



Artículo

Manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*) del banano (*Musa acuminata*) con la aplicación de la Trichoderma (*Trichoderma harzianum*)

Management of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijensis*) of banana (*Musa acuminata*) with the application of Trichoderma (*Trichoderma harzianum*)

Freddy Antonio Cadena M., Celso Ticona, Esmeralda Mamani

RESUMEN:

El cultivo de banana en Bolivia es afectado por la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*) bajando los rendimientos; una alternativa de control no afectando al medio ambiente es el empleo de *Trichoderma harzianum*, por lo que se planteó el objetivo de evaluar el efecto de dos dosis de Trichoderma en el cultivo de banana (*Musa acuminata*) afectado por Sigatoka negra en la Estación Experimental de Sapecho, estableciéndose la investigación bajo un diseño de bloques al azar en una parcela de banana contándose con 12 plantas por unidad experimental con tres tratamientos y tres repeticiones, donde se aplicaron dosis de Trichoderma al 100% (T1= 200gr), 130% (T2= 260 gr) y 0% (T0= 0 gr.) aplicados al follaje. Los resultados demuestran estadísticamente a la prueba de Duncan, que durante las dos primeras aplicaciones no existió diferencias, atribuyendo esto a que la Trichoderma fue estableciéndose dentro la parcela; la evaluación de la tercera aplicación demuestra un control efectivo cortando el ciclo patogénico de la enfermedad, el testigo sin aplicación de Trichoderma alcanzó una severidad del 37,23 % a comparación del T2 donde se aplicaron 260 gr de Trichoderma alcanzó un 20.53 % de severidad, verificando que la Trichoderma controló el avance de la Sigatoka negra. En consecuencia, la aplicación de Trichoderma en comparación con un Testigo logró reducir la severidad en un 16,7 %.

PALABRAS CLAVE:

patógeno, severidad, patogénico, biocontrolador

ABSTRACT:

The banana crop in Bolivia is affected by black Sigatoka (*Mycosphaerella fijensis*) lowering the yields; an alternative of control without affecting the environment is the use of *Trichoderma harzianum*, so the objective was to evaluate the effect of two doses of Trichoderma in the banana crop (*Musa acuminata*) affected by black Sigatoka in the Experimental Station of Sapecho, the research was established under a randomized block design in a banana plot with 12 plants per experimental unit with three treatments and three replications, where doses of Trichoderma were applied at 100% (T1= 200 gr), 130% (T2= 260 gr) and 0% (T0= 0 gr.) applied to the foliage. The results demonstrate statistically to the Duncan test, that during the first two applications did not exist differences, attributing this to that the Trichoderma was establishing itself inside the plot; the evaluation of the third application demonstrates an effective control cutting the pathogenic cycle of the disease, the witness without application of Trichoderma reached a severity of 37.23 % to comparison of the T2 where 260 gr of Trichoderma were applied reached a 20.53 % of severity, verifying that the Trichoderma controlled the advance of the black Sigatoka. Consequently, the application of Trichoderma in comparison with a Control was able to reduce the severity in 16.7 %.

KEYWORDS:

pathogen, severity, pathogenic, pathogenic, biocontroller

AUTORES:

Freddy Antonio Cadena M: Docente Investigador en cultivos Tropicales y Subtropicales; Email: facadena@umsa.bo; La Paz – Bolivia

Celso Ticona: Celso Ticona Mamani, Docente Investigador en cultivos Frutales; Email: @gmail.com; La Paz – Bolivia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7237-9564>

Esmeralda Mamani: Auxiliar de campo; La Paz – Bolivia.



Recibido: 28/07/2021. Aprobado: 11/10/2021.

