

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Evaluación de biochar y *Trichoderma sp* como bio-estimulantes
en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*).**

Sheylon Joshua Torres Peñafiel

Ingeniería en Agronomía

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo

Quito, 19 de noviembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Evaluación de biochar y *Trichoderma sp* como bio-estimulantes
en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*).**

Sheylon Joshua Torres Peñafiel

Nombre del profesor, Título académico

Victoria Alomia, PhD

Antonio León, PhD

Quito, 19 de diciembre de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: **Sheylon Joshua Torres Peñafiel**

Código: 00205463

Cédula de identidad: 1722062104

Lugar y fecha: Quito, 19 de diciembre de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

La presente investigación evaluó diferentes dosis de biochar y *Trichoderma sp.*, como bioestimulantes en el desarrollo de diferentes etapas de crecimiento del banano (*Musa paradisiaca*). El estudio se realizó en La Maná, localizada en la provincia de Cotopaxi. Para esto, se aplicó el Biochar y *Trichoderma sp.* desde la siembra y se evaluaron las variables: largo del tallo, tamaño de fuste basal de la planta, número de hojas, largo de hoja, y ancho de hoja. El diseño experimental fue realizado con Bloques Completamente al Azar (BCDA). Los tratamientos fueron: T1: grupo control, T2: aplicación de Biochar 50 gr por planta; T3: aplicación de Biochar 50 gr + *Trichoderma sp.* 10 gr por planta y T4: aplicación de 10 gr por planta de *Trichoderma sp.* Los resultados de la investigación permitieron demostrar que la aplicación del biochar, así como la aplicación del biochar con *Trichoderma sp.* o la aplicación solo de *Trichoderma sp.* tuvieron diferencias significativas en el desarrollo de las plantas de banano, mostrando un incremento en el largo y ancho de la hoja, cantidad de hojas, ancho de fuste y altura de la planta. La aplicación conjunta de Biochar y *Trichoderma sp.* como bioestimulante ayuda al crecimiento de las plantas de banano. Los datos de producción se evaluarán en un futuro.

Palabras clave: banano, bioestimulante, biochar, *Trichoderma sp.*, desarrollo vegetal.

ABSTRACT

The present research evaluated different doses of biochar and *Trichoderma sp.* as bio-stimulants in the development of various growth stages of banana plants (*Musa paradisiaca*). The study was conducted in La Maná, located in the province of Cotopaxi. Biochar and *Trichoderma sp.* were applied from planting, and the following variables were evaluated: stem length, basal stem diameter, number of leaves, leaf length, and leaf width. The experimental design employed a Completely Randomized Block Design (CRBD). The treatments were as follows: T1 - control group; T2 - application of 50 g of biochar per plant; T3 - application of 50 g of biochar + 10 g of *Trichoderma sp.* per plant; and T4 - application of 10 g of *Trichoderma sp.* per plant. The results demonstrated that the application of biochar, as well as the combined application of biochar and *Trichoderma sp.* or the application of *Trichoderma sp.* alone, resulted in significant differences in the development of banana plants. These treatments showed an increase in leaf length and width, number of leaves, basal stem diameter, and plant height. The combined application of biochar and *Trichoderma sp.* as a bio-stimulant supports the growth of banana plants. Production data will be evaluated in the future.

Keywords: Banana, bio-stimulant, biochar, *Trichoderma sp.*, plant growth

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN	10
Antecedentes	10
Valor nutricional del banano	13
La producción mundial y del Ecuador del banano en 2024	13
El biochar como herramienta en la agricultura	15
Sostenibilidad agrícola y fertilización en el cultivo del banano.....	18
El biochar aplicado con <i>Trichoderma sp.</i>	19
2. MATERIALES Y MÉTODOS	20
Tratamientos.....	22
Análisis estadístico.....	23
3. RESULTADOS.....	24
Efecto de bioestimulantes en la variable largo de hoja	24
Ancho de hoja	25
Efecto de bioestimulantes en la variable número de hojas.....	26
Efecto de bioestimulantes en la variable ancho de fuste	27
Efecto de bioestimulantes en la variable altura de planta	28
4. DISCUSIÓN	29
5. CONCLUSIONES	32
6. RECOMENDACIONES	33
7. BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO A: Distribución de los bloques y tratamientos	38
ANEXO B: Toma de datos.....	38
ANEXO C: Instrumentaria	39
ANEXO D: Fichas técnicas.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción anual de banano (MM Tons)	14
Tabla 2. Resumen de la fase de experimentación.....	20
Tabla 3. Tratamientos realizados y su codificación	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenido nutricional del Banano	13
Figura 2. Diseño experimental de BCDA. (Los colores se han colocado para poder identificarlas en el espacio.).....	23
Figura 3. a) Variable largo de hoja (en cm) con respecto al tiempo. (El asterisco muestra las diferencias significativas ocurridas por fecha).....	24
Figura 4. a) Variable ancho de hoja (en cm) con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas ocurridas por fecha.	25
Figura 5. a) Variable número de hoja con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas ocurridas por fecha.....	26
Figura 6. a) Variable ancho de fuste (en cm) con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas ocurridas por fecha.	27
Figura 7. a) Variable altura de planta (en cm) con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas ocurridas por fecha.	28

1. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La seguridad alimentaria, en la actualidad, es un desafío en muchos países en vías de desarrollo. Muchas naciones del mundo aún luchan por hacer uso de los recursos locales disponibles para erradicar la pobreza y por consiguiente el hambre. Problemas asociados al ambiente como la sequía, la degradación y desertificación de la tierra, las restricciones en materia de la comercialización, la gestión inapropiada de la postcosecha y los elementos antropogénicos están mermando tanto la producción como la productividad de los recursos de tierras con vocación agrícola (FAO, 2024). Pero, el uso de tecnologías innovadoras y mejoradas, cultivos adaptables y altamente comerciales de alto rendimiento ayudan a muchos países a enfrentar la problemática de la seguridad alimentaria. La producción de banano (*Musa paradisiaca* L.) contribuye de manera significativa a la seguridad alimentaria, así como a la subsistencia de muchos países de bajo y mediano ingreso en continentes como por ejemplo América Latina, África y Asia.

El banano es un alimento básico y un producto de exportación. Como alimento básico, los bananos, incluidos los plátanos y otros tipos de bananos de cocción, contribuyen a la seguridad alimentaria de millones de personas en gran parte del mundo en desarrollo y, dada su comercialización en mercados locales, proporcionan ingresos y empleo a las poblaciones rurales. (Arias, Dankers, Liu, & Pilkauskas, 2004, p. 1)

Actualmente, hay más de 1000 variedades diferentes de bananos a nivel mundial, que proveen de nutrientes vitales a las poblaciones tanto de los países productores como a los importadores. La variedad de mayor comercialización es el banano Cavendish, que constituye cerca del 50% de la producción bananera mundial, con una producción anual aproximada de 50 millones de toneladas. El banano es esencialmente significativo en ciertos

países productores de bajo ingreso con déficit alimentario, contribuyendo a la seguridad alimentaria de las familias como alimento básico, y conjuntamente genera ganancias como cultivo comercial (FAO, 2024).

La dimensión mundial del mercado del banano se calcula en 140.84 mil millones de dólares para el año 2024, y se estima que alcance los 146.56 mil millones de dólares en 2029, creciendo a una tasa interanual del 0.8% en el período comprendido entre 2024 a 2029 (Raynolds et al., 2007). El mercado mundial del banano está fuertemente consolidado y solo unos pocos actores de importancia global dominan este mercado, estos actores son “Fresh Del Monte, Chiquita Brands International Sàrl, Fyffes, Dole Food Company y Reybanpac” (Raynolds et al., 2007) (Mordor Intelligence, 2024, pág. 1). Las asociaciones estratégicas y la expansión productiva son las primordiales estrategias implementadas por estas corporaciones transnacionales para incrementar su participación significativa en el mercado y fortalecer su posicionamiento en el mercado global del banano.

El comercio global del banano ha avanzado recientemente. Los promotores clave del comercio comprenden un enérgico incremento de la oferta por parte de los principales exportadores como Ecuador y Filipinas, y un crecimiento importante en la demanda de los más importantes importadores del banano, particularmente China y la Unión Europea (UE). Socialmente, en el marco de la seguridad alimentaria mundial, los beneficios económicos de las exportaciones bananeras coadyuvan significativamente a la financiación de importaciones de alimentos, favoreciendo a las economías de los países productores (FAO, 2024).

El banano es originario del sudeste del continente asiático. La distribución de la producción se encuentra esencialmente entre las latitudes 30° Norte y Sur a aproximadamente 60° o más de temperaturas tropicales y subtropicales y 100 mm de distribución de lluvia mensual

promedio, lo cual da a entender que el banano puede progresar en áreas frías sin heladas (Alemu, 2017).

Mundialmente, el banano es el cuarto cultivo agrícola y alimentario más importante del mercado después del arroz, el trigo y el maíz. Esto representa que es el principal cultivo de fruta líder en términos tanto de volumen como de valor en el mercado mundial.

Dada la importancia del cultivo del banano a nivel global, su consumo y comercialización, demanda atención especial para su explotación como rubro agrícola. En tal sentido, es importante considerar todos aquellos aspectos relativos a los suelos y manejo agrícola donde se produce la gestión de residuos en su proceso de producción, la gestión del agua, la energía y la disminución de la contaminación, la insuficiencia en la producción y seguridad alimentaria que aqueja a los países en desarrollo por la pérdida de nutrientes del suelo. En el marco del desarrollo sostenible y los objetivos mundiales para el logro de este, se hace necesario, la práctica del uso de productos que ayuden al suelo de las plantaciones a enriquecerse con productos amigables con el ambiente, y que contribuyan significativamente al desarrollo sostenible (Sundberg & Azzi, 2024).

