPOTESIS**

Las propiedades de distintos grupos de suelos influyen en la abundancia y diversidad de los hongos micorrízicos arbusculares.

## V. SITIOS DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en dos áreas distintas: 1) La Finca El Nueve en Santa María Huatulco, Oaxaca y 2) el Cerro Santa Juana, Michoacán. En la localidad uno, se muestrearon dos grupos de suelo: Umbrisol y Phaeozem (WRB, 2006). En la localidad dos se muestreó un Andosol y un Luvisol (WRB, 2006) (Figura 5).

### 5.1. Descripción del sitio 1. El nueve, Santa María Huatulco, Oaxaca.

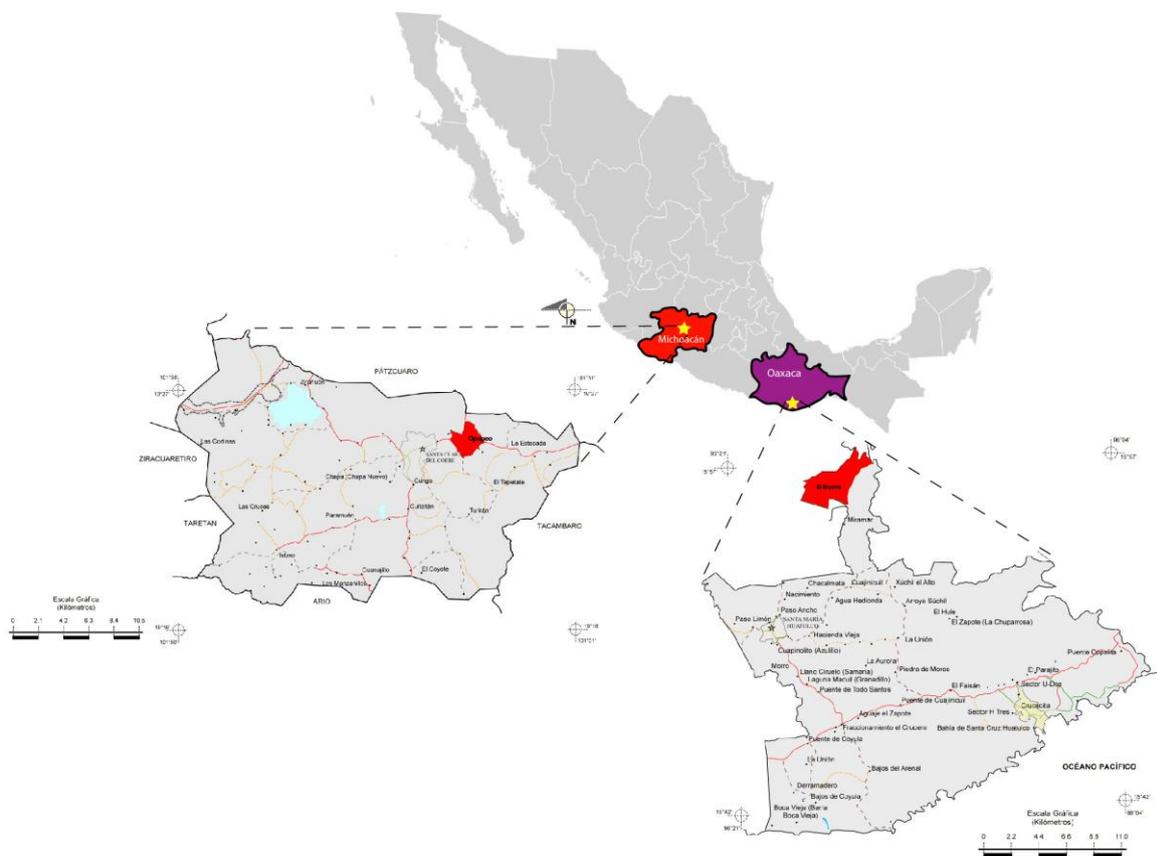
El nueve se encuentra ubicado en la zona cafetalera de las regiones montañosas de la Sierra Sur de Oaxaca en el municipio de Santa María Huatulco. Los materiales de origen de los suelos son principalmente anortositas y gneises (Krasilnikov *et al.*, 2007).

El clima de esta zona puede clasificarse como semicálido húmedo con precipitaciones entre 1800–2000 mm al año, con temperatura media anual entre 21.0–21.9°C, isotermal, poca precipitación en invierno y sequía inter-estival relativa (García, 1988).

La vegetación corresponde al bosque tropical subcaducifolio donde los elementos florísticos importantes son *Brosimum alicastrum*, *Brunellia permilis*, *Godmania aesculifolia*, *Manilkara zapota*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Calycophyllum candidissimum*, *Andira inermis*, *Lafoensia puniceifolia*, *Hymenaea courbaril*, varias especies de *Inga* y *Ficus*. En toda el área, la influencia antrópica se da por el cultivo del café que van de huerto de café a sistemas mixtos con otras especies frutales (Krasilnikov *et al.*, 2007).

Las principales unidades taxonómicas de suelos que se presentan son Alisol, Luvisol, Phaeozem y Umbrisol (Krasilnikov y García Calderón, 2005, 2007). En las partes disectadas, con pendientes muy fuertes, la edafogénesis es menos antigua y la formación del suelo no resulta tan evolucionada como para llegar a formar Alisoles, dando como resultado la formación de Luvisoles y, en superficies más erosionadas, de Phaeozems y Umbrisoles (García *et al.*, 2006). De manera particular los suelos que se desarrollan en la zona de estudio son específicamente Skeletic Phaeozems, Ferralic Umbrisoles y Epileptic Calcic Phaeozem (Anexos 1 y 2).

Según Krasilnikov *et al.*, (2007) las propiedades y características diagnósticas de estos suelos muestran que se diferencian por su acidez, composición de materia orgánica, composición mineralógica y complejo de intercambio. Es así que los Umbrisoles Ferrálicos tienen un alto contenido de carbono, menor saturación de bases y menor capacidad de intercambio catiónico; su composición mineralógica está dominada por caolinitas, alta acidez y textura muy pesada. Los Epileptic Calcic Phaeozems tienen una alta saturación de bases, alta abundancia de rocas, arcillas y los ácidos húmicos son los principales componentes de la materia orgánica. Los Squeletic Phaeozem, tienen una textura gruesa, alto contenido de fragmentos de rocas y alto contenido de carbono orgánico. En el presente trabajo, se obtuvieron muestras de los Pheozem cálcicos.



**Figura 5.** Localización de los sitios de estudio.

## 5.2. Descripción del sitio 2. Opoepo, Pátzcuaro, Michoacán.

El segundo sitio de estudio se ubicó en la cuenca de Pátzcuaro en Michoacán en el Municipio de Salvador Escalante. En la zona de estudio prevalece el proceso volcánico del Cuaternario ya que forma parte de Eje Neovolcánico Transmexicano; los materiales geológicos predominantes son andesita, basalto, tobas riolíticas, aluviones y escoria volcánica (Demant, 1979).

La actividad cinerítica originó suelos de grosor considerable por depósito de ceniza volcánica que constituye la principal riqueza natural de esa cuenca y que es el origen de la humedad que requieren los bosques (Barrera, 1984).

De acuerdo con los criterios de García (1988), el clima se define como templado subhúmedo con lluvias en verano, extenso y con la temperatura más cálida antes del mes de junio.

Los tipos de vegetación reconocidos en la zona son variados y su distribución se ve directamente influida por el clima, la topografía y el suelo. De acuerdo con esto, el gradiente que establecen dichos factores permitió que se desarrollara según Díaz-Barriga y Bello (1993) el bosque de pino-encino, donde se hizo el estudio. Esta comunidad es la más abundante en la zona forestal, lo componen numerosas especies tanto arbóreas como arbustivas y herbáceas en una altitud de 2150 – 2800 msnm. Entre las especies de mayor importancia están: *Pinus teocote*, *P. lawsonii*, *P. leiophylla*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *Quercus castanea*, *Q. crassipes*, *Crataegus pubescens*, *Acacia pennatula*, *Montanoa grandiflora*, *Croton adpersum*, *Bursera cuneata*, *Tecoma stans*, *Verbesina greemaniai*, *Bidens odorata*, *Adiantum adicola*, *Loeselia mexicana*.

El INEGI (2009) describió a los Luvisoles y Umbrisoles como principales unidades taxonómicas para el municipio ubicado en las zonas fisiográficas de la escarpa limítrofe del sur y el eje neovolcánico de la Tarasca. Sin embargo, de manera morfológica se han considerado los suelos que se desarrollan en el sitio de estudio como Andosoles y Luvisoles (Krasilnikov, 2010).

## **VI. MATERIALES Y METODOS**

### **6.1. Recolecta de las muestras de suelos.**

De los grupos de los suelos sitios descritos anteriormente las muestras de suelo se recolectaron en el horizonte A con un espesor que varió de 0-30 cm En algunos sitios, se describió con el nombre común o científico a la vegetación circundante a los puntos de muestreo (Anexo 3). Las muestras fueron recolectadas en Abril del 2007 en Oaxaca y Mayo del 2008 en Michoacán. Se tomaron 10 puntos de muestreo al azar para cada grupo de suelo. La caracterización morfológica de cada perfil se determinó *in situ* de acuerdo con Siebe *et al.* (1996). En los Anexos 1 y 2 se presenta el levantamiento en campo de los perfiles (Oaxaca y Michoacán respectivamente) cuya caracterización se basó en sus variantes morfológicas que permitieron determinar la diversidad edáfica. Además se consideró la misma inclinación y que las altitudes estuvieran entre 1100 y 1300 msnm. Cabe destacar que las propiedades de los suelos descrita en los anexos no corresponden a las muestras recolectadas para el análisis de HMA, si no de los perfiles para la descripción de los suelos.

### **6.2. Aislamiento y recuento de esporas de hongos micorrízicos arbusculares.**

La diversidad de la abundancia de morfotipos de HMA se llevo a cabo en muestras de suelos que estuvieron cercanas a los perfiles de los suelos. Algunas de las muestras se encontraron asociadas a plántulas de las especies dominantes en cada sitio. Las muestras se limpiaron de rocas y hojarasca y se secaron a temperatura ambiente para ser almacenados en bolsas de plástico a 4 °C hasta su análisis. En el laboratorio, se pesaron 50 g de cada una de las muestras y las esporas se aislaron mediante la técnica de tamizado en húmedo y decantación (Gerdemann y Nicolson, 1963).

De cada muestra de suelo tamizada se hicieron alícuotas que fueron repartidas en varias cajas de Petri para su observación en el microscopio estereoscópico (40 ×). El total de las esporas que se encontraron en el fondo de las cajas fueron contadas y colocadas en pastilleros para ser posteriormente agrupadas en morfotipos.

Las esporas fueron montadas en portaobjetos con glicerol donde se revisaron con detalle en un microscopio óptico (200×) y se seleccionaron las esporas que se encontraron en mejores condiciones para ser montadas en preparaciones semipermanentes con alcohol polivinílico lacto-glicerol (PVLG). Se determinó el número total de esporas y abundancia promedio por suelo para compararse mediante un ANOVA de una vía.

Ya montadas en preparaciones semipermanentes, cada espora fue documentada microfotográficamente con ayuda del microscopio de epifluorescencia y luz polarizada Olympus BX51, utilizando el programa *Image pro-plus*®. Algunas esporas fueron observadas con epifluorescencia para observar autofluorescencia. Se realizó una base de datos con las características principales de cada una (clave personal, localidad, color, tamaño, observaciones, etc.).

### **6.3. Determinación de morfotipos de los HMA y estimación de la diversidad.**

Se llevó a cabo la determinación taxonómica de aquellas esporas con características morfológicas suficientes para su reconocimiento genérico y los ejemplares fueron ingresados al Micario del Laboratorio de Microcosmos Bioedáfico. Las características morfológicas de cada espora fueron comparados con las descripciones de la International Collection of Vesicular and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM) y su equivalente a la descripción de Schüßler y Walker (2010) disponibles en el sitio Glomeromycota species list ([http://www.lrz.de/~schuessler/amphylo/amphylo\\_species.html](http://www.lrz.de/~schuessler/amphylo/amphylo_species.html), última fecha de actualización 25 de Octubre del 2012).

### **6.4. Cuantificación de propiedades físicas de los suelos y correlaciones con las variables fúngicas.**

Para una de las muestras de cada suelo, se llevaron a cabo algunas determinaciones fisicoquímicas en el laboratorio de Edafología Ambiental del Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la UNAM. Se cuantificó el pH 1:2.5 en agua y KCl, la conductividad eléctrica (1:2.5), textura, P asimilable y cationes intercambiables. Con estos resultados, se corrieron correlaciones totales con la abundancia de esporas y con una ponderación cualitativa de la abundancia de raíces encontradas en las mismas muestras

donde se realizaron los análisis. Estos datos no tuvieron réplicas por lo que no se hicieron análisis estadísticos.

## 6.5. Análisis de datos

La diversidad se estimó de acuerdo al índice de Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949) que cuantifica la heterogeneidad de una comunidad ponderando entre el número de especies y su abundancia relativa. El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*) (Pla, 2006).. Este índice se ha usado para estimar la selección aleatoria de un individuo en la comunidad y se puede aplicar a diferentes factores de análisis como en este caso, los grupos de suelo. La fórmula considera el número o riqueza de especies ( $S$ ), la abundancia relativa de la especie  $i$  respecto al total de individuos ( $P_i$ ):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \frac{n_i}{N}$$

Donde  $p_i$ :

$n_i$ - número de individuos de la especie  $i$ ,  $N$ - número de todos los individuos de todas las especies.

La comparación entre la diversidad de HMA entre los distintos suelos, se llevó a cabo mediante el Índice de Sorensen ( $I_{ss}$ )

$$I_{ss} = \frac{2C}{(A + B)} \times 100$$

Donde:

$C$ = número de especies comunes entre A y B

$A$ = número total de especies de la comunidad A

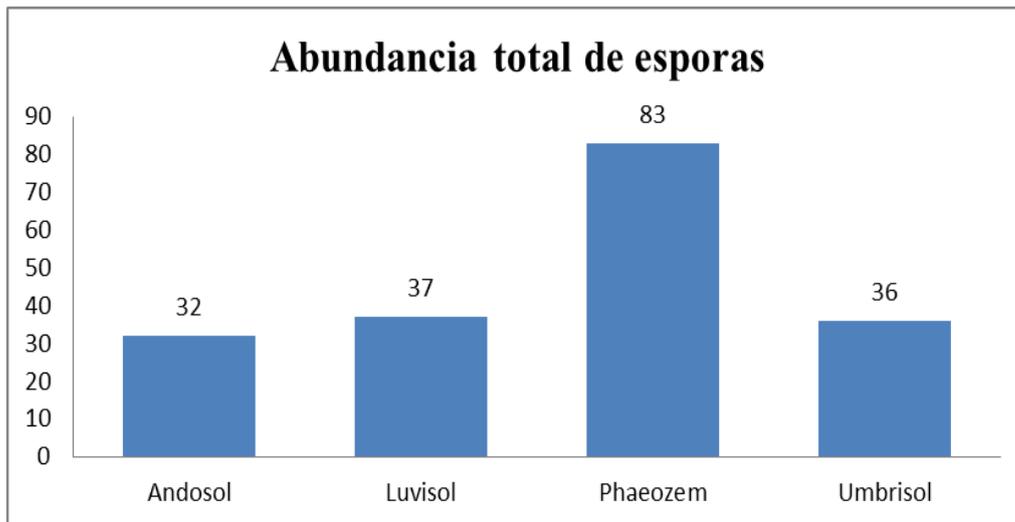
$B$ = número total de especies de la comunidad B

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1. Abundancia de esporas de HMA

En ambos sitios de muestreo, se obtuvieron 275 esporas de las cuales solamente se incluyeron 188 en la Colección en el Micario del Laboratorio de Microcosmos Bioedáfico (Anexos 3-4) dado que el resto del material procesado estaba constituido solamente por restos de esporas. De uno de los grupos de suelo, Phaeozem, se obtuvieron muestras de dos sitios distintos. Las esporas obtenidas quedaron incluidas en la colección pero sólo se analizó uno de los sitios de los dos suelos (Epileptic Phaeozem) para todas las pruebas.

La abundancia total de esporas por grupo de suelo fue de 155, distribuidas (44%) con 83 esporas en el Phaeozem, seguida del Luvisol con 37 esporas (20%) y el Umbrisol con 36 esporas (19%); finalmente el Andosol presentó la menor abundancia con 32 esporas (17%) (Figura 6). Sin embargo, en la abundancia promedio (no. de esporas por 100 g suelo) no se observaron variaciones significativas bajo una prueba de ANOVA entre los suelos (Cuadro 3). El promedio general de esporas por muestra en todos los suelos analizados fue de 17 esporas. Camargo-Ricalde (2002) analizó la abundancia de esporas encontradas en varios ecosistemas naturales, encontrando que esta iba de cero hasta cerca de 2000 esporas por 100 g de suelo seco. Guadarrama *et al.* (2008) cuantificaron un número similar de esporas viables en suelos de Oaxaca (de 18 a 34 en 100 g de suelo seco). El número de esporas encontrado en este estudio es relativamente bajo y casi idéntico en todos los grupos de suelos, teniendo desviaciones estándar igualmente equitativas.



**Figura 6.** Abundancia total de esporas de hongos micorrízicos arbusculares por tipo de suelo.

**Cuadro 3.** Abundancia promedio de esporas por 100 g suelo seco. Letras iguales implican que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Suelo	promedio	desviación estándar
Phaeozem	15.4a	3.4
Umbrisol	17.8a	3.8
Andosol	17.5a	4.1
Luvisol	15.5a	3.4
<b>general</b>	<b>16.6</b>	

La abundancia de esporas también se correlacionó con algunas de las propiedades fisicoquímicas de los suelos muestreados (Cuadro 4) resultaron no significativas (Cuadro 5) debido probablemente a que no se tuvieron suficientes réplicas en los análisis de suelos. Sin embargo, se observa que las propiedades fisicoquímicas de los suelos sí los diferencian considerablemente entre ellos, siendo los de Oaxaca mucho más ricos en C y N así como en la conductividad eléctrica, porcentaje de arenas, P asimilable y algunos cationes de intercambio como el calcio. Estos son suelos mucho más francos y fértiles que los que se encuentran en Michoacán dadas las propiedades descritas anteriormente.

