

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TESIS DE GRADO

Presentado al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“DETERMINACIÓN DEL NIVEL CRÍTICO DEL NEMÁTODO *Helicotylenchus multicinctus* EN PLANTAS DE BANANO (*Musa* AAA) Y PLÁTANO (*Musa* AAB), ESTABLECIDAS EN INVERNADERO Y ÁREA COMERCIAL”

AUTOR:

Alex Delgado Párraga

DIRECTOR DE TESIS:

Carmen Triviño Gílces, Ing. Agr. Ph. D.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TEMA:

“DETERMINACIÓN DEL NIVEL CRÍTICO DEL NEMÁTODO *Helicotylenchus multicinctus* EN PLANTAS DE BANANO (*Musa* AAA) Y PLÁTANO (*Musa* AAB), ESTABLECIDAS EN INVERNADERO Y ÁREA COMERCIAL”

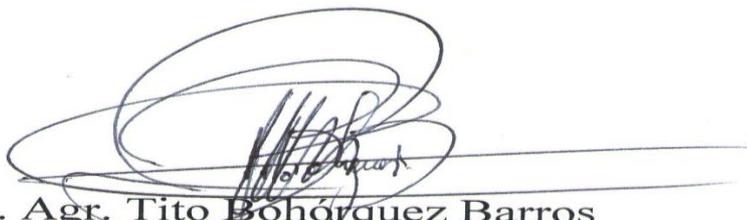
APROBADA.



Ing. Agr. M. Sc. David Alava Vera.
PRESIDENTE



Ing. Agr. Rosa Guillén Mora.
EXAMINADOR PRINCIPAL



Ing. Agr. Tito Bohórquez Barros
EXAMINADOR PRINCIPAL

La responsabilidad de los resultados y conclusiones presentadas en este trabajo de investigación, pertenecen exclusivamente al autor.

ALEX DELGADO PÁRRAGA

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de investigación en memoria de mi señora madre, María Esmeralda Párraga, Sra. Glenda M. al Sr. Xavier C. y a mi futura esposa.

Agradecimientos

- Agradezco a Dios por haberme brindado salud para culminar con éxito mi tesis de grado.
- A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – Estación Experimental Litoral Sur, por la beca que recibí para que sea posible éste avance en mi nivel académico.
- De manera muy especial a la Dra. Carmen Triviño Gílces, Directora del Departamento Nacional de Protección Vegetal de la Estación Experimental Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja” por el apoyo brindado para la culminación del presente trabajo de investigación.
- Al M.C. Daniel Navia por su valiosa contribución técnica y a todas las personas que de alguna forma hicieron posible que llegue a la feliz terminación de éste trabajo de investigación.
- A mis compañeros de trabajo y amigos: Alexandra, Sofía, Roberto, Byron y Luis que colaboraron en la realización de mi tesis.
- A mis “amigos”: Tatiana, Diana, Alejandra, Nathy, Alex, Álvaro, María, Claudia, Gabriela, Elena, Christopher, Mariuxi y Guillermo por su amistad y consejos brindados en favor de mi superación.
- A mis hermanos Jessica, Ruby, Luis, Richard y Wimper, por su apoyo moral.

ÍNDICE

| Contenido | Pag. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCIÓN. | 1 |
| Objetivo general. | 2 |
| Objetivos específicos. | 2 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA. | 3 |
| 2.1. Clasificación Taxonómica <i>Helicotylenchus multicinctus</i> . | 3 |
| 2.2. Características de <i>H. multicinctus</i> . | 3 |
| 2.3. Biología de <i>H. multicinctus</i> . | 4 |
| 2.4. Síntomas que causa <i>H. multicinctus</i> . | 4 |
| 2.5. Daños que causa <i>H. multicinctus</i> . | 5 |
| 2.6. Distribución <i>H. multicinctus</i> . | 7 |
| 2.7. Problema económico con <i>H. multicinctus</i> . | 8 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS. | 9 |
| 3.1. Ubicación de ensayos. | 9 |
| 3.1.1. Determinación de los niveles críticos del <i>H. multicinctus</i> en banano y plátano, en condición controlada. | 9 |
| 3.1.2. Determinación de los niveles críticos del <i>H. multicinctus</i> en banano y plátano, en campo. | 9 |
| 3.2. Características Climáticas de la Estación Experimental Litoral Sur. | 9 |
| 3.3. Materiales y Equipos. | 10 |
| 3.4. Factores en estudio. | 10 |
| 3.5. Tratamientos en estudio. | 10 |
| 3.6. Característica de los tratamientos. | 11 |
| 3.7. Diseño Experimental. | 11 |
| 3.8. Análisis de la varianza (ANDEVA). | 12 |
| 3.9. Análisis funcional. | 12 |
| 3.10. Manejo de los experimentos. | 12 |
| 3.10.1. Nivel crítico de <i>H. multicinctus</i> en ensayos de banano y plátano. | 12 |
| 3.10.1.2. En condiciones de campo. | 13 |
| 3.11. Variables evaluadas en ensayos de banano y plátano. | 13 |
| 3.11.1. En condiciones de controladas y campo. | 13 |
| 3.11.1.1. Peso de raíces. | 13 |
| 3.11.1.2. Porcentaje de raíces sanas y dañadas por nemátodos. | 13 |
| 3.11.1.3. Circunferencia de pseudotallo. | 14 |
| 3.11.1.4. Altura de planta. | 14 |
| 3.11.1.5. Peso de racimos. | 14 |
| 3.11.1.6. Densidad poblacional de nemátodos en raíces. | 14 |
| 3.11.1.7. Densidad poblacional de <i>H. multicinctus</i> en suelo. | 14 |
| 3.11.1.8. Nivel crítico del nemátodo <i>Helicotylenchus multicinctus</i> . | 15 |
| 3.12. Respuesta de las plantas de plátano al daño mecánico inducido al sistema radical en condiciones controlada. | 15 |
| 3.12.1. Factores en estudio. | 15 |

| | |
|--|----|
| 3.12.2. Tratamientos estudiados. | 15 |
| 3.12.3. Descripción de los tratamientos. | 16 |
| 3.12.4. Análisis de variancia (ANDEVA). | 16 |
| 3.12.5. Análisis funcional. | 16 |
| 3.12.6. Manejo del experimento. | 16 |
| 3.12.7. Variables evaluadas. | 16 |
| 3.12.7.1. Altura de planta. | 17 |
| 3.12.7.2. Peso de raíces. | 17 |
| 4. RESULTADOS. | 18 |
| 4.1. Determinación del nivel crítico de <i>H. multincinctus</i> en banano en condiciones controladas. | 18 |
| 4.1.1. Peso total de raíces. | 18 |
| 4.1.2. Peso de raíces sanas. | 18 |
| 4.1.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos. | 19 |
| 4.1.4. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en raíces. | |
| 4.1.5. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en suelo. | 20 |
| 4.1.6. Altura de planta. | 21 |
| 4.1.7. Circunferencia de Pseudotallo. | 21 |
| 4.2. Determinación del nivel crítico de <i>H. multincinctus</i> en plátano en condiciones controladas. | 22 |
| 4.2.1. Peso total de raíces. | 22 |
| 4.2.2. Peso de raíces sanas. | 22 |
| 4.2.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos. | 23 |
| 4.2.4. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en raíces. | 23 |
| 4.2.5. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en suelo. | 23 |
| 4.2.6. Altura de planta. | 24 |
| 4.2.7. Circunferencia de Pseudotallo. | 24 |
| 4.3. Respuesta de las plantas de plátano al daño mecánico simulado al sistema radical en condiciones controlada. | 24 |
| 4.3.1. Peso total de raíces. | 24 |
| 4.3.2. Altura de planta. | 24 |
| 4.4. Determinación del nivel crítico de <i>H. multincinctus</i> en banano en plantación establecida. | 25 |
| 4.4.1. Peso total de raíces. | 25 |
| 4.4.2. Peso de raíces sanas. | 25 |
| 4.4.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos. | 26 |
| 4.4.4. Densidad población final de <i>H. multincinctus</i> en raíces. | 27 |
| 4.4.5. Densidad población final de <i>H. multincinctus</i> en suelo. | 28 |
| 4.4.6. Altura de planta. | 29 |
| 4.4.7. Circunferencia de Pseudotallo | 29 |
| 4.4.8. Peso de racimos. | 30 |
| 4.4.9. Número de manos. | 30 |
| 4.5. Determinación del nivel crítico de <i>H. multincinctus</i> en plátano, en plantación establecida. | 31 |
| 4.5.1. Peso total de raíces. | 31 |

| | |
|--|----|
| 4.5.2. Peso de raíces sanas. | 32 |
| 4.5.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos. | 32 |
| 4.5.4. Peso de raíces podridas. | 33 |
| 4.5.5. Densidad población de <i>H. multicinctus</i> en raíces. | 34 |
| 4.5.6. Densidad población de <i>H. multicinctus</i> en suelo. | 35 |
| 4.5.7. Altura de planta. | 36 |
| 4.5.8. Circunferencia de Pseudotallo. | 36 |
| 4.5.9. Peso de racimos. | 37 |
| 4.5.10. Número de manos. | 37 |
| 4.6. Relación de los diferentes niveles de <i>H. multicinctus</i> con el rendimiento del cultivo de plátano. | 38 |
| 5. Discusión. | 39 |
| 6. Conclusión y recomendación. | 41 |
| 7. Resumen – Summary. | 42 |
| 8. Literatura citada. | 44 |
| 9. Anexo. | 49 |

Índice de Cuadros

| Contenido | Pag. |
|--|------|
| Cuadro 1. Características de los tratamientos | 11 |
| Cuadro 2. Características de los tratamientos | 15 |
| Cuadro 1A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan en el análisis combinado para las agrupaciones de nemátodos, en el cultivo de banano. | 50 |
| Cuadro 2A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan en el análisis combinado para las agrupaciones de nemátodos, en el cultivo de Plátano invernadero. EELS. 2012. | 51 |
| Cuadro 3A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan, en el análisis combinado para las agrupaciones de nemátodos en el cultivo de banano campo 2012 – 2013. | 52 |
| Cuadro 4A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan en el análisis combinado para las agrupaciones de nemátodos, en el cultivo de plátano campo 2012 – 2013. | 53 |

Índice de Figuras.

| Contenido | Pag |
|--|-----|
| Figura 1. Peso promedio de raíces dañadas por nemátodos por planta de banano en invernadero. EELS. 2012. | 19 |
| Figura 2 Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en 100 g de raíces de banano invernadero. EELS. 2012. | 20 |
| Figura 3 Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en 100 cm ³ de suelo en el cultivo de banano, en invernadero. EELS. 2012. | 21 |
| Figura 4. Peso promedio de raíces totales por planta de plátano en invernadero. EELS. 2012. | 22 |
| Figura 5. Peso total de raíces en el cultivo de banano 2012 – 2013. | 25 |
| Figura 6. Peso de raíces sanas en el cultivo de banano 2012 – 2013. | 26 |
| Figura 7. Peso de raíces dañadas por nemátodo en el cultivo de banano 2012 – 2013. | 27 |
| Figura 8. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en 100 g de raíces, expresado en raíz cuadrada. Banano en campo 2012 – 2013. | 28 |
| Figura 9. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en 100 cm ³ en suelo, expresado en raíz cuadrada. Banano en campo de 2012 – 2013. | 29 |
| Figura 10. Peso de racimos y número de manos. Banano en campo de 2013 | 30 |
| Figura 11. Peso totales de raíces, en el cultivo de plátano 2012 – 2013. | 31 |
| Figura 12. Peso de raíces sanas en el cultivo de plátano 2012 – 2013. | 32 |
| Figura 13. Peso de raíces dañadas por nemátodo en el cultivo de plátano 2012 - 2013. | 33 |
| Figura 14. Peso de raíces descompuesta por plantas en el cultivo de plátano 2012 – 2013. | 34 |
| Figura 15. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en 100 g de raíces. Plátano en campo 2012 – 2013. | 35 |
| Figura 16. Densidad poblacional final de <i>H. multincinctus</i> en 100 cm ³ de | 36 |

suelo. Plátano en campo 2012 – 2013.

