

Propuesta de un protocolo de fertilización como una estrategia para el control de nematodos en el cultivo de banano

Proposal of a protocol of fertilization as a strategy for the control of nematodes in banana crop

Mariela Izquierdo^{1*} Mónica Armas²

¹Ingeniera Agrónoma, Maestría en Agricultura Tropical Sostenible, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanga Marengo, Guayaquil, Ecuador

²Docente de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanga Marengo, Guayaquil, Ecuador

Recibido 4 de mayo 2018; recibido en forma revisada 19 de mayo 2018, aceptado 3 de junio 2018
Disponibile en línea 26 de junio 2018

Resumen

El cultivo de banano en Ecuador es vulnerable al ataque de agentes patógenos, uno de ellos son los nematodos, por tal motivo, aquí se presenta un protocolo de fertilización como una estrategia para su control, generando abundante masa radicular. No obstante, es necesario observar los planes de fertilización de plantaciones establecidas de banano con tal problemática. La metodología empleada contrasta análisis descriptivos y fundamentos empíricos establecidos por agricultores bananeros, analizando los macro y micro elementos que interactúan en la solución nutritiva del suelo, las unidades de análisis en cuanto a elementos y fuentes de fertilización, además de los efectos cualitativos que producen los nematodos en las plantas, evidenciando finalmente un protocolo para fertilizar banano enfocado en el elemento fósforo, además del requerimiento nutricional en plantaciones establecidas para una buena producción. Este protocolo de fertilización permitirá controlar a los nematodos permitiendo una producción sostenible del cultivo.

Palabras claves: Nematodos, raíces, fertilización, banano.

Abstract

The cultivation of banana in Ecuador is vulnerable to the attack of pathogenic agents as nematodes, for this reason, it is here presented a protocol of fertilization generating abundant root mass as a strategy for the control of those. However, it is necessary to observe schemes of fertilization for banana established plantations with such problems. The methodology contrasts descriptive analysis and empirical bases established by banana farmers, analyzing macro and micro elements that interact in the nutrient solution of the soil, the unit of analysis with regards to elements and sources of fertilization, besides the qualitative effects that nematodes produce in plants. Therefore, yielding a protocol for banana fertilization focused on phosphorus as an addition to the nutritional requirement in established plantations to obtain good productivity. This protocol of fertilization will let the control of nematodes allowing a sustainable crop production.

Keywords: Nematodes, roots, fertilization, bananas.

Introducción

Los nematodos en banano se transmiten en los cormos del cultivo al renovar las plantaciones antiguas. La proliferación de este patógeno es de forma exponencial, hay que tener presente el realizar mejoras en la nutrición y llevar a cabo un adecuado manejo de la asepsia al momento de la siembra de nuevas plantaciones y además de evaluar el umbral

económico en plantaciones ya establecidas (Guzmán, 2011).

El cultivo de banano es uno de los principales productos de exportación del Ecuador, las enfermedades principales son Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) una de las más estudiadas, sin embargo, poca atención se les brinda a los nematodos, ya que la mayoría de las plantaciones de banano están

* Correspondencia del autor:
E-mail: mizquierdocostales@outlook.com



infestadas por nematodos fitoparásitos. La causa principal del aumento de nematodos en el cultivo de banano es la falta de muestreos consecutivos de raíces de manera estándar, por lo que se recomienda realizar esta práctica por lo menos uno o dos veces anualmente (Triviño, 1995).

La inadecuada fertilización es la segunda causa del aumento de nematodos en el cultivo de banano, debido a que es realizada de manera empírica. Los agricultores le brindan poca importancia a las evaluaciones en campo y al estado de las raíces, los entes reguladores no transmiten esta importancia a los productores, afectando de esta manera a la producción de este cultivo de exportación. Consecuentemente, las pérdidas son exponenciales debido a que se afecta la absorción nutricional de la planta (Mateille, 1990).

Es necesario establecer planes de fertilización eficientes con altos contenidos de Fósforo para estimular las raíces aumentando la masa radicular, además de evitar volcamientos, plantas raquíticas y bajas producciones (López, 2001).

Existen otros parámetros que permiten tomar decisiones en cuanto a estas problemáticas estas son: calicatas, análisis de laboratorio de suelos, hojas, raíces, aguas, etc., para concebir un mejor manejo del cultivo.

El cultivo de banano es el de mayor importancia que posee el Ecuador, exportando 260 millones de cajas que pesan 18.14 kilogramos; mientras que otros países como Filipinas, Colombia y Costa Rica, cada uno produce 100 millones, seguidos por Guatemala con 74.5 millones, Honduras, con 33.4 millones y Panamá con 20 millones; la nutrición del cultivo posee una tasa de asimilación de fertilizantes de un 20%, causando pérdidas económicas y contaminación del medio ambiente (Soto, 2011).

En Costa Rica, Soto indica que la política es reducir el consumo de agroquímicos y fertilizantes en un 25% para los próximos 10 años, sin embargo, en Ecuador no existe una política parecida.

Los fertilizantes y agroquímicos en la producción bananera son necesarios, no obstante, existen plagas y enfermedades difíciles de controlar, los nematodos son una plaga con esta característica, debido a que parasitan las raíces del banano. Las más comunes son: *Radopholus similis* y *Meloidogyne incognita*, también atacan a cultivos de hortalizas (Li, 2015).

Controlar químicamente a estos agentes patógenos es perjudicial para el medio ambiente y el ser humano. En la actualidad existen expectativas para la detección de genes y proteínas que fortalezcan el sistema de resistencia adquirida de la planta y así crear tolerancia o resistencia (Elsen, 2001).

Marín (2002), indica que en Latinoamérica y el Caribe los nematodos se han diseminado a partir de la

introducción de banano variedad Gros Michel donde *Radopholus similis* posee varias plantas hospederas, el banano es su principal huésped, las etapas infectivas son desde que eclosionan los huevecillos (10 y 13 días) y adultos.

Los nematodos afectan económicamente al agricultor porque inciden directamente en las raíces donde se absorben los nutrientes esenciales para el desarrollo normal y productivo de los cultivos en general (Jones, 2013 y Koenning, 1999). También existen biocontroladores de nematodos tales como las bacterias del género *Pasteuria* (Kokalis, 2015).

En el sector bananero la fertilización es de vital importancia puesto que proporciona fuentes de trabajo directo, la rentabilidad depende de la productividad del cultivo por hectárea, sin embargo, las afectaciones por plagas y enfermedades son inminentes.

