

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL

LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

Proyecto de servicio social.

**Diseño y evaluación de un protocolo de colonización de micorrizas como
Biofertilizante en la Mixteca Alta de Oaxaca.**

Prestador del Servicio Social:

Ramírez León Adriana de los Ángeles

Matrícula: 2182036131

Asesores Internos:

Dr. Iván Pável Moreno Espíndola

No. Económico: 32559

Firma:  _____

Dra. Mariela Hada Fuentes Ponce

No. Económico: 34017

Firma:  _____

Lugar de realización: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco

Fecha de inicio y termino: 25 de abril 2022 – 25 de octubre de 2022

1. Índice

	Pág.
I. Resumen.....	1
II. Introducción.....	2
III. Justificación.....	3
IV. Marco teórico.....	4-5
V. Objetivos.....	6
VI. Metodología utilizada.....	6
VII. Actividades realizadas.....	7
VIII. Objetivos y metas alcanzadas	10-11
IX. Resultados, discusión y conclusiones	11-15
X. Recomendaciones.....	15
XI. Bibliografía.....	15-17
XII. Anexo.....	17-19

2. Resumen

Los hongos micorrícicos arbúsculares (HMA) son microorganismos del suelo que presentan una relación simbiótica con aproximadamente el 80% de las plantas terrestres, forman arbúsculos, vesículas solo en algunas plantas e hifas dentro de células corticales de las plantas, esta relación de simbiosis favorece al hongo para que reciba carbohidratos y vitaminas de la planta y a su vez la planta recibe beneficios entre ellos ser más tolerante o resistente a organismos fitopatógenos del suelo, así como a evitar enfermedades y algunos hongos nocivos, mejor absorción de nutrientes y agua.

Los suelos de la Mixteca Alta son pobres en nutrientes con pHs altos, aunado a lo anterior la agricultura es limitante y derivado de ello se ha implementado el uso excesivo de fertilizantes sintéticos que a lo largo del tiempo ha deteriorado el suelo, como una alternativa a la sustitución de estos insumos se buscó implementar el uso de HMA en la agricultura de la zona. Su importancia como biofertilizantes para los productores de la Mixteca Alta de Oaxaca radica en producirlos localmente y ser utilizados en sus cultivos, dado que proporciona a la planta hospedera un mejor tamaño por la disponibilidad de nutrientes sobresaliendo el fósforo.

El presente trabajo se centra en la producción de hongos micorrícicos arbúsculares (HMA) nativos provenientes de suelos del municipio de Tonaltepec en la Mixteca Alta Oaxaqueña. Para contrarrestar el uso excesivo de fertilizantes químicos que pueden ocasionar daños al medio físico, químico y biológico en los agro sistemas.

3. Introducción

Los HMA son hongos microorganismos del suelo capaces de formar hasta 80% de simbiosis con plantas terrestres donde se forman ábusculos y vesículas, pero solo en algunas especies, así como hifas dentro de las células corticales de la planta, benefician a la planta con la absorción de agua y nutrientes sobresaliendo el fosforo (Pérez, et al 2011).

Los pequeños productores de zonas marginales, como la Mixteca Alta Oaxaqueña, con suelos degradados han hecho uso excesivo de fertilizantes sintéticos, degradando aún más el sistema y reduciendo el rendimiento. Por ello en décadas recientes se han propuesto diferentes alternativas como los biofertilizantes, microorganismos que aceleran procesos para la adquisición de nutrimentos por parte de las plantas (Fernández, et al 2013).

Es así que la importancia de los *HMA* como biofertilizantes para los productores de la Mixteca Alta de Oaxaca radica en la posibilidad de reproducirlos localmente y

utilizarlos en sus cultivos, lo que podría proporcionar a la planta hospedera un mejor tamaño y mayor rendimiento, debido a la disponibilidad de nutrientes (Grageda, et al 2012).

Dentro del uso de biofertilizantes destacan cuatro grupos las bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadores y captadores de fósforo, y promotores de crecimiento vegetal, en la zona alta de la Mixteca Oaxaqueña los productores utilizan con más frecuencia policultivos incluyendo leguminosas que tienen fijadores en las raíces (Lira, 2017).

La asociación de maíz – trigo - trébol con *HMA* es más frecuente en plantas vasculares y se puede fomentar como alternativa en la agricultura sustentable con cada uno de ellos para las micorrizas, el utilizar micorrizas permite que la planta absorba nutrientes no asimilables y a bajas concentraciones en el suelo, a cambio la planta aporta hidratos de carbono y vitaminas al hongo (Llamas, et al 2018).

A su vez los *HMA* protegen la raíz de la planta de otros hongos patógenos, aunado a lo anterior puede contribuir al mantenimiento del suelo derivado de lo pobres que se mantienen en nutrientes fuerte problemática en la Mixteca Alta de Oaxaca por ello es necesario reducir el impacto ambiental del uso de fertilizantes sintéticos para que así los productores puedan reproducir sus propios hongos, ayudando a reconocer los *HMA* para generar un protocolo de reproducción por parte de los agricultores (Palerm, et al 2004).

