



Artículo de Investigación

Efecto de *Trichoderma spp.* en la incidencia de sigatoka negra en hijuelos de banano en etapa de crecimiento en la Estacion Experimental Sapecho

Effect of *Trichoderma spp.* on the incidence of black sigatoka in growing banana suckers at the Sapecho Experimental Station

Celso Ticona Quispe, Carlos Eduardo Choque Tarqui

RESUMEN: La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) es una enfermedad foliar que afecta severamente al cultivo de banano y que representa una limitante fitosanitaria importante en la región de Alto Beni, Bolivia. Este estudio evaluó el efecto de diferentes dosis de *Trichoderma spp.*, como un agente de control biológico, sobre la incidencia de Sigatoka negra y el crecimiento vegetativo en hijuelos de banano variedad Gran Nain durante su etapa de establecimiento. Los resultados mostraron una reducción significativa en la incidencia de la enfermedad y una mejora en las variables de crecimiento en los tratamientos con *Trichoderma*, indicando su potencial como una alternativa sostenible para el manejo de la enfermedad en condiciones locales.

PALABRAS CLAVE Sigatoka, *Trichoderma*, hijuelos de banano, incidencia.

ABSTRACT: Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) is a foliar disease that severely affects banana cultivation and represents a significant phytosanitary constraint in the Alto Beni region of Bolivia. This study evaluated the effect of different doses of *Trichoderma spp.*, as a biological control agent, on the incidence of Black Sigatoka and on the vegetative growth of banana suckers (cv. Grand Nain) during their establishment stage. The results showed a significant reduction in disease incidence and an improvement in growth variables in the treatments with *Trichoderma*, indicating its potential as a sustainable alternative for disease management under local conditions.

KEYWORDS: Black Sigatoka, *Trichoderma*, banana suckers, incidence.

AUTORES: Celso Ticona Quispe: Docente Investigador, Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
Email: ticona.quispe.celso@gmail.com; La Paz – Bolivia. Código orcid:<https://orcid.org/0000-0001-7237-9654>
Carlos Eduardo Choque Tarqui: Docente Investigador, Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
Email: eduard.charly@gmail.com. Código orcid:<https://orcid.org/0000-0003-4825-5283>

DOI: <https://doi.org/10.53287/evvn5596qz640>

Recibido: 13/10/2025. Aprobado: 11/12/2025.



INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa spp.*) constituye uno de los cultivos más relevantes para la economía y seguridad alimentaria de los pequeños productores de la región de Alto Beni, en el norte del departamento de La Paz, Bolivia. Esta zona tropical húmeda ofrece condiciones edafoclimáticas favorables para el desarrollo del cultivo, pero también presenta una alta presión de enfermedades foliares, siendo la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) una de las principales limitantes fitosanitarias. Esta enfermedad, ampliamente distribuida en las zonas productoras de banano a nivel mundial, reduce significativamente la capacidad fotosintética de las plantas al provocar la necrosis prematura de las hojas, afectando el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los racimos.

La Sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es la enfermedad foliar que representa la principal limitante en la producción de musáceas (plátano y banano) a nivel mundial. La enfermedad afecta el área fotosintética de la planta y, en

consecuencia, los racimos y frutos tienen un menor peso en comparación con plantas sanas (Álvarez, et al., 2013).

Según Jones (2000) citado por Borja (2019) la Sigatoka negra, es una enfermedad de tipo foliar disminuyendo la capacidad fotosintética de la planta llevando a una prematura maduración de los frutos, distribuida en la mayoría de las regiones bananeras del mundo.

La utilización de fungicidas químicos durante décadas para el control de las enfermedades en cultivos agrícolas ha hecho inminente la búsqueda de alternativas, que contribuyan a minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente y elevar los costos de producción. Este deterioro ambiental en el tiempo ha llevado al hombre a buscar metodologías de control, que contribuyan en la prevención o reducción de los efectos a corto o a mediano plazo de estos compuestos frente al daño ambiental.

El cultivo del banano (*Musa spp.*) es fundamental para la economía y la seguridad alimentaria de pequeños productores del Alto Beni, región caracterizada por un clima tropical húmedo favorable para el cultivo, pero

también propicio para la proliferación de enfermedades foliares. Entre estas, destaca la Sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis*, que provoca necrosis prematura de las hojas, disminuyendo la fotosíntesis, el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto.