Los nematodos son plagas difíciles de combatir y se tiene que convivir permitiendo mantener un nivel tolerable de individuos con las siguientes actividades: (i) Control químico (tóxico), (ii) renovación con variedades resistentes, y (iii) mantener el umbral económico del cultivo (fertilización constante). Estas actividades son peligrosas para el ser humano y el cultivo, el control químico puede afectar la salud de los trabajadores y disminuir la microbiota benéfica del suelo.

En tal virtud, este trabajo está enfocado a realizar un protocolo que permita una mejor productividad, manteniendo una masa radicular abundante para convivir con los nematodos, a pesar que afectan las variables productivas a la cosecha de las plantas madre se registró el peso del racimo, número de manos y la calibración promedio de los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal. Las plantas con alto número de *R. similis*, están correlacionadas con la raíz funcional ($r > 0,94$; $P < 0,0068$) y las plantas con *R. similis* siempre correlacionadas ($r > 0,84$; $P < 0,0217$) con los nematodos totales presentes en raíces evaluados en Ecuador en 2009, las causas y efectos de la mayor o menor incidencia dependen de las condiciones medioambientales multivariadas.

Marín (2002), indica que las fases de desarrollo dentro de la planta de banano que incluyen: huevo, cuatro estadios juveniles y una sola etapa de adulto, cada etapa juvenil tiene una muda después de la cuarta muda aparecen los órganos sexuales, los nematodos son clasificados por su comportamiento al alimentarse, como ectoparásito migratorio y ectoparásito sedentario. Los mismos atacan diferentes estados de vida de las especies vegetales, además ingresan por la punta de la raíz donde el tejido es más débil (figura 1).

Los nematodos son denominados gusanos no segmentados, porque poseen cuerpos cilíndricos, aunque alguno pierde su forma de gusano durante sus

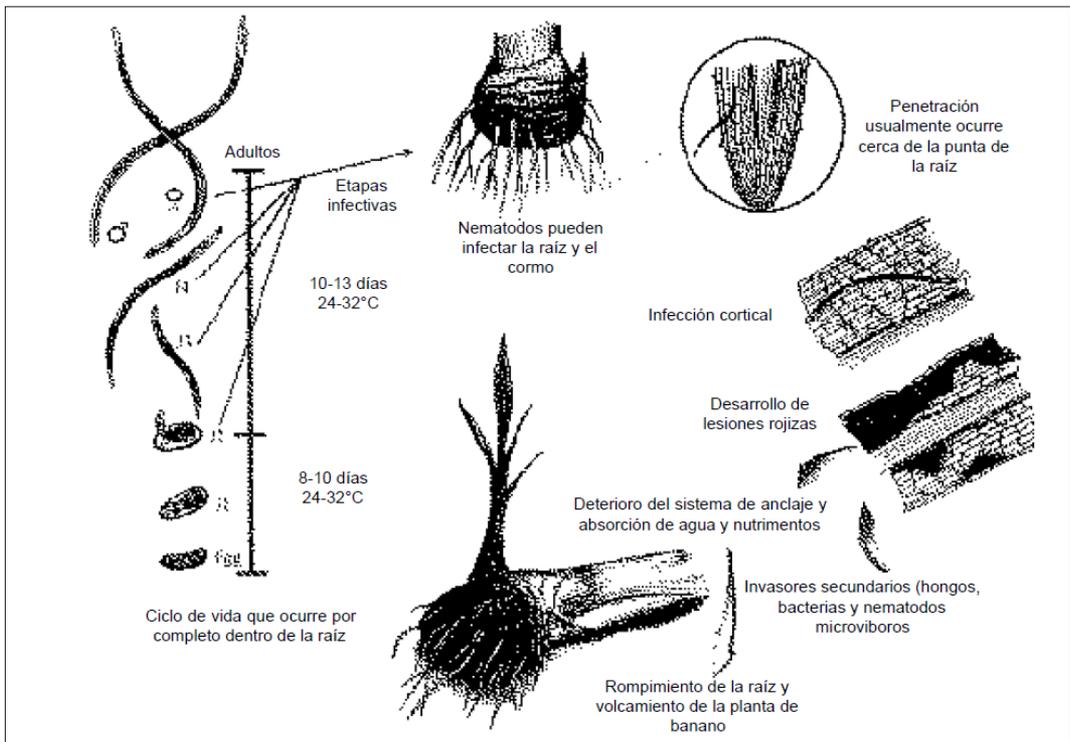


Figura 1. Ciclo de vida de *Radopholus similis*, Fuente: Marín, 2002.

etapas de desarrollo, son microscópicas y miden 0.5 a 2.0 mm de longitud, están cubiertas de cutícula y debajo de ella poseen el aparato digestivo, excretor reproductor y no tienen sistema respiratorio ni circulatorio, y pueden ser fácilmente identificados por sus aparatos reproductores como hembras y machos. El ciclo de vida total de huevo a adulto puede durar hasta la reproducción de 18 a 24 días (Roderick, 2012).

Los nematodos causan en las plantas inflamaciones, engrosamientos en los tallos y agallas sobre todo en las raíces (figura 2), el diagnóstico es al microscopio, de sus invasiones, se pueden identificar su taxonomía. En la actualidad los métodos en biología molecular permiten entender su fisiología y evolución compleja (Zhang, 2016).

Las plantas regulan sus sistemas de defensas con microARN en respuesta al estrés provocado por nematodos, pero esta respuesta también está influenciada por la falta de nutrientes (Wang, 2015). Existen relaciones simbióticas de nematodos con otros microorganismos como bacterias donde se desencadenan respuestas variadas aun no definidas (An, 2016). Además, se activan los sistemas de resistencia adquirida donde juega un papel importante las hormonas y otras.

Rodríguez (2014), confirma que diversos factores bióticos y abióticos inciden en el desarrollo de nematodos en plantas de banano, que para la planta son síntomas de estrés.

En los países asiáticos se ha estudiado a los nematodos en la solución nutritiva de los suelos, determinando que con altos niveles de agua estos se incrementan, sin embargo, una contaminación elevada de Nitrógeno puede provocar un desequilibrio en la biota del suelo y afectar las comunidades de los nematodos (Xiaoming, 2013).

Los nematodos tienen comportamientos diferentes dependiendo del tipo de suelo donde se desarrollan (O`Bannon, 1971). Las concentraciones de nutrientes tales como K, Mg, y Zn no se observaron afectados en



Figura 2. Afectación de los nematodos en la masa radicular en plantas de tomate. Fuente: Mohammed *et. al.*, 2013.

estudios realizados por el parasitismo de nematodos, mientras que, para suelos con nutrientes con P, Ca, Fe, y Mn fueron menos infectadas por nematodos en las plantas.

El crecimiento fue mejor, asociada con la colonización de la raíz por los hongos micorrízicos, esto puede ser el resultado de una mejor nutrición con P y el no antagonismo entre el hongo y los nematodos (Smith, 1988).

