

DRENCH: ENRAIZADORES QUÍMICOS Y ORGÁNICOS: EFECTOS DE SUS APLICACIONES A LA MICROBIOTA DEL SUELO EN EL CULTIVO DE BANANO**DRENCH: CHEMICAL AND ORGANIC ROOTERS: EFFECTS OF THEIR APPLICATIONS TO SOIL MICROBIOTA IN BANANA CROP**

Karen Andrea Bermeo Rodríguez¹

Email: kbermeo3@utmachala.edu.ec

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3699-1224>

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

Email: jquevedo@utmachala.edu.ec

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Rigoberto Miguel García Batista¹

Email: rmgarcia@utmachala.edu.ec

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

Julio Enrique Chabla Carillo¹

E-mail: jechabla@utmachala.edu.ec

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9761-5890>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Bermeo Rodríguez, K. A., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., Chabla Carillo, J. E. (2022). Drench: Enraizadores químicos y orgánicos: Efectos de sus aplicaciones a la Microbiota del suelo en el Cultivo de Banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 46-58. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los efectos de las aplicaciones de enraizadores químicos y orgánicos al microbiota del suelo en el cultivo de banana, en la finca "Nueva Era", cantón El Guabo. Se realizó un diseño en bloques completamente al azar, con 25 tratamientos de enraizadores y 1 testigo, la variable a evaluar fue: cantidad de los diferentes géneros o especies de microorganismos benéficos y patógenos en el suelo con respecto a la presencia o ausencia en relación a dos aplicaciones bimensuales en los tratamientos, se tomaron 2 muestreos de suelo, con 3 repeticiones por tratamientos, para la colocación de trampas e identificación por técnicas de microscopía y comparación visual de los microorganismos en el suelo y clasificación por géneros/especies. Para el procesamiento estadístico de los datos, se llevó a cabo un ANOVA de un factor en el programa estadístico SPSS para conocer si existe significancia entre los tratamientos y con el programa Excel se efectuó una comparación entre los muestreos para obtener la cantidad de microorganismos presentes o ausentes por tratamientos. Los resultados indican que el T19 (3 litros de Equilibri + 5 kg de Biochar), aumenta la presencia de 4 microorganismos benéficos destacándose la presencia del género *Trichoderma* spp., controlador biológico de nematodos, *Fusarium* y *Rhizoctonia*, y evita la presencia de 7 microorganismos patógenos.

Palabras claves: microorganismos, enraizadores, suelo, trampas de arroz, banana.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effects of the applications of chemical and organic rooting agents to the soil microbiota in banana cultivation, in the "Nueva Era" farm, El Guabo canton. A completely randomized block design was carried out, with 25 rooting treatments and 1 control. The variable to be evaluated was: quantity of the different genera or species of beneficial and pathogenic microorganisms in the soil respect to the presence or absence in relation to Two bimonthly applications in the treatments, 2 soil samplings were taken, with 3 repetitions per treatments, for the placement of traps and identification by microscopy techniques and visual comparison of the microorganisms in the soil and classification by genera / species. For the statistical processing of the data, a one-way ANOVA was carried out in the SPSS statistical program to know if there is significance between the treatments and with the Excel program a comparison was made between the samplings to obtain the number of microorganisms present or absent for treatments. The results indicate that T19 (3 liters of Equilibri + 5 kg of Biochar), increases the presence of 4 beneficial microorganisms, highlighting the presence of the genus *Trichoderma* spp., biological controller of nematodes, *Fusarium* and *Rhizoctonia*, and avoids the presence of 7 microorganisms. pathogens.

Keywords: microorganisms, rooters, soil, rice trap, banana.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano en el Ecuador es el rubro más importante por ser el principal ingreso económico en el sector agrícola, es conocido mundialmente por sus diversas propiedades nutricionales, además en nuestro país es una fruta económica debido a que existe gran extensión del cultivo. En la provincia de El Oro, representa 42% de fruta producida, ocupando el segundo lugar en el país con mayor producción y calidad, por las condiciones edafoclimáticas y ecológicas adecuadas para el cultivo, logrando ser el principal exportador a nivel mundial. (Yáñez Bustamante et al., 2020).

El suelo es un ente de vida y hábitat de los microorganismos. El uso de microorganismos benéficos (hongos y bacterias) son herramientas básicas implementadas para el desarrollo de una agricultura orgánica para el medio productivo. Los principales microorganismos aplicados se destaca los géneros de *Trichoderma* spp., y *Beauveria* spp., y especies de micorrizas, como el género *Bacillus* spp. [Cohn](#), estos agentes biológicos han probado su eficiencia para el control de plagas mediante varios mecanismos de acción entre los que se destacan el antibiosis, micoparasitismo o competencia (Viera-Arroyo, 2020).

Además, posee un efecto como organismos promotores de crecimiento vegetal, destacando el nivel de biomasa radicular y mejorando la absorción de nutrientes como nitrógeno y calcio, los cuales se encuentran relacionados con la división celular, estructura de las paredes celular, crecimiento de la planta. También en la incidencia en el rendimiento de los cultivos hasta un 20% de incremento de producción. (Viera-Arroyo, 2020).

Los microorganismos patógenos son considerados causantes de varias enfermedades debido al daño que

causa en las diferentes etapas de desarrollo de la planta y provocando aproximadamente el 25% de pérdidas en los cultivos. La implementación de manera tradicional para su control se basa en la aplicación de productos sintéticos, pero el uso de los mismos ha ocasionado problemas en la salud humana, animal y medio ambiental, también genera resistencia en los patógenos. (Hernández Montiel et al., 2018).

Los enraizadores aportan al crecimiento y formación apropiada de las raíces contribuyendo al desarrollo de la planta, siendo fundamental debido a que se logra con un mayor número de raíces aprovechar de una manera más eficiente los nutrientes disponibles en el suelo, obteniendo una planta con mayor vigor y productividad.

El objetivo del estudio fue determinar los efectos de las aplicaciones de enraizadores químicos y orgánicos al microbiota del suelo en el cultivo de banano, cantón El Guabo, parroquia La Iberia. La colecta de microorganismos se realizó con trampas de arroz, para proceder a la identificación de hongos benéficos y patógenos, finalmente medir la eficacia de los 25 tratamientos enraizadores y 1 testigo participantes en el estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Finca “Nueva Era”, ubicada en la provincia de El Oro, cantón El Guabo, parroquia La Iberia, con coordenadas geográficas: latitud 3°14'39.08”S y longitud 79°53'44.97”O, una superficie total de 8,54 ha, según los registros del INAHMI posee una temperatura promedio de 25°C, un clima tropical húmedo con precipitaciones medias anuales de 2000 mm en épocas lluviosas (Figura 1).