Se han utilizado en el caso de los cultivos tropicales, como el banano, muchas alternativas para favorecer el enriquecimiento del suelo de las plantaciones de este rubro. El compostaje, el vermicompostaje y la digestión anaeróbica se utilizan para recuperar los nutrientes de las hojas del banano visto su contenido lignocelulósico y su alto contenido de nutrientes vegetales (Ashok-Kumar, et al., 2023). Las hojas del banano habitualmente se descartan como desecho después de su uso, grandes cantidades de este desecho se entierra en el lugar de la plantación, se tiran a lo largo de carreteras o se descartan en campos utilizados para la agricultura, generando un efecto desfavorable en el medio ambiente provocando la pérdida de nutrientes importantes presentes en la biomasa de las hojas. El vermicompostaje es uno de los métodos orgánicos más comunes a nivel mundial para reciclar los desechos derivados

de las plantas de banano, ya que puede transformar estos desechos en abono como alternativa a los fertilizantes químicos Ashok-Kumar, *et al.*, (2023).

Valor nutricional del banano

El banano es una fuente de vitamina B6, fibra, potasio, magnesio, vitamina C y manganeso. Una porción, o un plátano maduro mediano, suministra alrededor de 110 calorías, 0 gramos de grasa, 1 gramo de proteína, 28 gramos de carbohidratos, 15 gramos de azúcar (de origen natural), 3 gramos de fibra y 450 mg de potasio (Harvard T.H. Chan, 2024). Por esto, se menciona en los círculos médicos y nutricionales que el consumo del banano ayuda a combatir enfermedades como la depresión, el cáncer de riñón y la diabetes (Alemu, 2017). (Figura 1).

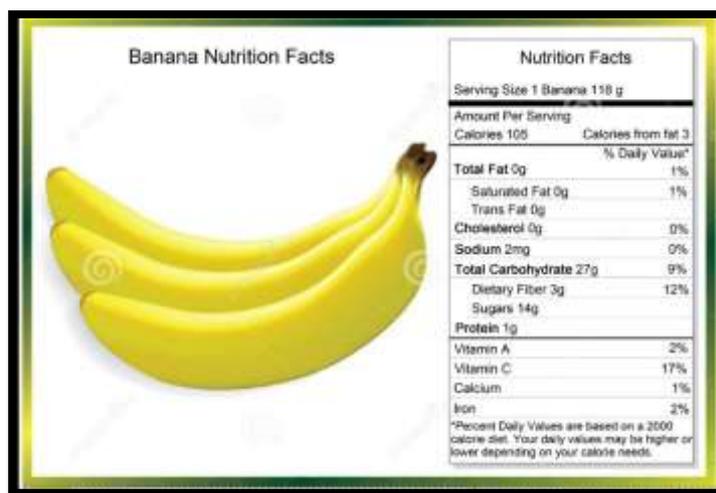


Figura 1. Contenido nutricional del Banano
Fuente: (Alemu, 2017)

La producción mundial y del Ecuador del banano en 2024

La producción del banano puede ser una industria considerablemente lucrativa para un país. La India produce en promedio un total de 30.460.000 toneladas anuales. India es el productor número uno de banano plátanos del mundo por un margen muy significativo, pues este país produce cerca de 20 millones de toneladas más de bananos al año que el país que le sigue en importancia (FAO, 2024). (Tabla 1).

Tabla 1. Producción anual de banano (MM Toneladas)

País	Producción anual en 2023
India	34.5M
China	11.8M
Indonesia	9.2M
Nigeria	8M
Brasil	6.9M
Ecuador	6.1M
Filipinas	5.9M
Guatemala	4.8M
Angola	4.6M
Tanzania	3.5M

Fuente: (World Population Review, 2024)

Como puede evidenciarse en la Tabla 1. en América Latina, lideran el mercado del banano: Brasil, Ecuador y Guatemala. Ecuador es el quinto productor de esta fruta a nivel mundial, en términos de toneladas producidas anualmente, Ecuador produce 6.583.477 toneladas de bananos anualmente, con un valor de 6.583.477 toneladas de bananos anualmente, lo cual equivale a 385,752 kilogramos de bananos por persona (World Population Review, 2024).

En Ecuador, de acuerdo a la información divulgada por el INEC (2024), a fines del año 2023, la superficie dedicada a la cosecha del banano fue de 175.181 hectáreas, evidenciando un incremento del 4,6 % con respecto al mismo periodo del 2022. El cultivo del banano se ubica primordialmente en la Región Costa en las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro, estas constituyen el 89,0 % de la superficie nacional dedicada a la cosecha del fruto, y en la región Sierra se localiza el restante 11,0 %. La producción anual de banano 2022-2023, fue cerca de 7,2 millones de toneladas, representando un crecimiento del 17,8 % respecto al ejercicio 2020-2021. La provincia de Los Ríos es la que aporta a nivel nacional la mayor producción de banano equivalente al 42,6% del total nacional (INEC, 2024).

El sector productivo bananero ecuatoriano durante el año 2023 exportó USD 3.79 miles de millones FOB, cifra que superó en un 15% a lo registrado en el año 2022. Los principales clientes mundiales del banano ecuatoriano en 2023 fueron Rusia con Exportaciones FOB en USD Millones equivalentes a 757.79, seguidos en orden de importancia por Estados Unidos 560.38; Turquía 171.51; Países Bajos (Holanda) 290.61; Italia 122.91 y el resto de los países del mundo 1,886.26. Por tanto, durante el periodo 2019-2023, las exportaciones estuvieron encaminadas especialmente a Rusia y Estados Unidos con una participación promedio equivalente al 35% (Corporación Financiera Nacional B.P., 2024).

Esta misma fuente señala que el banano es “uno de los principales productos ofertados por el Ecuador al mundo, y por ende el consumo interno se satisface con producción nacional, por lo que la balanza comercial es superavitaria (USD 3.79 miles de millones en el año 2023)” (Corporación Financiera Nacional B.P., 2024, pág. 19).

El biochar como herramienta en la agricultura

De acuerdo a Sakshi-Bhardwaj, *et al.*, (2023), el suelo llega a almacenar tres veces más carbono que la atmósfera. El carbono del suelo es decisivo para la fertilidad del suelo, el ciclo de nutrientes, la producción vegetal y para los diversos servicios ecosistémicos. En la actualidad, se observa la existencia de un significativo desbalance entre la emisión de carbono atmosférico y su absorción por las plantas a través de la fotosíntesis, conllevando a un incremento continuo del CO₂ atmosférico a largo plazo. El biochar que se forma por medio de la pirólisis de la biomasa vegetal y su aplicación al suelo para obtener un mayor almacenamiento de carbono en los suelos ha sido recomendado como un medio efectivo para contrarrestar el efecto del cambio climático a través del secuestro de carbono. El secuestro de carbono (C) del suelo involucra la transferencia de CO₂ atmosférico al suelo de una unidad de tierra a través de sus plantas. Para que se del secuestro del carbono, un material debe tener un largo tiempo de residencia y a la vez ser resistente a procesos químicos como

la oxidación a CO₂ o la reducción a metano (Sakshi-Bhardwaj, *et al.*, 2023). La misma fuente señala que, la adición de biocarbón es una solución, por su alto potencial para mejorar la fertilidad del suelo, promover el crecimiento de las plantas e incrementar el rendimiento de los cultivos. Al mismo tiempo, el biochar tiene una estabilidad a largo plazo en el suelo durante miles de años debido a su alto pH, gran área superficial y su capacidad superior para la retención de agua y nutrientes, por tanto, puede ser carbono negativo comparado con la energía de biomasa carbono neutral que ocasionalmente se descompone. De acuerdo a Sakshi-Bhardwaj, *et al.* (2023), el biochar, desde esta perspectiva puede definirse como

el producto carbonoso que se obtiene cuando la biomasa vegetal o animal se somete a un tratamiento térmico en un entorno con limitación de oxígeno y se aplica al suelo como enmienda. El biocarbón elaborado a partir de diversas especies de biomasa (materia prima) se caracteriza por diferentes propiedades morfológicas y químicas y estas propiedades también difieren en función de las condiciones específicas de pirólisis, es decir, la temperatura final de pirólisis o la temperatura pico, la tasa de carbonización o la tasa de aumento y la duración del tiempo de carbonización (Sakshi-Bhardwaj, *et al.*, 2023, p. 186).

El biochar es un candidato potencial para el secuestro de carbono a largo plazo en virtud de su estructura incorporada y mayor estabilidad. El biocarbón como enmienda del suelo mejora la fertilidad del mismo y mantiene la productividad de los cultivos al mejorar la disponibilidad de nutrientes y, simultáneamente, disminuir las pérdidas por lixiviación (Sakshi-Bhardwaj, *et al.*, 2023).

Las ventajas del uso del biochar en las prácticas agrícolas es una tecnología reciente y muy prometedora con un considerable potencial para conservar y mejorar la calidad del suelo y el ciclo de nutrientes. Es un excelente y novedoso complemento para el incremento del rendimiento en suelos ácidos, degradados y de baja fertilidad, debido a que el biocarbón,

tiene un gran potencial para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Por consiguiente, en un gran número de áreas, el biochar se está desarrollando como un material muy prometedor y beneficioso desde el punto de vista ecológico (Kumar-Ray & Bharti , 2023).