Para elaborar un protocolo de fertilización es necesario, realizar análisis de suelos, foliares y nematodos, también en casos especiales de aguas, en el cultivo de banano se absorben estos nutrientes en las raíces los primeros 20 cm (ICA, 1992).

El fósforo es un macronutriente muy relacionado con la proliferación de raíces en el suelo, este en ocasiones se encuentra atrapado formando otras moléculas con el hierro lo que hace imposible la absorción por las raíces, es liberado con oxigenación del hierro o incrementando las dosis de fósforo en las aplicaciones, se asimila con niveles de pH levemente ácido 5.5 y 6.5, además se mueve por difusión de masa hacia la planta (ICA, 1992).

Los procedimientos para un buen análisis, sobre todo en raíces es observar su afectación en los primeros 20 centímetros, donde se absorben la gran cantidad de nutrientes mediante los pelos absorbentes.

La afectación no debe superar el 50%, puesto que si este se incrementa sobrepasará el umbral económico, causando afectación severa a las raíces de anclaje provocando el acamado de la planta. Para conocer el agente causal se envían muestras de estas raíces para un análisis microbiológico, los síntomas de deficiencia son notables debido a la absorción de macro y microelementos en baja cantidad para las funciones vitales los sistemas y tejidos (Gallegos, 2003).

Si se requiere realizar un diagnóstico de la planta siempre se debe iniciar con la zona radicular, los siguientes parámetros a seguir son: temperatura, pH del suelo, insectos, enfermedades, condiciones de humedad, problemas de salinidad, identificación de malezas, prácticas de labranzas, espacio entre plantas, análisis de aguas, análisis foliar y suelo completo (INPOFOS, 1997).

La interacción entre hongos y nematodos también han sido estudiada en Irán, donde se observan diferencias grandes, también como influencias de otros factores, sin embargo, es recomendable incrementar las dosis de fósforo disponible para la absorción en la planta, esto se puede manejar haciendo monitoreos constantes (Kheiri, 2002).

En Irán, también se ha observado en estudios donde la presencia de nematodos antes de hongos causa una reducción en la colonización del hongo en las raíces, los tallos y viceversa (presencia de hongos antes de

los nematodos causó una reducción en el número de agallas producidas), esto demuestra que podemos convivir con múltiples consorcios de microorganismos en el suelo cualquiera (Saedizadeh, 2003).

En las raíces necesarias para la asimilación de nutrientes a las hembras les agrada formar nudos para depositar sus huevecillos que son órganos estructurales tales como el tejido colénquima, endodermis y el cambium del tallo (Saedizadeh, 2005).

Una forma de biodesinfestación es utilizar compostaje lleno de microorganismos eficientes que mejoren las condiciones del suelo y controlen los niveles adecuados de los nematodos, se ha realizado con éxito a menor escala con plantas ornamentales, se podría realizar estimaciones a futuro en plantaciones bananeras infestadas para ver su respuesta (López, 2007).

En Egipto, se han realizado extractos de higuierillas (*Ricinus communis*) entre otras especies vegetales, para tomar sus metabolitos secundarios y observar el efecto en los nematodos. Donde se observó efectos fitotóxicos para malezas y el cultivo en desarrollo, por ende, la importancia de tener planes de fertilización adecuados para atenuar los efectos de los nematodos sobre las raíces (Radwan, 2006).

Lo más grave es la nematización química, sin control de organofosforados que producen enfermedades a largo plazo (Rich, 1990). El contacto con estos químicos es una muerte letal o provocar consecuencias graves en la salud a largo plazo (Daniel, 2010).

En China, para la fertilización con altos contenidos de Fósforo se debe tener en cuenta las propiedades físicas y químicas del suelo, fertilización adecuada, lluvias y enmiendas en el suelo, ya que se puede acumular, lixiviar o peor aún elevar la acidez y ocasionar la subida de elementos tóxicos, por tal motivo, es necesario tener a la mano un análisis de suelos, observar los nutrientes presentes en el suelo y los tomados por las plantas para dar un diagnóstico correcto (Zhao, 2015).

Se debe tener en cuenta que el alto grado de saturación de Fósforo en el suelo puede contribuir a la acumulación en aguas y causar daños conocidos como eutrofización (Ilg, 2005).

El requerimiento nutricional del cultivo es indiferente a las condiciones ambientales en las que se cultiva, los factores son multivariados donde los efectos son diversos e impredecible lo que implica un difícil control de los nematodos, sin embargo, se pueden prevenir un ataque masivo estimulando las raíces con una nutrición adecuada de los elementos nutricionales.

Nitrógeno (N): Es un elemento esencial, puesto que permite el crecimiento de la planta, necesario para formar aminoácidos y de estas a proteínas, este se fija de forma natural en el suelo, pero en cultivos

intensivos como banano es necesario aplicaciones constantes, el Nitrógeno afecta el pH del suelo por medio de la nitrificación en la que convierte NH_4^+ a NO_3^- , en los fertilizantes se pueden perder por volatilización, lixiviación y desnitrificación.

Una disminución de este elemento hace más susceptible a las plantas al ataque de nematodos, para tener buenas producciones es necesario garantizar 350 a 400 kilogramos de Nitrógeno por hectárea al año, en el protocolo de fertilización se debe enfatizar en este aspecto técnico, las fuentes comerciales las conocidas como Ureas, Nitratos de Amonio, Sulfatos de Amonio, entre otros.

Fósforo (P): Fuente de energía para la planta debido a la formación de fosfolípidos, adenosina tri-fósforo, necesario en las mitocondrias para la formación de energía bioquímica en las células de la planta, aunque en el suelo contienen hasta 3000 kilogramos de este elemento por hectárea no todo es disponible para la absorción.

El argumento técnico no es poner grandes cantidades de este elemento en el suelo sino, observar la disponibilidad en solución de con agua, el elemento en todos los análisis siempre sale alto, sin embargo, las deficiencias son notables en el cultivo cuando hay deficiencias, mantener niveles altos de Fósforo (100kg/ha/año en banano) en solución permitirá tener grandes rendimientos y una planta más sana, las fuentes de fertilización son varias, sin embargo cuando comparamos DAP y Urfos 44 las diferencias en eficiencia son grandes pese a que proporcionan el mismo elemento.

Potasio (K): En la producción de banano es importante debido que a este le atribuyen el peso en el racimo de banano, las deficiencias pueden ser causadas por un desbalance de bases en el suelo (Calcio y Magnesio), en suelo sódicos afecta su disponibilidad, las limitaciones de su disponibilidad es debido a la falta de raíces por daños de causados por nematodos y otros problemas fitosanitarios.