4. Justificación.

En la Mixteca Alta de Oaxaca los productores utilizan de manera excesiva fertilizantes que han causado degradación a sus suelos y aguas subterráneas, además los productores marginales no tienen los recursos necesarios para la compra de dichos insumos, razón por la que se ha observado la necesidad de crear nuevas alternativas que no dañen el medio ambiente y que a su vez los productores puedan desarrollarlos.

Los alimentos básicos para la población de la Mixteca alta de Oaxaca es el maíz y trigo por lo cual es importante brindar una alternativa que ayude a la producción de dichos cultivos sin olvidar el cuidado del ecosistema en que se desarrollan, se busca que se sustituya o disminuya el uso de fertilizantes sintéticos que ocasionan daños a la salud o al ecosistema y así se genere una producción que no dependa del uso desmedido de los fertilizantes y que sea sostenible.

La asociación de *Hongos Micorrizicos Arbusculares* en maíz, trigo y trébol ayuda principalmente en el pH derivado de que en la zona son suelos calcáreos con su pH

alto y a la absorción de elementos donde sobresale el fósforo, nitrógeno y agua. Aunado a lo anterior la aplicación de los *HMA* puede ayudar en cierta medida a contrarrestar la erosión de los suelos y contribuyen a las necesidades nutrimentales de la planta, la aplicación de *HMA* puede disminuir costos financieros para los productores.

5. Marco teórico.

Biofertilizantes

Los biofertilizantes son una mezcla o preparación de microorganismos que se aplican al suelo o planta con el objetivo de solubilizar y dejar disponibles nutrientes para la planta y al mismo tiempo poder contrarrestar la contaminación por agroquímicos. Se certifican en dos grupos, uno donde incluyen microorganismos que cuentan con la capacidad de poder sintetizar sustancias para el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno, solubilizando hierro, fósforo, así como la tolerancia de estrés por sequía, salinidad, etc. y el segundo grupo donde los microorganismos disminuyen o previenen efectos de deterioro por microorganismos patógenos (Armenta, et al., 2010).

Algunos biofertilizantes que se utilizan actualmente son: a) Fijadores de nitrógeno (*Rhizobium sp.*, *Bradyrhizobium sp.*, *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.*) , b) solubilizadores de fósforo (*Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*), c) movilizadores de fosfatos (hongos formadores de micorrizas arbusculares (*HFMA*), destacando *Rhizophagus sp.*, *Endogone sp.*, *Gigaspora sp.*, *Acualospora sp.*, *Scutellispora sp.* y d) bacterias promotoras de crecimiento vegetal (*Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium sp.*, *Bradyrhizobium sp.*, *Azotobacter sp.*, *Azospirillum*, *Streptomyces sp.*, *Xanthomonas sp.*) (Lira, 2017).

Los micro-organismos (bacterias y hongos) son extraídos del suelo para ser reproducidos en cantidades o masas mayores, posteriormente se regresan al suelo para que su actividad se ligue a la disponibilidad de nutrimentos para las plantas entre los que destaca nitrógeno y fósforo. Así mismo, coadyuvan a mejorar la estructura del suelo (Santillan, 2016).

Hongos micorrícicos arbusculares

El termino micorriza lo creo un botánico alemán Albert Bernard Frank en el año 1885, se deriva del griego *mykos* (hongo) y del latín *rhiza* (raíz). Esta asociación es una de las que tienen mayor extensión sobre la superficie terrestre,

aproximadamente el 90% de las plantas forman micorrizas (Grageda et al., 2012).

La micorriza tiene la capacidad de incrementar las raíces derivado de que las hifas del hongo tienen la capacidad de actuar como extensiones, incrementa la captación de agua y nutriente entre los que se encuentran P, N, K, Ca, etc., así mismo ayuda a la tolerancia ante cambios de temperatura y acidez del suelo ante la presencia de Al, Mg y S. También protegen a las plantas de otros microorganismos fitopatógenos, alargan el período de vida de la raíz y ayudan a una mejora en la estructura del suelo (Grageda et al., 2012).

Los *HMA* se distribuyen de acuerdo al tipo de ecosistema y ambiente edáfico. El clima óptimo de desarrollo de los *HMA* es cálido seco, cálido húmedo y templado-frío, usualmente son dominadas por herbáceas y leñosas con suelos minerales de bajas latitudes (Smith y Read, 1998).

Taxonomía

Dominio: *Eukarya*

Reino: *Fungi*

División: *Glomeromycota*

Clase: *Glomeromycetes*

Orden: *Archeosporales, Diversisporales, Paraglomales, Glomerales.*

Familia:

- *Archaeosporaceae, Geosiphonaceae.*
- *Acaulosporaceae, Diversisporaceae, Gigasporaceae.*
- *Paraglomaceae.*
- *Glomeraceae, Glomus-grupo A, Glomus tipo B.*

Mixteca Alta de Oaxaca

Esta región padece de serios problemas a causa de la erosión de sus ecosistemas, dentro de su territorio en diversos espacios se puede apreciar la erosión de sus territorios por lo que la reducción de producción agrícola es bastante a causa de la misma problemática. (Ramírez, 2022).

