

Efecto de los nematodos en la cantidad y calidad de raíces y métodos de evaluación

Yudi Cristina Restrepo Osorno

Luis Fernando Patiño Hoyos

Darío Antonio Castañeda Sánchez

||| POLÍTÉCNICA No. 7 | julio - diciembre de 2008, pp. 47 - 57 |



Autores

YUDI CRISTINA RESTREPO OSORNO

Estudiante de Ingeniería Agropecuaria, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Facultad de Ciencias Agrarias. E-Mail: yudicristinar@hotmail.com.

LUIS FERNANDO PATIÑO HOYOS

M.Sc., Profesor de Fitopatología, Manejo Integrado de Enfermedades, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Facultad de Ciencias Agrarias. E-Mail: luisferph@gmail.com.

DARÍO ANTONIO CASTAÑEDA SÁNCHEZ

M.Sc., Profesor de Suelos, M.Sc. Geomorfología y Suelos, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Facultad de Ciencias Agrarias. E-Mail: dacastanedas@gmail.com.

Recibido: Aprobado:

Resumen

La producción de banano en Colombia está mostrando un preocupante detrimento en los niveles de productividad en los últimos 10 años. Causas bióticas y abióticas han sido atribuidas a este fenómeno, dentro de las cuales los nematodos fitoparásitos constituyen una de las principales razones para explicar dicho comportamiento. Este artículo describe los efectos ocasionados por los nematodos en las plantas afectadas sobre la interferencia con la toma de agua y nutrientes, anclaje, fisiología y variables de productivas como el peso del racimo. Se discuten también factores como bajas poblaciones de microorganismos antagonistas presentes en el suelo, así como las prácticas de manejo del cultivo. Finalmente se describen diversos métodos para estimar el daño ocasionado por los nematodos.

Palabras clave

Musa AAA, funcionalidad de raíces, factores físicos, Radopholus similis.

Abstract

Banana production in Colombia is showing a preoccupied decrease in productivity levels since last 10 years. Several biotic and abiotic causes had been attributed to this phenomenon. The nematodes are one of this possible reasons to explain this behavior. This paper describes the effects occasioned by nematodes on interference with upward translocation of water and nutrients, roots quantity and quality, anchorage, physiology and production variables as weight of fruit in plants affected. Other factors as low population of antagonist microorganisms in soil and crop practices are too discussed. Finally several methods to estimate root damage by nematodes, are described.

Key Words

Musa AAA, Roots Functionality, Physical Factors, Radopholus similis.

Efecto de los nematodos en la cantidad y calidad de raíces y métodos de evaluación

Yudi Cristina Restrepo Osorno

Luis Fernando Patiño Hoyos

Darío Antonio Castañeda Sánchez

||| POLITÉCNICA No. 7 julio - diciembre de 2008, pp. 47 - 57 |



Introducción

Para el año 2006, la exportación de banano en Colombia fue de 80 millones de cajas que representaron divisas por más de 400 millones de dólares; los principales mercados son la Unión Europea y Estados Unidos, hacia donde se dirigió el 95% de la fruta colombiana. Dicha cantidad de fruta es producida en 44.000 hectáreas, de las cuales 32.600 se encuentran en Urabá y 11.400 en el Magdalena (Augura, 2006). En la actualidad Colombia presenta problemas de rendimiento y de volúmenes de producción (Espinal *et al*, 2005), principalmente debido a factores climáticos, del suelo y de manejo agronómico (Rodríguez, *et al*, 2006).

El decrecimiento en volumen, producido en un área constante, es indicador directo de la pérdida de eficiencia del sistema productivo bananero, en este caso de exportación. Esto es consecuencia del impacto de los factores bióticos (plagas y enfermedades, microorganismos del suelo, variedades) y abióticos (edáficos, climáticos, geomor-

fológicos), interactuando en el tiempo (años de alta y baja productividad, Augura, 2006) y en el espacio (lotes de alta, media y baja productividad, reportados por Serrano *et al.* (2006), Acuña *et al.* (2006) y Rodríguez *et al.* (2006).

