

## ARTÍCULO ORIGINAL

**Utilidad de un modelo de regresión logística para relacionar los nematodos parásitos y su nivel de daño en raíces de musáceas****Usefulness of a logistic regression model to relate parasitic nematodes and their level of damage in musaceae roots**

✉ Ángela Caridad Porras González\*, ✉ Emilio Fernández Gonzalvez

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Cuba. E-mail: [cfernandez@inisav.cu](mailto:cfernandez@inisav.cu)

\*Autor para correspondencia: Ángela Caridad Porras González, e-mail: [aporras@inisav.cu](mailto:aporras@inisav.cu)

**Resumen**

El estudio de los fitonematodos en musáceas es crucial debido a las significativas pérdidas económicas que provocan a nivel mundial. El objetivo de este trabajo fue describir la asociación entre la presencia y los niveles poblacionales de las especies de nematodos más importantes con el nivel de daño en las raíces de banano y plátano en Cuba. Para ello, entre 2016 y 2019, se recolectaron muestras de raíces de plantaciones comerciales en la mayoría de las provincias del país. Se extrajeron los nematodos, se cuantificaron sus poblaciones y se evaluó el porcentaje de raíces con necrosis. Mediante un modelo de regresión logística aplicado a 76 muestras seleccionadas al azar, se analizó la influencia de la presencia y densidad de cada especie sobre el daño radical, clasificado como bajo (<30%) o alto (>31%). Los resultados indicaron que la presencia de *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* se asoció significativamente con una alta probabilidad de daño severo. Además, el aumento en la densidad poblacional de *R. similis* incrementó significativamente la probabilidad de daño alto, relación no observada de forma significativa para las demás especies. Se concluyó que *R. similis* y *P. coffeae* son las especies más dañinas debido a su hábito de endoparásitos migratorios, y que la relación entre nematodos y daño radical está influenciada por el modo de alimentación y factores agronómicos locales.

**Palabras clave:** necrosis, regresión logística, densidad poblacional, Musa, manejo integrado

**Abstract**

The study of phytonematodes in musaceae is crucial due to the significant economic losses they cause worldwide. The objective of this study was to describe the association between the presence and population levels of the most important nematode species and the level of damage to banana and plantain roots in Cuba. To this end, between 2016 and 2019, root samples were collected from commercial plantations in most of the country's provinces. Nematodes were extracted, their populations quantified, and the percentage of roots with necrosis was evaluated. Using a logistic regression model applied to 76 randomly selected samples, the influence of the presence and density of each species on root damage was analyzed, classified as low (<30%) or high (>31%). The results indicated that the presence of *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae* was significantly associated with a high probability of severe damage. Furthermore, the increase in population density of *R. similis* significantly increased the probability of high damage, a relationship not significantly observed for the other species. It was concluded that *R. similis* and *P. coffeae* are the most damaging species due to their migratory endoparasitic behavior, and that the relationship between nematodes and root damage is influenced by feeding mode and local agronomic factors.

**Keywords:** necrosis, logistic regression, population density, Musa, integrated management

Recibido: 17 de abril de 2025

Aceptado: 14 de junio de 2025

**Conflicto de intereses:** Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

**Contribución de los autores:** **Ángela Caridad Porras González:** Conceptualización; curación de datos; análisis formal; visualización; redacción del borrador original. **Emilio Fernández Gonzalvez:** Conceptualización; investigación; visualización; redacción, revisión y edición.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## Introducción

En los cultivos de banano y plátano se han informado a nivel global como especies de fitonematodos importantes a *Radopholussimilis*, *Pratylenchus coffeae*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Meloidogyne* spp, y *Rotylenchulus reniformis*. Todas estas especies se encuentran reportadas en Cuba (Fernández et al., 1998; Pocasangre, 2013; Sikora et al., 2018). Estos nematodos poseen distintos hábitos alimentarios y causan daños diversos, los cuales pueden provocar pérdidas que oscilan entre el 25% y el 50%, e incluso alcanzan del 75% al 80% en suelos pobres, con un estimado mundial cercano al 20% en los principales países productores (Sikora et al., 2018).