**Cuadro 4.** Algunas características fisicoquímicas de los suelos estudiados.

Suelo	C	N	pH 1:2.5		C.E. 1:2.5	arena	limo
	% total		H <sub>2</sub> O	KCl	microS/cm	%	
Phaeozem*	17.33	0.80	7.1	7.0	919.9	39.0	52.8
Umbrisol	16.79	1.28	6.8	6.3	933.0	31.1	50.7
Luvisol	6.80	0.45	6.5	5.9	147.9	10.8	69.6
Andosol	7.27	0.49	6.3	5.6	162.5	13.4	52.2

	arcilla	P asimilable	cationes intercambiables (cmol/kg)				
			mg/kg (Bray)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Phaeozem*	8.2	9.9	34.12	3.60	0.40	0.10	
Umbrisol	18.2	31.5	54.27	6.30	1.83	0.09	
Luvisol	19.6	0.4	22.08	8.67	1.24	0.04	
Andosol	29.1	1.4	17.78	8.17	1.27	0.06	

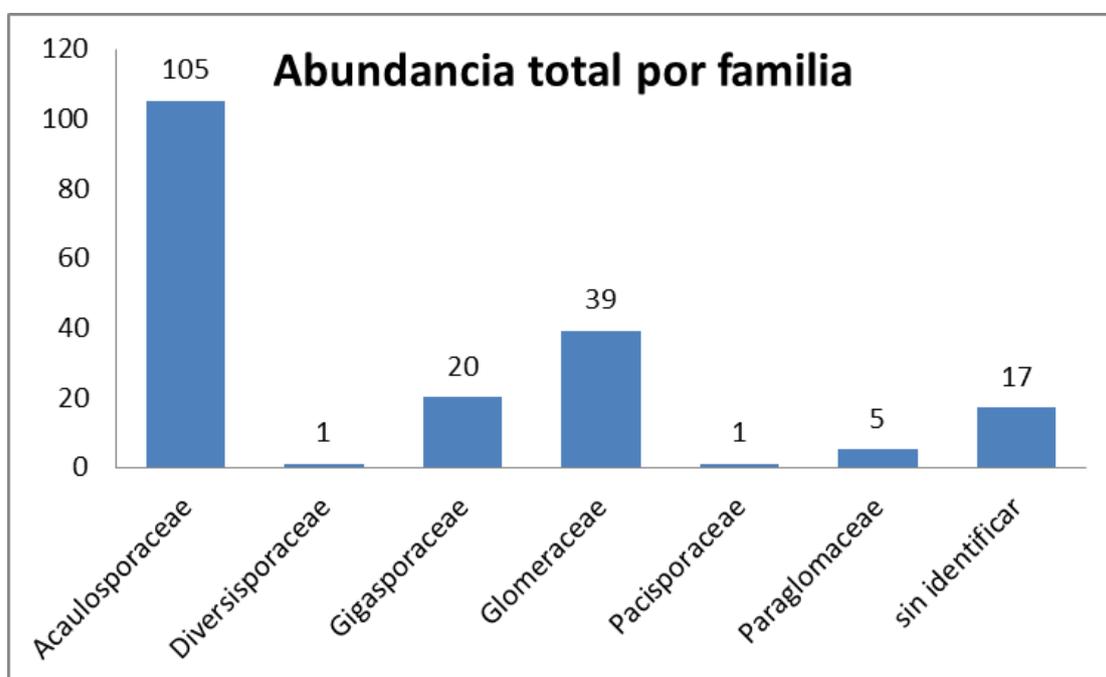
\* Epileptic Calcic Phaeozem

El muestreo de todos los suelos estuvo dirigido para analizar la biodiversidad de varios grupos de organismos dentro del proyecto mencionado en los antecedentes, de manera que las muestras no fueron tomadas en puntos rizosféricos específicos. Posiblemente esto influyó en la abundancia de esporas encontradas y en la calidad de las mismas dado que la mayor parte de las esporas se encuentran en la rizosfera de las plantas (St-Arnaud *et al.*, 1996). Para corroborar esto, se realizó una correlación entre la abundancia de esporas y la abundancia relativa de raíces en algunas de las muestras de los grupos de suelos muestreados que no fue significativa ( $r=-0.47$ ). Además, también pudo haber influido en las abundancias de los suelos en los sitios de Michoacán (Anexos 1-2), la vegetación dominante fueron gimnospermas en bosques de encinos cuya simbiosis es obligada con hongos ectomicorrízicos (Smith y Read, 2008). Finalmente, el muestreo se llevó a cabo en época de secas, donde el estrato herbáceo que forma raicillas finas que se extienden en el suelo se encuentra en menor abundancia y las esporas viables comienzan a ser utilizadas como recurso para otros organismos micófagos (Bhattacharjee *et al.*, 1982).

**Cuadro 5.** Correlación total entre los distintos parámetros edáficos y la abundancia de esporas de hongos micorrízicos arbusculares.

	C	N	pH 1:2.5		C.E. 1:2.5	%			P	cmol/kg				esporas HMA 100 g	abundancia cualitativa raíces	Índice	
	total (%)	H <sub>2</sub> O	KCl	microS/cm	arena	limo	arcilla	mg/kg	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			Shannon	Sorensen	
<b>C total (%)</b>	1.00	0.84	0.89	0.87	<b>1.00</b>	<b>0.98</b>	-0.61	-0.76	0.77	0.83	-0.89	-0.17	<b>0.98</b>	-0.46	-0.31	0.34	0.86
<b>N total (%)</b>	0.84	1.00	0.55	0.48	0.87	0.71	-0.59	-0.38	<b>0.99</b>	<b>0.99</b>	-0.51	0.39	0.76	-0.51	-0.51	-0.13	0.65
<b>pH 1:2.5 H<sub>2</sub>O</b>	0.89	0.55	1.00	<b>0.99</b>	0.88	0.93	-0.28	<b>-0.97</b>	0.46	0.59	-0.93	-0.51	0.88	-0.57	0.12	0.43	<b>0.95</b>
<b>pH 1:2.5 KCl</b>	0.87	0.48	<b>0.99</b>	1.00	0.85	0.93	-0.32	<b>-0.96</b>	0.38	0.51	<b>-0.96</b>	-0.60	0.88	-0.46	0.10	0.54	0.91
<b>C.E. 1:2.5 microS/cm</b>	<b>1.00</b>	0.87	0.88	0.85	1.00	<b>0.97</b>	-0.60	-0.74	0.80	0.86	-0.87	-0.12	<b>0.97</b>	-0.49	-0.32	0.29	0.86
<b>arena (%)</b>	<b>0.98</b>	0.71	0.93	0.93	<b>0.97</b>	1.00	-0.61	-0.81	0.62	0.70	<b>-0.97</b>	-0.36	<b>0.99</b>	-0.36	-0.26	0.51	0.85
<b>limo (%)</b>	-0.61	-0.59	-0.28	-0.32	-0.60	-0.61	1.00	0.04	-0.55	-0.47	0.54	-0.03	-0.70	-0.36	0.90	-0.52	-0.13
<b>arcilla (%)</b>	-0.76	-0.38	<b>-0.97</b>	<b>-0.96</b>	-0.74	-0.81	0.04	1.00	-0.29	-0.46	0.85	0.58	-0.73	0.64	-0.36	-0.36	-0.94
<b>P asimilable mg/kg (Bray)</b>	0.77	<b>0.99</b>	0.46	0.38	0.80	0.62	-0.55	-0.29	1.00	<b>0.98</b>	-0.40	0.50	0.68	-0.51	-0.52	-0.24	0.58
<b>Ca<sup>2+</sup> cmol/kg</b>	0.83	<b>0.99</b>	0.59	0.51	0.86	0.70	-0.47	-0.46	<b>0.98</b>	1.00	-0.50	0.38	0.74	-0.63	-0.38	-0.20	0.72
<b>Mg<sup>2+</sup> cmol/kg</b>	-0.89	-0.51	-0.93	<b>-0.96</b>	-0.87	<b>-0.97</b>	0.54	0.85	-0.40	-0.50	1.00	0.59	-0.94	0.24	0.14	-0.69	-0.79
<b>Na<sup>+</sup> cmol/kg</b>	-0.17	0.39	-0.51	-0.60	-0.12	-0.36	-0.03	0.58	0.50	0.38	0.59	1.00	-0.28	-0.15	-0.40	-0.82	-0.28
<b>K<sup>+</sup> cmol/kg</b>	<b>0.98</b>	0.76	0.88	0.88	<b>0.97</b>	<b>0.99</b>	-0.70	-0.73	0.68	0.74	-0.94	-0.28	1.00	-0.30	-0.38	0.50	0.79
<b>esporas HMA 100 g</b>	-0.46	-0.51	-0.57	-0.46	-0.49	-0.36	-0.36	0.64	-0.51	-0.63	0.24	-0.15	-0.30	1.00	-0.47	0.48	-0.78
<b>abundancia raíces</b>	-0.31	-0.51	0.12	0.10	-0.32	-0.26	0.90	-0.36	-0.52	-0.38	0.14	-0.40	-0.38	-0.47	1.00	-0.20	0.20
<b>Índice Shannon</b>	0.34	-0.13	0.43	0.54	0.29	0.51	-0.52	-0.36	-0.24	-0.20	-0.69	-0.82	0.50	0.48	-0.20	1.00	0.13
<b>Índice Sorensen</b>	0.86	0.65	<b>0.95</b>	0.91	0.86	0.85	-0.13	-0.94	0.58	0.72	-0.79	-0.28	0.79	-0.78	0.20	0.13	1.00

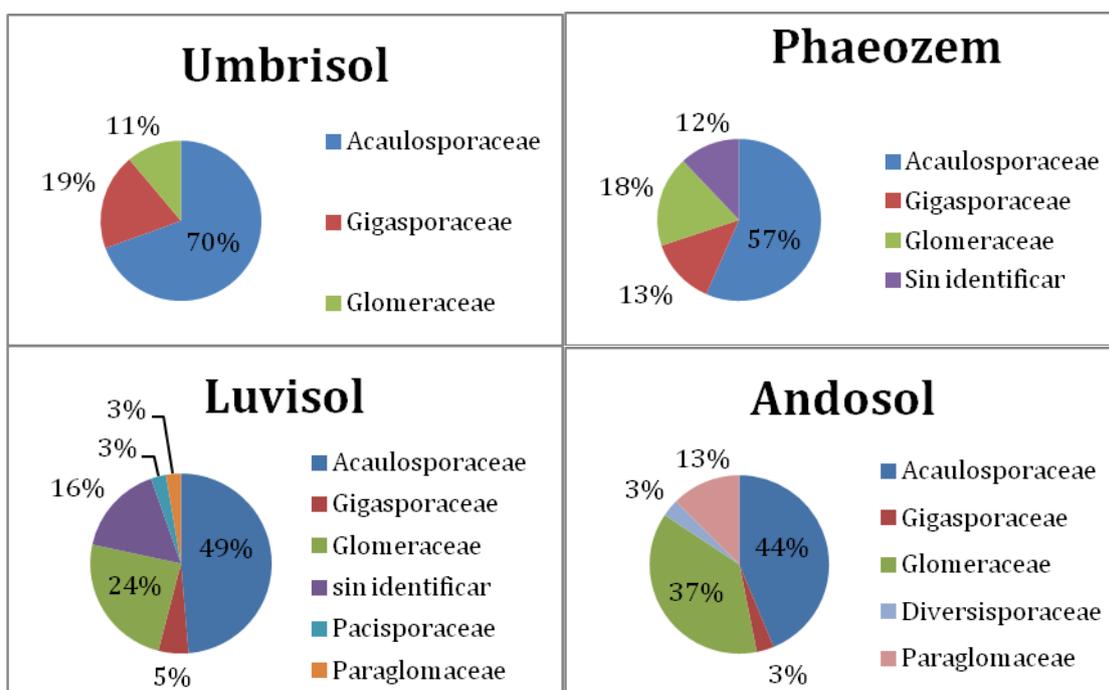
En todas las muestras, la abundancia de morfoespecies estuvo dominada por esporas en la familia Acaulosporaceae 105 esporas (56%), seguida de especies en la familia Glomeraceae 39 esporas (18%) y minoritariamente por esporas de la familia Gigasporaceae con 20 esporas (11%). Sólo 17 esporas (9%) de las esporas no pudo agruparse en alguna categoría dado el estado de parasitismo en el que se encontró el material y a que no se tuvieron esporas suficientes de varios morfotipos para poderlas identificar adecuadamente (Figura 7). Para algunas de las familias, se encontraron sólo un par de ejemplares como Diversisporaceae, Pacisporaceae y algunas en Paraglomeraceae.



**Figura 7.** Abundancia total de esporas de hongos micorrízicos arbusculares en los sitios de estudio.

Por otro lado, los dos suelos en donde más de la mitad de los morfotipos se encontraron deteriorados, correspondieron al Phaeozem de Oaxaca y al Luvisol de Michoacán (Figuras 8 y 9). El clima que prevalece en donde se desarrollan los Phaeozems es estacionalmente seco, lo que da lugar a contrastes húmedos en el suelo que deterioran con mayor velocidad a las esporas por la sequedad y descomposición acelerada (McGee, 1989). El Phaeozem, soporta un selva mediana subcaducifolia

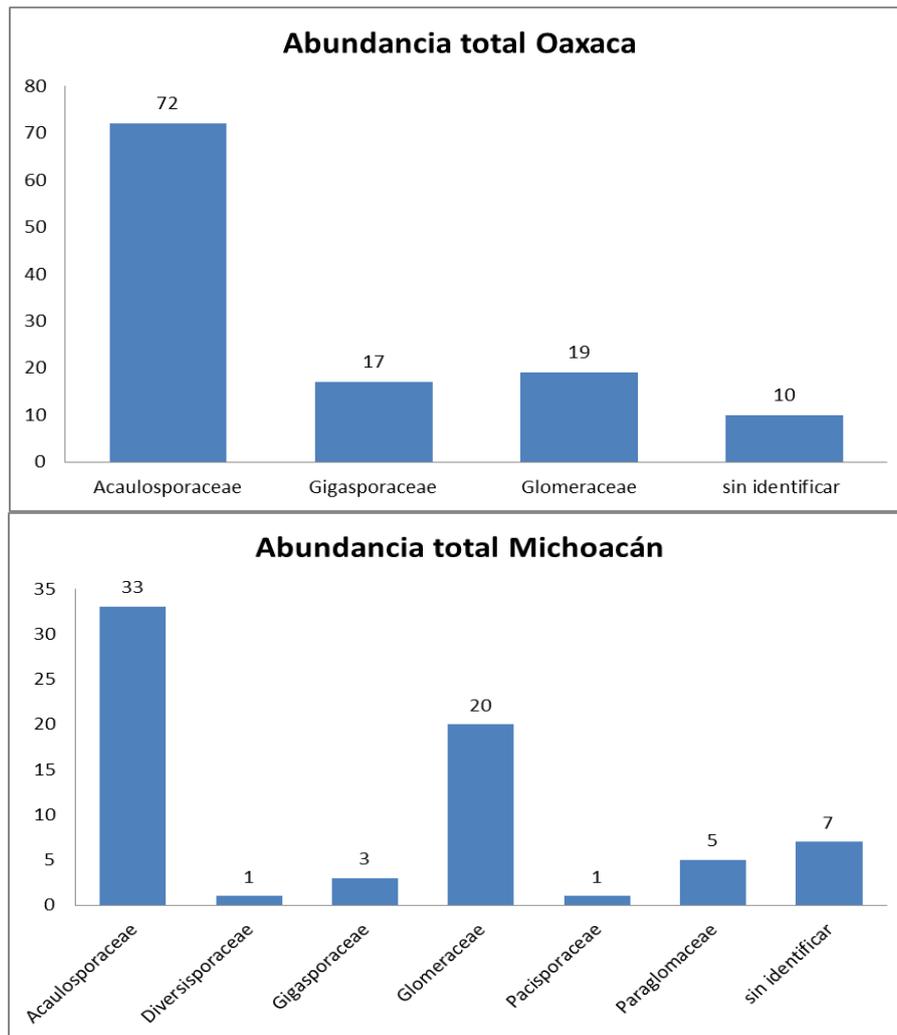
diversa donde el régimen hídrico es también menos húmedo que en los suelos de Michoacán y las esporas están propensas a descomponerse más rápidamente como un recurso para otros organismos dada la estacionalidad (Bhattacharjee *et al.*, 1982). De la misma forma, el Luvisol fue el suelo más pobre en sus propiedades lo que hace que las esporas como materia orgánica, sean un recurso rápidamente disponible para otras comunidades bióticas. Particularmente aquellas esporas dentro del orden Glomerales, cuyas paredes se encuentran frecuentemente más parasitadas (Hernández-Cuevas *et al.*, 2003). Por otro lado, la ornamentación de las esporas de la familia Acaulosporaceae, permitió documentar más fácilmente a las especies aún cuando los ejemplares no se encontraran en buen estado de conservación por lo que varias de las posibles especies sin identificación, pudieron pertenecer a alguna categoría de la familia Glomeraceae.



**Figura 8.** Abundancia relativa (%) de géneros de esporas de HMA por unidad de suelo en ambos sitios de muestreo: superior Oaxaca (Umbrisol y Phaeozem) e inferior Michoacán (Luvisol y Andosol).

En los suelos de texturas más arcillosas como los Andosoles y Luvisoles de Michoacán, las esporas como propágulos pueden tener periodos más largos de viabilidad y estar sujetas a una descomposición menos rápida que en los suelos de Oaxaca lo que permitió documentar una mayor diversidad de familias documentadas en

estos suelos. En los suelos de Michoacán se encontró más diversidad de familias en el orden Glomeraceae (Figuras 8 y 9). Anteriormente, la mayor parte de las especies del Phylum estaba representada en un solo género, *Glomus*, que ahora se ha dividido en cinco, dificultando aún más la taxonomía morfológica en materiales recolectados de campo. Este orden es el más diverso y abundante en todos los edafosistemas (Smith y Read, 2008). Por su forma de esporulación formando esporocarpos laxos o en ocasiones sumamente complejos, puede producir un mayor número de esporas pequeñas en comparación con algunos géneros del orden Diversisporales. Cabe destacar que en ninguno de los suelos analizados, se encontró el ahora nuevamente reconocido género *Sclerocystis*, conspicuo por la forma de sus esporocarpos con plexo central y peridio. El orden Diversisporales con las familias Acaulosporaceae y Gigasporaceae principalmente, estuvieron mejor representados en los suelos más ricos de Oaxaca. Esto que demuestra que las especies de estas familias están influenciadas por la calidad de la materia orgánica, siendo el P disponible uno de los elementos muy escasos y altamente retendidos en comparación con los suelos de Michoacán en donde especies de géneros más cosmopolitas y ruderales pueden estar mejor adaptados a este sitio (McGee *et al.*, 1997, Bach *et al.*, 2010, Peng *et al.*, 2010).



**Figura 9.** Abundancia total de esporas de HMA encontradas en las dos unidades de suelo en ambos estados.

En el Cuadro 6 se enlistan algunas de las morfoespecies que se pudieron identificar. En el Umbrisol se encontraron 14 morfoespecies, algunas de ellas ilustradas en las Láminas 1A-1B. Una mayor diversidad de esporas se pudo ilustrar para los Phaeozems con 18 morfoespecies (Láminas 2A-2E). En el Luvisol, 16 morfoespecies se enlistan, algunas de ellas ilustradas en las Láminas 3A y 3B. En el Andosol se encontraron también aproximadamente 14 morfotipos (Láminas 4A y 4B). Una mayor diversidad de especies del género *Acaulospora* se pudieron reconocer en todos ellos, dado que son esporas cuyas estructuras permanecen mayor tiempo sin descomponerse en comparación a la velocidad con la que se intemperizan las paredes de las familias Glomeraceae y Gigasporaceae. Por otro lado, aún con cierto grado de descomposición, la estructura de la pared externa permite distinguir entre varias especies de este género siendo más fáciles de determinar que los Glomerales. Para este orden, como se observa

en el Cuadro 4, dependiendo de la escuela taxonómica que se elija, el número de géneros puede variar de acuerdo a Schüßler y Walker (2010) u Oehl *et al.* (2011). La reciente diversificación de los géneros de *Scutellospora* según el tipo de escudo de germinación (*Orbispora*, *Dentiscutata*, *Fuscutata*, etc.) hace más complicada la determinación taxonómica de ejemplares de campo donde difícilmente se aprecia esta característica en esporas que no son viables (*v. gr.* Lámina 3A1) (Picone, 2000).

Así como la abundancia total, una mayor diversidad se encontró en el Phaeozem sin embargo, también como sucedió con la abundancia relativa de esporas, el índice de diversidad de Shannon fue ligeramente superior para este suelo (Cuadro 7) pero se encontró en el rango medio de diversidad lo que indica que aún cuando los suelos de Michoacan tienen propiedades fisicoquímicas muy distintas de los de Oaxaca, la diversidad es equitativa. Esto no es así en cuanto a la similitud de las comunidades puesto que el porcentaje fue de sólo el 6 % para el Andosol. En los suelos de Oaxaca se encontró mayor abundancia de morfotipos diferentes de Acaulosporaceae y no se observaron morfoespecies de otros órdenes como *Pacispora*, *Paraglomus* y *Diversispora*. En todos los suelos, independientemente del número de muestras analizadas, la abundancia de esporas de la familia Gigasporaceae no superó el 6 %. Esto se debió a que las especies de este género esporulan menos abundantemente que las del resto de los HMA ya que generan esporas muy grandes (pueden superar las 500 micras) con más reservas lipídicas que les permiten tener varios eventos germinativos hasta encontrar un hospedero (Bécard y Fortin, 1988). Las morfoespecies de *Glomus* fueron más conspicuas en el Luvisol y el Andosol; algunas especies se encontraron sólo en suelos de Oaxaca como *G. badium* o en el Andosol de Michoacán como *Glomus afin hoi* (*Sigmiglomus hoi*). El género *Pacispora* se encontró sólo en Luvisol de Michoacán y otras especies fueron también encontradas exclusivamente en suelos de Michoacán como *Acaulospora colliculosa*, *A. elegans*, *A. denticulata* y *Diversispora* sp. Algo que destaca es que especies muy comunes y de amplia distribución como *Funneliformis mosseae* o *Rhizophagus intraradices*, ambas anteriormente en el género *Glomus*, no fueron encontradas en ninguno de los suelos.

