

Evaluación biológica del manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano (*Musa AAB*)

Biological evaluation of the management of borers and phytopathogenic nematodes of plantain (*Musa AAB*)

Carolina González Cardona¹, Juan Camilo Aristizábal Hincapié², Manuel Aristizábal Loaiza³

¹⁻³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Apartado Aéreo 275, Manizales, Caldas, Colombia. Autor para correspondencia: manuel.aristizabal@ucaldas.edu.co

Rec.: 24-11-08 Acept.:15-10-09

Resumen

El trabajo se desarrolló en la granja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas) a 5° 05' N y 75° 40' O, a 1010 m.s.n.m., 23.5 °C, precipitación anual de 2100 mm y humedad relativa de 76%, con el fin de generar información sobre el manejo de picudos y nematodos fitoparásitos del plátano. Se usó un diseño en bloques completos al azar con cuatro tratamientos por bloque, tres repeticiones y 24 plantas por repetición. Para el manejo de los picudos se hicieron aplicaciones de Carbofurán, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en trampas tipo columna. Para el control de nematodos se hicieron aplicaciones en el suelo de Carbofurán y dos cepas comerciales de *Paecilomyces lilacinus*. Se evaluaron el número de adultos de picudos en trampas, la infección de estos por los hongos empleados y la población de nematodos en suelo y raíces. Se encontró que las trampas tratadas con Carbofurán fueron significativamente más efectivas para la captura de insectos. En laboratorio se estableció que *M. anisopliae* tuvo una mejor capacidad para infectar adultos del insecto en el campo. La población de nematodos fue menor en suelo y raíces de las plantas tratadas con Carbofurán. *Paecilomyces lilacinus* no fue efectivo para reducir las poblaciones de nematodos. Los géneros de nematodos predominantes fueron *Radopholus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Helicotylenchus*.

Palabras clave: *Paecilomyces lilacinus*; *Beauveria Bassiana*; musa, plátano, dominico hartón. *Cosmopolites sordidus*; *Radopholus similis*; *Pratylenchus*.

Abstract

This work was carried out at the 'Montelindo' farm, municipality of Palestina (Department of Caldas, Colombia, located at 5° 05' N and 75° 40' W, at 1010 m.a.s.l., 23.5 °C, with 2100 mm of annual rainfall, and relative humidity of 76%), in order to generate information on the management of borers and parasitic nematodes of the plantain. A completely randomised block experimental design was used, with four treatments per block, three replicates and 24 plants per replicate. For the management of borers, applications of Carbofuran, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* were made into column type traps. To control nematodes soil applications of Carbofuran and two commercial strains

1 Ing. Agrónoma, M.Sc. en Fitopatología.

2 Ing. Agrónomo

3 Ing. Agrónomo, M.Sc. Profesor Titular.

of *Paecilomyces lilacinus* were made. The number of adult borers in the traps, the infection of these by the fungi used, and the population of nematodes in both soil and roots were evaluated. It was found that the traps treated with Carbofuran were significantly more effective for insect capture. In the lab, it was established that *M. anisopliae* had better capacity to infect adult insects in the field. *P. lilacinus* was ineffective at reducing nematode populations. The nematode population was lower in soil and roots of plants treated with Carbofuran. The predominant genera of nematodes were *Radopholus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* and *Helicotylenchus*.

Key words: *Paecilomyces lilacinus*; *Beauveria bassiana*; plantain, musa, *Cosmopolites sordidus*; *Rhadowolus similis*.

Introducción

El plátano (*Musa* AAB) es uno de los principales alimentos de la canasta familiar y también es utilizado en la agroindustria para la producción de harina y alimentos concentrados para la alimentación animal (Meek y Navarrete, 2001). La zona cafetera colombiana aporta 60% de la producción nacional de esta fruta (Alarcón y Castaño, 2004).

En Colombia, los principales insectos plaga registrados en plátano son: el picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar), picudo rayado (*Metamasius hemipterus sericeus* Linnaeus), picudo amarillo (*Metamasius hebetatus* Gyllenhal), gusano tornillo (*Castniomera humboldtii* Maubl Ashby), gusano canasta (*Oiketicus kirbyi* Guilding) y el gusano cabrito (*Opsiphanes tamarindi* Felder). Se considera que el complejo de esta plaga es el más limitante del cultivo de plátano en la zona cafetera central de Colombia; ya que la expansión poblacional de estos insectos es favorecida por la sincronía temporal entre los estados de la plaga y la plantación, por los hábitos crípticos de los insectos y por su alta tasa de reproducción (Sánchez, 2004, citado por Rubio y Acuña, 2006).