De acuerdo con sus hábitos de parasitismo, estas especies se clasifican como endoparásitos migratorios (*R. similis*, *P. coffeae*, *H. multicinctus*), endoparásitos sedentarios (*Meloidogyne* spp.) o semiendoparásitos (*R. reniformis*). Estos organismos causan en las raíces síntomas como necrosis, agallas, rajaduras y pérdida de pelos absorbentes, entre otros (Dancel et al., 2015). El daño mecánico que provocan los nematodos durante su alimentación depende del grado de infección de las raíces; este daño puede ser leve, con raíces que presentan diferentes grados de necrosis, o severo, cuando se produce la pudrición de las raíces (Aguirre et al., 2016).

La integridad del sistema radicular es un aspecto de suma importancia, ya que un sistema de raíces sano y funcional es una necesidad prioritaria para el buen desarrollo de las plantas (Assuaje Torres et al., 2019). El conocimiento de las relaciones entre estas especies y el daño que causan en las raíces posee una gran relevancia. Dicho conocimiento permite contribuir a una mejor comprensión de estas interacciones y apoya la toma de decisiones para un posible manejo de las plagas.

El modelo de regresión logística constituye un tipo especial de modelo lineal generalizado, el cual se desarrolla para casos donde la variable respuesta es categórica, ya sea binaria o multinomial. Mediante este modelo se evalúa el impacto de las variables independientes o explicativas sobre la variable respuesta. Esta técnica tiene una doble función, pues es explicativa y predictiva, pero para ambos propósitos el primer paso consiste en estimar los parámetros del modelo.

Diversos paquetes estadísticos, como SAS, LIMDEP, SPSS y STATISTICA, facilitan estos cálculos. El modelo ha tenido una amplia aplicación en investigaciones de campos diversos como la medicina, la biología y la agronomía. En el ámbito agronómico específicamente, se ha utilizado para la detección de enfermedades en las hojas (Rajeshwari et al., 2021) y para predecir la asociación de prácticas culturales resilientes al cambio climático con epidemias de tizón temprano del tomate (Meseret et al., 2022).

Su uso también incluye el estudio del efecto de la larva *Conotrachelus dimidiatus* (Champion) en guayaba (Guzmán-Martínez et al., 2018) y la determinación de la relación entre la resistencia a herbicidas y algunas técnicas agronómicas

(Mascanzoni et al., 2018). Asimismo, el modelo se ha empleado para valorar la asociación de epidemias de marchitamiento por *Fusarium* con factores biofísicos (Gudero Mengascha et al., 2018) y para conocer la probabilidad de comercialización de un cultivo determinado (Díaz-Pérez et al., 2019).

El objetivo de este estudio fue describir, en ecosistemas bananeros de diferentes provincias donde se conoce la presencia de nematodos, la posible asociación entre la presencia y los niveles poblacionales de las especies más importantes con el nivel de daño producido en las raíces de plantas de banano y plátano. Para ello, se utilizó un modelo de regresión logística.

## Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en plantaciones comerciales de banano y plátano localizadas en todas las provincias del país, con la excepción de Camagüey. El periodo de muestreo comprendió los años desde 2016 hasta 2019. Para ambos tipos de cultivo, la selección preliminar de los campos se realizó de forma conjunta con los directivos de las empresas, las cooperativas y los servicios de sanidad vegetal.

En cada campo seleccionado se tomaron cinco muestras por hectárea de manera aleatoria, a profundidades que oscilaron entre los 5 y los 25 centímetros. Cada muestra final debía tener un peso mínimo de 100 gramos de raíces. Estas raíces se depositaron en bolsas de polietileno, se cerraron de forma hermética y se transportaron al laboratorio en un plazo menor a 24 horas para su posterior procesamiento.