**Cuadro 6.** Especies de HMA y su abundancia en los suelos muestreados.

<b>Suelo</b>	<b>Especie</b>	<b>Familia</b>	<b>Orden</b>	<b>Abundancia de esporas</b>
<b>Umbrisol</b>	<i>Acaulospora alpina</i>	Acaulosporaceae	Diversisporales	3
	<i>Acaulospora laevis</i>			1
	<i>Acaulospora rehunii</i>			3
	<i>Acaulospora scrobiculata</i>			8
	<i>Acaulospora spinosa</i>			4
	<i>Acaulospora tuberculata</i>			1
	<i>Acaulospora</i> sp. 1			5
	<i>Gigaspora margarita</i>	Gigasporaceae		3
	<i>Scutellospora</i> sp. 1			2
	<i>Scutellospora</i> sp. 2			2
	<i>Glomus ambisporum</i>	Glomeraceae	Glomerales	1
	<i>Glomus</i> sp. 1			1
	<i>Glomus</i> sp. 2			1
	<i>Glomus</i> sp. 3			1
	<b>Phaeozem</b>	<i>A. alpina</i>	Acaulosporaceae	Diversisporales
<i>A. laevis</i>				9
<i>A. rehunii</i>				3
<i>A. scrobiculata</i>				3
<i>A. spinosa</i>				9
<i>A. tuberculata</i>				12
<i>Acaulospora</i> sp. 2				3
<i>Acaulospora</i> sp. 3				3
<i>Acaulospora</i> sp. 4				1
<i>Gigaspora gigantea</i>		Gigasporaceae		6
<i>Gigaspora</i> sp.1				1
<i>Scutellospora</i> sp. 3				2
<i>Scutellospora</i> sp. 4				1
<i>Claroideoglomus</i> sp.1		Claroideoglomeraceae	Glomerales	1
<i>Funneliformis</i> sp. 1		Glomeraceae		2
<i>Glomus ambisporum</i>				5
<i>Glomus</i> sp. 4				1
<i>Glomus</i> sp. 5				6
<b>Luvisol</b>	<i>A. alpina</i>	Acaulosporaceae	Diversisporales	2
	<i>A. colliculosa</i>			10
	<i>A. elegans</i>			1
	<i>A. spinosa</i>			1
	<i>A. undulata</i>			2
	<i>Acaulospora</i> sp. 5			1
	<i>Acaulospora</i> sp. 6			1

	<i>Gigaspora</i> sp. 2	Gigasporaceae		1
	<i>Scutellospora</i> sp. 4			1
	<i>Pacispora</i> sp.	Pacisporaceae		1
	<i>Funnelformis mosseae</i>	Glomeraceae	Glomerales	2
	<i>Funnelformis</i> sp. 2			1
	<i>Glomus ambisporum</i>			4
	<i>Glomus</i> sp. 6			1
	<i>Glomus</i> sp. 7			1
	<i>Paraglomus</i> sp. 1	Paraglomeraceae	Paraglomerales	1
<b>Andosol</b>	<i>A. colliculosa</i>	Acaulosporaceae	Diversisporales	2
	<i>A. denticulata</i>			3
	<i>A. scrobiculata</i>			3
	<i>A. Delicata</i>			4
	<i>Acaulospora</i> sp. 7			2
	<i>Gigaspora</i> sp. 3	Gigasporaceae		1
	<i>Diversispora</i> sp. 1	Diversisporaceae		1
	<i>Glomus badium</i>	Glomeraceae	Glomerales	4
	<i>Glomus botryoides</i>			1
	<i>Glomus hoi</i> ( <i>Sigmiglomus hoi</i> )			1
	<i>Glomus</i> sp. 8			3
	<i>Glomus</i> sp. 9			1
	<i>Glomus</i> sp. 10			2
	<i>Paraglomus</i> sp. 2			4

**Cuadro 7.** Índices de diversidad de esporas de HMA.

<b>Suelo</b>	<b>Shannon</b>	<b>% similitud (Sorensen)</b>
Umbrisol	2.39	22.6
Phaeozem	2.60	25.8
Luvisol	2.37	26.1
Andosol	2.51	6.4

La comparación de la diversidad de HMA en otros trabajos de ecosistemas mexicanos resulta difícil si se considera la aproximación edáfica, dado que en la mayoría de los estudios, el suelo no se identifica taxonómicamente. Sánchez-Colín *et al.* (2000) estudiaron la colonización arbuscular en leguminosas en Andosoles del estado de México, pero no proporcionaron información taxonómica de las morfoespecies. En otros estudios, los patrones de abundancia de morfoespecies por género fueron similares

a los encontrados en el presente. Castillo-Argüero *et al.* (2009) encontraron en Umbrisoles del Distrito Federal a *Glomus* como el género más diverso con 14 morfoespecies, seguido de *Acaulospora* con 9 morfoespecies y finalmente dos especies en la familia Gigasporaceae. Carrillo *et al.* (2004) en la selva perennifolia de Quintana Roo asociadas a la rizosfera de una sola especie vegetal, encontraron abundantemente *Acaulospora scrobiculata*, dos morfoespecies de Gigasporaceae y *Glomus* como el género más diverso. Varela y Trejo (2001) y Hernández *et al.* (2003) hicieron una revisión de la distribución de especies de HMA en México encontrando que especies como las descritas en este trabajo tienen una amplia distribución en varios estados de la República como *Acaulospora scrobiculata*, *A. spinosa*, *A. rehmi* y *Gigaspora gigantea*. Otras como *A. laevis* se han documentado en menos estados como en Tlaxcala y el estado de México. En algunos otros Umbrisoles mexicanos de climas áridos, se observa que la representación del género *Acaulospora* es poco frecuente. García Sánchez *et al.* (2008), Montaña *et al.* (2008) y Ortega-Larrocea y Siebe (2007) encontraron para la región de Hidalgo esporádicamente algunas morfoespecies de este género. Esto también ocurre en Oaxaca donde Robles *et al.* (2008) describieron sólo una morfoespecie de *Acaulospora* en suelos donde se cultivaba maguey. Cabe destacar que el género *Sclerocystis* ha sido descrito en todos estos estudios que comparten regiones secas, no siendo el caso de los mismos suelos taxonómicos donde se encuentran selvas en los que la familia Acaulosporaceae es abundante y diversa. Aguilera-Gómez *et al.* (2008) en otros suelos del desierto de Sonora tampoco encuentran a este género.

En un estudio reciente en Acrisoles y Andosoles de Veracruz, Arias *et al.* (2011) determinaron algunos géneros no descritos en la literatura anterior como *Ambispora*. De manera similar, encontraron una mayor abundancia de morfoespecies del género *Glomus* asociadas a cafetales. Seguida en abundancia, describieron 13 especies de Acaulosporaceae, con las que se comparten especies en este estudio como *A. scrobiculata*, *A. spinosa* y *A. laevis*. Finalmente, se describen sólo algunas especies de Gigasporaceae, con dos especies poco comunes de *Scutellospora*.

Morton (1988) encontró en suelos ácidos de Estados Unidos, una abundancia inusual de especies de *Acaulospora* en suelos con pH ácido y elevado contenido de aluminio intercambiable. En ambientes tropicales con suelos con pHs ácidos y poco perturbados en selvas tropicales, se ha encontrado también una gran diversidad de especies de este género (Picone, 2000). Este género es altamente sensible a la

perturbación (Guadarrama y Álvarez-Sánchez, 1999) y su diversidad tiende a bajar cuando hay cambio de uso por lo que podría ser considerado como indicador de la estabilidad de un ecosistema siempre y cuando se considere su distribución limitada naturalmente en zonas áridas.

En las esporas que no fueron cuantificadas por su estado de descomposición, se encontraron patrones de degradación de las paredes que brindan información ecológica (ver Láminas 1Ak, 1Bñ, 2Bd-2f, 2Dh, 2Ec,e,f,i, 3Am, 3Bk-3l, 4Ad-4f). Los HMA son un recurso importante para la alimentación de bacterias y hongos en estos y otros ecosistemas. En los trabajos de comunidades de hongos arbusculares muestreados en suelos, siempre se encuentran esporas parasitadas o alteradas en los que no se sabe cuánto tiempo ha transcurrido desde su formación. Desafortunadamente, en casi todos los estudios, no se describe o ilustra el grado de descomposición de las esporas, aunque sí se les consideran en los conteos de abundancia. La documentación fotográfica del estado de descomposición de algunas de las morfoespecies permite conocer más sobre los predadores de los HMA que juegan un papel importante en el mantenimiento de los propágulos viables en el suelo. Las esporas son un recurso sumamente energético dado su alto contenido de fosfolípidos en su citoplasma y pared rica en polisacáridos, lípidos, proteínas y quitina (Hooker y Black, 1995). Bhattacharjee *et al.* (1982) ilustraron por microscopía electrónica de barrido las perforaciones de las paredes causadas por hongos ascomicetos que pueden modificar de manera considerable la superficie de la pared. Para estudiosos de los HMA no conocedores de la taxonomía, algunas de estas alteraciones pueden considerarse como ornamentaciones propias de las especies y confundir aún más la determinación taxonómica de los esporotipos. Una herramienta que ha sido poco explorada y que también proporciona información adicional es la observación de las esporas por epifluorescencia. Séjalon-Delmas *et al.* (1998) describieron la autofluorescencia de algunas especies de Gigasporaceae como *G. gigantea*. Dalpé y Declerck (2002) demuestran que *Acaulospora rehmii* tiene también estas propiedades de autofluorescencia lo que es útil para observar algunas características de la pared de las esporas. Este método es actualmente usado para ver la colonización intraradical por HMA (Segura, 2008) y puede ser usado también para observar a las esporas y su esporosfera en ambientes oscuros como se presenta en las Láminas 1A y 2B para los género *Scutellospora* y *Acaulospora*.

## VIII. CONCLUSIONES

Los resultados presentados demuestran la importancia del recurso edáfico en la diversidad de las comunidades de HMA que ha sido escasamente considerado para entender la distribución de algunas especies en función al ambiente fisicoquímico del suelo. La unidad de suelo no sólo refleja a suelos distintos si no también a propiedades muy diferentes que influyen la diversidad y distribución de los géneros de los HMA. La abundancia y diversidad de especies se ve afectada por propiedades texturales y de nutrimentos como el contenido de C, N y P en los suelos. Esto no fue posible de demostrar estadísticamente en el presente trabajo dado que no se tuvieron las réplicas de los análisis de suelos para cada valor de esporas de HMA y también debido a que el tipo de muestreo no estuvo dirigido a la rizosfera de plantas similares. Sin embargo las morfoespecies encontradas y su abundancia claramente manifiestan que especies naturalmente menos abundantes en todos los edafosistemas en el orden Diversisporales, están bien representadas en los suelos ricos de Oaxaca que sostienen un bosque tropical diverso. En comparación, los suelos arcillosos y pobres en nutrientes de Michoacán tienen una comunidad de HMA diferente, con mayor diversidad de especies de esporas dentro del orden Glomerales que por lo general son abundantes en todos los suelos y soportan condiciones edáficas extremas. El suelo cuya comunidad de HMA fue menos similar fue el Andosol, compartiendo sólo el 6% de las especies con respecto a todos los demás suelos. Esto indica que el manejo y conservación del recurso edáfico es indispensable para conservar a las morfoespecies de los HMA adaptadas no sólo a un tipo de vegetación particular sino también al suelo.

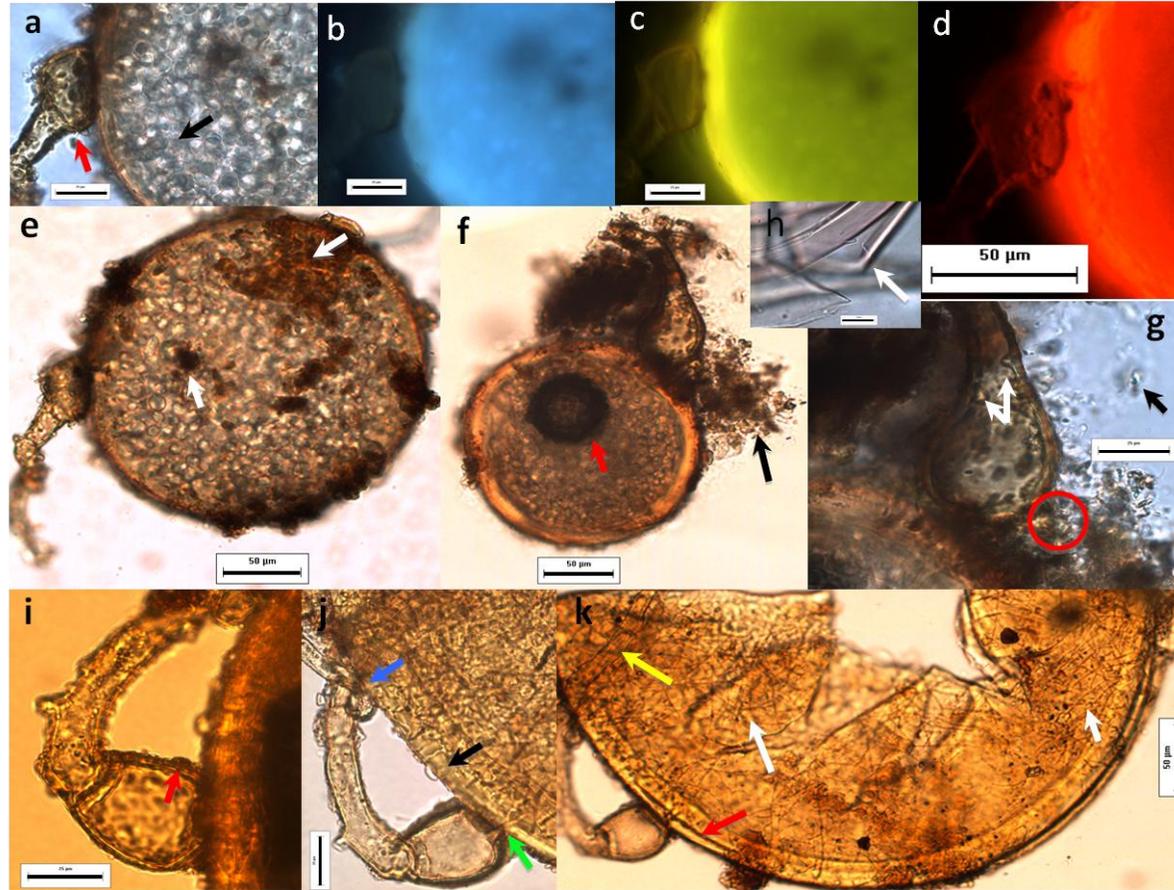


Lámina 1A. Gigasporales encontradas en Umbrisol. a, e. *Scutellospora* sp. 1 en campo claro mostrando hifa de sostén o sáculo esporífero característico (flecha roja), contenido citoplasmático (flecha negra), adherencias de materia orgánica (flechas blancas). Barras = 25 y 50 μm respectivamente. b-d. Autofluorescencia de la espora anterior en luz UV (330-385 nm), luz azul (450-480 nm) y luz verde (510-550 nm), respectivamente. Barras = 25 μm (b-c), 50 μm (d). f-g. *Scutellospora* sp. 2 con sáculo esporífero grande y pared gruesa mostrando acumulación de materia orgánica y posibles restos proteícos de glomalina en la base de la hifa de sostén (flechas negras), comienzo de la degradación del citoplasma conteniendo aire (flecha roja), verrugas internas de la pared interna de la hifa de sostén (flechas blancas) e hifa en gancho del sáculo esporífero (círculo rojo). Barras = 50 y 25 μm, respectivamente. h. Detalle mostrando la pared externa membranosa (flecha blanca) y la interna unitaria. Barra = 10 μm. i-k. *Gigaspora margarita* en descomposición mostrando la doble pared externa que forma parte de la hifa de sostén o sáculo (flechas rojas), la pared perforada por tubos de germinación (flecha negra), prolongación de la hifa de sujeción (flecha azul), constricción o taponamiento de la base de la hifa de sostén (flecha verde), prolongación de la hifa sustentora (flecha amarilla) y el craquelamiento de la pared externa por deshidratación (flechas blancas). Barras 25 (i-j) y 50 (k) μm.

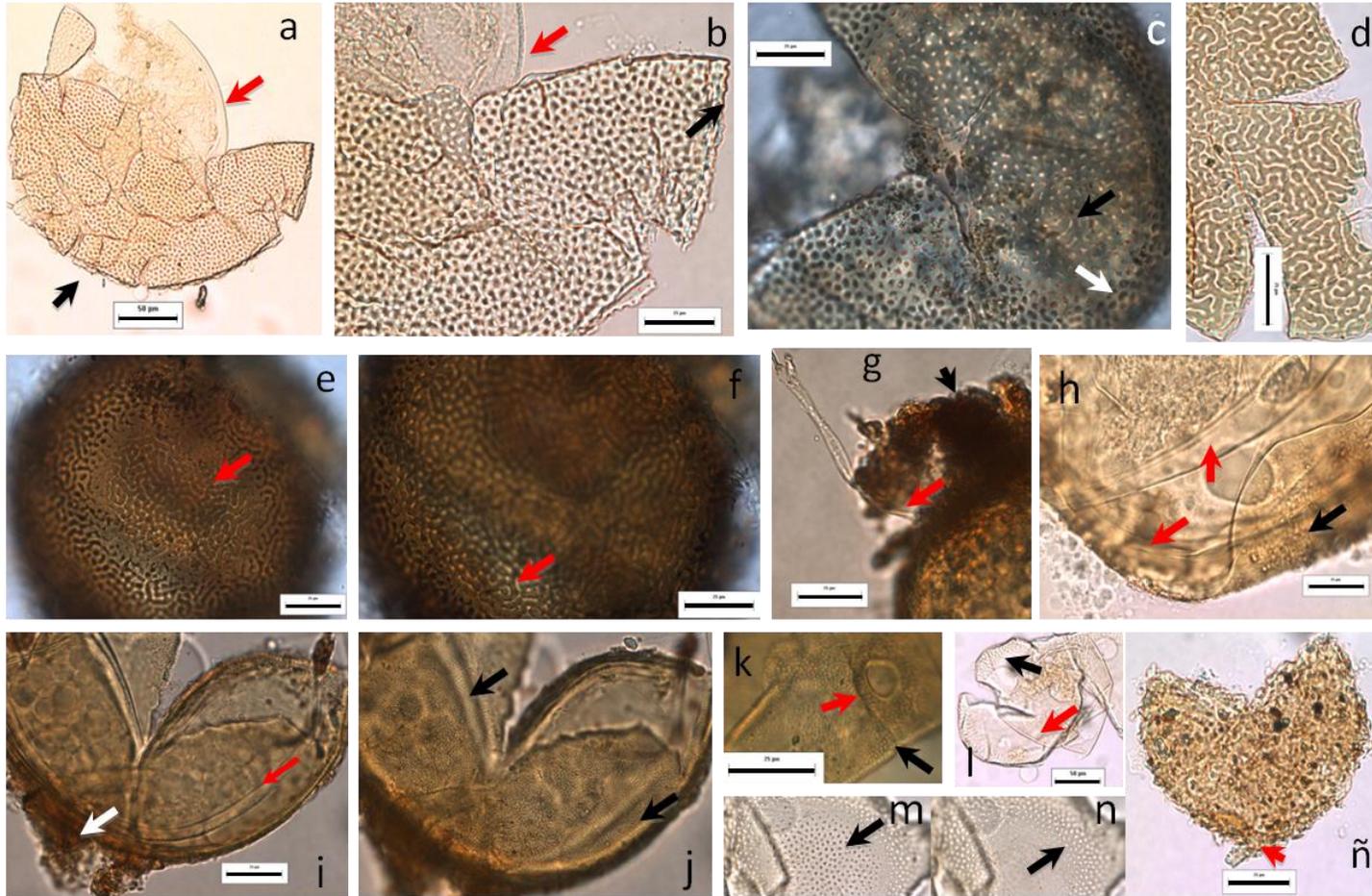


Lámina 1B. Morfoespecies aisladas de Umbrisol en microscopía de campo claro. a-b. *Acaulospora affinis alpina* mostrando la pared externa ornamentada con crestas (flechas negras) y la segunda pared interna rugosa (flechas rojas). Barras = 50 y 25  $\mu\text{m}$  respectivamente. c. *A. scrobiculata* con pared externa con cavidades (flecha blanca) irregulares (flecha negra). Barra = 25  $\mu\text{m}$ . Detalle de pared (d) de *A. rehmi* (e-f) mostrando pared externa ornamentada de manera cerebriforme (flechas rojas). Barras = 25  $\mu\text{m}$ . g. Hifa germinativa de *A. tuberculata* (i-j) (flecha roja) y pared evanescente (flecha negra) . Barra = 25  $\mu\text{m}$ . h. Detalle de *Acaulospora* sp. 1 con paredes internas membranosas (flechas rojas) y externa posiblemente ornamentada (flecha negra). Barra = 25  $\mu\text{m}$ . i-j. *A. tuberculata* con dos ajustes micrométricos mostrando las paredes membranosas internas, la primera ondulada (flechas rojas), la pared externa evanescente (flecha blanca) y las ornamentaciones en forma de pequeñas fíbulas (flechas negras) y el sáculo (flecha amarilla). Barra = 25  $\mu\text{m}$ . k. Cicatriz de la misma especie (flecha roja), mostrando las ornamentaciones (flecha negra). Barra = 25  $\mu\text{m}$ . l-n. Restos de *A. scrobiculata* mostrando la pared interna membranosa (l-flecha roja) y a diferentes enfoques del micrómetro, las pequeñas ornamentaciones en hueco (flechas negras). Barra = 50  $\mu\text{m}$ . ñ. Espora muy alterada de *Glomus* sp. 1 mostrando la hifa de sostén (flecha roja). Barra = 50  $\mu\text{m}$ .