Durante años, el control se basó en fungicidas químicos, lo que ha generado problemas ambientales y costos elevados. Esto impulsa la búsqueda de métodos alternativos, con énfasis en el control biológico.

La *Trichoderma harzanium* tiene habilidad para colonizar el sistema radicular y se establece en la rizosfera, el hongo crece y se desarrolla mejor cuando hay abundancia de raíces saludables, atacando, parasitando y obteniendo nutrientes de otros hongos y favoreciendo el desarrollo de la planta y la raíz Harman (2000) citado por Astudillo (2012, p.18); asimismo indica que el *Trichoderma* produce sustancias de tipo antibiotic tales como tricodermin y harzianopiricona que causan un efecto antagónico sobre el fitopatógeno. También, produce enzimas de tipo lítico que son capaces de destruir los esclerocios o estructuras de resistencias del fitopatógeno.

Ante esta problemática, el presente estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de tres dosis de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento vegetativo y la incidencia de Sigatoka negra en hijuelos de banano durante la etapa de establecimiento. Esta investigación se justifica por la necesidad de generar alternativas de manejo sostenible para el cultivo, que contribuyan a mejorar el desarrollo inicial de las plantas, reducir la incidencia de enfermedades foliares y fortalecer la productividad de los sistemas bananeros locales bajo condiciones agroecológicas.

El objetivo del estudio es Evaluar el efecto de tres dosis de *Trichoderma* spp. sobre el crecimiento vegetativo y la incidencia de Sigatoka negra en hijuelos de banano (*Musa* spp.) durante la etapa de establecimiento en la región de Alto Beni". Así mismo cuantificar la incidencia de Sigatoka negra a través del número de hojas con síntomas visibles en los tratamientos evaluados, y finalmente determinar el efecto de las diferentes dosis de *Trichoderma* spp. sobre la altura y el diámetro del pseudotallo de los hijuelos de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la Estación Experimental de Sapecho (EES), que está ubicada en la Región del Alto Beni, en el Distrito Municipal de Sapecho, de la Cuarta Sección Municipal de la Provincia Sud Yungas departamento La Paz.

Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas siguientes: 15°32' de altitud sur y 67° de longitud oeste. El área presenta una temperatura promedio de 26°C, con precipitaciones pluviales promedio de 1800 mm sin embargo las variaciones

topográficas influyen en la distribución de las precipitaciones y con respecto a la humedad relativa es de 80% (EES, 2012; citado en Chipana, 2015). características que favorecen el desarrollo del cultivo de banano y la proliferación de enfermedades foliares como la Sigatoka negra.

Material biológico

Se emplearon hijuelos de banano, variedad comercial Gran nain, con una altura promedio de 1 metro al momento de iniciar el experimento; fueron seleccionados en base a su uniformidad en tamaño, y los síntomas de la enfermedad visible de la enfermedad de la Zigmatoka. Asimismo, se emplearon cepas de trichoderma.

Metodología

Preparación de las concentraciones de *Trichoderma*

La concentración de esporas determina la capacidad del hongo para colonizar rápidamente el sustrato o tejido vegetal y establecerse de forma efectiva para:

- Competir por espacio y nutrientes con otros microorganismos (incluidos los patógenos).
- Producir metabolitos antifúngicos que inhiben el crecimiento de enfermedades como la Sigatoka negra.
- Inducir mecanismos de defensa en la planta hospedera.
- Estimular el crecimiento vegetal a través de la producción de fitohormonas como auxinas y citoquininas.

Para la aplicación de los diferentes tratamientos, se emplearon 200 gramos de Trichoderma disueltos en 20 litros de agua no clorada, a temperatura ambiente.

Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue bloques al azar propuesto por Calzada (1985), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por un hijuelo de aproximadamente 8 semanas de edad, habiéndose realizado el seguimiento a diez y seis hijuelos en total. El modelo estadístico ajustado:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Una observación cualquiera; μ = Media poblacional; β_j = Efecto del j - ésmo bloque; α_i = Efecto del i - ésmo tratamiento; ε_{ij} = Error experimental

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

T1: Testigo (Aplicación con agua)

T2: *Trichoderma* a una concentración de 10^8 esporas/mL.