El picudo negro, *Cosmopolites sordidus* Gemar (Coleóptera, Dryophthoridae), la plaga de mayor importancia económica del plátano en Colombia, necesita para su reproducción material orgánico en descomposición y buena humedad, por ello, todo residuo de cosecha es foco permanente de infestación (García et al., 1996); no obstante, en los últimos años se ha observado un aumento importante en las poblaciones de *M. hemipterus* y *M. hebetatus* de la zona cafetera central. Estos insectos hacen parte de un complejo especializado en alimentarse de diferentes estructuras de la planta,

así: las larvas y adultos de *C. sordidus* se alimentan del cormo, las larvas y los adultos de *M. hemipterus* consumen el pseudotallo y los adultos de *M. hebetatus* prefieren los primeros centímetros del pseudotallo cerca del cormo, mientras que sus larvas consumen todo el pseudotallo (Castrillón, 2000).

El picudo negro es activo de noche y muy susceptible a la desecación. Los adultos pueden permanecer en la misma planta por largos períodos y sólo una pequeña parte de ellos puede moverse a una distancia mayor de 25 m durante un período de 6 meses. Los picudos vuelan raramente y su dispersión ocurre principalmente a través del material de siembra infestado. Es un insecto con un prolongado período de vida y baja fecundidad (Gold y Messiaen, 2000). Los adultos de *C. sordidus*, son cucarrones que miden entre 1 y 2 cm de longitud; la cabeza presenta un pico largo y curvo, con dos grandes antenas. La coloración varía de café oscuro, recién nacidos, a negro cuando están adultos (Silva, 2005). El adulto de *M. hemipterus* presenta tres manchas negras en el tórax, una central alargada que lo atraviesa y dos paralelas a ésta, a lado y lado, pero de menor longitud. Los élitros son rojizos con manchas negras irregulares que se unen hacia la parte posterior del cuerpo (Aranzazu et al., 2005). Contrario al picudo negro, hace cámara pupal con hojas y pedazos de pseudotallo y emerge como adulto después de 11 a 25 días (García, s.f.).

En *M. hebetatus* sólo se observan dos manchas semicirculares pequeñas. Los adultos se encuentran comúnmente congregados debajo de las calcetas, en lugares húmedos y oscuros. La hembra vive 60 días y deposita entre 400 y 500 huevos dentro del tejido fresco del pseudotallo y habita en

el tejido en descomposición. El huevo es semejante al del picudo negro y permanece en esta etapa entre 3 y 7 días. La larva es de color amarillo claro, presenta el tercio superior abultado y en forma de 'C', mide de 1.5 a 2 cm de longitud y su ciclo es de 50 a 60 días. La pupa de estas dos especies se envuelve en un capullo grueso que la larva fabrica de fibras del pseudotallo de la planta huésped, en este estado permanece entre 15 y 25 días (Aranzazu et al., 2005). Muñoz (2007) identifica a *P. mellerborgii* Boheman como el picudo enano o pequeño del banano que ocasiona lesiones preferentemente en las vainas de las hojas de las musáceas, donde la hembra deposita los huevos.

Los métodos de control para picudos varían entre sistemas y reflejan el estado de la plaga. En plantaciones comerciales el control químico es el método más difundido y se realiza utilizando nematicidas con actividad insecticida o insecticidas específicos de acción rápida y eficaz aplicados en la base de la planta. Anteriormente se utilizaban ampliamente los insecticidas ciclodiénicos, pero eventualmente fueron abandonados debido al desarrollo de resistencia y a las implicaciones ambientales. En el mercado se encuentran disponibles organofosfatos, menos persistentes pero más costosos y tóxicos para los operarios, por tanto, menos adecuados para los sistemas de producción a pequeña escala. Actualmente, el picudo negro del banano ha mostrado la habilidad de desarrollar resistencia a la mayoría de los productos químicos (Gold y Messiaen, 2000).