| | |
|--|----|
| Figura 17. Peso de racimos y número de manos. Plátano en campo de 2013. | 37 |
| Figura 18. Relación de los diferentes niveles de <i>H. multincinctus</i> con el rendimiento del cultivo de plátano 2013. | 38 |
| Figura 19. Relación de los diferentes niveles de <i>H. multincinctus</i> con el rendimiento del cultivo de banano 2013. | 38 |
| Figura 1A. Hembras y macho de <i>H. multincinctus</i> . | 54 |
| Figura 2A. Ensayo de banano en invernadero. | 54 |
| Figura 3A. Ensayo de plátano en invernadero. | 55 |
| Figura 4A. Ensayo de banano campo. | 55 |
| Figura 5A. Ensayo de plátano campo. | 55 |
| Figura 6A. Raíces sanas | 56 |
| Figura 7A. Raíces dañadas por <i>H. multincinctus</i> | 56 |
| Figura 8A. Daño mecánico que inducen la emisión de raíces. | 56 |

1. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa AAA*) es el cuarto cultivo de mayor importancia a nivel mundial por ser el sustento económico y alimenticio de millones de personas en más de 120 países, principalmente en América Latina y el Caribe (ALC), donde la producción se encuentra en manos de pequeños y medianos productores, con manejo en su mayoría de los casos de manera tradicional, destinando el 87 % de la producción al consumo local y el 13 % al comercio internacional.

El banano se cultiva en Ecuador en pequeñas, medianas y grandes fincas para su exportación, generando más de \$ 1.250 millones de dólares al año en divisas. La industria bananera es de gran importancia para el desarrollo socioeconómico en la región, pero es necesario modificar el sistema actual de producción empleando tecnologías que tiendan a reducir la cantidad de agroquímicos utilizados. En ALC, en los últimos años, se ha registrado una considerable reducción en la productividad tanto de banano como de plátano; acompañado de un deterioro físico, químico y biológico de los suelos, como consecuencia principalmente del uso intensivo de agroquímicos.

Factores abióticos tales como las condiciones edáficas, especialmente textura, estructura y el contenido de sodio pueden llegar a limitar la producción. Sin embargo; los factores bióticos entre ellos los nemátodos, son principal plaga de cultivo causante el deterioro radical, lo que conlleva a la reducción en peso del racimo, longevidad de las plantaciones y a los incrementos entre ciclos de cosecha.

La ocurrencia y severidad de muchas enfermedades se afecta con la deficiencia, exceso o desbalance de nutrientes. El exceso de potasio puede incrementar la penetración y daño de *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* spp., y *Tylenchorhynchus* spp.

El impacto económico sobre la producción de banano causado por los nemátodos en varios países a nivel mundial se debe al deterioro del sistema radical, que se traduce en pérdida significativa del peso del racimo e incremento del periodo de floración entre la madre y el hijo, terminando en el volcamiento de las plantas que resulta en pérdidas de unidades de producción por año.

En Ecuador, la superficie sembrada de banano hasta el 2008 fue de 233.427 has, en las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro. Se encuentra el 91 % del área total sembrada (INEC. 2008).

Las plantaciones de banano de Ecuador se ven afectadas por el nemátodo barrenador *Radopholus similis*, cuyo resultado más visible es la caída de plantas, principalmente por el deterioro de las raíces particularmente con vientos fuertes o cuando un racimo es pesado. Actualmente, las poblaciones de *Helicotylenchus multicinctus* se han incrementado comparadas con los años anteriores, en algunos casos superiores a las de *R. similis*; mientras que, *Meloidogyne incognita* se mantiene con poblaciones bajas, con pocas excepciones en plantaciones de origen meristemático. En las plantaciones de plátano, los nemátodos que se encuentran con mayor frecuencia son *M. incognita*, *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* sp. y *R. similis*, en su orden (Triviño. 2004).

Este trabajo se realizó porque existe poca información nacional sobre umbrales de control de *H. multicinctus* en banano y, la foránea que existe, es escasa y desactualizada.

Por lo expuesto es muy importante realizar un estudio que permita conocer las densidades de población de *H. multicinctus* que causan daño a las plantas de banano y plátano que sirva como recomendación para reducir su incidencia a niveles que no causen daño económico, especialmente cuando se utilizan nemátocidas químicos.

1.1. OBJETIVOS

Objetivo general.

Determinar el nivel crítico de nemátodos en los cultivos de banano y plátano.

Objetivos específicos.

- Determinar el nivel crítico de *H. multicinctus* en el cultivo de banano.
- Determinar el nivel crítico de *H. multicinctus* en el cultivo de plátano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Clasificación Taxonómica de *H. multicinctus*.

Helicotylenchus multicinctus (Cobb 1893 y Golden 1956) tiene la siguiente clasificación taxonómica:

| | |
|-------------------|-------------------------------------|
| Reino: | Animal |
| Filo: | Nematoda |
| Clase: | Secernentea |
| Subclase: | Diplogasteria |
| Orden: | Tylenchida |
| Superfamilia: | Tylenchoidea |
| Familia: | Hoplolaimidae |
| Género: | <i>Helicotylenchus</i> |
| Especie: | <i>Multicinctus</i> |
| Nombre binominal: | <i>Helicotylenchus multicinctus</i> |

2.2. Características de *Helicotylenchus multicinctus*.

Según Montiel *et al.*, (1997), las hembras de *H. multicinctus* miden de 420 – 550 μm de longitud y alrededor de 16 – 28 μm de ancho en sección central, poseen estilete bien desarrollado y mide de 24 – 26 μm de largo, la longitud del cuerpo hasta la vulva mide de 392 – 304 μm , el poro excretor está a nivel o cerca de la unión esófago – intestino. La cola es redonda es decir carece de cualquier proyección ventral o mucrón.

El macho mide de 356 – 512 μm , el ancho máximo del cuerpo mide de 12 – 20 μm , el estilete mide aproximadamente 22 – 24 μm , tienen Bursa corta no visible y se proyecta más allá del contorno del cuerpo en vista lateral.

Jean *et al.* (2003) comprobaron que el nemátodo espiral puede ser diferenciado de otras especies en los últimos estadios, ya que los cuerpos tanto de especímenes hembras como de

machos tienen anulares distintos a los de otras especies, al matarlos y fijarlos, ellos se arquean y toman la forma de la letra C.

2.3. Biología de *H. multicinctus*.

Mundo Agropecuario citado por Quezada (1999) menciona que *H. multicinctus* conocido como nemátodo espiral es un endoparásito que se encuentra en cualquier suelo donde hayan plantas de banano. Deposita los huevos en la parte externa de las células corticales de las raíces. Los huevos eclosionan entre 48 a 51 horas a temperaturas de 30 °C. Las larvas (juveniles) sufren mudas y completan el ciclo biológico dentro de la raíz.

Según Belalcazar (1991) *Helicotylenchus* sp. es ectoparásito o semiendoparásito migratorio, se pueden alimentar desde la parte externa de la raíz o penetrar unos milímetros de ésta. Son vermiforme, infectivos en todos los estados de desarrollo (larvas y adultos). El daño que ocasionan es debido a la destrucción de las células al inyectar secreciones digestivas y remover el contenido celular.

Matielle (1992) determinó que el metabolismo fenólico de Gros Michel se refuerza después de la infestación de *R. similis*, mientras que ninguna variedad reacciona o apenas reacciona a *H. multicinctus*. El parasitismo del banano está ligado a las relaciones nutricionales: una pobre actividad fisiológica de la planta perturba al desarrollo de *R. similis*, pero no afecta la reproducción de *H. multicinctus*.

2.4. Síntomas que causa *H. multicinctus*.

Crozzoli (1993) determinó que el nemátodo espiral *H. multicinctus*, es otro fitoparásito de importancia y posiblemente después del nemátodo barrenador sea el más difundido. Estos nemátodos causan lesiones superficiales rojizas en la epidermis y corteza de la raíz. La lesión, a diferencia de la causada por *R. similis* y *Pratylenchus* spp., no es tan profunda y no afecta la endodermis y causa reducción del crecimiento, retraso en el ciclo vegetativo, reducción de rendimiento y acorta la vida útil de la plantación.

H. multicinctus también infecta al rizoma, causándole lesiones superficiales, pudiéndose diseminar a través de éste. El nemátodo prefiere suelos orgánicos con altos niveles de arcilla, limo, materia orgánica y bajo pH. En lo referente a las poblaciones en las estaciones lluviosa o seca, no hay mucha uniformidad; sin embargo, la mayoría de los autores coinciden en

relacionar a las mayores poblaciones con la época lluviosa. Las discrepancias son atribuidas a los diferentes tipos de suelos, temperatura e intensidad de las lluvias.

Araya (2003) expresa que los nemátodos ectoparásitos como *Helicotylenchus* spp se alimentan a lo largo de la superficie de las raíces y, en algunos casos, por períodos prolongados en sitios específicos, extrayendo alimentos de los tejidos más internos de las raíces sin provocar daños aparentes o notorios. Lo frecuente es observar pequeñas manchas circulares de color café obscuras tornándose negras en la epidermis de las raíces que generalmente no profundizan al parénquima cortical.

Díaz *et. al.* (2007) mencionan que *H. multincinctus* provoca una señal característica en los cormos, consiste en lesiones de color café negruzco cuyo tamaño varía de acuerdo al grado de colonización del tejido afectado y a la agresividad del nemátodo involucrado. Estos penetran directamente las raíces, puesto que habitan en el suelo, los nemátodos fácilmente entran en contacto con ellas y también con los cormos, incluyendo aquellos utilizados como material propagativo para nuevas siembras, constituyéndose dichos cormos-semillas como el medio más eficiente de diseminación del nemátodo a las nuevas plantaciones, cuyos suelos naturalmente infestados requieren de la aplicación programada de nemátocidas o de otras prácticas de manejo.

Belalcazar (1991) establece que el daño que causa *H. multincinctus* en el sistema radical es característico por las lesiones sombreadas que raramente profundizan en la raíz, en infestaciones severas las raíces se decoloran completamente en la parte externa de la corteza.

2.5. Daños que causa *H. multincinctus*.

En Ecuador el nemátodo espiral *H. multincinctus* tiene una distribución del 25 %, ataca las raíces de banano formando lesiones superficiales de color café, las raíces secundarias y terciarias son también atacadas, como consecuencia, las pérdidas pueden llegar a 5,9 kg/racimo y no se observan síntomas foliares (INIAP, 1992).

Araya y Chaus (1996) determinaron que no había diferencia estadística entre densidades poblacionales de *H. multincinctus* de la planta madre y sus respectivos hijos de sucesión.

Araya *et. al.* (2002), dicen que *H. multincinctus* puede dañar el sistema radical del banano y puede reducir los rendimientos de producción entre 19 y 34 %.

Araya (2004b), publicó que los endoparásitos migratorios *R. similis* y *Pratylenchus coffeae*, los ecto – endoparásitos *H. multincinctus* y *H. dihystra* y los endoparásitos sedentarios *M. incognita* y *M. javanica* son los más frecuentes y a los cuales se les atribuye pérdidas en rendimiento en el cultivo de banano. Los 4 géneros atacan el sistema radical, y en algunas ocasiones es factible encontrar algunos de ellos en el cormo. En consecuencia se debilita el anclaje de las plantas y en presencia de vientos fuertes las plantas fructificadas se desraízan y caen. Todos los géneros reducen la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes, lo que causa el bajo peso de los racimos y el incremento de intervalo ciclo – cosecha.

