

Título: Producción de HMA por medio de esporas: zonas semiáridas

Nombre: Boisson Díaz Cristina Alejandra

Matrícula: 2172030396

Asesora: Dra. Fuentes Ponce Mariela Hada

Fecha: 21 de enero de 2025



Firma
Asesora Mariela Hada Fuentes Ponce



Firma
Alumna Boisson Díaz Cristina
Alejandra

Introducción

Los Hongos Micorrícicos Arbusculares (HMA) favorecen la movilización de agua, nutrientes y P en el suelo, beneficiando a las plantas y reduciendo los costos de producción debido a la utilización de fertilizantes fosfatados, los HMA debido a sus hifas, mejoran la estructura del suelo al promover la formación de agregados. Por lo tanto, el realizar este servicio social relacionado a la actividad de estos microorganismos, se contribuye a proponer alternativas para los productores de la Mixteca Alta, Oaxaqueña, en la reducción de costos de producción, así como el generar opciones para reducir el impacto de la erosión en estas zonas y reducir el uso de fertilizantes sintéticos, que podrían afectar al medio ambiente. A partir de lo anterior, el objetivo de la presente investigación es detectar, cuantificar y caracterizar esporas de HMA utilizando un cultivo promotor de la micorrización (leguminosa), para beneficiar el establecimiento posterior de un cultivo de interés comercial en un suelo de zona semiárida (Flores-Juárez, 2020; Martín y Rivera, 2015; Aguilera Gómez et al., 2007).

Justificación

Debido al impacto ejercido en el medio ambiente por la utilización de fertilizantes fosfatados que favorecen el desgaste y contaminación de los suelos, además del aumento en los costos por el uso de fertilizantes en la producción agrícola, es de vital importancia generar alternativas a partir de la utilización de biofertilizantes elaborados a partir de microorganismos, como los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), o estrategias como la rotación o asociación de cultivos que aumenten relaciones micorrícicas, que ayuden a mitigar los daños en el suelo y a su vez, estimulen la absorción de nutrientes necesarios para las plantas.

La presente investigación se enfocó en aumentar la producción de esporas de HMA nativas en los suelos agrícolas, a partir de la micorrización en leguminosas, las cuales funcionaron como cultivos trampa, aumentando la cantidad de esporas de HMA en el suelo, para posteriormente aumentar la micorrización en cultivos de otras familias, en este caso maíz, con la finalidad de abordar la problemática relacionada con la erosión y baja fertilidad de los suelos de la Mixteca Alta, Oaxaqueña.

Marco teórico

Los biofertilizantes son productos amigables con el medio ambiente, se elaboran artificialmente en laboratorio, en su formulación contienen microorganismos benéficos vivos, al ser aplicados en el suelo, semillas o raíces de plantas, colonizan la rizosfera y promueven el crecimiento vegetal a partir del incremento o la disponibilidad de nutrientes necesarios para las plantas, derivados de la descomposición de residuos orgánicos presentes o adicionados en el suelo, en el caso de las micorrizas, estas ayudan a movilizar el P insoluble en el suelo (Pedraza et al., 2021). Micorriza, es el nombre que recibe la asociación que realizan los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) con el 80% de las plantas terrestres en el suelo, a partir de esta interacción, se favorecen algunos servicios ecosistémicos como: intercambio de agua, absorción de nutrientes (en especial P), mejoramiento físico de la calidad del suelo, protección contra algunos patógenos

que podrían infestar las raíces y tolerancia al estrés abiótico (Montaño Arias et al., 2010; Flores-Juárez, 2020).

Para favorecer la interacción antes mencionada en un cultivo de interés como el maíz, una de las alternativas es la rotación de cultivos incluyendo cultivos trampa o promotores de micorrización previos a la siembra del cultivo de interés, por ejemplo: las leguminosas, estas favorecen la esporulación de HMA, a su vez, las esporas estarán disponibles para posteriores siembras como una especie de reservorio, incluso algunas de estas esporas se albergarán en los sistemas radiculares de las leguminosas debido a la agrupación de raíces yuxtapuestas que se conforma de manera natural. Estas plantas establecen una relación entre rizobios-plantas-HMA, además, el conjunto de hifas provenientes de la interacción promoverá la formación de agregados por la adhesión de partículas por las proteínas contenidas en su estructura (por ejemplo, la glomalina), lo que resultará en una mayor retención de agua y una disminución en la erosión del suelo (Flores-Juárez, 2020; Martín y Rivera, 2015; Aguilera Gómez et al., 2007; Betencourt, 2012).