Una vez en el laboratorio, las raíces se separaron del suelo con la ayuda de una bandeja. Posteriormente, se clasificaron en dos categorías: raíces funcionales y raíces no funcionales. Solo las raíces funcionales se sometieron a los siguientes pasos del análisis, ya que las no funcionales no se procesaron.

La extracción de los nematodos de las raíces se ejecutó mediante la técnica de batidora combinada con tamizado, de acuerdo con la metodología sugerida por García (1979). Los fitonematodos extraídos se transfirieron a placas de conteo para determinar sus niveles poblacionales. Este procedimiento se basó en dos conteos sucesivos, cuyos resultados se expresaron en función de 100 gramos de raíces.

Con el objetivo de valorar las posibles relaciones entre la sanidad de las raíces de las musáceas y los fitonematodos principales, en las muestras se separaron las raíces aparentemente sanas de aquellas que presentaban necrosis. Cada categoría se pesó de forma individual para calcular el porcentaje de raíces afectadas, según el protocolo establecido por Assi Bou Assi et al. (2009).

Para el análisis estadístico, se seleccionaron al azar los datos correspondientes a 76 muestras. Estas muestras procedían de diferentes provincias y abarcaban diversos cultivares de banano y plátano.

Los datos obtenidos sobre la presencia de especies de nematodos, sus niveles poblacionales y el porcentaje de daño en las raíces se procesaron mediante análisis estadístico. Este procesamiento se realizó de acuerdo con los procedimientos que se plantean a continuación. El objetivo fue establecer las relaciones entre las variables nematológicas y los daños observados.

Para el análisis de la influencia de la presencia de cada especie de fitonematodos sobre el nivel de daño, se definieron dos categorías. La variable dependiente fue el nivel de daño, clasificado como bajo (0-30% de raíces dañadas) o alto (mayor al 31%). Como variable independiente se consideró la presencia o ausencia de cada especie, codificada con los valores 0 y 1 respectivamente.

Con relación a la influencia de los niveles poblacionales, se empleó la misma variable dependiente de daño antes descrita. En este caso, las variables independientes fueron las cantidades poblacionales concretas de cada especie de fitonematodo. Este enfoque permitió evaluar el efecto de la densidad poblacional sobre la severidad del daño.

Se utilizó un modelo de regresión logística para identificar las especies de nematodos que mostraron una asociación significativa con el nivel de daño radical. La variable dependiente (Y), que representa el nivel de daño, adoptó los valores 0 para un nivel bajo y 1 para un nivel alto. La probabilidad de que ocurra un nivel de daño alto se modeló de acuerdo con la siguiente expresión:

Donde  $\beta_i$  son los parámetros a estimar y las  $X_i$  corresponden a las variables predictoras. Para la estimación de estos parámetros, se empleó el método de máxima verosimilitud. Este procedimiento se ejecutó según la herramienta de regresión logística del paquete estadístico IBM SPSS Statistics, Versión 21.

El programa proporciona una salida integral con los resultados del análisis. Entre estos resultados se obtienen los coeficientes de regresión  $\beta_i$  (B) y sus errores estándar (EE). Adicionalmente, se calcula el nivel de significación (Sig) de cada coeficiente mediante el estadístico de Wald.

El estadístico de Wald contrasta la hipótesis nula de que cada coeficiente es igual a cero; este estadístico sigue una distribución Chi-cuadrado ( $X^2$ ) con sus respectivos grados de libertad (gl). Finalmente, el software informa los exponenciales

de los coeficientes [Exp (B)], los cuales representan las razones de probabilidad (odds ratios) para cada variable independiente. Estos valores se presentan junto con sus correspondientes intervalos de confianza al 95%.