La aplicación continua para altos rendimientos es la aplicación de 500 a 700 kg de K_2O por hectárea al año, las fuentes comerciales conocido como Muriato de Potasio, Sulfato de Potasio, entre otros provenientes de minas o salares, la aplicación depende del tecnicismo aplicado en finca, aunque para el agricultor está regido por observar su coloración rojiza en el suelo.

Azufre (S): El Azufre forma parte necesaria para algunas reacciones enzimáticas y vitaminas, y contribuye a la formación de clorofila sobre todo cuando existen condiciones adversas por frío, es el elemento que más se lava con frecuencia, en el cultivo de banano, para los cultivos esta diagnosticado de 100 a 200 kilogramos de azufre por hectárea al año, en el mercado comercial las fuentes son diversas con varias solubilidades por ejemplo asociado con Nitrógeno, Calcio, Magnesio, Potasio, Zinc.

La deficiencia se las encuentra comúnmente en hojas jóvenes, está activo en el Sistema de Resistencia Adquirida de las plantas frente a patógenos como nematodos parásitos.

Magnesio (Mg): El Magnesio es el átomo central de la clorofila, las semillas tienen relativamente alto contenido de este elemento, este elemento puede ser fácilmente lixiviado, forma relaciones de equilibrio con Potasio y Calcio cuando el Calcio está en elevadas concentraciones atenúa al magnesio. Se puede encontrar productos comerciales como Sulfato de Magnesio, en enmiendas con Calcio y Azufre, óxidos entre otro mineral como dolomitas.

Calcio (Ca): Las funciones del Calcio en las plantas son múltiples ya que estimula crecimiento de raíces y de hojas, forma parte importante en las paredes de las células, contribuye en reducir el nitrato de las plantas, es activador en varios sistemas enzimáticos, neutraliza ácidos orgánicos, reduce la acidez en el suelo y es requerido para funciones en bacterias benéficas para el cultivo además de formar parte del sistema de defensa y apertura y cierre estomático en la transpiración.

En el cultivo de banano es recomendable aplicaciones preventivas de 100 a 200 kilogramos de Calcio por hectárea al año. Productos comerciales son minerales (dolomita, calcita, yeso) y otros eficientes como Nitratos de Calcio más disponibles para corregir problemas inmediatos. Los efectos son medibles con minerales a largo plazo.

Hierro (Fe): Este elemento es necesario porque cataliza la formación de la clorofila y actúa como un transportador del oxígeno, es causada por desbalance de Molibdeno, cobre y Manganeseo, el exceso de Fósforo puede contribuir a esta deficiencia, dosis altas de cal, bajos niveles de materia orgánica, fuentes comerciales son: Quelatos de Hierro, Sulfatos de Hierro, Óxidos de Hierro y Sulfatos de Amonio - Hierro.

Manganeseo (Mn): Forma parte esencial en ciertas enzimas de las plantas, ayuda a la germinación e incrementa la disponibilidad de Fósforo y Calcio las deficiencias pueden resultar por el desbalance de Calcio, Magnesio y Hierro. Las fuentes comerciales pueden ser Sulfatos, Óxidos, Quelatos, Carbonatos y Cloruros de Manganeseo. En plantaciones de banano con deficiencias se puede corregir con 7 a 11 kilogramos por hectáreas al año.

Boro (B): Nutriente esencial para la translocación de azúcares de hoja a los frutos en el suelo está disponible en pH de 5 a 7 en valores más altos de acidez o alcalinidad se reduce esta disponibilidad. La necesidad en el cultivo es de 4 a 5 kilogramos por hectárea a al año.

Sin embargo, pese a que es un ácido hay que recordar que es un ácido débil de Lewis y se tiene que acidificar para que suba a la planta se debe de realizar en conjunto con Fósforo, por ende, es determinante

analizar el contenido en el suelo y aplicar la técnica y recomendación necesaria para el suelo y el cultivo, los productos comerciales Granubor, Ácido Bórico, Bórax, Solubor, entre otros.

Zinc (Zn): Es uno de los elementos más reconocidos como micronutrientes ya que la falta de esta causa pérdidas significativas a cualquier cultivo, contribuye en la formación de hormonas de las plantas en el crecimiento y desarrollo, estudios recomiendan aplicar 1 kilogramo de Zinc por cada 20kilogramo de Fosfato en el suelo. Las formulaciones comerciales que existen son varias tal como: Sulfatos, Óxidos, Quelatos y fuentes orgánicas.

Molibdeno (Mo): La planta lo requiere para activar y sintetizar enzimas nitrato reductasas, importante para la fijación simbiótica en plantas, e intervenir en la conversión del Fósforo inorgánico a orgánico en la planta. Las fuentes comunes son Molibdato de Amonio, Sodio y Acido Mobdico. Se requiere en mínimas concentraciones.

Cobre (Cu): Necesario para la formación de clorofila y para la activación de los sistemas de defensas contra patógenos, la disponibilidad en el suelo se ve afectada por Hierro, Manganeso, Aluminio, se requiere en mínimas cantidades y las fuentes comerciales son Sulfato de Cobre, quelatos de Cobre, y Fosfato Amonio-Cobre.

Materiales y métodos

El presente estudio de caso se realizó un análisis comparativo cualitativo, donde se describe experiencias y antecedentes experimentales alrededor de las investigaciones referentes a los nematodos y nutrición fosfórica, los datos fueron tomados a partir de revisiones de literatura a nivel internacional en los principales países exportadores de banano del continente americano.

Para elaborar el protocolo se tuvo que recopilar información sobre los recursos necesarios para el análisis de suelos y raíces, analizar las estrategias para controlar a los nematodos en el contexto internacional cercanos al Ecuador.

Los métodos para tomar las muestras de suelo se deben realizar conforme al manual internacional de fertilidad de suelos, para la toma de muestras en campo con una pala se cavó en los primeros 20 cm del perfil del suelo, para separar la primera muestra y después se divide en varias sub muestras porcada 10 hectáreas según la textura del suelo (INPOFOS, 1997).

Para realizar muestreo de raíces se debe seleccionar 10 plantas al azar de cada hectárea, se excavar 20 cm también frente al hijo espada con una distancia de 50 a 60 cm para evaluar la afectación de nematodos en raíces, llevando un conteo en porcentajes, evaluando raíces sanas y muertas, los nematodos que atacan

las raíces son comúnmente del género *Radopholus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*.

Finalmente se realizó recomendaciones a partir de información analizada en comparaciones internacionales sobre los nematodos de banano y el tipo de control.