El control cultural es muy valioso para prevenir su establecimiento y es el único medio comúnmente disponible mediante el cual los pequeños productores, con recursos limitados, pueden reducir las poblaciones establecidas del insecto. Entre los agentes de control biológico el más destacado es el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin; no obstante, se conocen algunos clones resistentes al insecto que pueden proporcionar fuentes genéticas de resistencia para los programas de mejoramiento de plátanos y bananos de cocción que son cultivados en los altiplanos (Gold y Messiaen, 2000). *Beauveria bassiana* es uno

de los entomopatógenos más estudiados y utilizados para el control biológico de plagas, como regulador natural de poblaciones de insectos. Es el agente causal de la 'muscardina blanca' en algunos insectos. Cuando el hongo está presente en la hemolinfa, germina y produce nuevas hifas, extendiéndose así en la cavidad del cuerpo (Castrillón, 2000). Después de muerto el insecto el hongo produce clamidosporas que pueden mantenerlo viable dentro de los insectos muertos, estas germinan posteriormente y emergen hifas que esporulan en la superficie del hospedero y producen nuevas esporas infectivas (Kuno, 1981, citado por Castrillón, 2000).

Metarhizium anisopliae (Metzchnikoff) es el hongo causante de la 'muscardina verde' y se caracteriza por la formación de varias conidias encima del esterigma. Invade por vía oral o cuticular. Los insectos parasitados por este hongo mueren debido a la pérdida de nutrientes y por acción de las toxinas destróxin A y B (Castrillón, 2000).

La colocación sistemática de trampas con pedazos de pseudotallo o de cormo puede ser eficaz para reducir poblaciones de picudos negros adultos, sin embargo, este trabajo es laborioso y a menudo limitado por la disponibilidad de los materiales. También se cree que el saneamiento de los cultivos, o destrucción de los residuos, elimina los refugios y sitios de desarrollo y así se reducen las poblaciones de picudos negros. Actualmente, no existen datos disponibles sobre las relaciones entre los métodos de saneamiento y el estado de la plaga (Gold y Messiaen, 2000). Para reducir las altas poblaciones de picudos, los controles biológicos y microbiológicos pueden integrarse con prácticas culturales y controles manuales o mecánicos (García et al, 1996).

La especie de nematodo de mayor importancia económica en el cultivo del plátano es *Radopholus similis* y la de menor, *Rotylenchus reniformes*. Las lesiones provocadas por los nematodos abren la vía a patógenos secundarios, principalmente hongos del suelo. Los fitonematodos más devastadores de las musáceas son los endoparásitos migratorios *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* y el semiendoparásito *Helicotylenchus multicinctus* (Guzmán y Castaño, 2004).

Para controlar los nematodos se pueden utilizar la rotación de cultivos y los nematicidas (Gowen y Quénéhervé, 1990, citados por Carlier et al., 2003), pero en áreas donde el banano se cultiva de manera continua, la rotación de cultivos no puede ser practicada; al mismo tiempo, el precio de los nematicidas químicos a menudo es excesivo para los pequeños agricultores y la mayoría de dichos productos es altamente tóxica para el medio ambiente.

Entre las opciones para el control de nematodos la cobertura vegetal ha sido la más utilizada, no solamente por los efectos benéficos en las propiedades físicas y químicas de los suelos, la fertilidad y aumento del contenido de materia orgánica, sino también por su efecto nematicida (de Oliveira et al., 2000). Aunque los nematicidas tienen un efecto rápido sobre las poblaciones, también son compuestos muy tóxicos, por tanto el control biológico es una opción que se debe considerar para el manejo de fitonematodos, ya que en la naturaleza existen organismos como hongos, bacterias, turbelarias, insectos, ácaros y virus que pueden afectar las poblaciones de nematodos parásitos de plantas. De estos grupos de organismos los más importantes son los hongos, que han sido los más estudiados posiblemente porque su efecto es más visible y, las bacterias, que tienen un gran potencial (Rojas, 1996).

El objetivo del control no es la eliminación total de los nematodos, lo cual de por sí es imposible de realizar, sino mantenerlos en niveles poblacionales en los cuales el daño al cultivo no sea significativamente económico. Se puede combinar el combate con prácticas culturales, métodos biológicos, físicos, químicos y genéticos. Del combate biológico no se conocen resultados positivos (Sierra, 1993).

El manejo de los picudos y nematodos depende de la aplicación de productos químicos, que son costosos, contaminan el ambiente y generan riesgos para la salud humana y la alimentación (Guzmán y Castaño, 2005). La información sobre el control biológico de estas plagas en el departamento de Caldas (Colombia) es escasa, por tales razones se realizó el presente estudio con el fin de evaluar el impacto de la utilización de productos

microbiológicos para el control de picudos y nematodos fitopatógenos en el cultivo de plátano.