Las raíces son la fuente principal para la absorción de agua y nutrimentos; adicionalmente, son importantes en el sostén, en la síntesis de reguladores de crecimiento y en el almacenamiento de productos transferidos del metabolismo de la fotosíntesis y que se usan en el crecimiento o como reservas energéticas. No obstante, el sistema radical puede verse afectado por diferentes factores, entre éstos los nematodos, o generar pérdidas en los cultivos. Se estima para banano un promedio anual del 20% en el mundo, de pérdidas en el rendimiento, debido a los nematodos (Araya, 1998), dado que estos atacan los tejidos de las raíces y del cormo, afectando el crecimiento, reduciendo sus funciones mecánicas (anclaje) y fisiológicas (absorción y transporte de agua y nutrientes) del sistema radical y por ende el rendimiento de la planta. Los nematodos fitoparásitos en las plantas de bananos vienen a ser factores determinantes tanto en el desarrollo, como en la longevidad y producción del cultivos, cuya baja de rendimientos puede alcanzar entre un 40-60% de pérdidas (Gómez, 1983).

Importancia del sistema radical para la planta

Las raíces tienen la función de anclar la planta, almacenar productos para alimentación, absorber agua y nutrientes y transportarlos al resto de la planta, producen materia orgánica al suelo y se constituyen en hábitats para micorrizas y organismos de la rizósfera. Además de estas

funciones, la síntesis de la raíz acumula una gran cantidad de componentes llamados exudantes, a través de los cuales regulan la comunidad microbiana del suelo inmediatamente circundante. La raíz también cambia las propiedades químicas y físicas del suelo para favorecer asociaciones simbióticas e inhibir el crecimiento de plantas competentes. Aparentemente entre el 5 y el 21% de todo el carbono fijado fotosintéticamente se transfiere a la rizosfera por medio de exudantes (Vásquez, 2003).

El sistema radicular está conformado por raíces primarias horizontales y verticales, que conforman un sistema entrecruzado que da anclaje a la planta; así, las verticales son pioneras y las horizontales alimentadoras, las cuales absorben nutrientes; éstas son poco ramificadas, delgadas, sin la consistencia de las raíces de sostenimiento y con gran cantidad de pelos absorbentes a través de los cuales absorben agua y minerales.

Las raíces verticales son más gruesas que las horizontales, proporcionan sostenimiento, ya que son gruesas y ramificadas, y su ápice distal es más largo. El 22% del total de las raíces del banano son secundarias y el 77% terciarias, lo que indica un buen anclaje en esta planta (Sierra, 1993).

Factores físicos y químicos del suelo que afectan la cantidad y la calidad de las raíces.

Los siguientes factores son los que más influyen sobre la cantidad y calidad de las raíces de banano:

• SUELOS

Turner *et al.* (2003) comentan que el rápido deterioro del sistema radical del banano toma lugar cuando el terreno tiene una o más de las siguientes características.

1. Más del 60% de fragmentos gruesos por volumen, alto contenido de arena, muy alto contenido de barro sin estructura de suelo o con bloques muy gruesos y prisma.
2. Profundidad eficaz de suelo menor de 30 cm, limitado por roca continua, exceso de barro o permanente tabla de agua superficial.
3. Altas concentraciones de sal soluble con conductividad eléctrica mayor de 4ds/m.
4. Alto contenido de sodio cambiante (PSI >30%) y soluble (RAS >30).

• PROFUNDIDAD Y TEXTURA EFECTIVA DE SUELO

Vaquero (2003) comenta que las limitaciones en la profundidad efectiva de suelo entre 30 y 90 cm usualmente resultan en deterioro gradual del sistema radical, dependiendo de qué constituye la barrera física limitante (fragmentos gruesos, arena o barro excesivo) y la textura del horizonte en sí misma. Si el exceso de barro está limitando, la lluvia o el exceso de irrigación pueden causar entrada temporal de agua en la zona de la raíz, lo que resulta en daño para el sistema radical. Por otro lado, las texturas arenosas predominantes resultan en frecuentes déficits de agua o en la filtración de nutrientes que alternadamente debilitan el sistema radical.

• EROSIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUELO, PÉRDIDA DE MATERIA ORGÁNICA.