Triviño y Escobar (2004) exponen que, en Ecuador, la falta de un manejo adecuado en el control de nemátodos ha provocado alta incidencia de estos microorganismos que, se estima se encuentra en el 60 % de las plantaciones del cultivo de banano, reduciendo significativamente la masa radical de la planta con incremento de las densidades poblacionales de *R. similis* y *H. multincinctus* y, como consecuencia, el volcamiento de plantas entre el 10 y 25 %; la reducción de la producción entre 10 y 30 %, cajas/ha/año.

Mediante experimentos, Araya (2006) estableció que 1000 *H. multincinctus* inoculadas en plantas sembradas en recipientes causa leve daño (4 %), a diferencia del *R. similis* que causa un 68 % de daño. *M. incognita* y *Pratylenchus coffeae* 28 % de daño. Estos cuatro géneros de nemátodos afectan al cultivo de banano y plátano.

Cássia *et. al.* (2006) encontraron que en el cultivo de banano hay una relación positiva entre el contenido de limo y arena con *Meloidogyne* spp., y *H. multincinctus* y negativa con arcilla. El mismo autor menciona que los contenidos de P, K, Ca, Mg y saturación de bases se relaciona positivamente con el número de *M. javanica* y *H. multincinctus*. También cita que el pH se relaciona positivamente con *H. multincinctus* y que ninguna de las variables físico – químicas del suelo se relaciona con *R. similis*.

Fernández (2006), dice que los géneros *Radopholus* y *Helicotylenchus* en siembras nuevas retardan el crecimiento, floración y rendimiento de la planta. En siembras establecidas en producción, los tallos se notan delgados, existe gran porcentaje de volcamiento, el número de racimos es reducido, falta de hijos buenos para renovar el cultivo y por último la vida de la plantación se acorta.

2.6. Distribución *H. multicinctus*.

Guzmán y Castaño (2002) encontraron que *H. multicinctus* es probablemente el más importante después de *R. similis* por lo numeroso y ampliamente diseminado en las plantaciones de banano y plátano del mundo.

Douglas *et. al.* (2002) manifiestan que el *H. multicinctus* está presente en la mayoría de las regiones productoras de banano. En las áreas tropicales donde *R. similis* está presente, el nemátodo espiral tiene importancia secundaria; sin embargo, *H. multicinctus* puede ser numéricamente dominante con respecto a *R. similis* en aquellos lugares donde ambas especies coexisten. En áreas subtropicales donde la población del nemátodo barrenador es nula o casi nula, *H. multicinctus* puede representar el problema nematológico más importante del cultivo. En Argentina, Cuba, Chipre, Florida, Israel, Líbano y Sudáfrica, *H. multicinctus* provoca severos daños en el cultivo de banano.

Por la frecuencia de ocurrencia, niveles poblacionales y daño en las raíces, *R. similis* es el más importante, le sigue *H. multicinctus* cuyas poblaciones se han incrementado y en orden descendente están *M. incognita*, *Pratylenchus* sp, y *Rotylenchulus reniformis* (Triviño, 2003).

Ploetz (2004) menciona que los nemátodos de los géneros *Radopholus* y *Pratylenchus*, afectan la producción del banano en el trópico; mientras que, el nemátodo espiral *H. multicinctus*, causa mayores daños en los subtrópicos.

Labarca *et. al.* (2007) determinaron que una de las principales enfermedades del cultivo de plátano (*Musa* AAB) es causada por nemátodos fitopatógenos, los cuales se encuentran asociados a las malezas del cultivo y es *H. multicinctus* el que presenta mayor frecuencia asociado con las malezas *Corchorus orinosencis*, *Ruellia tuberosa* L. y *Phyllanthus niruri* L.

Wang y Hooks (2009) establecieron que en Hawaï, *H. multicinctus* se encuentra con mayor abundancia en las raíces de banano comparado con *Meloidogyne* sp, *R. reniformis*, *R. similis* y *Pratylenchus* sp. Esto indica que debe brindarse mayor atención a *H. multicinctus*, aunque tradicionalmente no se haya considerado como un nemátodo de importancia en plantaciones de banano y plátano en este país. *H. multicinctus* se encuentra en mayor porcentaje de raíces de plátano que cualquier otro nemátodo.

Chávez y Araya (2009) determinaron que el nemátodo espiral muestra cierta afinidad con los contenidos de arena y arcilla, mientras que, las raíces funcionales y nemátodos en raíces totales fueron las que presentaron mayor afinidad con las características físico – químicas del suelo, teniendo en común tres variables: arena, arcilla y conductividad eléctrica (CE).

2.7. Problema económico con *H. multicinctus*.

Fallas y Chiquita (2003) manifiestan que el impacto económico sobre la producción de banano causado por los nemátodos en varios países es evidente, el efecto más visible es la caída de las plantas debido al deterioro de las raíces. Este daño en el sistema radical de la planta se traduce en pérdida significativa del peso del racimo y prolongación del periodo entre la floración de la madre e hijo.

Araya (2004a), establece que dependiendo del cultivar y del tipo de suelo, las pérdidas pueden alcanzar hasta el 100 %. *H. multicinctus* causa un efecto gradual y acumulativo, debilitando la unidad de producción, la cual pierde vigor, longevidad y dependiendo de las condiciones de la plantación en 3 o 4 generaciones los racimos que se producen difícilmente llegan a satisfacer los requerimientos de exportación. Anteriormente, en ausencia del apuntalamiento de las plantas fructificadas, el daño provocado por los nemátodos se estimaba indirectamente a través del número de plantas caídas por área.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de ensayos.

3.1.1. Determinación de los niveles críticos del *H. multicinctus* en banano y plátano, en condición controlada.

Esta investigación se la realizó en el invernadero de la Sección Nematología de la Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja” (EELS) del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Este se encuentra ubicada en el km 26 de la vía Durán – Tambo, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, Provincia del Guayas y, situada entre las coordenadas geográficas 2° 15' 27" de Latitud Sur y 79° 38' 40" Longitud Occidental y a 10 msnm.

3.1.2. Determinación de los niveles críticos del *H. multicinctus* en banano y plátano, en campo.

En banano, ésta investigación se realizó en una bananera (lote), ubicada en la parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas y situada entre las coordenadas geográficas 2° 14' 0,08" de Latitud sur y 79° 34' 32 " Longitud Occidental.

En el cultivo de plátano, en una plantación infestada con *H. multicinctus* en la vía San Carlos, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, Provincias del Guayas, situada entre las coordenadas geográficas 2° 13' 57" de Latitud sur y 79° 34' 33 " Longitud occidental.

Los análisis nematológicos se efectuaron en el Laboratorio de Nematología del Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja” del INIAP.

3.2. Características Climáticas de la Estación Experimental Litoral Sur.

La EELS, tiene una pluviosidad media anual de 1154 mm, temperatura media anual de 26,5 ° C y 83 % de humedad relativa. Las características climáticas son similares para los cultivos de banano y plátano, debido a que están ubicados dentro de la misma parroquia ^{1/}.

1/ Fuente: Fuerza Aérea Ecuatoriana, Base Taura promedio de doce años (1995 – 2007).

3.3. Materiales y Equipos.

Materiales de laboratorio:

Cuchillos
Machetes
Bandejas plásticas
Licuadora
Ducha tipo teléfono
Picetas
Platos de aluminio
Vasos de precipitación de 100 y 250 mL
Cámaras contadoras de nemátodos
Bomba de aire (homogenizador de líquido)
Contadores

Equipos de laboratorio:

Balanza electrónica
Microscopio invertido
Estéreo-microscopio
Tamices N°. 60, 100, 400.

Materiales de invernadero:

Macetas plásticas
Suelo solarizado
Marcadores
Etiquetas
Balde
Brocha

Materiales de campo:

Abre hoyos
Barreta
Caña guadúa
Pintura de látex
Brocha
Marcadores
Etiquetas
Machetes
GPS

3.4. Factores en estudio.

En esta investigación se estudiaron los siguientes factores:

- Niveles de poblaciones de *H. multicinctus*.
- Cultivares.

3.5. Tratamientos en estudio.

Se estudiaron 19 niveles *H. multicinctus*. en invernadero y campo como se detalla en el Cuadro 1.

Debido a la complejidad de la interacción de los nemátodos en el daño en el sistema radical de las plantas, para la interpretación de los resultados los tratamientos se agruparon para medir

las tendencias de las variables así quedaron: testigo (0), bajas (1000 – 3000), intermedia (3500 – 7000) y altas (8000 – 12000) (Cuadro1).

Cuadro 1: Niveles poblacionales de *H. multincinctus* en invernadero y campo.

| No. | Niveles poblacionales /planta | |
|-----|-------------------------------|----------------------------|
| 1. | 0 | testigo. |
| 2. | 1000 | } (1000 – 3000) Baja |
| 3. | 1500 | |
| 4. | 2000 | |
| 5. | 2500 | |
| 6. | 3000 | |
| 7. | 3500 | } (3500 – 7000) Intermedia |
| 8. | 4000 | |
| 9. | 4500 | |
| 10. | 5000 | |
| 11. | 6000 | |
| 12. | 7000 | |
| 13. | 8000 | } (8000 – 12000) Alta |
| 14. | 9000 | |
| 15. | 10000 | |
| 16. | 10500 | |
| 17. | 11000 | |
| 18. | 11500 | |
| 19. | 12000 | |

3.6. Obtención de los nemátodos para la inoculación en invernadero.

Los especímenes de *H. multincinctus* (Figura 1A, anexo) que se utilizaron para la inoculación de los tratamientos (invernadero), fueron obtenidos de una plantación comercial de banano altamente infestada con este nemátodo. Para el efecto, en una plantación infestada, se colectó suelo y de donde se extrajeron los nemátodos por el método de incubación.

3.7. Diseño Experimental.

En el trabajo de invernadero y campo los 19 tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cinco unidades experimentales.

3.8. Análisis de la varianza en cada ensayo (ANDEVA).

| Fuente de Variación | Grados de Libertad |
|---------------------|--------------------|
| Tratamientos | 18 (t – 1) |
| Error Experimental | 72 (n – 1)(t – 1) |
| Total | 90 (n – 1) |

3.9. Análisis funcional.

Las medias de los resultados fueron transformados en raíz de $\sqrt{x + 1}$ y se compararon con la prueba del Rango Múltiple de Duncan al 0,05 % de significancia.

3.10. Manejo de los experimentos.

3.10.1. Nivel crítico de *H. multicinctus* en banano y plátano

3.10.1.1. En condiciones de invernadero.

Para la investigación, un total de 95 fundas plásticas de 40 litros de capacidad se llenaron con suelo solarizado tanto banano como en plátano. Se humedecieron a capacidad de campo y se trasplantaron plántulas meristemáticas cv “Williams” de aproximadamente 15 cm de altura (Figura 2A y 3A, anexo), compradas en CEBIOCA (ESPOL); posteriormente al mes, a cada planta se inoculó los niveles de *H. multicinctus* correspondiente según el tratamiento. Previo a la inoculación se procedió a retirar el suelo superficial que cubren las raíces, luego se aplicó la solución agua-nemátodos, en un volumen de 10 mL por planta, inmediatamente se cubrieron las raíces con el suelo retirado. El riego se efectuó de acuerdo al requerimiento de las plantas y evitando que haya secamiento del suelo y percolación a través de los orificios de la funda, con lo que se evita la deshidratación y la emigración de la población de los nemátodos inoculados.