El biochar no es carbono totalmente puro, sino una mezcla de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y cenizas en diversas proporciones. La cualidad medular del biochar que lo hace atractivo como enmienda del suelo es su estructura altamente porosa, responsable de una mejor retención de agua y un incremento de la superficie del suelo. El uso de biochar como portador para fertilizantes podría ser muy útil, pues combina beneficios nutricionales para las plantas con la mejora de muchas funciones del suelo debido a la adición de biocarbón en sí. Particularmente, la adición de biochar a los suelos tiene efectos favorables en la capacidad de retención de agua, así como en el secuestro de C. No obstante, las propiedades del biochar varían considerablemente de acuerdo a la materia y las condiciones de su producción. Por ello, el uso de este tipo de formulaciones plantea novedosos retos asociados con la combinación óptima de materiales portadores e inoculantes (Vardhan, *et al.*, 2023).

Estas cualidades y atributos del biochar, lo hacen ideal para el suelo de plantaciones bananeras. Pues a este respecto, Barrezueta, *et al.*, (2022), lo define como:

Un abono orgánico que mejora las condiciones de los suelos bananeros es el biocarbón, también denominado carbón vegetal. El biocarbón es quizá la forma más recalcitrante de materia orgánica que se puede agregar al suelo. Por su naturaleza altamente porosa y elevada superficie específica, es un excelente medio para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (p. 31)

Las propiedades específicas del biochar incluyen la recalcitrancia química, alta porosidad, alta capacidad de intercambio catiónico y capacidad de absorción. Además, posee un elevado potencial de absorción, ayudando al compostaje a atenuar la pérdida de nitrógeno y las emisiones de gases de efecto invernadero evitando la fuga de lixiviados, lo cual es provechoso para la descomposición de la materia orgánica Ravindran, *et al.*, (2022).

El biochar aumenta la ventilación del compost, estimula la producción microbiana y las enzimas que producen, conjuntamente mejora la mineralización de la materia orgánica, su naturaleza porosa incrementa la porosidad del compost, acrecentando la eficiencia del suministro de oxígeno y previene la fermentación anaeróbica. Se activa por medio, de las exoenzimas fabricadas por las lombrices de tierra. Además, coadyuva a la mejoría de la degradación de sustancias químicas tóxicas, y conjuntamente con las lombrices de tierra secuestran metales pesados (Ashok-Kumar, *et al.*, 2023).

Ashok-Kumar, *et al.*, (2023), muestran que el biochar mejora el valor del vermicompost. Además, que el crecimiento y reproducción de las lombrices de tierra son más altos en los tratamientos evaluados con biochar. Se activa por medio, de las exoenzimas fabricadas por las lombrices de tierra. Además, coadyuva a la mejoría de la degradación de sustancias químicas tóxicas, y conjuntamente con las lombrices de tierra secuestran metales pesados (Ashok-Kumar, *et al.*, 2023).

Sostenibilidad agrícola y fertilización en el cultivo del banano

En el contexto de la sostenibilidad y en el marco de la producción de banano orgánico, una importante opción es el uso de fertilizantes amigables con el suelo y el medio ambiente, como lo es el biochar, lo que contribuye a la mejora de la fertilidad del suelo, y a la vez es un reconocido potenciador del suelo, porque permite la retención de agua y de nutrientes en el suelo de las plantaciones de banano orgánico. Del mismo modo, se ha referido que la aplicación del biochar genera efectos muy beneficiosos para el crecimiento de las plantas de

banano en virtud de su potencialidad para mejorar las características físicas del suelo, la situación de los nutrientes, el pH y el contenido de la materia orgánica en el mismo (Reyes-Pallazhco & Barrezueta-Unda, 2023)

El biochar aplicado con *Trichoderma sp*

El biochar, puede ser usado también con otras sustancias bioestimulantes o con microorganismos antagonistas tales como *Trichoderma sp*, la cual es un actúa con diversos mecanismos como competencia por los nutrientes, el hiperparasitismo y como agente de control biológico de patógenos. De acuerdo a Medeiros et al. (2020), la aplicación del biochar conjuntamente con *Trichoderma sp* mejora el desarrollo de los cultivos favoreciendo a la prevención de la escorrentía de fertilizantes, la mejora de la salud de las plantas y la retención de la humedad del suelo, ayudando a las plantas especialmente en períodos de sequía. Mederos et al. (2020) en su estudio demostraron que la asociación del biochar con *Trichoderma sp*, incrementa de forma significativa el crecimiento, en su caso de estudio realizado con sandía y también al aplicarlo al café incrementaron la ureasa, la β -glucosidasa y el carbono orgánico total, lo cual demuestra el potencial que tiene la combinación de ambos procesos.

Otro estudio presentado por Medeiros et al. (2021) muestra que, aunque existen pocos estudios, la *Trichoderma sp* es efectiva en el manejo de patógenos vegetales que se transmiten por el suelo. Establece que el biochar promueve la salud y disponibilidad de nutrientes para el suelo, esto unido con *Trichoderma sp* como agente de biocontrol con mecanismos como microparasitismo, producción enzimática y metabólica es un agente biológico de biorremediación, por lo que la combinación de biochar con *Trichoderma sp*, es una alternativa adecuada para el manejo de enfermedades causadas por hongos y una estrategia para la salud de las plantas.

También se han presentado estudios específicamente de la aplicación de *Trichoderma sp* aplicada a las plantas de banano como el caso de Gómez y Buri (2023), el cual demuestra que la *Trichoderma sp* favorece el crecimiento de las plantas de banano y además reduce las enfermedades para esta planta, mencionando varios tipos de enfermedades que favorece la aplicación de este hongo.

Objetivo principal:

Evaluar diferentes dosis de biochar y *Trichoderma sp* como bio-estimulantes en el desarrollo de diferentes etapas de crecimiento del banano (*Musa paradisiaca*).

Objetivos específicos

- Cuantificar los efectos del biochar en cambios en el crecimiento y desarrollo en los estadios iniciales de plantas de banano (*Musa paradisiaca*).
- Cuantificar los efectos de *Trichoderma sp* en el crecimiento y desarrollo en los estadios inicial de la plantade banano.
- Cuantificar los efectos de la aplicación conjunta de biochar y *Trichoderma sp* en el crecimiento y desarrollo de los estadios iniciales de la planta de banano.

Hipótesis

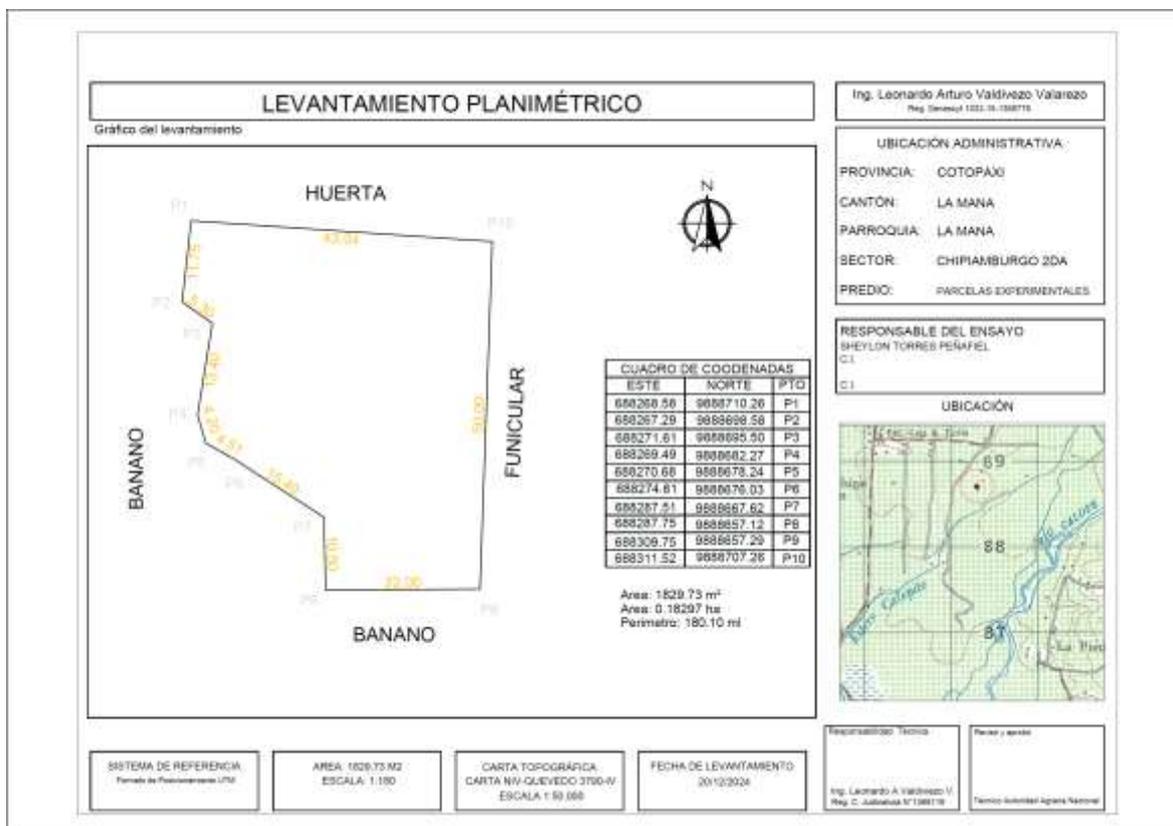
- La aplicación de biochar y *Trichoderma sp* en conjunto genera un mayor desarrollo y crecimiento en la planta de banano durante las etapas de crecimiento: vegetativo y de diferenciación in situ.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Hacienda Rocío #3, localizada en la provincia de Cotopaxi, con las siguientes características:

