

Alternativas biológicas y químicas para el manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua

Biological and chemical alternatives for the management of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in banana (*Musa paradisiaca* L.) in Rivas, Nicaragua

Castillo-Arévalo, Trinidad

 Trinidad Castillo-Arévalo 1]
trinidad.castillo@ci.una.edu.ni
Universidad Nacional Agraria, Nicaragua

Ciencia e Interculturalidad
Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe
Nicaragüense, Nicaragua
ISSN: 1997-9231
ISSN-e: 2223-6260
Periodicidad: Semestral
vol. 31, núm. 02, 2022
dip@uraccan.edu.ni

Recepción: 11 Marzo 2022
Aprobación: 15 Junio 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/416/4163651011/>

Autor de correspondencia: trinidad.castillo@ci.una.edu.ni

URACCAN



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NonComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Resumen: El objetivo de esta investigación fue evaluar el desempeño de *Trichoderma* sp y *Bacillus subtilis*, una mezcla de los dos y el producto químico NATIVO® SC 300 para el manejo de la Sigatoka negra en el municipio de Tola, Rivas. Sigatoka negra es la enfermedad producida por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, patógeno de mayor prevalencia y destrucción de las musáceas. Para evitar la contaminación de las fuentes de agua, así como efectos adversos a la salud por el uso de químicos, se han implementado técnicas de control biológico. En relación con el control de la enfermedad, el bioformulado que presentó los mejores resultados fue la mezcla base de *Trichoderma* sp más *Bacillus subtilis* con un 30.26% de severidad, seguido por la formulación de *Trichoderma* sp, con un 34.45% y el control químico NATIVO® SC 300 con 36.09% de severidad, sin presentar diferencias significativas con los controles químico y biológico. Las variables evaluadas en este estudio fueron porcentaje de incidencia, severidad y Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad de daño de Sigatoka por planta. Entre los principales resultados, se identificó *Mycosphaerella* como el principal agente patógeno de enfermedades asociadas a ese cultivo en Rivas, Nicaragua. Se encontró que la prevalencia y crecimiento de la enfermedad ocurrió en época seca. Se demuestra que el uso de organismos biológicos para controlar la enfermedad es igual de efectiva que los químicos y más seguro para el medio ambiente y salud pública.

Palabras clave: formulaciones biológicas, *Mycosphaerella fijiensis*, control biológico, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* sp., *Musa* Spp.

Abstract: The objective of this research was to evaluate the performance of *Trichoderma* sp and *Bacillus subtilis*, a mixture of the two, and the chemical NATIVO® SC 300 for the management of black Sigatoka in Tola municipality, Rivas. Black Sigatoka is a disease caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis*, the most prevalent and destructive pathogen of Musaceae. Biological control techniques have been implemented to avoid contamination of water sources and adverse health effects due to the use of chemicals. In relation to the control of the disease, the bioformulation that presented the best

results was the base mixture of *Trichoderma* sp plus *Bacillus subtilis* with 30.26% of severity, followed by the formulation of *Trichoderma* sp, with 34.45% and the chemical control NATIVO® SC 300 with 36.09% of severity, without presenting significant differences with the chemical and biological controls. The variables evaluated in this study were the percentage of incidence, severity, and Area Under the Disease Progress Curve of Sigatoka damage per plant. Among the main results, *Mycosphaerella* was identified as the main pathogenic agent of diseases associated with this crop in Rivas, Nicaragua. It was found that the prevalence and growth of the disease occurred during the dry season. It is demonstrated that the use of biological organisms to control the disease is as effective as chemical ones and safer for the environment and public health.

Keywords: biological formulations, *Mycosphaerella fijiensis*, biological control, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* sp., *Musa* Spp.

I. INTRODUCCIÓN

El plátano es un rubro de importancia económica por los ingresos que generan sus exportaciones a nivel mundial. Es producido en todo el globo y es alimento primordial para un sinnúmero de personas en el planeta (Frison y Sharrock, 1999).

En lo referente a productividad, representa uno de los primeros frutos de exportación y en materia económica ocupa el segundo lugar, a continuación de los cítricos, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2017).