3.10.1.2. En condiciones de campo.

En una plantación comercial tanto de banano cv. “Williams” (Figura 4A, anexo) como de plátano Dominico (Figura 5A, anexo), se seleccionó un lote infestado con el nemátodo espiral. Se muestrearon raíces en hijos de 1,50 a 2,0 m de altura y se identificaron con números en secuencia del 1 hasta 200 plantas. Una vez efectuado el análisis nematológico, se seleccionaron plantas que presentaron las densidades poblacionales del nemátodo según los 19 niveles poblacionales (tratamientos) dejándose cinco repeticiones (plantas) para cada nivel. A estas plantas en la etapa de floración, se evaluaron los parámetros de desarrollo vegetativo y raíces totales. Además se evaluó el peso de racimos para relacionarlo con los niveles del nemátodo, obtenidos en el momento de la selección de plantas (1,50 – 2,0 m de altura).

3.11. Variables evaluadas en ensayos de banano y plátano.

3.11.1. En condiciones de invernadero y campo.

Las evaluaciones de invernadero se realizaron a los 90 días después de la inoculación y para campo en época de floración y la cosecha, se tomaron los datos siguientes:

3.11.1.1. Peso de raíces.

Al frente de cada planta se cavó un hoyo de 30 cm largo x 15 cm ancho x 30 cm profundidad (13,5 dm³). Se colectaron todas las raíces del hoyo y se colocó en una funda plástica que se identificaron con el número de la planta correspondiente; luego en el laboratorio, se lavaron las raíces de cada muestra, se seleccionaron sanas y dañadas por separado. Las raíces se dejaron al ambiente para la eliminar el exceso de agua y se pesó en gramos por separado.

3.11.1.2. Porcentaje de raíces sanas y dañadas.

Después de separadas las raíces (Figura 6A y 7A, ver anexo), se registró el peso y mediante la aplicación de la siguiente fórmula matemática se obtuvo el porcentaje de raíces sanas (RS).

$$\% \text{ RS} = \frac{\text{Peso de raíces sanas (g)}}{\text{Peso total de raíces (g)}} \times 100$$

3.11.1.3. Circunferencia de pseudotallo.

En el ensayo de invernadero se tomó la medida de la circunferencia se tomó a 30 cm de altura de la planta medido desde la superficie del suelo; en los ensayos de campo se procedió a tomar la medida de la circunferencia del pseudotallo de banano y plátano a 1 metro de altura.

3.11.1.4. Altura de planta.

La altura de planta se tomó la media en metros desde la superficie del suelo hasta la inserción de la última hoja.

3.11.1.5. Peso de racimos.

Se realizó la cosecha de los racimos de las plantas seleccionadas, las cuales fueron marcados en la etapa de producción. A cada racimo se le colgó una tarjeta con el número de la planta y que fueron pesaron en la empacadora el día que la hacienda realizó la cosecha.

3.11.1.6. Densidad poblacional de nemátodos en raíces.

Después de pesadas las raíces, se cortaron en pedazos de 1 cm aproximadamente y se mezclaron sanas y dañadas. Se pesaron 25 gramos y se licuaron con 100 mL de agua común por 20 segundos (en dos etapas de 10 seg.). El licuado se pasó por un juego de tres tamices de arriba hacia abajo de números 60, 100 y 400 (250, 150, 38 μ), el primero se lavó por dos minutos, el segundo por un minuto y en el último se colectaron los nemátodos. Este sedimento agua - nemátodos se colectó en un vaso y con una piceta se aforó en 100 mL de agua. Esta solución se homogeneizó con una bomba de aire y con una pipeta se colocó 2 mL en una cámara contadora. Seguidamente se observó en el estéreo microscopio y se cuantificó el número de nemátodos por cada género antes mencionado. Por cálculo matemático se obtuvo la densidad poblacional en 100 gramos de raíces. Esta metodología es la que se utiliza en la EELS en las evaluaciones de rutina.

3.11.1.7. Densidad poblacional de *H. multincinctus* en suelo.

Para la extracción de los nemátodos de la rizósfera, del mismo hoyo donde se extrajeron las raíces se colectó aproximadamente 500 cm³ de suelo, del cual se tomaron 100 cm³ y se colocó en dos platos de aluminio superpuestos. Sobre el plato con base se colocó otro plato calado y sobre este una malla y un papel facial; se adicionó agua común en el plato base y se dejó la muestra en incubación por tres días (Método de incubación). Transcurrido este tiempo, se

eliminó el suelo y se colectó en un vaso graduable el contenido agua – nemátodos, seguidamente se eliminó el agua excedente a 100 mL; luego se homogenizó la muestra con una bomba de aire, se extrajeron alícuotas de 4 mL, se colocó en cámaras contadoras y se cuantificó el número de nemátodos.

3.11.1.8. Nivel crítico del nemátodo *Helicotylenchus multicinctus*.

El nivel crítico del nemátodo se determinó mediante la relación de las variables: los niveles poblacionales de los nemátodos y el peso de racimos.

En resultados obtenidos en este trabajo, se observó un estímulo en la emisión de raíces con las poblaciones de 8000 – 12000 nemátodos, lo que motivó al autor a realizar un ensayo adicional para determinar si este aumento en raíces fue por inducción química o mecánica, la cual se detalla a continuación:

3.12. Respuesta de las plantas de plátano al daño mecánico inducido al sistema radical en condiciones controlada.

3.12.1. Factores en estudio.

En este ensayo se estudió el siguiente factor:

- Podas baja, leve y fuerte.

3.12.2. Tratamientos estudiados

En esta prueba se utilizaron plantas de plátano con 4 tratamientos y 4 repeticiones (plantas), lo que se detalla a continuación:

Cuadro 2. Característica de los tratamientos:

| No. Tratamientos | Corte de raíz/planta |
|------------------|----------------------|
| 1. | Testigo |
| 2. | 0 % |
| 3. | 25 % |
| 4. | 50 % |

3.12.3. Descripción de los tratamientos.

Los 4 tratamientos se distribuyeron en un Diseño Completamente al Azar con cuatro repeticiones cada una con formada por una planta.

T1= Testigo (plantas trasplantadas sin lavar y eliminar raíces).

T2= Plantas trasplantadas con raíces lavadas.

T3= Plantas con el 25 % de raíces eliminadas.

T4= Plantas con el 50 % de raíces eliminadas.

3.12.4. Análisis de variancia (ANDEVA).

| Fuente de Variación | Grados de Libertad |
|---------------------|--------------------|
| Tratamientos | 3 (t - 1) |
| Error Experimental | 15 (n - 1)(t - 1) |
| Total | 18 (n - 1) |

3.12.5. Análisis funcional.

Las medias de los resultados se compararon con la prueba del Rango Múltiple de Duncan al 5 % de significancia.

3.12.6. Manejo del experimento.

Para éste trabajo se utilizaron plantas de plátano, se llenó un total de 20 fundas plásticas de 40 litros de capacidad y llenaron con suelo esterilizado. Se humedecieron a capacidad de campo y se sembraron plantas de barraganete de aproximadamente 40 cm de altura; luego al mes a cada planta se procedió a eliminar el sistema radical según de los tratamientos (Figura 3A, anexo), Previo a los cortes se retiró cada planta del suelo, luego se cortaron las raíces e inmediatamente se volvieron a sembrar en el mismo suelo. El riego se efectuó de acuerdo al requerimiento de las plantas.

3.12.7. Variables evaluadas.

A los 60 días de eliminadas las raíces de las plantas se evaluó:

3.12.7.1. Altura de planta.

La altura de plantas se tomó desde el cuello hasta la inserción de la última hoja.

3.12.7.2. Peso de raíces.

Las muestras de las raíces de cada planta fueron colectadas en una funda plástica identificándose con el número correspondiente; luego, en el laboratorio, se lavaron las raíces de cada muestra, se las dejó al ambiente para la eliminar el exceso de agua y se pesó en gramos (Figura 8A, ver anexo).

4. RESULTADOS

4.1. Determinación del nivel crítico de *H. multicinctus* en banano, en condiciones controladas.

4.1.1. Peso total de raíces por planta.

En la evaluación del peso de raíces totales, se obtuvo significancia estadística entre el testigo y los rangos poblacionales del nemátodo estudiado. Las inoculaciones de 8000 – 12000 *H. multicinctus* por planta, registraron el mayor peso de 433,67 g, fue estadísticamente igual a los niveles de 3500 – 7000 individuos con una media de 394,3 g y a su vez se diferenció del testigo que registró 322,3 g y de las poblaciones de 1000 – 3000 especímenes, que presentó el menor promedio (310 g). El coeficiente de variación fue del 5,14 %.

4.1.2. Peso de raíces sanas planta.

No hubo diferencia estadística entre el testigo y los tres rangos poblacionales de nemátodos (0) (1000 – 3000, 3500 – 7000; 8000 – 12000), se registró en las poblaciones de 1000 – 3000 nemátodos por planta, el menor peso de raíces sanas (249,67 g), seguido por el testigo con 275,33 g y las inoculaciones de 3500 – 7000 especímenes con una media de 289 g. En el rango poblacional de 8000 – 12000 *H. multicinctus*, se obtuvo el mayor promedio de raíces funcionales (296 g). El coeficiente de variación fue de 6,35 %.

4.1.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos por planta.

En la Figura 1, se muestra el peso de raíces dañadas por nemátodos, según los rangos de *H. multicinctus* inoculados. El cual presentó diferencia estadística altamente significativa ($P < 0,01$). Las poblacionales de 8000 – 12000 especímenes por planta, expresaron el mayor peso de raíces dañadas (138 g) y fue estadísticamente igual a los niveles de 3500 – 7000 *H. multicinctus*, que presentaron una media del 105,3 g, estos a su vez fueron diferentes a las inoculaciones de 1000 – 3000 individuos con una media 60,3 g y del testigo que mostró el menor promedio del daño de nemátodos (46,67 g). El coeficiente de variación fue de 11,01 %.

Las diferencias estadísticas de peso de raíces se presentan en el Cuadro 1A (ver anexos).

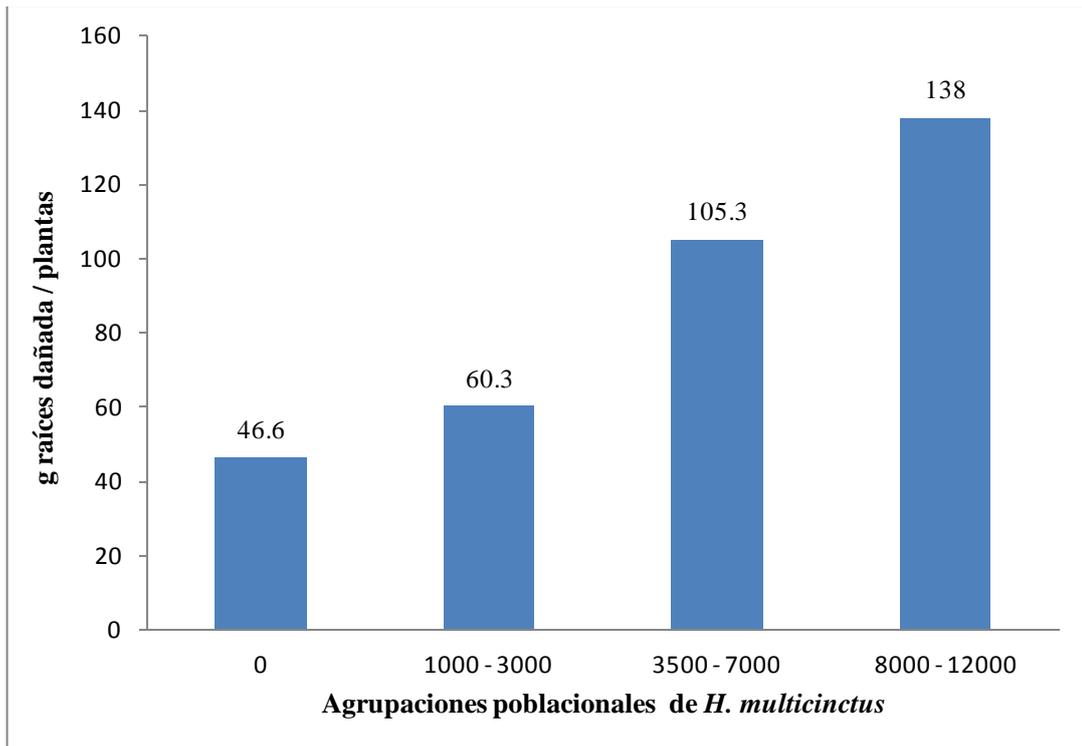


Figura 1. Pesos promedio de raíces dañadas por *H. multincinctus* por planta de banano en invernadero al final del ensayo. EELS, 2012.