## Resultados y Discusión

Se obtuvo un buen ajuste del modelo ( $X^2 = 5.83$ ;  $p=0.25$ ) para las relaciones entre la sanidad de las raíces de las musáceas y los principales fitonematodos, con un 84.2% de buena clasificación. La presencia de las especies *R. similis*, *P. coffeae*, *H. multicinctus* y *R. reniformis* indica un aumento de la probabilidad de un nivel de daño alto ( $ExpB>1$ ). Este patrón no se observa con *Meloidogyne*, ya que este género no causa necrosis. Solo en el caso de las dos primeras especies (*R. similis* y *P. coffeae*) la asociación es estadísticamente significativa ( $sig<0.05$ ), y el intervalo de confianza de  $ExpB$  no contiene el valor 1 (Tabla 1).

En el análisis relacionado con los niveles poblacionales de nematodos, también se obtuvo un buen ajuste del modelo ( $X^2 = 2.14$ ;  $p=0.95$ ), que presentó un porcentaje de buena clasificación del 86.7%. Se determinó que el aumento en el número de individuos de las especies *R. similis* y *P. coffeae* indica una mayor probabilidad de un nivel de daño alto ( $ExpB>1$ ). No obstante, esta relación solo aparece de manera estadísticamente significativa ( $sig<0.05$ ) para la primera especie, *R. similis*, cuyo intervalo de confianza de  $ExpB$  no contiene el valor 1 (Tabla 2).

Los resultados obtenidos constituyen el primer informe en Cuba de este tipo de relaciones entre el nivel de daño y las poblaciones de nematodos en estos cultivos. Asimismo, estos hallazgos contribuyen a un mejor conocimiento de las interacciones que establecen los principales fitonematodos de las musáceas con el daño radical apreciable. Los incrementos en las poblaciones de nematodos y otros patógenos en las raíces se consideran uno de los factores más críticos que afectan el deterioro gradual del sistema radical y, en consecuencia, la productividad de las plantas (Gauggel et al., 2003).

De forma complementaria, Párraga Delgado et al. (2021) indicaron que el deterioro de las raíces produce efectos adversos en el desarrollo y la producción de las plantas.

**Tabla 1.** Resultados de la regresión logística para determinar la asociación entre la presencia de especies de nematodos y el nivel de daños en raíces de plantas de bananos y plátanos.

Variables en el modelo	B	E.E.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
<b>Rs</b>	3,332	,881	14,316	1	,000	27,990	4,982	157,244
<b>Hm</b>	,030	,859	,001	1	,972	1,031	,191	5,548
<b>Mi</b>	-1,781	,747	5,685	1	,017	,168	,039	,728
<b>Pc</b>	3,632	1,302	7,778	1	,005	37,803	2,944	485,454
<b>Rr</b>	,290	2,331	,016	1	,901	1,337	,014	128,926
<b>Constante</b>	-7,714	,986	,524	1	,469	,490		

**Tabla 2.** Resultados de la regresión logística para determinar la asociación entre los niveles poblacionales de nematodos y el nivel de daños en raíces de plantas de bananos y plátanos.

Variables en el modelo	B	E.E.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
<b>Rs</b>	,002	,001	13,037	1	,000	1,002	1,001	1,003
<b>Hm</b>	-,001	,000	2,655	1	,103	,999	,999	1,000
<b>Mi</b>	,000	,000	,185	1	,667	1,000	,999	1,001
<b>Pc</b>	,007	,007	1,078	1	,299	1,008	,993	1,022
<b>Rr</b>	-,001	,006	,032	1	,858	,999	,987	1,011
<b>Constante</b>	-,337	,648	,269	1	,604	,714		

Este deterioro puede asociarse con factores ambientales y biológicos; entre estos últimos se patentan la podredumbre causada por nematodos y la degradación del suelo.

La asociación entre la presencia de *R. similis* y *P. coffeae* con un alto nivel de probabilidad de daño en las raíces puede explicarse por sus características como endoparásitos migratorios. Estos organismos causan afectaciones similares en las células del interior de las raíces, lo que conduce a la formación de necrosis severas (Sikora et al., 2018). Su modo de acción conduce a un daño tisular extenso que compromete la funcionalidad del sistema radical.