Para diseñar el protocolo de aplicación, se debe tener en consideración una adecuada aplicación de Fósforo, además para poder diagnosticar si está presente esta problemática, se realizará monitoreos de raíces y después de un año de aplicación del protocolo expuesto, se procederá a monitorear la biomasa radicular, asimismo para realizar una buena interpretación del análisis de suelo, se deben considerar algunos criterios y más que todo enfocados en el elemento Fósforo.

Según el manual internacional de fertilidad de suelos, indica que el movimiento del Fósforo en el suelo es un proceso lento, además que para ingresar a la planta lo realiza por difusión, aunque es abundante, es difícil mantener Fósforo disponible para la planta, debido a que fácilmente forma compuestos no solubles con los iones Ca, Mn, Al y Fe. El Fósforo es vital para el crecimiento de la planta y los rangos disponibles de pH están entre 6.0 y 7.0, fijándose en grandes cantidades en suelos arcillosos.

La herramienta de diagnóstico es el análisis de suelo, no obstante, la elección del laboratorio también es un punto clave para un diagnóstico confiable, el INPOFOS asevera que existe flexibilidad en la elección de los laboratorios (públicos y privados) pero se deben tener los siguientes criterios:

Alta calidad de los análisis.

Recomendaciones de fertilización y enmiendas que busquen obtener la más alta rentabilidad para el productor.

Solución de los problemas de fertilidad de los suelos que puedan estar limitando los rendimientos.

Entrega rápida de resultados.

En Ecuador se conoce poco sobre las regulaciones y estándares de calidad en los laboratorios de análisis de suelos y tan solo se limitan a emitir el resultado (INIAP, NemaLab, Agro-análisis, PSL, etc.). No existe ninguna normativa que asegure una interpretación adecuada, lo que deja a libre albedrío la tecnificación en los cultivos del país, un ejemplo claro es la interpretación del Fósforo elemental en cantidades elevadas, cuando sabemos que el Fósforo disponible está en bajas concentraciones.

En la tabla 1 se observan las categorías de impacto, dimensiones, instrumentos y unidad de análisis que intervienen en caso de estudio para finalmente elaborar la propuesta de protocolo de fertilización para controlar nematodos.

Tabla 1. Elemento que intervienen en un protocolo de fertilización, Matriz CDIU (Izquierdo, 2016).

CATEGORÍA	DIMENSIÓN	INSTRUMENTO	UNIDAD DE ANÁLISIS
Económicas	Productos comerciales, equipos y jornal	Observación	Departamento de compras
Administrativos	Labores culturales, administración agrícola.	Entrevistas y Observación	Capacitaciones al personal de campo
Condiciones ambientales	Niveles de oxígeno, nutrientes, materia orgánica, pH y recomendaciones técnicas de fertilizantes	Interpretación de análisis de suelos Observación agroclimática	Aplicaciones de fertilizantes con personal de campo
Éticos	Laboratorios e interpretación de análisis agrícolas en general	Observación	Aplicaciones
Manejo de productos	Resistencias de plagas y enfermedades Dosificación	Experiencias y aplicación de protocolos de bioseguridad	Enfermedades transmisibles
Criterios de diagnóstico	Análisis e interpretación	Análisis de suelo hojas, raíces, fruta aguas etc.	Laboratorios nacionales y metodologías de análisis

Tabla 2. Observaciones y soluciones propuestas respecto a criterios económicos

Categoría	Dimensión	Soluciones propuestas			
		Ecuador	Costa Rica	Honduras	Colombia
Criterios económicos	Jornal de aplicación y suministros	Personal especializado en aplicación	Regulaciones y protocolos de manejo	Aplicaciones de alternativas biológicas y sintéticas	Aplicaciones y falta de control de calidad
	Mezclas in situ de fertilizantes y mezclas especializadas	Homogenización de productos	Mezclas químicas y físicas	Mezclas y productos orgánicos	Mezclas químicas y físicas
	Política de agroquímicos	No existen política de vigilancia	Políticas de renovaciones	Aplicaciones mixtas de productos	Política de seguimiento con peritos agrícolas
	Porcentaje de participación del mercado exportador (ProEcuador, 2013)	21.95%	8.45%	3.67%	8.81%

En Costa Rica las regulaciones sobre la fertilización y uso de agroquímicos están restringidas, la política está elaborada para reducir su uso en un 25% en 10 años, debiendo muestrear cada periodo para tomar decisiones en la corrección de elementos nutritivos (Soto, 2011). En Ecuador los protocolos se aplican de forma empírica y desmedido, sin embargo, existen productos con mayor eficiencia debida a incentiva la masa radicular con absorción fertilizada de fósforo.

Para este caso de estudio, las categorías de análisis sustentan aspectos concernientes a infraestructura física y actividades de labores culturales para elaborar la propuesta del protocolo de fertilización, enfocado al control de nematodos estimulando la masa radicular

partir de fertilización fosfatada balanceada. Protocolo anual que se enfoca en aplicaciones fosfatadas que permitirá maximizar producciones futuras.

Las unidades de análisis están basadas en la interpretación adecuada de análisis de suelos, responsable de la nutrición proporcionada por los productores bananeros. Las técnicas de análisis serán mediante la valoración cualitativa realizada mediante un estudio que proporcione una descripción y valoración cualitativa de la situación y comportamiento del cultivo con nematodos.

Debido a esto es necesario valorar cualitativamente la interpretación de análisis de suelos.

Tabla 3. Observaciones y soluciones propuestas al manejo administrativo

Categoría	Dimensión	Ecuador	Soluciones propuestas		
			Costa Rica	Honduras	Colombia
Criterios administrativos	Protocolos de uso de microorganismos biológicos	No se utilizan para controlar nematodos	Bioproductos y agroquímicos	Bioproductos bioestimuladores (Micorrizas)	Antagonistas (Tricodermas, Bacillus, etc)
	Bodega Agroquímicos	Aplicaciones ilícitas	Regulación y uso restringido	Aplicaciones no controladas	Aplicaciones mixtas restringidas
	Bodega de fertilizantes	Retrasos en compras	Cronogramas y protocolos de gestión administrativos	Optimización de recursos	Utilización mixta de fertilizantes
	Estrés laboral	Personal de aplicación inestable	Políticas de control interno	No existen datos	Relacionados con presión de cumplimiento