El suelo que se utilizó en este estudio pertenece a una zona semi árida de la región de la Mixteca Alta, de Oaxaca, en este lugar, Hernández-Aguilar et al. (2021) estimaron que cerca del 10% de la superficie presenta algún grado de erosión, la cual especialmente es ubicada en cárcavas, barrancas y lomeríos. Como menciona Palacio-Prieto (2016), la actividad agrícola de estos espacios se desarrolla en llanuras y zonas montañosas, debido a lo anterior la producción es limitada y la erosión es una de las principales problemáticas, además de la poca retención de agua en el suelo debido a su estructura.

Melo et al. (2020), mencionan que la utilización de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) nativos previamente colonizados en un cultivo trampa (leguminosas), promueven la sinergia en la asociación con las plantas inoculadas y la tolerancia a ciertas limitantes, ya que las HMA nativas están adaptadas fisiológica y genéticamente a las condiciones ambientales de la zona de procedencia, además, los consorcios de HMA nativos tienen un efecto positivo en la restauración de suelos degradados (Crespo et al., 2021).

Objetivo general

Detectar, cuantificar y caracterizar esporas de HMA utilizando un cultivo promotor de la micorrización (leguminosa), para beneficiar el establecimiento posterior de un cultivo de interés comercial en un suelo de zona semiárida.

Objetivos específicos

Implementar una técnica para cuantificación e identificación de esporas de HMA presentes en el suelo perteneciente a la Mixteca Alta de Oaxaca.

Metodología

Suelo

El suelo que se utilizó, pertenece de la parcela demostrativa ubicada en la comunidad de Vista Hermosa, municipio de Tonaltepec, llamada “La loma”, el municipio pertenece al Geoparque de la Mixteca Oaxaqueña. “La loma” es manejada tradicionalmente como milpa – asociación de maíz nativo de temporal, frijol y calabaza.

Producción masiva de micorrizas

1. Se tomaron 100 g del suelo proveniente del municipio de Tonaltepec, Oaxaca, se contó la cantidad de esporas de HMA presentes, según la técnica de tamizaje húmedo propuesta por Gendermann y Nicolson (1963).
2. Se sembró el cultivo de interés, *Zea mays*. Después de un mes de crecimiento del cultivo, se contó la cantidad de esporas de HMA contenidas en 100 g del suelo, según la técnica de tamizaje húmedo propuesta por Gendermann y Nicolson (1963). También se evaluó del porcentaje de micorrización en las raíces del maíz según lo descrito por Jhon et al. (2001).
3. El cultivo trampa se sembró para promover la micorrización en este caso fue *Pisum sativum* L.
4. Después de un mes de crecimiento de las plantas, el cultivo trampa se sometió a estrés hídrico durante 30 días, se contabilizó la cantidad de esporas de HMA en 100 g de suelo según la técnica de tamizaje húmedo propuesta por Gendermann y Nicolson (1963).
5. Se identificó y calculó el porcentaje de presencia de estructuras de micorriza (micelio, arbusculos y vesículas) presentes en las raíces del cultivo trampa según la metodología descrita por Dood et al. (2001).
6. Se sembró *Zea mays* en el suelo que previamente fue utilizado para sembrar el cultivo huésped (*Pisum sativum* L.).
7. Después de un mes de crecimiento de las plantas, se contó la cantidad de esporas de HMA en 100 g de suelo según la técnica de tamizaje húmedo propuesta por Gendermann y Nicolson (1963).
8. En las raíces *Zea mays*, se identificó y se calculó el porcentaje de presencia de estructuras de micorriza (micelio, arbusculos y vesículas), según la metodología descrita por Dood et al. (2001).
9. Después de realizar cada conteo, se recopilaron algunas esporas con una micropipeta de 2-20µL, se colocaron en portaobjetos con lacto glicerol y se resguardaron para su posterior visualización. Se observaron en el microscopio con un lente de 40X y se fotografiaron.