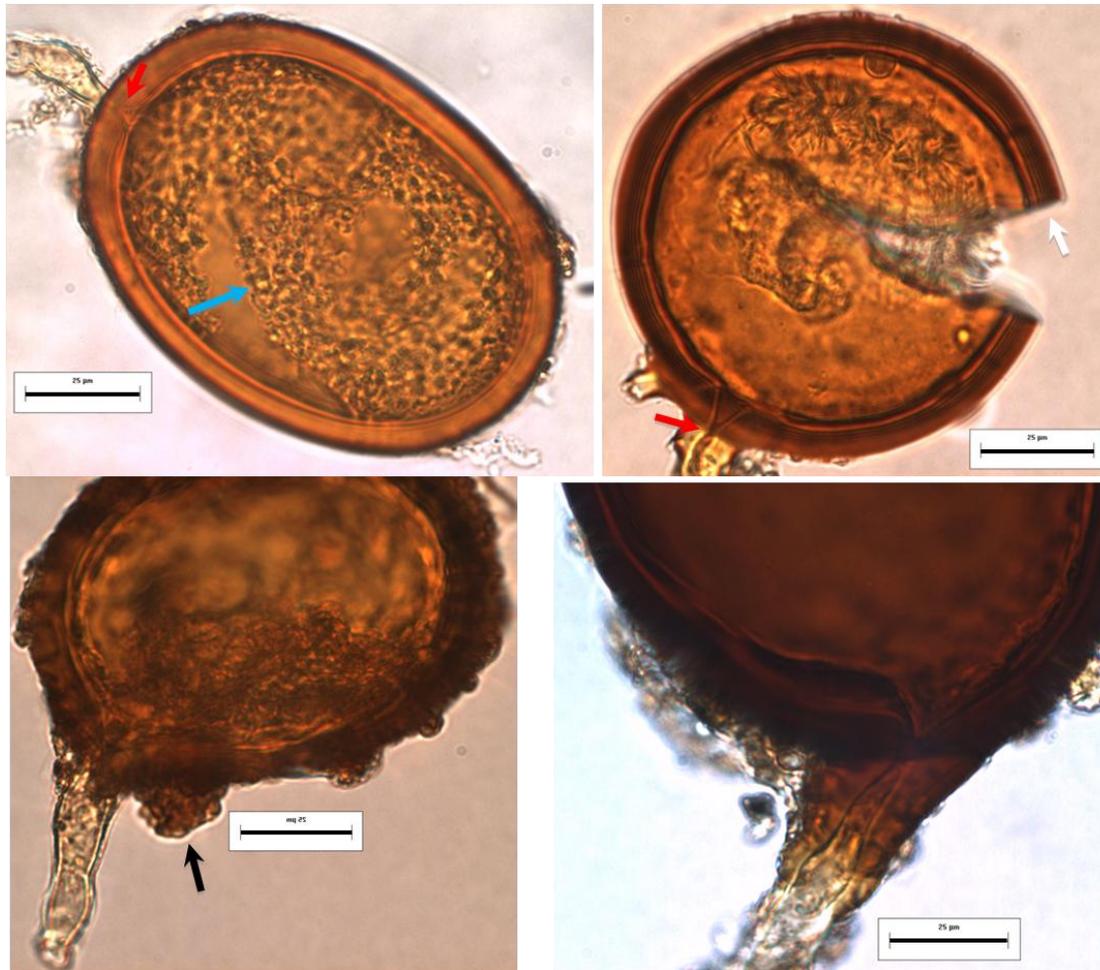


Lámina 2A. Esporas de *Glomus ambisporum* aisladas de Cambisol en microscopía de campo claro mostrando la constricción citoplásmica en la base de la hifa de sostén a manera de embudo (flechas rojas), pared externa laminada (flecha blanca) que se prolonga formando la base de la hifa de sujeción (flechas amarillas), reminiscencias de las hifas del esporocarpo (flechas negras), contenido citoplasmático (flecha azul), la pared interna flexible (flecha verde) y la doble hifa de sujeción de la segunda espora (flecha café). Barras = 25 µm.

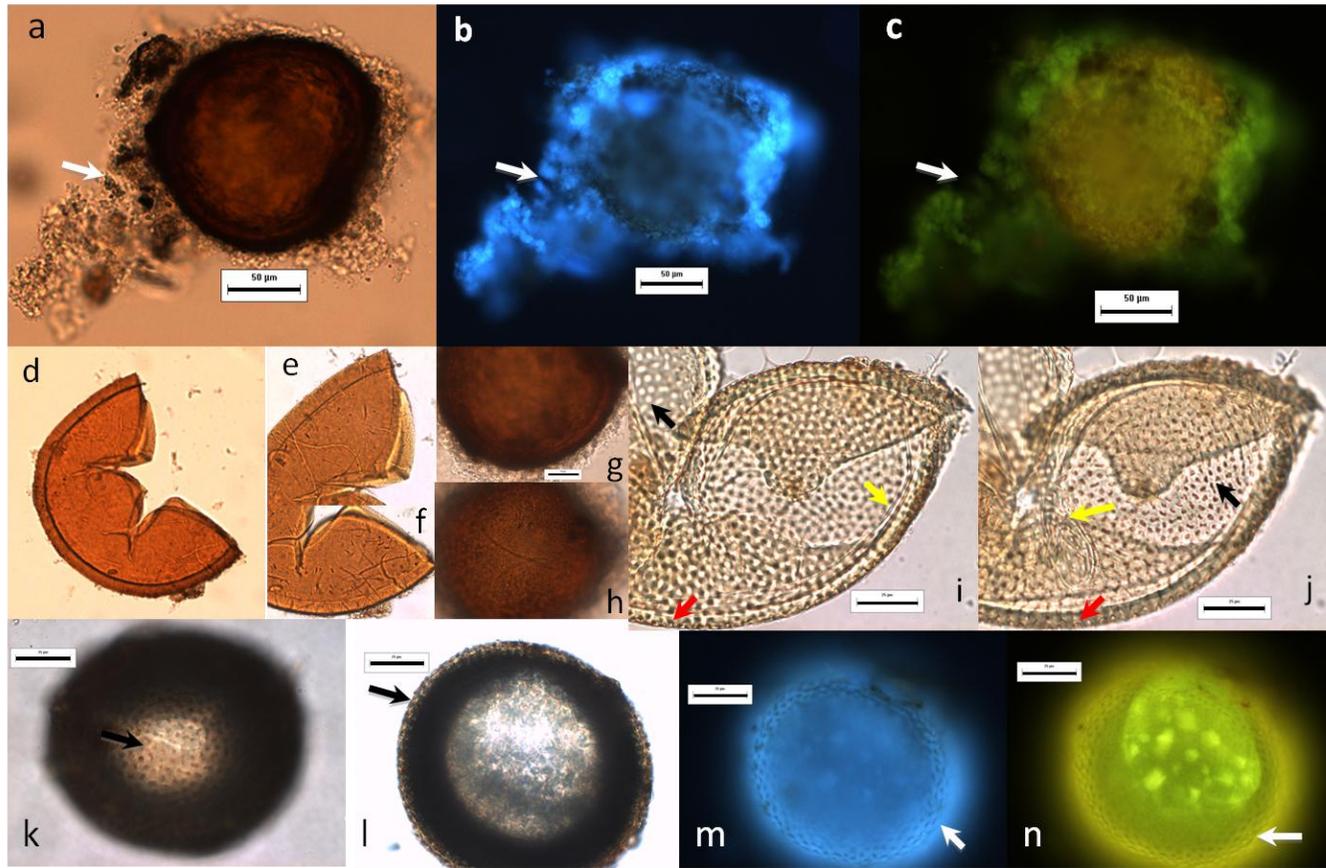


Lámina 2B. Acaulosporas aisladas de Cambisol. *Acaulospora afin tuberculata*. Autofluorescencia de la esporosfera mostrando en las imágenes superiores (a-c) la acumulación de exoproteínas relacionadas a glomalina (flechas blancas) con restos de materia orgánica (flecha negra). a. microscopía de campo claro. b. luz UV (330-385 nm). c. luz azul (450-480 nm). Barras = 50  $\mu$ m. d-h. Espora anterior donde se observa su deterioro ya sin paredes internas (d), acercamiento superior donde se ve la cicatriz (flecha roja) y el camino de las hifas parásitas (flecha amarilla) (e), aspecto granuloso de la pared externa y parasitismo fúngico (f), esporosfera hialina (g), granulación superficial (h). i-j. Microscopía de campo claro de *A. scrobiculata* a diferente ajuste micrométrico donde se observa la pared externa granulada a manera de gotas (flechas negras) vistas como crestas lateralmente (flechas rojas) y el conjunto de paredes flexibles internas (flechas amarillas). k-l. Misma espora mostrando la superficie y borde ondulados respectivamente (flechas negras). Barras = 25  $\mu$ m. m-n. Autofluorescencia de la misma espora en luz UV y luz azul respectivamente, mostrando la superficie escavada de la pared externa (flechas blancas). Barras = 25  $\mu$ m.

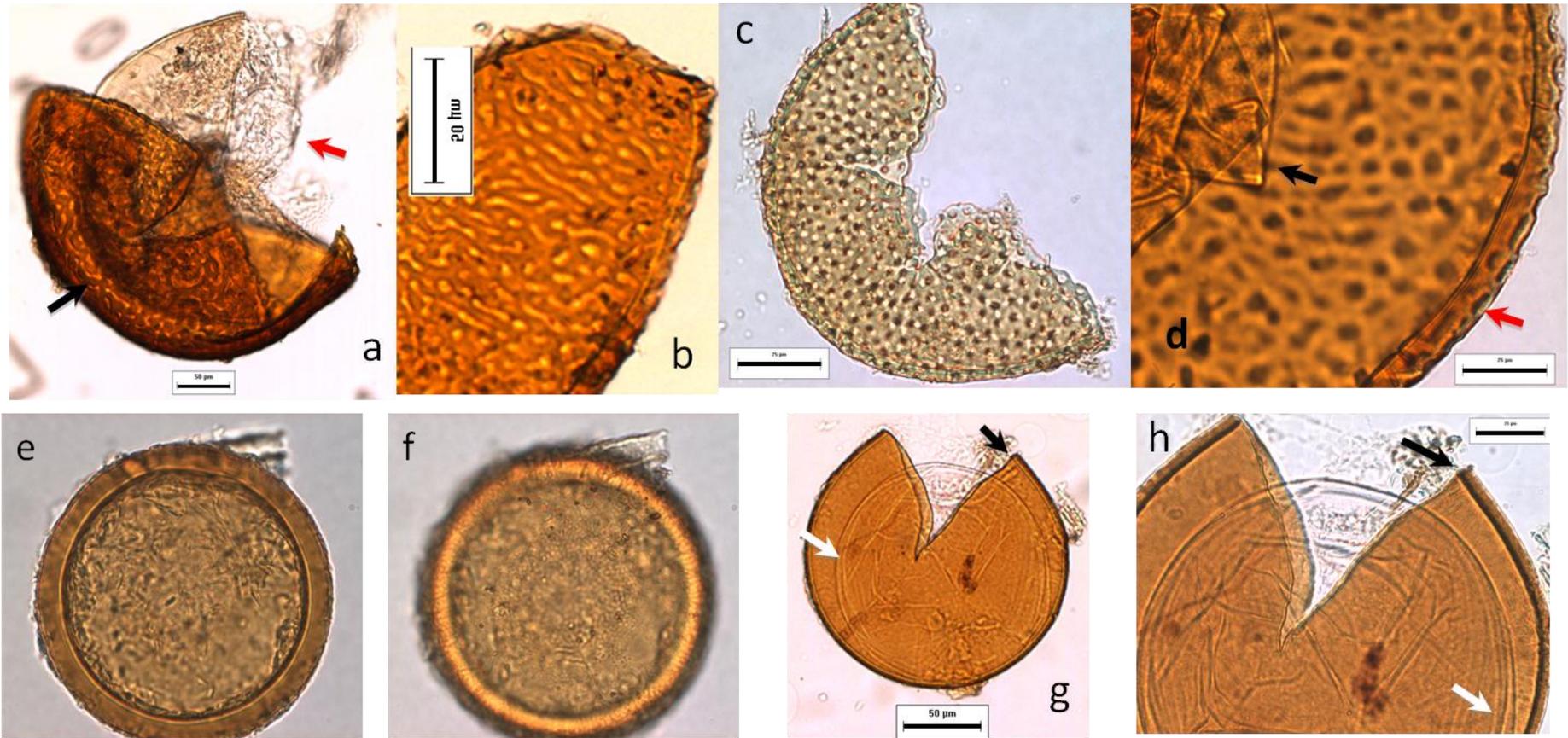


Lámina 2C. Acaulosporas aisladas de Cambisol en microscopía de campo claro. a. *Acaulospora rehmii* mostrando la pared externa con circunvoluciones (flecha negra) y las paredes internas membranosas (flechas rojas). b. Acercamiento de la pared externa. Barras = 50  $\mu\text{m}$ . c. Restos de pared externa de *A. alpina*. Barra = 25  $\mu\text{m}$ . d. Acercamiento de la pared externa de la misma especie donde se observa la superficie excavada lateralmente (flecha roja) y las paredes internas (flecha negra). Barra = 25  $\mu\text{m}$ . e-f. *A. tuberculata* con restos del sáculo esporífero (flechas rojas) mostrando una ancha pared externa (e) que esta ornamentada finamente (f). g-h. *A. laevis* mostrando la doble pared externa (flecha negra), las dobles paredes internas germinales (flecha blanca) y la cicatriz (flecha roja). Barras = 50 y 25  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

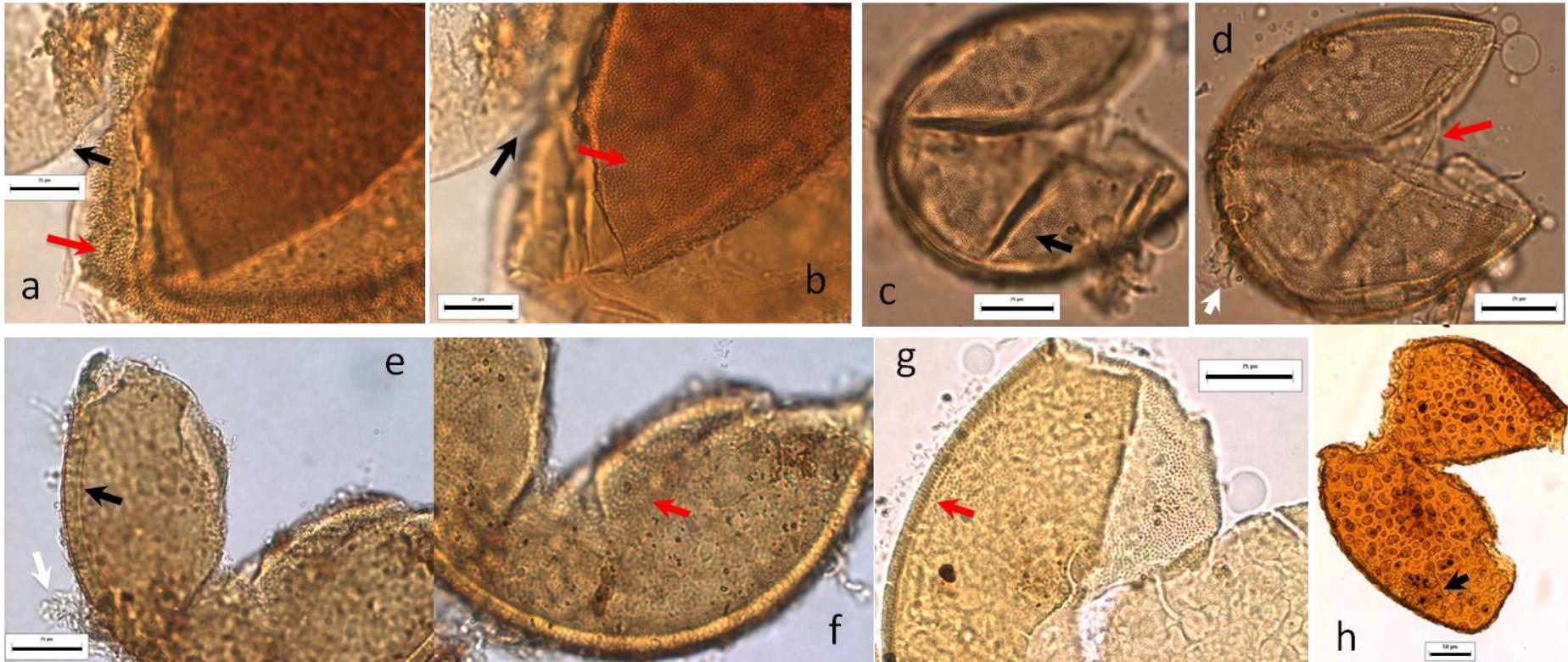


Lámina 2D. Acaulosporas aisladas de Phaeozem en microscopía de campo claro. a-b. *Acaulospora spinosa* con diferente ajuste micrométrico mostrando las finas espinas de la pared externa (flechas rojas) y las paredes internas (flechas negras). Barras = 25 µm. c-d. *A. tuberculata* con diferente ajuste micrométrico mostrando las finas espinas de la pared externa (flecha negra), las paredes internas (flecha roja) y la pared evanescente (flecha blanca). Barras = 25 µm. e-g. Restos de esporas de *A. tuberculata* mostrando la pared externa (flecha negra), restos de pared evanescente (flecha blanca), las espinas vistas superficial y lateralmente (flechas rojas). Barras = 25 µm. h. *A. scrobiculata* en descomposición mostrando el aumento del ancho de las cavidades de la ornamentación (flecha negra). Barra = 50 µm.