Materiales y métodos

La investigación se realizó entre enero de 2007 y marzo de 2008 en la granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas, situada en el corregimiento Santágueda, municipio de Palestina (Caldas) a 5° 05' N y 75° 40' O, 1010 m.s.n.m., con temperatura de 23.5 °C, precipitación anual de 2000 mm, humedad relativa promedio de 71%, brillo solar anual de 1770 h, en suelos franco arenosos de origen volcánico (Typic Dystrandept) (Aristizábal et al., 2006).

Para el estudio se realizó una siembra nueva de cormos de plátano tipo Dominico Hartón, de aproximadamente 500 g de peso, tratados de manera uniforme con una solución de Carbofurán (5 ml/l) y Carbendazim (3 ml/l) durante 15 min. La siembra se hizo en hoyos de 30 cm de profundidad por 30 cm de diámetro, distanciados 3 x 2 m entre surcos y plantas, respectivamente. En cada hoyo, antes de la siembra, se depositaron 100 g de cal dolomita y 10 g de bórax.

Experimento 1. Manejo de picudos

Se evaluaron cuatro tratamientos en trampas tipo columna de pseudotallo colocadas en la base de las plantas, de la forma siguiente:

- Manejo convencional, consistente en la aplicación de Carbofurán (Furadan3G®) granulado en dosis de 5 g por trampa), mediante espolvoreo del producto.
- Aplicación de *B. bassiana* (en dosis de 200 ml por trampa).
- Aplicación de *M. anisopliae* (en dosis de 200 ml por trampa).
- Testigo absoluto, consistente en trampas sin tratamiento.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro tratamientos, tres repeticiones y 24 plantas por repetición. Para la aplicación de los hongos entomopatógenos se diluyeron 5 g del producto Micosis® –esporas del hongo en arroz precocido– a una concentración de 2.5×10^9 esporas/g por litro de agua, adicionando 2 ml de aceite agrícola.

Se emplearon seis trampas por repetición (96 m²) distribuidas al azar. Después de cada aplicación, las trampas fueron cubiertas con hojas de plátano y se renovaron cada 15 días con los mismos tratamientos. Semanalmente y durante un período de 12 meses se registraron las especies de picudos presentes y el número de individuos de cada una. Para determinar la infección por los hongos, todos los adultos encontrados en las trampas testigo y en las tratadas se mantuvieron durante 30 – 45 días en cámara húmeda en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Caldas. Los ejemplares que presentaron esporulación se lavaron superficialmente con hipoclorito de sodio (5%) durante 2 min, luego se disectaron y las partes (patas, élitros y abdomen) fueron sembradas en cajas Petri con PDA. Luego de 1 – 2 semanas, los hongos entomopatógenos fueron aislados en cultivo puro e identificados con la ayuda de un microscopio y guías específicas (Barnett y Hunter, 1987).

Experimento 2. Manejo de nematodos fitoparásitos

En este experimento se evaluaron los tratamientos siguientes:

- Manejo convencional. Aplicación de 15 g de Carbofuran granular cada 3 meses durante 1 año, en dos hoyos a lado y lado de la base del pseudotallo.
- Aplicación de 300 ml por planta cada 15 días de una suspensión de la cepa A de *P. lilacinus* (5 g de producto comercial por litro de agua) en dos hoyos a ambos lados de la base del pseudotallo.
- Aplicación de 300 ml por planta cada 15 días de una suspensión de la cepa B de *P. lilacinus* (5 g de producto comercial por

litro de agua) en dos hoyos a ambos lados de la base del pseudotallo.

- Testigo absoluto, que consistió en plantas sin tratamiento.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro tratamientos, tres repeticiones y 24 plantas por repetición. Antes de cada aplicación se realizó el conteo de nematodos fitoparásitos en suelo y raíces. Para la extracción de estos, en el Laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Caldas se utilizaron 100 g de suelo y 100 g de raíces, para lo cual se siguió la técnica de centrifugación y flotación en azúcar (Castaño, 1998). Para la identificación se empleó la técnica descrita por Castaño y del Río (1997). En total se efectuaron cuatro evaluaciones cada tres meses durante un período de 12 meses.

Los datos obtenidos en ambos experimentos fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de comparación de Duncan o Tukey a un nivel de probabilidad de 5% utilizando el software Statistical Analysis System (SAS, North Caroline, 1980).