La región ocupada por los **mixtecos**, localizada entre los 97 y 98°30' de longitud oeste y los 15°45' de latitud norte, cubre un área aproximada de 40 000 km² y

abarca parte de los estados de Guerrero y Puebla, y en mayor proporción el estado de Oaxaca (INPI, 2018).

Derivado de las condiciones tan limitantes por precipitación y tipo de suelo, los agricultores generaron sistemas de manejo y tipos de maíces nativos adaptados a las variables condiciones de la región (Conabio, 2020).

En la Mixteca oaxaqueña el principal cultivo es el maíz nativo, dentro de ellos se encuentra el maíz de cajete, se le conoce por ser el segundo sistema de mayor importancia en la mixteca alta de Oaxaca, su característica es la siembra cajete o picado por ser sembrado en la época seca del año aprovechando la humedad residual que presenta en ese periodo, en un sistema que le denomina lama bordo. Puede ser blanco, amarillo, rojo, azul o pinto, cuanta con mayor rendimiento que el maíz de temporal de aproximadamente 3 ton/ ha (Palerm, et al 2004).

6. Objetivo general.

- Diseño y evaluación de un protocolo para la identificación de *hongos micorrícicos arbúsculares* con potencial biofertilizante, para parcelas con maíz de cajete y de temporal en la Mixteca Alta de Oaxaca.

7. Objetivos específicos

- Establecer un protocolo para la identificación de micorrizas en la Mixteca Alta de Oaxaca.
- Realizar un manual para la recuperación y cuantificación de HMA dirigido a técnicos.

8. Metodología Utilizada

Área de trabajo

La Mixteca Alta de Oaxaca cuenta con una superficie de 40 km². Está formada por montañas y cerros que en lo alto pueden tener una altura hasta de 1,650 2,500 metros sobre el nivel del mar (Pérez, 2022).

Cuenta con climas variados, cálido subhúmedo, semi-cálido, subhúmedo y el templado subhúmedo. Temperaturas de 16°C a 22°C y lluvias son desiguales, van de 550 mm a 2,177 mm (INEGI, 2020). Por ejemplo, las muestras de suelo que se utilizaron provienen de dos parcelas ubicadas en la Mixteca Alta de Oaxaca (figura 1).