Se ha destacado que en el banano, nematodos como *R. similis*, *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. Y *Pratylenchus* spp. pueden encontrarse en cualquier parte de las raíces, sin importar su grosor. Esta distribución generalizada dificulta asociar los síntomas observados con una especie de nematodo en particular. Dicha dificultad es especialmente evidente en el caso de *R. similis* y *Pratylenchus* spp., ya que las necrosis que causan en los tejidos radicales son muy similares (Araya & De Waele, 2004).

Bajo condiciones experimentales en plátano, se ha demostrado que la cantidad de plantas muertas presenta una relación directa con el grado de infección del sistema radical por nematodos, el cual puede variar de leve a severo. Sin embargo, la evidencia indica que una gran parte de los daños se origina por la secreción de saliva que los nematodos introducen en los tejidos de la planta durante su alimentación (Párraga Delgado et al., 2021).

Respecto a las relaciones entre las poblaciones de fitonematodos y el daño radical observado, en ocasiones se han informado resultados contradictorios. Por ejemplo, Moens et al. (2001) informaron que en bananeras comerciales de Costa Rica se detectó una asociación altamente significativa entre el número de *R. similis* en las raíces y el grado de necrosis. Por el contrario, no se encontró una correlación significativa entre el daño y las poblaciones de *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Helicotylenchus*.

Por otra parte, Assi Bou Assi et al. (2009) encontraron en zonas de plátano en bosque tropical de Venezuela, afectadas principalmente por *Pratylenchus* y en menor grado por *Helicotylenchus* y *Radopholus*, que las raíces con más lesiones

y necrosis correspondían a las mayores densidades poblacionales de estos fitonematodos. Hartman et al. (2010) valoraron en numerosos cultivares de *Musa* con presencia de *R. similis* y *H. multicinctus* la existencia de asociaciones entre la necrosis radical y las poblaciones de nematodos, lo que incluyó el porcentaje de raíces muertas y los rendimientos.

Nega & Fetena (2015) determinaron que en zonas de banano afectadas por comunidades poliespecíficas de *R. similis*, *P. coffeae*, *H. multicinctus*, *R. reniformis* y *M. incognita*, la coexistencia de todas estas especies con dominancia de las tres primeras generaba una mayor cantidad de raíces afectadas. De forma similar, Cenibanano (2018) informó que la presencia de *R. similis* se correlacionaba con el número de raíces necrosadas, y observó una fuerte asociación entre poblaciones más altas del nematodo y un mayor daño radical. En Brasil, Araujo et al. (2018) también encontraron relaciones significativas entre las poblaciones de *P. coffeae* y el daño en las plantaciones.

En Nicaragua, Martínez (2013) informó que, en el cultivar de plátano Harton Enano de fincas con presencia descendente de *Helicotylenchus*, *Radopholus*, *Pratylenchus* y *Meloidogyne*, no se encontraron relaciones entre la presencia de estos nematodos y el porcentaje de raíces necrosadas. De manera análoga, Gonzalez-Garcia et al. (2021) determinaron en plantaciones de plátano en Costa Rica que, en lugares con predominancia de *H. multicinctus* y *Meloidogyne* spp., no se observaban diferencias entre las poblaciones totales de ambas especies al comparar plantas de lotes catalogados como de alto vigor con aquellos de bajo vigor.

Estas divergencias en los resultados pueden deberse a la influencia de diversos factores como la calidad del drenaje, la compactación del suelo, la atención agrotécnica y el efecto de otros microorganismos como los hongos (Martínez, 2013; Sikora et al., 2018). Incluso puede influir la presencia de poblaciones de nematodos con diferente agresividad, como se informó para *R. similis* (Marín et al., 2002). No obstante, se acepta que la evaluación de la sanidad de las raíces constituye una fuente de información crucial para el desarrollo e implementación del Manejo Integrado de Nematodos (Sikora et al., 2021).