Sigatoka negra, es la epifitía con mayor índice de agresividad en las plantaciones de musáceas del planeta. Provoca grandes daños en la biomasa de la planta, mermando la producción cuando no se ejercen estrategias para su control (Arias, 2003;Marín et al., 2003). En el departamento de Rivas se han reportado reducciones de hasta un 60% en el peso del racimo en plantaciones donde no se le controla (Asociación de Plataneros de Rivas [APLARI], 2013).

El método curativo más efectivo para controlar el patógeno es el realizado con pesticidas sistémicos, los cuales provocan contaminación ambiental en las parcelas establecidas (Astorga, 1999; Vindas et al., 2004).

En la actualidad la mejor técnica de sanidad de la enfermedad es mediante el método de control con pesticidas, realizándose hasta 40 aspersiones de saneamiento en el primer ciclo, lo que significa tres cuartos del precio de producción, causando genes de resistencia del patógeno ante los productos fúngicos (Sagder, 1995). Estos pesticidas están fabricados para aplicarse cada siete, catorce y veintiún días para romper el ciclo del hongo, lo que significa hasta 50 aplicaciones en la generación madre (Chica et al., 2004).

La contaminación ambiental es resultado del uso indiscriminado de pesticidas agrícolas, sus trazas en el manto friático, capa arable del suelo y condensación causa la muerte de muchos animales, además provoca enfermedades crónicas en humanos y a pesar de todos estos daños no se logra controlar la enfermedad satisfactoriamente (Michel, 2001).

NOTAS DE AUTOR

- 1] Magister Scientiae Sanidad Vegetal, docente investigador, Universidad Nacional Agraria
trinidad.castillo@ci.una.edu.ni

Por otra parte, el mal uso de insumos de efecto fungicida ha provocado resistencia en el patógeno causando un aumento de la enfermedad en el tiempo, desarrollando el progreso de la epifitias, disminuyendo los índices de producción y aumentando los costos de cosecha (Marín et al., 2003).

La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, 2013) reportó dos rechazos de plátano fresco de Rivas, por residuos de plaguicidas, con destino a Costa Rica. De igual manera, en 2019 reportó nuevamente rechazo de plátano con presencia de residuos que iban con destino a ese país (FDA, 2019).

Todo esto, más la exigencia de medidas de control ambientalmente seguras, hacen evidente la necesidad de investigar e implementar estrategias de manejo sostenibles como el control biológico. Actualmente se han reportado microorganismos que ejercen un control sobre el crecimiento de *M. fijiensis* y el desarrollo de la Sigatoka negra a escala de laboratorio, en invernadero y campo (Nadal-Medina et al., 2009; Osorio, 2006).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Algunos trabajos vinculados a este tema son:

1. Estudios sobre combate biológico de *Mycosphaerella fijiensis* mediante bacterias epifitas (Jiménez et al., 1985).
2. Selección de microorganismos quitinolíticos en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (González et al., 1996).
3. Evaluaciones de fungicidas para el control de la mancha marrón (*Corynespora cassiicola*) y la mancha negra (*Asperisporium caricae*) de la papaya en el extremo norte de Queensland, Australia (Grice & Peterson 2002).
4. El papel de los agentes de control biológico basados en *Bacillus* en los sistemas de manejo integrado de plagas: enfermedades de las plantas (Jacobsen, et al., 2004).
5. Potencial de *Trichoderma harzianum* para el control de patógenos fúngicos de la hoja de banano cuando se aplica con una fuente de alimento y un adyuvante orgánico (Castro-Gómez, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del estudio desarrollado: Se llevó a cabo en la finca la Granja de la familia Pérez, ubicada en el municipio de Tola, Rivas, de febrero a junio del 2017.

En el experimento se evaluaron cinco tratamientos (Tabla 1), uno de ellos es el testigo, también *Trichoderma* sp y *Bacillus subtilis*, una mezcla de los dos y el producto químico NATIVO® SC 300, y el testigo sin ningún tipo de aplicación. Las dosis evaluadas fueron vía foliar cada treinta días por cinco meses.

