



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DIVERSIDAD DE HONGOS BENÉFICOS EPÍFITOS
ASOCIADOS A RAÍZ DE PLÁTANO (*Musa sp*) Y MALEZAS
CIRCUNDANTES

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGIENERIA AGROHIDRAULICA

PRESENTA

ROBERTO CARLOS ORTEGA GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

DRA. CARMELA HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre 2021



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DIVERSIDAD DE HONGOS BENÉFICOS EPÍFITOS
ASOCIADOS A RAÍZ DE PLÁTANO (*Musa sp*) Y MALEZAS
CIRCUNDANTES

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGIENERIA AGROHIDRAULICA

PRESENTA

ROBERTO CARLOS ORTEGA GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

DRA. CARMELA HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ

ASESORES

ASESOR. DR. DELFINO REYES LÓPEZ

ASESOR. DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre 2021

La presente tesis titulada: **Diversidad de hongos benéficos epífitos asociados a raíz de plátano (*Musa sp*) y malezas circundantes** y realizada por **Roberto Carlos Ortega García**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

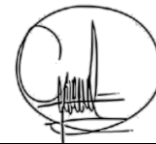
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

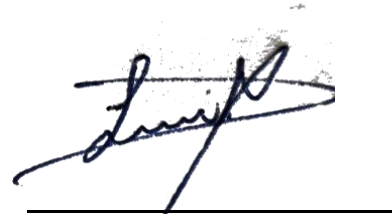
Director: Dra. Carmela Hernández Domínguez



Asesor: Dr. Delfino Reyes López



Asesor. Dr. Luis Antonio Domínguez Perales



San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Diciembre 2021.

El presente trabajo forma parte del Grupo de Investigación denominado: **Agrobiotecnología y recursos naturales** y de la Línea de Investigación: **Biotecnología, conservación y protección vegetal**. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Irma García Cervantes, mi principal inspiración para seguir adelante, que con esfuerzo y trabajo logro juntar recursos necesarios para darme estudios y una carrera profesional aunque ya no esté con nosotros.

A mi abuelo Pedro García López agradezco sus consejos, desvelos y amor, día a día me sigues enseñando con tus historias que el objetivo no siempre es ser el mejor pero sin duda es ser el más constante para poder llegar a tus metas, gracias por ser mi apoyo y ante todo lo que pasa en el mundo seguir cuidándome como un padre.

A Joel Víctor Gómez por ser la persona más fuerte para mí y que sin pensarlo creyó en mi capacidad y con mucho amor me impulso toda esta etapa hasta culminarla y a sus familiares gracias por hacerme parte de su hogar, por apoyarme en este sueño de poder estudiar, por su voto de fe y la confianza que me brindan, por el apoyo en diversas ocasiones tanto en el aspecto emocional como en el económico, por los consejos y llamadas de atención para llevar a cabo las mejores acciones en los momentos más difíciles.

A Monserrath, Elfego, Cecilia, porque con ellos tuve la oportunidad de iniciar esta etapa, por las risas, los regaños y las lágrimas que me permitieron conocerlos, de compartir con ellos cambios personales a lo largo de la universidad, de quererlos y de demostrarme que una amistad por muy rara que inicie cuando es honesta perdura, los llevare en mis recuerdos y sin duda no importa donde estemos todos lo logramos y estaré siempre ansioso de volverlos a ver.

A cada persona nombrada aquí y tal vez las que se me paso nombrar, donde quieran que estén y lo digo por los que sé que ya no están con nosotros físicamente solo puedo decir que ¡lo logre! que estoy muy orgulloso de mí porque sé que ustedes aportaron mucho para que yo esté en este punto de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis profesores de Licenciatura y demás niveles educativos por aportar el debido conocimiento para mi formación profesional y ética.

Al Dr. Luis Antonio y el Dr. Delfino que me llevo tantos buenos recuerdos de ellos como mis docentes sin mencionar el apoyo brindado a mi trabajo de investigación.

A Diana Carolina y Betzabell mis compañeras de laboratorio por hacer de mi trabajo de experimentación algo tan lindo, por trabajar conmigo codo a codo y ayudarme a enfocarme para concluir.

A varias amistades que Dios puso en mi camino para darme tantas lecciones en este año de proyecto como Haydeé, Diana, Concepción, Anita, Salma, Andrea, Leticia Monserrath, David, Nabila, Mauricio, entre otras que tal vez no pudieron acompañarme presencialmente de principio a fin en esta etapa pero sin duda dejaron huella en mi vida y me enseñaron a no vivir con miedo, que no importa tu origen si no a donde te llevan tus metas y que la distancia no influye en la relación personal que tienes cuando se tiene un cariño enorme.

Por ultimo pero no menos importante a mi directora de Tesis la Dra. Carmela Hernández Domínguez por confiar en mí para llevar a cabo el proyecto, por las diferentes oportunidades que me brindo, por las desveladas, la enorme paciencia sin mencionar el aporte de nuevos conocimientos y en aspectos generales por el apoyo que en lo personal me brindo desde el primer momento que fue mi docente en la facultad, muchísimas gracias Doctora.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos.....	2
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Importancia alimenticia del plátano.	4
4.2 Producción mundial del plátano	4
4.3 Producción nacional del plátano e importancia económica.....	4
4.4. Fenología de la planta.....	6
4.4.1 Hojas.....	6
4.4.2 Tallo	6
4.4.3 Flor	6
4.4.4 Raíz.....	6
4.5. La rizósfera de las plantas	7
4.6.Hongos asociados a la rizósfera.....	8
4.7.Aplicación de hongos asociados a la rizósfera	8
V. MATERIALES Y MÉTODOS	9
5.1.Localización del experimento.....	9
5.2.Toma de muestras de raíz en plantas de plátano	9

5.3. Aislamiento de hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano.	12
5.4. Caracterización morfológica.....	13
5.5. Análisis estadístico	13
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
6.1 Identificación morfológica de hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano y maleza circundante	15
6.1.2 Descripción morfológica de los hongos de género <i>Trichoderma</i>	15
6.1.2 Descripción morfológica de los hongos de género <i>Fusarium</i>	18
6.1.3 Descripción morfológica de los hongos de género <i>Isaria</i>	19
6.1.4 Descripción morfológica de los hongos de género <i>Glomus</i>	20
6.2 Diversidad, riqueza de géneros de hongos benéficos epifitos en raíz de plátano con respecto a su origen y frecuencias de ocurrencia de cada género.	22
6.3 Diversidad, riqueza de hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano de diferentes variedades y frecuencias de ocurrencia de cada género.....	25
6.4 Diversidad, riqueza de hongos benéficos epifitos en raíz de plátano con respecto al tipo de malezas y frecuencias de ocurrencia de cada especie.....	28
VII. CONCLUSIONES	30
VIII. LITERATURA CITADA	31

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Producción de plátano por estado de la república mexicana en el 2019	5
Cuadro 2. Variedades de plátano más producidas en México.....	6
Cuadro 3. Factores bióticos y abióticos que determinar la estructura, forma y dinámica de los microorganismos asociados a la rizosfera.....	7
Cuadro 4. Datos generales de las muestras de raíz y sus localidades.	11
Cuadro 5. Taxonomía completa de cada género de hongo encontrado.....	15
Cuadro 6. Descripción morfológica de los aislados de <i>Trichoderma</i>	16
Cuadro 7. Descripción morfológica de los aislados de <i>Fusarium</i>	19
Cuadro 8. Descripción morfológica de los aislados de <i>Isaria</i>	20
Cuadro 9. Descripción morfológica de los aislados de <i>Glomus</i>	21
Cuadro 10. Diversidad y riqueza de género según el estado muestreado.	22
Cuadro 11. Diversidad y riqueza de género según la variedad de plátano.....	25
Cuadro 12. Diversidad y riqueza de género según el tipo de maleza.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias	9
Figura 2. Localización del municipio San Juan Bautista Tuxtepec, San Rafael, y Huytamalco en los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla respectivamente... 10	10
Figura 3. Porcentaje de géneros de hongos obtenidos de suelo y malezas circundantes en plantas de plátano..... 15	15
Figura 4. Diferentes aislados caracterizados como <i>Trichoderma</i> divididos en: Tonalidad del aislado (A), Crecimiento de micelio (B), Tipo de morfología (C)..... 17	17
Figura 5. Diferentes aislados caracterizados como <i>Trichoderma</i> divididos en: Tonalidad del aislado (A), Crecimiento de micelio (B), Tipo de morfología (C) 18	18
Figura 6. Fotografías obtenidas del micelio fresco y tipo de morfología de los hongos caracterizados como <i>Fusarium</i> 19	19
Figura 7. Fotografías obtenidas del aislado P II2M O..... 20	20
Figura 8. Fotografías obtenidas del aislado V III1M O..... 21	21
Figura 9. Frecuencia de cada género de hongo benéfico epifito por estado..... 24	24
Figura 10. Representación gráfica de la frecuencia de cada género por variedad de plátano 27	27
Figura 11. Representación gráfica de la frecuencia de cada género por tipo de maleza .. 29	29

RESUMEN

En las zonas tropicales de México existen diferentes variedades de plátano las cuales poseen una gran cantidad de microorganismos asociados a su rizosfera por lo que existe interés en su estudio. Por consiguiente, en el presente trabajo se determinó la diversidad de hongos benéficos epifitos asociados al sistema radicular de plantas de plátano y malezas circundantes. Para esto, se extrajeron 54 muestras de 20 gramos de raíz de plantas de plátano de diferentes variedades, localizadas en parcelas de Puebla, Veracruz y Oaxaca. Para el aislamiento de los hongos se realizó un lavado externo de la raíz en cada muestra, y de éste lavado se realizaron dos diluciones seriadas 1:10 de las cuales se extendieron 100 μ L sobre medio de cultivo ADS, se incubaron a 32 °C por 24 horas y los hongos obtenidos se caracterizaron morfológicamente. Los resultados mostraron 19 hongos en total, 81 % del género de *Trichoderma*, 11.1% del genero *Fusarium*, 3.7% de *Glomus* y 3.7% del genero *Isaria*, observándose que el género *Trichoderma* tuvo mayor frecuencia en el estudio a diferencia de los géneros *Isaria* y *Glomus*. También se observó que la diversidad de géneros de hongos benéficos epifitos en raíz de plátano con respecto a su origen fue mayor en el estado de Puebla, y la mayor riqueza en Oaxaca. En la variedad manzano de plátano se observó mayor diversidad de géneros de hongos ($H' = 17.8440$), sin embargo la mayor riqueza de géneros se presentó en plátano morado ($R=1.82$). No se observó diferencia de diversidad de géneros de hongos entre maleza de hoja ancha y de hoja angosta asociada al cultivo. Estos resultados muestran la importancia de monitorear hongos benéficos en la rizosfera de plantas de plátano tomando en cuenta su origen, variedad y maleza presente ya que influyen en su diversidad, riqueza y frecuencia.