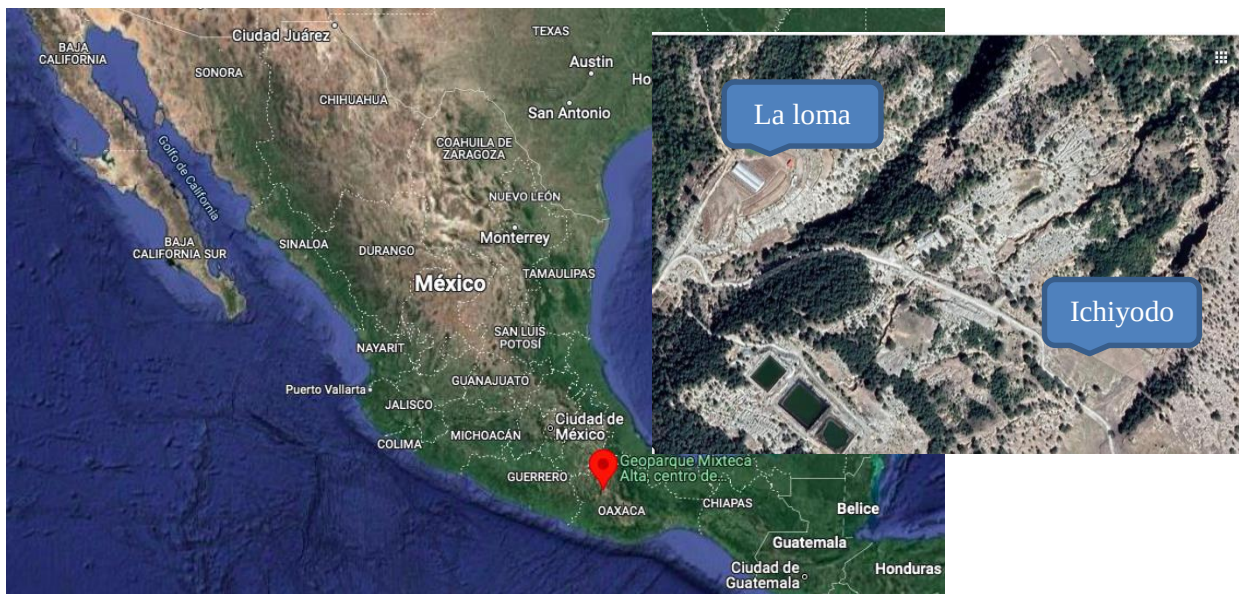


Figura1. Mapa del área de estudio

9. Actividades realizadas

1. Revisión bibliográfica sobre hongos micorrizicos arbusculares (HMA), caracterización, función y su relación con las plantas de maíz trigo y trébol.
2. Diseño experimental para la reproducción de HMA en los cultivos de maíz, trigo y trébol.
3. Implementación del experimento en el laboratorio de Suelos y aguas de la UAM-X.
4. Monitoreo y evaluación de la micorrización por medio de la cuantificación de arbusculos y micelio en raíces de maíz, trébol y trigo.
5. Redacción de un manual para la recuperación y cuantificación de HMA dirigido a estudiantes y técnicos.
6. Redacción de informe final.

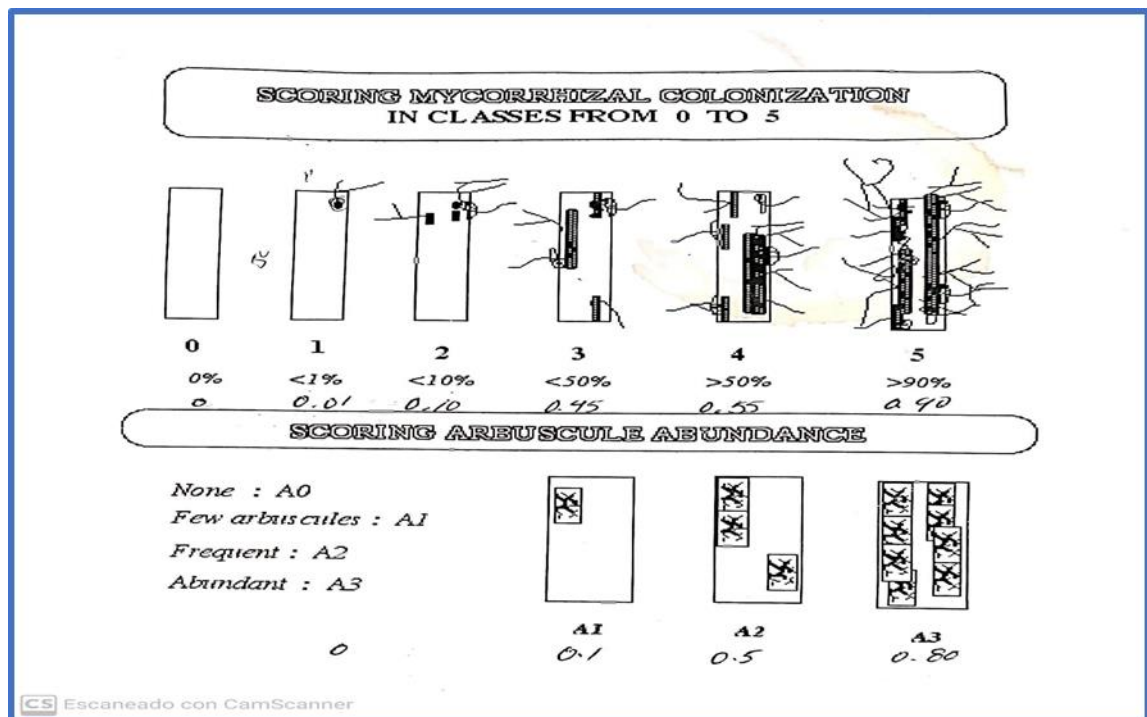
Experimento para reproducción de micorrizas

1. Preparar las macetas con suelo de la región y tezontle para evitar compactación (4kg de Suelo con 500g de tepetate).
2. Siembra de maíz y frijol e inoculación de HMA mediante método directo (hacer un hoyo en la charola de aproximadamente 2 cm para introducir la semilla y tapar). Se sembrarán 6 semillas por variedad de maíz una de maíz nativo y otro de maíz de cajete resistente a la sequía y 6 semillas de frijol.
3. Se regó cada diez días.

4. Se realizó una valoración, con dos parámetros donde se contabilizo el número de raíces y arbusculos en la inoculación por raíces.

Trabajo experimental

1. Obtención de raíces se colecto raíces jóvenes para limpiar la raíz del excedente de suelo y se seleccionó las raíces más delgadas.
2. Digestión de las raíces donde se cubrió la raíz con KOH al 10% en frascos ingresándolo a la autoclave durante 10 minutos a 10lbs de presión, se decantó KOH y enjuago con agua corriente, agregamos H_2O_2 dejándolo en reposo por 30 minutos, se eliminó los restos de H_2O_2 y se enjuaga.
3. Tinción de raíces donde se agregó HCL al 3% por 5 min posterior se eliminó el HCL sin enjuagar y añadió Azul de Tripano al 0.05% y Lacto glicerol proporción 70:30 por 30 minutos.
4. Estructuras HMA para visualizarse con ayuda del microscopio óptico con aumento de 10x y 40x colocando las raíces en una Caja Petri escogiendo las raíces más blandas y delgadas y montando 15 raíces por cada porta objeto con una gota de lacto glicerol.
5. Se montaron 30 raíces de cada planta para su observación y análisis de HMA basándose en la siguiente imagen por porcentajes.