Vaquero (2003) y Belacázar *et al.* (2002) concuerdan en que la erosión del suelo provocada por la alta intensidad de las lluvias y la irrigación por aspersores causan pérdidas substanciales de materia orgánica, ya que los coloides del suelo (humus y arcilla) son los más vulnerables

a perderse. La compactación del suelo debida al tráfico humano que realiza diferentes prácticas agrícolas nunca alcanza profundidades mayores a 15 cm, aunque la pérdida de porosidad en la superficie reduce el suministro de oxígeno y los rangos de infiltración. Así mismo, el deterioro de la raíz se da gradualmente durante un tiempo, lo que da como resultado sistemas radicales débiles que eventualmente afectan la producción. Dependiendo del tiempo transcurrido y la intensidad del factor casual, la reducción en la producción puede ser severa.

• PRÁCTICAS DE MANEJO DE SUELO: FERTILIZACIÓN, IRRIGACIÓN, DRENAJE E INVERSIÓN DEL PERFIL DE SUELO.

Las pobres prácticas agrícolas pueden causar deterioro del sistema radical del banano y la falta de técnicas apropiadas de diagnóstico y mantenimiento precario de los sistemas de irrigación y drenaje causan un deterioro significativo en el sistema radical y en general son una consecuencia de presupuestos restringidos. Las prácticas de fertilización inadecuadas causan deficiencias nutricionales y desbalances que, a su vez, causan deterioro radical (Belacázar *et al.*, 2002).

El mantenimiento frecuente del sistema de drenaje requiere el esparcimiento del sedimento excavado de la parte inferior de los canales sobre la superficie del suelo. La mayoría de esta sedimentación proviene de las paredes de los canales y de los horizontes bajos del suelo. En un determinado tiempo, la sedimentación esparcida en la superficie alcanza un grosor significativo mayor de 50 cm. En los casos en donde el sedimento es muy arcilloso o arenoso, la calidad del suelo disminuye substancialmente. En los suelos arcillosos, el rango de infiltración disminuye considerablemente como resultado de la pérdida de porosidad en este nuevo horizonte de suelo con intenso tráfico

humano. Esta condición presenta un obstáculo para el flujo del agua y gases entre la atmósfera y el suelo como también para la infiltración, así como en las condiciones superficiales agravantes del drenaje (Gayggel *et al*, 2003).

- **PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO**

Del rango de las propiedades químicas que restringen el desarrollo y funcionamiento de la raíz del banano, las más comprendidas son el porcentaje de sodio cambiante, el radio de absorción de sodio y el contenido de sal soluble. Estas condiciones generalmente ocurren en áreas en las que evaporación excede significativamente las lluvias o donde la elevación sobre el nivel del mar y el efecto de mareas no permiten una adecuada filtración del sodio y sales solubles. En los casos en los que las concentraciones de sales solubles y sodio son lo suficientemente altas, el colapso del sistema radical es muy rápido. Algunas de estas áreas pequeñas que son afectadas por altos niveles de sodio cambiante y soluble ocurre entre grandes áreas no afectadas y se mantienen en producción. Tales áreas poseen una producción baja, implican muy altos costos y constituyen una carga para las fincas que las contienen (Gauggel *et al*. 2003 y Belalcázar *et al*. 2002).

Las áreas con altas concentraciones de hierro, magnesio y aluminio cambiables usualmente tienen baja producción. Las plantas poseen

■ En áreas con climas lluviosos y húmedos, donde los suelos tienen altos contenidos de materia orgánica con alta retención de agua, los bananos generalmente presentan raíces y cormos putrefactos.

raíces cortas y delgadas con lesiones café oscuro y negras en la epidermis. Ya sea que se deba a un efecto directo de la toxicidad elemental en la raíz o al efecto de interacciones con múltiples factores, esto no ha sido aun determinado, ya que los suelos con estas características son muy bajos en fósforo, cationes, zinc y boro. En la mayoría de los casos, las áreas con estas características son mantenidas en producción a costos muy elevados. El uso de la cal (piedra caliza) y la dolomita han arrojado resultados parcialmente efectivos, probablemente debido a las frecuencias de aplicación que son demasiado bajas para los requerimientos del suelo (Belalcázar *et al* 2003).

Factores biológicos que afectan la cantidad y calidad de las raíces

- **CLIMA**

En áreas con climas lluviosos y húmedos, donde los suelos tienen altos contenidos de materia orgánica con alta retención de agua, los bananos generalmente presentan raíces y cormos putrefactos. Esto resulta en un colapso de la plantación durante la primera cosecha y en un deterioro irreversible del sistema radical (Turner, 2003).