Palabras clave: *Trichoderma*, *Glomus*, *Isaria*, *Fusarium*, rizosfera, variedad.

ABSTRACT

In the tropical areas of Mexico there are different varieties of banana which have many microorganisms associated with their rhizosphere, so there is interest in their study. In the present work the diversity of epiphytic beneficial fungi associated with the root system of banana plants and surrounding weeds was determined. A survey was made in the soil and 54 samples of 20 grams of root were extracted from banana plants of different varieties, located in plots of Puebla, Veracruz, and Oaxaca. For the isolation of the fungi, an external wash of the root was made in each sample, and this washing two serial dilutions 1:10 were made, of which 100 μ L were spread on ADS culture medium, they were incubated at 32 °C for 24 hours and the fungi obtained were morphologically characterized. The results showed 19 fungi in total, of which 81% belonged to *Trichoderma* genus, 11.1% to *Fusarium* genus, 3.7% to *Glomus* and 3.7% belonged to the *Isaria* genus, observing the *Trichoderma* genus had a higher frequency in the study unlike the *Isaria* and *Glomus* genus. With respect to origin, it was observed greater diversity of genera of beneficial epiphytic fungi in banana root in the Puebla state, and the greatest richness in Oaxaca. In the apple banana variety, a greater diversity of fungal genera $H' = 17.8440$ was observed, however, the greatest richness of genera was presented in purple banana $R = 1.82$. No difference in the diversity of fungi genera was observed between broadleaf and narrowleaf weeds associated with the crop. These results show the importance of monitoring beneficial fungi in the rhizosphere of banana plants considering their origin, variety, and present weed, as they influence their diversity, richness, and frequency.

Keywords: *Trichoderma*, *Glomus*, *Isaria*, *Fusarium*, rhizosphere, variety

I. INTRODUCCIÓN

Las musáceas incluyen las especies alimenticias que comúnmente denominamos plátanos y bananos, catalogadas en muchas ocasiones como hierbas gigantes. En el género *Musa*, ante la existencia de una alta variación entre las especies que lo integran, se crearon secciones que agrupan con mucha similitud, pudiendo encontrar especies como *Musa beccarii*, *M. nonticola* y *M. suratii*, entre otras (Martínez, 2012).

Actualmente es la fruta tropical más cultivada en el mundo, y una de las cuatro más importantes del país, sólo por detrás del cultivo de uva, cítricos y manzana. Así mismo este cultivo es producido en 16 estados y su producción anual asciende a más de 2 millones de toneladas, siendo Chiapas, Tabasco y Veracruz los principales productores, que generan más del 60 por ciento del total de la producción nacional, Oaxaca y Puebla ocupan el octavo y noveno lugar respectivamente (SADER, 2021).

La ventaja de que el plátano sea de clima tropical, es que se recomienda que crezca desde 1500 - 1700 metros de altitud, lo que permite su adaptación a diferentes subclimas y tipos de suelo donde habita una gran cantidad de malezas y microorganismos, entre ellos, hongos benéficos que cumplen un papel vital al interactuar con sus raíces (Guerrero, 2010).

Algunos hongos que viven sobre las raíces se alimentan de sus exudados y células muertas por lo que existe competencia entre ellos en esa área, sin embargo muchos de éstos hongos estimulan indirectamente el crecimiento de la planta al inhibir la actividad de otros, o promueven el crecimiento directo al producir fitohormonas (Nihorimbere *et al.*, 2011).

Por otra parte muchos de éstos hongos también se asocian a malezas encontradas en el cultivo en las que cumplen funciones que han sido poco investigadas hasta el momento, de igual manera falta estudiar la gran diversidad de estos hongos que habitan la rizósfera de dichas maleza, así como datos que muestren si dicha diversidad está relacionada con la variedad de plátano existente, y el tipo de maleza presente (Álvarez *et al.*, 2013). Razones por las cuales en este estudio se plantearon los siguientes objetivos.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Evaluar la diversidad de especies de hongos benéficos epifitos en plátano (*Musa sp*) y maleza circundante de tres estados de la república Mexicana.

2.2 Específicos

- Identificar y determinar morfológicamente la diversidad de los hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano con respecto a su origen.
- Conocer la diversidad de hongos benéficos epifitos asociados a raíz en siete diferentes variedades de plátano (enano gigante, macho papaloapan, manzano, macho chifle, dominico, morado y tabasco criollo).
- Determinar la diversidad de hongos benéficos epifitos en raíz de plátano con presencia y ausencia de malezas.

III. HIPÓTESIS

La diversidad de hongos benéficos epifitos en plátano dependerá del lugar, variedad de plátano y tipo de malezas presentes.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Importancia alimenticia del plátano

Los bananos y plátanos pertenecen al género *Musa* y representan al cuarto cultivo más importante en el mundo, ya que sólo lo superan el arroz, trigo y maíz (Jones, 2000) y es el frutal tropical más importante por su consumo internacional. Estas especies se cultivan en más de 120 países, las cuales producen alimento de al menos 400 millones de personas ya que cuenta con un gran contenido de carbohidratos, vitaminas y minerales (Manzo *et al.*, 2014).

El incremento en la producción mundial ha tenido lugar en los principales países productores que son también grandes consumidores de esta fruta como Brasil, Filipinas y en particular, la India y China. Además, el aumento de los ingresos y la creciente toma de conciencia en aspectos relacionados con la salud también han contribuido al aumento de la demanda; por ejemplo, el consumo de bananos ha crecido considerablemente en la Unión Europea y la Federación de Rusia (FAO, 2019).

4.2 Producción mundial del plátano

El plátano es una de las frutas que más se cultiva en el mundo. En el año 2019, su producción ascendió a 45,010.59 toneladas por hectárea con una superficie sembrada de 80,518.69 hectáreas ocupando el doceavo lugar de producción mundial después de República Dominicana, Congo, Ghana, Camerún, Uganda y Nigeria (FAOSTAT, 2019).

Este fruto además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituye una importante fuente de empleo e ingresos en numerosos países en desarrollo ya que se comercializa en fresco y, en menor escala, deshidratado y en harina (FAOSTAT, 2019).

4.3 Producción nacional del plátano e importancia económica

Los principales estados productores de plátano en México en el año 2019 fueron Chiapas, Tabasco, Veracruz y Colima donde Veracruz, Puebla y Oaxaca ocuparon el tercero, octavo y noveno lugar respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de plátano por estado de la república mexicana en el 2019

Entidad	Superficie (ha) sembrada	Superficie (ha) cosechada	Valor de producción (\$)
Tabasco	11,634.42	11,634.42	2,117,921.05
Chiapas	23,266.07	23,178.07	1,737,849.88
Veracruz	16,046.72	15,770.72	1,201,819.59
Colima	6,084.04	6,084.04	1,154,366.67
Michoacán	5,670.00	5,589.00	802,225.16
Jalisco	3,833.00	3,831.00	720,389.97
Guerrero	4,058.34	3,812.30	441,880.05
Oaxaca	3,784.95	3,756.95	313,275.24
Puebla	2,458.75	2,389.25	163,789.06
Nayarit	2,496.00	2,389.50	97,598.31
Quintana Roo	774.5	748	46,745.34
Yucatán	255.9	253.9	11,782.36
Campeche	117	117	5,742.98
Morelos	10	10	1,586.00
México	17	17	1,253.51
Hidalgo	12	12	258.72
Total	80,518.69	79,593.15	8,818,483.90

Fuente: SIAP, 2019.

Toda esta producción en el 2019 dejó una entrada de divisas expresada en miles de pesos de \$24,113,590.52 en Chiapas, Tabasco y Veracruz, sin embargo, los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz obtuvieron \$163,789.06, \$313,275.24, y \$1,201,819.59 pesos en éste mismo año generando varios empleos en la región de producción. Así mismo las variedades que más se sembraron en el 2019 fueron; Enano gigante, con una superficie de 35,254.20 has, Macho con 19,700.12 has y Dominico con 8,901.70 has, las cuales produjeron miles de pesos con su comercialización (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variedades de plátano más producidas en México

Variedad	Superficie total sembrada	Toneladas totales producida	Valor total de la producción (\$)
Enano Gigante	35,254.20	1,542,482.56	5,598,125.54
Macho	19,700.12	363,310.66	1,247,155.77
Dominico	8,901.70	151,703.04	609,383.24

Fuente: SIAP 2019.

4.4. Fenología de la planta

El plátano es una planta de tipo herbáceo gigante, el tallo verdadero es un órgano de reserva subterráneo llamado rizoma o cormo y el tallo aparente es un pseudotallo, que es el resultado de la unión de las vainas foliares y puede medir de 3 a 6 metros de altura (Mejia, 2018).

4.4.1 Hojas

Las hojas del plátano llegan a ser muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta de 0.50 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro (Mejia, 2018).

4.4.2 Tallo

El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado.

A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo (Mejia, 2018).

4.4.3 Flor

Las flores son amarillentas, irregulares y con 5 estambres fértiles y uno estéril (Mejia, 2018).

4.4.4 Raíz

Son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras,

amarillentas. Pueden alcanzar los 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad. El poder de penetración de la raíz es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (Mejia, 2018).

4.5. La rizósfera de las plantas

La rizósfera constituye una importante y dinámica interfase para interacción entre planta, suelo y comunidad microbiana asociada a la rizósfera y por consiguiente un interactivo intercambio de energía y sustancias. La estructura de la comunidad y la composición del microbioma de la rizósfera se ven muy afectadas por muchos factores, como las propiedades físicas y químicas del suelo (Ahemad, 2014).

Aparte de esto, la comunidad microbiana de la rizosfera difiere significativamente entre sí en función de las diferentes especies hospedadoras y de los diferentes genotipos dentro de una especie particular. Los exudados de las raíces tienen un rico linaje de alterar la estructura y composición de la comunidad microbiana rizosférica debido a su diversidad única que se encuentra en diferentes conjuntos de plantas hospedantes (Adesemoye, 2013).

El proceso de exudación de la raíz también se ve muy afectado por una serie de factores ambientales abióticos y bióticos y, por lo tanto, determina significativamente la forma y composición de la microbiota rizosférica colonizadora (Cuadro 3). La planta huésped y la comunidad microbiana rizosférica asociada están intrincadamente correlacionados entre sí en diferentes niveles tróficos y funcionan como un metaorganismo / meta-simbionte u holobionte inseparable y unificado en el ecosistema con servicios ecosistémicos generalizados (Yadav *et al.*, 2019).