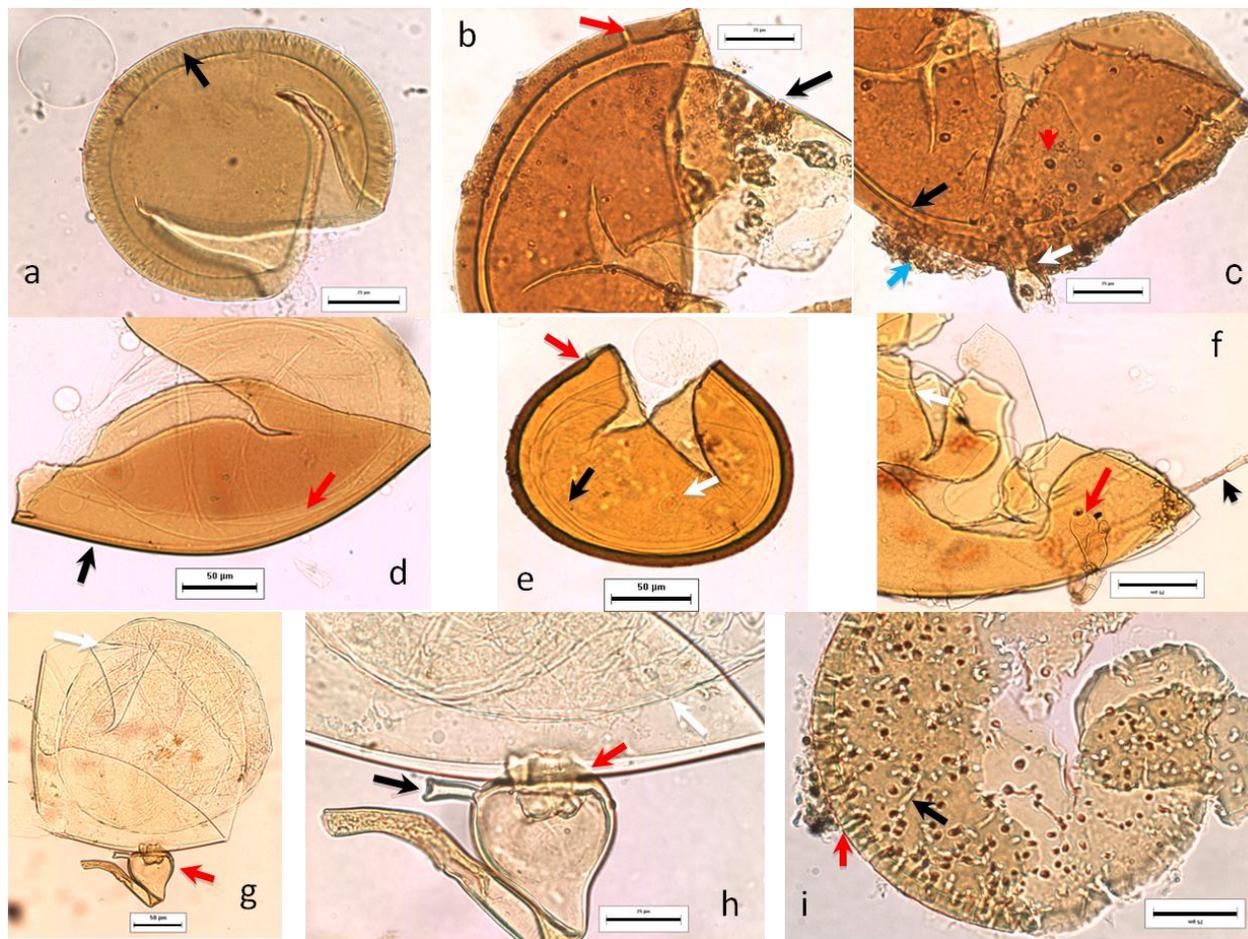


Lámina 2E. Esporas aisladas de un Phaeozem en microscopía de campo claro. a. *Acaulospora* sp. 2 mostrando gruesa pared externa (flecha negra) e interna membranosa (flecha roja). Barra = 25  $\mu$ m. b-c. Espora senescente de *Claroideoglomus* sp. mostrando dos grupos de paredes, externa laminada perforadas por parasitismo (flechas rojas), pared interna membranosa (flechas negras), restos de la pared evanescente (flecha azul) y la hifa de sostén en forma de embudo (flecha blanca). Barras = 25  $\mu$ m. d. Restos *Acaulospora* sp. 3 mostrando la pared externa unitaria (flecha negra), las paredes internas membranosas (flecha roja) y la cicatriz (flecha blanca). Barra = 50  $\mu$ m. e. *A. laevis* mostrando la pared externa unitaria (flecha roja), la pared interna membranosa (flecha negra) y la cicatriz. Barra = 50  $\mu$ m. f. Espora en descomposición de *Scutellospora* sp. (*Racocetra* sp., *Cetraspora* sp.) mostrando la hifa en forma de embudo (flecha roja) septada a todo lo largo de la hifa (flecha negra) y la descomposición de la pared laminada (flecha blanca). Barra = 25  $\mu$ m. g-h. *Gigaspora gigantea* mostrando la célula esporógena de la hifa de sostén con su tapón (flecha roja), la pared interna (flechas blancas) y la hifa emanante lateral a manera de gancho (flecha negra). Barras = 50 y 25  $\mu$ m, respectivamente. i. *Funneliformis* sp. 1 en extrema descomposición mostrando múltiples perforaciones de la pared de formas irregulares (flecha negra) que la atraviesan completamente (flecha roja). Barra = 25  $\mu$ m.

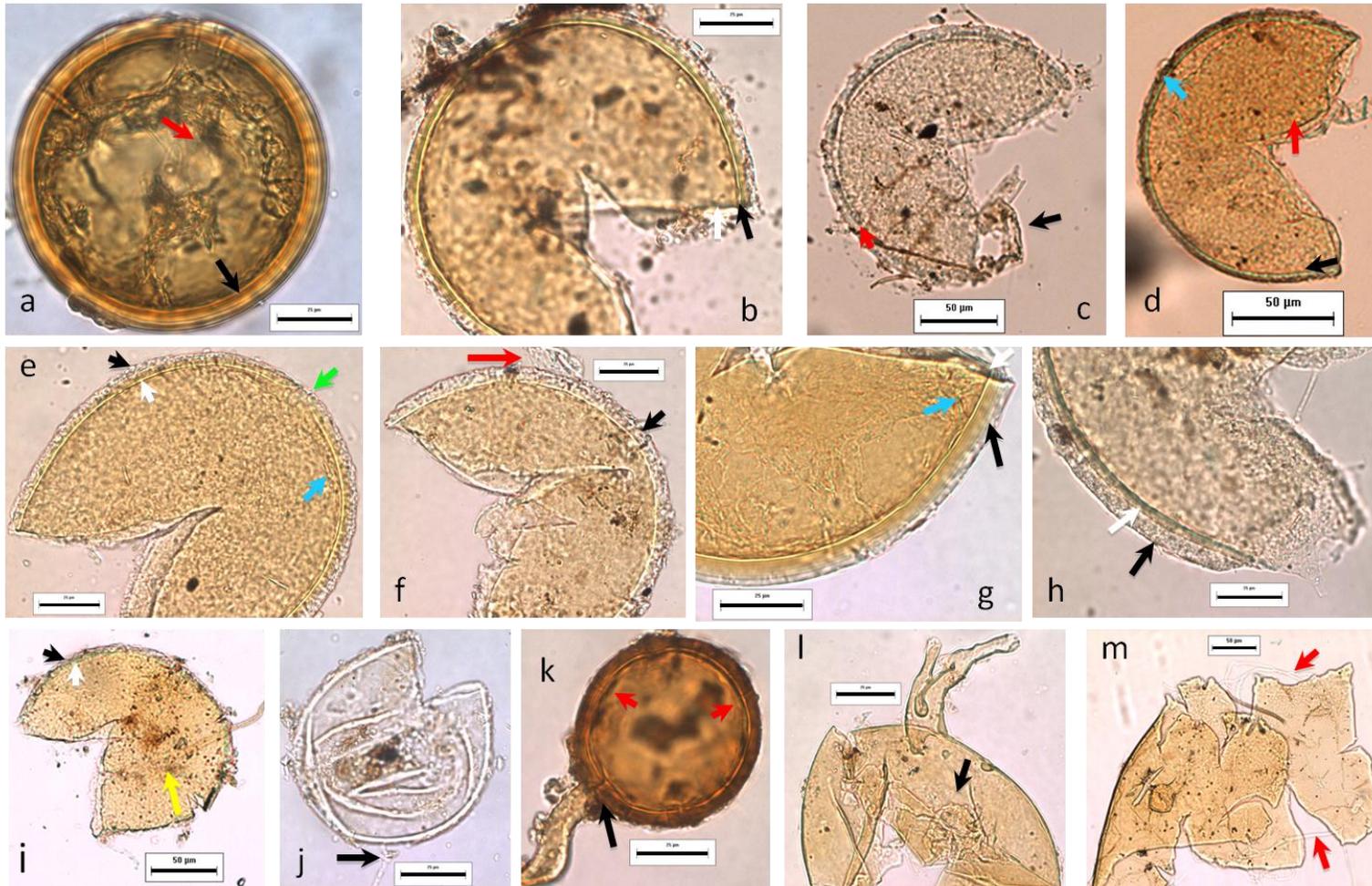


Lámina 3A. Esporas aisladas de Luvisol en microscopía de campo claro. a. *Acaulospora* *afin* *colliculosa* mostrando la pared externa laminada (flecha negra) y las internas membranosas (flecha roja). Barra = 25  $\mu$ m. b-i. Misma especie mostrando la pared externa compuesta de una pared hialina (flechas negras) y una interna laminada (flechas blancas), una (s) pared (es) flexible interna (flechas azules), restos del sáculo esporógeno (flechas rojas), la cicatriz (flecha verde) y la hifa germinativa (flecha amarilla). Barras = 25, 50, 50, 25, 25 25 25 y 50  $\mu$ m, respectivamente. j. Espora *afin* *Paraglomus* mostrando la hifa sustentora (flecha negra). Barra = 25  $\mu$ m. k. *Glomus* sp. mostrando la constricción de la hifa de sostén y el comienzo de la perforación de las paredes (flechas rojas) o el aumento del ancho de las cavidades (flecha negra). Barra = 25  $\mu$ m. l. *Scutellospora* sp. (*Racocetra* sp.) con restos del escudo de germinación (flecha negra). Barra = 25  $\mu$ m. m. *Gigaspora* en extrema descomposición mostrando todavía las hifas germinativas (flechas rojas). Barra = 50  $\mu$ m.

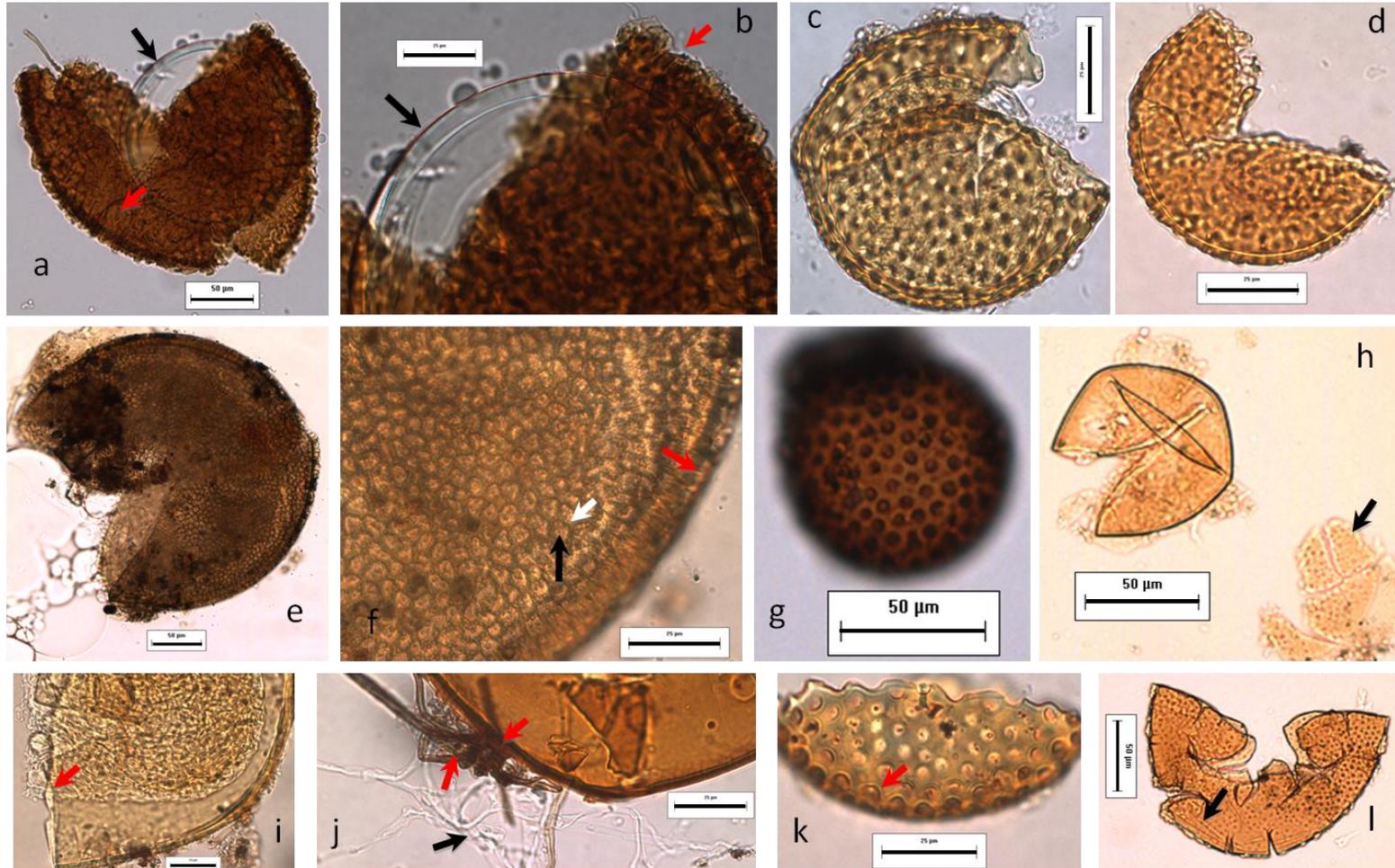


Lámina 3B. Esporas aisladas de un Luvisol en microscopía de campo claro. a-b. *Pacispora* sp. mostrando la pared externa con circunvoluciones voluminosas (flecha roja) y el conjunto de paredes internas expandibles (flecha negra). Barras = 50 y 25  $\mu$ m, respectivamente. c-d. *Acaulospora* sp. mostrando la hifa de sostén espinas de la pared externa (flecha negra), las paredes internas (flecha roja) y la pared evanescente (flecha blanca). Barras = 25  $\mu$ m. e-f. *Acaulospora elegans* (*A. bireticulata*) mostrando la ornamentación de la pared externa (flecha roja) que se aprecia en un doble patrón en la ampliación (f) donde las prolongaciones espinadas (flecha negra) se encuentran rodeadas de la retícula (flecha blanca), las espinas vistas superficial y lateralmente (flechas rojas). Barras = 50 y 25  $\mu$ m, respectivamente. g. *A. undulata* con grandes y anchas cavidades. Barra = 50  $\mu$ m. h. Paredes internas de *Acaulospora* sp. 6 a la que se le ha desprendido la pared externa (flecha negra). i. Restos de *Gigaspora*. Barra = 25  $\mu$ m. j. Germinación múltiple de espora mostrando varias hifas germinativas maduras (flechas rojas) y otras jóvenes hialinas (flecha negra). k. Restos de pared de *Acaulospora* sp. 5 mostrando las excavaciones superficiales (flecha roja). Barra 25  $\mu$ m. l. *Acaulospora afin alpina* en extrema descomposición. Barra = 50  $\mu$ m.

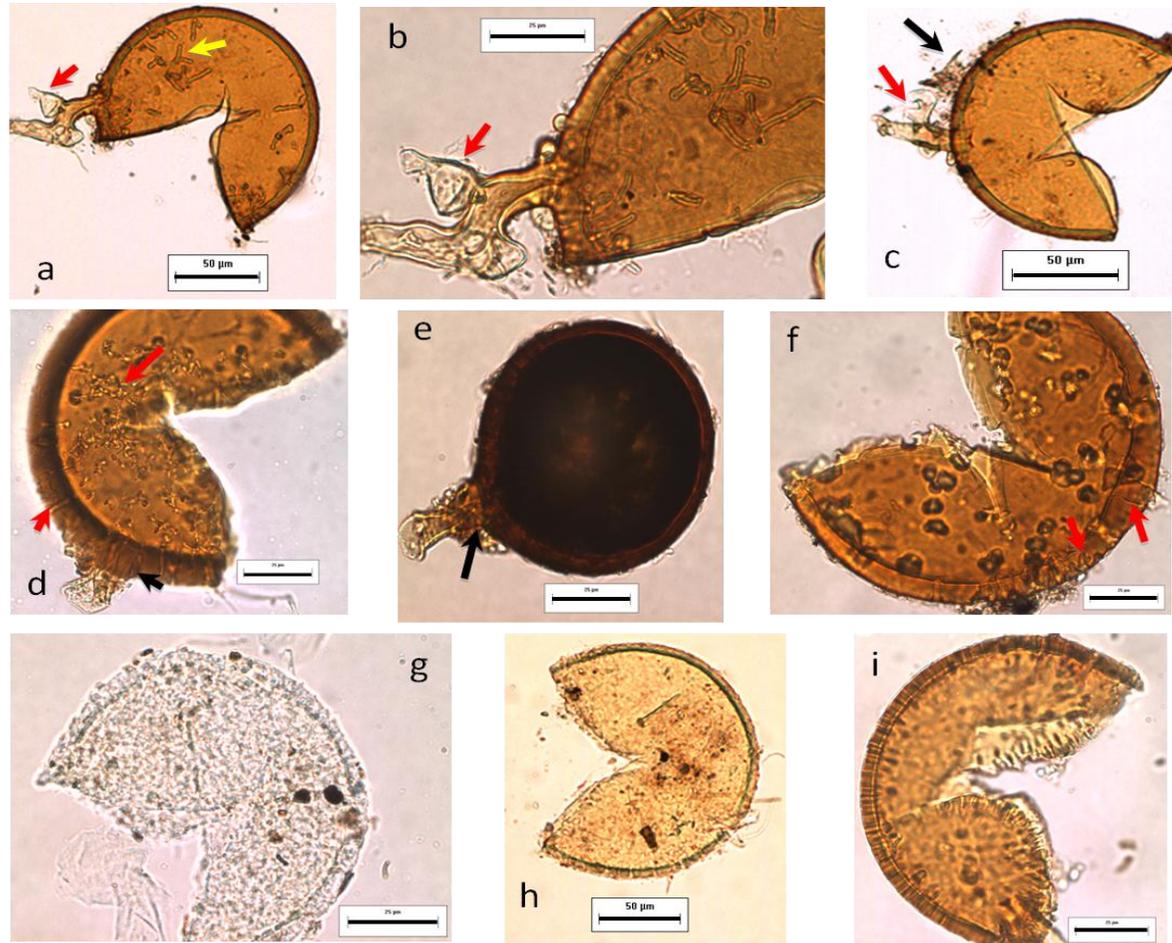


Lámina 4A. Esporas aisladas de un Andosol en microscopía de campo claro. a-c. *Glomus afin badium* (*Funneliformis badium*) con esporas juveniles (flechas rojas) y la pared externa perforada por hongos (flecha amarilla), restos de peridio (flecha negra). Barra = 25 µm (b). d-e. Esporas de *Glomus* sp. *afin botryoides* en descomposición con la pared perforada (flechas rojas) y las hifas sustentoras ensanchadas en la parte distal (flechas negras). Barra = 25 µm. f. Espora de *glomus* sp. 8 en descomposición por bacterias donde se observa la perforación formando cavidades de distinto diámetro y profundidad en la pared hasta atravesarla completamente (flechas rojas). Barra = 25 µm. g. Posible *Diversispora* donde se observa la viscosidad de la pared externa. Barra = 25 µm. h. *Acaulospora affin colliculosa*. Barra = 50 µm. i. Espora de *Glomus* sp. 9 con pared externa en forma digitiforme. Barra = 25 µm.