4.1.4. Densidad poblacional final de *H. multincinctus* en raíces.

En la evaluación de la densidad poblacional del nemátodo a los 90 días de la inoculación, se determinó diferencia estadística entre los tres rangos a partir de la población inicial de nemátodos. El testigo, fue estadísticamente igual los niveles de 1000 – 3000 individuos por planta con 1.137 especímenes en 100 g de raíces y estos a su vez fueron inferiores a las inoculaciones de 3500 – 7000 *H. multincinctus* con una media de 4.637 nemátodos y las densidades de 8000 – 12000 *Helicotylenchus*, presentaron la mayor cantidad de especímenes (6.669/100 g de raíces). El coeficiente de variación fue de 11,46 % (Figura 2).

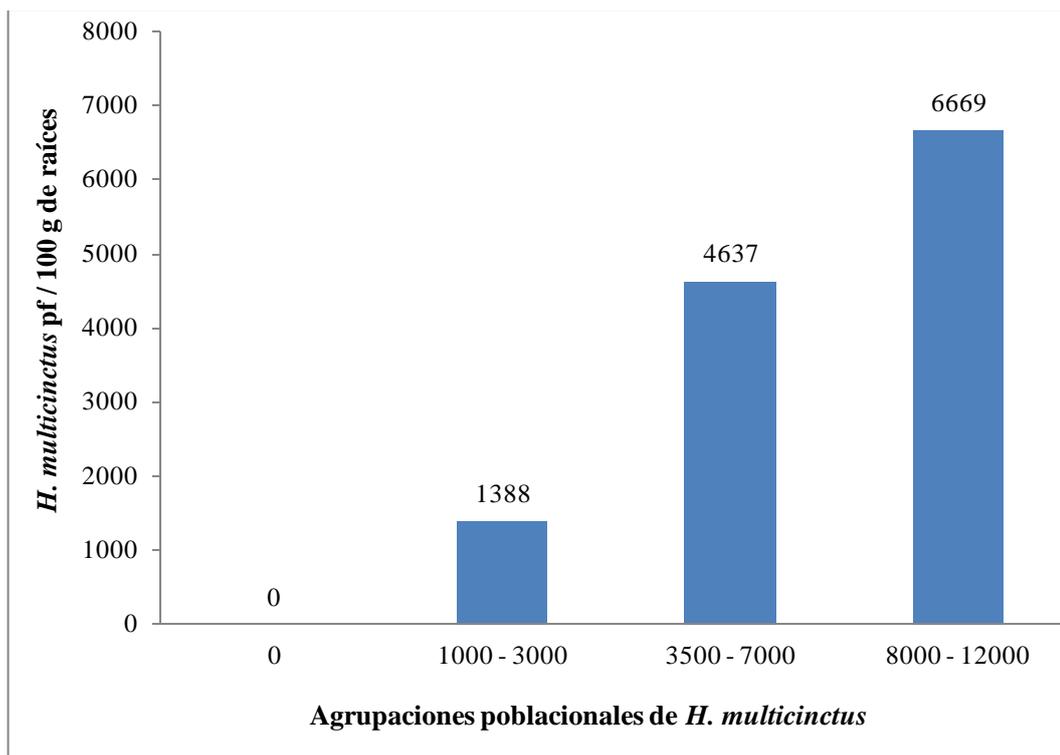


Figura 2. Densidad poblacional final (pf) de *H. multincinctus* en 100 g de raíces de banano, en invernadero. EELS, 2012.

4.1.5. Densidad poblacional final de *H. multincinctus* en suelo.

A los 90 días de la inoculación de las plantas de banano, se obtuvo diferencia estadística altamente significativa ($P < 0,01$). Las poblaciones de 8000 – 12000 *H. multincinctus* por planta con el mayor promedio de población final del nemátodo (1.367 especímenes/100 cm³ suelo), que fue diferente a las inoculaciones de 3500 – 7000 *Helicotylenchus* con una media de 1.102 individuos (Figura 3) y al rango de 1000 – 3000 nemátodos, que expresó la menor población final (256/100 cm³ suelo). El coeficiente de variación fue de 11,20 %.

Las diferencias estadísticas entre las agrupaciones del nemátodo se las puede observar en el Cuadro 1A (ver anexos).

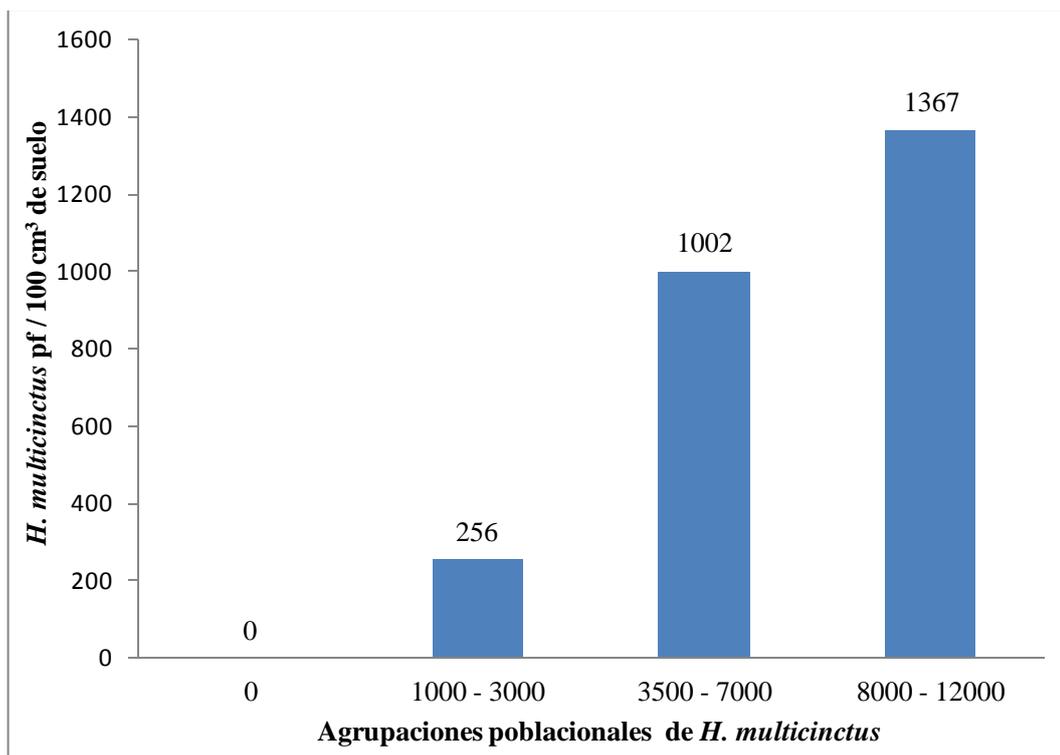


Figura 3. Densidad poblacional final (pf) de *H. multicinctus* en 100 cm³ de suelo en el cultivo de banano, en invernadero. EELS, 2012.

4.1.6. Altura de planta.

No hubo diferencia estadística entre el testigo y los niveles de *H. multicinctus*. La menor altura de plantas se obtuvo en el testigo (62,67 cm) seguido por los niveles de 1000 – 3000 nemátodos con 71,33 cm y en las poblaciones de 8000 – 12000 con una media de 75,33 cm, en los rangos de 3500 – 7000 *H. multicinctus*, las plantas tuvieron un promedio de 75,67 cm. El coeficiente de variación fue de 3,15 %.

4.1.7. Circunferencia de Pseudotallo.

Se determinó diferencia estadística entre los rangos poblacionales iniciales, en que el rango de 8000 – 12000 nemátodos registró la mayor circunferencia de planta (17,33 cm), que fue estadísticamente igual a las poblaciones de 3500 – 7000 *H. multicinctus* con un promedio de 16,67 cm y estos a su vez se diferenciaron de las inoculaciones de 1000 – 3000 especímenes, que presentó la menor media (15,33 cm) y de forma similar para el testigo. El coeficiente de variación fue de 1,83 %.

4.2. Determinación del nivel crítico de *H. multicinctus* en plátano en condiciones controladas.

4.2.1. Peso total de raíces por planta.

En el cultivo de plátano en condiciones controladas, no se determinó significancia estadística entre el testigo y los rangos poblacionales del nemátodo estudiado. Los niveles de 8000 – 12000 nemátodos por planta, registraron el menor peso de raíces totales (373 g) seguido por el rango poblacional de 3500 – 7000 especímenes, con una media de 432 g y las inoculaciones de 1000 – 3000 *H. multicinctus*, con 433,67 g, el testigo reportó el mayor promedio de 461,67 g (Figura 4). El coeficiente de variación de 6,3 %.

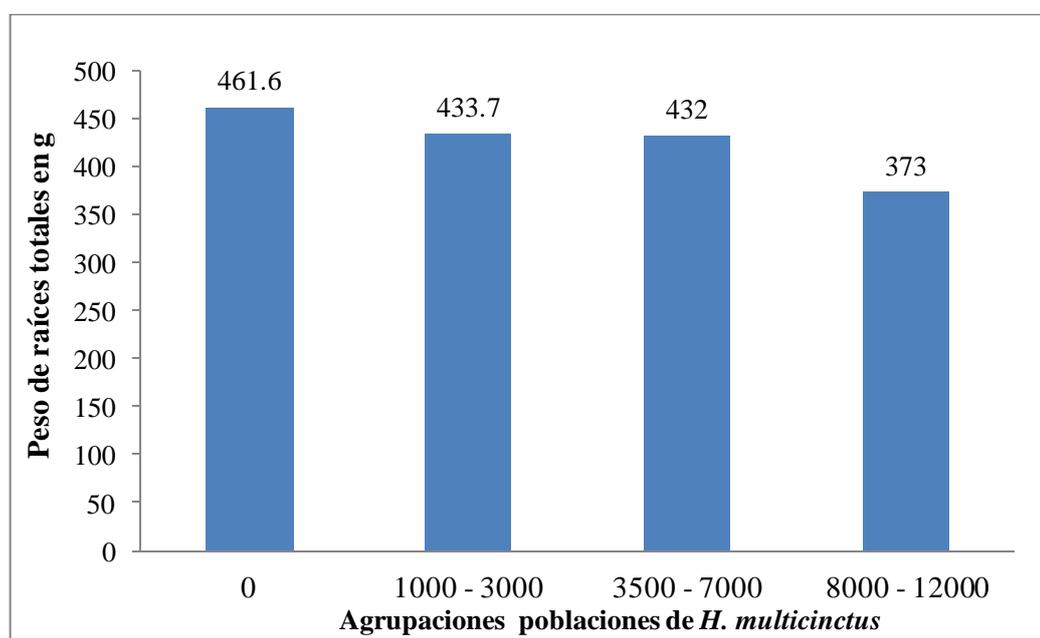


Figura 4. Pesos promedio de raíces totales por planta de plátano en invernadero. EELS. 2012.