Medidas y caracterización utilizando ImageJ 1.54f

Para poder realizar las mediciones se calibró el programa ImageJ a partir de una medida conocida, es decir, el diámetro de visualización del lente de 40X – 0.53mm, la cual es una medida calculada a partir de la ecuación (Abramowitz, s/f):

$$\text{Diámetro del campo visual} = (\text{FN}) / (\text{M(O)}) \times \text{M(T)}$$

Donde: FN es el número de campo en mm; M(O) es la magnificación del objetivo; y, M(T) es el factor de magnificación de la lente del tubo.

Resultados y discusión

Conteo de esporas

A partir de cada conteo de esporas realizado se obtuvo la cantidad de esporas encontradas, en este caso, del suelo inicial al suelo con maíz, se incrementó a un 101.65%, del suelo con maíz al suelo con chícharo hubo un aumento del 175.11%, posteriormente, del suelo con la leguminosa al suelo con maíz (efecto del chícharo) se obtuvo un incremento del 186.53%. Al compararse la medición inicial con la medición final, se obtuvo un incremento total de 332.06% en la cantidad de esporas de HMA presentes en el suelo de “La loma” (Figura 1), lo cual podría relacionarse con la utilización de leguminosas como cultivo promotor de la micorrización, ya que estas favorecen la abundancia y diversidad de HMA en el suelo, a su vez, la formación de esporas de HMA ocurre entre 3–4 semanas después de que comienza la colonización micorrízica en las plantas, en algunos bioensayos se ha demostrado que la esporulación finaliza al desarrollarse las raíces (Pivato et al., 2007; Tancredo, 2015).

Por otra parte, según lo reportado por Karasawa y Takebe (2012), el utilizar un cultivo vigoroso que promueva más la micorrización de HMA, determina la población de hongos en el suelo y la colonización de HMA en cultivos posteriores.

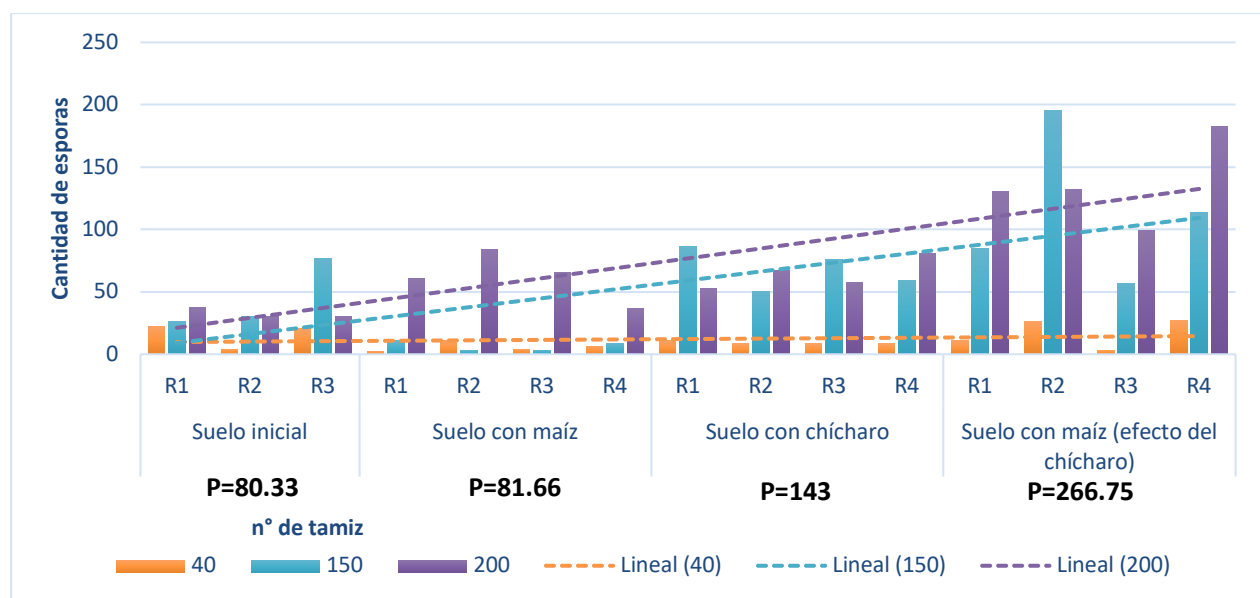


Figura 1. Conteo de esporas en cada momento del experimento: Suelo inicial, Suelo con maíz: Un mes de crecimiento del maíz (sin leguminosa), Suelo con chícharo: Un mes de crecimiento y un mes de estrés de *Pisum sativum* L. (efecto de la leguminosa en el suelo), Suelo con maíz (efecto del chícharo) Después de un mes del crecimiento del *Zea mays* (efecto del paso anterior en el maíz). P= Promedio de esporas encontradas