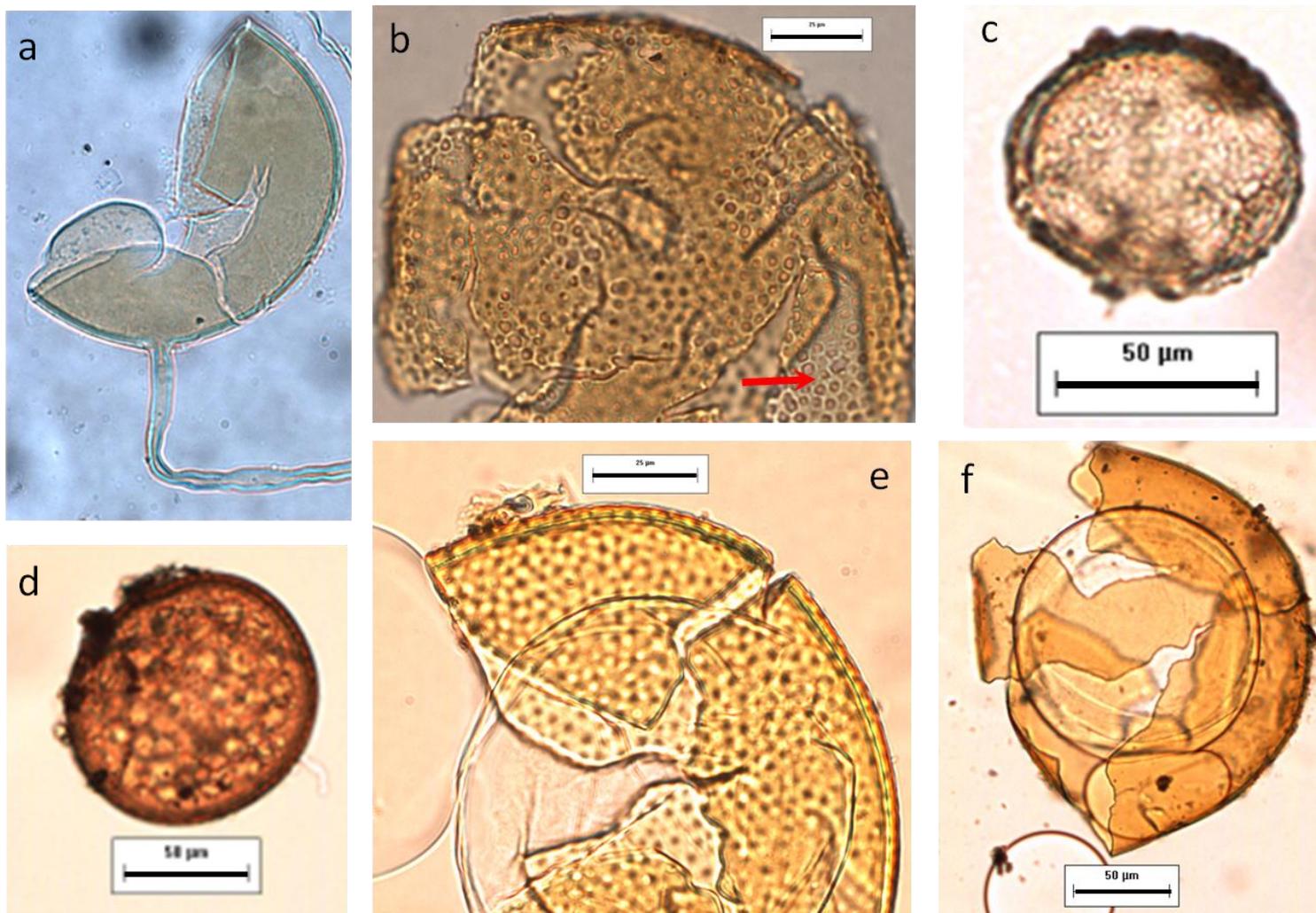


Lámina 4B. Esporas aisladas de un Andosol en microscopía de campo claro. a. *Glomus hoi* (*Sigmiglomus hoi*) donde se aprecia el septo basal por debajo de la espora en la hifa de sostén (flecha negra) que consta de dos paredes externas que se prolongan a lo largo de la hifa sustentora. b. Restos de *Acaulospora denticulata* con prolongaciones digitiformes de la pared externa sumidas en el interior (flecha roja). Barra = 25  $\mu\text{m}$ . c. *Acaulospora* sp. 7 con la pared evanescente. d-e. *A. scrobiculata* mostrando la pared externa escavada (flecha negra) y las paredes flexibles internas (flecha roja). Barra = 25  $\mu\text{m}$  (e). f. *A. afin delicata* senescente con la pared externa delgada y una doble pared interna flexible (flecha roja).

## Literatura citada

- Aguilera-Gómez, L. I., Rivas Manzano, I. V., Ocampo-Jiménez, O., Olalde-Portugal, V. 2008. Los glomales de las planicies del desierto de Sonora. *In: Montaño-Arias, N. M., Camargo-Ricalde, S. L., García-Sánchez, R. Monroy-Ata, A. (Eds.). Pp. 87-95. Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos. Mundi-Prensa S. A. de C. V., Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UAM-Iztapalapa, FES-Zaragoza-UNAM. México.*
- Alvarez-Sánchez, J., Naranjo-García, E. (Eds.) 2003. Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología, A. C., Facultad de Ciencias, UNAM. México. 316 p.
- Allen, M. F. 1991. *The ecology of mycorrhiza*. Cambridge University Press, UK. 196 p.
- Allen, E. B., Allen M. F., Helm, D. J., Trappe, J. M., Molina, R., Rincon, E. 1995. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. *Plant and soil* 170: 47- 62.
- Anderson, R. C., Liberta A. E., Dickman L. A. 1984. Interaction of vascular plants and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi across a soil moisture-nutrient gradient. *Oecologia* 64: 111-117.
- Arias, R. M., Abarca, H. G., Sosa, V. J., Fuentes, R. L. E., 2011. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores under different coffee production systems and in a tropical montane cloud forest patch in Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 85: 179-193.
- Augé, R.M., E. Kubikova, J. L. Moore. 2001. Foliar dehydration tolerance of mycorrhizal cowpea, soybean and bush bean. *New Phytologist*. 151: 535-542.
- Bach, E. M., Baera, S. G., Meyera, C. K., Six, J. 2010. Soil texture affects soil microbial and structural recovery during grassland restoration. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 2182-2191.
- Bécard, G., Fortin, A. J. 1988. Early events of vesicular–arbuscular mycorrhiza formation on Ri-T DNA transformed roots. *New Phytologist* 108: 211-218.
- Bhattacharjee, M., Mukerji, K. G., Tewari, J. P. 1982. Structure and hyperparasitism of a new species of *Gigaspora*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 78: 184-188.
- Barrera, R. O. 1984. Movimientos tectónicos, cambios climáticos y evolución del relieve, *Revista del Instituto de Geografía y Estadística*, núm. 1, septiembre-diciembre, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Borie, F., Rubio, R., Morales, A. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi and soil aggregation. *J. Soil. Sc. Plant Nutri.* 8: 9-18.

Brady, N. C., Weil, R. R. 2002. *The Nature and properties of Soil*. New Jersey, Prentice Hall, New York. 960 p.

Brundrett, M. C. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil* 320: 37-77.

Carrillo 2004. Tolerancia adaptativa de hongos micorrízicos arbusculares al crecer en sustratos contaminados con As y Cu. *Redalyc*. 20:147-158

Castillo-Argüero, S., Guadarrama-Chavéz, P., Sánchez-Gallen, I., Hernández-Cuevas, L. 2009. Ecología de los Hongos Micorrizógenos arbusculares de un matorral xerófilo sobre sustrato en el valle de México. In: Alvarez-Sánchez, F. J. (Ed.). Pp. 73-101. *Ecología de micorrizas arbusculares y restauración de ecosistemas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, México.

Camargo-Ricalde, S. L. 2002. Dispersal, distribution and establishment of arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Biol. Soc. Bot. México* 71: 33-44.

Cruz, C., Balbontin, C., Paz, F., Etchevers, J., Krasilnikov, P. 2007. Los suelos de México y su geografía (II). Suelos dominantes. <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/08/13/71688> fecha de última actualización 25 de Octubre del 2012

Dalpé, Y., Declerck, S. 2002. Development of *Acaulospora rehmi* spore and hyphal swellings under root-organ culture. *Mycologia* 94:850-855.

Demant, A. 1979. Vulcanología y petrografía del sector occidental del Eje neovolcánico. *Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología Rev.* 3: 39-57.

Díaz-Barriga, H., Bello, M. A. 1993. Contribución al conocimiento de la flora de la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Libro técnico No. 1. Centro de Investigación Pacífico Centro- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Uruapan, Michoacán. Pp. 63-70.

Drenovsky, R. E., Vo, D., Graham, K. J., Scow, K. M. 2004. Soil water content and organic carbon availability are major determinants of soil microbial community composition. *Microbial Ecology* 48: 424-430.

FAO, Food and Agriculture Organization for the United Nations. 2001. Lectures notes on the major soils of the world. Eds. Diesser, P., J. Deckers. Natural Resources Management and Environment Department world.([www.fao.org/docrep/003/Y1899E/y1899e00.htm](http://www.fao.org/docrep/003/Y1899E/y1899e00.htm)) última actualización 25 de Octubre del 2012.

Frank, B. 1985. On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with below ground fungi (an English translation of A.B. Frank's classic paper of 1885). *Mycorrhizal* 15: 267–275.

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Ed. SIGSA. México. 212 p.

García-Sánchez, R., Monroy-Ata, A., Chimal-Sánchez, E. 2008. Hongos micorrizógenos arbusculares asociados a diferentes plantas y matorrales del valle del Mezquital, Hidalgo. México. In: Montañón-Arias, N. M., Camargo-Ricalde, S. L., García-Sánchez, R. Monroy-Ata, A. (Eds.). Pp. 125-149. *Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos*. Mundi-Prensa S. A. de C. V., Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UAM-Iztapalapa, FES-Zaragoza-UNAM. México.

Gange, A. C., West, H. M. 1994. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and foliar-feeding insects in *Plantago lanceolata* L. *New Phytologist* 128: 79-87.

Gerdemann, J. W., Nicolson T. H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Br. Mycol. Soc.* 46: 235–244.

Gibson, D. J., Hetrick, B. A. D. 1988. Topographic and fire effects on the composition and abundance of VA- mycorrhizal fungi in tallgrass prairie. *Mycologia* 80: 433-411.

Green, N. E., Graham, S. O., Schenk, N. C. 1976. The influence of pH on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. *Mycologia* 68: 929-934.

Guadarrama, P., Álvarez-Sánchez, J. 1999. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest, Veracruz, Mexico. *Mycorrhiza* 8:267-270

Guadarrama, P., Silvia Castillo-Argüero, 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: 269-277.

Hernández-Cuevas, L., Castillo-Argüero, S., Guadarrama-Chávez, P., Martínez-Orea Y., Romero-Romero, M. A., Sánchez-Gallén, I. 2003. Hongos micorrizógenos arbusculares del Pedregal de San Ángel. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 77 p.

Hooker, J. E., Black, K. E. 1995. Arbuscular mycorrhizal fungi as components of sustainable soil-plant systems. *Critical Reviews. Biotechnology* 15: 201–212.

Ianson, D. C., Allen, M. F. 1986. The effects of soil texture on extraction of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungal spores from arid sites. *Mycologia* 78: 164-168.

INEGI. 2009. Prontuario de información Geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Salvador Escalante, Michoacán de Ocampo. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16079.pdf>.

Última actualización 18 de Octubre del 2012.

INEGI. 2009. Prontuario de información Geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Oaxaca Santa María Huatulco. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20413.pdf>.

Última actualización 18 de Octubre del 2012.

International Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal web site (INVAM) <http://invam.caf.wvu.edu/> última actualización 25 de Octubre del 2012.

Joner, E., Briones, R., Leyval, C. 2000. Metal-binding capacity of arbuscular mycorrhizal mycelium. *Plant and soil* 226: 227-234.

Johnson, N. 2010. Resource stoichiometry elucidates the structure and function of arbuscular mycorrhizas across scales. *New Phytologist* 185: 631-647.

Johnson, N. C., Tilman, D., Wedin, D. 1992. Plant and soil controls on mycorrhizal fungal communities. *Ecology* 73: 2034-2042.

Klironomos, J. N., McCune, J., Hart, M., Neville, J. 2000. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. *Ecology Letters* 3: 137-141.

Koide, R. T., Mosse, B. 2004. A history of research on arbuscular mycorrhiza. *Mycorrhiza* 14: 145-163.

Koske, R. E. 1987. Distribution of VA mycorrhizal fungi along a latitudinal temperature gradient. *Mycologia* 79: 55-68.

Krasilnikov, P.V., 2001. Mosaics of the soil cover and species diversity of aboveground vegetation in forest ecosystems of Eastern Fennoscandia. *Eurasian Soil Sci.* 34 (Suppl. 1), S90- S99.

Krasilnikov, P. V., García-Calderón, N. E. 2005. The soil cover and geomorphic processes in the subtropical altitudinal belt of Sierra Madre del Sur, México. *Eurasian Soil Science* 38: 1075-1081.

Krasilnikov, P., García-Calderón, N. E., Fuentes-Romero, E. 2007. Pedogenesis and slope processes in mountainous subtropical areas, Sierra Sur de Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 24(3): 469-486.

Krasilnikov, P. V., Calderón, N. E. G., Huerta, A. I. 2009. Pedodiversity in mountainous tropical semi deciduous forests of Sierra Madre del Sur, Mexico. *Eurasian Soil Science* 42: 1435-1442.

Krasilnikov, P. 2010. Reporte final del proyecto PAPIIT IN104807. El efecto de los suelos en la biodiversidad de los ecosistemas forestales de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Krasilnikov, P. V., García-Calderón, N. E., Ibáñez-Huerta, A., Bazán-Mateos, M., Hernández-Santana, J. R. 2011. Soils in the dynamic tropical environments: The case of Sierra Madre del Sur. *Geomorphology* 135: 262-270.
- Lovera, M., Cuenca, G. 2007. Diversidad de hongos micorrízico arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia* 32: 108-114.
- McGee, P. A. 1989. Variation in propagule numbers of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid soil. *Mycological Research* 92: 28-33.
- McGee, P. A., Pattinson, G. S., Heath, R. A., Newman, C. A., Allen, S. J. 1997. Survival of Propagules of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Soils in Eastern Australia Used to Grow Cotton. *New Phytologist* 134: 773-780.
- Mirás-Avalos, J. M., Antunes, P., Koch, A., Khoslad, K., Klironomos, J. N., Dunfield, K. E. 2011. The influence of tillage on the structure of rhizosphere and root-associated arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Pedobiologia* 54: 235-241.
- Montaño-Arias, N. M., García-Sánchez, R., Morales-Gómez, F., Ochoa de la Rosa, G. 2008. Micorrizas arbusculares de islas de fertilidad de mezquite en dos matorrales semiáridos: su efecto en la morfología de *Bouteloua curtipendula*. In: Montaño-Arias, N. M., Camargo-Ricalde, S. L., García-Sánchez, R. Monroy-Ata, A. (Eds.). Pp. 187-215. *Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos*. Mundi-Prensa S. A. de C. V., Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UAM-Iztapalapa, FES-Zaragoza-UNAM. México.
- Morton, J. B. 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature, and identification. *Mycotaxon* 32: 267-324.
- Morton, J., Bentivenga, S. 1994. Levels of diversity in endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes) and their role in defining taxonomic and non-taxonomic groups. *Plant and Soil* 159: 47-59.
- Newsam, K., Fitter, A. H. Watkinson, A. R. 1995 Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. *Tree* 10, Elsevier Science Ltd.
- Oehl, F., Sieverding, E., Palazuela, J., Ineichen, K., Alves da Silva, G. 2011. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. *IMA Fungus* 2: 191-199.
- Ortega-Larrocea, M. P., Siebe, C., Estrada, A., Bécard, G., Webster, R. 2007. Mycorrhizal inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi in soils irrigated with wastewater for various lengths of time, as affected by heavy metals and available P. *Applied Soil Ecol.* 37: 129-138.
- Peterson, R. L., Massicotte, H. B., Melville, L. H. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and cell biology*. NRC Research Press, Ottawa, Canada. 173 p.

- Peña, R. V. M., Vázquez-Selem, L., Siebe, C. 2009. Soil organic carbon stocks and forest productivity in volcanic ash soils of different age (1835–30,500 years B.P.) in Mexico. *Geoderma* 149: 224-234.
- Peng, Y. L., Yang M. N., Cai X. B. 2010. Influence of soil factors on species diversity of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in *Stipa* steppe of Tibet Plateau. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 21: 1258-63.
- Picone, C. 2000. Biodiversity and abundance of arbuscular-mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. *Bioone Research Evolved* 32: 734-750.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencias* 8: 583-590
- Porter, W. M., Robson, A. D., Abott, L. K. 1987. Factors controlling the distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in relation to soil pH. *Journal of applied Ecology* 24: 663-672.
- Redecker, D., Kodner, R., Graham, L. E. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science* 289: 1920–1921.
- Rillig, M. C., Wright, S. F., Eviner, V. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil* 238: 325-333.
- Rillig, M. C. 2004. Arbuscular mycorrhizae glomalin and soil aggregation. *Canadian Journal Soil Science* 84: 355-363.
- Robles, C., Robles-Martínez, M. L., Monroy-Díaz, F. B. 2008. Crecimiento y nutrición del maguey mezcalero (*Agave angustifolia* Haw.) bajo condiciones de micorrización arbuscular. 2008. In: Montañón-Arias, N. M., Camargo-Ricalde, S. L., García-Sánchez, R. Monroy-Ata, A. (Eds.). Pp. 219-233. *Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos*. Mundi-Prensa S. A. de C. V., Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UAM-Iztapalapa, FES-Zaragoza-UNAM. México.
- Sánchez-Colín, M. J., Ramírez, B. P. J., Torrescano, V. N. 2000. Micorriza Arbuscular y *Rhizobium* presentes en leguminosas establecidas en suelo Andosol. In: Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R. (coordinadores). Pp. 46-55. *Ecología, fisiología y biotecnología de la Micorriza Arbuscular*. Colegio de Postgraduados, Mundi-Prensa. México.
- Sánchez-Gallén, I., Guadarrama-Chávez, P. 2003. El papel de las asociaciones micorrízicas en el crecimiento y competencia de las plántulas. In: Alvarez-Sánchez, J., Naranjo-García, E. (Eds.). Pp. 286-298. *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. Instituto de Ecología, A. C., Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Schüßler, A., Schwarzott, D., Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research*. 105: 1413-1421.

Schüßler, A., Walker, C. 2010. The Glomeromycota. A species list with new families and new genera. A.Schüßler& C. Walker, Gloucester. Published in December 2010 in libraries at The Royal Botanic Garden Edinburgh, The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University. [www.amf-phylogeny.com](http://www.amf-phylogeny.com), última revisión 25 de Octubre del 2012.

Segura, L. 2008 Técnicas de Fluorescencia y análisis de imágenes aplicadas al estudio de hongos micorrízicos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 166 p.

Séjalon-Delmas, N., Magnier, A., Douds, D. D., Bécard, G. 1998. Cytoplasmic autofluorescence of an arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora gigantea* and nondestructive fungal observations in planta. *Mycologia* 90: 921-926.

Shannon C. E., y W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press. Urbana

Siebe C., Jahn, K. Stahr. 1996. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Publicación especial 4. México. 57 p.

Smith,S. E., Read, D. J. 2008. Mycorrhizal simbiosis. 3rd. Academic Press. 605 p.

Solon, J., Degórski, M., Roo-Zielińska, E. 2007.Vegetation response to a topographical-soil gradient. *Catena* 71: 309-320.

St-Arnaud, M., Hamel, C., Vimard, B., Caron, M., Fortin, J.A. 1996. Enhanced hyphal growth and spore production of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in an *in vitro* system in the absence of host roots. *Mycological Research* 100: 328-332.

Sylvia, D. S., Wilson, D. O., Graham, J. H., Maddox, J. J., Millner, P., Morton, J. B., Skipper, H. D., Wright, S. F., Jarstfer, A. G. 1993. Evaluation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in diverse plants and soil. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 705-713.

USDA (United States Department of Agriculture). 1991. Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning. Washington, USDA. 38 p.

Varela, L., A. Estrada-Torres, 1997. El papel de los microorganismos de la rizosfera y de la micorriza en la absorción de nutrientes minerales y agua. *In: Orellana, R., Escamilla, J.A., Larque-Saavedra, A. (Eds). Pp .137-150. Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos. Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC. (CICY). México.*

Varela, L., Trejo. D. 2001. Los hongos micorrízicos arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México. *Acta Zool. Mex.*1: 39-51.

Varela-Fregoso, L., Guadarrama-Chávez P. 2003. El papel de las micorrizas en los trópicos. In: Alvarez-Sánchez, J., Naranjo-García, E. (Eds.). Pp. 274-284. *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*. Instituto de Ecología, A. C., Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: spore wall characteristics in species descriptions. *Mycotaxon* 2: 243-255.

World Reference Base for Soil Resources; IUSS Working Group WRB, 2006. World reference base for soil resources 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 132 p.

Wright, S. F., Upadhyaya, A. 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science* 198: 97-107.

Wright, S., Upadhyaya, A. 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 198: 97-107.