Tabla 2. Resumen de la fase de experimentación

HACIENDA	ROCIO # 3
UBICACIÓN	LA MANA COTOPAXI LA SEGUNDA DE CHIPEHAMBURGO
PROVINCIA	COTOPAXI
CANTON	VALENCIA
HECTAREAS EN ESTUDIO	0,2
VARIEDAD	WILLIANS MERISTEMOS
CANTIDAD DE PLANTAS	256
FECHA DE INICIO	24/09/2024 SEMANA # 39
FECHA DE TERMINO	29/11/2024 SEMANA # 48
PRODUCTOS UTILIZADOS	
DESINFECCION SUELO	AGRIDIS COVER (CLORURO DE DIOXIGENO) SEM. # 39 DOSIS 2 L EN 198 L AGUA TODO EL SUELO
DAP	DOSIS 90 GRAMOS AL HUECO
DIRECCION DE APLICACIONES	SUELO
FRECUENCIA DE EVALUACION	CADA 7 DIAS DURANTE 2 MESES



Variables

Para analizar el desarrollo de las plantas de banano bajo la influencia de biochar y *Trichoderma sp*, se evaluaron las siguientes variables:

1. Largo del tallo,
2. Fuste basal de la planta,
3. Número de hojas,
4. Largo de hoja, y
5. Ancho de hoja,

Se evaluaron 40 plantas por tratamiento (10 plantas por cada bloque) para un total de 200 plantas. Se tomaron datos cada semana entre el 25 de octubre hasta el 29 de noviembre.

Tratamientos

El diseño experimental fue realizado con Bloques Completamente al Azar (BCDA). Los tratamientos realizados se resumen en la tabla 3 y figura 2

Tabla 3. Tratamientos realizados y su codificación

Tratamientos	Contenido	Color
T1	Grupo control	azul
T2	Aplicación de Biochar 50gr	rojo
T3	Aplicación de Biochar 50gr + <i>Trichoderma sp</i> 10gr	verde
T4	Aplicación de 10gr de <i>Trichoderma sp</i>	purpura

Los productos utilizados son de la casa MICROTECH, biochar con el nombre de Blackar y la *Trichoderma sp* con el nombre Spovotrich (Las fichas técnicas se presentan en el Anexo 4).

AZUL T1	ROJO T2	PÚRPURA T4	VERDE T3
ROJO T2	AZUL T1	AZUL T1	PÚRPURA T4
VERDE T3	PÚRPURA T4	ROJO T2	VERDE T3
ROJO T2	VERDE T3	PÚRPURA T4	AZUL T1

Figura 2. Diseño experimental de BCDA. (Los colores se han colocado para poder identificarlas en el espacio.)

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se realizaron:

Pruebas estadísticas de análisis de la Varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey al 5% para comparaciones entre tratamientos. Con esto se obtuvieron las diferencias significativas entre tratamientos de cada una de las variables.

Estas pruebas permitieron demostrar estadísticamente con un nivel de significancia de 0,05 si las variaciones entre tratamientos son significativas. Para el análisis estadístico se ha utilizado el software MINITAB.

3. RESULTADOS

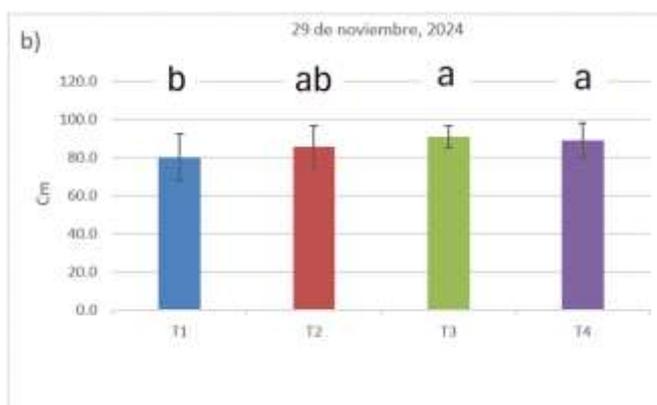
Después de las 6 semanas se obtuvieron los siguientes resultados

Efecto de bioestimulantes en la variable largo de hoja



Figura 3. a) Variable largo de hoja (en cm) con respecto al tiempo. (El asterisco muestra las diferencias significativas Tukey al 5%). n = 200.

b) El gráfico de barras muestra diferencias entre los tratamientos en la última fecha de toma de datos correspondiente al 29 de noviembre 2024. n = 200.



En el largo de las hojas en las plantas, la aplicación del biochar solo, mostró

un mayor largo en comparación con la observación de control; sin embargo, la diferencia no mostró diferencias estadística significativa mediante la prueba de Tukey. El tratamiento 3 (*Trichoderma sp* + biochar) mostró el mejor resultado para este caso y se observó diferencias significativas con el grupo de control de igual forma que en el caso de la aplicación sola de la *Trichoderma sp* (T4). En la figura 3a. se puede observar que la aplicación sola de la

Trichoderma sp tiene un valor muy similar a la aplicación de *Trichoderma sp* y biochar (T3) y a su vez un mayor largo de las hojas inclusive que la aplicación del biochar solo (T2), aunque no se demuestra una diferencia significativa entre ambos.

Ancho de hoja

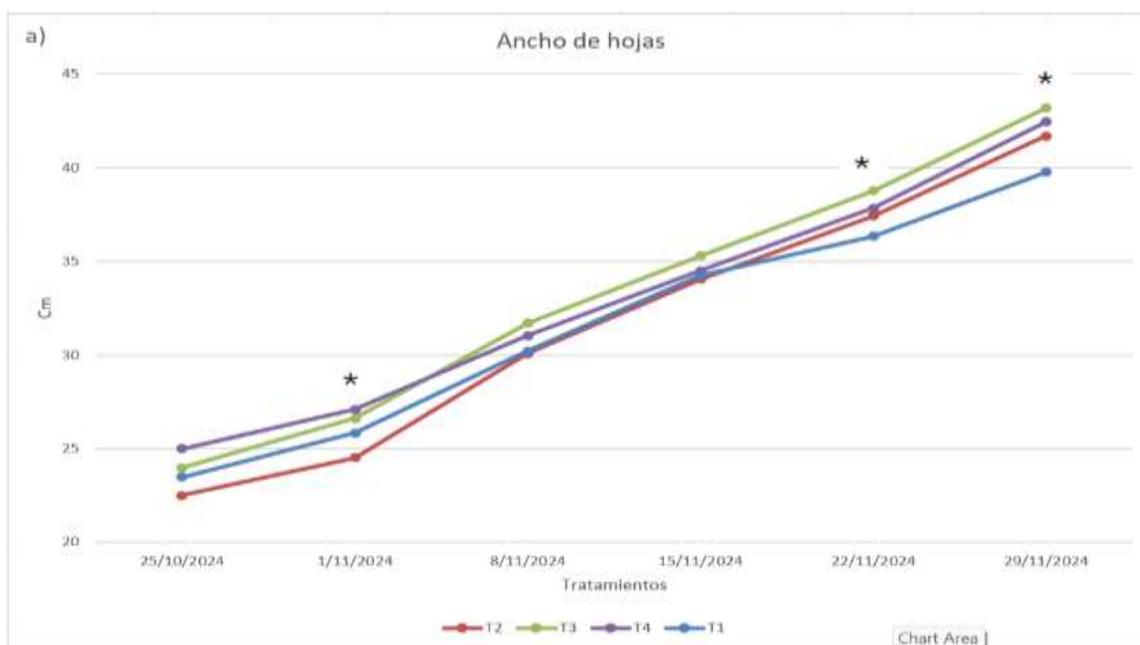
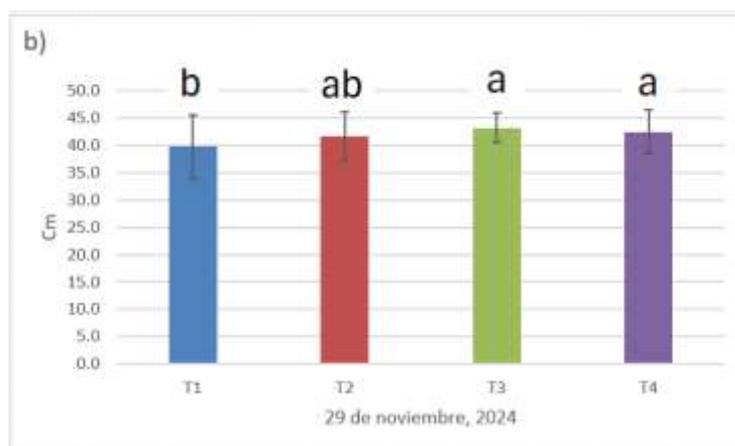


Figura 4. a) Variable ancho de hoja (en cm) con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas Tukey al 5% ocurridas por fecha. n = 200.

b) El gráfico de barras muestra diferencias entre los tratamientos en la última fecha de toma de datos.