10. Objetivos y Metas alcanzadas.

Durante el periodo del servicio social se logró implementar un protocolo de identificación y contabilización de micorrizas en la mixteca alta de Oaxaca modificado con base al propuesto por los franceses, posterior a una revisión bibliográfica se logró el objetivo de poder implementarlo en el laboratorio de aguas y suelos de la UAM, así como la determinación de diferentes porcentajes de colonización acorde tres hospederos que fueron maíz, trigo y trébol y la escritura de un manual dirigido a estudiantes y técnicos.

11. Resultados y Discusión.

Como primer resultado es la modificación de la técnica que proponen los franceses, donde se realizó un método distinto de tinción que hace que las micorrizas se visualicen con mayor claridad así mismo se lograron obtener con ayuda del nuevo método distintos resultados de los tres tipos de plantas que se muestran a continuación expresados con imágenes.

Como segundo resultado tenemos los diferentes porcentajes de micorrización que presento cada una donde la planta que presento más micorrización después de 21 días sembrada fue el trébol en comparación con el maíz y el trigo tabla 1, tala 2.

De cada repetición hay 30 raíces y sacados las medias promedio de los datos obtenidos, así se muestra en las talas 1, 2 y 3 que los datos más altos tienen mayor presencia de hongos micorrizicos (HMA) en el trébol, por su colonización micorrizal y la colonización árbuscular aunque hay muy poca presencia de árbusculos se observa que hay presencia de colonización.

De acuerdo al conteo de HMA en trigo tabla 1, no tuvo gran porcentaje de micorrización en el suelo, se ha documentado que la labranza y el monocultivo de cereales afectan negativamente la diversidad de especies de HMA (Mendoza, et al 2021) aunado a lo anterior puede ser el manejo del monocultivo uno de los factores que impidan el crecimiento de HMA.

Tabla 1. Trigo y porcentaje de colonización.

Cultivo	Repetición	Num. De raíces montadas	M %	A %
1	1	30	0.5	0.76
1	2	30	0.37	0.49
1	3	30	0.99	0.62



Imagen2. HMA de trigo a lente 40X

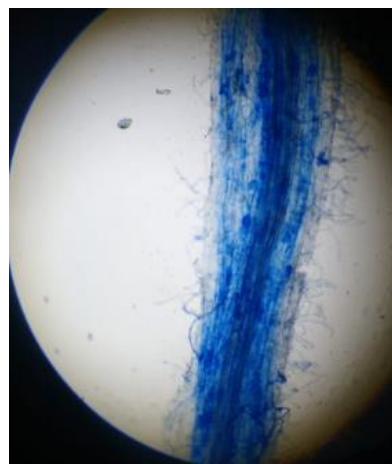


Imagen3. HMA de trigo por duplicado a lente 10X

Maíz

Por su raíz gruesa es muy difícil que se pueda obtener micorrización, solo en las partes más delgadas y jóvenes se encontró y se pudo contabilizar, el maíz es de los tres cultivos es el que tuvo menos proporción de micorrización, sin embargo, se estima que los monocultivos de maíz contienen entre 5 a 18 especies de HMA, lo cual está relacionado con diferentes prácticas agrícolas y encontraron baja diversidad de HMA en monocultivos continuos de maíz con altos insumos, comparada con la observada en sitios cultivados por 7 años con rotación y aplicación moderada de insumos (Pérez, et al 2012), el porcentaje que se muestra en la tabla 1 se encuentra bajo en colonización de HMA por lo que respecto a lo artículos se observa que efectivamente es bajo en reproducción.

Tabla 2. Maíz y porcentaje de colonización.

Cultivo	Repetición	Num. De raíces montadas	M %	A %
2	1	30	0.30	0.39
2	2	30	0.20	0.49
2	3	30	0.09	0.07



Imagen4. HMA de maíz a 40X.

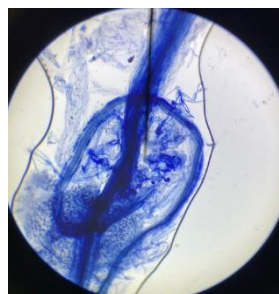


Imagen5. HMA de maíz por duplicado a 10X.

Trébol

Cuenta con una raíz muy delgada lo que le permite una mejor micorrización así como ser más anclado el hongo a su raíz esto aunado a que el trébol tiene la capacidad de crecer en cualquier tipo de suelo ya que crece en suelos húmedos le hace tener más propiedades porque secreta más carbohidratos (Llamas, et al 2018) para poder micorrizar de manera natural permitiendo ser un buen inoculante para simbiosis a otra planta, las especies de HMA pueden ser diferentes en su capacidad para estimular el crecimiento de las plantas, distintas especies vegetales son capaces de responder de diferente manera a la inoculación con HMA (Covacevich, et al 2010).