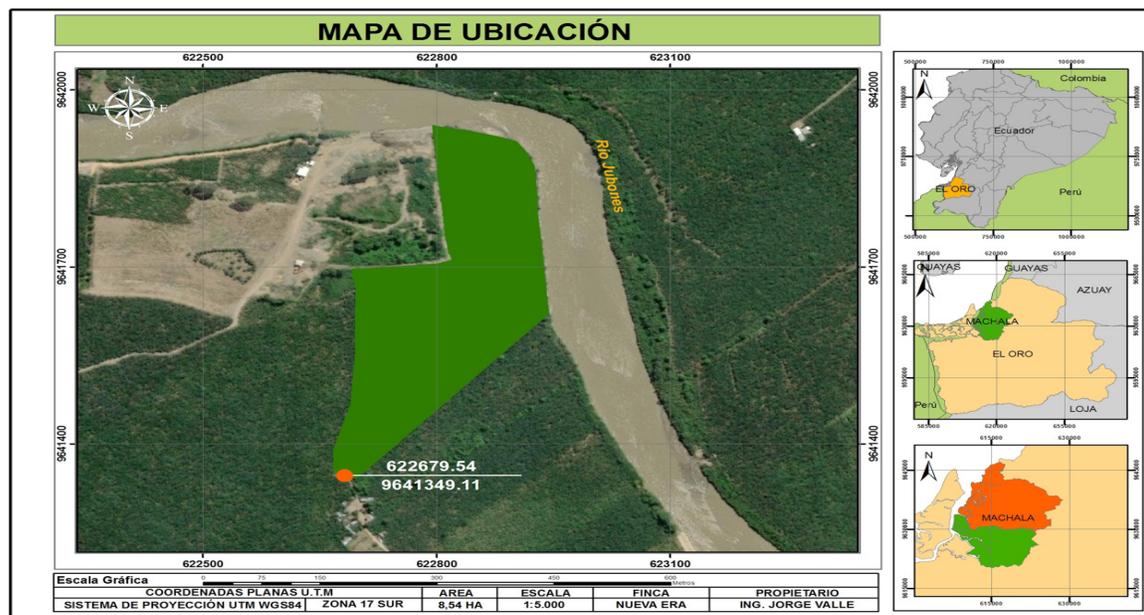


Figura 1. Ubicación del área de estudio

En la Figura 2, se muestra el mapa de la taxonomía del suelo, donde ubicamos el área de estudio, el orden de este suelo es Entisol. Según el mapa de taxonomía de suelos del Atlas de la Provincia de El Oro. (Villaseñor et al., 2015).

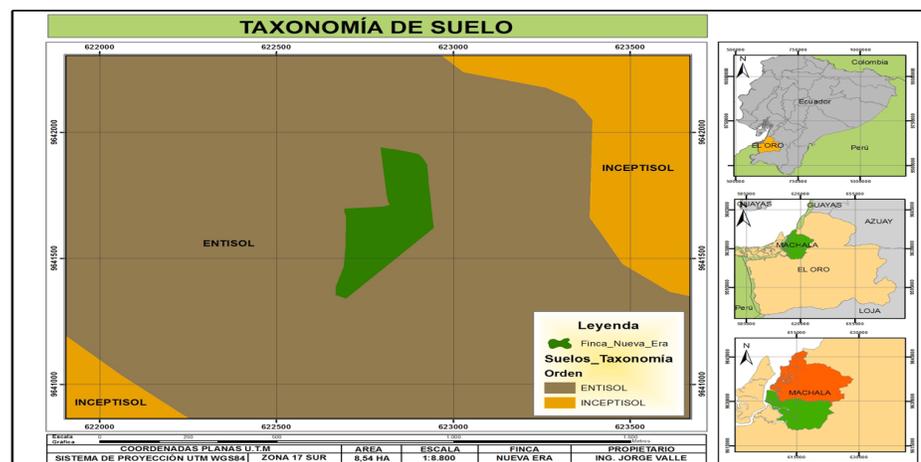


Figura 2. Taxonomía de suelo del área de estudio

Tratamientos, se establecieron 25 tratamientos de enraizadores con diferentes combinaciones y dosis y 1 testigo, detallados en la Tabla 1, el área asignada fue de 7,8 ha del cultivo establecido de banano.

Tabla 1. Tratamientos: combinaciones y dosis

Tratamientos	Combinaciones y dosis
T1	3 litros de Eutro
T2	2 litros de Eutro + 1 litro de Sinergy + 5 kg de Biochar
T3	2 litros de Eutro + 1 litro de Sinergy + 1 kg de Power húmico
T4	2 litros de Eutro + 1 litro de Sinergy + 1 kg de Activo-80
T5	3 litros de Sinergy
T6	4 litros de BIO + 1 kg de Brumi
T7	4 litros de BIO+ 5 kg de Biochar
T8	4 litros de BIO+ 1 kg de Power húmico
T9	4 litros de BIO + 1 kg de Activo
T10	2 litros de Aminolant-Ca + 1 litro de Aminolant-Zn
T11	2 litros de Aminolant-Ca+ 1 litro de Aminolant-Zn+ 5 kg de Biochar
T12	2 litros de Aminolant-Ca + 1 litro de Aminolant-Zn + 1 kg de Power húmico
T13	2 litros de Aminolant-Ca+ 1 litro de Aminolant-Zn + 1 kg de Activo-80
T14	2 litros de Terra-Foliar + 1 litro de Aminolant-Ca
T15	2 litros de Terra-Foliar + 1 litro de Aminolant-Ca + 5kg de Biochar
T16	2 litros de Terra-Foliar + 1 litro de Aminolant-Ca + 1kg de Power húmico
T17	2 litros de Terra-Foliar + 1 litro de Aminolant-Ca + 1 kg de Activo-80
T18	3 litros de Equilibri
T19	3 litros de Equilibri + 5 kg de Biochar
T20	3 litros de Equilibri + 1 kg de Power húmico
T21	3 litros de Equilibri + 1 kg Activo-80
T22	2 kg de Raizo + 0.5 litros de Biozyme-TF + 1kg de Carbox
T23	2 litros de Rot-Mos+1 litro de Activo-80
T24	2 litros de Equilibri +1 litro de Aminolant-Ca +1 litro de Aminolant- Zn
T25	2 litros de Equilibri +1 litro de Aminolant-Ca +1 litro de Aminolant- Zn + 5 kg de Biochar
T26	Testigo



Diseño experimental, los 25 tratamientos de enraizados y 1 testigo fueron ubicados en bloques completamente al azar (Figura 3), se evaluaron 2 muestreos de suelo de las aplicaciones bimensuales de los enraizadores, con 3 repeticiones por tratamiento, obteniendo un total de 156

muestras. El T26 (testigo) permitió evaluar los efectos de las aplicaciones de enraizadores orgánicos y químicos al microbiota del suelo y obtener el tratamiento más óptimo para el crecimiento de los microorganismos benéficos.



Figura 3. Diseño experimental de los tratamientos

Las actividades desarrolladas en el estudio fueron las siguientes:

Recolección de microorganismos mediante muestras de suelo, se retiró el material vegetal presente en el suelo, se tomaron las muestras con un palín en un perfil de 25 cm superficial en la banda de fertilización de la planta de banano, finalmente fueron depositadas en recipientes plásticos para evitar dañar el prisma del suelo y etiquetadas para su respectivo procesamiento en laboratorio.