Porcentajes de micorrización

Zea mays presentó un 16.66% de micorrización antes de la siembra del chícharo y 20% de

micorrización cuando fue sembrado después del chícharo (efecto de la leguminosa en el maíz), mientras *Pisum sativum* L. presentó el 43.33% de micorrización, lo cual reafirma una mayor capacidad de micorrización por parte de las leguminosas en comparación a las poaceas (Duchene O., Jean-François V., 2017). La presencia de estructuras como hifas, arbuscúlos y vesículas ocurre en lapsos de tiempo distintos (2-3 meses, sobre todo en condiciones de bioensayo) dependiendo la especie que realice la asociación con las raíces, incluso los arbuscúlos se presentan de formas distintas y se tiñen con mayor o menor intensidad (Tancredo, 2015).

Medidas y caracterización utilizando ImageJ 1.54f

Entre cada especie de esporas, hay variaciones en la cantidad, tamaño y color de las paredes y las ornamentaciones presentes colores de las esporas, morfología y diámetro de cada una, estos datos son utilizados para realizar la identificación por familia y especie, además de que se puede conocer la diversidad presente en un suelo, por lo tanto, se midieron las estructuras visibles (**Cuadro 1**) (Tancredo, 2015). El tamaño o diámetro de las esporas suele utilizarse para dividir a las especies por familia, ya que al menos las de la familia Gigasporaceae presentan tamaños mayores a comparación de otras familias (>200 µm), como podría ser el caso de las esporas: Ox_40_9, Ox_40_CA y Ox_40_G (Oehl et al. 2006).

Las esporas presentaron entre una y tres capas, estas se enumeran de la más externa a la más interna (L1, L2 y L3). Algunos géneros como el Acaulospora y Ambispora presentan pedicelo, este es como una rama corta de la hifa que une la espora con el cuello del sáculo esporífero, es un punto de conexión entre la L1 de la pared exterior y la pared del cuello del sáculo esporífero, en este caso, hubo presencia del pedicelo en: Ox_40_19, Ox_40_D y Ox_40_I (Kaonongbua et al. 2010). Por otro lado, el asegurar que una espora pertenece a una especie determinada requiere mayor experiencia en el tema, ya que la clasificación por medio de características físicas tiene sus complicaciones, el color y la forma descrita está muy relacionada con la perspectiva de la persona que realiza dicha clasificación.


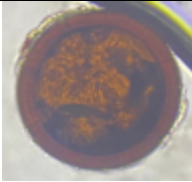
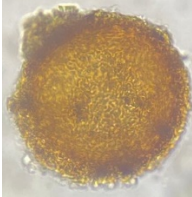
Tabla 1. Mediciones de estructuras visibles en ImageJ

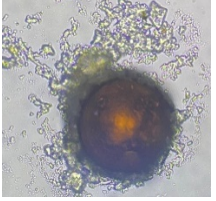
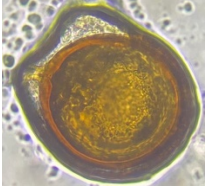
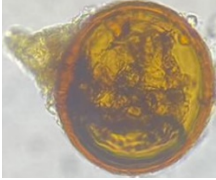
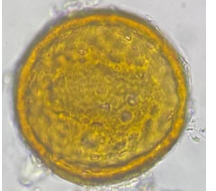
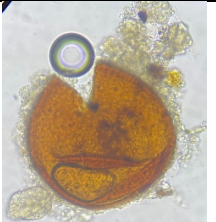

Clave	µm				Pedicelo–hifa subyacente (µm)		
	Diámetro	L1	L2	L3	Largo	Ancho	Pared
Ox_40_12	195.2	4.09	9	2.94			
Ox_40_13	100	4.38	5.66	3.33			
Ox_40_16	102.7	2.87	2.94	2.57			
Ox_40_17	102.4	9.92	1.95				
Ox_40_19	119.4	5	6.29	2.25	21.8	12.3	4.37