Tabla 3. Trébol y porcentaje de colonización.

Cultivo	Repetición	Num. De raíces montadas	M	A
3	1	30	0.03	0
3	2	30	0.05	0
3	3	30	0.02	0.01

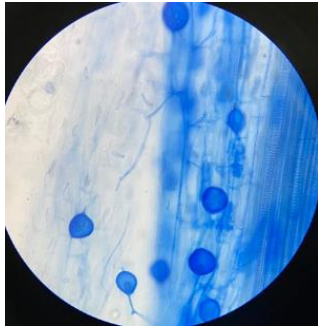


Imagen6. HMA de trébol
a lente 40X.

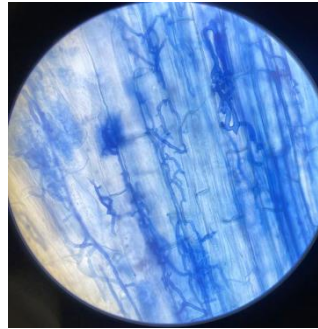


Imagen7. HMA de trébol por
duplicado a lente 10X.

Conclusiones

Se modificó una técnica para obtener mejores resultados en micorrización y observación de los HMA, dado que las mejores condiciones para la extracción de hongos árbusculares son durante su etapa media posterior a la siembra.

Aunado a lo anterior se observó que el trébol es la planta que posee mayor número de micorriza, así mismo puede ser la mejor alternativa para el manejo de mezclar gramíneas con leguminosas y así la micorrización pueda tener aumento en las plantas.

Recomendaciones

- Para la experimentación se debe tomar la planta 20 días posterior a la siembra, no se debe de maltratar la raíz de la planta al obtener la muestra o tallarla.
- Evitar excederse del tiempo determinado en cada proceso para no deteriorar la raíz para la observación.
- Posterior al término de la tinción solo se puede conservar la raíz en frasco cubierta la lacto glicerol 8 días antes de su descomposición.

12. Bibliografías

- Lira, S. R. H. 2017. Uso de Biofertilizantes en la Agricultura Ecológica. Serie Agricultura Orgánica Núm. 14. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 9 p.
<https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/uso-de-biofertilizantes-en-la-agricultura-ecologica>
- Santillan Maria Luisa. Uso de los Biofertilizantes. DGDC-UNAM. 03-06-2016. URL http://ciencia.unam.mx/leer/570/Asi_funcionan_los_biofertilizantes
- Grageda-Cabrera, Oscar Arath, Díaz-Franco, Arturo, Peña-Cabriaes, Juan José, & Vera-Núñez, José Antonio. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274. Recuperado en 30 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015&lng=es&tlng=es.
- Smith S.E. y Read D.J. 1998. Micorrizal symbiosis, San diego USA, Academic. Press.
- Perez, C. Alexander, Dr., Rojas, S. Johanna, M.Sc., Montes, V. Donicer. hongos formadores de micorizas arbusculares: una alternativa biologica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 3(2).2011. URL <file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-HongosFormadoresDeMicorizasArbusculares-3817504.pdf>
- Fernández Suárez, Rocío, Morales Chávez, Luis A., & Gálvez Mariscal, Amanda. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(Supl. 3-a), 275-283. Recuperado en 02 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000500004&lng=es&tlng=es.
- Palerm Viqueira, Saldaña Mtz., Orozco Muñoz, Sanchez Cuevas, Martinez Mario. Manejo de lluvias y suelo en la Mixteca Alta. Congreso Bienal de la Asociación Internacional para el Estudio de la Propiedad Colectiva, Oaxaca 9-13 de agosto, 2004. URL file:///C:/Users/hp/Downloads/Manejo_de_agua_de_lluvia_y_suelo_en_la_M.pdf
- Morales-Santos, Martha E., Peña-Valdivia, Cecilia B., García-Esteva, Antonio, Aguilar-Benítez, Gisela, & Kohashi-Shibata, Josué. (2017). Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencia*, 51(1), 43-62. Recuperado en 02 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000100043&lng=es&tlng=es.