T3: *Trichoderma* a una concentración de 10^7 esporas/mL.

T4: *Trichoderma* a una concentración de 10^6 esporas/mL.

La cepa de *Trichoderma* spp. utilizada fue previamente multiplicada en condiciones controladas en laboratorio, y la concentración de esporas fue ajustada mediante conteo con cámara de Neubauer.

Aplicación de los tratamientos

Para no tener ningún efecto entre los tratamientos, trabajamos con dos mochilas pulverizadoras, para el testigo (T1), para biológico *Trichoderma* sp (T2, T3 y T4). El intervalo de la aplicación fue cada 15 días, durante 3 meses.

$$\text{Incidencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número de hojas con síntomas de Sigatoka}}{\text{Número total de hojas evaluada}} \right) * 100$$

Análisis de datos

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) para determinar el efecto de los tratamientos, y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia, utilizando el software estadístico InfoStat.

Variables de estudio

Las variables de estudio fueron:

- Altura del hijuelo (cm): medida desde la base hasta el ápice de la última hoja activa
- Diámetro del pseudotallo (cm): medido a 10 cm del nivel del suelo con cinta métrica
- Incidencia: La incidencia se refiere al porcentaje de unidades vegetales (hojas, plantas, etc.) afectadas por la enfermedad en relación al total evaluado.

La incidencia se determinó según la fórmula propuesta por French y Herbert (1982), mediante cuantificación de 16 plantas por unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de la altura de hijuelos de banano

Se realizaron el seguimiento de la altura durante el periodo de crecimiento un total de 8 tomas de datos de los mismos se tiene el cuadro siguiente:

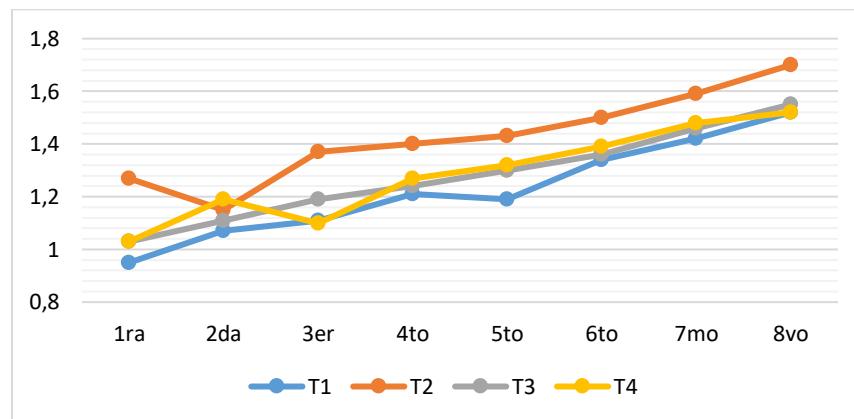


Figura 1. Comportamiento de la altura de hijuelos en 8 períodos.

López Martínes (2024) reportó alturas promedio mayores en plantas tratadas con *Trichoderma harzianum* (2.21 m) frente al testigo (1.90 m), aunque las diferencias no fueron siempre estadísticamente significativas.

Asimismo, Romero C. y Loayza et al (2023) documentaron que con *T. asperellum* y *T. spirale* incrementaron a altura de hijuelos de banano en condiciones de suelo arcillo salino, comparado con el testigo.

Según Campoverde N.V. (2021), en aclimatación, algunos bioinoculantes (no exclusivamente *Trichoderma*)

produjeron mayor longitud del tallo; la *Trichoderma* aumentó la altura en combinación con otros microorganismos.