- **NEMATODOS**

Los incrementos en la población de nematodos y otros patógenos de la raíz del banano son uno de los factores más críticos que afectan el deterioro gradual del sistema radical del banano (Figura 1). Tales condiciones pueden llegar a ser crónicas y muy serias si no se manejan de manera apropiada.

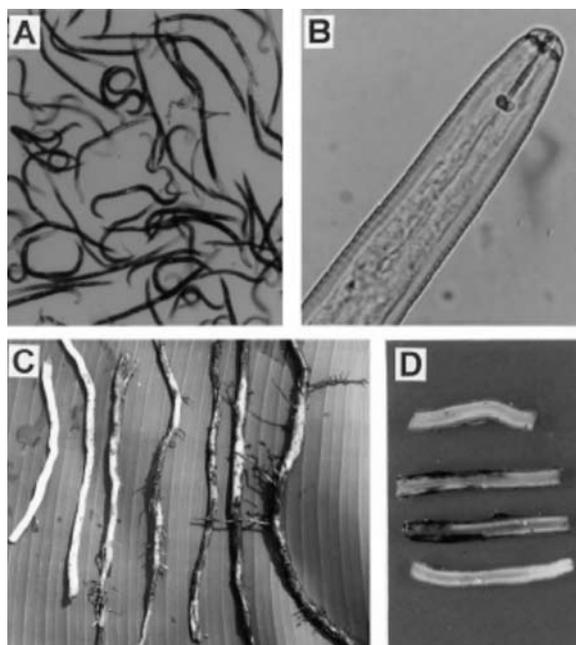


Figura 1. (A) *Radopholus similis* procedente de cultivo sobre discos de zanahoria. (B) Hembra que muestra el estilete. (C) Raíces de banano que exhiben daño por nematods. Áreas necrosadas como resultado de la invasión de hongos y bacterias. (D) sección longitudinal de raíces de banano que muestran decoloración de tejido cortical paralelo a la estela. (Tomada de: Marín *et al.*, 1998).

• MICROORGANISMOS BENÉFICOS DEL SUELO

El excesivo pero algunas veces necesario uso de pesticidas, la pobre calidad de irrigación, el excesivo uso de fertilizantes, la erosión, la pérdida de materia orgánica y la compactación del suelo son factores que afectan la población de microorganismos benéficos como las micorrizas y nematodos predadores.

La producción de la plantación de banano es una función directa de las condiciones físicas, químicas y biológicas según las cuales se desarrolla la raíz de la planta y las interrelaciones que ocurren entre el clima y las prácticas de cultivo (Zum *et al.* 2003) (Tabla1).

Métodos para la evaluación de la calidad y cantidad de raíces

Según Blomme *et al.* (2003), las evaluaciones del sistema radical de banano son limitadas debido a los grandes problemas con los nematodos y longevidad de la raíz, ya que se requieren excavaciones prolongadas y tediosas de la planta. Una opción estudiada es la evaluación temprana de la raíz utilizando plantas in vitro aclimatadas y chupones de genotipos poliploides, la recolección de información se realiza de raíz y el cormo en diferentes edades: peso del cormo (CW, g), altura del cormo (CH, cm), ancho del cormo (WW, cm) número de chupones en el cormo (NS), número de adventicios (NR), longitud de la raíz (LR, cm), y peso de raíz seca (DR, g), estableciendo que hay una buena correlación entre el tamaño del sistema radical en los dos estados de desarrollo de las plantas invitro en invernadero y que en las plantas derivadas de cormos poliploides en campo las características radicales de las plantas adultas no se pueden estimar desde la talla radical de las plantas juveniles. Otro tipo de evaluación es estimar la raíz a partir de las características del brote; se sugiere que la raíz es función del área de las hojas adultas (fotosintéticamente activas) y del estado nutricional de la planta.

Tabla1 Factores que intervienen en el deterioro gradual del sistema radical de la planta de banano.