Tabla 4. Observaciones y soluciones propuestas a criterios ambientales

Categoría	Dimensión	Ecuador	Soluciones propuestas		
			Costa Rica	Honduras	Colombia
Criterios ambientales	Oxigenación suelo y agua	Compactación del suelo uso de maquinaria removedora de suelo	Maquinaria y remoción manual	Trinchado manual	No definido
	Nutrientes y clima	Aplicaciones excesivas producen contaminación de suelos y afluentes hídricos	Aplicaciones de insumos solubles	Aplicaciones específicas	Perdidas por condiciones ambientales contaminando el agua
	pH, temperatura	Bloqueo de nutrientes	Enmiendas y Materia orgánica	Encalado	Ácidos húmicos y agroquímicos
	Recomendaciones técnicas	Dosis óptimas y eficiencia de productos dudosas	Regido por políticas de extensión agrícola	Regido por políticas de extensión agrícola	Profesional a cargo con asesoría pública

Resultados

Estos resultados constituyen diversas observaciones de las condiciones de los países productores de banano, la propuesta de creación de un protocolo de fertilización resulta un esfuerzo de varios componentes de análisis, donde se integran varias ciencias tales como: la Fitopatología, Fisiología, Edafología, Agro meteorología, Biotecnología y la Extensión Agrícola entre otras, que permiten conocer un poco más las interacciones entre las variables agronómicas, sobre todo en Ecuador por ser el principal exportador de esta fruta para este criterio se observó posibles soluciones planteados en tabla 2 (López, 2011).

Se analizaron y compararon las recomendaciones respecto a tres dimensiones consideradas importantes:

el uso de microorganismos biológicos, agroquímicos, fertilización y estrés laboral, revisar la tabla 3.

En Costa Rica, la toma de decisiones adecuada en el cultivo de banano, hace llegar a óptimos rendimientos productivos, mayores en producción por hectárea debido a la renovación cada 7 años (Soto, 2011). Sin embargo, la herramienta biotecnológica nos muestra cada día, un mundo aún desconocido, en cuanto a las plantas del género *Musa* (banano y plátano) parasitadas con nematodos, atribuyen una restricción severa en la productividad, según Roderick (2012), sostiene que existen nuevos modos de acción de defensa contra nematodos.

El personal debe estar capacitado en la cadena de producción como parte de un todo, entendiéndolo por

Tabla 5. Observaciones y soluciones propuestas para el manejo de productos

Categoría	Dimensión	Ecuador	Soluciones propuestas		
			Costa Rica	Honduras	Colombia
Criterios del manejo de productos	Resistencia a plagas y enfermedades	Dosis excesivas costos elevados de renovación y variaciones ambientales	Renovaciones cada 7 años	Renovaciones cada 10 a 12 años	No existen políticas de renovación
	Dosificación	Falta de fraccionamiento por textura	Dosificación por estado fisiológico de crecimiento	Eficiencia en la aplicación de productos solubles	Dosificación mixta orgánicos y convencionales

Tabla 6. Observaciones y soluciones propuestas para el criterio de diagnóstico

Categoría	Dimensión	Ecuador	Soluciones propuestas		
			Costa Rica	Honduras	Colombia
Criterios de diagnóstico	Análisis	Falta de protocolos adecuados	Análisis y entidades de control	Transparencia en el proceso	Protocolos estandarizados
	Interpretación	No confiable	Control de calidad de equipos	Confiabilidad absoluta	Asesoría pública o privada como política de siembra

ejemplo en estudios realizados en Marruecos, se asegura que las interacciones bióticas y abióticas afectan a los nematodos y a la planta de banano en su desarrollo. Desde 2004 se está trabajando en buscar plantas resistentes a nematodos para estar preparados ante ataques masivos hacia los cultivos (Guedira, 2004). Esta categoría considera las prácticas inadecuadas que provocan efectos negativos al medio ambiente tiene que ver con los niveles de afectación, oxígeno en el suelo y agua, nutrientes, pH y recomendaciones técnicas (Tabla 4), las que pueden causar graves impactos como eutrofización de lagos subterráneos, desnitrificación de suelos y acumulación de metales pesados.

Se analizaron y compararon de acuerdo a las recomendaciones de resistencia a las plagas, enfermedades y dosificación de productos aplicados en el tiempo (Tabla 5), oportuno afectan al ser humano y el ambiente debido a los residuos de sustancias peligrosas con alto poder cancerígeno y por consiguiente se propusieron propuestas para el manejo de producto desarrollados en Ecuador.

Mientras tanto en Honduras, realizar diagnósticos preventivos (Tabla 6), en raíces es una alternativa, para también incrementando la masa radicular con

una fertilización edáfica de buena calidad, soluble y de asimilación rápida, un ejemplo claro es el Fósforo se mueve por difusión en el suelo el movimiento en menor que el Nitrógeno y Potasio, existen suelos en el que puede estar bloqueado por moléculas de Hierro, recordemos que el Fósforo forma parte fundamental de la molécula de adenosina trifosfato (ATP) la cual brinda energía a las funciones vitales de las plantas (INPOFOS, 1997).

La propuesta constituye una parte fundamental en el desarrollo agroindustrial bananero, se origina por la necesidad de una correcta aplicación de fertilizantes y agroquímicos, para controlar nematodos aumentando la masa radicular, además para que el personal involucrado tome medidas para disminuir riesgos a la salud y el medio ambiente, el protocolo de fertilización comprende 10 pasos.

1. Realizar análisis de suelo, hojas y raíces (Cada 6 meses).
2. Interpretar e Identificar el requerimiento del cultivo por elementos poniendo énfasis en el fósforo (Especialista en nutrición).
3. Elaborar un plan de fertilización anual con todos sus requerimientos técnicos
4. Identificar el fertilizante comercial (Mezcla física o química).

5. Observar la capacidad de campo, pH y condiciones de labores culturales.
6. Clasificar el personal capacitado para esta labor (Dosificar los requerimientos por lotes utilizando dosificadores).
7. Observar condiciones climáticas antes de aplicar.
8. Prohibido traslape de aplicaciones de herbicidas y fertilizantes.
9. Aplicar de fertilizante con corona limpia, en media luna alrededor del hijo espada.
10. Realizar calicatas para observar estado de raíces (mínimo 3 al año).
11. Complementar con bioproductos (Micorrizas) para evitar el desgaste de suelo.

La densidad en la plantación es de 1450 plantas por hectárea en Ecuador, desglosado para cada mes con productos comerciales, teniendo en consideración lo que se encuentra en el suelo y lo que requiere para producir.

Conclusiones

La masa radicular se incrementa con las aplicaciones de productos fosfatados en todos los países productores de banano.

En Colombia y Costa Rica los niveles de productividad son mejores debido a su innovación y avances tecnológicos.

El protocolo de fertilización permitirá controlar a los nematodos permitiendo una producción sostenible del cultivo (convivencia).

La solución es aplicar un protocolo de fertilización acompañado de políticas de renovación que permita incrementar la productividad.

Recomendaciones

La industria bananera ecuatoriana debe revisar y modificar el sistema actual de producción de la fruta, con innovaciones tecnológicas.