## Conclusiones

La presencia de los nematodos *Radopholus similis* y *Pratylenchus coffeae* se asocia significativamente con un alto nivel de daño (necrosis) en las raíces de banano y plátano. Esta relación se explica por su hábito como endoparásitos migratorios, cuyo patrón de alimentación dentro de los tejidos causa un daño tisular extenso que compromete severamente la funcionalidad del sistema radicular.

El aumento en los niveles poblacionales de *Radopholus similis* incrementa significativamente la probabilidad de encontrar un daño radical severo. Sin embargo, para otras especies como *Pratylenchus coffeae*, *Helicotylenchus multicinctus* y *Rotylenchulus reniformis*, la relación entre su densidad poblacional y el daño observable no resulta estadísticamente significativa en este estudio.

La asociación entre nematodos fitoparásitos y el daño en raíces no es uniforme para todas las especies. Factores como el hábito alimentario (migratorio vs. sedentario) determinan el tipo y severidad del daño, y la relación puede verse influenciada por condiciones agronómicas y ambientales específicas de cada plantación, lo que explica la variabilidad informada en otras investigaciones.

## Referencias

- Aguirre, O., Chavez, C., Giraud, A., & Araya, M. (2016). Frequencies and population densities of plant parasitic nematodes in banana (*Musa AAA*) plantations in Ecuador from 2008 to 2014. *Agron. Colombiana*, 34(1), 61-78.
- Araujo, J., Muniz, M., Lima, S., Moura Filho, G., Sousa, J., & Ferreira Junior, R. (2018). Management of *Pratylenchus coffeae* on banana plantlets by solarization. *Nematropica*, 48, 21-26.
- Araya, M., & De Waele, D. (2004). Spatial distribution of nematodes in three banana (*Musa AAA*) root parts considering two roots thickness in three farm management systems. *Acta Oecolo*, 26, 137-148.
- Assi Bou Assi, Guillen, K., Labarca, J., Casassa, A., Paredes, C., Casanova, M., & Sandoval, L. (2009). Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del plátano (*Musa AAB*) cv. Harton en bosque seco tropical. *Revista UDO Agrícola*, 9(1), 199-207.
- Assuaje Torres, P., Segura Mena, R., & Sandoval Fernández, J. (2019). Oportunidades para el manejo integrado de la sanidad radical del banano *Musa AAA* cv. Grand Naine mediante estimulación microbiana del suelo y su entorno. Resúmenes de 51 Reunión Anual de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos (ONTA).
- Cenibanano. (2018). Informe CENIBANANO 2018. Asociación de bananeros de Colombia.
- Dancel, M., De Jager, K., van der Bergh, I., De Smet, M., & De Waele, D. (2015). Occurrence and pathogenicity of plant parasitic nematodes on commonly grown banana cultivars in South Africa. *Nematropica*, 45, 118-127.
- Díaz-Pérez, M., Carreño-Ortega, A., Salinas-Andújar, J., & Callejo-Ferre, A. (2019). Application of Logistic Regression Models for the Marketability of Cucumber Cultivars. *Agronomy*, 9(1), 17. <https://doi.org/10.3390/agronomy9010017>
- Fernández, E., Hernández, R., López, M., & Gandarilla, H. (1998). Nematodos parásitos del banano y plátano. Manejo y lucha biológica. *Boletín Técnico (Cuba)*, 4(5). <https://agris.fao.org/search/en/providers/122595/records/64723284c17b74d2224e9202>
- García, O. (1979). Métodos de extracción de nematodos del suelo y tejido vegetal. INISAV.
- Gauggel, C., Sierra, F., & Areválo, G. (2003). The problem of banana root deterioration and its impact on production: Latin American's Experience. Banana root system, toward a better understanding for its productive Management. Proceedings of an international Symposium held in San Jose, Costa Rica, 13.
- Gonzalez-García, H., Gonzalez-Pedraza, A., Pineda-Zambrano, M., Casanova-Yepe, M., Rodriguez-Izquierdo, G., & Soto-Bracho, A. (2021). Poblaciones de fitonematodos asociadas al vigor de plantas de plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 163-177.
- Gudero Mengascha, G., Terefe Yetayew, H., & Kesho Sako, A. (2018). Spatial distribution and association of banana (*Musa spp.*) Fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*) epidemic with biophysical factors in southwestern Ethiopia. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 51(11-12), 575-601.
- Guzmán-Martínez, M., Ibarra-Cortés, K., Lázaro-Dzul, M., Godínez-Gaimes, F., Reyes-Carretero, R., Pérez-Rodríguez, A., Vargas-Madriz, H., & Juan-Lara, J. (2018). Estudio del efecto de la larva *Conotrachelus dimidiatus* (Champion) en guayaba (*Psidium guajava* L.) con un modelo de regresión binaria. *Revista Mexicana Fitosanidad*, 2(1), 6-12.
- Hartman, J., Vuylstake, D., Speiger, P., Ssange, F., Coyne, D., & De Waele, D. (2010). Measurement of the field response of *Musa* genotypes to *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* and the implications for nematode resistance breeding. *Euphytica*, 172, 139-148.
- Marín, D., Sutton, T., & Barker, K. (2002). Diseminación del banano en Latinoamérica y el Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis*. *Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 66, 62-75.
- Martínez, I. (2013). Diagnóstico de poblaciones de fitonematodos y nematodos de vida libre asociados al cultivo del plátano variedad Harton enano (AAB) en dos fincas productoras de León y Telica, Nicaragua [Tesis para optar por el grado de Licenciado en Biología]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. UNAN-León. Dpto Biología.