Resultados y discusión

Picudos

Las especies identificadas fueron picudo negro (*C. sordidus*), picudo rayado (*M. hemipterus*), picudo amarillo (*M. hebetatus*) y picudo enano (*Polytus mellerborgii*). Predominaron el negro y el rayado y en menor proporción se encontraron los dos restantes. El análisis de varianza mostró diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos para adultos de los picudos rayado y enano, así como para el total de individuos en cada uno de los tratamientos (Cuadro 1). La población total de

Cuadro 1. Efecto del manejo químico y biológico sobre la presencia de adultos de picudos en trampas. Población de individuos acumulada a través del tiempo.

Tratamientos	Tipos de picudo				Total
	Negro (<i>C. sordidus</i>)	Rayado (<i>M. hemipterus</i>)	Amarillo (<i>M. hebetatus</i>)	Enano (<i>P. mellerborgii</i>)	
Carbofuran	64 a	76 a	15 a	10 a	165 a
<i>B. bassiana</i>	78 a	64 ab	8 a	8 a	158 a
<i>M. anisopliae</i>	64 a	37 c	6 a	3 b	110 b
Testigo	52 a	42 bc	10 a	9 a	113 b
D.M.S.	45	24	15	5	52
R ²	0.77	0.89	0.64	0.85	0.69
C.V.	24.7	15.7	52.9	23.9	56

* Promedios en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

picudos capturados (adultos vivos, muertos e infectados) en trampas con aplicación de Carbofurán y *B. bassiana* fue mayor ($P < 0.05$) que con la aplicación de *M. anisopliae* y el control. Las aplicaciones de los primeros mostraron comportamiento similar en la regulación de las poblaciones. Castrillón et al. (s.f.) encontraron que la muerte de los insectos por acción del Carbofurán fue de 96% y que el 4% restante constituía la población que produce generaciones resistentes al producto; además, no encontraron adultos muertos por acción de los hongos.

Soto y Castrillón (2005) encontraron un nivel de parasitismo en adultos de picudo negro similar al observado en los insectos capturados en este ensayo en trampas tratadas con *B. bassiana*. A diferencia de lo encontrado por Ríos et al. (2002), en el presente trabajo se observó la presencia de los diferentes hongos sobre los insectos capturados en las trampas testigo, lo cual sugiere una infestación natural o migración de picudos infectados desde las trampas tratadas hacia las del testigo absoluto. La captura de adultos en las trampas sin tratamiento confirma la utilidad de estas para estudios de infestación de picudos de plátano, debido a que los olores aromáticos que expele el pseudotallo tienen un efecto aditivo de atracción unido al de las feromonas (Tinzaara et al., 2007; Ríos et al., 2002).

Tinzaara et al. (2007) encontraron niveles de infestación de 52% por *B. bassiana* en adultos de *C. sordidus*, porcentaje similar al hallado en el presente estudio. Los resultados indican que ambas especies de hongos biocontroladores tienen potencial para parasitar

picudos de plátano en condiciones de campo, siendo posible cierto grado de movilidad de adultos infectados que contaminan otros picudos sanos por contacto entre ellos, además de la presencia de dichos hongos como habitantes naturales del suelo (Castrillón, 2000).

Nematodos

Los nematodos más perjudiciales y ampliamente distribuidos en el mundo corresponden a los endoparásitos migratorios: *Radopholus similis* (nematodo barrenador), *Pratylenchus coffeae* y *P. goodeyi* (nematodos lesionadores) y *Helicotylenchus multicinctus* (nematodo espiral). Algunos endoparásitos sedentarios como *Meloidogyne* spp. (nematodo de las agallas) y *Rotylenchus reniformis* (nematodo reniforme) se encuentran asociados con raíces de musáceas en diferentes regiones (Torrado y Castaño-Zapata, 2004).

Tanto en el suelo como en las raíces se identificaron los géneros *Radopholus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* y *Meloidogyne*. Las poblaciones de nematodos fueron diferentes ($P < 0.05$) en el suelo y en las raíces (Cuadro 2), siendo más bajas con la aplicación de Carbofurán en comparación con los demás tratamientos, excepto el testigo que siempre mostró una alta infestación. En términos porcentuales, se encontró que Carbofurán registró el mayor control de nematodos en raíces con un diferencia significativa ($P < 0.01$) respecto al control del 91%; por su parte, los niveles de población con las cepas A y B de *P. lilacinus* fueron el 61% y 38% de la población registrada en el control. El mayor control de nematodos en suelo se obtuvo con la aplica-

Cuadro 2. Efecto del manejo químico y biológico sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos en suelo y raíces de plátano Dominico Hartón.