El ancho de la hoja se puede observar de forma similar al caso anterior que en la última fecha de

toma de datos, los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron resultados favorables para las plantas, donde el T3 tuvo un mayor crecimiento que todos en cuanto a ancho, de forma muy similar al crecimiento que tuvo con la aplicación T2 y T4, sin embargo, una vez más

se observa que la aplicación de biochar solo (T2), para este caso tuvo un menor ancho de planta que el T3 y el T4. Se observa diferencias significativas entre el T1 y los tratamientos T3 y T4 (Figura 4a).

Efecto de bioestimulantes en la variable número de hojas

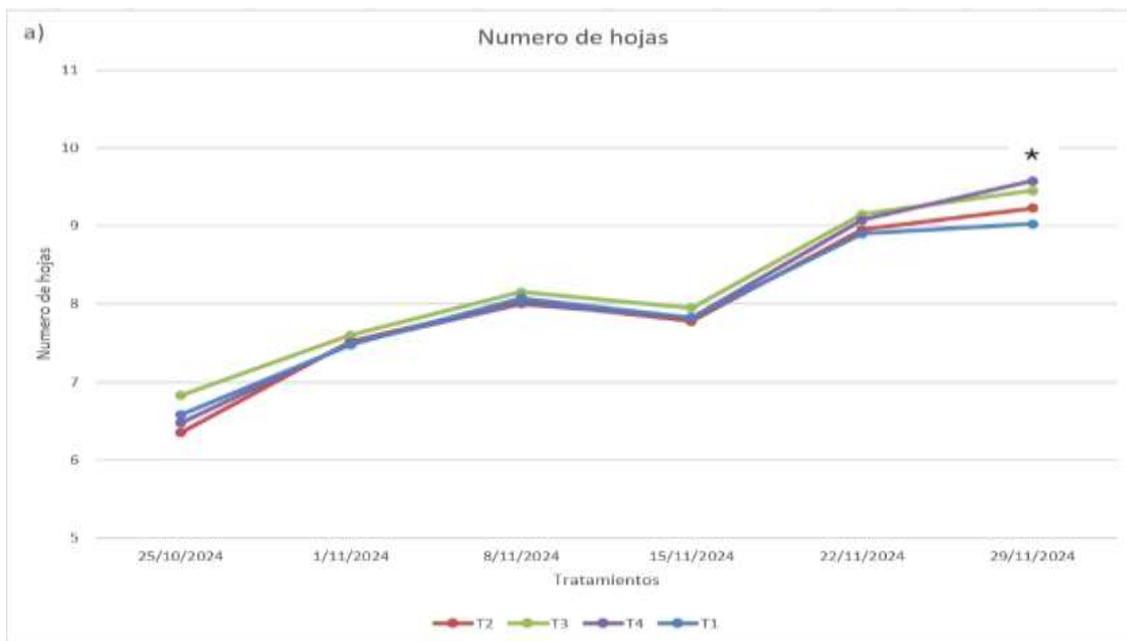
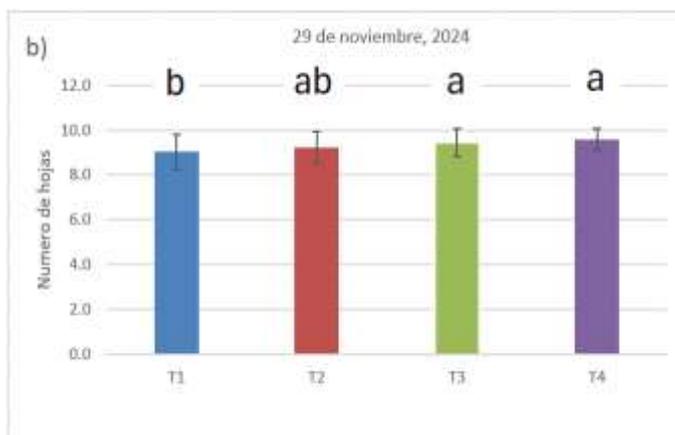


Figura 5. a) Variable número de hoja con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas ocurridas por fecha. n = 200.

b) El grafico de barras muestra diferencias entre los tratamientos en la última fecha de toma de datos.



En relación a la medición de la variable ancho número de hojas se observa que la aplicación T3 y T4

mostraron diferencias significativas favorables en relación al tratamiento de control, pero el T2 a pesar de tener un valor mayor que el de control, no mostró diferencia significativa.

Es importante notar en la figura 5a, que en la semana del 15 de noviembre existió disminución en la cantidad de hojas, debido a la realización de desoje, causado a las labores culturales realizadas en el cultivo de banano.

Efecto de bioestimulantes en la variable ancho de fuste

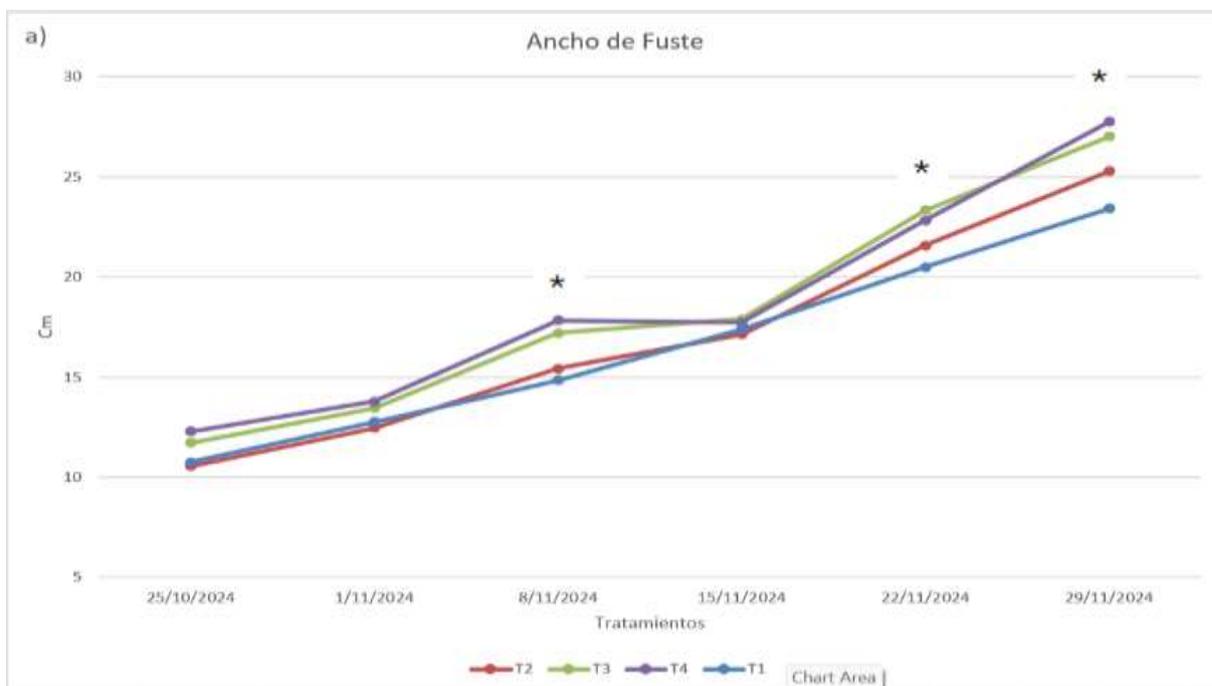


Figura 6. a) Variable ancho de fuste (en cm) con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas ocurridas por fecha.



b) El gráfico de barras muestra

diferencias entre los tratamientos en la última fecha de toma de datos.

En el ancho del fuste en las plantas, la aplicación del biochar solo mostró un mayor ancho en comparación con la observación de control, sin embargo,

la diferencia no mostró diferencias estadísticas significativa mediante la prueba de Tukey.

El tratamiento 3 (*Trichoderma sp* + biochar) mostró el mejor resultado para este caso y también se observó diferencias significativas con el grupo de control en el caso de la aplicación sola de la *Trichoderma sp*. En el gráfico 6a se puede observar que la aplicación

sola de la *Trichoderma sp* obtuvo en su última medición el ancho de fuste, superando al tratamiento T2 y T4.