Capacitar a productores bananeros sobre la adopción de protocolos para la fertilización enfocados en el fósforo para el control de nematodos, además de informar sobre la importancia de renovar las plantaciones.

Gestionar un protocolo de fertilización basados en análisis de suelos, foliares y de raíces.

Recomendar aplicaciones de bioproductos para complementar la aplicación del protocolo de fertilización.

Referencias

An R., Grewal PS. (2016). Comparative Analysis of *Xenorhabdus koppenhoeferi*. Gene Expression during

- Symbiotic Persistence in the Host Nematode, PLoS One.
- Álvarez, J. E., Juan, E. G. I. L., Sarmiento, H. O., & Castañeda, D. (2010). Desarrollo de un sistema experto para asistir el cálculo de las necesidades de fertilización de un cultivo de banano.
- Bao, Yong, J. Vetsch, S. Chen, and G. Randall. (2011). Manure and chemical fertilizer effect on soybean cyst nematode, nematode community, and crop yield in scn-suppressive and conducive soils, University of Minnesota Southern, 2010, Society of Nematologists 2011 Meeting, J Nematol.
- Araya M., Serrano E., Vargas A. (2011). Relación entre el contenido de nutrientes del suelo y raíces de Banano (*Musa AAA*) con el peso de raíces y número de nematodos.
- Bakry, F., Carreel, F., Jenny, C., & Horry, J. P. (2009). Genetic improvement of banana. In *Breeding plantation tree crops: tropical species* (pp. 3-50). Springer New York.
- Blackburn, Dana, D. Shapiro-Ilan, and B.J. Adams, (2011). The role of nutrition in the deterioration of biocontrol traits in *Photorhabdus luminescens*, Brigham Young University, Society of Nematologists 2011 Meetin, J Nematol.
- Daniel G., Fernández A., Liliana C. Mancipe G., Diana C., Fernández A. (2010). Intoxicación por Organofosforados, Universidad Militar Nueva granada, Scielo, Bogotá, Colombia.
- Delgado Párraga, A. (2013). Determinación del nivel crítico del nematodo *Helicotylenchus multicinctus* en plantas de Banano (*musa aaa*) y plátano (*Musa AAB*), establecidas en invernadero y área comercial.
- Dirk H., Theodore A., Michael B., Tom B., Andreas Buerkert, b Anna C., Dirk De W., David G., Christian H., Marco K., Maddula K., Christian M., Schubert. S., Richard A. Sikora, and Rony L., (2014). Phenalenone-type phytoalexins mediate resistance of banana plants (*Musa spp.*) to the burrowing nematode *Radopholus similis*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA.
- Dirección de Inteligencia Comercial. (DIC). (2013). Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Pro Ecuador). (I. d. Ecuador), Ed.)
- Elsen A, Lens K, Nguyet DT, Broos S, Stoffelen R, De Waele D. (2001). Aseptic Culture Systems of *Radopholus similis* for In Vitro Assays on *Musa spp.* and *Arabidopsis thaliana*, J. Nematol.
- El Agro. (2012). Producciones de 2800 cajas por hectárea al año debido a renovaciones y usos de tecnologías más eficientes en los procesos de producción. Editor. Econ. Guido Macas Acosta. Guayaquil - Ecuador.
- Gallegos G., Cepeda M., Olayo R. (2003). Entomopatógenos, Pág. 99 - 106. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Gowen, S R., Queneherve P. (1990). Nematode Parasites of Banana s, Plantains and Abaca. I n Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Luc, M.
- Guedira A1, Rammah A, Triqui ZE, Chlyah H, Chlyah B, Haïcour R. (2004). Evaluation of the resistance to two nematodes: *Radopholus similis* and *Meloidogyne spp.* in four banana genotypes in Morocco. C R Biol.
- Guzmán O. (2011). El nematodo barrenador (*Radopholus similis*) del banano y plátano, Scielo.
- Ilg K., Siemens J., Kaupenjohann M. (2005). Colloidal and dissolved phosphorus in sandy soils as affected by phosphorus saturation, J. Environ. Qual.
- INPOFOS. (1997). Manual internacional de fertilidad de suelo. Quito: Ecuador.
- INIAP. (2000). Los Nematodos como agentes de enfermedades en plantas. Departamento Nacional de Protección Vegetal. Estación Experimental Pichilingue. Quevedo- Ecuador.
- INIAP. (2007). Informe anual sobre trabajos de fertilización. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador.
- ICA (1992). Fertilización en diversos cultivos, Instituto Colombiano Agropecuario Manual 25, Centro de