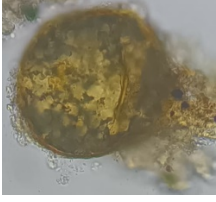
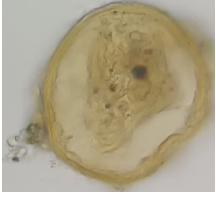
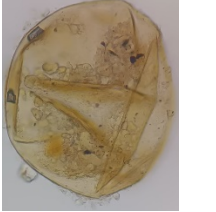
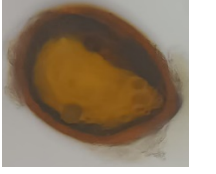
Ox_40_5	109.5	3.64	5.46	1.86			
Ox_40_6	124.7	2.99	4.59	6.46			
Ox_40_9	239.3	14	7.28	1.69			
Ox_40_B	43.21	1.17	2.35	0.43			
Ox_40_CA	200	0.88					
Ox_40_CA int	130	20.47					
Ox_40_D	113	4.24	3.72		102.5	27.46	1.6
Ox_40_FA	116	1.39	1.93				
Ox_40_G	227	3.05	1.73				
Ox_40_I	135	4.12	6.28		33.79	5.08	0.53

Además de las medidas, se realizaron anotaciones sobre las características presentes en cada una de las esporas en lacto glicerol (**Tabla 2**). Por lo regular se encontraron formas globosas y algunas ovoides.

Tabla 2. Características descriptivas de las esporas de HMA

Clave	Forma	Descripción	
Ox_40_12	globosa-ovoide	Halo verdoso en la terminación de las paredes, tiene una forma tipo chayote aceitoso en el interior D=54.18 L=99.23	
Ox_40_13	globosa	Pared oscura de 1.81 um pared más interna tipo luna. La L2 casi fusionada con la L3	
Ox_40_16	globosa	Proyecciones en pared tipo dientes A=1.7 L=4	

Ox_40_17	globosa	No se alcanza a distinguir el gradiente de color por los cambios de pared	
Ox_40_19	globosa-rugosa	Apariencia como cráter (luna)	
Ox_40_5	globosa-rugosa	Apariencia como cráter (luna). Halo verdoso en la L2	
Ox_40_6	globosa-rugosa	Apariencia como cráter (luna). Halo verdoso en la L2	
Ox_40_9	globosa	Bolita transparente (diámetro=69.53 o 49.64 unión=9.44 o 7.55)	
Ox_40_B	globosa	Apariencia esférica brillante, paredes poco diferenciadas	
Ox_40_CA	rota	La pared tiene formas rocosas (de 10-13 μm)	

Ox_40_CA int	globosa		
Ox_40_D	globosa	Medida L2 es también de la L3, ya que se ve plegada, es difícil de distinguir	
Ox_40_FA	globosa -ovoide	L3 con proyecciones amorfas	
Ox_40_G	globosa	Apariencia del sáculo tipo plastificada	
Ox_40_I	globosa	Medida L2 es también de la L3, ya que se ve plegada, es difícil de distinguir	

Para elaborar una clasificación más robusta se toman en cuenta tres caracteres principales, estos se basan en el concepto de Morton (Morton et al. 1995), con enmiendas de Spain et al. (2006), y Oehl et al. (2008):

- Caracteres primarios: la pared de la espóra (pared externa e interna), y las capas de estas paredes. Se consideran también las estructuras pregerminativas y sus tipos.
- Caracteres secundarios: las paredes de las esporas descritas por Walker (1983), descritas como capas que componen los caracteres primarios.
- Caracteres terciarios: es el modo de formación de las esporas, forma, color, reacción en el reactivo de Melzer, tamaño de las esporas.

Conclusiones

El *Pisum sativum* L., benefició la producción de esporas de HMA en el suelo utilizado. Al

incrementar la población de esporas en el suelo y al aumentar la asociación del maíz con HMA, se cumple con el objetivo de beneficiar al cultivo de interés a partir del cultivo promotor de la micorrización.