Efecto de bioestimulantes en la variable altura de planta

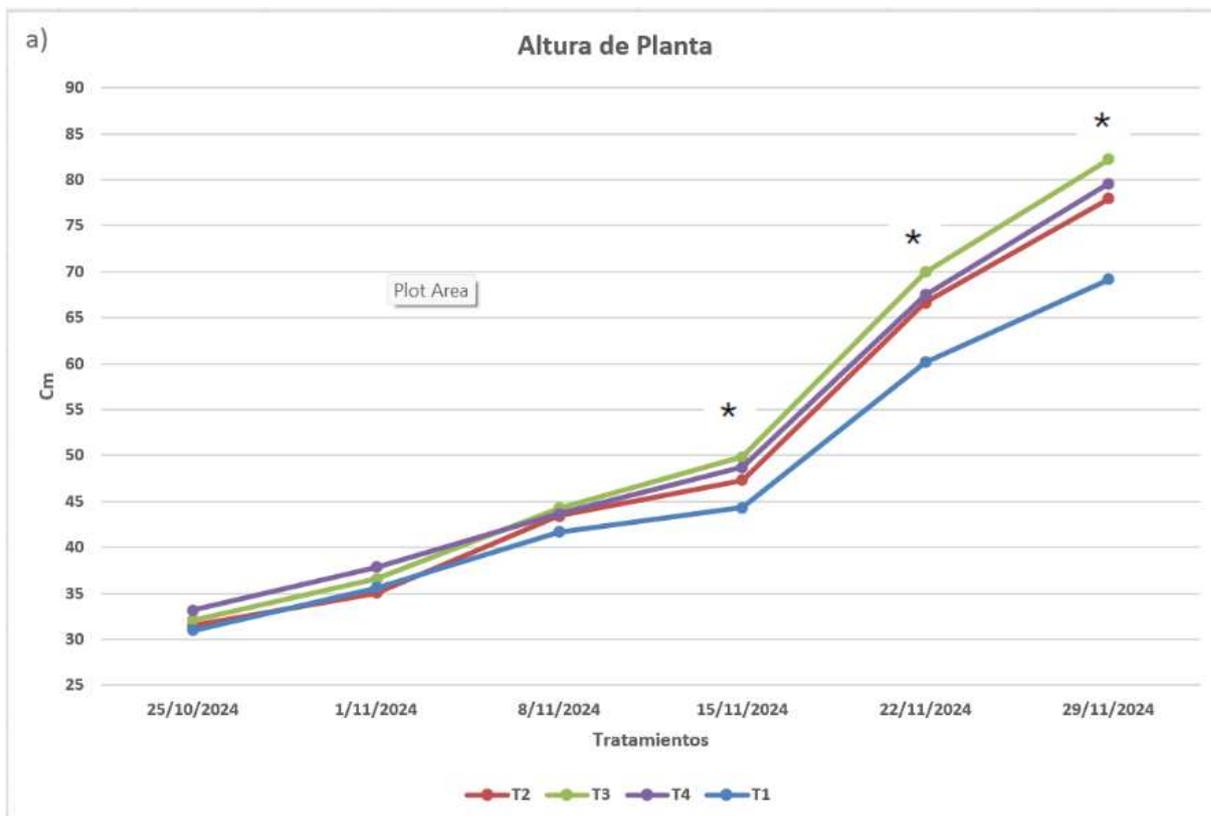
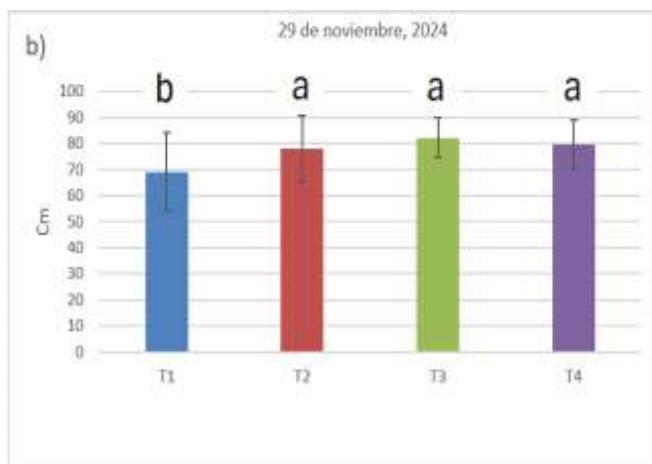


Figura 7. a) Variable altura de planta (en cm) con respecto al tiempo. El asterisco muestra las diferencias significativas Tukey al 5% ocurridas por fecha. n = 200.



b) El gráfico de barras muestra diferencias entre los tratamientos en la última fecha de toma de datos.

Se puede observar en la gráfica claramente cómo las plantas del grupo de control (T1) tienen con el tiempo un menor crecimiento, mientras que todos los demás casos han tenido un mayor crecimiento. Los resultados mostrados por las

los demás casos han tenido un mayor crecimiento. Los resultados mostrados por las

gráficas presentadas por el análisis de Minitab muestran que, para la última fecha en estudio, los resultados son significativamente mayores que la altura de planta para el grupo de control establecidos por la prueba de ANOVA y las pruebas post de Tukey, las cuales demuestran por tanto la efectividad de los 3 tratamientos. Adicionalmente se puede observar en el Figura 7a) diferencias significativamente estadísticas desde la tercera semana.

Al analizar adicionalmente si existen variaciones en cuanto a los 3 tipos de tratamiento: T2 (Aplicación de biochar 50gr por planta); T3 (Aplicación de biochar 50gr por planta + *Trichoderma sp* 10gr por planta) y T4 (Aplicación de 10gr por planta de *Trichoderma sp*) se puede observar que existió algo mayor crecimiento para el T3, es decir específicamente la aplicación de biochar con *Trichoderma sp*, y es importante observar en los resultados que T4, es decir solamente la aplicación de *Trichoderma sp* obtuvo mayor altura de planta que en el caso de la aplicación del biochar sin *Trichoderma sp*.

4. DISCUSIÓN

Efectos de los bioestimulantes en la altura de la planta de banano

Este estudio permitió verificar que la altura de planta tuvo un resultado significativamente mayor para las plantas en las que se les aplicó biochar y *Trichoderma sp*, que en las plantas que no tuvieron este tratamiento, verificándose que los diferentes tratamientos sí logran diferencias significativas en el tamaño de la planta. Esta diferencia obtenida valida la hipótesis planteada en la presente investigación en la que se establecía que aplicación de biochar y *Trichoderma sp* en conjunto genera un mayor desarrollo y crecimiento en la planta de banano durante las etapas de crecimiento vegetativo. Sin embargo, es importante discutir el por qué la aplicación solo de *Trichoderma sp* obtuvo un ligero mejor crecimiento de la planta en comparación con la aplicación del biochar sobre lo cual luego de un análisis se

pudo detectar que previo a la experimentación realizada en la presente investigación, el ensayo en campo sufrió una infección producida por la bacteria *Ralstonia* sp o moco de banano, lo cual sugiere que la *Trichoderma* sp puede ser más efectiva que el estimulante del biochar para este caso específico en el que pudieron existir residuos de esta enfermedad y por tanto el efecto de la *Trichoderma* sp puede tener un efecto favorable como control a infección. No obstante, cabe aclarar que las diferencias entre la aplicación de biochar solo y la aplicación de *Trichoderma* sp solos (T2 y T4) no fueron significativas, así como tampoco ha sido objeto de la presente investigación ese análisis, pero es importante considerar todas las variables involucradas y sus resultados. Esta observación va en concordancia con el estudio de Gómez y Buri (2023), que muestra que la *Trichoderma* sp favorece el crecimiento de las plantas de banano y a su vez reduce las enfermedades de la planta, incluyendo las que fueron causadas por *Ralstonia solanacearum*.

En relación al crecimiento de la planta luego de aplicar el biochar y *Trichoderma* sp, un estudio presentado por Medeiros et al. (2020) en el que se aplicó biochar y *Trichoderma aureoviride* en el cultivo de sandía, mostraron incrementos significativos en el crecimiento de la altura de las plantas además de mejoras en la biomasa y calidad del suelo, aportando de mejor manera a la retención del agua y el ciclo de nutrientes. Así mismo el estudio de Ali Rothschild (2013) en el que se aplicó biochar, en este caso inoculado con micorriza y *Trichoderma* sp para la mejora de la calidad de suelo y crecimiento del pasto, lograron un incremento del 18% en la altura del pasto en comparación con el suelo sin esta aplicación. Estos estudios corroboran la efectividad de la aplicación conjunta del biochar y *Trichoderma* sp. para la mejora la calidad del suelo, promoviendo el crecimiento vegetal.

Efectos de los bioestimulantes en el ancho de fuste

Los resultados obtenidos del ancho del fuste en las plantas mostraron mejoras significativas con la aplicación del biochar y la *Trichoderma* sp en comparación con el grupo de control y

también en el caso de la aplicación sola de *Trichoderma sp* y aunque la aplicación del biochar solo (T2), mostro un ancho mayor, el mismo no se demostró significativamente mayor. Inclusive la aplicación sola de la *Trichoderma sp* obtuvo en su última medición el mayor valor, superando al caso del tratamiento en conjunto *Trichoderma sp* y biochar, lo cual valida mayormente hipótesis de que, para esta plantación debido a una infección previa, pudo tener mejor resultado la aplicación sola de la *Trichoderma sp*.

Efectos de los bioestimulantes en el largo y ancho de hoja

El resultado de la presente investigación en relación al largo y ancho de las hojas mostraron en ambos casos, de la misma manera que en las observaciones de las demás mediciones, que la aplicación del biochar (T2) incrementó el largo y ancho de hoja en las plantas y aún mayormente lo incrementó la aplicación de la *Trichoderma sp* (T4) y la aplicación de la *Trichoderma sp* y el biochar (T3), existiendo diferencias significativas para los casos de T3 y T4 observándose nuevamente que la aplicación sola del biochar (T2) aunque presentó valores más altos que el caso de control, no se demostró diferencias significativas.

Efectos de los bioestimulantes en el número de hojas

Finalmente, al analizar el número de hojas se obtuvo que con la aplicación del Biochar (T2), existió un incremento de la cantidad de hojas, pero sin una demostración estadística de diferencia significativa, mientras que la aplicación T3 y T4 tuvieron una diferencia significativa en la cantidad de hojas en relación con el control (T1). Para esta medición, se obtuvo un mayor valor en cantidad de hojas al aplicar solo la *Trichoderma sp* (T4); sin embargo, con valores ligeramente superiores en cantidad de hojas que en la aplicación de T3.