4.2.2. Peso de raíces sanas por planta.

En esta variable, se determinó que no hay diferencia estadística entre el testigo y los tres rangos poblacionales de nemátodos (1000 – 3000, 3500 – 7000; 8000 – 12000) aunque numéricamente, se registró en el testigo el mayor peso de raíces sanas (360 g), seguido por las poblaciones de 1000 – 3000 nemátodos por planta, con una media de 344,67 g y las inoculaciones de 8000 – 12000 especímenes con una media de 328,3 g. En el rango

poblacional de 3500 – 7000 *H. multincinctus* el menor promedio de raíces funcionales (322,3 g). El coeficiente de variación fue de 7,76 %.

4.2.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos por planta.

En la evaluación a los 90 días de la inoculación, se determinó diferencia estadística altamente significativa ($P < 0,01$). Las poblacionales de 8000 – 12000 especímenes por planta expresaron el mayor peso de raíces dañadas (104 g) la misma fue estadísticamente igual al testigo con una media de 101,67 g y a los niveles de 1000 – 3000 *H. multincinctus*, con 88,49 g y estos, a su vez, fueron inferiores a las inoculaciones de 3500 – 7000 individuos, que mostró el menor promedio del daño de nemátodos (50 g). El coeficiente de variación fue de 5,68 %.

4.2.4. Densidad poblacional final de *H. multincinctus* en raíces.

En la evaluación de la densidad poblacional del nemátodo a los 90 días de la inoculación, se determinó diferencia estadística altamente significativa ($P < 0,01$) entre el testigo y los tres rangos de población inicial de nemátodos. La mayor población final que presentó 5.972 especímenes en 100 g de raíces se obtuvo en los niveles de 8000 – 12000 individuos por planta, fue estadísticamente igual a las inoculaciones de 3500 – 7000 *H. multincinctus* con una media de 3.243 nemátodos y estos a su vez fueron diferentes y superiores a las densidades de 1000 – 3000 *Helicotylenchus*, que presentaron la menor cantidad de especímenes (1.504) en 100 g de raíces. El coeficiente de variación fue de 10,8 %.

4.2.5. Densidad poblacional final de *H. multincinctus* en suelo.

En esta variable, hubo diferencia estadística altamente significativa ($P < 0,01$). Se determinó que los niveles de 1000 – 3000 *H. multincinctus* por planta, mostraron el menor promedio de población final del nemátodo (256 especímenes/100 cm³ de suelo) fue igual a las inoculaciones de 3500 – 7000 *Helicotylenchus* con una media de 617 individuos y estos a su vez fueron diferentes al rango de 8000 – 12000 nemátodos, que expresó la mayor población final (1.370/100 cm³). El coeficiente de variación fue de 11,89 %.

Las diferencias estadísticas entre las agrupaciones del nemátodo se presentan en el Cuadro 2A (anexos).

4.2.6. Altura de planta.

En esta variable, no hubo diferencia estadística entre los niveles de *H. multincinctus*. En las poblaciones de 3500 – 7000 *H. multincinctus* por planta, la altura fue 61,33 cm; en los niveles de 1000 a 3000 especímenes se obtuvo una media de 60,3 cm y en el rango de 8000 – 12000 *H. multincinctus* con 60,3 cm; el testigo registró un promedio de 55,6 cm. El coeficiente de variación fue del 5,26 %.

4.2.7. Circunferencia de Pseudotallo.

No se determinó diferencia estadística entre los rangos poblacionales iniciales. En los niveles de 3500 – 7000 *H. multincinctus* por planta el circunferencia de pseudotallo fue de 15,66 cm, en las inoculaciones de 1000 – 3000 y 8000 – 12000 nemátodos se presentó una media de 15,33 cm, el testigo obtuvo un promedio de 15 cm. El coeficiente de variación fue del 3,5 %.

4.3. Respuesta de plantas de plátano al daño mecánico inducido al sistema radical en condiciones controladas.

4.3.1. Peso total de raíces por planta.

Se determinó que el testigo absoluto obtuvo el mayor peso de raíces por planta (188,23 g), seguido por los tratamientos con el 25 % y 50 % de raíces eliminadas (152,77 y 124,32 g respectivamente). Fueron estadísticamente iguales entre sí y estos a su vez se diferenciaron estadísticamente de las plantas que solo se lavaron sus raíces antes del trasplante que presentó un peso de 73,44 g. El coeficiente de variación fue 14,73 %.

4.3.2. Altura de planta.

Se determinó que el testigo absoluto registró la mayor altura de planta (86,86 cm), seguido por los tratamientos con el 25 % y 50 % de raíces eliminadas (70,56 y 67,24 cm respectivamente), las cuales fueron estadísticamente iguales entre sí y estos a su vez se diferenciaron de las plantas que solo se lavaron sus raíces antes del trasplante que mostró el menor promedio 52,56 cm. El coeficiente de variación fue del 8,65 %.

4.4. Determinación del nivel crítico de *H. multicinctus* en banano en plantación establecida.

4.4.1. Peso total de raíces por planta.

En el peso de total de raíces por planta/hoyo, no hubo diferencia estadística entre las agrupaciones del nemátodo (Cuadro 3A, ver anexo). En los niveles de 8000 – 12000 nemátodos, el peso de raíces totales fue de 68,37 g, en las poblaciones de 3500 – 7000 especímenes con una media de 60,73 g y, en el rango de 1000 – 3000 *H. multicinctus*, se mostró un promedio de 68,37 g y el testigo con 69 g. El coeficiente de variación fue de 12,07 %.

La Figura 5, muestra el peso de raíces totales por planta/ hoyo al inicio del ensayo (2012) y al finalizar (2013) el trabajo.

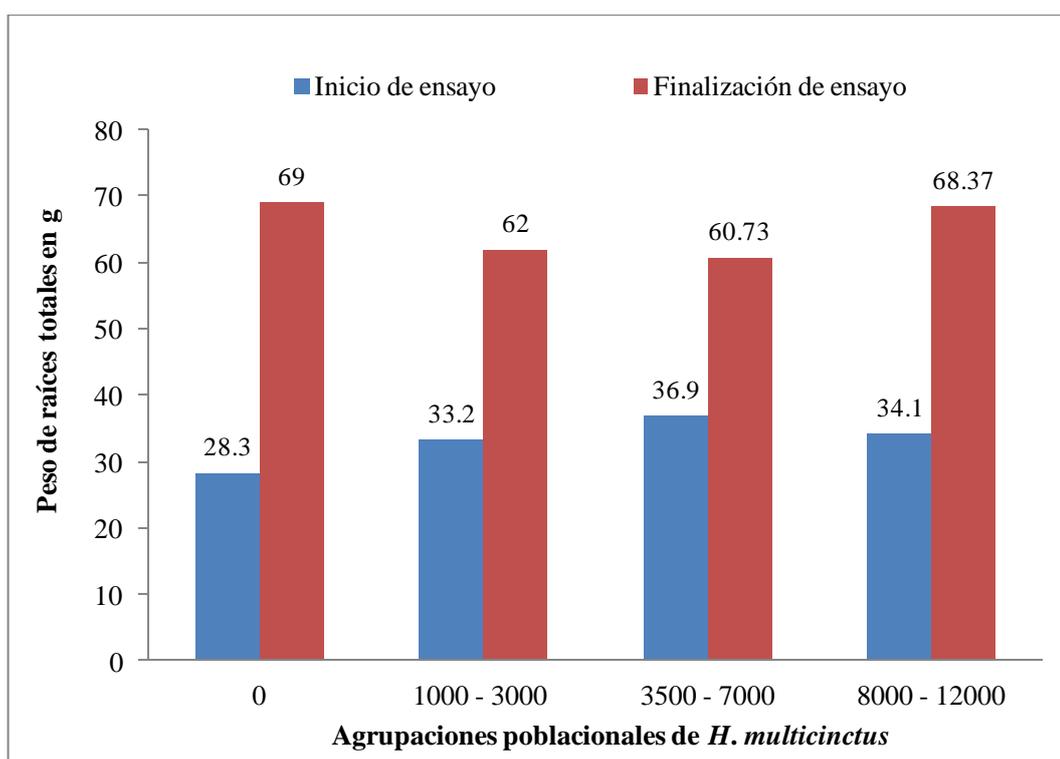


Figura 5. Peso de raíces totales por planta en el cultivo de banano 2012 – 2013.

4.4.2. Peso de raíces sanas por planta.

No se obtuvo diferencia estadística entre las agrupaciones del nemátodo analizados. En las poblaciones de 8000 – 12000 nemátodos, el peso de raíces sanas fue de 35,10 g; en los niveles

de 3500 a 7000 especímenes se obtuvo una media de 35 g y en el rango de 1000 – 3000 *H. multicinctus* con 36 g y el testigo registró un promedio de 44,53 g. El coeficiente de variación fue de 18,79 %.

En la Figura 6, se muestra el peso inicial de raíces sanas (2012) y final (2013) en el cultivo de banano según los rangos poblacionales. En general el peso final de raíces sanas se incrementó.

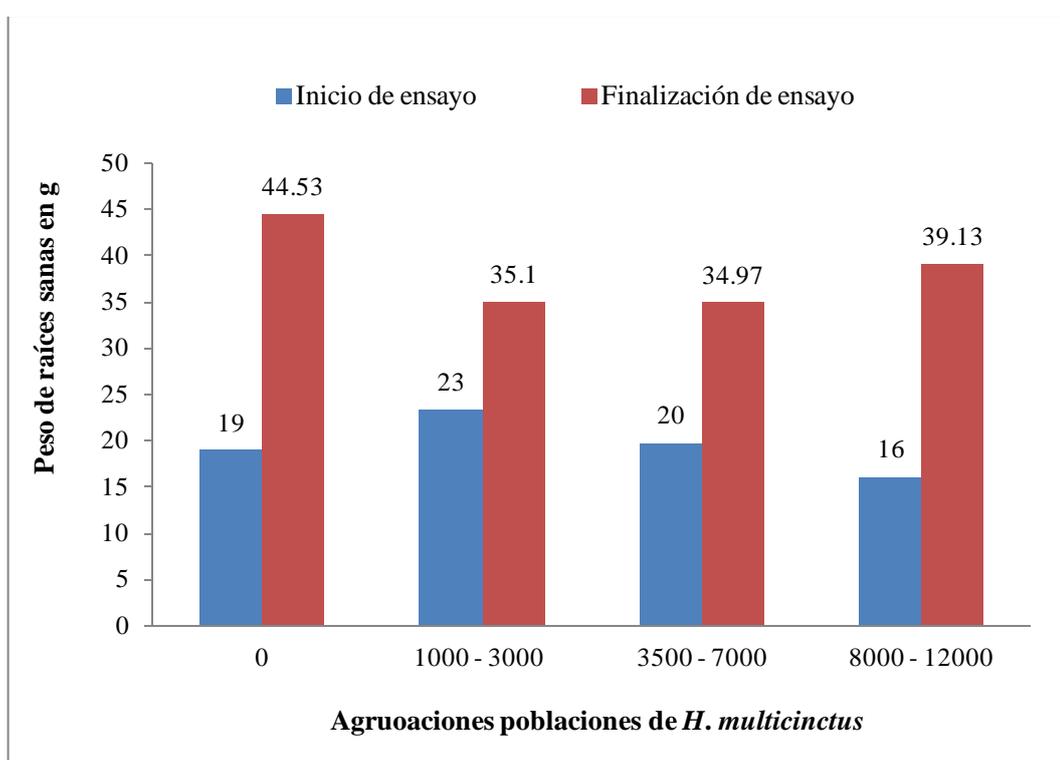


Figura 6. Peso de raíces sanas por plantas en el cultivo de banano. 2012 – 2013.