Comportamiento del diámetro de los hijuelos de banano

Este análisis del comportamiento del diámetro en los diferentes tratamientos se realizó en 8 fechas de los mismo se tiene la siguiente figura:

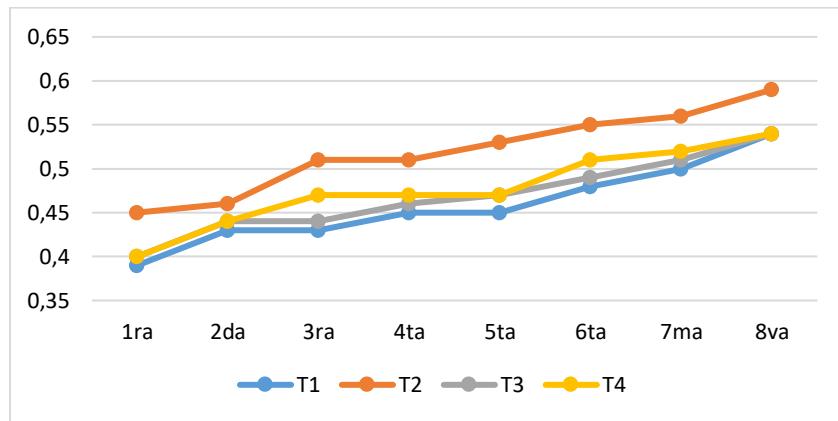


Figura 2, Comportamiento del diámetro de hijuelos.

Además, el crecimiento vegetativo en términos de altura y diámetro del pseudotallo fue favorable en los tratamientos con *Trichoderma*, indicando un efecto estimulador del desarrollo de los hijuelos.

Se ha comprobado que la inoculación con *Trichoderma spp.* aumenta significativamente el diámetro del pseudotallo en hijuelos de banano. Por ejemplo, Piloso Muñoz (2025) en la variedad Williams reportó diámetros mayores en plantones tratados con *Trichoderma* comparado con el control.

También Romero C. y Loayza et al (2023) encontraron que en condiciones de suelo arcillo salino, plantas tratadas con *T. asperellum* y *T. spirale* alcanzaron

diámetros de pseudotallo significativamente superiores al testigo.

Análisis estadístico ANVA de grado de incidencia de la Sigatoka

En el análisis de varianza del grado de incidencia de la Sigatoka se observa un impacto significativo ($p<0.05$) de la aplicación de *Trichoderma spp.* en la reducción de la incidencia de Sigatoka negra. Los tratamientos con *Trichoderma* (T2, T3, T4) mostraron valores promedio de incidencia inferiores (12.6% a 13.6%) en comparación con el control (21.9%).

Tabla 1. Análisis de Varianza del grado de incidencia.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F cal	Significancia
Bloque	3	109,20	3,10	0,0337	
Tratamiento	3	921,46	26,16	0,0001	**
Error	57	669,15			
Total	63	1699,82			

C.V. 22,31; ** Altamente significativo

El análisis de varianza confirmó diferencias altamente significativas entre tratamientos para la incidencia, mientras que las diferencias en altura y diámetro apuntan a una mejora en vigor con los tratamientos biológicos.

Así mismo en la prueba de Duncan se observa que existe igualdad entre los tratamientos T2, T3 y T4 sin embargo el tratamiento T1 es diferente con un valor alto de 21.90 respecto a los anteriores tratamientos que son de menor incidencia.

Tabla 2, Análisis de Varianza del grado de incidencia.

Tratamiento	Medias	N	Error	
T3	12,62	16	0,86	A
T4	13,29	16	0,86	A
T2	13,63	16	0,86	A
T1	21,90	16	0,86	B

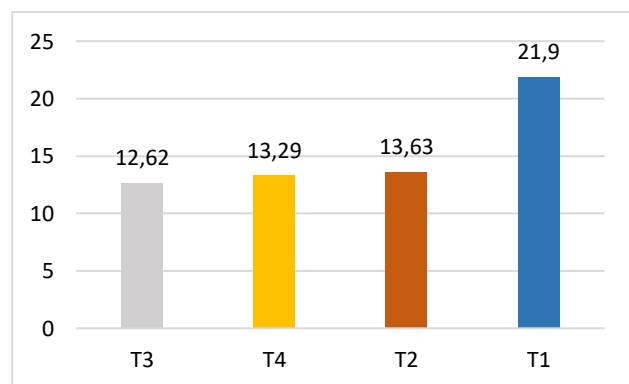


Figura 3. Incidencia de la Sigatoka Negra por tratamiento.