Cuadro 3. Factores bióticos y abióticos que determinar la estructura, forma y dinámica de los microorganismos asociados a la rizósfera

Factores bióticos	Factores abióticos
Identificación de especies vegetales	Calidad del suelo
Etapas de desarrollo y sanidad vegetal	Antecedentes geográficos
Actividades de pastoreo	Condición climatológica
Actividades antropogénicas	Uso de fertilizantes y pesticidas químicos

La comunidad microbiana del suelo es adyacente debido a la presencia de exudados radiculares que permiten una alta disponibilidad de nutrientes y por lo tanto afecta el aumento de la biomasa microbiana en la rizósfera. La comunidad microbiana rizosférica influye en gran medida en el crecimiento, desarrollo y aptitud ecológica de su planta hospedante asociada, la producción de compuestos bioactivos de inmensas aplicaciones biológicas y el ciclo geoquímico de minerales para un mejor funcionamiento del ecosistema (Kumar, 2015).

4.6. Hongos asociados a la rizósfera

El papel de los hongos en el suelo es extremadamente importante y crítico para el correcto funcionamiento el ecosistema del suelo al afectar intrincadamente el reciclaje de nutrientes, manteniendo crecimiento y desarrollo de las plantas y mantenimiento de la sostenibilidad ambiental. Los miembros de Ascomycota, Zygomycota, Basidiomycota y Glomeromycota son filos fúngicos dominantes en el suelo de la rizósfera de muchas plantas. La asociación entre hongos y raíz es ecológicamente esencial para mantener la funcionalidad y el dinamismo de la rizósfera (Shivanna *et al.*, 2011)

La rizósfera de los ecosistemas naturales y antropogénicos está habitada por una población de organismos en los que los hongos constituyen una gran parte de la biomasa. Muchos de estos hongos de la rizosfera pueden colonizar la planta y formar diferentes tipos de micorrizas. Aparte de eso, muchas plantas también albergan hongos endófitos de raíces no micorrizas que influyen en gran medida en la regulación de la nutrición, el crecimiento y el desarrollo de las plantas y la resistencia a las condiciones de estrés (Kumar, 2015).

4.7. Aplicación de hongos asociados a la rizósfera

Los hongos de la rizósfera juegan un papel crucial en el mantenimiento de la sostenibilidad del agroecosistema mediante la gestión crítica de la absorción de nutrientes y adquisición, mecanismo de tolerancia al estrés y promoción del crecimiento de las plantas además de evitar la presencia de microbios rizosféricos (Yadav *et al.*, 2019).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en la junta auxiliar de San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, en los laboratorios ubicados en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias (BUAP) con coordenadas 19.52 35 Latitud Norte y 97.22 02 Longitud Oeste (Figura 1).

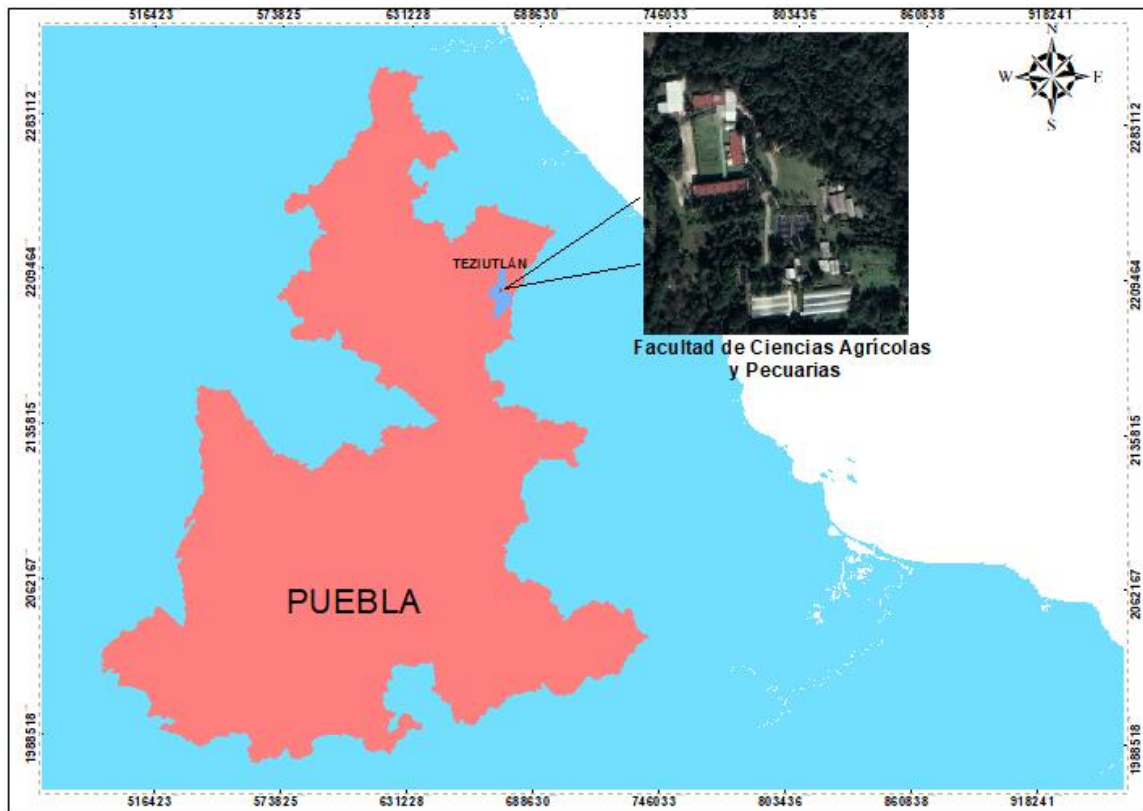


Figura 1. Localización de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias.

5.2. Toma de muestras de raíz en plantas de plátano

Se tomaron 30 muestras de raíz en tres estados: Oaxaca, Puebla y Veracruz (Figura 2), en un lapso de tiempo de febrero a mayo del año 2021.

Cada muestra se conformó por 10 gramos de raíz aproximadamente o 5 raíces de cada planta la cual tenía una altura de 1 a 1.5 m.

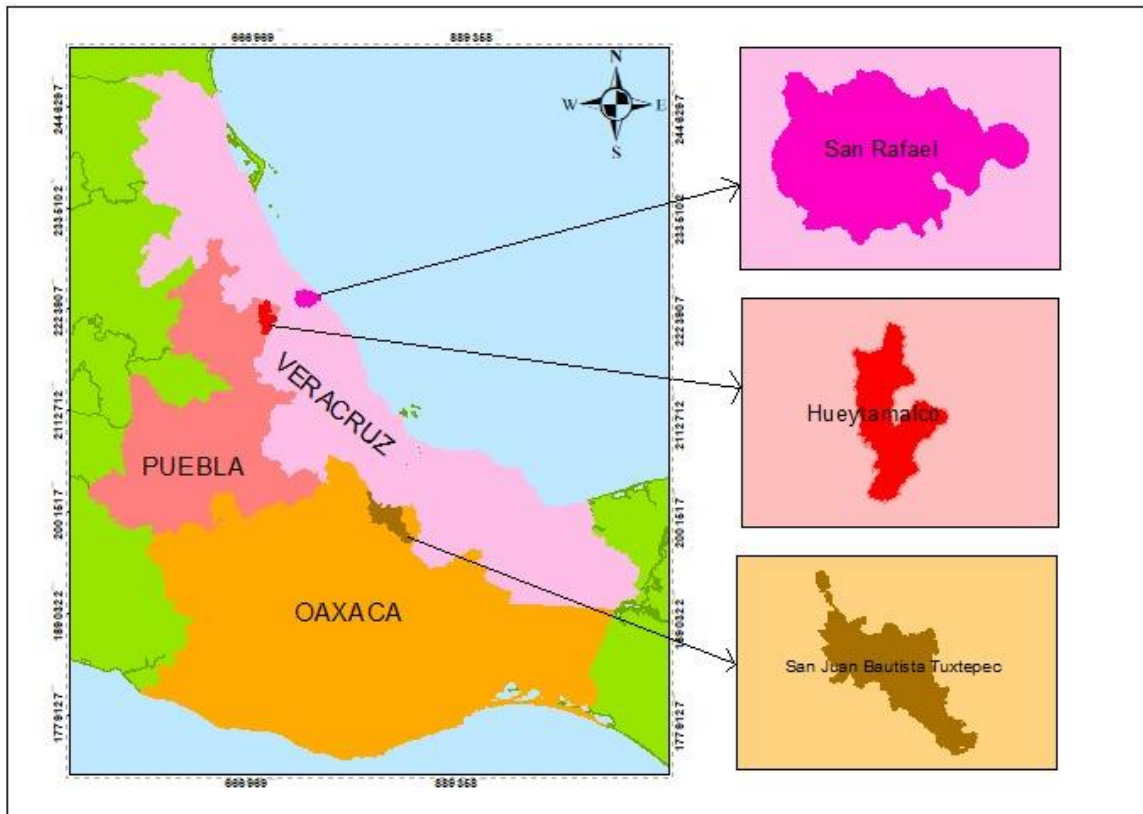


Figura 2. Localización del municipio San Juan Bautista Tuxtepec, San Rafael, y Hueytamalco en los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla respectivamente.

Las raíces fueron colectadas con una pala, con la cual se abrió un hueco en la base de la planta, se buscó y quitó sus raíces principales junto con un poco de tierra se envolvió en sanitas estériles y fueron colocadas en bolsas siplox de 10 x 10 cm, la cual fue etiquetada con la fecha, el número de ubicación de GPS, la localidad en la que se tomó y el nombre del dueño del predio o parcela, además de la variedad de plátano. En cada parcela se tomó de 3 a 7 muestras según el cuadro siguiente (Cuadro 4) y cada vez que se use la pala para tomar una muestra ésta fue lavada con agua y asperjada con alcohol.