FACTOR	EFFECTO EN LA RAÍZ	POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE MÁXIMO RENDIMIENTO (%)
FACTORES DEL SUELO		
Pérdida de materia orgánica	Sistema radicular mal desarrollado	Variable
Erosión de los suelos	Sistema radicular mal desarrollado con lesiones	Variable
Salinización del suelo por ferti-irrigación	Sistema radicular mal desarrollado con lesiones	30-80
Acidificación por exceso de fertilización	Sistema radicular mal desarrollado	10-15
Perdidas debidas a la porosidad y compactación del suelo	Pocas raíces, cortas y delgadas	10-60
Bajos tipos de fertilizantes	Sistema radicular mal desarrollado	Variable
Alta y permanente alza de las capas freáticas	Raíces cortas, podridas y alta mortalidad de raíces	10-60
Pobre drenaje	Alta tasa de mortalidad, podridas y raíces adventicias	10-70
Desequilibrio de nutrientes	Sistema radicular mal desarrollado	Variable
Inversión del perfil del suelo	Sistema radicular mal desarrollado y raíces adventicias	0-50
FACTORES BIOLÓGICOS		
Aumento de la población de nematodos	Sistema radicular mal desarrollado	70
Disminución de micro y macroorganismos	Sistema radicular mal desarrollado	Variable

Fuente: Gauggel, Sierra y Arévalo (2003)

Un método de evaluación rápido y no destructivo es la utilización de capacitancia eléctrica que se usa en zanahorias, avena, maíz y tomate. Sin embargo, en banano no se utiliza, ya que los datos obtenidos por Blomme (2004) indican que la falta de correlación entre los valores de capacitancia y las características de las raíces puede estar relacionada con la morfología de la planta de banano, como por ejemplo el pseudotallo, que posee cavidades de aire que pueden afectar la conductividad. El método basado en el muestreo de suelo con barreno es el más usado,

ya que las mediciones de raíz en dos muestras de suelo con barreno podrían estimar el tamaño completo del sistema radical con al menos un 80% de exactitud. Además, los modelos para estimar las características de la raíz de la unidad de producción (madre con plantas hijas) son significativos, sin importar el comportamiento de los hijos de la variedad.

Para la evaluación de calidad de raíces se sigue el protocolo para evaluación de daños ocasionados por nematodos, que consiste en seleccionar al azar 5 raíces funcionales de la muestra,

las cuales se cortan en trozos de 10 cm; cada trozo se corta longitudinalmente midiendo con una regla la longitud del tejido necrosado. La necrosis total de la raíz funcional se calcula sumando el valor del tejido necrosado medido en cada mitad y se divide por 10, luego se multiplica por 100 para expresarlo como porcentaje (Araya, 2002).

Tipos de nematodos

Los nematodos pueden dividirse en saprófagos, que se alimentan de materia orgánica en descomposición; predadores, que se alimentan de animales pequeños, incluso otros nematodos, y fitoparásitos, que se alimentan de las plantas superiores e inferiores (Agrios, 2005).

Gómez (1983) clasifica los nematodos fitoparásitos en ectoparásitos migratorios, los cuales se alimentan exteriormente y sobre la epidermis radicular. Por ejemplo *Helicotylenchus multicinctus*. Otros son los semi-endoparásitos sedentarios que pueden ubicarse dentro y fuera de la raíz (*Hoplolaimus*); los endoparásitos sedentarios, representados por *Meloidogyne*, que se ubican en la región central de la raíz, en donde sedentariamente se alimentan de las células internas, y por último los endoparásitos migratorios, representados por *Radopholus similis*, que se ubican en la región del floema y el xilema, migrando inter e intracelularmente (Figura 1).

Daños ocasionados por nematodos fitoparásitos

Según Gauggel *et al.* (2003), los incrementos en la población de nematodos y otros patógenos de la raíz del banano son, sin lugar a dudas,

uno de los factores más críticos que afectan el deterioro gradual del sistema radical del banano. (Tabla 2).

Relación entre la población y la magnitud del daño

La magnitud del daño que causan los nematodos depende de su número relativo en el suelo o en la raíz. Se puede determinar un nivel de población que se considera el umbral económico; generalmente esto se expresa como número de nematodos por unidad de peso de suelo o de raíz. Por encima del umbral económico, hay suficientes nematodos como para una reducción detectable en la producción del cultivo, que será más grave conforme aumente el número de nematodos; mientras la población se mantenga por debajo de ese nivel, los daños no tendrán efecto apreciable en la producción. El control de los nematodos consiste en procurar que las poblaciones no lleguen al umbral económico durante el ciclo de producción del hospedante (Manners, 1986). En Costa Rica, América Central y Colombia se consideran 10.000 R. *Similis* por 100 g de raíces como el umbral económico usando el método de Taylor y Loegering (1953), seguido por Araya (2002).