La caracterización y mediciones realizadas con ImageJ son de ayuda para conocer las estructuras presentes en las esporas y la abundancia de especies que pueden encontrarse en la Mixteca Alta de Oaxaca.

Recomendaciones

Es necesario realizar más de este tipo de ensayos para reconocer la actividad y prioridad de las especies de HMA presentes en una zona, esto podría ayudar a enfatizar la utilización o el beneficio de la infestación de una especie, incluso para conocer el momento o las condiciones que favorecen la asociación en las raíces de un cultivo de interés.

Para futuras evaluaciones, se propone evaluar después de 5-6 semanas de crecimiento del cultivo, ya que los arbusculos encontrados en *Zea mays* apenas comenzaban a formarse, unos días más, podría facilitar la evaluación y visualización de las raíces.

Al realizar el tamizaje húmedo es más viable utilizar el suelo seco.

En cuanto a la visualización de las esporas, se recomienda obtener imágenes de mayor resolución (calidad HD) para reducir el ruido en las fotografías y facilitar más la observación de estructuras más finas.

Agradecimientos

- A la Dra. Mariela Hada Fuentes Ponce, por su amistad, además de la confianza y el apoyo en la elaboración de este proyecto.
- Al Mtro. Iván Pavel Moreno Espíndola, por su amistad, su apoyo y colaboración en la elaboración de este proyecto.
- A la Ing. Labna Aixchel Sierra Ramírez, por su amistad, su esfuerzo y apoyo, además de la paciencia durante el establecimiento del experimento y los análisis realizados para la elaboración de este proyecto.
- A la Ing. María José Cuevas Delgado, por su amistad, escucha, apoyo y colaboración durante el transcurso de este trabajo.
- A las técnicas del Laboratorio de Aguas y Suelos y el Laboratorio de Fitopatología y el técnico del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, por su apertura, apoyo y ayuda durante los análisis realizados.

Referencias

- Aguilera Gómez L. I., Olalde Portugal V., Arriaga M. R. & Contreras Alonso R. 2007. "Micorrizas arbusculares." CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, Vol. 14, núm.3, pp.300-306. ISSN: 1405-0269. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414307> Consultado: 2 de febrero de 2024
- Abramowitz M., Davidson M. (sin fecha) Anatomía del ocular microscópico. Olympus-lifescience.com. Disponible en: <https://www.olympus-lifescience.com/es/microscope-resource/primer/anatomy/oculars/> Consultado: el 22 de octubre de 2024.
- Betencourt, Elodie. 2012. Interactions entre céréale et légumineuse en association et acquisition de phosphore du sol : processus rhizosphériques sous-jacents. . Soil Biology and Biochemistry, 46(0),181-190. Disponible en: <https://www.verdeterreprod.fr/wp-content/uploads/2019/05/Interactions-entre-ce%CC%81re%CC%81ale-et-le%CC%81gumineuse-en-association-et-acquisition-de-phosphore-du-sol.pdf> Consultado: el 22 de noviembre de 2024.
- Crespo Flores G.; Ramírez Tobías H. M.; Vallejo Pérez M.R.; Méndez Cortés H. 2021. "Coinoculación con rizobios y hongos micorrízicos arbusculares en plántulas de *Prosopis laevigata*". Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 12 número 7 28 de septiembre - 11 de noviembre, 2021.
- Dood J.; Clapp J. 2001. "Mycorrhiza Manual. Arbuscular mycorrhizal fungi in plant production systems: detection, taxonomy, conservation and ecophysiology". Disponible en: <https://www2.dijon.inrae.fr/mychintec/Protocole/protoframe.html> Consultado el: 28 de febrero de 2024
- Duchene O., Jean-François V., C.F. 2017. "Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review", Agriculture, Ecosystems and Environment, 240, pp. 148–161. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>. Consultado el: 12 de octubre de 2024
- Flores-Juárez D.; Villegas-Aparicio Y.; Castro-Rivera R.; Gómez-Vázquez A.; Carrillo-Rodríguez J.; Castañeda Hidalgo E. 2020. "Inoculación de avena forrajera con hongos micorrízicos arbusculares". Artículo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas publicación especial número 24 15 de abril - 30 de mayo, 2020.
- Gerderman J. y Nicholson T. 1963. "Esporas de especies endógenas de micorrizas extraídas del suelo mediante tamizado húmedo y decantación". Transacciones de la Sociedad Micológica Británica 46:235-244.
- Hernández-Aguilar J. A., Hernández-Gómez W.; González-Cubas R. 2021. "Especies nativas para manejo de la erosión de suelos en la región Mixteca Alta, Oaxaca". Artículo científico ISSN:2007-