Cuadro 4. Datos generales de las muestras de raíz y sus localidades

Estado	Localidad	Georreferenciación	Variedad	Total de muestras de raíz con suelo
Oaxaca (Mpio. Tuxtepec)	Papaloapan	18.90°14`00``- 96.60°09`90``	Manzano	5
	Sta. Teresa	18.08°89`00``- 96.11°14`11``	Manzano	5
	San Rafael	18.80°19`10``- 96.60°12`20``	Manzano	5
Veracruz (San Rafael)	El Pital		Enano gigante	5
	El Pital	20.15°46`65``- 96.89°41`02``	Manzano	4
	El Pital		Macho chifle	5
	El Pital		Macho papaloapan	5
Puebla (Hueytamalco)	Zompanico		Dominico	1
	Zompanico		Manzano	3
	Zompanico		Morado	1
	Zompanico		Tabasco criollo	1
	Zompanico	20.00°72`50``- 97.34°85`00``	Morado	1
	Zompanico		Manzano	1
	Zompanico		Tabasco	1
	Zompanico		Dominico	1
	Zompanico		Morado	5
	Zompanico		Morado	3
Zompanico		Macho	2	

Por cada planta que se muestreo se tomó una muestra de la raíz de una maleza que se encontraba a 2 metros de distancia de la planta de plátano muestreada (En los casos que no existió maleza se tomó aproximadamente 20 gramos de suelo). Se anotaron los datos de; tipo de labranza que se le dio al terreno de cada parcela (Barbecho, rastreo, etc.). Todas las muestras fueron colocadas en hieleras de unicel con refrigerantes y fueron envidas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias (BUAP).

5.3. Aislamiento de hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano

A cada muestra de raíz se le adiciono 100 ml de tween 80 al 0.05% estéril y se agito por 1 minuto o hasta que la tierra se desprendió totalmente de la superficie de cada raíz. De ésta solución se realizó una dilución 1:10 (1 ml de la suspensión de hongos con 9 ml de tween 80 al 0.05% estéril) y de ésta, otras dos diluciones más. Posteriormente de cada una de ellas, así como de la solución original se tomó 100 µl y se extendió sobre la superficie del medio de cultivo por la técnica de extensión en placa. Dos repeticiones fueron sembradas de cada muestra, posteriormente las cajas se incubaron por 72 horas a 28 ° C revisando constantemente el crecimiento de las colonias de los hongos dentro la caja, después de este tiempo se realizó el conteo de las colonias presentes y aisladas, estas se marcaron con el objetivo de diferenciar las colonias nuevas que puedan crecer posterior a este tiempo, las cuales también fueron aisladas. Este proceso produjo más de 100 incubaciones diferentes, de las cuales este proceso se fueron eliminando los que no presentaban presencia de ningún hongo benéfico o presentaban un nivel de contaminantes elevado que hacían imposible su extracción.

Para confirmar esta selección se generaron nuevas incubaciones de los hongos correctos para poder realizar una preparación y proceder a tomar las fotografías con el ayuda del microscopio compuesto del tipo morfología e identificar su conidióforo, fialide y espora para una caracterización correcta.

Las colonias aisladas se caracterizaron morfológicamente y se descartaron aquellas que fueron de hongos saprófitos y las que representen un potencial como entomopatógenos o antagonistas estas crecieron sobre papel filtro colocado sobre cajas petri con medio del cultivo ADS (Agar Dextrosa Sabouraud).

Para la identificación de las muestras se formó una nomenclatura de trabajo con las

muestras, esta consistía de letras y números por ejemplo O II2R -3, la primera letra era la inicial del estado de dónde provenía la muestra, siguiente de numeración romana haciéndolo para identificar el cuadrante de muestreo, la numeración arábica es para reconocer que número de muestra es en el cuadrante marcado anteriormente se le colocó una letra M o R refiriéndose a que si la muestra es del sistema de radicular o de maleza y por último un -3 o una la letra O para contar si es la muestra en la que se sembró el producto original o el que se disminuyó en más de una ocasión.

5.4. Caracterización morfológica

Para la caracterización se empleó la forma de crecimiento, así como la tonalidad de las colonias de los microorganismos en el medio de cultivo PDA. Además, se realizaron observaciones en microscopio compuesto para lo cual se colocaban trozos pequeños de hongos sobre un portaobjetos y se cubría con un cubre objetos. En la muestra se describió la forma y tipo de micelio, así como la forma y tipo de esporas presentes. La caracterización de cada especie se llevó a cabo con ayuda de claves taxonómicas de identificación descritas por Barnett And Barry B. Hunter (1998), además se utilizó la descripción morfológica hecha por Richard A. Humber para identificar el género al que pertenece cada hongo.

De igual forma se desarrolló una nomenclatura para poder identificar mejor las partes de la morfología de cada especie dividiéndola en tres subgrupos la tonalidad de la sepa se clasifica con una A, el tipo de micelio con B y el tipo de morfología es una C, en este último apartado se encuentra una subdivisión de conidióforo caracterizado con un a, fialide se identifica con una b y la espora se señala con una c.

5.5. Análisis estadístico

Para el análisis de diversidad se usó el índice de Shannon-wiener (H'), también se determinó la riqueza de especies (R), la uniformidad de las comunidades de hongos (J) y la frecuencia de especies (F) de acuerdo con método usado por Ayoub *et al.*, (2020); Mo *et al.*,(2006) y Magurran, (2013).

- La riqueza de especies se calculó de acuerdo con la fórmula:

$$R = (S - 1) / \ln (N)$$

Donde R es la denominación para riqueza, S es el número de especies, Ln es el logaritmo asignado que como mínimo es 0 y N es el número total de aislamientos.

La riqueza de especies se usa a veces como un criterio para determinar los valores relativos de conservación de hábitats.

- El índice de Shannon (H') se midió mediante la fórmula:

$$(H') = -\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{N} \ln \frac{X_i}{N}$$

Donde (H') es el índice de Shannon Wiener, Xi es el número de observaciones de la especie "i", N es el número total de aislamientos observados en cada muestra, Ln es el logaritmo asignado que como mínimo es 0 y n es por el número de individuos o especies.

Este mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población.

- La uniformidad (J) de las comunidades de hongos estará representada por:

$$J = H' / H \text{ max.}$$

Donde H' es el índice de Shannon Wiener y H max es cuando la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa.

Esta es una forma fácil, práctica y repetible de evaluar el desempeño de crecimiento.

- Las frecuencias de ocurrencia (F) de cada especie fueron calculadas de la siguiente manera:

$$F = \left(\frac{\text{número de individuos de una especie}}{\text{número de individuos de todas las especies}} \right) * 100$$

Las medidas de frecuencia representan la ocurrencia de un fenómeno en poblaciones y por lo tanto, son fundamentales para las investigaciones descriptivas y analíticas. Describen un evento en relación con el tamaño de una población.

Para determinar la influencia del sitio donde se recogió la muestra, la variedad de plátano o maleza presente sobre la diversidad de especies se hizo un análisis de componentes principales con el paquete estadístico R versión 4.0.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Identificación morfológica de hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano y maleza circundante

De acuerdo con las claves taxonómicas se identificaron 27 hongos benéficos en total. El 81% correspondió al género *Trichoderma*, el 11.1% a *Fusarium* y el 3.7% a *Isaria* y *Glomus* respectivamente (Figura 3).



Figura 3. Porcentaje de géneros de hongos obtenidos de suelo y malezas circundantes en plantas de plátano.

El arreglo taxonómico que se obtuvo de acuerdo con la caracterización de los géneros con claves taxonómicas de identificación descrita en el apartado de materiales y métodos ubican a los tres géneros de la siguiente manera:

Cuadro 5. Taxonomía completa de cada género de hongo encontrado

Reino	Fungi	Fungi	Fungi	Fungi
Clase	Euascomycetes	Sordariomycetes	Glomeromycota	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales	Hypocreales	Glomerales	Hypocreales
Familia	Hypocreaceae	Nectriaceae	Glomeraceae	Cordycipitaceae
Genero	<i>Trichoderma</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Glomus</i>	<i>Isaria</i>

Fuente: Arenas 2011

6.1.2 Descripción morfológica de los hongos de género *Trichoderma*

Las claves taxonómicas que se siguieron para el género *Trichoderma* lo describen como:

1b: Micelio septado y otras características de los hongos imperfectos (Figura 5) encontrados en el aislado VII3R O.

3a: Todos los conidióforos son distintos, aunque cortos y reducidos a clavijas en algunos géneros; conidios típicamente unicelular (Figura 5) encontrados en el aislado OIII3M -3.

4d: Tiene conidióforos separados no estrechamente agrupados de ninguna manera (Figura 4) encontrados en el aislado OI5M -3.

15a: Los conidióforos son ramificados o con un grupo de ramas o fialides cerca o en el vértice (Figura 4) encontrados en el aislado OII4R O.

16b: Sus conidios no permanecen en juntos en cadena (Figura 5) encontrados en el aislado OIII4R O.

22a: Sus conidios se encuentran en pequeños racimos y estos se unen por el limo (Figura 4) encontrados en el aislado OII4R -3.

23b: Las ramas en el conidióforo son irregulares y no verticiladas (Figura 5) encontrados en el aislado PIII5R O.

Una manera más acertada en la que se caracterizó el género *Trichoderma* fue con la descripción de 27 aislados los cuales se detallan en el Cuadro 6, y pueden observarse dichas características en figuras 5 y 6.

Cuadro 6. Descripción morfológica de los aislados de *Trichoderma*

Aislado	Tonalidad de la colonia	Tipo de micelio	Conidióforos	Fialides	Espora
O I1R -3	Verde musgo	Aéreo	Separados	En el vértice	Subglobosa
O I5M -3	Verde musgo	Aéreo	Separados	En el vértice	Globosa
O II1R -3	Verde alga	Aéreo	Cortos y reducidos	Presencia de glomos	
O II2M -3	Verde alga	Aéreo	Ramificados	Cerca de la rama	Globosa
O II3M -3	Verde alga	Aéreo	Separados	Cerca de la rama	Globosa
O II4R O	Verde musgo	Aéreo	Ramificados	En el vértice	Globosa
O II4R -3	Verde musgo	Liso	Ramificados	En el vértice	Subglobosa
O III1R O	Verde musgo	Aéreo	Separados	En el vértice	Globosa
O III3M -3	Verde alga	Aéreo	Cortos y reducidos	Cerca de la rama	Globosa
O III4R O	Verde alga	Vegetativo	Ramificados	Cerca de la rama	Globosa
V II3R O	Blanco	Vegetativo	Cortos y reducidos	Cerca de la rama	Globosa
V II4M O	Verde alga	Aéreo	Cortos y reducidos	Cerca de la rama	Globosa
V III5M O	Blanco	Liso	Separados	Cerca de la rama	Globosa
P III5R O	Verde musgo	Aéreo	Separados	En el vértice	Subglobosa