■ Según Gauggel *et al.* (2003), los incrementos en la población de nematodos y otros patógenos de la raíz del banano son, sin lugar a dudas, uno de los factores más críticos que afectan el deterioro gradual del sistema radical del banano.

Tabla 2 Síntomas en la raíz y la planta causados por los nematodos fitoparásitos

NEMÁTODO	TOMA EN LA RAÍZ	SÍNTOMA EN LA PARTE AÉREA
<i>R. similis</i>	<ul style="list-style-type: none"> Lesiones de aproximadamente 10 cm de longitud, rojizas al principio y luego negras Formación de cavidades en la corteza, dejándola expuesta a la invasión de microorganismos secundarios que ocasionan la muerte de la raíz. Infecciones severas tornan el rizoma necrótico. 	<ul style="list-style-type: none"> Alargamiento del ciclo vegetativo. Disminución en el tamaño, número de hojas y desarrollo de las plantas Reducción en el peso del racimo, y en la vida productiva de la plantación Mayor volcamiento de las plantas
<i>H. multincinctus</i>	<ul style="list-style-type: none"> Lesiones corticales pardas o negras, relativamente discretas, las cuales son luego colonizadas por hongos invasores secundarios que se encargan del decaimiento y pudrición 	<ul style="list-style-type: none"> Debilitamiento y volcamiento de las plantas. Acortamiento de la vida productiva de la plantación Disminución del rendimiento
<i>Meloidogyne spp.</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hinchamientos y agallas en las raíces primarias. Menos cantidad de raíces secundarias y terciarias. 	<ul style="list-style-type: none"> Amarillamiento en las partes aéreas de la planta. Hojas más angostas. Detención del crecimiento de la planta. Menor producción.
<i>Hoplolaimus seinhorsti</i>	<ul style="list-style-type: none"> Necrosis y oscurecimiento de la raíz 	<ul style="list-style-type: none"> Daño mecánico

Métodos para la evaluación del daño por nematodos

Según Suárez y Rosales (2004), para determinar el nivel de infección se requiere realizar un buen muestreo y determinar el nivel de daño y las lesiones en las raíces. Las poblaciones de nematodos pueden variar dependiendo del estado fisiológico de las plantas. *R. similis* y *Meloidogyne* se encuentran en mayor número en raíces de retoños que crecen activamente, mientras que *H. multincinctus* se encuentra en mayores poblaciones en raíces de chupones o vástagos viejos.

La cantidad de tejido lesionado, tanto en el cormo como en las raíces, se utiliza para medir el grado de infección de nematodos, según índices establecidos, los cuales, correlacionados con la cantidad de nematodos presentes en las raíces, constituyen los mejores indica-

dores de la infección radicular ocasionados por nematodos. Estos índices son dos:

- Índice de infección del rizoma. Se determina de la siguiente forma:
 - Cormo limpio o sano,
 - Infección incipiente. de 1 a 3 lesiones
 - Infección leve. de 4 a 6 lesiones
 - Infección severa. de 7 a 9 lesiones o más
 - Lesionada. grandes áreas de lesiones unidas
- Índice de lesiones radicales: Es la cantidad de raíz lesionada y expresada en porcentaje.

Una forma de estimar pérdidas se realiza mediante el conteo de plantas desraizadas; éste consiste en contar el número de plantas desraizadas; en especial aquéllas que presentan lesiones de nematodos en la raíz y rizoma, sin considerar las poblaciones de nematodos existentes. Esta labor se realiza cada 15 días y la evaluación se expresa en términos de número de plantas desraizadas/ha. Esta práctica se emplea para determinar si en una finca deben aplicarse prácticas de control.