Colocación y obtención de microorganismos a través de trampas de arroz, colocar arroz cocinado en cada vaso para sellarlo con gasas quirúrgicas, se empleó 3 trampas

de arroz en cada muestra de suelo dando un total de 468 trampas de los dos muestreos. El tiempo transcurrido para que en el arroz se observen las diferentes colonias de hongos, identificadas por colores es de 6-7 días, procediendo a extraer las trampas para iniciar con la identificación de los microorganismos presentes en cada muestra. (Figura 4 a, b, c)



Figura 4. a) Llenado de trampas con arroz; b) Colocación de trampas de arroz en las muestras de suelo; c) Obtención de los granos de arroz con los diferentes colores.

Observación de microorganismos, inicia con la selección de granos de arroz que tenga color totalmente puro sin afectación, con el uso de una pinza disección curva punta fina, sostener el grano de arroz y con cinta adhesiva tocar la parte donde se visualice el color para obtener la muestra, es fundamental desinfectar la pinza con alcohol y pasarla por el mechero.

En el microscopio con un lente de 40x, observar las muestras y capturar las imágenes con una cámara microscópica MD500, resolución de 5.0MP mediante el Software AmScope. En algunas muestras es necesario colocar unas gotas de azul de lactofenol en el portaobjeto para una mayor visualización.

Identificación de microorganismos, de forma macroscópicamente se visualizó el color de los granos de arroz y microscópicamente se consideró la forma, color, estructura constituida por los conidios (esporas), esporangios, micelios e hifas (Cepero de Garcia et al., 2012).

Para la identificación taxonómica a nivel de género y/o especie, utilizando para ello diversas claves taxonómicas como "CMI descriptions of pathogenic fungi and bacteria" perteneciente a la Commonwealth Micological Institute, "Entomopathogenic Fungal Identification" escrita por Richard Humber, "Biología de los hongos", y artículos científicos especializados en la descripción de hongos.

Variable, cantidad de los diferentes géneros o especies de microorganismos benéficos y patógenos en el suelo con respecto a la presencia o ausencia en relación a dos aplicaciones bimensuales en los tratamientos.

Análisis Estadístico, para el análisis de datos se realizó un ANOVA de un factor para determinar la existencia de

diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de estudio mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics.

Con el uso del software Excel, se realizó una comparación entre el muestreo 1 y 2 para obtener la cantidad de microorganismos presentes o ausentes en cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se indica en la Figura 5, la comparación con respecto a la presencia o ausencia de la población de microorganismos patógenos en los 2 muestreos realizados. El tratamiento 19 (3 litros de Equilibri+ 5 kg de Biochar) que posee el mejor resultado en la ausencia de la población de 7 hongos patógenos, debido al ingrediente activo de Equilibri son aminoácidos que contienen fenilalanina ayuda a prevenir patógenos de igual forma el biochar posee etileno y entre otros compuestos resultado de la pirólisis que le atribuye propiedades antimicrobianas y nematocidas en el suelo (González-Marquetti et al., 2021).

Lo contrario se obtuvo con el tratamiento 12 (2 litros de Aminolant-Ca + 1 litro de Aminolant-Zn + 1 kg de Power húmico), posee mayor presencia de 7 patógenos en su población, el tratamiento 9 (4 litros de BIO + 1 kg de Activo) también tiene el mismo aumento mencionado en el T12. El tratamiento 14 (2 litros de Terra-Foliar + 1 litro de Aminolant-Ca) obtuvo una población superior con un valor total de 10 patógenos.

El tratamiento 26 (testigo), la presencia de patógenos con una cantidad de 2, indicando que la mayoría de enraizadores inciden en el crecimiento consecuencia que posee un pH ácido generando un suelo adecuado para el hábitat de los mismos.

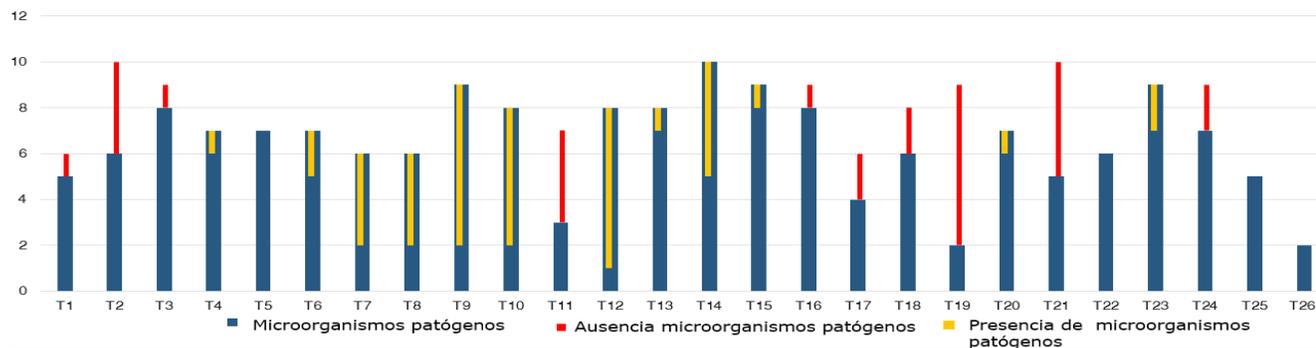


Figura 5. Efectos de los resultados de las aplicaciones de enraizadores con respecto a la ausencia o presencia de microorganismos patógenos

En la Figura 6, se indica la comparación de la cantidad presentes o ausentes de los microorganismos benéficos en los tratamientos, obteniendo como el mejor tratamiento el 19 con mayor presencia de 4 benéficos, en la composición del tratamiento posee 3 litros de Equilibri + 5 kg de Biochar, adquiere una presencia significativa con un valor total de 7 microorganismos, verificando lo que manifiesta García Batista et al., (2020) que el biocarbón tiene funciones de elevar el contenido de materia orgánica, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, para un crecimiento mayor de hongos como *Trichoderma*, *Beauveria Bassiana* y *Bacillus*.

El testigo (T 26), mantiene la misma cantidad de presencia de hongos con 7 benéficos, debido que posee un buen drenaje, aireación y el pH del suelo no varió por la aplicación de enraizadores conservando un medio adecuado para el desarrollo de ellos. Lo contrario ocurrió con los tratamientos 12,9 y 14 generan ausencia con un valor de 6 hongos benéficos, el T23 (2 litros de Rot-Mos+ 1 litro de Activo-80) no se evidenció la presencia de dichos microorganismos.