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 1 Perfil 1

Suelo: Phaeozem skeletal

Coordenadas: x 790508, y: 1763203

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-15/30</b>	Sin información	5YR 3/3	Migajón con agregados de medianos a grandes, fuerte desarrollado, estable	Suelo firme, plástico, adhesivo
<b>15/30-40</b>	Sin información	5YR 4/3	(15-30) Granular medianos y grandes, fuerte desarrollado, estables. (30-40) Medianas, moderado desarrollo, agregados estables.	Suelo firme, plástico, adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-15/30</b>	Franco arcillosa	Extremadamente abundantes	Grandes, intersticiales, abundantes	3.42	0
<b>15/30-40</b>	Franco arcillosa	Extremadamente abundantes	(0-30) Grandes, cilíndricos, intersticiales, abundantes. (parte superior) (30-40) Poros medianos Intersticiales, abundantes. (parte basal)	4.42	3

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 1 Perfil 2

Suelo: Phaeozem skeletal

Coordenadas: x 790545, y: 1763197

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-10</b>	Gradual ondulado	5YR 3/3	Migajón con agregados pequeños, medianos y grandes. Fuertemente desarrolladas, estables. Bloques subangulares, pequeños, fuertemente desarrolladas.	Suelo muy firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo
<b>10-30</b>	Abrupto regular	5YR 3/4	Granular, mediano a grandes, moderado a fuertemente desarrollado estables. Bloques subangulares, pequeños.	Suelo muy firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-10</b>	Franco arcillosa	Extremadamente abundantes	Poros gruesos, intersticiales abundantes. (parte superior) Medianos vesiculares, comunes. (parte basal)	3.0	2
<b>10-30</b>	Franco arcillosa	Abundantes	Poros gruesos, cilíndricos, vesiculares abundantes. (parte superior) Poros Medianos, intersticiales, comunes. (parte basal)	3, 3.5, 5.0	3

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 1 Perfil 3

Suelo: Phaeozem skeletal

Coordenadas: x 790492, y: 1763245

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-15</b>	Difuso irregular	7.5YR 3/3	Migajosa con agregados grandes y medianos, fuertemente desarrollado, estables.	Suelo firme, plástico, adhesivo
<b>15-40</b>	Gradual ondulado	7.5YR 2.5/3	Migajosa, grandes y medianos, moderadamente desarrollado, estables.	Suelo ligeramente firme, plástico adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-15</b>	Franco arcillosa	Abundantes	Poros gruesos intersticiales, cilíndricos abundantes. (parte superior) Poros medianos intersticiales, cilíndricos comunes. (parte media) Microporos intersticiales comunes. (parte basal)	3.0, 0.5, 1.5	1
<b>15-40</b>	Franco arcillosa	Moderadas	Poros gruesos cilíndricos, intersticiales. (parte superior) Poros medianos vesiculares, intersticiales comunes. (parte media) Poros Pequeños intersticiales abundantes. (parte basal)	3.5, 2.0, 3.5	1

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 1 Perfil 4

Suelo: Phaeozem skeletal

Coordenadas: x 790472, y: 1763226

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-20</b>	Difuso ondulado	7.5YR 2.5/2	Migajosa medianos y pequeños desarrollos estables. Bloques subangulares pequeños, desarrollos estables.	Suelo ligeramente firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.
<b>20-30/35</b>	Difuso uniforme	5YR 3/2	Bloques subangulares, medianos y pequeños moderado desarrollos estables.	Suelo ligeramente firme, plástico, adhesivo.

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-20</b>	Franco arcillosa	Abundantes	Poros gruesos, intersticiales, cilíndricos, abundantes. (parte superior) Poros medianos cilíndricos, vesiculares. (parte media) Poros pequeños intersticiales, comunes. (parte basal)	4.0, 4.25, 2.75	1
<b>20-30/35</b>	Franco arcillosa	Moderadas	Poros gruesos, cilíndricos, pocos. (parte superior) Poros medianos, vesiculares, intersticiales, pocos. (parte media) Poros pequeños, intersticiales abundantes. (parte basal)	4.5, 3.75, 4.25	1

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 1 Perfil 5

Suelo: Phaeozem skeletal

Coordenadas: x 790545, y: 1763197

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-15</b>	Difuso y ondulado	5YR 3/3	Granular medianas y finas, fuerte desarrollo, estables.	Suelo muy firme, muy plástico, adhesivo
<b>15-24</b>	Difuso y ondulado	5YR 4/3	Bloques subangulares, grandes fuerte desarrollo, estables.	Suelo muy firme, muy plástico, adhesivo
<b>24-50/60</b>	Gradual, irregular	5YR 4/4	Bloques subangulares, medianos, moderado desarrollo, estables.	Suelo moderadamente firme, muy plástico, adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-15</b>	Franco arcilloso arenosa	Abundantes	Poros pequeños, muy pequeños vesicular, comunes. (parte superior)	3.75, 2.25, 3.25	1
<b>15-24</b>	Franco arcilloso arenosa	Regulares	Poros medianos, pequeños. (parte media)	>4.5, 3.5, 3.75	1
<b>24-50/60</b>	Arcilloso limosa	Regulares	Poros pequeños, muy pequeños. (parte basal)	>4.5, >4.5, 3.5	1

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 2 Perfil 1

Suelo: Umbrisol Ferralic

Coordenadas: x 790646, y: 1763630

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-15</b>	Sin información	10YR 2/1	Granular con agregados Pequeños-medianos, moderado desarrollados, estables.	Suelo suave, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.
<b>15-40</b>	Sin información	10YR 3/3	Migajosa con agregados pequeños-medianos, moderado desarrollo, estables. (parte superior) Granular, con agregados pequeños, moderado desarrollado, estable. (parte media) Bloques subangulares, con agregados medianos, moderado desarrollado, estables. (parte basal)	Suelo suave, plástico, adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-15</b>	Franca	Abundantes	Poros gruesos intersticiales, cilíndricos, pocos. (parte superior) Poros medianos intersticiales, cilíndricos comunes. (parte media) Poros pequeños intersticiales abundantes. (parte basal)	1.0, 1.0, 1.0	10
<b>15-40</b>	franca	Regularmente abundantes	Poros gruesos intersticiales, cilíndricos, comunes. (parte superior) Poros pequeños intersticiales, comunes. (parte basal)	4.25, 4.5, 3.5	10

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 2 Perfil 2

Suelo: Umbrisol Ferralic

Coordenadas: x 790545, y: 1763197

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-20</b>	Sin información	10YR 2/2	Migajosa con agregados pequeños y medianos, moderado desarrollado, estable.	Suelo friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.
<b>20-35</b>	Sin información	10YR 3/2	Migajosa con agregados medianos, débil desarrollo, estables. (parte superior) Bloques subangulares, con agregados medianos, débil desarrollo, moderadamente estables. (parte basal)	Suelo friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-20</b>	Franca	pocas	Poros gruesos intersticiales, cilíndricos, abundantes. (parte superior) Poros medianos intersticiales, cilíndricos, comunes. (parte media) Poros pequeños intersticiales, pequeños. (parte basal)	Sin información	15
<b>20-35</b>	Arcilloso-arenosa	pocas	Poros gruesos intersticiales, vesiculares pocos. (parte superior) Poros pequeños intersticiales, vesiculares, comunes. (parte basal)	Sin información	30

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 2 Perfil 3

Suelo: Umbrisol Ferralic

Coordenadas: x 790545, y: 1763197

Profundidad (cm)	Límite	Color	Estructura	Consistencia
<b>0-35/40</b>	Abrupto uniforme	10YR 2/2	Granular con agregados medianos y finos, fuerte desarrollo, estables	Suelo firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.

Profundidad (cm)	Textura	Raíces	Porosidad	Resistividad Kg/cm <sup>2</sup>	Pedregosidad (%)
<b>0-35/40</b>	Franco arcillosa	Abundantes	Poros muy finos, tubulares, comunes.	Sin información	1

Sitio 2 Perfil 4

Suelo: Umbrisol Ferralic

Coordenadas: x 790754, y: 1763641

Profundidad (cm)	Límite	Color	Estructura	Consistencia
<b>0-30/40</b>	Claro ondulado	10YR 2/2	Migajosa con agregados medianos y pequeños, moderado desarrollo	Suelo firme, ligeramente plástico, adhesivo

Profundidad (cm)	Textura	Raíces	Porosidad	Resistividad Kg/cm <sup>2</sup>	Pedregosidad (%)
<b>0-30/40</b>	Franco arenosa	Abundantes	Poros gruesos, cilíndricos, intersticiales, comunes	Sin información	15

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 2 Perfil 5

Suelo: Umbrisol Ferralic

Coordenadas: x 790756, y: 1763611

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-30/40</b>	Claro ondulado	10YR 2/2	Granular con agregados pequeños y medianos, moderado desarrollo	Suelo suave, no plástico, ligeramente adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-30/40</b>	Franco arenoso	Medianamente abundantes	Poros medianos, cilíndricos vesiculares. Poros pequeños Intersticiales, cilíndricos, abundantes.	Sin información	15

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 3 Perfil 1

Suelo: Phaeozem Epileptic Calcic

Coordenadas: x 790494, y: 1764159

Profundidad (cm)	Límite	Color	Estructura	Consistencia
0-2/15	Gradual ondulado	10YR 2/2	Granular migajosa, con agregados medianos y grandes, fuerte desarrollo, estables.	Suelo friable, no plástico, ligeramente adhesivo
2/15-45/50	Gradual ondulado	10YR 2/2	( 2- 15) Granular migajosa, pequeños y medianos, desarrollado. (45-50) Bloques subangulares pequeños, moderado desarrollo, estables.	Suelo friable, no plástico, adhesivo

Profundidad (cm)	Textura	Raíces	Porosidad	Resistividad Kg/cm <sup>2</sup>	Pedregosidad (%)
0-2/15	Franco arenoso	Abundantes finas	(0-2) Poros gruesos cilíndricos vesiculares, comunes. (2-10) Poros medianos, cilíndricos, pocos. (10-15) Poros pequeños intersticiales, pocos.	Sin información	30
2/15-45/50	Franco arenoso	Abundantes	(2-15) Poros gruesos intersticiales abundantes. (Parte superior) (15-45) Poros medianos cilíndricos intersticiales, pocos. (Parte media) (45-50) Poros pequeños intersticiales, comunes. (Parte basal)	Sin información	50

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 3 Perfil 2

Suelo: Phaeozem Epileptic Calcic

Coordenadas: x 790491, y: 1764096

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-5</b>	Claro-lineal	10YR 2/2	Granular con agregados pequeños-medianos, moderado desarrollo, estables. Bloques subangulares con agregados pequeños, moderado desarrollo, estables.	Suelo friable, no plástico, poco adhesiva
<b>5-30</b>	Claro-ondulado	10YR 3/3	Migajosa con agregados medianos, moderado desarrollo estables. Bloques subangulares, con agregados medianos moderado desarrollo, estables	Suelo friable, ligeramente plástico, adhesiva.

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-5</b>	Arenosa-franca	Abundantes	Gruesos con poros cilíndricos intersticiales abundantes.	Sin información	25
<b>5-30</b>	Franco-arcillo-arenosa	Abundantes	Gruesos con poros intersticiales, abundantes. (parte superior) Medianos con poros intersticiales abundantes. (Parte basal)	Sin información	30

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 3 Perfil 3

Suelo: Phaeozem Epileptic Calcic

Coordenadas: x 790523, y: 1764054

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-10</b>	Difuso uniforme	10YR 3/3	Granular, con agregados pequeños-medianos, moderado desarrollo, estables. Bloques subangulares, pequeños, moderado desarrollo, estables.	Ligeramente friables, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo
<b>10-35</b>	Claro ondulado	10YR 2/2	Migajosa con agregados medianos, moderado desarrollo estable. ( Parte superior) Bloques subangulares con agregados medianos, moderado desarrollo estable. (Parte basal)	Ligeramente duro-firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-10</b>	Franco arenosa	Abundantes	Poros gruesos, cilíndricos vesiculares intersticiales abundantes.	Sin información	20
<b>10-35</b>	Franco arenosa	Abundantes	Poros gruesos cilíndricos intersticiales, abundantes. ( Parte superior) Poros medianos- pequeños cilíndricos intersticiales abundantes. (Parte basal)	Sin información	30

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUEL DEL ESTADO DE OAXACA..**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 3 Perfil 4

Suelo: Phaeozem Epileptic Calcic

Coordenadas: x 790281, y: 1763868

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-10</b>	Claro ondulado	10YR 2/2	Granular con agregados pequeños-medianos débil desarrollo, poco estable.	Suave, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.
<b>10-30</b>	Claro ondulado	10YR 5/6. 5/4	Bloques con agregados subangulares, medianos débilmente desarrollado, poco estables	Suave, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo.

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-10</b>	Franco arenosa	Regularmente abundante	Poros gruesos cilíndricos intersticiales abundantes. (Parte superior) Poros medianos cilíndricos intersticiales abundantes. (Parte basal)	Sin información	25
<b>10-30</b>	Arcillo arenosa	Regularmente abundante	Poros medianos cilíndricos, vesiculares, intersticiales pocos. Parte superior) Microporos intersticiales pocos. (Parte basal)	Sin información	40

**ANEXO 1.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE OAXACA.**

Localidad: finca el Nueve, Sierra Sur de Oaxaca

Sitio 3 Perfil 5

Suelo: Phaeozem Epileptic Calcic

Coordenadas: x 790259, y: 1763871

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-8</b>	Abrupto-uniforme	10YR 3/1	Granular con agregados pequeños-medianos moderado desarrollado, estables. Bloques subangulares, pequeños moderado desarrollo, estables.	Suelo suave ligeramente plástico, no adhesivo
<b>8-20/22</b>	Claro-ondulado-gradual	10YR 3/2	Granular con agregados medianos, moderado desarrollados, estables.	Suelo suave ligeramente plástico, no adhesivo
<b>20/22-35</b>	Difuso irregular	10YR 4/2	Bloques subangulares, medianos moderado desarrollo, estables	Suelo friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-8</b>	Franco arenosa	Abundante	Poros muy finos, finos, tubulares intersticiales, comunes.	Sin información	1
<b>8-20/22</b>	Franco arenosa	Abundante	(8- 20) Poros finos intersticiales comunes. (20- 22) Poros finos intersticiales comunes.	Sin información	1
<b>20/22-35</b>	Franco limo arcillosa	Medianamente abundantes	(22-35)Poros finos vesiculares comunes.	Sin información	1

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio 1 Perfil: 1

Suelo: Andosol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-11</b>	Claro y ligeramente ondulado	10YR5/4	Migajosa fina y muy fina, débilmente desarrollada	Suelo suelto, muy friable y tixotrópico. Poco adhesiva, sin plasticidad
<b>11-21</b>	Quebrado y abrupto	10YR4/6	Migajosa fina y muy fina, débilmente desarrollada	Suelo suelto, muy friable y tixotrópico. Poco adhesiva poco plástica
<b>21-51</b>	Claro y quebrado	7.5YR5/8	Migajosa fina y débilmente desarrollada	Suelo poco húmedo, muy friable y tixotrópico. Ligeramente adhesivo, ligeramente plástico.

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad</b>
<b>0-11</b>	Migajosa-arenosa	Finas y muy finas abundantes	Muy poroso, con poros irregulares	0.82	-
<b>11-21</b>	Migajosa-arenosa	Finas y muy finas abundantes. Medias presentes	Poros cilíndricos y vesiculares irregulares, muy abundantes	0.66	-
<b>21-51</b>	Migajosa-arenosa	Finas abundantes, muy finas y medias presentes	Poros cilíndricos y vesiculares	0.76	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 1 Perfil: 2

Suelo: Andosol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0- 20</b>	Claro y ligero ondulado	10YR4/3	Granular, ligeramente desarrollada	Suelo ligeramente duro
<b>20-54</b>	Claro y ondulado	10YR4/6	Bloques subangulares, finos a grandes, moderadamente desarrollada	Suelo duro

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad</b>
<b>2.5- 20</b>	Migajosa arenosa	Finas y muy finas abundantes, medias comunes	Macro y microporos abundantes vesiculares	1.15	-
<b>20- 54</b>	Migajosa arcillosa	Finas y muy finas. En una parte de la superficie en el resto medias, comunes	Macro y microporos cilíndricos irregulares	3.4	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 1 Perfil: 4

Suelo: Andosol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-4</b>	Claro y ondulado	10YR3/2	Migajosa fina y muy fina, débilmente desarrollada	Suelo muy friable, tixotrópico, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico
<b>4-36</b>	Claro y ondulado	7.5YR4/6	Granular, ligeramente desarrollada	Suelo friable, tixotrópico, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad</b>
<b>0-4</b>	Migajosa limosa	Finas y muy finas	Macro y microporos, cilíndricos vesiculares, irregulares	1.16	-
<b>4-36</b>	Franca	Finas y muy finas, medias	Macro y microporos cilíndricos vesiculares	1.7	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 1 Perfil: 5

Suelo: Andosol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-22</b>	Claro y muy ondulado	10YR4/4	Granular, fina y media. Migajosa fina y media, ligeramente desarrollada	Suelo friable, tixotrópica, ligeramente adhesivo y ligeramente. Plástico
<b>22-46</b>	Abrupto y quebrado	10YR5/6	Migajosa, fina y media. Débilmente desarrollada	Suelo muy friable tixotrópica, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad</b>
<b>0- 20</b>	Migajosa arenosa	Finas y muy finas y medias	Abundantes macro y microporos	1.64	-
<b>20- 54</b>	Migajosa arenosa	Finas y muy finas y medias	Abundantes macro y microporos, cilíndricos y vesiculares caóticos	0.98	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 2 Perfil: 1

Suelo: Luvisol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>3-20</b>	Claro ondulado	10YR4/4	Migajosa, fina y muy fina, débilmente desarrollada	Suelo suelto muy friable y tixotrópico, ligeramente adhesivo y sin plasticidad
<b>20-48</b>	Abrupto y quebrado	10YR5/6	Migajosa, fina y muy fina, débilmente desarrollada	Suelo suelto muy friable y tixotrópico, ligeramente adhesivo y sin plasticidad

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>3-20</b>	Migajoso arenoso	Finas y muy finas muy abundantes, medias comunes	Muy poroso, macroporos y microporos cilíndricos y vesiculares, irregulares, muy abundantes	1.62	-
<b>20-48</b>	Migajoso arenoso	Finas y muy finas muy abundantes, medias comunes	Macroporos y microporos cilíndricos y vesiculares, irregulares muy abundantes	0.98	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 2 Perfil: 2

Suelo: Luvisol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-25</b>	Abrupto y muy ondulado	5YR2/3	Migajosa fina y muy fina débilmente desarrollada	Suelo tixotrópico, friable ligeramente adhesivo, ligeramente plástico
<b>25-52</b>	Claro y ondulado	7.5YR4/6	Bloques subangulares, grandes y medios, moderadamente desarrollada	Suelo adhesivo, plástico

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-25</b>	Migajoso limo arenosa	Finas y muy finas	Cilíndricos y vesiculares, caóticos	0.74	-
<b>25-52</b>	Arcilla	Finas y muy finas, gruesas	Cilíndricos verticales e irregulares vesiculares c/argilanes débilmente desarrollados	2.22	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 2 Perfil: 3

Suelo: Luvisol

Material parental: cenizas volcánicas

Profundidad (cm)	Límite	Color	Estructura	Consistencia
0-9	Claro y ondulado	10YR3/3	Migajosa fina y media débilmente desarrollada	Suelo muy friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico
9-22	Plano y abrupto	10YR3/4	Migajosa fina y muy fina, bloques subangulares, medios, moderadamente desarrollada	Suelo muy friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico
22-37	Claro y plano	5YR4/6	Bloques subangulares; grandes, medios y finos; débilmente desarrollados	Suelo friable, plástico y adhesivo

Profundidad (cm)	Textura	Raíces	Porosidad	Resistividad (kg/cm <sup>2</sup> )	Pedregosidad (%)
0-9	Migajón arenosa	Finas y muy finas, medias presentes	Macro y microporos	0.96	-
9-22	Migajón arenosa	Finas y muy finas, medias presentes	Macro y microporos	1.9	-
22-37	Migajón arcillosa	Finas y muy finas	Macro y microporos cilíndricos frecuentes, vesiculares abundantes	4.5	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opoepo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 2 Perfil: 4

Suelo: Luvisol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-19</b>	Claro y ondulado	10YR4/3	Migajosa, fina y media ligeramente desarrollada	Suelo muy friable, muy poco adhesivo y poco plástico
<b>19-45</b>	Claro y ondulado	10YR4/6	Bloques subangulares, grandes y finos bien desarrollada	Suelo duro, firme, adhesivo, plástico

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-19</b>	Migajosa arenosa	Finas y muy finas, medias	Micro y macroporos, vesiculares y cilíndricos	-	-
<b>19-45</b>	Arcillosa	Medias finas y muy finas, gruesas	Cilíndricos verticales 1-2 mm de diámetro	-	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Sitio: 2 Perfil: 5

Suelo: Luvisol

Material parental: cenizas volcánicas

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>0-17</b>	Marcado y muy ondulado	10YR3/2	Migajosa y granular, fina y muy fina, débilmente y moderadamente desarrollada	Suelo friable, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico
<b>17-33</b>	Quebrado y abrupto, se inicia entre los 14 y 33 cm	10YR4/6 color del lado derecho y 10YR3/6	Bloques subangular, grandes, medios y finos, moderadamente desarrollada	Suelo friable, adhesivo, ligeramente plástico

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>0-17</b>	Migajosa arenosa	Finas y muy finas, medias.	Micro y macroporos	0.36	-
<b>17-33</b>	Franca	Finas y muy finas, medias	Macro y microporos, cilíndricos y vesiculares	0.46 en el centro del perfil	-

**ANEXO 2.LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELO DEL ESTADO DE MICHOACÁN**

Localización: En el cerro Santa Juana, Camino Opopeo a Santa Juana, el lugar se conoce como La Ladera.