INTRODUCCIÓN

La producción en Bolivia de banana o plátano se concentra en la región tropical de Cochabamba, principalmente en los municipios de Chimoré, Villa Tunari, Puerto Villarroel, Entre Ríos y Shinahota. En una menor proporción dentro de la zona de Caranavi y Alto Beni (Vargas, 2019). Uno de los principales problemas para la producción de banano (*Musa acuminata*) es la presencia de la enfermedad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*), bajando notablemente los rendimientos e ingresos de los pequeños y medianos productores poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. El control de la enfermedad de la Sigatoka negra lo realizan mediante labores culturales consistentes en el deshierbe, anillado y deshoje a intervalos de 20 a 30 días pero estas medidas no son suficientes para disminuir su propagación, de tal manera que se recurren al uso de agroquímicos con consecuencias nocivas para el medio ambiente y la salud humana, además de no ser sostenibles para la agricultura familiar, por lo que plantea probar alternativas de control orgánico que no sean nocivas con el medio ambiente, y permita obtener mejores rendimientos de banano.

Es de primordial importancia saber reconocer la sintomatología de la Sigatoka negra que se caracteriza por pasar seis estadios desde la primera expresión en la hoja, los cuales son: Estadio 1: se observa una pequeña mancha rojiza (peca). Esta puede observarse únicamente en el envés (parte de abajo) de las hojas 2 y 3. Son más abundantes en el lado izquierdo cercano del borde de la hoja. Estadio 2: se caracteriza por una raya marrón rojiza, paralela a la venación que puede observarse por ambos lados de la hoja. Estadio 3: La raya se torna más ancha y el color comienza a cambiar de rojo a marrón oscuro. Estadio 4: se caracteriza por manchas marrón oscuras en el envés de la hoja y manchas negras irregulares en el haz de las hojas. Estadio 5: en el haz de la hoja se observa un halo clorótico alrededor de la mancha negra. Estadio 6: el centro de la mancha adquiere un color blanco grisáceo con bordes negros y apariencia hundida (alvarado ortiz 2007). Afecta rápidamente el tejido foliar al reducir la actividad fotosintética y en caso de ausencia de control puede causar la pérdida de más del 50 % del peso del racimo, deteriora la calidad del fruto por problemas

de maduración de los mismos en campo y durante el proceso de transporte a los mercados de destino.

El género *Trichoderma* fue identificado en 1871 y ha sido ampliamente estudiado, se encuentra de manera natural en un número importante de suelos agrícolas. Los podemos encontrar en diferentes zonas y hábitat, especialmente donde existe materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así como en residuos de cultivos (Alvarez y Sivila 2013). Especies de *Trichoderma* se han reportado como hiperparásitos de un gran número de hongos fitopatógenos al atacar directamente y producir lisis de micelios y de esclerocios de hongos (Corrêa et al. 2007).

Los mecanismos por los que las cepas del género *Trichoderma* desplazan al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos. Competición directa por el espacio o por los nutrientes, producción de metabolitos antibióticos, ya sea de naturaleza volátil o no volátil y parasitismo directo de determinadas especies de *Trichoderma* sobre los hongos fitopatógenos (Ezziyyani et al. 2004).

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dos dosis de trichoderma en el cultivo de banano (*Musa sp*) afectado por Sigatoka en la Estación Experimental de Sapecho. Para el efecto se plantearon los siguientes objetivos específicos: a) Reducir la severidad del ataque de la Sigatoka mediante la aplicación de *Trichoderma harzianum*, y b) Establecer la dosis adecuada para el mejor manejo de la Sigatoka.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se realizó en predios de la Estación Experimental de Sapecho, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. Ubicado a 276 km de la ciudad de La Paz, con una altura de 450msnm y una precipitación promedio de 1800mm y una temperatura de media de 26°C. Geográficamente se encuentra en los paralelos 15° 33' y 15° 46' Latitud sur y 66° 57' y 67° 20' Longitud Oeste. Pertenece a la 4ta. Sección municipal de la provincia Sud Yungas, Municipio de Palos Blancos.