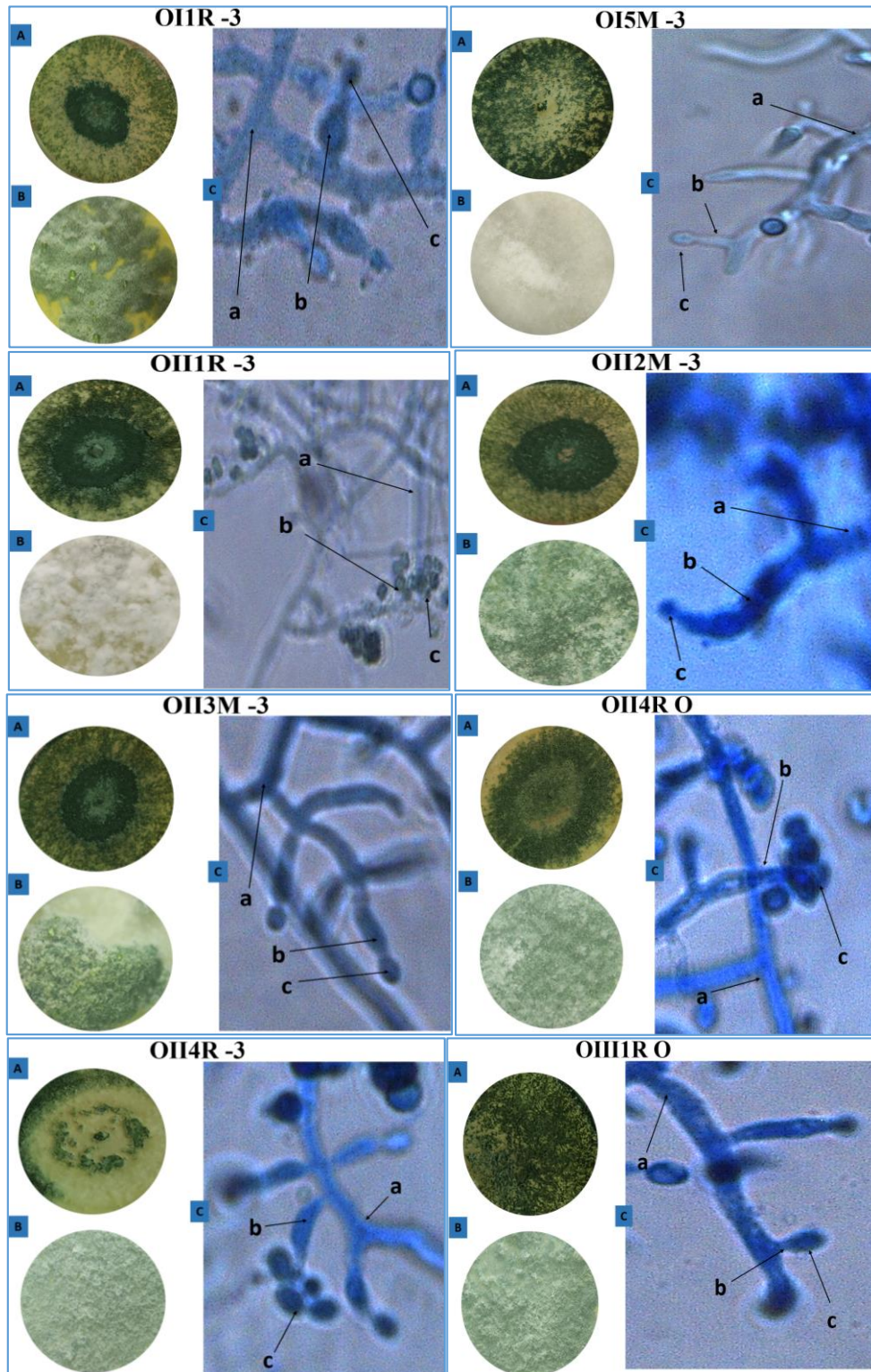


Figura 4. Diferentes aislados caracterizados como *Trichoderma* divididos en: Tonalidad del aislado (A), Crecimiento de micelio (B), Tipo de morfología (C).

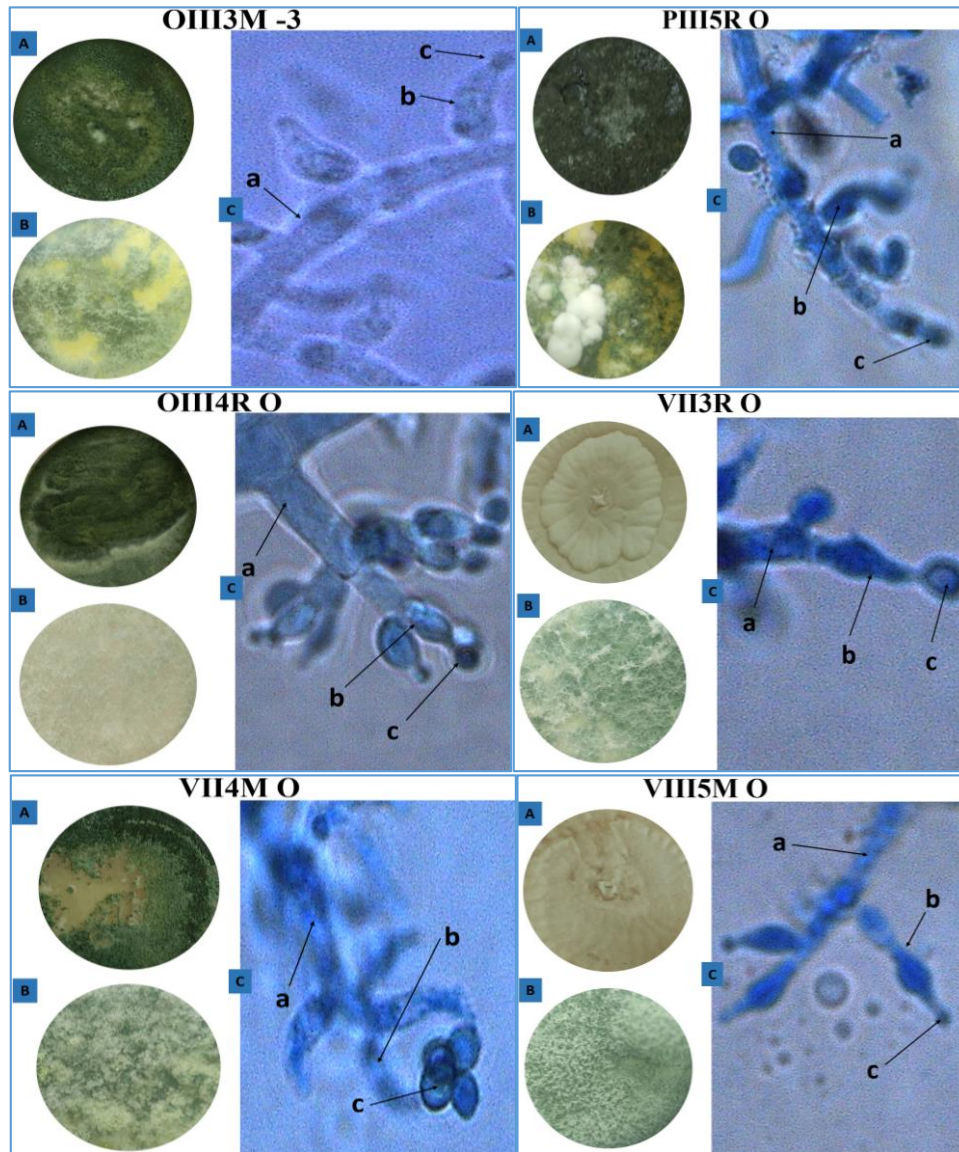


Figura 5. Diferentes aislados caracterizados como *Trichoderma* divididos en: Tonalidad del aislado (A), Crecimiento de micelio (B), Tipo de morfología (C).

6.1.2 Descripción morfológica de los hongos de género *Fusarium*

Entre los hongos aislados se caracterizó morfológicamente al género *Fusarium* (Cuadro 7) de acuerdo con las siguientes claves taxonómicas:

3b: Conidióforos distintos o reducidos a clavijas; conidios típicamente divididos con dos o más celdas (Figura 6) encontrados en el aislado PIII1M O.

35b: Suelen tener más de tres células, aunque puede variar.

43b: Conidios phragmosporous, con paredes cruzadas pero no oblicuas.

44b: Conidio con apéndices (Figura 6) encontrados en el aislado PIII1M O.

45b: Conidio hialino (Figura 6) encontrados en el aislado OI3M -3.

51c: Conidióforos cortos, pueden ser simples o ramificados, hialino: son de conidios más grandes típicamente de forma en canoa, y generalmente están presentes en sus células (Figura 6) encontrados en el aislado VI3R O.

Cuadro 7. Descripción morfológica de los aislados de *Fusarium*

Aislado	Tonalidad de la colonia	Tipo de micelio	Conidióforos	Fialides	Espora
O I3M -3	Beige	Vegetativo	Cortos y reducidos	Cerca de la rama	Presencia de apéndices
V I3R O	Blanco	Liso	Separados	En el vértice	Dividida en dos
P III1M O	Café	Liso	Ramificados	En el vértice	Presencia de apéndices

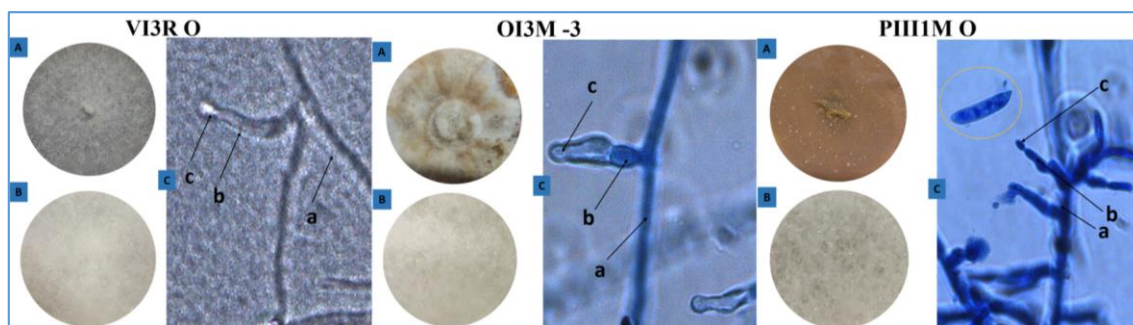


Figura 6. Fotografías obtenidas del micelio fresco y tipo de morfología de los hongos caracterizados como *Fusarium*.

6.1.3 Descripción morfológica de los hongos de género *Isaria*

De igual forma se caracterizó de manera detallada al género de *Isaria* (Cuadro 8) seguida de las claves taxonómicas para dicho género:

1b: Micelio septado y otras características de los hongos imperfectos.

3a: Conidióforos distintos aunque cortos y reducidos a clavijas en algunos géneros; conidios

típicamente unicelular.

4c: Conidióforos en tallos compactados o sinnemata (Figura 7) encontrados en el aislado PII2M O.