Al respecto, Castillo- Arevalo (2022) realizaron evaluaciones utilizando formulaciones biológicas incluyendo *Trichoderma* sp más *Bacillus Subtilis*, comparadas con control químico, el resultado fue que la combinación biológica disminuyó la severidad de la Sigatoka negra en banana en forma significativa, con eficacias semejantes al tratamiento químico.

Asimismo, Abad Vallalolid (2023) encontró que la *Trichoderma* spp., solo o en combinación con extractos botánicos, disminuye el área foliar afectada por Sigatoka negra en *Musa* app.

Cadena, Ticona y Mamani (2021) encontraron que la aplicación foliar de *Trichorema harzianum* en la Estacion Experimental Sapecho reduce la severidad de la Sigatoka negra; la dosis de 130 % (260 g) mostró una disminución de severidad frente al testigo.

CONCLUSIONES

Los resultados confirman la eficacia de *Trichoderma* spp. para reducir la incidencia de Sigatoka negra en la etapa inicial del banano, contribuyendo tanto al control biológico del patógeno como a la promoción del crecimiento vegetal. Esto coincide con estudios previos que resaltan el papel de *Trichoderma* como agente biocontrolador con bajo impacto ambiental.

Esta alternativa es especialmente relevante en el Alto Beni, donde la producción familiar y el enfoque agroecológico limitan el uso de fungicidas químicos. Además, la reducción de la incidencia de la enfermedad mediante métodos sostenibles puede mejorar la productividad y la calidad del cultivo a largo plazo.

La aplicación de *Trichoderma* spp. reduce significativamente la incidencia de Sigatoka negra en hijuelos de banano en condiciones del Alto Beni.

Trichoderma en concentraciones entre 10^6 y 10^8 esporas/mL mejora el crecimiento vegetativo del cultivo.

El control biológico con Trichoderma es una alternativa viable, sostenible y de bajo impacto ambiental para el manejo de la Sigatoka negra en sistemas de producción bananeras locales.

BIBLIOGRAFIA

- Abad Vallalolid, L.A. (2023). Evaluacion del impacto de Trichoderma y extracto botánico en el control de la Sigatoka en *Musa* spp. Tesis de grado. Universidad Técnica de Machala, Ecuador
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., & Ceballos, G. (2013). La Sigatoka negra en plátano y banano. Guía para el reconocimiento y manejo de la enfermedad, aplicado a la agricultura familiar. CIAT/FAO
- Astudillo Intriago, E. E. (2012). *Propagación Vegetativa en Banano (Musa paradisiaca) con el microorganismo benefico (Trichoderma harzianum) Vs Convencional*. Quevedo - Los Ríos, Ecuador.
- Borja Peña, N. K. (2019). *El deshoje fitosanitario como alternativa para reducir la incidencia y severidad de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) en banano*. Babahoyo-Los Ríos, Ecuador.
- Cadena F., Ticona C. y Mamani E. 2021. Manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) del banano (*Musa acuminata*) con la aplicación de la Trichoderma (*Trichoderma harzianum*), Apthapi 7(3):2242-2246. Septiembre-Diciembre, 2021. ISSN: 2519-9382
- Campoverde, N.V.B (2021). Efecto de *Trichoderma harzianum*, *Paecilomyces lilacinus* y *Bacillus subtilis* en plántulas de banano. Informe tesis - Zamorano
- Castillo – Arevalo, T (2022). Biological and cheminal alternatives for the management of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis Morelet*) in banana (*Musa paradisiaca L.*) in Rivas, Nicaragua. Ciencia e Interculturalidad.
- Lopez Martinez, A.I. (2024). Efecto de *Trichoderma harzianum* sobre el desarrollo vegetativo del banano (infome de investigación). Universidad Agraria.
- Pilosof Muñoz J.K. (2025) Evaluacion de *Trichoderma* spp. en el desarrollo de plántulas (*Musa* spp. variedad Williams). Universodad de Guayaquil.
- Romero C. R., Loayza M.G. (2023). Efectos del uso de *Trichoderma* spp. en suelo arcilloso salino y plantas de banano etapa vegetativa. Ecuador.