9559 Revista Mexicana de Agroecosistemas Vol. 8 (1) 1-12, 2021. Consultado el: 02 de febrero de 2024

Karasawa T, Takebe M, 2012. Disposiciones temporales o espaciales de cultivos de cobertura para promover la colonización micorrízica arbuscular y la absorción de P de cultivos de tierras altas cultivados después de cultivos no micorrízicos. *Plant Soil* 353:355 – 366. Disponible en : <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1036-z> Consultado: el 22 de octubre de 2024.

Kaonongbua W, Morton JB, Bever JD. 2010. Revisión taxonómica que transfiere especies de *Kuklospora* a *Acaulospora* (Glomeromycota) y una descripción de *Acaulospora colliculosa* sp. nov. a partir de esporas recolectadas en el campo. *Mycologia* 102:1497–1509

Martín G. M., Rivera R. 2015. "Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz." *Cultivos Tropicales*, Vol. 36, núm., pp.34-50. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243640004> Consultado: 2 de febrero de 2024

Melo C., Nunes L., Freitas H. y Borges P. 2020. “Papel potencial de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) nativos en la restauración de Laurisilva.” Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/345817295_Potential_Role_of_Native_Arbuscular_Mycorrhizal_Fungi_AMF_in_the_Restoration_of_Laurisilva Consultado el: 25 de febrero de 2024

Montaño Arias N.; Sandoval Pérez A.; Camargo Ricalde S.; Sánchez Yáñez J. 2010. “Los microorganismos: pequeños gigantes.” *Elementos* 77(2010) 15-23. Disponible en: <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000002205.pdf> Consultado el: 2 de febrero de 2024

Morton JB. 1995. Divergencia taxonómica y filogenética entre cinco especies de *Scutellospora* (Glomales, Zygomycetes) basada en secuencias de desarrollo comparativas. *Mycologia* 87:127–137

Oehl F, Sýkorová Z, Redecker D, Wiemken A, Sieverding E .2006. *Acaulospora alpina*, una nueva especie de hongo micorrízico arbuscular, características de las regiones montañosas altas y alpinas de los Alpes suizos. *Mycologia* 98:286–294

Oehl F, Souza F, Sieverding E. 2008. Revisión de *Scutellospora* y descripción de cinco nuevos géneros y tres nuevas familias en los glomeromicetos formadores de micorrizas arbusculares. *Mycotaxon* 106:311–360

Palareti, G. et al. 2016. “Comparison between different D-Dimer cutoff values to assess the individual risk of recurrent venous thromboembolism: Analysis of results obtained in the DULCIS study”, *International Journal of Laboratory Hematology*, 38(1), pp. 42–49. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ijlh.12426>. Consultado el: 19 de octubre de 2024

Pedraza R. O., Estrada G. A. y Bonilla R. R. 2021. “Los biofertilizantes y su relación con la

sostenibilidad agrícola.” Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36977>. Consultado el: 24 de febrero de 2024

Rothwell, F. M. and J. M. Trappe. 1979. *Acaulospora bireticulata* sp. nov. *Mycotaxon* 8:471-475. Disponible en: <https://invam.ku.edu/bireticulata> Consultado el: 19 de octubre de 2024

Spain JL, Sieverding E, Oehl F. 2006. *Appendicispora* : un nuevo género en los glomeromicetos formadores de micorrizas arbusculares, con una discusión del género *Archaeospora*. *Mycotaxon* 97:163–182

Tancredo S. 2015. Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi, Handbook of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Chapters: 1, 3 y 4 Disponible en : <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24850-9>. Consultado el: 19 de octubre de 2024

The International Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM). 2020. *Spore Extraction* , Kansas University, Ku.edu, Disponible en: <https://invam.ku.edu/spore-extraction> Consultado el: 24 de febrero de 2024.

Walker C. 1983. Conceptos taxonómicos en Endogonaceae: conceptos de pared de esporas en descripciones de especies. *Mycotaxon* 18:443–455