Perfil: 3 EDAFOTONO SITIO DE TRANSICIÓN ENTRE EL SITIO 1 Y SITIO 2.

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Límite</b>	<b>Color</b>	<b>Estructura</b>	<b>Consistencia</b>
<b>2-26</b>	Claro y ondulado	10YR4/4	Migajosa, fina y media. Algunos bloques subangulares, finos y medios. débilmente desarrollados	Suelo suelto, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico
<b>26-40</b>	Abrupto y quebrado	10YR5/4	Bloques subangulares, finos y medios. Débilmente desarrollada	Suelo suelto, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura</b>	<b>Raíces</b>	<b>Porosidad</b>	<b>Resistividad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedregosidad (%)</b>
<b>2-26</b>	Migajoso arenoso/migajón	Finas y muy finas, medias	Finas y muy finas abundantes, medias presentes	1.3	-
<b>26-40</b>	Migajoso arenoso/migajón	Finas y muy finas, medias	Muy finas muy abundantes. finas abundantes y medias comunes	1.1	-

**ANEXO 3. MICARIO DE ESPORAS DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DE LA COLECCIÓN DEL LABORATORIO MICROCOSMOS BIOEDAFICO  
(ESTADO DE OAXACA)**

Clave micario	Clave personal	Especie	Coordenadas GPS UTM	Altura msnm	Habitad, vegetación	Suelo	Simbionte (hospedero)
MCCMHAe190	SLML 1-1	<i>Scutellospora Racocetra</i>	x:790508,y:1763203	1279	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Poma rosa
MCCMHAe191	SLML 1-2	<i>Acaulospora</i> sp. 2	x:790508,y:1763203	1279	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Poma rosa
MCCMHAe192	SLML 2-1	<i>A. rehmi</i>	x:790508,y:1763203	1279	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMHAe193	SLML 2-2	<i>G. ambisporum</i>	x:790508,y:1763203	1279	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMHAe194	SLML 3-1	<i>Sin identificar</i>	x:790545,y:1763197	1277	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Poma rosa
MCCMHAe195	SLML 3-2	<i>Gigaspora gigantea</i>	x:790545,y:1763197	1277	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Poma rosa
MCCMHAe196	SLML 3-3	<i>Scutellospora</i> sp. 3	x:790545,y:1763197	1277	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Poma rosa
MCCMHAe197	SLML 4-1	<i>G. ambisporum</i>	x:790545,y:1763197	1277	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Níspero
MCCMHAe198	SLML 4-2	<i>Acaulospora</i> sp. 3	x:790545,y:1763197	1277	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Níspero
MCCMHAe199	SLML 4-3	<i>Acaulospora</i> sp. 3	x:790545,y:1763197	1277	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Níspero
MCCMHAe200	SLML 5-2	<i>A. scrobiculata</i>	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Llegalon
MCCMHAe201	SLML 5-3	<i>A. scrobiculata</i>	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Llegalon
MCCMHAe202	SLML 6-1	<i>A. tuberculata</i>	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe203	SLML 6-2	<i>A. spinosa</i>	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe204	SLML 6-3	<i>A. spinosa</i>	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe205	SLML 6-4	<i>A. leavis</i>	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe206	SLML 6-5	<i>Clareidoglomus</i> sp.	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe207	SLML 6-6	<i>A. leavis</i>	x:790492,y:1763245	1272	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe208	SLML 7-1	<i>A. spinosa</i>	x:790472,y:1763226	1287	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe209	SLML 7-2	<i>A. spinosa</i>	x:790472,y:1763226	1287	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe210	SLML 7-3	<i>A. spinosa</i>	x:790472,y:1763226	1287	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Aguacatillo ( <i>Ocotea</i> sp.)
MCCMHAe211	SLML 8-1	<i>Gigaspora gigantea</i>	x:790472,y:1763226	1287	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe212	SLML 8-2	<i>Gigaspora gigantea</i>	x:790472,y:1763226	1287	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe213	SLML 8-3	<i>Gigaspora</i> sp.1	x:790472,y:1763226	1287	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe214	SLML 8-4	<i>Gigaspora gigantea</i>	x:790472,y:1763226	1287	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )

MCCMHAe215	SLML 9-1	<i>A. alpina</i>	x:790475,y:1763214	1293	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe216	SLML 9-2	Sin identificar	x:790475,y:1763214	1293	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe217	SLML 9-3	<i>A. tuberculata</i>	x:790475,y:1763214	1293	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe218	SLML 10-1	<i>A. leavis</i>	x:790475,y:1763214	1293	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe219	SLML 10-2	<i>Acaulospora</i> sp. 2	x:790475,y:1763214	1293	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe220	SLML 10-3	<i>A. tuberculata</i>	x:790475,y:1763214	1293	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe221	SLML 10-5	<i>Glomus</i> sp. 4	x:790475,y:1763214	1293	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMHAe222	SLML 11-2	<i>A. spinosa</i>	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe223	SLML 11-3	<i>A. spinosa</i>	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe224	SLML 12-1	<i>A. scrobiculata</i>	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe225	SLML 12-2	<i>A. scrobiculata</i>	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe226	SLML 12-3	<i>A. scrobiculata</i>	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe227	SLML 12-4	<i>Scutellospora</i> sp. 2	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe228	SLML 12-5	<i>Scutellospora</i> sp. 1	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe229	SLML 12-6	<i>Glomus</i> sp. 1	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe230	SLML 12-7	<i>Acaulospora</i> sp. 1	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe231	SLML 12-8	<i>A. spinosa</i>	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe232	SLML 12-9	<i>A. scrobiculata</i>	x:790646,y:1763630	1147	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe233	SLML 13-1	<i>A. alpina</i>	x:790673,y:1763667	1149	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe234	SLML 13-2	<i>A. alpina</i>	x:790673,y:1763667	1149	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe235	SLML 13-3	<i>A. rehmi</i>	x:790673,y:1763667	1149	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe236	SLML 13-4	<i>Acaulospora</i> sp. 1	x:790673,y:1763667	1149	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe237	SLML 13-5	<i>Acaulospora</i> sp. 1	x:790673,y:1763667	1149	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe238	SLML 14-1	<i>G. ambisporum</i>	x:790673,y:1763667	1149	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe239	SLML 14-2	<i>Glomus</i> sp. 3	x:790673,y:1763667	1149	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe240	SLML 15-1	<i>Gigaspora margarita</i>	x:790728,y:1763649	1152	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe241	SLML 15-2	<i>Gigaspora margarita</i>	x:790728,y:1763649	1152	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe242	SLML 15-3	<i>Glomus</i> sp. 1	x:790728,y:1763649	1152	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe243	SLML 16-1	<i>Acaulospora</i> sp. 1	x:790728,y:1763649	1152	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe244	SLML 16-2	<i>A. spinosa</i>	x:790728,y:1763649	1152	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe245	SLML 16-3	<i>A. scrobiculata</i>	x:790728,y:1763649	1152	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe246	SLML 16-5	<i>A. leavis</i>	x:790728,y:1763649	1152	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	Sin información
MCCMHAe247	SLML 17-1	<i>A. scrobiculata</i>	x:790754,y:1763641	1160	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cotorra

MCCMH Ae248	SLML 17-2	<i>A. spinosa</i>	x:790754,y:1763641	1160	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cotorra
MCCMH Ae249	SLML 17-3	<i>Acaulospora</i> sp. 1	x:790754,y:1763641	1160	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cotorra
MCCMH Ae250	SLML 18-1	<i>Glomus</i> sp. 2	x:790754,y:1763641	1160	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae251	SLML 18-2	<i>A. rehmi</i>	x:790754,y:1763641	1160	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae252	SLML 19-1	<i>Scutellospora</i> sp. 1	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cerezo ( <i>Prunus tetradenia</i> )
MCCMH Ae253	SLML 19-2	<i>A. tuberculata</i> .	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cerezo ( <i>Prunus tetradenia</i> )
MCCMH Ae254	SLML 19-3	<i>Scutellospora</i> sp. 2	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cerezo ( <i>Prunus tetradenia</i> )
MCCMH Ae255	SLML 19-4	<i>A. rehmi</i>	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cerezo ( <i>Prunus tetradenia</i> )
MCCMH Ae256	SLML 19-5	<i>A. spinosa</i>	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cerezo ( <i>Prunus tetradenia</i> )
MCCMH Ae257	SLML 19-6	<i>A. scrobiculata</i>	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Umbrisol	cerezo ( <i>Prunus tetradenia</i> )
MCCMH Ae258	SLML 20-1	<i>A. scrobiculata</i>	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae259	SLML 20-2	<i>A. spinosa</i>	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae260	SLML 20-3	<i>A. alpina</i>	x:790756,y:1763611	1168	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae261	SLML 21-1	<i>G. ambisporum</i>	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae262	SLML 21-2	<i>Funneliformis</i> sp. 1	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae263	SLML 21-3	<i>Funneliformis</i> sp. 1	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae264	SLML 21-4	<i>A. alpina</i>	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae265	SLML 21-5	<i>Acaulospora</i> sp. 2	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae266	SLML 21-6	<i>Acaulospora</i> sp. 3	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	palo maza ( <i>Dendropanax arboreus</i> )
MCCMH Ae267	SLML 22-1	<i>A. tuberculata</i>	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	mala mujer
MCCMH Ae268	SLML 22-2	<i>Glomus</i> sp. 5	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	mala mujer
MCCMH Ae269	SLML 22-5	<i>A. tuberculata</i>	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	mala mujer
MCCMH Ae270	SLML 22-7	<i>A. tuberculata</i>	x:790494,y:1764159	1243	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	mala mujer
MCCMH Ae271	SLML 23-2	Sin identificar	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae272	SLML 23-3	<i>A. leavis</i>	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae273	SLML 23-5	<i>A. leavis</i>	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae274	SLML 23-6	<i>A. alpina</i>	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae275	SLML 23-7	<i>A. spinosa</i>	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	7 hojas
MCCMH Ae276	SLML 24-1	<i>Glomus</i> sp. 5	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMH Ae277	SLML 24-3	<i>A. tuberculata</i>	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMH Ae278	SLML 24-4	Sin identificar	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMH Ae279	SLML 24-5	<i>A. spinosa</i>	x:790491,y:1764096	1290	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	huanchal ( <i>Cupania dentata</i> )
MCCMH Ae280	SLML 25-1	<i>A. leavis</i>	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información

MCCMHAe281	SLML 25-3	<i>A. leavis</i>	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe282	SLML 25-4	<i>Glomus</i> sp. 5	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe283	SLML 25-5	<i>Glomus</i> sp. 5	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe284	SLML 26-1	<i>A. scrobiculata</i>	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe285	SLML 26-2	<i>A. spinosa</i>	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe286	SLML 26-3	Sin identificar	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe287	SLML 26-4	<i>A. spinosa</i>	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe288	SLML 26-6	<i>Glomus</i> sp. 5	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe289	SLML 26-7	<i>A. tuberculata</i>	x:790523,y:1764054	1247	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Sin información
MCCMHAe290	SLML 27-1	<i>G. ambisporum</i>	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	escobillo
MCCMHAe291	SLML 27-2	<i>A. tuberculata</i>	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	escobillo
MCCMHAe292	SLML 27-3	<i>A. rehmii</i>	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	escobillo
MCCMHAe293	SLML 27-4	<i>Acaulospora</i> sp. 4	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	escobillo
MCCMHAe294	SLML 27-5	Sin identificar	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	escobillo
MCCMHAe295	SLML 27-6	<i>Gigaspora gigantea</i>	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	escobillo
MCCMHAe296	SLML 28-1	<i>Scutellospora</i> sp. 3	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	manguillo
MCCMHAe297	SLML 28-2	Sin identificar	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	manguillo
MCCMHAe298	SLML 28-3	<i>A. tuberculata</i>	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	manguillo
MCCMHAe299	SLML 28-5	<i>A. tuberculata</i>	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	manguillo
MCCMHAe300	SLML 28-6	Sin identificar	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	manguillo
MCCMHAe301	SLML 28-7	<i>Gigaspora gigantea</i>	x:790287,y:1763880	1256	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	manguillo
MCCMHAe302	SLML 29-1	<i>A. rehmii</i>	x:790259,y:1763871	1238	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Macahui
MCCMHAe303	SLML 29-2	Sin identificar	x:790259,y:1763871	1238	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Macahui
MCCMHAe304	SLML 29-3	Sin identificar	x:790259,y:1763871	1238	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Macahui
MCCMHAe305	SLML 29-4	<i>Glomus</i> sp2	x:790259,y:1763871	1238	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Macahui
MCCMHAe306	SLML 29-5	Sin identificar	x:790259,y:1763871	1238	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	Macahui
MCCMHAe307	SLML 30-1	<i>A. leavis</i>	x:790259,y:1763871	1238	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	cuil piedra ( <i>Inga punctata</i> )
MCCMHAe308	SLML 30-2	<i>A. tuberculata</i>	x:790259,y:1763871	1238	Selva mediana subcaducifolia	Phaeozem	cuil piedra ( <i>Inga punctata</i> )

ANEXO 4. MICARIO DE ESPORAS DE HONGOS MICORRIZÍCOS ARBUSCULARES DE LA COLECCIÓN DEL LABORATORIO MICROCOSMOS BIOEDAFICO

(ESTADO DE MICHOACÁN)

Clave micario	Clave personal	Especie	Coordenadas GPS UTM	Hábitad, vegetación	Suelo	Simbionte (hospedero)
MCCMHAe309	SLMLM 1-1	<i>Glomus</i> sp. 8	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Capulín
MCCMHAe310	SLMLM 1-2	<i>G. badium</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Capulín
MCCMHAe311	SLMLM 1-4	<i>G. badium</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Capulín
MCCMHAe312	SLMLM 1-6	<i>G. badium</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Capulín
MCCMHAe313	SLMLM 2-1	<i>A. elegans</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe314	SLMLM 2-2	<i>A. ondulata</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe315	SLMLM 3-2	<i>A. spinosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe316	SLMLM 3-6	<i>Gigaspora</i> sp. 2	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe317	SLMLM 3-7	<i>Sin identificar</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe318	SLMLM 3-8	<i>A. ondulata</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe319	SLMLM 4-1	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tejocote
MCCMHAe320	SLMLM 4-2	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tejocote
MCCMHAe321	SLMLM 4-3	<i>Pacispora</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tejocote
MCCMHAe322	SLMLM 5-1	<i>Glomus</i> sp. 10	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe323	SLMLM 5-2	<i>Glomus</i> sp. 8	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe324	SLMLM 5-3	<i>Acaulospora</i> sp. 7	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe325	SLMLM 5-4	<i>Glomus</i> sp. 10	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe326	SLMLM 5-5	<i>G. badium</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe327	SLMLM 5-6	<i>Paraglomus</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe328	SLMLM 5-7	<i>Diversispora</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe329	SLMLM 6-1	<i>Glomus</i> sp.8	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe330	SLMLM 6-4	<i>A. colliculosa</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Pinus</i> sp.
MCCMHAe331	SLMLM 6-5	<i>A. denticulata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Pinus</i> sp.
MCCMHAe332	SLMLM 7-2	<i>Glomus</i> sp. 9	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Pinus</i> sp.

MCCMHAe333	SLMLM 7-3	<i>Paraglomus</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Sin información
MCCMHAe334	SLMLM 7-4	<i>A. scrobiculata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Sin información
MCCMHAe335	SLMLM 7-5	<i>A. delicata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Sin información
MCCMHAe336	SLMLM 8-1	<i>A. denticulata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Tepozán
MCCMHAe337	SLMLM 8-2	<i>A. delicata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Tepozán
MCCMHAe338	SLMLM 8-3	<i>Paraglomus</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Tepozán
MCCMHAe339	SLMLM 8-4	<i>A. delicata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Tepozán
MCCMHAe340	SLMLM 9-1	<i>Glomus</i> sp.	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Quercus sp.
MCCMHAe341	SLMLM 9-2	<i>A. alpina</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Quercus sp.
MCCMHAe342	SLMLM 9-3	Sin identificar	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Quercus sp.
MCCMHAe343	SLMLM 9-4	Sin identificar	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Quercus sp.
MCCMHAe344	SLMLM 9-5	<i>A. alpina</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Quercus sp.
MCCMHAe345	SLMLM 10-2	<i>Acaulospora</i> sp. 7	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Quercus sp.
MCCMHAe346	SLMLM 10-3	<i>Gigaspora</i> sp. 3	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Quercus sp.
MCCMHAe347	SLMLM 10-4	<i>A. delicata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Quercus sp.
MCCMHAe348	SLMLM 10-5	<i>A. colliculosa</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Quercus sp.
MCCMHAe349	SLMLM 10-6	<i>Paraglomus</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Quercus sp.
MCCMHAe350	SLMLM 10-7	<i>A. denticulata</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Quercus sp.
MCCMHAe351	SLMLM 11-2	Sin identificar	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe352	SLMLM 12-1	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tila
MCCMHAe353	SLMLM 12-2	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tila
MCCMHAe354	SLMLM 12-4	<i>Glomus</i> sp.	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tila
MCCMHAe355	SLMLM 12-5	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tila
MCCMHAe356	SLMLM 12-6	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tila
MCCMHAe357	SLMLM 13-2	Sin identificar	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Tila
MCCMHAe358	SLMLM 13-3	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe359	SLMLM 13-4	Sin identificar	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe360	SLMLM 13-5	<i>Scutellospora Racocetra</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información

MCCMHAe361	SLMLM 14-1	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe362	SLMLM 14-2	<i>Acaulospora</i> sp. 6	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe363	SLMLM 14-4	<i>A. colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe364	SLMLM 14-5	<i>A.colliculosa</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe365	SLMLM 14-6	<i>Acaulospora</i> sp. 5	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe366	SLMLM 15-1	<i>Gigaspora</i> sp. 2	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe367	SLMLM-15-2	Sin identificar	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Sin información
MCCMHAe368	SLMLM 16-1	<i>Acaulospora</i> sp. 7	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Sin información
MCCMHAe369	SLMLM 16-3	<i>Glomus hoi</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Sin información
MCCMHAe370	SLMLM 16-4	<i>Acaulospora</i> sp. 7	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	Sin información
MCCMHAe371	SLMLM 17-2	<i>Glomus botryoides</i>	sin información	Bosque Pino-Encino	Andosol	<i>Quercus</i> sp.
MCCMHAe372	SLMLM 18-1	<i>Glomus</i> sp. 6	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Encino- <i>Quercus</i>
MCCMHAe373	SLMLM 18-2	<i>G. ambisporum</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Encino- <i>Quercus</i>
MCCMHAe374	SLMLM 18-3	<i>G. ambisporum</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Encino- <i>Quercus</i>
MCCMHAe375	SLMLM 18-5	<i>Glomus</i> sp. 7	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Encino- <i>Quercus</i>
MCCMHAe376	SLMLM 18-6	<i>G. ambisporum</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Encino- <i>Quercus</i>
MCCMHAe377	SLMLM 18-7	<i>G. ambisporum</i>	x: 19°25'317 y: 101°33'79	Bosque Pino-Encino	Luvisol	Encino- <i>Quercus</i>