- Mascanzoni, E., Perego, A., Marchi, N., Scarabel, L., Panozzo, S., Ferrero, A., & Acutis, M. (2018). Epidemiology and agronomic predictors of herbicide resistance in rice at a large scale. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(6), 68. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0548-9>
- Meseret, T., Hassen, S., & Addisu, A. (2022). Application of logistic regression model for predicting the association of climate change resilient cultural practices with early blight of tomato (*Alternaria solani*) epidemics in the East Shewa, Central Ethiopia. *Journal of Plant Interactions*, 17(1), 43-49. <https://doi.org/10.1080/17429145.2021.2009581>
- Moens, T., Araya, M., & De Waele, D. (2001). Correlations between nematode numbers and damage to banana (*Musa AAA*) under commercial conditions. *Nematropica*, 31, 55-65.
- Nega, G., & Fetena, S. (2015). Root necrosis assesment of plant parasitic nematodes of banana (*Musa* spp.) at Arbaminch, Ethiopia. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(15), 76-81.
- Párraga Delgado, A., Navia, D., Triviño, D., Peñaherrera, C., & Zambrano Mero, J. (2021). Efecto del daño inducido en raíces por nematodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 25, 23-32.
- Pocasangre, L. (2013). Manejo sostenible de fitonematodos en plantaciones comerciales de banano. Sustainable banana production, Plant Breeding Food Security, Agronomic management and Carbon neutrality. Tribute to Dr. Phil Rowe, 47.
- Rajeshwari, T., Vardhini, P., Reddy, K., Priya, K., & Sreeja, K. (2021). Smart Agriculture Implementation using IoT and Leaf Disease Detection using Logistic Regression. 2021 4th International Conference on Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE), 619-623.
- Sikora, R., Coyne, D., & Quenchervé, P. (2018). Nematode parasites of banana and plantains. En R. Sikora, D. Coyne, J. Hallmann, & P. Timper (Eds.), *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture* (3rd ed., pp. 617-667). CABI International and USDA.
- Sikora, R., Molendisk, L., & Desaeger, J. (2021). Integrated nematode management and crop health: Future challenges and opportunities. En *Integrated Nematode Management: State-of-the-art and visions for the future* (pp. 3-12). CABI.