4.4.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos plantas.

En esta variable, no hubo diferencia estadística entre el testigo y las agrupaciones del nemátodo. Determinándose en el testigo y los niveles de 8000 – 12000 especímenes el menor peso de raíces dañadas (17,76 y 17,5 g respectivamente), seguido por los niveles de 3500 – 7000 *H. multicinctus* con un promedio de raíces no funcionales de 18,33 g y las poblaciones de 1000 – 3000 nemátodos con 20,67 g. El coeficiente de variación fue de 18,23 %.

En la Figura 7, se expresa el peso de raíces dañadas por *H. multicinctus*. En el rango de 1000 a 3000 y 3500 – 7000 nemátodos que obtuvieron mayor aumento a diferencia del rango de 8000 – 12000 especímenes.

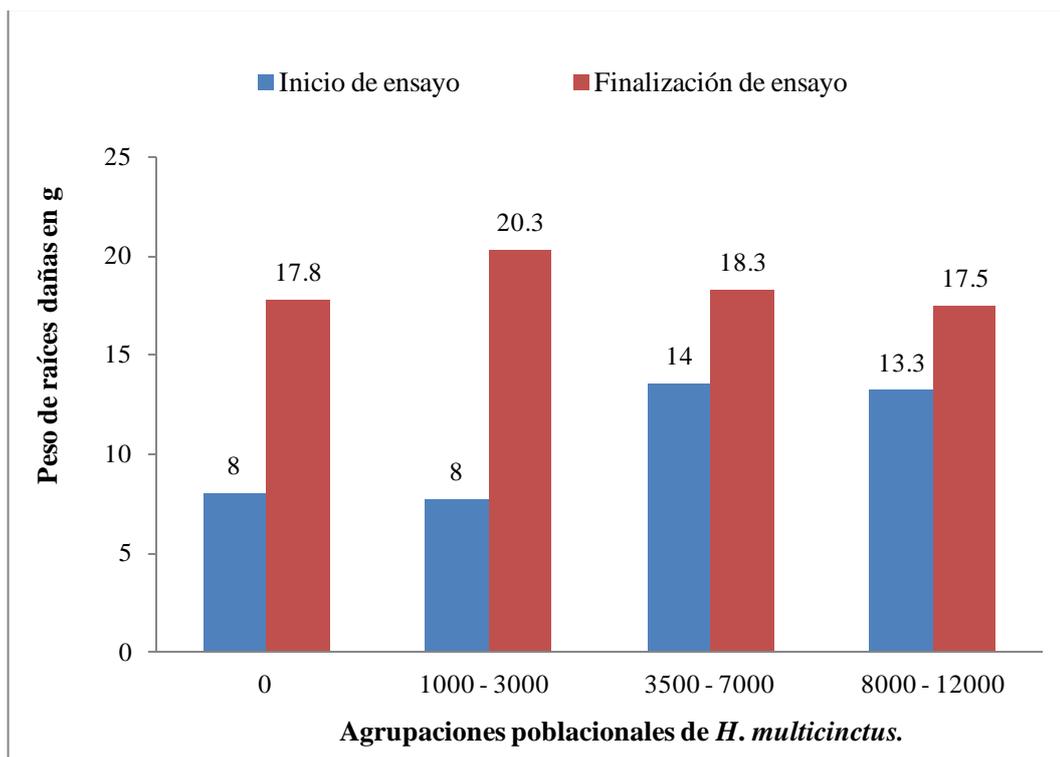


Figura 7. Peso de raíces dañadas por nemátodo en el cultivo de banano. 2012 – 2013.

4.4.4. Densidad población final de *H. multicinctus* en raíces.

En el muestreo realizado en la época de floración, no se obtuvo diferencia estadística entre las agrupaciones. Se determinó que el testigo y las poblaciones de 8000 a 12000 *H. multicinctus* por planta, presentaron el mayor promedio con 57.096 y 54.956 especímenes en 100 g de raíces respectivamente y el rango de 8000 – 12000 nemátodos, que expresó una población final de 43.724, fueron iguales entre y a su vez fueron diferentes al testigo (22.838). El coeficiente de variación fue del 6,27 %.

En la Figura 8, se muestra la densidad poblacional final de *H. multicinctus* en 100 g de raíces al inicio (2012) del ensayo de campo hasta finalizar (2013).

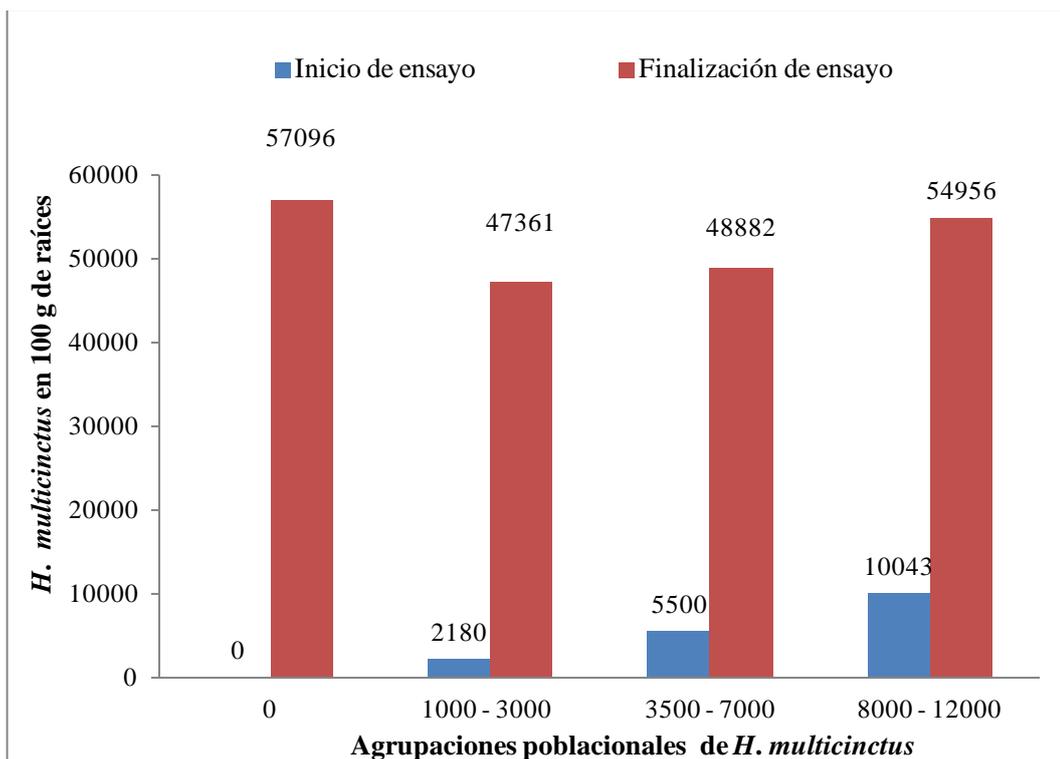


Figura 8. Densidad poblacional final de *H. multicinctus* en 100 g de raíces. Banano en campo 2012 – 2013.

4.4.5. Densidad población final de *H. multicinctus* en suelo.

En esta variable no hubo diferencia estadística entre las agrupaciones (Cuadro 3 A, anexo). Sin embargo, se obtuvo en las poblaciones de 8000 – 12000 *H. multicinctus* por planta, el menor promedio con 926 especímenes en 100 cm³ de suelo, seguido por los niveles de 3500 – 7000 *Helicotylenchus* con una media de 972 individuos y el rango de 1000 – 3000 nemátodos, con 986 y el testigo que expresó la mayor población final (1.310). El coeficiente de variación fue de 10,85 %.

En la Figura 9, se muestra la densidad poblacional final de *H. multicinctus* en 100 cm³ de suelo, al inicio (2012) del ensayo de campo hasta finalizar (2013) el mismo.

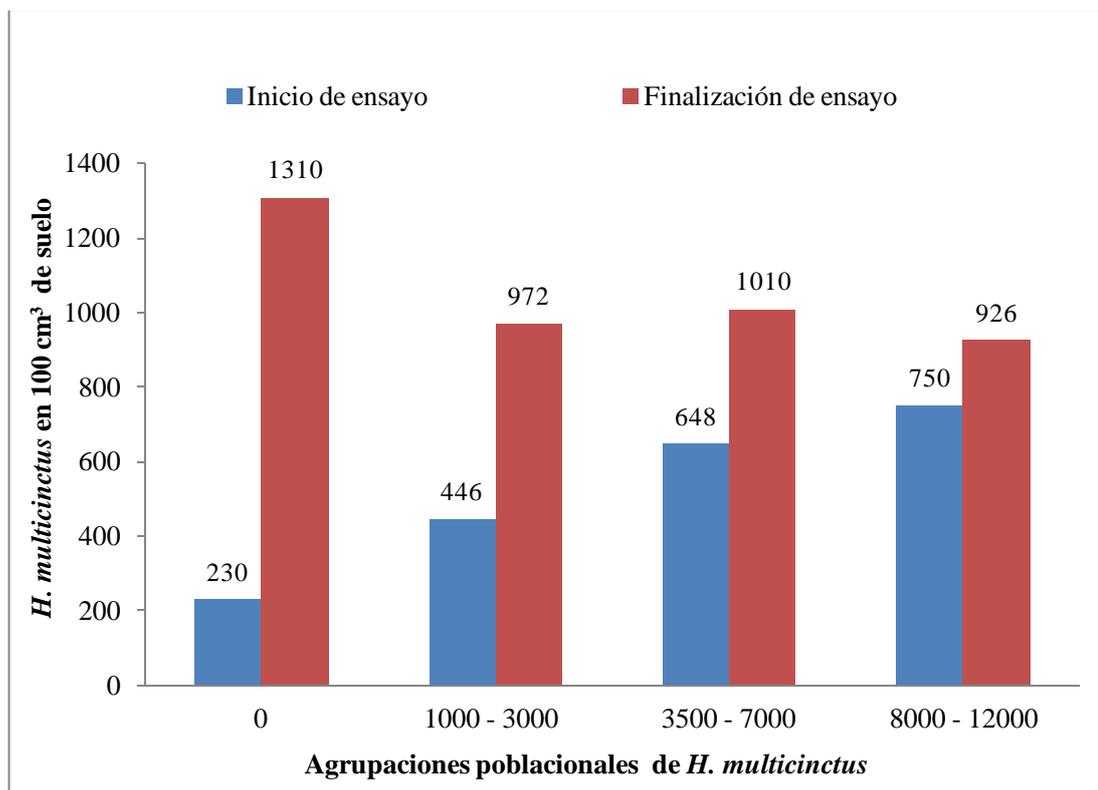


Figura 9. Densidad poblacional final de *H. multicinctus* en 100 cm³ de suelo. Banano en campo 2012 – 2013.

4.4.6. Altura de planta.

No hubo diferencia estadística en esta variable entre las agrupaciones del nemátodo. Los niveles de 1000 – 3000 nemátodos tuvieron la menor altura de planta (315,47 cm), seguido por las poblaciones de 3500 – 7000 especímenes con una media de 322,2 cm y el rango de 8000 – 12000 *H. multicinctus* con 325,77 cm; el testigo obtuvo el mayor promedio con 344,6 cm. El coeficiente de variación fue del 2,5 %.

4.4.7. Circunferencia de pseudotallo.

Los tres rangos poblacionales de nemátodos no presentaron diferencia estadística, así se tiene que el testigo tuvo una media de 60,4 cm y los niveles de 8000 – 12000 nemátodos con 57,86 cm y de 3500 – 7000 especímenes con un promedio de 58,2 cm y el rango de 1000 – 3000 *H. multicinctus* con una media similar a 56,2 cm. El coeficiente de variación fue de 2,21 %.