12a: Puede tener tallos o sinnemata y conidios hialinos (Figura 7) encontrados en el aislado PII2M O.

13b: Conidios en racimos secos, no viscosos.

Cuadro 8. Descripción morfológica de los aislados de *Isaria*

Aislado	Tonalidad de la colonia	Tipo de micelio	Conidióforos	Fialides	Espora
P II2M O	Beige	Liso	Ramificados	En el vértice	Encadenados en forma de rosario

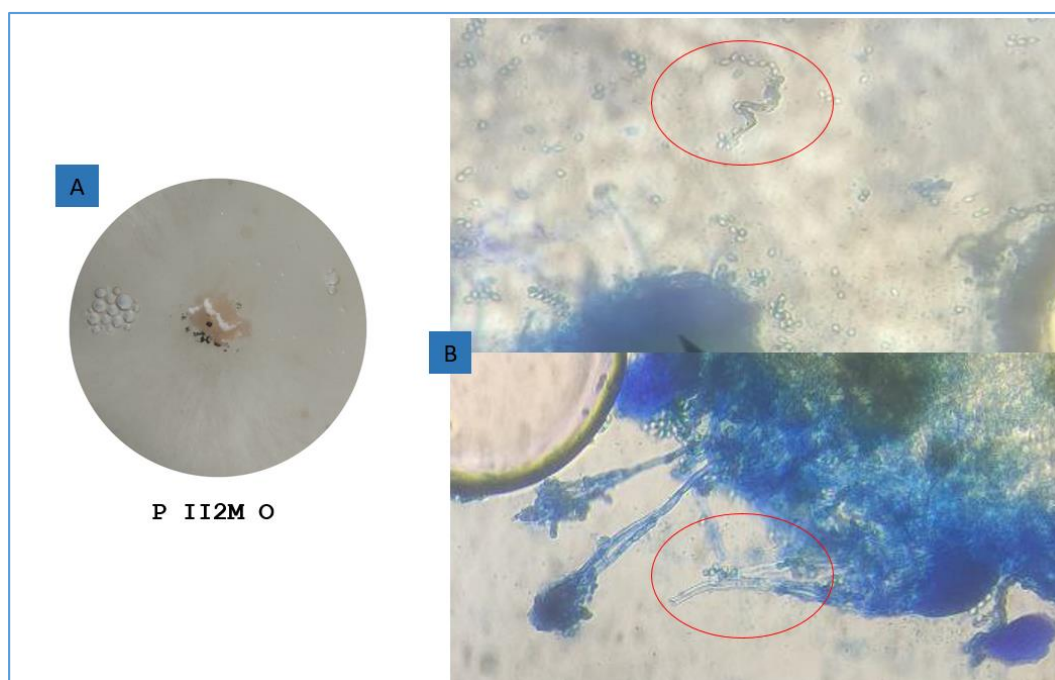


Figura 7. Fotografías obtenidas del aislado P II2M O.

6.1.4 Descripción morfológica de los hongos de género *Glomus*

Los hongos clasificados dentro del género *Glomus* (Cuadro 9) tienen una taxonomía fundada principalmente en las estructuras de sus esporas o esperocarpos (Figura 8). La

morfología de las esporas esta genéticamente desconectada de otras quizás más plásticas aspectos de estos hongos. La aparente simplicidad de la estructura de las esporas puede parecer ser una barrera para crear una taxonomía viable.

Cuadro 9. Descripción morfológica de los aislados de *Glomus*

Aislado	Tonalidad de la colonia	Tipo de micelio	Conidióforos	Fialides	Espora
V III1M O	Café	Liso	Ramificados	En el vértice	Clamidoespora

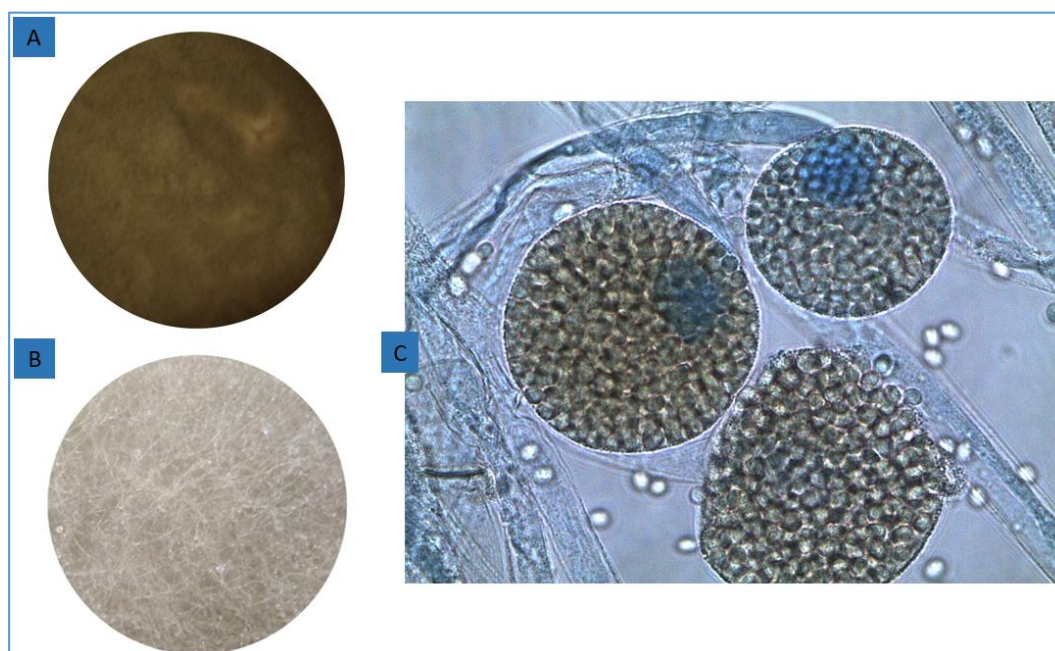


Figura 8. Fotografías obtenidas del aislado V III1M O.

La clasificación taxonómica de los hongos que fueron identificados como *Trichoderma*, *Fusarium* e *Isaria* concuerdan con la descripción en las claves taxonómicas de identificación descritas por Barnett And Barry B. Hunter (1998), además de la descripción morfológica hecha por Richard A. Humber para identificar a ambos géneros.

Por otra parte, para la clasificación del género *Glomus* se utilizó descripciones taxonómicas de la investigación realizada por C Walker (1992).

6.2 Diversidad, riqueza de géneros de hongos benéficos epifitos en raíz de plátano con respecto a su origen y frecuencias de ocurrencia de cada género

De acuerdo con la fórmula para determinar **riqueza del género** presente(R):

$$R = (S - 1) / \ln(N)$$

Donde S es el número de géneros y N es el número total de aislamientos.

$$R(\text{Oaxaca}) = (2-1)/\ln(16) = 1/2.7726 = 0.3607$$

$$R(\text{Veracruz}) = (3-1)/\ln(6) = 2/1.7928 = 1.1156$$

$$R(\text{Puebla}) = (3-1)/\ln(5) = 2/1.6095 = 1.2447$$

Índice de Shannon (H')

$$H = \sum_{k=0}^n \frac{X_i}{N} \ln \left(\frac{X_i}{N} \right)$$

Donde Xi es el número de observaciones del género "i" y N es el número total de aislamientos observados en cada estado.

$$H(\text{Oaxaca}) = - (15/16)(\ln 15/16) + (1/16)(\ln 1/16) = (0.9375)(-0.0646) + (0.0625)(-0.4700) = (-0.0605) + (-0.029375) = -0.0898.$$

$$H(\text{Veracruz}) = - (4/6)(\ln 4/6) + (1/6)(\ln 1/6) + (1/6)(\ln 1/6) = -0.2702 + (-0.2987) + (-0.2987) = 0.8676$$

$$H(\text{Puebla}) = - (3/5)(\ln 3/5) + (1/5)(\ln 1/5) + (1/5)(\ln 1/5) = -0.9503$$

Cuadro 10. Diversidad y riqueza de género según el estado muestreado

Origen de género aislados	Localización	Diversidad de géneros/estado (H')	Riqueza de géneros/estado (R)
Oaxaca	18.90°14'00``-96.60°09'90``	0.0898	0.3607
Veracruz	20.15°46'65``-96.89°41'02``	0.8676	1.1156
Puebla	20.00°72'50``-97.34°85'00``	0.9503	1.2447

De acuerdo con estos resultados se puede observar que el estado más rico en géneros de hongos es el estado de Puebla debido a que el valor fue de $R= 1.2447$ así mismo tiene mayor diversidad de especies de hongos ($H'=0.9503$) debido a que en este estado se identificaron tres géneros (Figura 9), el valor de H se ha calculado en muchos estudios ecológicos, los cuales muestran que H generalmente varía entre 1.5 y 3.5 y raramente llega a pasar de 4.5 (Magurran, 1988), estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Pérez *et al.*, (2015) al realizar investigaciones sobre hongos en Acajete Puebla, dichos resultados muestran la riqueza y biodiversidad fúngica, sin embargo hacen falta estudios para determinar la magnitud de la misma, así como su etnomicología en la región, lo que podría arrojar información complementaria sobre la utilización y prácticas de manejo de este recurso.

Así mismo en la figura 10 también se puede observar que el género que se encontró con mayor frecuencia, fue *Trichoderma*: 11% en Puebla, 15% en Veracruz y 56% en Oaxaca, al respecto Sánchez, *et al.*, (2018) indican que el índice de diversidad de *Trichoderma* puede ser mayor en parcelas perturbadas, y que los valores altos de abundancia y de diversidad en sitios con mayor grado de perturbación se pueden relacionar de manera significativa con el contenido de carbono, y aunque la actividad agrícola no influye significativamente sobre la diversidad y el número de colonias de *Trichoderma* dichas perturbaciones si muestran un efecto sobre la dominancia de las especies. De esta manera el grado de perturbación de las zonas muestreadas en este estudio hace la diferencia en los resultados obtenidos.

Por otra parte de acuerdo con Berg *et al.* (2005) existen diferentes factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad estructural y funcional de las comunidades de hongos, la especie o genotipo de la planta, la etapa de desarrollo de la planta o el tiempo de vegetación, la colonización con patógenos así como el estado fisiológico de la planta, la calidad del suelo, la rotación de cultivos, el tratamiento con pesticidas o fertilizantes, y la región geográfica.

De acuerdo a estos autores en el estudio realizado con los mismos tipos de suelo en diferentes sitios (arena en Berlín; arena limosa en Braunschweig y Rostock), pero los contenidos de materia orgánica, arcilla y nutrientes diferentes existió especificidad para cada uno de los microambientes investigados debido a que la rizósfera de la fresa en todos los lugares se caracterizó por una elevada proporción de aislados de *Penicillium* y *Paecilomyces*.