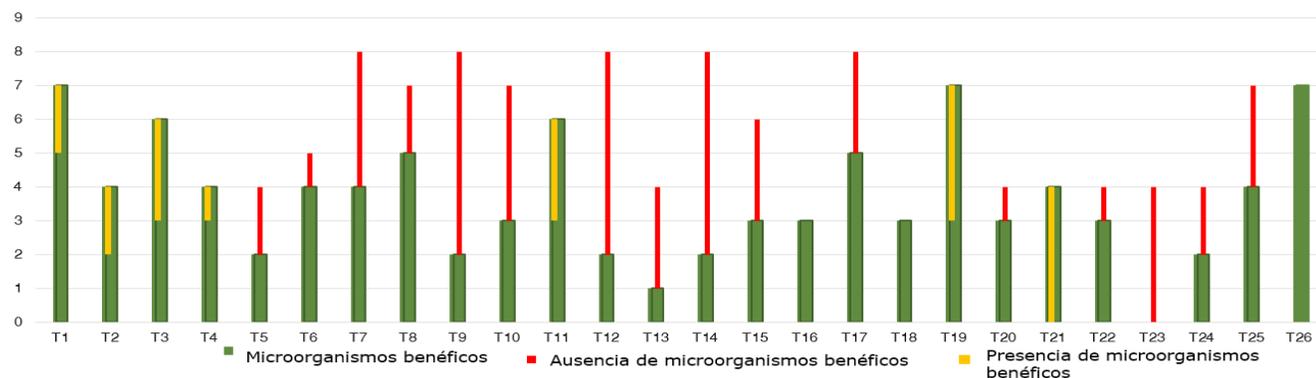


Figura 6. Efectos de los resultados de las aplicaciones de enraizadores con respecto a la ausencia o presencia de microorganismos benéficos

El análisis de los resultados nos muestran que para determinar el nivel de significancia entre los tratamientos mediante ANOVA, resultados se aprecia en la tabla 2, observando que existe significancia en *Chaetomium* spp., debido que estuvo en menor presencia en los tratamientos evaluados con un valor de 0.028, el desarrollo del género se encuentra principalmente en cultivos de madera en mayor porcentaje; sin embargo, la presencia de ellos

en mayores poblaciones provocan pudrición en el fruto, derivado que *Chaetomium* spp. basa su alimentación en materiales con celulosa, coincidiendo con resultados obtenidos por (Romero Velazquez et al., 2015).

Las variables restantes no muestran diferencia significativa, sus valores son mayores a 0.05 según el análisis estadístico.

Tabla 2. Anova para determinar la significancia entre variables

ANOVA									
Variable	Beauveria bassiana	Trichoderma spp.	Bacillus spp.	Aspergillus spp.	Cladosporium spp.	Chaetomium spp.	Fusarium spp.	Penicillium spp.	Rhizopus spp.
Sig.	.256	.677	.499	.866	.801	.028	.874	.798	.788

La Figura 7, nos muestra que el tratamiento 23 (2 litros de Rot-Mos+ 1 litro de Activo-80) genera una media significativa de 4.5 individuos a diferencia de los otros tratamientos que no presentan *Chaetomium spp.* Kunze, o se mantienen en un rango menor, el T23 posee pH óptimo para el desarrollo del género de 7.1 a 10.4 debido que los dos enraizadores son alcalinos, aunque también crece en pH de 3.51, pero en mínimas cantidades, coincidiendo con (Fogle et al., 2008).

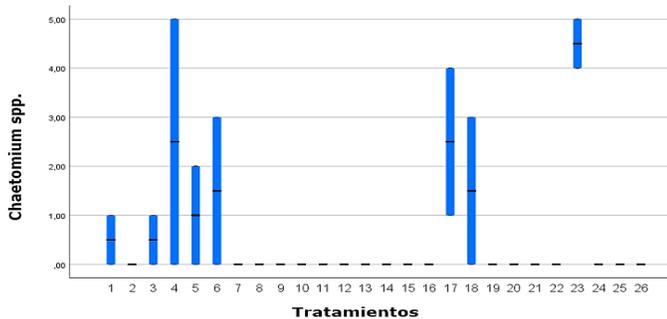


Figura 7. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Chaetomium spp.*

El valor de las medias de T11 y T25 obtuvieron los mejores resultados con una mayor cantidad de *Beauveria bassiana*, valores máximos: 6 y 7.5 (Figura 8), destacando que en ambos en su composición poseen biochar. De acuerdo a González-Marquetti et al., (2021) las partículas del biochar constituido por nutrientes e iones adsorbidos sobre su superficie, nutren a los microorganismos benéficos (*Beauveria bassiana*) del suelo y estimulan su crecimiento, obteniendo un suelo con mayores propiedades nutritivas.

La presencia de *Beauveria bassiana*, en los tratamientos, es importante para controlar biológicamente el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de banano. Este género parasita a varias especies de insectos, a través de sus esporas que germinan y penetran la cutícula del insecto, produciendo hifas que se extienden por la estructura interna del insecto y provocando su muerte (Gonz et al., 2009).

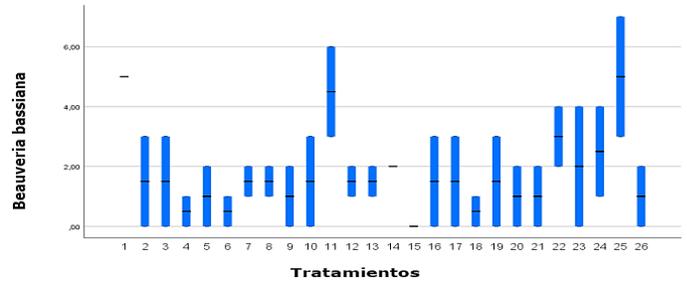


Figura 8. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Beauveria bassiana*.

En la Figura 9, se observa que el tratamiento 26 logra el mejor resultado respecto a la media y los valores mínimos de 5 y máximo de 7 de la cantidad del género, presente en el suelo, la aplicación de enraizadores, influye en menor escala la proliferación de *Trichoderma spp.* El Tratamiento 11 y 23 no presenta *Trichoderma spp.* debido que ambos poseen suelo arcilloso, destacando que el desarrollo del género se incrementa con la humedad, con un óptimo del 60% de la capacidad de retención de humedad del suelo, en porcentajes con mayor saturación, la colonización y sobrevivencia se reduce por la baja disponibilidad de oxígeno (Martínez et al., 2013).

Según menciona Martínez et al., (2013), la cantidad de *Trichoderma spp.*, presente en suelo incrementa la desactivación de enzimas de patógenos: *Fusarium*, *Rhizoctonia* y nematodos, también desempeña su acción como antagonista y colonizador de las raíces, incrementando el crecimiento de raíces que permite tolerar el estrés de las plantas, solubilizar y absorber nutrientes inorgánicos y estimular el desarrollo vegetal.

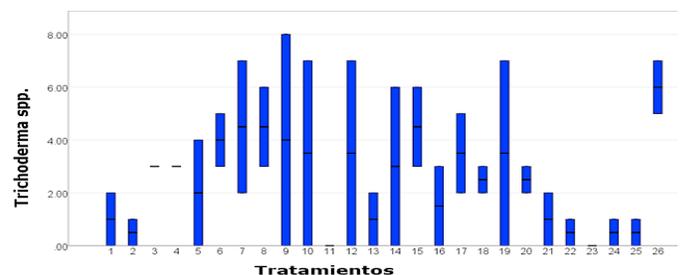


Figura 9. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Trichoderma* spp.