Bibliografía

- Acuña, O., Peña, W., Serrano, E., Pocasangre, L., Rosales, F., Delgado, E. y Segura, A. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. En: Memorias, XVII Reunión Internacional, ACORBAT. Brasil, 2006. 207-215, 2006.
- Agrios, G.N. Plant Pathology. New York, Academic Press, 2005.
- Augura. Caracterización del sector bananero colombiano. 17 de noviembre de 2006.
- Araya, M. 2002. Metodología utilizada en el laboratorio de Nematología de CORBANA S.A. para la extracción de nematodos de las raíces de banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*). CORBANA 28 (55): 97-110.
- Araya, M., Vargas, A. y Chévez, A. Cambios en la distribución del sistema radicular del banano (*Musa AAA* cv. Valery) con la altura de la planta, distancia al pseudotallo y profundidad del suelo. CORBANA, 23 (50):167-176, 1998.
- Belalcázar, S., Rosales C. F.E. y Pocasangre, L.E. Development and Formation of Plantain Roots (*Musa AAB* Simmonds). En: Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 75 p, 2003.
- Blomme, G., Blanckaert, I., Tenkouano, A; y Swennen, 2004. Relaciones entre la capacitancia eléctrica y características de las raíces. Infomusa Vol. 13 - No 1. 14 p.
- Blomme, G., Teugels, K., Blanckaert, I., Sebuwufu, G., Swennen R. y Tenkouano, A. Methodologies for Root System Assessment in Bananas and Plantains (*Musa* spp.) En: The problem of banana root deterioration and its impact on production: Latin America's experience. En: Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 43 p, 2003.
- Borges, Ana Lucia. O cultivo da Banana. Embrapa. Ministerio da Agricultura e do Abastecimento. Circular técnica No 27 Maio. Brazil. 10 p.
- Espinal, G. C. F. Martinez, C. H. J. y Peña, M. Y. 2. La cadena del banano en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo No. 60. 51 p, 2005.
- Gauggel, C. A., Moran, D.M y Gurdian E. Interrelations Between the Soil Chemical Properties and the Banana Plant Root System. En: Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 132-141, 2003.
- Gauggel C.A., Sierra F. Y Arévalo G. The Problem of Banana Root Deterioration and its Impact on Production: Latin America's Experience. En: Banana Root System: towards a better understanding for its productive Management Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 13 p, 2003.
- Gómez, J. Nematodos fitoparásitos y su importancia económica en plantas de plátano en Colombia. En: Seminario internacional sobre el plátano. Manizales, Colombia. 80 p, 1983.
- López, L. Taxonomía y citogenética del plátano. En: Seminario Internacional sobre el plátano. Manizales, Colombia. 171 p, 1983.
- Manners, J.G. Introducción a la fitopatología. Limusa. México, 1986.
- Marin, D.H., Sutton, T.B. y Barker, K.R. Dissemination of Bananas in Latin America and the Caribbean and its relationship to the Occurrence of *Radopholus similis*. Plant Disease Vol. 82 No. 9. 964 p, 1998.
- Rodríguez, G., Núñez, M. C., Lobo, D., Martínez, G., Rey, J.; Espinosa, J., Muñoz, N., Gonzalez, M. D., Rosales, F.; Pocasangre, L. y Delgado, E. Salud radical de banano en lotes de diferente productividad en un suelo de la costa oriental del lago de Maracaibo, Venezuela. En: Memorias, XVII Reunión internacional, ACORBAT. Brasil. 355 p.
- Serrano, E., Sandoval, J., Pocasangre, L., Rosales, F. y Delgado, E. Importancia de los indicadores físico-químicos en la calidad del suelo para la producción sustentable del banano en Costa Rica. En: Memorias, XVII Reunión internacional, ACORBAT. Brasil. 207-215 p, 2006.
- Sierra, L.E. 1993. El cultivo de banano, producción y comercio. Pereira, Gráficas Olímpica. 170 p, 1993.
- Suárez, Z., y Rosales, L. Problemas nematológicos en musáceas. http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n6/arti/suarez_z/arti/suarez_z.htm (Fecha de consulta: 09/06/2008). 2004.
- Soto, M. El cultivo del banano. [Libro en CD-ROM]. 1ª edición, San José de Costa Rica, 2000.
- Turner, D. W. Factors Affecting the Physiology of the Banana Root System. En: Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 107-113, 2003.
- Vaquero, R. Soil Physical Properties and Banana Root Growth. En: Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 125-131, 2003.
- Vásquez, N. Anatomy and Morphology of Monocotyledonous and Dicotyledonous Roots. En: Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 37 p, 2003.
- Volcy C. Nematodos. Tomo 2. Diversidad y parasitismo en plantas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 1 edición, 1998.
- Zum, F. A, Pocasangre L. A. y Sikora, R. A. The Potential Use of Microbial Communities inside Suppressive Banana Plants for Banana Root Protection. En: Banana Root System: Towards a Better Understanding for its Productive Management. Proceedings of an International Symposium Held in San José, Costa Rica. 169-177.