Frecuencias de ocurrencia (F) de cada género:

$$F = \left(\frac{\text{numero de individuos de un género}}{\text{numero de individuos de todos los géneros}} \right) * 100$$

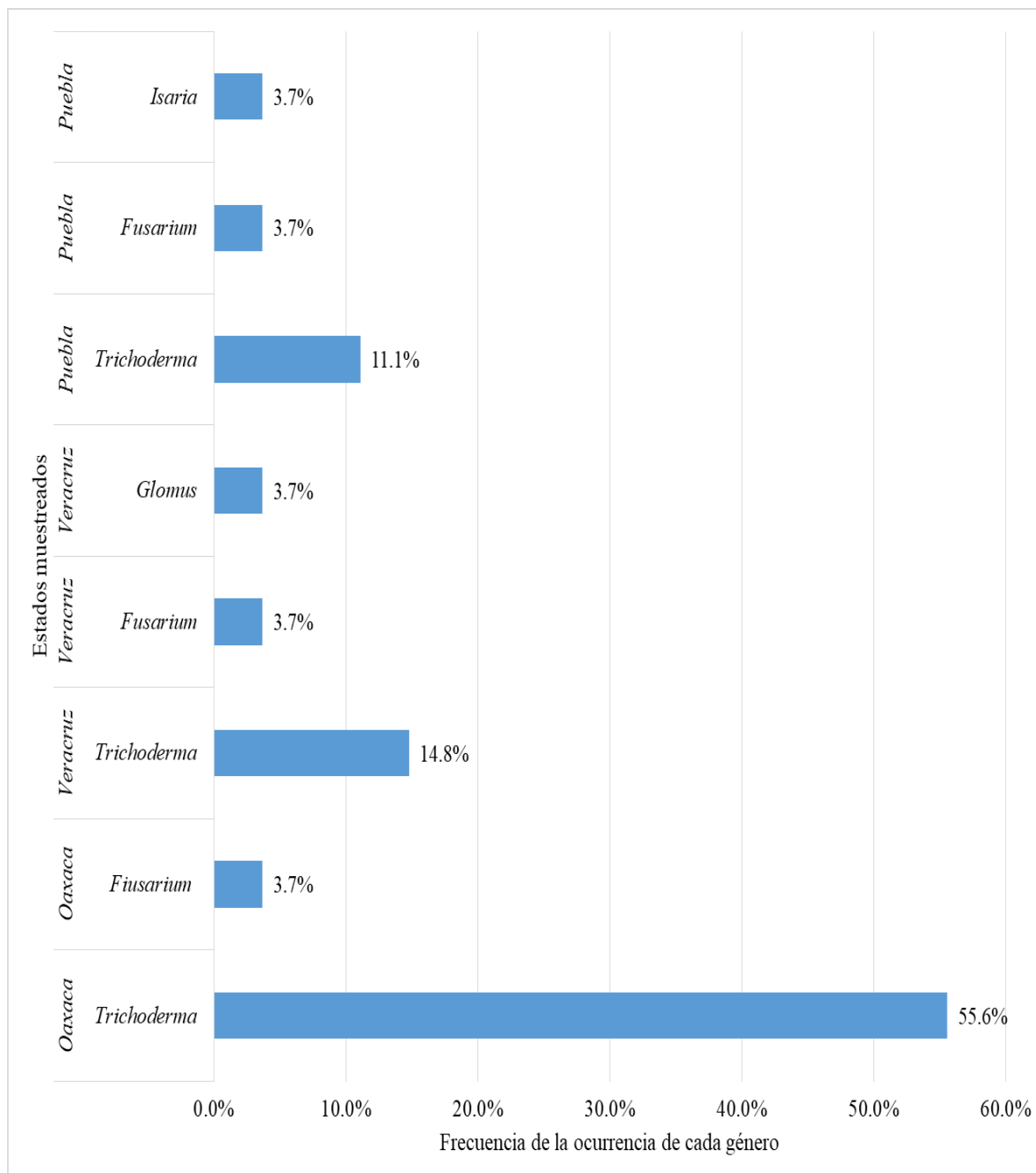


Figura 9. Frecuencia de cada género de hongo benéfico epifito por estado.

6.3 Diversidad, riqueza de hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano de diferentes variedades y frecuencias de ocurrencia de cada género

Cuadro 11. Diversidad y riqueza de género según la variedad de plátano

Variedad de plátano	Diversidad de géneros/variedad (H')	Riqueza de géneros/variedad
Manzano	17.8440	1.44
Macho chifle	0.6931	1.44
Enano gigante	0.0000	0
Macho papaloapan	0.0000	0
Tabasco criollo	0.0000	0
Morado	1.0986	1.82
Macho	0.0000	0

También en estos resultados se observa que la mayoría de las variedades tiene baja diversidad de géneros de hongos, a diferencia de la diversidad encontrada en raíz de plátano variedad manzano donde $H' = 17.8440$. Este resultado también está asociado con la frecuencia debido a que en esta variedad hubo mayor frecuencia de ocurrencia de los géneros (Figura 10). Al respecto Berg *et al.*, (2005) al realizar estudios con fresa encontró que *Penicillium* en la rizosfera de esta planta fue más abundantes que en la rizosfera de la colza y también los aislados de *Monographella* se encontraron con mayor frecuencia en la rizosfera de la colza, lo que muestra una especificidad de estos hongos a las raíces de fresa y colza. Así mismo, estos autores dicen que las razones de la especificidad vegetal de los microorganismos asociados a las raíces son los exudados radiculares, como los aminoácidos, los azúcares y los ácidos orgánicos, que son una importante fuente nutricional para estos microorganismos por lo que se ha demostrado que la composición de los exudados radiculares difiere en función de la especie vegetal y de la fase de desarrollo de la planta.

Por otra parte, Yang *et al.*, (2012) realizando estudios con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) encontraron que éstos pueden formar simbiosis obligadas con la gran mayoría de las plantas terrestres, sin embargo ellos mostraron que la composición de la comunidad de HMA estaba significativamente correlacionada con la composición de la

comunidad de plantas entre ecosistemas, entre continentes, entre reinos biogeográficos y entre zonas climáticas debido a que el modelo de ecuaciones estructurales (SEM) que desarrollaron mostró que los efectos del ecosistema, el continente, el reino biogeográfico y la zona climática eran principalmente indirectos en la distribución estos hongos, pero la planta tenía efectos muy directos en ellos.

De la misma manera la distribución de los HMA mostró una alta especificidad al huésped a diferentes escalas (orden taxonómico de la planta y grupo funcional) y una alta selectividad de las plantas huésped para los HMA. Por lo que ellos afirman que los efectos de los factores ecosistémicos, biogeográficos, continentales y climáticos sobre la distribución de los HMA podrían estar mediados por las plantas huésped. Así mismo en este estudio la riqueza de géneros fue mayor en plátano morado (Figura 10) donde se observa la presencia de tres géneros de hongos asociados con esta variedad.

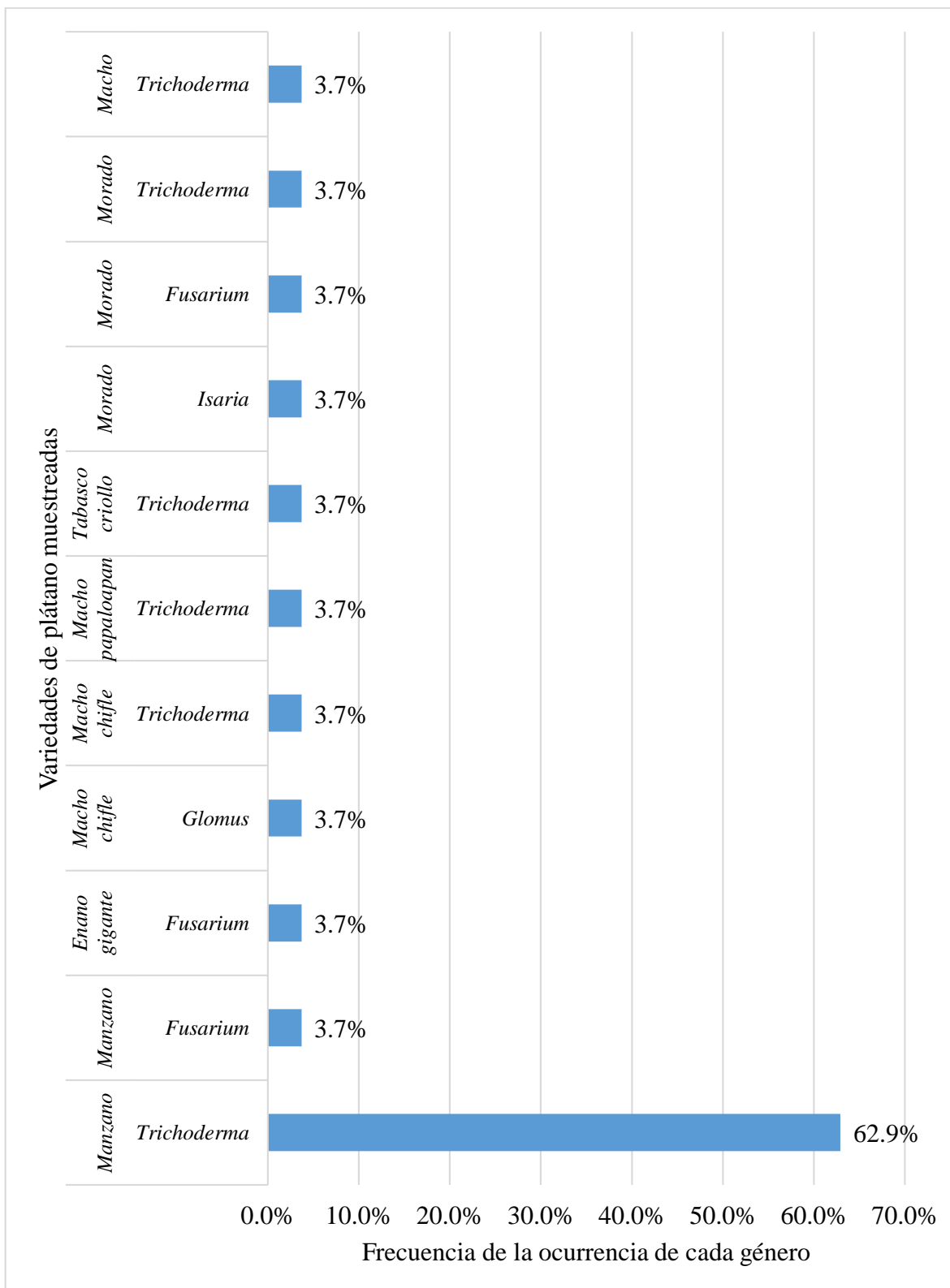


Figura 10. Representación gráfica de la frecuencia de cada género por variedad de plátano.