Tratamiento	Población de nematodos (no. de individuos/100 g)			
	Raíces		Suelo	
	inicial	Promedio ^a	inicial	Promedio ^a
Carbofurán	14,896 a*	4378 c	158 b	407 a
<i>P. lilacinus</i> Cepa A	7260 b	20,986 b	184 ab	620 a
<i>P. lilacinus</i> Cepa B	2292 c	17,471 b	104 c	879 a
Control	4940 b	44,432 a	211 a	1061 b

* Promedios en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

a. Valor promedio de cuatro lecturas a través del tiempo, durante 1 año cada 3 meses.

ción de *P. lilacinus* cepa B con un nivel de 69% menor que en el testigo. Las poblaciones de nematodos en suelo tratado con Carbofurán y *P. lilacinus* cepa A fueron 65% inferiores a las del control (Cuadros 2 y 3).

Las cepas de *P. lilacinus* no fueron efectivas para reducir las poblaciones iniciales de nematodos en raíces de plátano Dominico Hartón, ni en el suelo (Cuadro 2), contrario a lo hallado por Mendoza y Sikara (2007) quienes demostraron que este hongo es un agente de biocontrol efectivo contra *R. similis* en banano y que puede ser un componente importante en estrategias de manejo integrado.

Los promedios de las poblaciones en suelo fueron bajos, de acuerdo con los umbrales de tolerancia de las plantas. Las poblaciones de *Helicotylenchus* oscilaron entre 373 y 739 individuos/100 g de suelo para el tratamiento con Carbofurán y para las aplicaciones con *P. lilacinus* cepa B, respectivamente. Las poblaciones de *Radopholus* oscilaron entre 32 y 107 individuos/100 g de suelo para las aplicaciones con Carbofurán y *P. lilacinus* cepa B, respectivamente. En este estudio las poblaciones de *R. similis* en plantas que no recibieron tratamientos con Carbofurán y en

las testigo fueron altas y perjudiciales, teniendo en cuenta que una población de 10,000 individuos/100 g de raíces se considera como nivel crítico (Tarté y Pinochet, 1981).

En el caso de *Pratylenchus* el número de individuos/100 de suelo fue de 2 para el tratamiento con Carbofurán y 61 para las aplicaciones de *P. lilacinus* cepa A. Este género fue el de menor presencia en el suelo (Cuadro 3). Aunque los tratamientos fueron superiores al testigo para el control de nematodos en raíces, sólo Carbofurán fue efectivo para reducir la población por debajo de dicho nivel crítico. Franco y Castaño (2005) y Grisales y Lescot (1999) encontraron poblaciones relativamente altas de *Radopholus* después de 4 meses de tratamiento químico, siendo similares a los hallados en este estudio.

En las raíces se identificaron *R. similis*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*. El análisis de varianza mostró diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos para las poblaciones de *R. similis* y *Pratylenchus* sp. (Cuadro 4). El mayor control de *R. similis* ocurrió con la aplicación de Carbofurán con una población 87% menor que la encontrada cuando se aplicó *P. lilacinus* cepa A.

Cuadro 3. Efecto del manejo químico y biológico sobre la población de nematodos en plátano Dominico Hartón. Promedio del número de individuos/100 g de suelo a través del tiempo.

Tratamientos	<i>Radopholus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	Larvas	Saprophytos
Carbofurán	32	373	2 a	427	32 b
<i>P. lilacinus</i> (A)	98	461	61 a	825	26 bc
<i>P. lilacinus</i> (B)	107	739	33 a	811	83 a
Testigo	78	968	15 ab	1551	15 c

* Promedios en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cuadro 4. Efecto del manejo químico y biológico sobre la población de nematodos (promedio del número de individuos por 100 g de raíces) a través del tiempo) en raíces de plátano Dominico Hartón.