Tabla 1: Tratamientos

TABLA 1
Tratamientos

Producto Comercial	Principio Activo	Organismo	Dosis / Ha	# Tratamiento
Cepas UNA	Trichoderma sp	Biológico	250 grs	T1
Cepas INTA	Bacillus subtilis	Biológico	250 grs	T2
NATIVO* SC 300	Trifloxystrobin + Tebuconazole	Químico	150 grs	T3
Cepas UNA e INTA	Trichoderma sp + Bacillus subtilis	Biológico	250 grs + 250 grs	T4
Absoluto	Sin Aplicación			T0

Fuente: elaboración propia

Selección de la muestra

La selección de la muestra se realizó mediante la fórmula de cálculo de muestra con población finita propuesta por Münch y Ángeles (1990), la cual se utiliza cuando se conoce el dato del universo o total de las unidades en estudio.

Donde:

$$n = \frac{n N * z^2 p * q}{(N - 1) e^2 + z^2 * p * q}$$

n = Tamaño de la muestra

N = Población universo

Z = Nivel de confiabilidad del 95%

P = Estimación proporcional de la población

Q = (1-P)

E = Error estándar de la muestra, 5% (0.05)

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental con distribución de Bloques Completamente al Azar (BCA), con 4 repeticiones de cada tratamiento, cada bloque tuvo 5 unidades experimentales, para un área de 783.2 m² por bloque.

La unidad experimental tenía un largo de 71.2 m, un ancho de 65.33 m.

La distancia entre cada unidad experimental era de 10.3 m, la distancia entre bloques es de 16.16 m y el área experimental una ronda de 6.4 m de ancho y 9.13 m de largo en el perímetro, establecida en un área comercial.

Evaluación de Sigatoka

Incidencia. Para determinar el porcentaje de incidencia de enfermedades se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{incidencia (\%)} = \frac{\text{número de hojas muestreadas con síntomas}}{\text{Total de hojas muestreadas}} \times 100$$

Severidad. Con el fin de facilitar la realización de este estudio, se utilizó una escala para medir el nivel de daño foliar en plátano. Esta escala consistió en la estimación visual del porcentaje afectado de hojas, para obtener el grado porcentual de severidad se utilizó la fórmula general planteada por Vanderplank (1968).

$$S(\%) = \frac{\sum i}{N(V_{\max})} \times 100$$

Donde:

S = Porcentaje de severidad

$\sum i$ = Sumatoria de valores observados

N = Número de plantas muestreadas

Vmax = Valor máximo de la escala

Cálculo del Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) para Sigatoka

Con los registros de severidad por tratamiento se calculó el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (ABCPE) para Sigatoka negra. La fórmula utilizada fue la propuesta por Shaner y Finney (1977).

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left| \frac{x_{i+1} + x_i}{2} \right| (t_{i+1} - t_i)$$

Donde:

x_i = Porcentaje de tejido afectado

t = Tiempo (días)

n = número de evaluaciones

Análisis estadístico de los datos. Después de colectados los datos, estos fueron arreglados por variables en una tabla de Excel, luego cada variable fue comparada entre tratamientos, efectuando un análisis de varianza, utilizando el programa de InfoStat (2020). El nivel de significancia usado en el análisis fue de: $p = 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación del promedio de incidencia de Sigatoka. En el análisis de la varianza, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$). De manera general, se observa que el tratamiento químico tuvo mejor control sobre la enfermedad con (25.31%), seguido por el tratamiento de Trichoderma (25.52%); continuando Trichoderma sp + Bacillus subtilis (30.25) y el Testigo (42.37%), tal como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2.: Evaluación del efecto de las bioformulaciones sobre Sigatoka

TABLA 2
Evaluación del efecto de las bioformulaciones sobre Sigatoka

	% Incidencia Sigatoka	% Severidad Sigatoka
Tratamiento	Media ± ES	Media ± ES
Trichoderma sp	25.52±1.87 a	34.45±2.36 ab
Bacillus subtilis	30.25±1.87 a	38.93±2.36 a b
NATIVO® SC 300	25.31±1.87 a	36.09±.36 ab
Trichoderma sp + Bacillus subtilis	30.25±1.87 a	30.26±2.36 a
Testigo	42.37±1.87 b	52.30±2.36 c
C.V.	28.97	28.82
p-valor	0.0001	0.0001
F; df; n	16.42; 19; 20	12.60; 19; 20