Metodología

Para la realización de la investigación se seleccionó una parcela de banano la cual habitualmente se encuentra con problemas de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis*), la cual fue identificada positivamente dentro del laboratorio de Sanidad Vegetal de la estación de Sapecho, el estado fenológico en el cual se encontraban las bananos con una edad de ocho meses a una densidad de plantación de 6x6 m, sin presencia de inflorescencia ni racimos de banano, al interior de la parcela se realizaron las labores culturales habituales tales como deshierbes, deshijes, deschantes, y eliminación de hojas adyacentes afectadas afín de evitar que otros factores externos influyan en el efecto de los tratamientos.

El diseño experimental empleado fue diseño de bloques al azar (DBA), en donde se delimitaron las unidades experimentales las cuales contaban con 12 plantas de banano cada una, planteándose tres repeticiones por bloque, obteniéndose finalmente con 108 plantas en el experimento, los tratamientos planteados fueron el T1 en donde se aplicó *Trichoderma harzianum* en un 100 % es decir empleando una bolsa de 200 gr (fresco) en 20 lt de agua dosis recomendada por mochila de aspersión, el T2 se incrementó al 130 % de la dosis recomendada empleándose 260 gr de *T. harzianum* fresco por mochila, finalmente el T0 sirvió de testigo en donde no se realizó la aplicación de *Trichoderma*.

Durante la fase de desarrollo de la investigación se realizaron tres aplicaciones a intervalos de cada 10 días debido a las condiciones climáticas de precipitaciones y alta humedad que favorecen el desarrollo del patógeno durante los meses de abril y mayo, esta aplicación se realizó con una moto fumigadora y dirigió a las hojas de los bananos tanto a padres como hijuelos de los mismos, para mayor efectividad de *T. harzianum* se empleó un adherente para que pueda fijarse en las hojas del banano y poder combatir a *M. fijensis*.

Las variables evaluadas fueron la incidencia (el porcentaje o proporción de individuos enfermos en relación al total de los individuos) y la severidad

(porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectado por la enfermedad y varía entre 0 y 100) de *M. fijensis* dentro del cultivo tomándose fotos del avance de la enfermedad en las hojas, tratándose de hojas de banano para la evaluación de la severidad se empleó el programa de Cobcal desarrollado por el INTA (Ferrari et al. 2009), la cual se adaptó para evaluar el avance de la severidad, obteniéndose en forma objetiva resultados consistentes y precisos, posteriormente los datos obtenidos se les sometió al análisis mediante el programa de "infostat 2008".

RESULTADOS Y DISCUSION

Incidencia: En primera instancia se procedió a la medición de la incidencia en la parcela en donde tratándose de una variedad altamente susceptible a la enfermedad se determinó que en todos los casos esta es del 100 %, siendo de esta manera todas las plantas con presencia de la enfermedad durante toda la fase de estudio.

Análisis de la Severidad

A los 10 días de la aplicación

Después de la primera aplicación de *Trichoderma* se procedió a cuantificar la severidad dentro de las unidades experimentales, encontrándose que con un CV = 44, no se encuentran diferencias significativas a la prueba Duncan de la severidad, sin embargo se puede apreciar que la presencia de la enfermedad se encuentra en un porcentaje más elevado en los tratamientos con *Trichoderma*, aspecto que se puede atribuir a la presencia de las esporas en el medio ambiente donde el proceso de infección dentro de los tratamientos fue más acelerado no habiendo influencia del hongo biocontrolador durante esta fase de establecimiento del patógeno, los porcentajes de severidad encontrados durante los 10 primeros días de aplicación fueron del orden de 6.07, 4.37 y 1.9 % respectivamente siendo de establecimiento de la enfermedad dentro de las muestras tomadas.