Tratamientos	<i>Radopholus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Pratylenchus</i>	Larvas	Saprophytos
Carbofurán	2433 a*	48	1987 ab	82	43
<i>P. lilacinus</i> (A)	18,496 b	115	2375 ab	1476	10
<i>P. lilacinus</i> (B)	12,769 ab	260	4415 b	2877	5
Testigo	16,384 b	79	1344 a	2229	14

* Promedios en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Conclusiones

- Los resultados de este estudio confirman que el control de picudos y nematodos fitoparásitos en plátano Hartón Dominicó debe entenderse como parte de un Plan de Manejo Integrado de Plagas (MIP) donde cada uno de los componentes –monitoreo, prevención o intervención mediante control químico, biológico o cultural, entre otros– tiene igual importancia
- Los picudos negro (*Cosmopolites sordidus*) y rayado (*Metamaius hemipterus*) fueron las especies predominantes.
- El uso de hongos biocontroladores ayuda a reducir las poblaciones de picudos y, posiblemente estos, a su vez, a la diseminación de las esporas de los hongos en el campo lo que favorece la contaminación de otros insectos adultos.
- La aplicación de Carbofurán fue eficaz para reducir las poblaciones de nematodos fitoparásitos en el suelo y en las raíces, como una opción para el control de picudos del plátano.
- Se evidenció un comportamiento diferencial de las dos cepas de *Paecilomyces lilacinus* empleadas, a pesar de provenir de un mismo lote de producción.
- El tratamiento con Carbofurán produjo la mejor regulación de la población de nematodos manteniéndola en niveles inferiores al crítico para el cultivo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas el apoyo financiero para la realización del presente estudio, así como a los profesores del Departamento de Fitotecnia, por su colaboración en la ejecución y desarrollo del mismo y a los operarios de campo adscritos al Programa Plátano de la granja ‘Montelindo’ por su colaboración en las labores de campo.

Referencias

- Alarcón, R. J y Castaño-Zapata, J. 2006. Reconocimiento fitosanitario de las principales enfermedades del plátano Dominicó Hartón (*Musa sp.*, Simmonds). *Agronomía* 14(1):65 – 80.
- Aranzazu, H.F.; Valencia, M.J.; Arcila, P.M.; Castrillón, A.C.; Bolaños, B.M.; Castellanos, C.P.; Pérez, C.J.; Rodríguez, M.L. 2005. El cultivo del plátano. Manual Técnico. Gobernación de Caldas, Secretaría de Agricultura de Caldas, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CIXORPOICA), regional Manizales.
- Aristizábal, L. M.; Orozco, P. M.; y Ostos, A.M.A. 2006. Efectos del sistema de manejo de las sigatokas y la frecuencia de fertilización sobre el crecimiento y producción del plátano Dominicó Hartón (*Musa AAB*). *Agronomía* 14(1):25 – 36.
- Barnett, H. L. y Hunter, B. B. 1987. *Illustrated genera of imperfect fungi*. McMillan Publishing Co., New York. 218 p.
- Carlier, J.; de Waele, D.; y Escalant, J. V. 2003. Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nematodos.. En: Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano. Guías técnicas no. 757 p.
- Castaño, J. 1998. Prácticas de laboratorio de fitopatología. 2ed Manizales. Universidad de Caldas. 103 p.
- Castaño, J. y Del Río, M.L. 1997. Manual para el diagnóstico de hongos, bacterias, virus y nematodos fitopatógenos. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Fitotecnia. 210 p.
- Castrillón, A. C. s.f. Aspectos generales del control microbiológico y su aplicación en el manejo integrado del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar). Experiencias en Colombia sobre el uso de entomopatógenos en el control de plagas en el cultivo de plátano. 7 p. (Mimeografiado).
- Castrillón, A. C. 2000. Distribución de las especies de picudo del plátano y evaluación de sus entomopatógenos nativos en el departamento de Risaralda. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Comité de Cafeteros de Risaralda, UMATA's Departamento de Risaralda. Litoas Ltda. 73 p.
- Franco, V. G. y Castaño-Zapata, J. 2005. Evaluación de alternativas para el manejo de nematodos fitopatógenos en plátano