En la Figura 10, se observa que el T2 (2 litros de Eutro + 1 litro de Sinergy + 5 kg de Biochar) es el único que posee *Bacillus* spp., con una media de 1 y valores mínimos del género de 0 y máximo 2, el contenido de Biochar en su combinación aporta al desarrollo de bacterias promotoras como lo indican los autores González-Marquetti et al., (2021), la aplicación de biochar mejora las interacciones con los microorganismos, las partículas del mismo contienen nutrientes e iones adsorbidos, ayudando a la nutrición de los hongos y bacterias (*Bacillus* spp.) y estimulando a su crecimiento.

Cabe destacar que colonización de *Bacillus* spp. en el sistema radicular de la planta evita el desarrollo agente causantes de enfermedades fúngicas. Posee también la capacidad de fijar nitrógeno y solubilizar fosfatos, obteniendo un efecto positivo en el desarrollo vegetal y en el incremento del potencial productivo (Corrales et al., 2017).

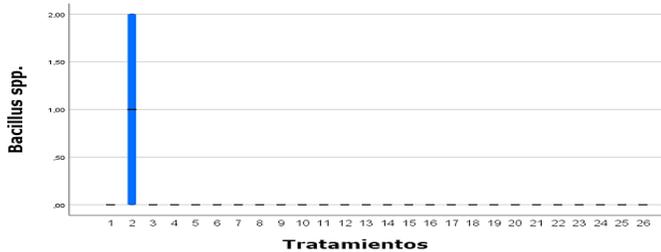


Figura 10. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Bacillus* spp.

La Figura 11 muestra los tratamientos con mayor cantidad de *Aspergillus* spp., con una media de 1.00 son el T1, T3 y T23, el resto de tratamiento especialmente los que en su composición posee biochar no presentan o se encuentran en menor cantidad, logrando un efecto positivo para el control del patógeno, concordando con los autores González-Marquetti et al., (2021), que mencionan la capacidad que tiene biochar para la absorción moléculas orgánicas de pequeño y gran tamaño, hasta sustancias químicas presentes en los exudados de la raíz, obteniendo el cambio químico de la rizosfera y modificando la estructura de la comunidad, logrando reducir el desarrollo de patógenos (*Aspergillus* spp).

Es importante realizar un control biológico mediante *Bacillus* o *Trichoderma*, debido que *Aspergillus* ssp., tiene la capacidad de producir aflatoxinas que, al momento de contaminar el fruto, los efectos varían desde los cancerígenos, mutaciones hasta producir desórdenes hormonales, perjudicando al consumidor. Cabe indicar que persiste a la digestión, cocción y congelamiento una vez contaminado el producto (Yuef et al., 2013)almacenaje, transporte y procesamiento para el consumo humano o animal. El grano de maíz posee una microbiota particular de bacterias, insectos y hongos que pueden causarle daños. Entre ellos, el género fúngico *Aspergillus* y, de éste, las especies *A. flavus* y *A. parasiticus* son las más importantes porque producen aflatoxinas que provocan

gran variedad de efectos tóxicos en seres vivos expuestos al grano contaminado. Actualmente, las regulaciones mexicanas establecen límites permisibles sólo para aflatoxinas en cereales y sus productos, excluyendo otras micotoxinas. Las condiciones de producción de maíz en climas tropicales y subtropicales, particularmente en el noreste de México, favorecen las infecciones por hongos toxígenos. Por ello, es necesario la identificación e implementación de estrategias que reduzcan la contaminación en el grano. Entre ellas, destacan el uso de híbridos de maíz con resistencia a sequía, plagas, enfermedades y altos rendimientos de grano (H-436, 437, 439, 443A).

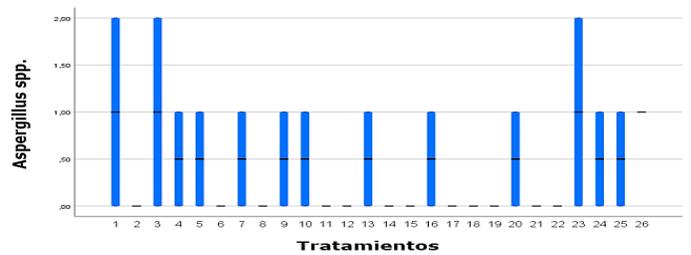


Figura 11. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Aspergillus* spp.

En la Figura 12, se evidencia que el T26 (testigo) no presenta *Cladosporium* spp. Link, de igual forma el T10, T17 y T18, mientras que el resto de tratamientos presentan medias desde 1 hasta 5 del patógeno, los autores Pacasa-Quisbert et al., (2017), mencionan que el presente género pertenece a los hongos filamentosos, toleran pH ligeramente ácidos o alcalinos con valores hasta 9, las propiedades físicas y químicas del suelo son factores que influyen en la presencia de dicho género, por ende se encuentra en la mayoría de los tratamientos por su adaptabilidad a las diversas condiciones que presenta el suelo,

Cladosporium spp., pertenece a los hongos que afectan a la superficie cortada de la corona del banano, inicia con el ablandamiento del tejido donde se realizó el corte de la corona para avanzar al pedúnculo de la fruta, provocando pérdidas económicas a los productores, no existe variedades resistentes a dicho problema fitosanitario.

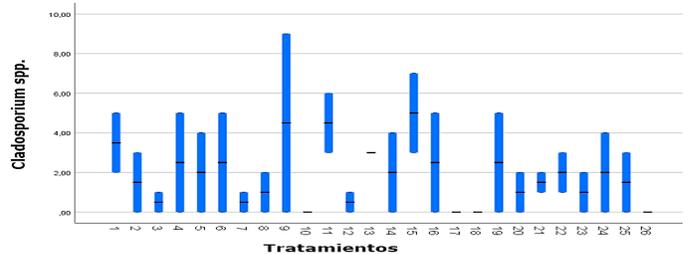


Figura 12. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Cladosporium* spp.

En la Figura 13, se indica que los tratamientos que en su composición contienen biochar, posee un índice de presencia bajo de *Fusarium* spp. Link ex Grey, con excepción del T2, tiene una media de 1.50 y valores máximos de 3.00, el producto enraizador controla el género

patógeno, como mencionan González-Marquetti et al., (2021) que el biochar elimina a *Fusarium* spp., efecto que produce variaciones en la composición de los exudados de la raíz de las plantas, causando una reducción significativa de crecimiento de los micelios obteniendo la erradicación del hongo, también inicia una simbiosis con los microorganismos benéficos.

El género *Fusarium* spp., es considerado como microorganismo de campo debido a las distintas afectaciones

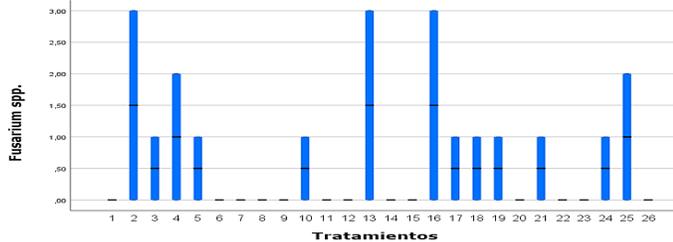


Figura 13. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Fusarium* spp.