Existen varios estudios que validan los resultados obtenidos, por su parte, un estudio de Cedeño y Sánchez (2022) en el cual se midió el efecto de *Trichoderma sp* y biochar en plántulas de cacao (*Theobroma cacao*), permitió evaluar el efecto de diferentes cepas de

Trichoderma sp. y tipos de biochar en plántulas de cacao. Se observaron incrementos significativos en variables como longitud de raíz, peso seco de la planta y área foliar. La combinación de biochar y cepas de *Trichoderma sp* (EM-30, EM-33 y EM-150) finalmente potenció el crecimiento de las plántulas las que fueron comparadas con el control.

Otro estudio presentado Jácome et al. (2019) evaluó el efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* en plántulas de *Swietenia macrophylla*. Los resultados mostraron un incremento significativo en altura de la planta, diámetro en el cuello de la raíz, número de hojas, volumen de raíz y biomasa aérea y radical en los tratamientos con *T. harzianum* en comparación con el control.

Además, el estudio de Navarro et al. (2024) por su parte, evaluó el efecto de *Trichoderma asperellum* como bio-estimulante en plantas de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa). El resultado reportó un incremento significativo en el porcentaje de germinación, altura del tallo, diámetro del tallo, longitud de la raíz, materia seca aérea y radical, y número de hojas en comparación con el tratamiento sin la aplicación del hongo.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación han permitido demostrar que la aplicación del biochar, así como la aplicación del biochar con *Trichoderma sp* o la aplicación solo de *Trichoderma sp* tienen resultados favorables en el desarrollo de las plantas de banano, mostrando un incremento en el largo y ancho de la hoja, cantidad de hojas, ancho de fuste y altura de la planta.

La aplicación de la *Trichoderma sp* con el biochar mostró mejores resultados que la aplicación de la *Trichoderma sp* sola en los casos de largo y ancho de hoja, y altura de la planta. Sin embargo, la aplicación de *Trichoderma sp* sola tuvo mejores resultados en la mejora en cantidad de hojas y ancho de fuste.

La hipótesis acerca de que la *Trichoderma sp* y el biochar tenga mejores resultados en todos los casos no fue enteramente comprobada, pues como se observó la aplicación de *Trichoderma sp* sola obtuvo un resultado similar y en algunos casos inclusive mejores resultados.

6. RECOMENDACIONES

El resultado es concluyente en relación a que la aplicación del biochar, la aplicación de la *Trichoderma sp* y la aplicación de ambos puede tener mejoras en las variables como altura de planta, ancho y largo de las hojas, ancho de fuste y cantidad de hojas, en la aplicación de plantas de banano, por lo que se recomienda medir otros variables de rendimiento, es decir alargar el tiempo de toma de datos hasta la cosecha.

La investigación además de las demostraciones que ha podido realizar permitió encontrar resultados posiblemente no esperados como es el caso de que la aplicación de la *Trichoderma sp* sola, tiene ventajas en el crecimiento en relación con la aplicación del biochar solo, este resultado ha sido inesperado y ha planteado la hipótesis de que en casos donde ha existido previamente o existe enfermedades en la planta, el tratamiento de la *Trichoderma sp* solo puede tener mejores resultados que un bioestimulante, por lo que se recomienda en nuevos estudios plantearse específicamente este estudio.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alemu, M. (2017). Banana as a Cash Crop and Its Food Security and Socioeconomic Contribution: The Case of Southern Ethiopia, Arba Minch. *Journal of Environmental Protection*, 8, 319-329. <https://doi.org/DOI:10.4236/jep.2017.83024>
- Ali Rothschuh, M. (2013). *Efecto del biochar y la inoculación con micorriza y Trichoderma en el mejoramiento de la calidad del suelo y el crecimiento de pasto King grass (Pennisetum purpureum)*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Arias, P., Dankers, C., Liu, P., y Pilkauskas, P. (2004). *LA ECONOMÍA MUNDIAL DEL BANANO 1985-2002*. Roma.
<https://www.fao.org/4/y5102s/y5102s03.htm#TopOfPage>: Servicio de Materias Primas, Productos Tropicales y Hortícolas-Dirección de Productos Básicos y Comercio de la FAO. <https://www.fao.org/4/y5102s/y5102s03.htm>
- Ashok-Kumar, K., Subalakshmi, R., Jayanthi, M., Abirami, G., Vijayan, D., Venkatesa-Prabhu, S., y Baskaran, L. (2023). Production and characterization of enriched vermicompost from banana leaf biomass waste activated by biochar integration. *Environmental Research*, 219(115090).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.11509>
- Barrezueta, S., Condoy, A., y Sánchez, S. (2022). Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (Musa AAA) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional. *Enfoque UTE*, V.13-N., 13(3), 29-44.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.815>
- Cedeño, D., y Sánchez, K. (2022). *Efecto de Trichoderma spp y biochar en plántulas de cacao (Theobroma cacao)*. Trabajo de Integración Curricular, Carrera de Ingeniería Agrícola, ESPAM MFL.
- Corporación Financiera Nacional B.P. (2024). *Ficha Sectorial: Banano*. . Quito.
<https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2024/05/Ficha-Sectorial-Banano.pdf>: Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios CFN.

- Facts & Details. (2019). *BANANAS: THEIR HISTORY, CULTIVATION AND PRODUCTION*. Retrieved 23 de Octubre de 2024, from Bananas: <https://factsanddetails.com/world/cat54/sub343/item1577.html>
- FAO. (2024). *Bananas*. Retrieved 20 de Octubre de 2024, from Mercados y Comercio: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/bananos/es/>
- FAO. (2024). *La seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023: retos y perspectivas para erradicar el hambre*. <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/9062fede-855a-4da6-84fd-bfac08e5b697/download>
- FAO, y World Banana Forum . (2017). *Good Agricultural Practices for Bananas*. WORLD BANANA FORUM. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0c8cda6d-4916-4833-b966-c158b9485fe6/content>.
- Gómez, M., y Buri, B. (2023). *Trichoderma spp.: efectos de aplicaciones edáficas en variables agronómicas durante las fases fenológicas del cultivo de banano*. Universidad Técnica de Machala.
- Harvard T.H. Chan. (2024). *Bananas*. Retrieved 23 de Octubre de 2024, from The Nutrition Source: <https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/food-features/bananas/#:~:text=One%20serving%2C%20or%20one%20medium,fiber%2C%20and%20450%20mg%20potassium>.
- INEC. (2024). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC)*. Boletín técnico. INEC. Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Boletin_tecnico_ESPAC_2023.pdf.
- Jácome, C., García, Y., Guerrero, J., Arteaga, Y., L. Y., y Morales, A. (2019). Efecto de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en el crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* en condiciones de vivero. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología.*, 8(1), 40-51.
- Kumar-Ray , P., y Bharti , P. (2023). Biochar: A Quality Enhancer for Fruit Crops. *The Agriculture Magazine* , 2(4), 77-79. <https://theagricultureonline.com/wp-content/uploads/2023/10/February-2023-issue.pdf#page=92>

- Medeiros, E., Costa, D., D. G., Silva, J., y Hammecker, C. (2020). Biochar and *Trichoderma aureoviride* applied to the sandy soil: effect on soil quality and watermelon growth. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(2), 735–751. <https://doi.org/https://doi.org/10.15835/nbha48211851>
- Medeiros, E., M. M., Costa, D., Duda, G., Silva, J., J. O., . . . Hammecker, C. (2020). Biochar and *Trichoderma aureoviride* applied to the sandy soil: effect on soil quality and watermelon growth. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(2), 735–751. <https://doi.org/https://doi.org/10.15835/nbha48211851>
- Medeiros, E., Silva, L., Silva, J., Morales, M., Costa, D., Souza, C., . . . Hammecker, C. (2021). Biochar and *Trichoderma* spp. in management of plant diseases caused by soilborne fungal pathogens: a review and perspective. *Research, Society and Development*, , 10(15). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22465>
- Mordor Intelligence. (2024). *Tamaño del mercado del banano: informe de la industria sobre participación, tendencias de crecimiento y análisis de pronósticos (2024-2029)*. Retrieved 20 de Octubre de 2024, from [https://www.mordorintelligence.ar/industry-reports/banana-market#:~:text=El%20tama%C3%B1o%20del%20mercado%20del,previsto%20\(2024%2D2029\)](https://www.mordorintelligence.ar/industry-reports/banana-market#:~:text=El%20tama%C3%B1o%20del%20mercado%20del,previsto%20(2024%2D2029).).
- Navarro, Y., Sulbarán, J., Chacón, H., Arias, K., y Ramírez, B. (2024). Evaluación del efecto del hongo *Trichoderma asperellum* como bioestimulante de crecimiento en plantas de parchita (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) en vivero. *Revista Latinamericana de Difusión Científica*, 6(11).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). *La seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023: retos y perspectivas para erradicar el hambre*. <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/9062fede-855a-4da6-84fd-bfac08e5b697/download>
- Ravindran , B., Kumar, M., Karmegam, N., Chang, S., Chaudhary, D., Selvam, A., . . . Munuswamy-Ramanujam, G. (2022). Co-composting of food waste and swine manure augmenting biochar and salts: Nutrient dynamics, gaseous emissions and microbial activity. *Bioresource Technology*, 344, Part B(126300), 1-11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126300>