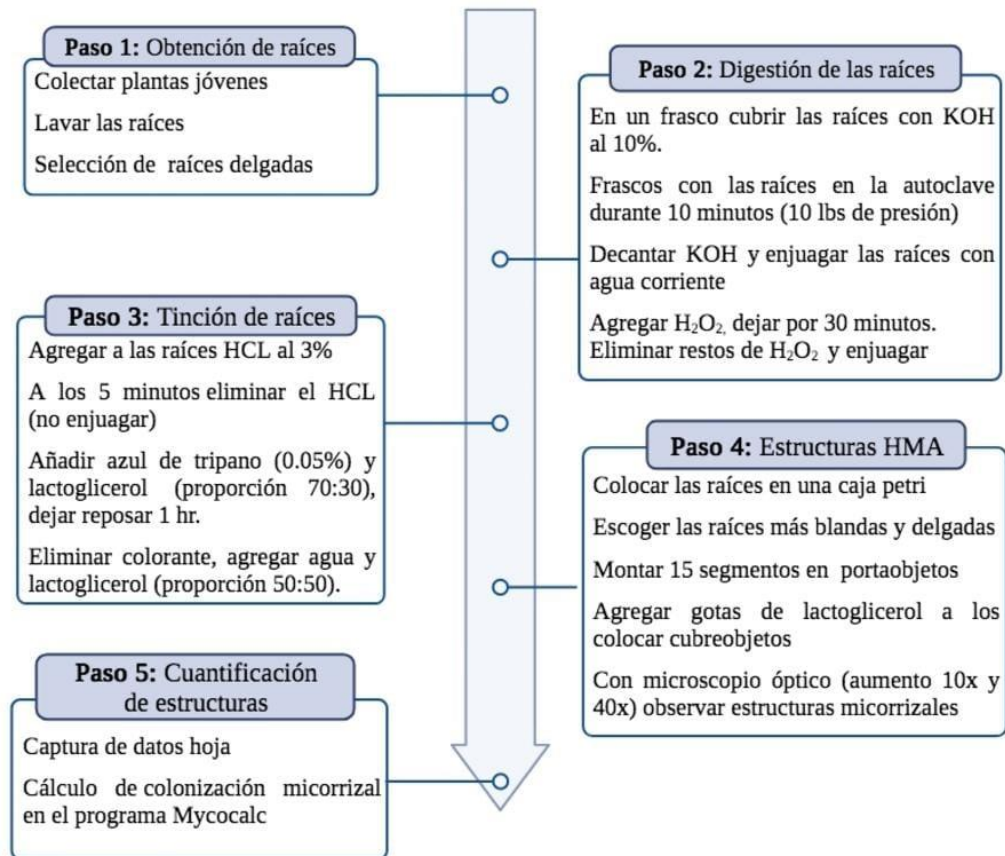
- Juicio Oral Oaxaca; Reforma Procesal Penal - H. Tribunal 2. Instalación del Consejo de la Judicatura, momento May 24, 2012. URL <http://www.juiciooraloaxaca.gob.mx/principal.htm>
- Pérez Ortiz, Alfonso. (2017). Congregaciones en la Mixteca Alta. *Signos históricos*, 19(38), 56-87. Recuperado en 03 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-44202017000200056&lng=es&tlng=es.
- INPI. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas. 29 de marzo de 2018 URL <https://www.gob.mx/inpi/articulos/etnografia-del-pueblo-mixteco-nuu-savi>
- Ospina Lopez, Ricaurte; Hernando Trujillo, Carlos; Parra L, Hernando. Aplicación y selección de ensayos no destructivos para la evaluación de uniones soldadas. *Scientia Et Technica*, vol. XVI, núm. 48, agosto, 2011, pp. 196-201. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia URL <https://www.redalyc.org/pdf/849/84922622035.pdf>
- Armenta-Bojórquez, Adolfo Dagoberto; García-Gutiérrez, Cipriano; Camacho-Báez, J. Ricardo; Apodaca-Sánchez, Miguel Ángel; Gerardo-Montoya, Leobardo; Nava-Pérez, Eusebio BIOFERTILIZANTES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE MÉXICO Ra Ximhai, vol. 6, núm. 1, enero-abril, 2010, pp. 51-56 Universidad Autónoma Indígena de México El Fuerte, México
- Covacevich, Fernanda Manual de protocolos, herramientas para el estudio y manipulación de Hongos Micorrícicos Arbusculares y Trichoderma / Fernanda Covacevich y Verónica Fabiana Consolo. - 1a ed. - Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2014. URL https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/108183/CONICET_Digital_Nro_a4735b83-ea20-4ed0-bd08-d4bfaacfe40_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Mendoza-Churape, Juan, Apáez-Barrios, Patricio, Raya-Montaño, Yurixhi Atenea, Pedraza-Santos, Martha Elena, Aguirre-Paleo, Salvador, Vargas-Sandoval, Margarita, & Lara-Chávez, María Blanca Nieves. (2021). Diversidad de hongos micorrizógenos arbusculares en monocultivo de trigo en Michoacán, México. *Scientia fungorum*, 51, e1369. Epub 28 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1369>
- Pérez-Luna, Yolanda del Carmen, Álvarez-Solís, José David, Mendoza-Vega, Jorge, Pat-Fernández, Juan Manuel, Gómez-Álvarez, Regino, & Cuevas, Laura. (2012). Diversidad de hongos micorrícicos arbusculares en maíz con cultivo de cobertura y biofertilizantes en Chiapas, México. *Gayana. Botánica*, 69(1), 46-56. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432012000100006>
- Covacevich, F, & Echeverría, HE. (2010). Indicadores para seleccionar inóculos de hongos micorrícicos arbusculares eficientes en suelos moderadamente ácidos. *Ciencia del suelo*, 28(1), 9-22. Recuperado en 25 de octubre de 2023,

de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672010000100002&lng=es&tlng=es.