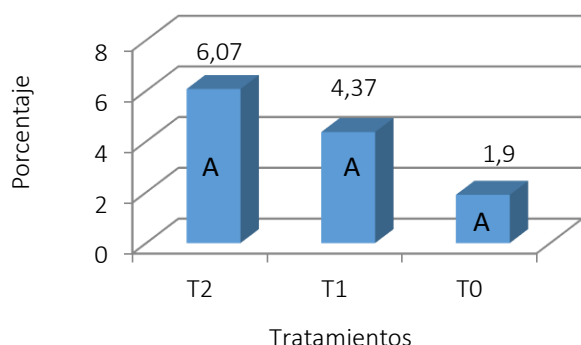


Fig1. Media de severidad en porcentaje despues de la primera aplicación.

A los 20 días de la segunda aplicación

Posterior a la segunda aplicación a un CV = 24, no se encuentran diferencias significativas a la prueba de sensibilidad de Duncan, siendo del orden de 8.33, 7.73 y 5.53 %, sin embargo hay que considerar que *T. harzianum* requiere para su establecimiento de al menos 15 días, analizando el crecimiento progresivo de la enfermedad podemos notar que dentro de los tratamientos T1 y T2 con aplicación de Trichoderma con relación a la anterior aplicación solamente se ha incrementado en el orden del 1 %, sin embargo en el testigo (T0) el incremento supera al doble de su primera medición, lo que nos muestra que se está produciendo una reducción de crecimiento del patógeno en las unidades tratadas con Trichoderma

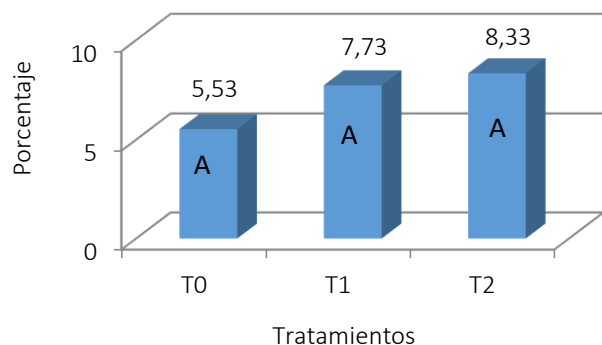


Fig 2. Media de severidad en porcentaje despues de la segunda aplicación

A los 30 días de la tercera aplicación

Dentro de los treinta días de aplicación a un coeficiente de variación de de 20.37, se ha determinado que estadísticamente existen diferencias significativas entre los tratamientos determinadas por la aplicaciión de la prueba DUNCAN, en donde nos indica que el testigo (T0)

demonstró un desarrollo muy rápido de *M. fijiensis* alcanzando a un 37.23 % de severidad con relación a los tratamientos T1 y T2 donde se aplico *T. harzianum*, ambos tratamientos a la prueba de DUNCAN muestran ser similares, sin embargo hay que destacar que lograron un control sobre el avance del patógeno sobre la superficie foliar siendo T2 mas eficiente con un 20.53 % de severidad lográndo con el testigo una diferencia considerable de 17 %, lo que conlleva a que dentro de este tratamiento las esporas del ciclo patogénico de la enfermedad se encuentran siendo invadidas por *T. harzianum* rebajando su esporulación y consecuentemente la diseminación de la enfermedad, siendo un organismo vivo hay que considerar que el control sobre el patógeno se mantendra mientras exista el patógeno dentro de las unidades donde se aplico y que tendera a expandirse según las condiciones lo permitan, limitando el crecimiento del patógeno.