- investigaciones Tibaaitatá, - Colombia.
- Jansson, R. K., & Rabatin, S. (2011). Curative and Residual Efficacy of Injection Applications of Avermectins for Control of Plant-parasitic Nematodes on Banana. *Journal of Nematology*, 29(4S), 695-702.
- Jones JT, Haegeman A, Danchin EG, Gaur HS, Helder J, Jones MG, Kikuchi T, Manzanilla-López R, Palomares-Rius JE, Wesemael WM, Perry RN. (2013) Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Mol. Plant Pathol.*
- Kheiri A, Borhani A, Okhovat M, Pourjam E. (2002). Interaction between root lesion nematode *Pratylenchus vulnus* and two species of *Fusarium* on growth and development of maple seedlings, *Biol Wet.*
- Koenning SR, Overstreet C, Noling JW, Donald PA, Becker JO, Fortnum BA., (1999). Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994, *J. Nematol.*
- Kokalis-Burelle N. (2015). *Pasteuria penetrans* for Control of *Meloidogyne incognita* on Tomato and Cucumber, and *M. arenaria* on Snapdragon. *J Nematol.*
- León M. (2007). Control de plagas y enfermedades en los cultivos, Grupo Latino Editores, Bogotá - Colombia.
- Li Y., Wang K., Xie H., Wang YT., Wang D., Xu C., Huang X., Wang D. (2015). A Nematode Calreticulin, Rs-CRT, Is a Key Effector in Reproduction and Pathogenicity of *Radopholus similis*. *PLoS One.*
- López J., Piedra A., Díez M., Regalado R, Brito E, Hernández Z, Figueredo M, Almendros G, Bello A. (2007). Evaluation of soil biodesinfestation with crop and garden residues in the control of root-knot nematodes populations, *Commun. Agric. Appl. Biol Sci.*
- López A., Vargas A., Espinoza y Vargas R. (2001). Síntomas de deficiencias nutricionales y otros desórdenes fisiológicos en el cultivo de banano (*Musa AAA*), Guía de campo. Instituto de la potasa y fósforo.
- Madrid Y. (2013). Usando SIG para modelar la respuesta de la productividad del cultivo de banano a las características químicas de suelos, Colombia. USFQ. Quito- Ecuador.
- Marín, D. H., Barker, K. R., Kaplan, D. T., Sutton, T. B., & Opperman, C. H. (1999). Aggressiveness and Damage Potential of Central American and Caribbean Populations of *Radopholus* spp. in Banana. *Journal of Nematology*, 31(4), 377-385.
- Marín D., Sutton T., Barker K. (2002). Diseminación de la banana en Latinoamérica y el Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis*. Manejo integrado de plagas, Costa Rica.
- Mohammed A. Bart V., Cornelisse C., and Gerrit K. (2013). On the species status of the root-knot nematode *Meloidogyne ulmi* Palmisano & Ambrogioni, 2000 (Nematoda, Meloidogynidae), *Zookeys.*
- Mateille, T. (1990). Monoxenic Culture of Banana-Parasitic Nematodes on *Musa acuminata* cv. Poyo shoots. *Journal of Nematology*, 22(4), 608-611.
- Nevárez R. y Garner S. (2003). Efecto del Bokashi en dosis crecientes como depresivo de nematodos y como abono en el cultivo de banano. Universidad EARTH, Guácimo - Costa Rica.
- Nicky J. Atkinson and Peter E. Urwin. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic genes to the field, *Darwin Review*, *J. Experimental Botany*
- Niu J., Liu P., Liu Q., Chen C., Guo Q., Yin J., Yang G., Jian H. (2016). Msp40 effector of root-knot nematode manipulates plant immunity to facilitate parasitism. *Sci Rep.*
- Núñez Pérez, C., Martinuz Guerrero, A. P., Menjivar Barahona, R. D., Cañizares Monteros, C. A., Meneses Hernández, A., Felde, A. P., & BB Altamirano Tinoco, M. A. (2006). Estudio de poblaciones de bacterias endofíticas de la rizosfera del banano para el biocontrol del nematodo barrenador *Radopholus similis*. (No. Thesis N972est). CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Ochoa, S., & Sambrano, G. (2009). Efecto de la inoculación de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) sobre la absorción de nutrientes en banano y su relación con el nematodo *Radopholus similis*. Guácimo (CR): Universidad EARTH.
- O'Bannon J. H. and Tomerlin, A. T. (1971). Response of Citrus Seedlings to *Radopholus similis* in Two Soils, *J. Nematol.*
- Piedrahita, Ó. A. G. (2011). El nematodo barrenador (*Radopholus similis* [Cobb] Thorne) del banano y plátano. *Revista. Luna. azul*, 32, 137-153.
- Quénéhervé, P., Chabrier, C., Auwerkerken, A., Topart, P., Martiny, B., & Marie-Luce, S. (2006). Status of weeds as reservoirs of plant parasitic nematodes in banana fields in Martinique. *Crop protection*, 25(8), 860-867.
- Rada, P. P. A., Ariza, H. A., Barrios, I. T. B., Tovar, C. E. N., & López, I. E. R. (2005). Aprovechamiento del raquis del banano y otros residuos biodegradables como fertilizantes orgánicos en el cultivo de esta fruta.
- Radwan M., Abu-Elamayem M., Kassem S., El-Maadawy E. (2006). Soil amendment with dried weed leaves as non-chemical approach for the management of *Meloidogyne incognita* infecting tomato, *Commun. Agric. Appl. Biol Sci.*
- Rich, J. R., Hodge, C. H. (1990). Eficacia de Nematicidas fumigantes selestos y fenamifos para el manejo de *Meloidogyne javanica* en tabaco cultivado en Florida, *Universidad de Florida USA, Nematropica* Vol. 20, No. 2.
- Roderick H., Tripathi L, Babirye A, Wang D, Tripathi J, Urwin PE, Atkinson HJ. (2012). Generation of transgenic plantain (*Musa* spp.) with resistance to plant pathogenic nematodes. *Mol Plant Pathol.*
- Roderick H, Mbiru E, Coyne D, Tripathi L, Atkinson HJ. (2012). Quantitative digital imaging of banana growth suppression by plant parasitic nematodes, *PLoS One.*
- Rodríguez Morales, A. (2014). Evaluación del efecto de cepas nativas de *Bacillus* sp, aisladas de un suelo supresivo a nematodos, sobre el nematodo barrenador banano, *Radopholus similis* (thorne), y el crecimiento de plantas de banano (*Musa AAA*) bajo condiciones de vivero.
- Saeedizadeh A, Kheiri A, Okhovat M, Hoseinejad A., (2003). Study on interaction between root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and wilt fungus *Verticillium dahliae* on olive seedlings in greenhouse, *Commun. Agric. Appl. Biol Sci.*
- Saeedizadeh A, Kheiri A, Okhovat SM, Zad J. (2005). Study on infection symptoms of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, on the stem of the tomato seedlings in greenhouse. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.*
- Smith GS, Kaplan DT. (1988). Influence of mycorrhizal fungus, phosphorus, and burrowing nematode interactions on growth of rough lemon citrus seedlings, *J Nematol.*
- Soto M. (2011). Situación y avances tecnológicos en la producción bananera mundial. *Costa Rica.*
- Torrado-Jaime, M., & Castaño-Zapata, J. (2009). Incidencia de nematodos en plátano en distintos estados fenológicos. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 237-244.
- Triviño C., Velasco L. (1995). Muestreo de raíces de banano para análisis nematológico, INIAP, Quito- Ecuador.
- Wang Y., Mao Z., Yan J., Cheng X., Liu F., Xiao L., Dai L., Luo F., Xie B. (2015). Identification of MicroRNAs in *Meloidogyne incognita* Using Deep Sequencing, *PLoS One.*
- Wehner TC, Walters SA, Barker KR. (1991). Resistance to Root-knot Nematodes in Cucumber and Horned Cucumber, *J Nematol.*
- Xiaoming Sun, Xiaoke Zhang, Shixiu Zhang, Guanhua Dai, Shijie Han, and Wenju Liang (2013). Soil Nematode Responses to Increases in Nitrogen Deposition and Precipitation in a Temperate Forest, *PLoS One.*
- Zhang Y., Wang Y., Xie F., Li C., Zhang B., Nichols RL., Pan X. (2016). Identification and characterization of microRNAs in the plant parasitic root-knot nematode *Meloidogyne incognita* using deep sequencing, *Funct. Integr. Genomics.*

Zhao Y, Liang XQ, Fu CD, Zhu SR, Zhang YX, Ji YJ. (2015).
Factors affecting activation and transference of soil
colloidal phosphorus and related analysis technologies,
Ying Yong Sheng Tai XueBao.