ES=Error estándar; DS=Diferencia Significativa; C.V.=Coeficiente de Variación; p=Probabilidad; F=Fisher calculado; df=Grados de libertad del error; n=Número de datos utilizados en el análisis. *Medias con letras distintas: existe diferencias significativas.

Fuente: elaboración propia

Estudios realizados por Gutiérrez (2011) en su investigación: Evaluación de factores ambientales simulados sobre el desempeño de formulados de *Bacillus subtilis*, obtuvieron iguales resultados que este estudio con (36.3%). Sundin & Jacobs (1999) en su investigación Análisis de sensibilidad a la radiación ultravioleta (UVR) y estrategias de supervivencia de UVR de una comunidad bacteriana de la Filosfera de maní cultivado en el campo (*Arachis hypogaeae* L.), encontraron que la ecología microbiana de los aislados fue susceptible a la formulación de *B. subtilis* la cual presentó el mejor desempeño en la prueba siendo igual que en esta investigación.

En estudios realizados por Parets (2002) en diferentes cultivos, entre ellos el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y la papa (*Solanum tuberosum* L.) encontró resultados satisfactorios en el estímulo del crecimiento, con la aplicación de *Trichoderma sp.* Según estudios realizados por Castro-Gómez (2015) la formulación líquida del bioproducto de *T. harzianum* cepa CCCh-p1, aplicada sobre hojas de plantas de banano cv. ‘Williams’ produjo un efecto estimulante en la fase de crecimiento vegetativo de las plantas.

Comparación del promedio de severidad de Sigatoka. En el análisis de la varianza, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$). De manera general, se observa que el tratamiento *Trichoderma sp + Bacillus subtilis* tuvo mejor control sobre la enfermedad con (30.26%), seguido por el tratamiento de *Trichoderma* (34.45%); luego el tratamiento químico (36.09%), continuando *Bacillus subtilis* (38.93) y el Testigo (52.30%) de severidad.

Según Kejela et al. (2016) en investigaciones desarrolladas con *Bacillus sp* se reduce la prevalencia de *Colletotrichum gloeosporoides* y *F. oxysporum* en plantaciones de vivero de café (*Coffea arabica* L.) con severidad del 90% y al usar esos biológicos su efectividad en recuperar la planta dañada fue de 100%.

Según Tejera et al. (2011), el género *Bacillus* genera ventajas para su utilización en la Biotecnología Agrícola como son la presencia de endosporas, la motilidad que le facilita la colonización de la planta, la

capacidad de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal, y de sustancias responsables de su actividad.

Acosta et al. (2013) en su investigación Antagonismo in vitro de (*Trichoderma harzianum* Rifai) contra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, encontró acción antagonista sobre Sigatoka al igual que en los resultados de esta investigación.

Comparación del porcentaje de severidad de Sigatoka. La epifitía se presentó entre febrero a junio 2017. Se observa que la severidad de este agente causal reflejó un comportamiento similar en los tratamientos biológicos y químicos, a excepción del Testigo que aumentó significativamente de 47.7% a 58.15% en un lapso de 120 días. Con un $r=0.087\%$ (día.1), como se muestra en la Figura 1.