El tratamiento que posee mayor cantidad de *Penicillium* spp. Link, es el T18 (3 litros de Equilibri) con una media de 2.5 y un máximo de 5.00 con respecto a la presencia del patógeno (Figura 14), posee un pH de 7.5 generando un ambiente adecuado para la proliferación del hongo, de acuerdo a los autores Koul & Singh, (2017), el género se adapta principalmente en suelos neutros a ligeramente alcalinos, el daño que ocasiona conjunto otros microorganismos como *Fusarium roseum*, *Colletotrichum musae*, es la afectación de corona debajo de los cuellos de los dedos provocando su caída.

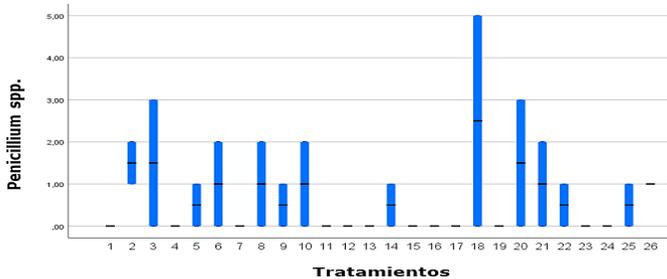


Figura 14. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Penicillium* spp.

Como se observa en la Figura 15, los T4, T9 y T26 no muestran presencia de *Rhizopus* spp, los dos primeros mencionados en su composición poseen Activo-80, un enraizador que contiene principalmente el 98% ácido húmico y con un pH del 9.7, confirmando lo que mencionan Cepero de Garcia et al., (2012), algunos hongos filamentosos no resisten pH muy elevados, disminuyendo la presencia de ellos en el suelo. *Rhizopus* spp, causa afectaciones en la corona de banano dando una tonalidad negruzca avanzando hasta los dedos del fruto.

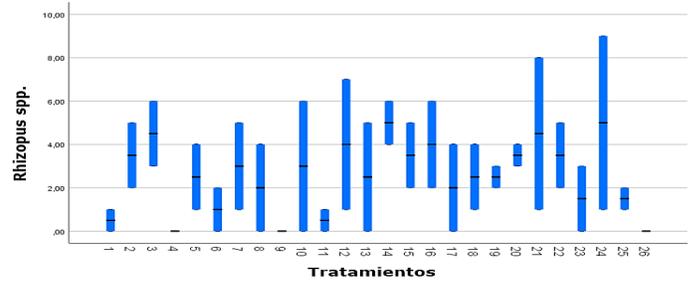


Figura 15. Medias y cuartiles de los tratamientos para la variable de *Rhizopus* spp.

En la Figura 16, se observa microscópicamente los géneros patógenos identificados en los diferentes tratamientos, resaltando en menor presencia *Chaetomium* spp., (Figura 16e), las características macroscópicas son algodonosa inicialmente de color blanco, se torna en grisáceo, verde olivo hasta pardo, microscópicamente presenta ascoporas limoniformes o globosas e hifas peridiales ondulados, espiralados y/o rectos (Regio-iraq, 2010).

La Figura 16a se observa los macroconidios de *Fusarium* spp. en forma de media luna de uno a cinco septos, los microconidios de forma elíptica y oval, comúnmente no posee septos, macroscópica el pigmento es rosado a rojizo en ocasiones violeta, como manifiestan los autores López & Castaño, (2019) en su investigación.

Penicillium spp., presenta una coloración macroscópica azul verdoso, verde oscuro, amarillo verdoso, de manera algodonosa, constituido por conidios esféricos (Figura 16b) junto a los conidióforos que forman el pincel característicos del género (Humber, 2005).

Otro hongo presente en la identificación es *Aspergillus* spp, sus conidios usualmente tienen estructura globosa y esférica, con una coloración oscura (Figura 16c), la base del conidióforo en forma de "T" invertida, macroscópico se visualizó los colores amarillo pálido y verdoso.

Rhizopus spp., se observó la presencia de colonias algodonosas de color blanco con puntuaciones negras para convertirse después de 3 días, de color negro en su totalidad, es un género de crecimiento rápido en las trampas, como se observa en la Figura 16d constituida por esporangios esféricos negros y esporangióforos sin ramificaciones del mismo color (Cepero de Garcia et al., 2012).

Finalmente, el hongo *Cladosporium* spp., caracterizado por su coloración verde oliva, gris verdoso o marrón oscuro. En la Figura 16f-g se muestra las hifas finas, septadas, ramificadas con conidios fusiformes, cilíndricos agrupados en cadenas o racimos, afirmando lo descrito por (Humber, 2005).