- Raynolds, L., Murray, D., y Wilkinson, J. (2007). *Fair Trade: The Challenges of Transforming Globalization*. Routledge.
- Reyes-Pallazhco, J., y Barrezueta-Unda, S. (2023). Respuesta del cultivo de banano a diferentes proporciones de microorganismos y biochar en dos texturas de suelo. *Manglar* 20(2), 109-115. DOI: <http://doi.org/10.57188/manglar.2023.012>.
- Sakshi-Bhardwaj, M., Sankhyan, N., y Singh, D. (2023). Biochar for Soil Carbon Sequestration and Crop Productivity. *The Agriculture Magazine*, 2(4), 185-189. <https://theagricultureonline.com/wp-content/uploads/2023/10/February-2023-issue.pdf#page=92>
- Sundberg, C., y Azzi, E. (2024). *Biochar sustainability In Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation 3rd Edition*. Edit.: Johannes Lehmann and Stephen Joseph. Routledge. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.4324/9781003297673>
- Vardhan , Y., Sharma , K., y Sharma , R. (2023). Impact of Smart Fertilizer on Sustainable Agriculture. *The Agriculture Magazine*, 2(4). <https://doi.org/Impact of Smart Fertilizer on Sustainable Agriculture>
- World Population Review. (2024). *Banana Production by Country 2024*. Retrieved 25 de Septiembre de 2024, from <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/banana-production-by-country>

ANEXO A: Distribución de los bloques y tratamientos



ANEXO B: Toma de datos



ANEXO C: Instrumentaria

ANEXO D: Fichas técnicas



FICHA TÉCNICA

BLACKAR

DATOS GENERALES DEL PRODUCTO

- **Nombre Comercial:** Blackar
- **Clase de producto:** Enmienda de suelo enriquecida con silicio y microorganismos biológicos
- **Tipo de formulación:** Sólida
- **Modo de acción:** Enmienda Agrícola
- **Categoría toxicológica:** IV
- **Presentaciones:** 1 – 5 – 15 – 25 – 40 – 50Kg
- **Registro agrocalidad:** F-2024-1845

CARACTERÍSTICAS

Blackar es un material rico en carbono obtenido a partir de la pirólisis de biomasa, como madera, residuos agrícolas o desechos orgánicos. Su modo de acción es múltiple y beneficioso para el suelo y el medio ambiente, es un acondicionante del suelo versátil que mejora la salud del suelo, aumenta la productividad agrícola y contribuye a la mitigación del cambio climático.

Composición y concentración:

INGREDIENTES	PORCENTAJE PESO/PESO
Materia Orgánica (MO)	75.00%
Carbono orgánico (CO)	43.00%
Silicio (SiO ₂)	25.00%

Blackar aparte de la materia orgánica aporta, silicio que ayuda a mejorar la porosidad del suelo, lo que influye en la resistencia a la erosión del mismo por medio de una mayor retención de agua.

Otra de las características de **Blackar** es que promueve la actividad microbiana ya que esta enriquecido también con microorganismos que ayudan a mejorar la salud del suelo y ayuda a prevenir enfermedades en los cultivos.



MODO DE ACCIÓN

Mejora la estructura del suelo: Aumenta la porosidad y la capacidad de retención de agua del suelo.

Aumenta la fertilidad del suelo: actúa como una esponja, reteniendo nutrientes y liberándolos gradualmente.

Fija carbono: es estable y permanece en el suelo, secuestrando carbono atmosférico.

Mejora la biodiversidad del suelo: proporciona un hábitat para microorganismos beneficiosos, las cepas de *Trichoderma* spp. presentes producen una auxina natural llamada ácido indolacético (IAA por sus siglas en inglés), al aplicar al suelo actúa el hongo coloniza el suelo y las raíces de los cultivos, ayudando a la estimulación de raíces y asimilación eficiente de nutrientes del suelo. Además de diferentes efectos antagonísticos y parasíticos en contra de fitopatógenos.

Las cepas seleccionadas de *Paecilomyces* spp. parasitan huevos, juveniles y adultos de nematodos; el hongo produce enzimas líticas que causan deformaciones, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión. También produce toxinas que afectan el sistema nervioso, pero además causan deformación en el estilete de los nematodos que sobreviven, lo que permite reducir las poblaciones.

Por otra parte, las diferentes especies y cepas del género *Bacillus* producen aminoácidos esenciales que ayudan en la nutrición e interviene en el metabolismo primario y secundario vegetal, aumentando el rendimiento y producción de los cultivos. Los nutrientes presentan efecto positivo en procesos fisiológicos y vitales de las plantas como lo es: fotosíntesis, división celular, actividad enzimática, desarrollo de frutos. De esta manera se puede brindar un manejo integrado de la nutrición vegetal.

Reduce la erosión del suelo: Aumenta la cohesión del suelo, reduciendo la erosión.

Filtra contaminantes: puede adsorber contaminantes químicos y metales pesados.



DOSIS Y APLICACIÓN

INSTRUCCIÓN DE USO:

"CONSULTE CON UN TÉCNICO PROFESIONAL"

Cultivo	Dosis recomendada	Época de aplicación	Forma de aplicación
ROSA (<i>Rosa</i> sp.)	2 - 4 Ton/Ha	Aplicar durante todo el ciclo de cultivo	Aplicación edáfica (Directo al suelo: Mezcle el producto con la tierra existente)
PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>)			
BANANO (<i>Musa acuminata</i> AAA)			
MAÍZ (<i>Zea mays</i>)			
TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>)			
PASTOS			
ORNAMENTALES			
CÍTRICOS			
HORTALIZAS Y SUS VIVEROS			
FRUTALES			
CEREALES			

"La información presentada sirve como referencia, la cual puede acogerse de acuerdo con las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo."

MODO DE EMPLEO

Agregue el producto directamente al suelo y mezcle con la tierra existente en el cultivo. No aplicar cuando esté por llover, aplicar en las horas de menos sol, ya sea en las primeras horas de la mañana o en las últimas de la tarde

RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN

Durante la preparación y utilización del producto **"NO COMER, BEBER O FUMAR"**. USAR: Ropa protectora adecuada, guantes, delantal, overol, botas, gafas, casco o gorra, mascarilla contra la neblina de aspersión, respirador, etc. **ANTES DE COMER, BEBER o FUMAR**, sacarse la ropa contaminada, lavarse bien las partes expuestas de la piel con abundante agua y jabón. "No aplicar el producto en las superficies que puedan entrar en contacto con alimentos". "Conservar el producto lejos de las bebidas y los alimentos para las personas y los animales". "No permita el ingreso de animales al área tratada". "No contamine fuentes de agua". "Conservar el producto en el envase original etiquetado y cerrado herméticamente". "No emplear este envase para ningún otro fin". "No re envasar o depositar el contenido en otros envases". "Conservar el envase en un lugar seguro, lejos de los alimentos, los niños y los animales". "Después de usar el contenido, destruya el empaque y entregue al distribuidor para su disposición final."

SPOLVOTRICH

SPOLVOTRICH es un complejo de microorganismos beneficiosos aislados de suelos agrícolas ecuatorianos, y dicho complejo, está constituido por varias especies y diferentes cepas del hongo *Trichoderma*. Este hongo benéfico, es utilizado a nivel mundial para promover crecimiento vegetal en cultivos agrícolas. Además, *Trichoderma* ha demostrado su inocuidad en animales y humanos, siendo una herramienta fundamental para producción limpia y de bajo impacto al ambiente.

COMPOSICIÓN

Trichoderma spp. 2.5×10^8 ufc/gr.

DESCRIPCIÓN

SPOLVOTRICH está formulado bajo un proceso de secado y medio que asegura el mantenimiento del organismo activo. La concentración de conidios del producto es de mínimo de 2.5×10^8 ufc/gr. y con una viabilidad mínima del 80%. Las cepas seleccionadas de SPOLVOTRICH combaten el desarrollo de fitopatógenos como *Botrytis* spp.

SPOLVOTRICH tiene un tiempo de vida en percha de 6 meses a partir de la fecha de fabricación.

MODO DE EMPLEO

La aplicación de *Trichoderma* se puede realizar por espolvoreo. La dosis es 5 kg / ha. Aplicación 1 vez semanal durante el invierno.

RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN

Pese a que el producto no es tóxico, se deben tomar las precauciones necesarias y utilizar equipo de protección adecuado. Evitar el contacto con la piel, usar ropa impermeable la cual evite el contacto del producto con el cuerpo. El personal de aplicación debe usar lentes de seguridad, y para las manos se recomienda utilizar guantes de caucho, para la boca y nariz es necesario usar mascarilla.

ALMACENAMIENTO

Guardar el producto en un lugar fresco y seco lejos de la radiación solar. Almacenaje en refrigeración de SPOLVOTRICH, prolonga la vida del producto.

COMPATIBILIDAD

SPOLVOTRICH es compatible con fertilizantes y abonos foliares que no sobrepasen el 8 mS/cm de conductividad eléctrica y pH 3-8. Además puede ser mezclado con insecticidas, herbicidas y productos biológicos. Con respecto a fungicidas, se lo puede mezclar con Iprodione, Previcur, Captan, Cantus. *Trichoderma* se ve afectado gravemente por el fungicida Carbendazim y Teldor combi.

TOXICOLOGIA

Productos a base de *Trichoderma* son incluidos dentro del rango toxicológico IV a nivel internacional.

Registro AGROCALIDAD: en trámite

Producido por: Microtech Services Cia. Ltda.

CONTACTO



Antonio Leon-Reyes, PhD aleon@microtech.ec

Carlos Ruales, MsC cruales@microtech.ec

Cununyacu, calle 2 de Agosto y Joaquín Ruales

Teléfono: 2100141 – 0987472675 - 0961373592

contacto@microtech.ec

www.microtech.bio