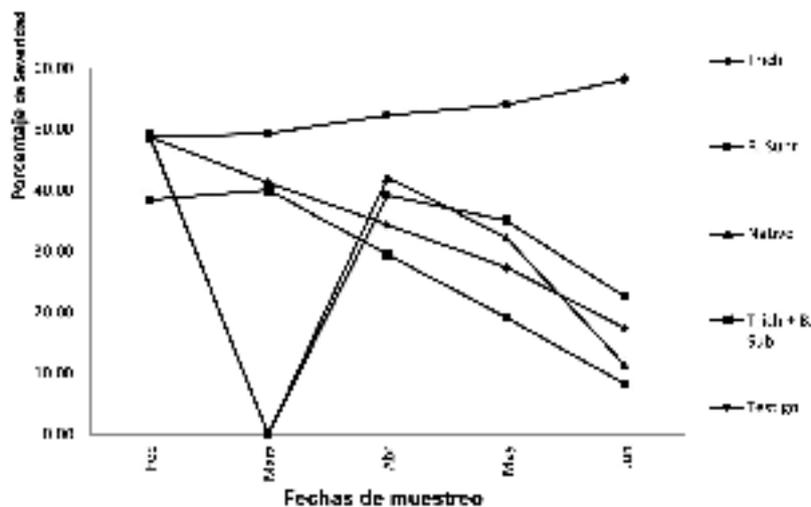


FIGURA 1
Porcentaje de Severidad de Sigatoka

Figura 1: Porcentaje de Severidad de Sigatoka

Fuente: elaboración propia

Fonseca (2020) en su estudio Eficacia de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre el progreso temporal de enfermedades foliares en maní (*Arachis hypogaea* L.), encontró que la enfermedad avanzó más rápido en comparación con los otros tratamientos donde se observó una tasa de incremento de la enfermedad de $r = 0.02$ (2% día.1) de la misma manera que esta investigación.

Grice & Peterson (2002) en su trabajo de investigación Evaluaciones de fungicidas para el control de la mancha marrón (*Corynespora cassicola*) y la mancha negra (*Asperisporium caricae*) de la papaya indican que, en los tratamientos sin aplicación de fungicidas, el porcentaje de incremento de la enfermedad coincide con los resultados de esta investigación.

Pérez et al. (2000) en su estudio Epidemiología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) determinaron que los mayores valores de severidad de Sigatoka acumuladas fueron obtenidos en los meses de lluvia con porcentajes entre 36.3 % y 59.8 %, no coincidiendo con este estudio pues se presentó en meses de época seca, por causa a la humedad relativa del departamento de Rivas.

Comparación del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) de Sigatoka. La mayor área bajo la curva se presentó en el Testigo (Figura 2), seguido por la mezcla biológica de *Trichoderma* sp + *Bacillus subtilis*, luego por el tratamiento químico, en segundo lugar, *Bacillus subtilis* y con menor área *Trichoderma*, esto significa que el uso de Hipocreales favorece el parasitismo sobre el patógeno.

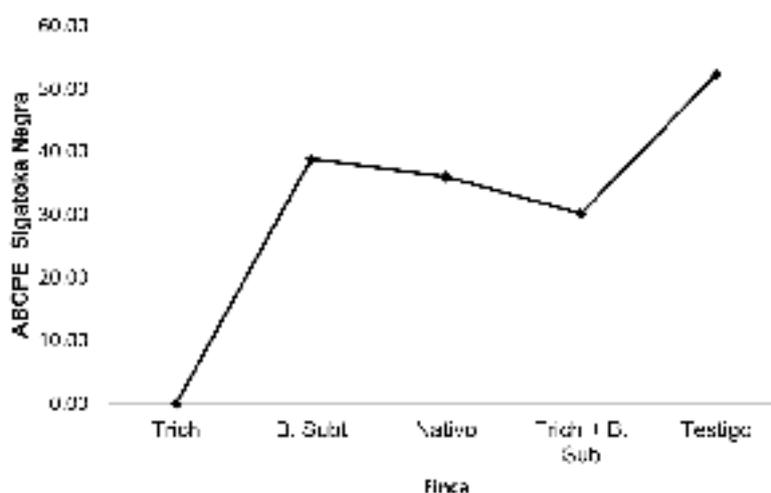


FIGURA 2
ABCPE Sigatoka

Figura 2: ABCPE Sigatoka

Fuente: elaboración propia

Cuéllar et al. (2011), en su investigación sobre evaluación de resistencia de genotipos de plátano y banano a la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet.) realizada en Colombia, encontraron que el ABCPE se comporta de manera similar que en este estudio.