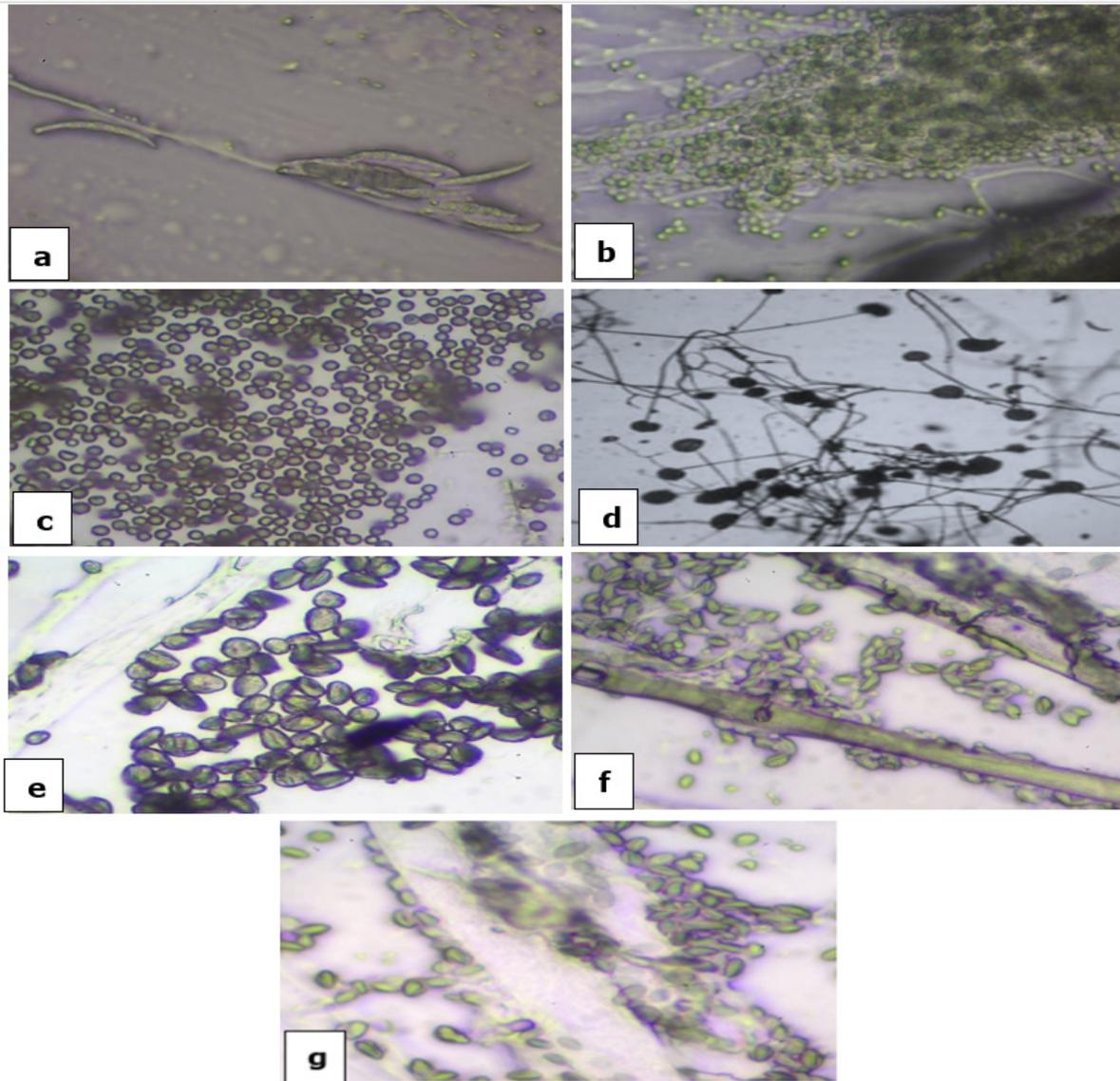


Figura 16. Microorganismos patógenos observados microscópicamente con un lente de 40x; a) Macroconidios y microconidios de *Fusarium* spp.; b) Conidios de *Penicillium* spp.; c) Conidios de *Aspergillus* spp.; d) *Rhizopus* spp.; e) Ascosporas de *Chaetomium* spp.; f-g) Conidios e hifas de *Cladosporium* spp.

En la Figura 17, se observa microscópicamente los géneros benéficos: la especie *Beauveria bassiana*, macroscópicamente posee un color blanco algodónoso que se torna en amarillento pálido en las trampas. En la Figura 17a, las esporas esféricas ligeramente ovaladas con hifas septadas que forma el conidióforo simple en pocas ocasiones pueden ser agrupados, se muestra un conidióforo completo (Figura 17b), como lo manifiesta los autores (Cepero de Garcia et al., 2012).

Según García-Núñez et al., (2017), *Trichoderma* spp., se observa de forma macroscópica: verde, olivo y amarillo verdoso, presenta conidios ligeramente ovoides, esféricos que forman racimos globosos o fiálides solitarios en los extremos de los conidióforos (Figura 17c y d), estos pueden ser o no ramificados. Utilizado para controlar

fitopatógenos debido a su capacidad de reproducción y sobrevivir a condiciones ambientales desfavorables, eficiente para promover el crecimiento en las plantas.

La bacteria *Bacillus* spp., se caracteriza por su forma bacilar (Figura 17e), posee endosporas que crean cadenas sin presencia de flagelos (Figuran 17f) resistentes a condiciones extremas, con un color macroscópicamente blanco que suele tornarse crema, utilizado como un eficiente controlador biológico en la agricultura de especies como *Fusarium* spp, *Verticillium* spp, *Phytophthora* spp, entre otros (Cepero de Garcia et al., 2012).

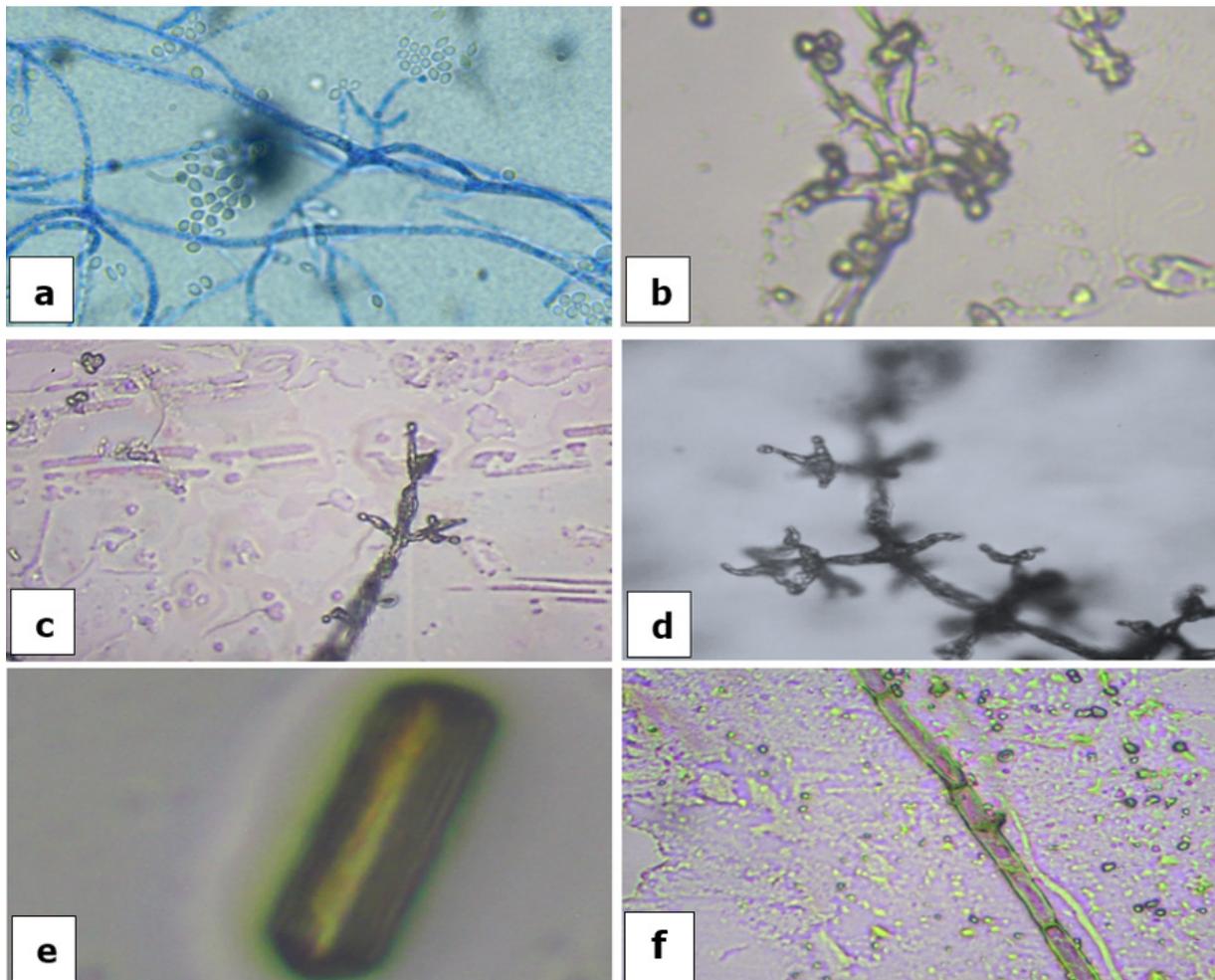


Figura 17. Microorganismos benéficos observados microscópicamente con un lente de 40x.; a-b) *Beauveria bassiana*; c-d) *Trichoderma* spp.; e-f) *Bacillus* spp.