6.4 Diversidad, riqueza de hongos benéficos epifitos en raíz de plátano con respecto al tipo de malezas y frecuencias de ocurrencia de cada especie

Los resultados indican que existe baja diversidad de géneros de hongos en malezas (Figura 11). Al respecto Massenssini *et al.*, (2014) explica que la comunidad microbiana del suelo desempeña un papel central en la modulación de las interacciones con malas hierbas y cultivos, lo que puede generar un aumento de la capacidad competitiva de las distintas plantas presentes en el lugar a diferencia de los monocultivos, por una parte las malas hierbas tienden a tener interacciones positivas con los microorganismos del suelo, mientras que los cultivos pueden tener interacciones neutras o negativas.

A diferencia de la diversidad presente en plátano manzano, y a pesar de que existe riqueza de géneros de hongos en malezas de hoja angosta no se pudo calcular la riqueza en malezas de hoja angosta (Cuadro 12) debido a la carencia de géneros asociados a este tipo de malezas.

Cuadro 12. Diversidad y riqueza de género según el tipo de maleza

Tipo de maleza	Diversidad de géneros/tipo de maleza (H')	Riqueza de géneros/tipo de maleza
Hoja ancha	0.3466	0
Hoja angosta	0.3466	1.8205

La frecuencia de ocurrencia del género *Trichoderma* fue mayor en malezas de hoja ancha a diferencia de hoja angosta, sin embargo, en este tipo de maleza no se detectaron otros géneros de hongos, esto resultados pueden ser influencia del sistema radicular de la maleza ya que en hoja ancha es más abundante y en consecuencia explora mayor área en el interior del suelo lo que incrementa la probabilidad de encontrar mayor número de hongos y como explica Camarena, (2012) que las esporas de lo hongos en el suelo tienen que germinar para poder encontrar a la raíz de las plantas.

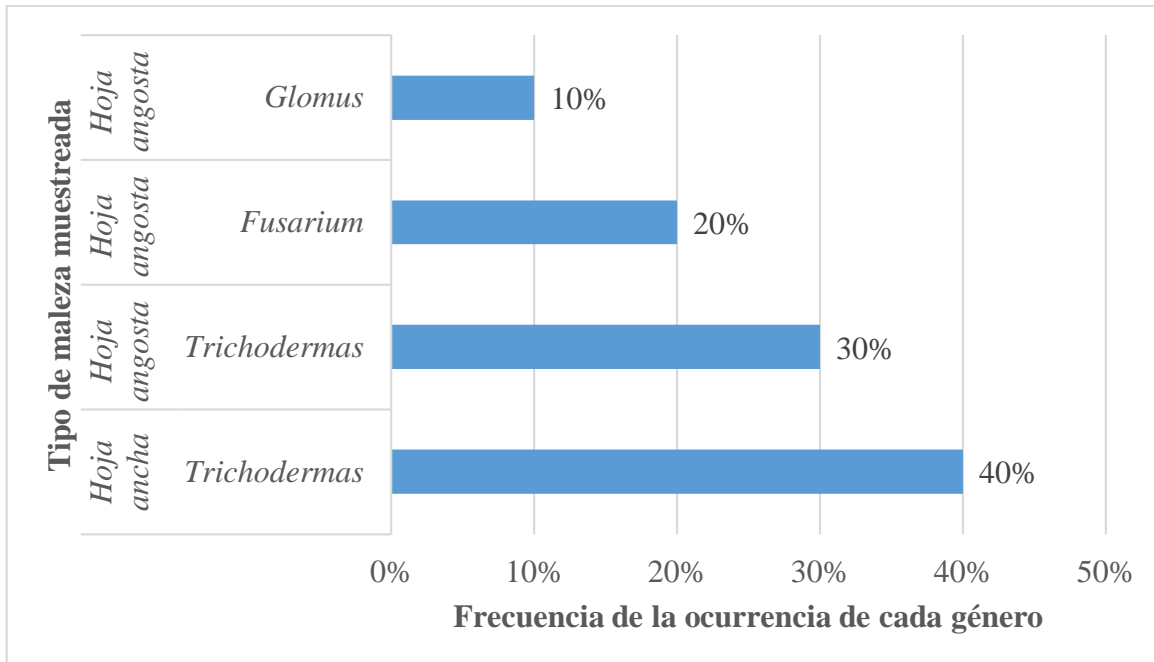


Figura 11. Representación gráfica de la frecuencia de cada género por tipo de maleza.

VII. CONCLUSIONES

En el presente estudio se observó que hay factores que pueden influir en la diversidad de especies de hongos benéficos epifitos en plátano (*Musa sp*) tales como; origen, variedad de plátano y tipo de maleza circundante.

De acuerdo al origen el estado de Puebla fue el más diverso en hongos benéficos epifitos asociados a raíz de plátano y Oaxaca fue el estado con más riqueza debido a la presencia de hongos benéficos.

Los hongos benéficos epifitos asociados a raíz fueron más diversos en la variedad conocida como plátano manzano.

Con respecto al tipo de maleza se encontró mayor diversidad de hongos benéficos epifitos en raíz de plátano en malezas de hoja angosta.

De manera general *Trichoderma* fue el género que se encontró con mayor frecuencia en los tres estados muestreados (Oaxaca, Puebla, Veracruz) a diferencia de los géneros *Glomus* e *Isaria* que fueron menos abundantes, pero influyeron en la diversidad en el estudio.

VIII. LITERATURA CITADA

- Adesemoye A.O., Egamberdieva D., 2013. Beneficial effects of plant growth-promoting rhizobacteria on improved crop production: prospects for developing economies. *In: Bacteria in agrobiología: crop productivity*. Springer, Maheshwari D.K., Saraf M., Aeron A. ed. Berlin, pp 45-63.
- Ahemad M., Kibret M., 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *J King Saud Univ Sci* 2 (6):1–20
- Álvarez Elizabeth, Ceballos German, Gañán Lederson, Rodríguez David, González Silverio, Pantoja Alberto, 2013. Producción de material de “siembra” limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. 384 ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 16 p.
- Arora Naveen K., 2015. *Plant Microbes Symbiosis: Applied Facets*. Springer. Uttar Pradesh, India 1. pp 1-36.
- Azeem S.A.M., Elwan M.W.M., Sung J.K., Ok Y.S., 2012. Alleviation of salt stress in eggplant (*Solanum melongena* L.) by plant-growth-promoting rhizobacteria. *Commun Soil Sci Plant Anal* 43 (2):1303–1315.
- Berg G., Zachow C., Lottmann J., Gotz M., Costa R, and Smalla K., 2005. Impact of Plant Species and Site on Rhizosphere-Associated Fungi Antagonistic to *Verticillium dahliae* Kleb. *Applied and environmental microbiology* 71 (2):4203–4213.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2019. Análisis del mercado del banano Panorama general de febrero de 2020. *Perspectivas Alimentarias de la FAO 2019*, pp. 13 a 20. Extraído el 18 de noviembre de 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/ca9212es/ca9212es.pdf>
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Cantidades de producción de plátano a nivel mundial. 2019. Extraído el 18 de noviembre de 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- García Mata R., González Machorro M.F., García Sánchez R.O., Mora Flores J.S., González Estrada A. & Martínez Damian M.A., 2013. El mercado del plátano (*Musa paradisiaca*) en México, 1971-2017. *Agrociencia*. 47 pp 4. Extraído el 18 de noviembre de 2021. Disponible en

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140531952013000400008

- Guerrero M., 2010. Guía técnica del cultivo del plátano. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba. El Salvador, pp.24.
- Hallouti A., Ait Hamza M., Zahidi A., Ait Hammou R., Bouharroud R., Ben Aoumar A.A. and Boubaker H., 2020. Diversity of entomopathogenic fungi associated with Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)) *In*: Moroccan Argan forests and nearby area: impact of soil factors on their distribution. BMC Ecology. Morocco. pp 14.
- Hernández Domínguez C., Guzmán Franco, A.W., 2017. Species Diversity and Population Dynamics of Entomopathogenic Fungal Species in the Genus *Metarhizium*—a Spatiotemporal Study. *Microb Ecol.* pp 194–206. Extraído el 18 de noviembre de 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00248-017-0942-x>
- Magurran A.E., 2013. Measuring biological diversity. New York: Wiley 3 ed. pp. 1-32
- Massensini A.M., Bonduki V.H.A., Melo C.A.D., Tótola M.R., Ferreira F.A., and Costa M.D.. Soil microorganisms and their role in the interactions between weeds and crops. 2014, Agosto. *Planta Daninha, Viçosa-MG*, v. 32, n. 4, pp. 873-884.
- Mo M.H., Chen W.M., Su H.Y., Zhang K.Q., Duan C.Q., He D.M., 2006. Heavy metal tolerance of nematode-trapping fungi in lead-polluted soils. *Appl Soil Ecol.* 31 (1–2):11–9.
- Nihorimbere V, Ongena M., Smargiassi M., Thonart P., 2011. Beneficial effect of the rhizosphere microbial Community for plant growth and health. *Belgique. University of Burundi* 15. (2):327-337
- Pérez-López R.I., Mata G., Aragón García A., Jiménez García D., Romero-Arenas O., 2015. Diversidad de hongos silvestres comestibles del cerro El Pinal, municipio de Acajete, Puebla, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios.* pp. 6.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), 2021. Plátano: la fruta tropical más cultivada en México. México. Extraído el 18 de noviembre de 2021. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/hoy-dia-del-platano?idiom=es>

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Cantidades de producción de plátano a nivel nacional, 2019. Extraído el 18 de noviembre de 2021. Disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Torres Swing, 2012. Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle del Chira. Extraído el 18 de noviembre de 2021. Disponible en <https://blogdefagro.com/2019/10/02/fenologia-del-banano/>
- Walker C. 1992. Systematics and taxonomy of the arbuscular endomycorrhizal fungi (Glomales)- a possible way forward. *Agronomie. EDP Sciences* 12 (10):887-897.
- Yadav Ajar N., Mishra S., Singh S., Gupta A., 2019. Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi. Springer Nature Switzerland. Himachal Pradesh, India 1 pp. 1-84
- Yang H., Zang Y., Yuan Y., Tang J. and Chen X., 2012. Selectivity by host plants affects the distribution of arbuscular mycorrhizal fungi: evidence from ITS rDNA sequence metadata. BMC Evolutionary Biology 12 pp.50.