A la vez Carlier et al. (2000), en su estudio Mancha foliar por *Septoria* del banano: una enfermedad recientemente descubierta causada por *Mycosphaerella eumusae* Crous & X. Mourichon (Anamorph *Septoria eumusae*) en Tailandia, muestran que el comportamiento del ABCPE asciende en condiciones de humedad relativa, lo que discrepa de esta investigación porque el área aumentó en meses secos y con ausencia de aplicaciones.

V. CONCLUSIONES

Se calculó la severidad y ABCPE de Sigatoka en cultivo de plátano. Se identificó *Mycosphaerella* como el principal agente patógeno de enfermedades asociadas a ese cultivo en Rivas, Nicaragua.

Se encontró que la prevalencia y crecimiento de la enfermedad ocurrió en época seca, no sólo en época lluviosa en el departamento de Rivas.

Con los resultados de este estudio se demuestra que el uso de organismos biológicos para controlar la enfermedad es igual de efectiva que los químicos y más seguro para el medio ambiente y salud pública.

Se demuestra que el crecimiento del patógeno presenta un avance de 0.087 % (día.1) en el departamento de Rivas, en época seca.

De los tratamientos biológicos se demuestra que el bioformulado *Trichoderma* sp + *Bacillus subtilis* es la mejor opción de manejo para controlar la epifitias, seguido del hongo entomopatógeno *Trichoderma*.

AGRADECIMIENTOS

El autor de esta investigación agradece a la empresa D'La granja, por la financiación económica de este estudio y a la Universidad Nacional Agraria (UNA) por realizar análisis de laboratorio para identificación del patógeno.

VI. LISTA DE REFERENCIAS

- Acosta, M., Pichardo, T., Roque, B., Cruz, M., Mena, E., Leiva, M., y Alvarado, Y. (2013). Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Biotecnología Vegetal*, 13(4). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/124/481>
- Asociación de Plataneros de Rivas. (2013). Conglomerado del plátano en Nicaragua.
- Arias, P. (2003). *The World Banana Economy, 1985-2002*. FAO
- Astorga, Y. (1999). Manejo de cultivos orgánicos de banano (según el proyecto de cultivo alternativo de la ATC en Filipinas). *Echos du Cota*.
- Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos. (2013). Introduction to FDA's import refusal report (IRR). <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/importrefusals/>
- Castro-Gómez, R. (2015). Bioproducto a base de una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* Rifai para el manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en bananeras orgánicas [Tesis doctoral, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas]. Repositorio Institucional UCLV. <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/7000>
- Carlier, J., Fouré, E., Gauhl, F., Jones D. R., Lepoivre, P., Mourichon, X., Asberggauh, C., y Romero, R. A. (2000). Black leaf streak. En D.R Jones (Ed.), *Diseases of Banana, Abacá and Enset* (pp. 37-79). CAB International.
- Chica, R., Patiño, L., Herrera, H., Jiménez, I., Lizcano, S., y Montoya, J. A. (2004). Impacto y manejo de la Sigatoka Negra en el cultivo del banano de exportación en Colombia [sesión de conferencia]. XVI Reunión Internacional Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Bananos en el Caribe y la América Latina (ACORBAT), Oaxaca. https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN050659_spa.pdf&id=9609
- Fonseca Méndez, A. M. (2020). Eficacia de dos fungicidas biológicos y un fungicida sintético sobre el progreso temporal de enfermedades foliares en maní (*Arachis hypogaea* L.), Chinandega 2019 [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4221>
- Frison, E. A., y Sharrock, S. L. (1999). The economic, social and nutritional importance of bananas in the world. En Picq, E. Fouré y E.A. Frison (eds.), *Banana and food security* (pp. 21-35). <https://agritrop.cirad.fr/300693/1/ID300693.pdf>
- González, R., Bustamante, E., Shannon, P., Okumoto, S., y Leandro, G. (1996). Selección de microorganismos quitinolíticos en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano. *Manejo Integrado Plagas* (40), 6-11. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7412>
- Grice, K., y Peterson, R. A. (2002). Banana fungicide resistance. Final report. Horticulture Australia.
- Gutiérrez Monsalve, J. A. (2011). Evaluación de factores ambientales simulados sobre el desempeño de formulados de *Bacillus subtilis* EA-CB0015 y su potencial como controlador biológico de la Sigatoka negra [Tesis de grado, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional Universidad EAFIT. <http://hdl.handle.net/10784/8221>
- Jacobsen, B. J., Zidack, N. K., y Larson, B. J. (2004). The role of *Bacillus*-based biological control agents in integrated pest management systems: plant diseases. *Phytopathology*, 94(11), 1272-1275. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1272>
- Jiménez, J. M., Galindo, J., Ramírez, C., Galindo, J. J., y Jaramillo Celis, R. (1985). Estudios sobre combate biológico de *Mycosphaerella fijiensis*, mediante bacterias epífitas [sesión de conferencia]. VII Reunión Internacional Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Bananos en el Caribe y la América Latina (ACORBAT). San José, Costa Rica.
- Kejela, T., Thakkar, V., y Parth, T. (2016). *Bacillus* species (BT42) isolated from *Coffea arabica* L. rhizosphere antagonizes *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium oxysporum* and also exhibits multiple plant growth promoting activities. *BMC Microbiol*, 16(277). <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0897-y>
- Marín, D. H., Romero, R. A., Guzman, M., y Sutton, T. B. (2003). Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant disease*, 87(3), 208-222. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.3.208>