CONCLUSIONES

El mejor resultado de los tratamientos de enraizadores químicos y orgánicos, con un efecto positivo es el T19 (3 litros de Equilibri + 5 kg de Biochar), posee una ausencia de 7 patógenos y aumenta la cantidad de presencia de 4 microorganismos benéficos, destacándose el género *Trichoderma* spp., un controlador biológico de nematodos, *Fusarium* y *Rhizoctonia*. En su composición, *Equilibri* contiene fenilalanina sustancia que previene a los patógenos y el uso de Biochar actúa con sus propiedades antimicrobianas y nematicidas, logrando una combinación eficiente que contribuye a mantener un microbiota con hongos benéficos y suelos con mejor retención de nutrientes, agua, estructura y aireación.

El testigo (T26) se destacó por mantener la cantidad de 7 microorganismos benéficos y con un valor bajo de 2 microorganismos patógenos, debido a que el suelo del T26 se caracteriza por un tener un buen drenaje, aireación y principalmente el pH no fue alterado por ningún enraizador, conservando un hábitat adecuado para el desarrollo de hongos benéficos. El tratamiento 14, obtuvo un efecto

negativo en el microbiota del suelo, obteniendo el mayor valor con 10 patógenos, de igual forma el tratamiento 12 y 9 aumenta la presencia con 7 patógenos en su población.

Los 25 tratamientos de enraizadores químicos y orgánicos junto al testigo se identificaron 9 géneros: *Chaetomium* spp, *Bacillus* spp, *Trichoderma* spp, *Beauveria bassiana*, *Aspergillus* spp, *Penicillium* spp, *Cladosporium* spp, *Fusarium* spp, *Rhizopus* spp. El género *Chaetomium* spp, presentó significancia con valor de 0.028 debido que se encontró en menor presencia en solo 8 tratamientos, dicho patógeno en mayores poblaciones causa pudrición al fruto, es primordial realizar un control para evitar la proliferación en el suelo.

El tratamiento 2 (2 litros de Eutro + 1 litro de Sinergy + 5 kg de Biochar), se caracterizó por ser el único en presentar *Bacillus* spp. La aplicación de biochar aporta al desarrollo de bacterias promotoras.

BIBLIOGRAFÍA

- Cepero de Garcia, M. C., Restrepo Restrepo, S., ranco Molano, A. E., Carenas Toquica, M., & Vargas, Estupiñan, N. (2012). Biología de hongos. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., & Rodríguez, J. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *Nova*, 15(27), 45–65. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702017000100046
- Fogle, M. R., Douglas, D. R., Jumper, C. A., & Straus, D. C. (2008). Growth and mycotoxin production by *Chaetomium globosum* is favored in a neutral pH. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(12), 2357–2365. <https://doi.org/10.3390/ijms9122357>
- García-Núñez, H. G., Martínez-Campos, Á. R., Hermosa-Prieto, M. R., Monte-Vázquez, E., Aguilar-Ortigoza, C. J., & González-Esquivel, C. E. (2017). Caracterización morfológica y molecular de cepas nativas de *Trichoderma* y su potencial de biocontrol sobre *Phytophthora infestans*. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 35(1), 58–79. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1605-4>
- García Batista, R. M., Quevedo Guerrero, J. N., & Socorro Castro, A. R. (2020). Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 1–12. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000100280
- Gonz, C., Aristiz, J. C., & Aristiz, M. (2009). Evaluación biológica del manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano (*Musa AAB*). *Acta Agronómica*, 58(4), 260–269.
- González-Marquetti, I., Rodríguez, M. G., Delgado-Oramas, B. P., & Schmidt, H.-P. (2021). Biochar and its contribution to plant nutrition, growth. *Revista de Protección Vegetal*, 35(January), 1–17. <http://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090/1616%0Ahttp://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090/1626%0Ahttp://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090/1636%0Ahttp://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090>
- Hernández Montiel, L. G., Rivas García, T., Romero Bastidas, M., Chiquito Contreras, C. J., Ruiz Espinoza, F. H., & Chiquito Contreras, R. G. (2018). Potencial antagonístico de bacterias y levaduras marinas para el control de hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, esp(20)*, 4311–4321. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.1000>
- Humber, R. a. (2005). *Entomopathogenic Fungal Identification*. USDA-ARS Plant Protection Research Unit US Plant, Soil & Nutrition Laboratory, November 1998, 1–32.
- Koul, M., & Singh, S. (2017). *Penicillium* spp. *Anti-Cancer Drugs*, 28(1), 11–30. <https://doi.org/10.1097/cad.0000000000000423>
- López, S., & Castaño, J. (2019). Manejo integrado del mal de Panamá *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 1–13. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262019000200004&lang=es%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v22n2/2619-2551-rudca-22-02-e1240.pdf
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Rev. Protección Veg*, 28(1), 1–11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001&lng=es&nrm=iso&lng=es%0Afile:///C:/Users/usuario/Documents/Control Biologico de Trichoderma.pdf
- Pacasa-Quisbert, F., Loza-Murguía, M. G., Bonifacio-Flores, A., VINO-NINA, L., & Serrano-Canaviri, T. (2017). Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de K'iphak'iphani, Comunidad Choquenaira-Viacha. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(1), 2–25. <https://doi.org/10.36610/j.sars.2017.080100002>
- Regio-iraq, K. (2010). Mycobiota Associated with Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Cultivars in Iraq. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 13(1), 130–138.
- Romero Velazquez, S. D., Tlapal Bolaños, B., Cadena Iñiguez, J., Nieto Ángel, D., & Arévalo Galarza, M. de L. (2015). Hongos causantes de enfermedades postcosecha en chayote (*Sechium edule*(Jacq.) SW.) y su control in vitro. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 19–32. <https://doi.org/10.15517/rac.v39i2.21769>
- Viera-Arroyo, W. F. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 67–68. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200067>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Ordenamiento Territorial, Urbanismo y Sostenibilidad. Revista CUMBRES*, 1(2), 28–34. <https://doi.org/ISSN 1390-9541>

Yáñez Bustamante, W. D., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M., Herrera Reyes, S. N., & Luna Romero, Á. E. (2020). Determinación de la relación carga química grados Brix en hojas y frutos de banano clon Williams (Musa x paradisiaca). *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 421–430. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000500421

Yuef, H., Padrón, M., Delgado, S. H., Genómica, C. D. B., Nacional, P., Piña, E., Mendoza, C. N., Augusto, C., & Méndez, R. (2013). El Género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en Maíz en México: Problemática y Perspectivas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 31(2), 126–146.