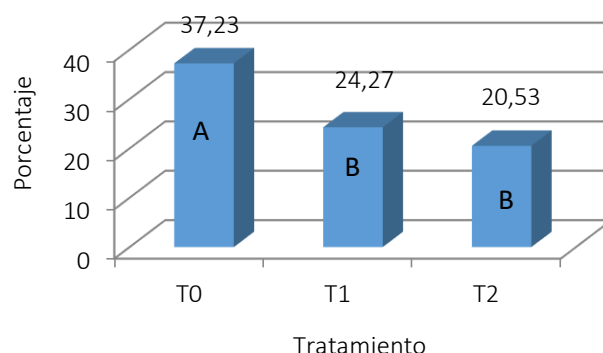


Fig 3. Media de severidad en porcentaje despues de la tercera aplicación

La propagación del *M. fijiensis* dentro de esta ultima fase principalmente fue motivada por las condiciones climáticas reinantes en la zona, en donde se produjeron precipitaciones y temperaturas adecuadas para el desarrollo del patógeno, estas condiciones tambien propiciaron el desarrollo de *T. harzianum* por lo que se logró un control adecuado de la enfermedad, por otra parte el ciclo de *M. fijiensis* en condiciones optimas es de 30 a 35 días (Bornacelly H 2009), siendo coherente con los resultados optenidos ya que este desarrollo se pudo evidenciar dentro del testigo (T0) donde no hubo control sobre el patógeno desarrollando este en todo su potencial, en cambio dentro de los tratamiento (T1 y T2) se pudo apreciar una disminución en la patogenesis de *M. fijiensis*, reduciendo este en 55 % con relación al testigo que tubo una explosión de desarrollo de la enfermedad, por otra parte las siguientes aplicaciones cuando las

condiciones ambientales para el patógeno sean favorables debe reducir aun más daño ocasionado

por *M. fijiensis* a las hojas del banano, lo que repercutira en una mejor producción de banano.



Fig 4. Porcentajes de severidad alcanzados los “a” y “b” con tratamiento de Trichoderma y “c” sin trichoderma

CONCLUSIONES

- La aplicación de *Trichoderma harzianum*, redujo el avance de la enfermedad en un 55 % con relación al testigo.
- El tratamiento T2 donde se aplicó 260 gr por mochila resulto ser el de mayor efectividad para el control de *M. fijiensis* llegando a tener una severidad del 20,53 %, en comparación con el testigo que alcanzó una severidad del 37,23 %.
- Para que *T. harzianum* tenga una buena respuesta hay que aplicar al menos con 15 días de anticipación para que el biocontrolador pueda establecerse dentro del cultivo y tenga un control eficaz del patógeno.
- Los tratamientos donde se aplicó *T. harzianum* tienen el inóculo del biocontrolador activo, por lo que este seguirá controlando la enfermedad mientras haya patógeno dentro de la parcela, además de tener una protección adicional contra otros patógenos como ser la antracnosis. (El-Sharkawy et al. 2018)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, S. E., & Sivila, N. (2013). Producción Artesanal de Trichoderma. Library Journal JN - Library Journal (Vol. 115). Retrieved from <http://www.library.umaine.edu/auth/EZProxy/test/auth.asp?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lfh&AN=9008131796&site=ehost-live>
- Bornacelly H, H. del R. (2009). Estudio del ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* en tres

clones de banano (*Musa AAA*) en tres regiones de la zona bananera del Magdalena. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/716/>

- Corrêa, S., Mello, M., Ávila, Z. R., Braúna, L. M., Pádua, R. R., Gomes, D., ... Sacc, R. (2007). Cepas de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* Sacc. Fitosanidad, 11, 3–9.
- El-Sharkawy, H. H. A., Rashad, Y. M., & Ibrahim, S. A. (2018). Biocontrol of stem rust disease of wheat using arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma* spp. Physiological and Molecular Plant Pathology, 103, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2018.05.002>
- Ezziyani, M., Sánchez, C. P., Ahmed, A. S., Requena, M. E., & Emilia, M. (2004). *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Anales de Biología, 35–45.
- Ferrari, DM; Pozzolo, O.; Ferrari, H. 2009. Desarrollo de un Software Para la Estimación de Cobertura Vegetal (en línea). :5. Disponible en www.produccion-animal.com.ar.
- Vargas, A. 2019. Las exportaciones del banano en el desarrollo productivo de Bolivia; 1998-2017. Tesis Lic. Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/23501/T-2481.pdf?sequence=1&isAllowed=y>