- Michel, A. (2001). Cepas nativas de *Trichoderma* spp., (Euascomicetes: Hypocreales), su Antibiosis y Micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinans* y *F.oxysporum* (Hyphomycetes: Hyphales) [Tesis doctoral, Universidad de Colima].
- Münch, L., y Ángeles, E. (1990). Métodos y técnicas de investigación. Trillas.
- Nadal-Medina, R., Manzo-Sánchez, G., Orozco-Romero, J., Orozco-Santos, M., y Guzmán-González, S. (2009). Diversidad genética de bananos y plátanos (*Musa* spp.) determinada mediante marcadores RAPD. *Revista fitotecnia mexicana*, 32(1), 01-07. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v32n1/v32n1a1.pdf>
- Osorio Salamanca, G. P. (2006). Evaluación de hongos endofíticos y extractos botánicos para el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en banano [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5095>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Global programme on banana Fusarium wilt disease: Protecting banana production from the disease with focus on tropical race 4 (TR4). <http://www.fao.org/3/a-i7921e.pdf>
- Parets, S. E. (2002). Evaluación agronómica de la coinoculación de micorrizas arbusculares, *Rhizobium phaseoli* y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) [Tesis de maestría, Universidad Agraria de La Habana].
- Pérez, L., Mauri, F., Hernández, A., Abreu, E. Y., y Porras, A. (2000). Epidemiología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en Cuba. Pronóstico bioclimático de los tratamientos en bananos (*Musa acuminata* AAA). *Revista Mexicana de fitopatología*, 18(1), 15-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61218103>
- Sagder, J. (1995). Manual Operativo para el Control de la Sigatoka Negra del plátano *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en México.
- Shaner, G., y Finney, R. (1977). The effect of Nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology*, (67), 1051-1056. <https://www.doi.org/10.1094/Phyto-67-1051>
- Sundin, G. W., y Jacobs, J. L. (1999). Ultraviolet radiation (UVR) sensitivity analysis and UVR survival strategies of a bacterial community from the phyllosphere of field-grown peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Microbial ecology*, 38(1), 27-38. <https://www.jstor.org/stable/4251656>
- Tejera-Hernández, B., Rojas-Badía, M. M., y Heydrich-Pérez, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 42(3), 131-138.
- Vanderplank, J. E. (1968). *Disease Resistance Plants*. Academic Press.
- Vindas, R., Ortiz, F., Ramírez, V., y Cuenca, P. (2004). Genotoxicidad de tres plaguicidas utilizados en la actividad bananera de Costa Rica. *Revista de biología tropical*, 52(3), 601-609. <http://doi.org/10.15517/rbt.v1i2.15343>