- Guillermo Carlos Martínez Verduzco. (2020). INEGI Municipios de la región Mixteca, Oaxaca. 2020-08-18 15:19:00. Recuperado en 05 de noviembre de 2023, de http://adesur.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Areg_mixteca/layer_info_metadata
- Ramírez-Santiago, Rosario, Clark-Tapia, Ricardo, Fernández-Lomelín, María del Pilar, Oropeza-Orozco, Oralia, & Cram-Heydrich, Silke. (2022). Principales elementos de la geodiversidad que influyen en la vegetación leñosa del Geoparque Mundial UNESCO Mixteca Alta, Oaxaca. *Revista mexicana de biodiversidad*, 93, e934153. Epub 31 de julio de 2023. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.4153>
- CONABIO. 2020. Mixteco. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-conico/Mixteco>. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México.
Contenido: Cecilio Mota Cruz, Rosa María González Amaro, Caroline Burgeff, Cuauhtémoc Enríquez García, Oswaldo Oliveros Galindo y Francisca Acevedo Gasman / Colaboradores externos: José de Jesús Sánchez González (CUCBA, UdG), Juan Manuel Hernández Casillas (CIRCE, INIFAP), Rafael Ortega Paczka (UACH), Hugo Perales Rivera (ECOSUR).
- Llamas, F., & Acedo, C. (2018). Las leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *Ambiociencias*, (14), 5–18. <https://doi.org/10.18002/ambioc.v0i14.5542>

Anexo

- [Resumen de la técnica](#)



- Preparación de sustancias para experimentación en laboratorio.

Para preparar 500 ml de KOH al 10% se necesita:

- Agua destilada
- 58.5 gramos de KOH al 85%
- Matraz aforado de 500 ml
- 1 piseta con agua destilada
- 1 varilla de vidrio
- 1 vaso de precipitado

Para preparar 500 ml de HCL al 3% se necesita:

- Agua destilada
- 40.5 ml de HCL al 37%
- Matraz aforado de 500 ml
- 1 piseta con agua destilada
- 1 vaso de precipitados
- 1 probeta de 50 ml

Nota importante: Se considera necesario preparar esta solución bajo una campana de extracción y uso de material de protección de laboratorio.

Para preparar 500 ml lactulicérol se necesita:

- 100 ml de ácido láctico
- 200 ml de glicerol
- 200 ml de agua destilada
- 1 matraz aforado de 500 ml
- 1 probeta de 200 ml

Para preparar 1 litro de azul de tripano al 0.05% se necesita:

- 0.5 gramos de azul de tripano
- Agua destilada
- 1 varilla de vidrio
- 1 probeta de 1000 ml

Nota: Para preparar los reactivos se debe hacer uso de materiales de protección: (guantes, lentes, bata, etc.)

- Preparación de soluciones para experimentación en campo.

Para preparar 50 ml de sosa caustica (NaOH) al 10 % se necesita:

- Agua
- 5 gramos de sosa caustica de tipo comercial
- 1 frasco o recipiente de vidrio de 50 ml.
- 1 varilla de vidrio o agitador que se tenga a la mano

Procedimiento: Se pesan 5 gramos de sosa caustica, equivalente a una cucharadita (la cual puede ser adquirida en la ferreteria u otro sitio comercial) y con la ayuda de la varilla de vidrio se disuelve en un volumen total de 50 ml de agua hasta llegar a una mezcla homogénea.

Nota: El procedimiento debe realizarse con suma precaucion ya que el reactivo que se maneja es corrosivo.

Para preparar 50 mL de ácido muriático (HCL) al 1N se necesita:

- 13.35 mL de ácido muriático de tipo comercial, el cual suele estar a una concentracion del 13%.
- Frasco o recipiente de vidrio donde se puedan medir 50 ml
- 1 varilla de vidrio o agitador que se tenga a la mano
- 1 jeringa o recipiente en el cual se puedan medir 13 ml de ácido.

Procedimiento: Con ayuda de una jeringa o un utensilio volumetrico se miden los 13.35 ml de ácido y se colocan en un frasco o recipiente de vidrio con una capacidad de 50 ml, el cual previamente debe contener una cama de agua para evitar una reacción agresiva al momento de agregar el ácido.

*Considere que si agrega 13.35 ml de ácido al frasco, únicamente le restaría agregar aproximadamente 36.65 ml de agua, para que en conjunto se vuelvan 50 ml

Posterior al acido, se le agrega 1.25 ml de tinta de bolígrafo Parker azul y con ayuda de la varilla agitadora se disuelve hasta llegar a una mezcla homogénea.