- Dominico Hartón. En: Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia. Compendio Boletines Fitotecnia. Resúmenes de Investigación. Manizales. p: 419 – 426.
- García, R. F.; Gómez, G. J. y Belacázar, C. S. 1996. Manejo biológico y cultural de *Cosmopolites sordidus* (Germar) en plátano. Reacción de variedades mejoradas al ataque de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Sigatoka negra y variedades mejoradas de plátano. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Boletín de Sanidad Vegetal no. 12. P. 39 – 47.
- Grisales, L. F. y Lescot, T. 1999. Encuesta diagnóstico multifactorial sobre plátano en la zona cafetera central de Colombia: Una visión analítica de la realidad agronómica del cultivo de plátano en la zona central. Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafe). Boletín Técnico no. 18. 66 p.
- Gold, C. S. y Messiaen, S. 2000. El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*; Plagas de *Musa*. Hoja divulgativa no. 4. www.biodiversityinternational.com/Publications/pdf/696_ES.pdf 18-09-8.
- Guzmán, P. O. y Castaño-Zapata, J. 2005. Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos Dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds), África, FHIA – 20 y FHIA – 21 en la granja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas), Colombia. En: Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia. Compendio Boletines Fitotecnia. Resúmenes de Investigación. p. 343-349.
- Mendoza, A. R. y Sikora, R. A. 2007. Biological control of *Radopholus similis* in banana by combined application of the mutualistic endophyte *F. oxysporum* strain 162, the egg pathogen *Paecilomyces lilacinus* strain 251 and the antagonistic bacteria *Bacillus firmus*. En: *Biocontrol* 54(2): 263 – 272.
- Meek, E. y Navarrete, A. H. (eds.). 2001. Acuerdo de competitividad de la cadena productiva del plátano en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 75 p.
- Muñoz, R. C. 2007. Fluctuación poblacional del picudo negro del plátano (*Musa* AAB) en San Carlos Costa Rica. En: Tecnología en Marcha. Vol. 19 (1). En: http://www.itcr.ac.cr/Publicaciones/tecnologia_marcha/pdf/tecnologia_marcha_20-1/revista_20-1_pag_24-41.pdf
- Oliveira, de S. S.; Pires de M. A.; Maciel, C. Z.; Meissner, P. da Cunha C.C.; y Torres, B. P. 2000. Enfermedades del banano y su control en Brasil. Informe sobre el Taller Regional del Manejo Integrado de Plagas en Banano y Plátano. El Vigía, Venezuela, 9-13 de agosto de 1999, División de Producción y Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. http://www.fao.org/ag/agpp/IPM/weeds/download/ban_ven.pdf
- Ríos, J. C; Soto G. A; y Castrillón A. C. 2002. Evaluación de *B. bassiana* en formulación comercial y artesanal para el manejo de picudo negro en plátano. www.inibap.org/pdf/IN030046_es.pdf. Acceso. 05-05-2008.
- Rojas, T. 1996. Consideraciones sobre control biológico de nematodos fitoparásitos. Departamento de Fitoprotección, Ministerio de Agricultura y Ganadería. X Congreso Nacional Agronómico / III Congreso de Fitopatología. Dónde cuándo pág.?
- Rubio, G. J. y Acuña, Z. J. 2006. Anatomía comparada del tracto digestivo en imagos del complejo picudo (Coleoptera:Curculionidae) asociados al cultivo del plátano. Sección morfología, comportamiento, ecología, evolución y sistemática. *Revista Colombiana de Entomología*, 01/01/2006. En: <http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary 0286-32134826 ITM>
- Sierra, S. E. 1993. El cultivo del banano: producción y comercio. Editorial Gráficas Olímpica.
- Silva, C.C. 2005. Sistemas de producción vegetal. Documento de trabajo. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, D.C. Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias. [www.biw.kuleuven.be/aee/clo/euwab:files/Silva2005.pdf](http://www.biw.kuleuven.be/aee/clo/euwab/files/Silva2005.pdf).
- Soto, G. A. y Castrillón, A. C. 2005. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para el manejo de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*

- Germa) en plátano. En: Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia. Compendio Boletines Fitotecnia. Resúmenes de Investigación. P. 477 – 482.
- Tarté, R. y Pinochet, J. 1981. Problemas nematológicos del banano. Contribuciones recientes a su conocimiento y combate. Unión de Países Exportadores de banano (UPRB), Panamá. 32 p.
- Tinzaara, W.; Gold, C. S.; Dicke, M.; Van Huis, A.; y Ragama, P. E. 2007. Host plant odours enhance the responses of adult banana weevil to the synthetic aggregation pheromone Cosmolure. *Int. J. Pest Manag.* 53(2):127-137.
- Tinzaara, W.; Gold, C. S.; Dicke, M.; Van Huis, A.; Nankinga, C. M.; Kagezi, G. H.; y Ragama, P. E. 2007. The use of aggregation pheromone to enhance dissemination of *Beauveria bassiana* for the control of the banana weevil in Uganda. *Biocontrol Sci. Tech.* 17(2):111-124.
- Torrado, J., M.; Castaño, Z. J. 2004. Manejo de nematodos fitoparásitos en plátano Dominico Hartón (*Musa AAB* Simmonds). *Fitopat. Col.* 28 (1):45 – 48.