4.4.8. Peso de racimos.

En las agrupaciones de nemátodos, no hubo diferencia estadística. Mostrándose que el testigo, registró el mayor peso de racimos 19,03 kg, seguido por la densidad poblacional de 1000 – 3000 especímenes por plantas con 16,63 kg, en los niveles de 3500 – 7000 *H. multincinctus*, se obtuvo una media de 15,7 kg y las poblaciones de 8000 – 12000 nemátodos por planta, presentó un promedio de 15,13 kg (Figura 10). El coeficiente de variación fue del 8,1 %.

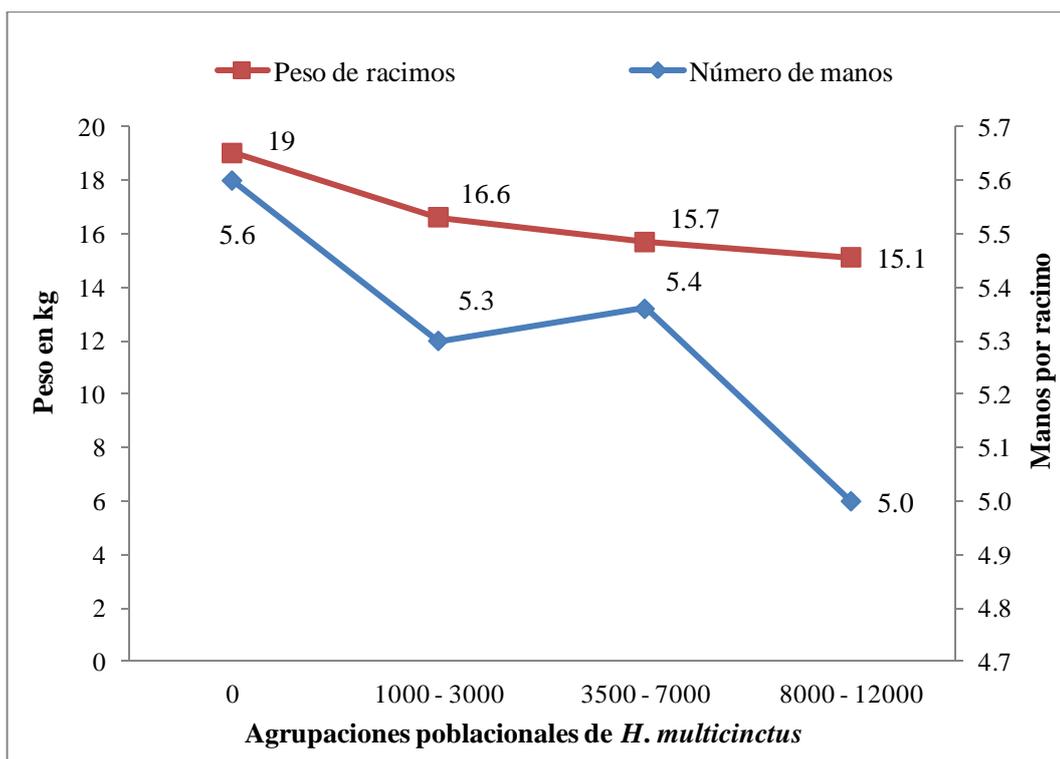


Figura 10. Peso de racimos expresada en kg y número de manos. Cultivo de Banano en campo. 2013.

4.4.9. Número de manos.

Los tres rangos poblacionales de nemátodos fueron iguales estadísticamente. En las poblaciones de 8000 – 12000 especímenes por planta, con 5,0 manos, seguido por los niveles de 1000 – 3000 *H. multincinctus*, con una media de 5,33 y en las poblaciones de 3500 – 7000 nemátodos por planta, presentó un promedio de 5,36 (Figura 10), el testigo con 5,6 manos. El coeficiente de variación fue de 5,57 %.

4.5. Determinación del nivel crítico de *H. multicinctus* en plátano, en plantación establecida.

4.5.1. Peso de raíces totales por planta.

La Figura 11, muestra el peso de raíces totales por planta/ hoyo al inicio del ensayo (2012) y al finalizar (2013).

En el peso de total de raíces por planta/hoyo, hubo diferencia estadística entre los grupo de nemátodo. Se determinó que en los niveles de 8000 – 12000 nemátodos, se obtuvo el mayor peso de raíces totales (82,13 g), seguido por las poblaciones de 3500 – 7000 especímenes con una media de 70,97 g y en el rango de 1000 – 3000 *H. multicinctus* presentó el promedio de 63,87 g y estos a su vez fueron diferentes al testigo con 34,67 g. El coeficiente de variación fue del 15,06 %.

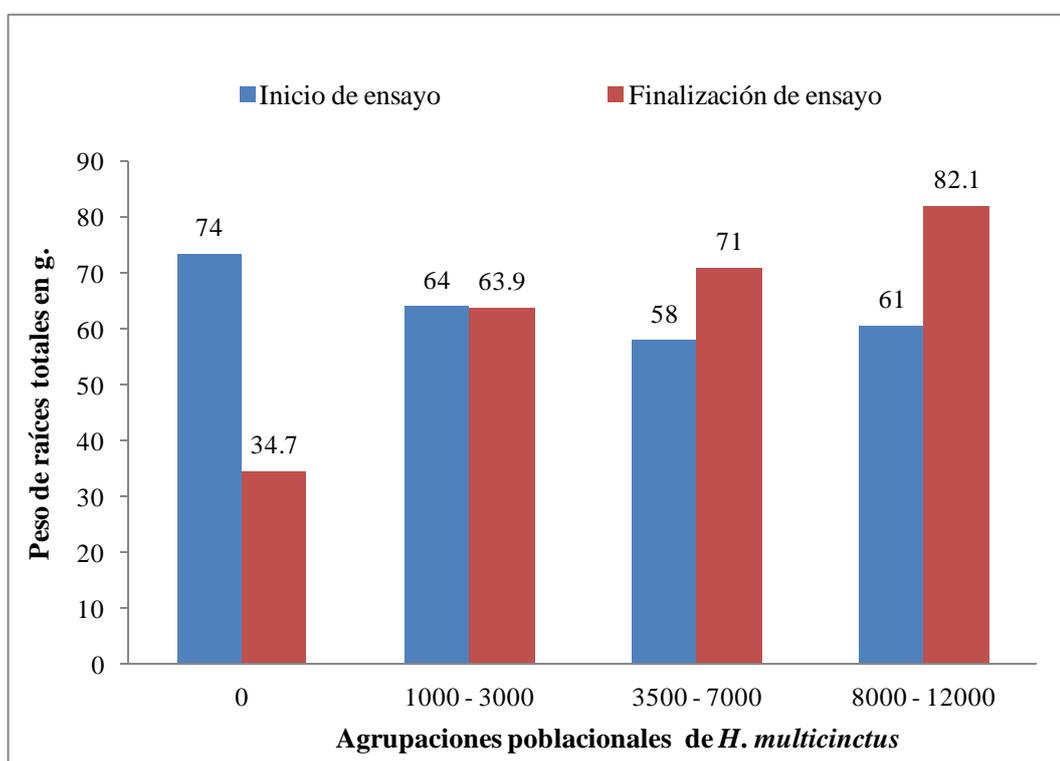


Figura 11. Peso de raíces totales por plantas en el cultivo de plátano 2012 – 2013.

4.5.2. Peso de raíces sanas por planta.

.En el peso de raíces sanas / plantas hoyo. No se obtuvo diferencia estadística entre los grupos de nemátodos analizados. El testigo mostró el menor peso de raíces sanas (21,53 g) seguido

por el rango de 8000 – 12000 nemátodos con 32,5 g y en las poblaciones de 3500 – 7000 especímenes, se registró una media de 45,77 g; y los niveles de 1000 – 3000 *H. multicinctus* con 46,03 g. El coeficiente de variación fue de 22,35 %.

En la Figura 12, se muestra el peso inicial de raíces sanas (2012) y final (2013) en el cultivo de plátano.

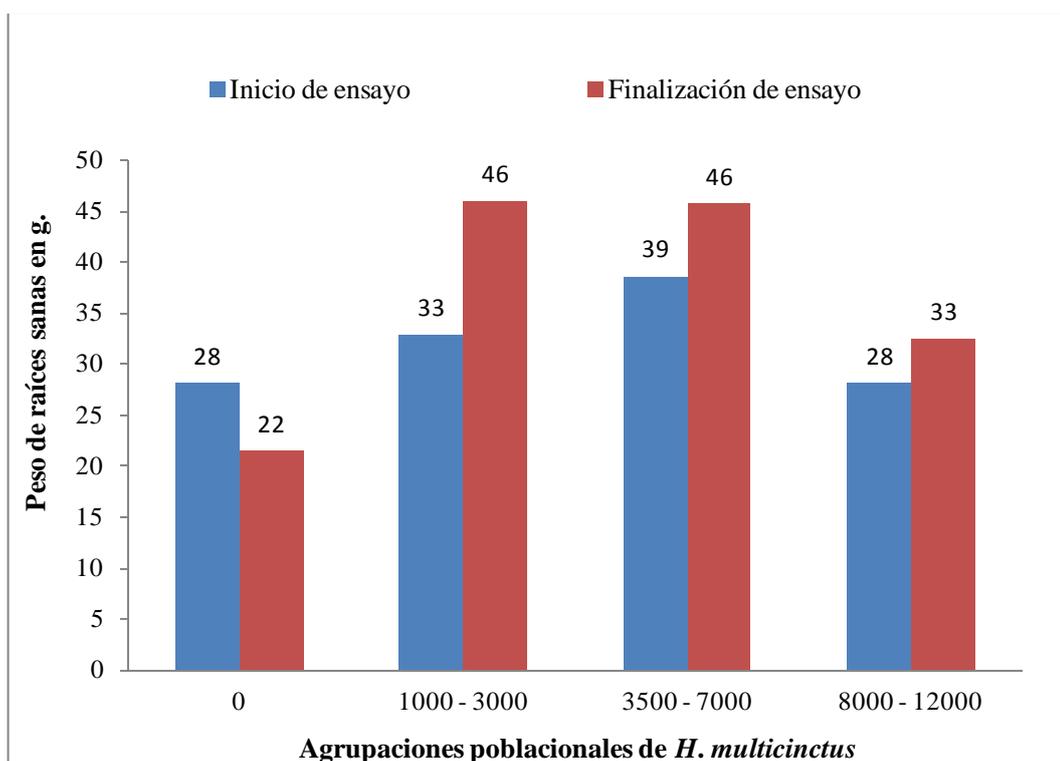


Figura 12. Peso de raíces sanas, en el cultivo de plátano. 2012 – 2013.

4.5.3. Peso de raíces dañadas por nemátodos por planta.

En el muestreo de raíces en la época de floración, se determinó alta significancia estadística ($P < 0,01$). Se obtuvo que las poblaciones de 1000 – 3000 *H. multicinctus* por planta, expresaron el menor peso de raíces dañadas (11,56 g) fue estadísticamente igual al testigo con 11,73 g y al rango de 3500 – 7000 especímenes, que expresaron una media de 20,67 g y estos a su vez fueron diferentes de los niveles de 8000 – 12000 especímenes, que mostró el mayor promedio raíces infestadas por nemátodos (35,9 g). El coeficiente de variación fue del 11,76 %.

La Figura 13, muestra el peso inicial de raíces dañadas por nemátodos (2012) y final (2013) del ensayo de campo, se observa un incremento en el rango poblacional de 3500 – 7000 y 8000 – 12000 nemátodos y la disminución en las agrupaciones 1000 – 3000 y el testigo.

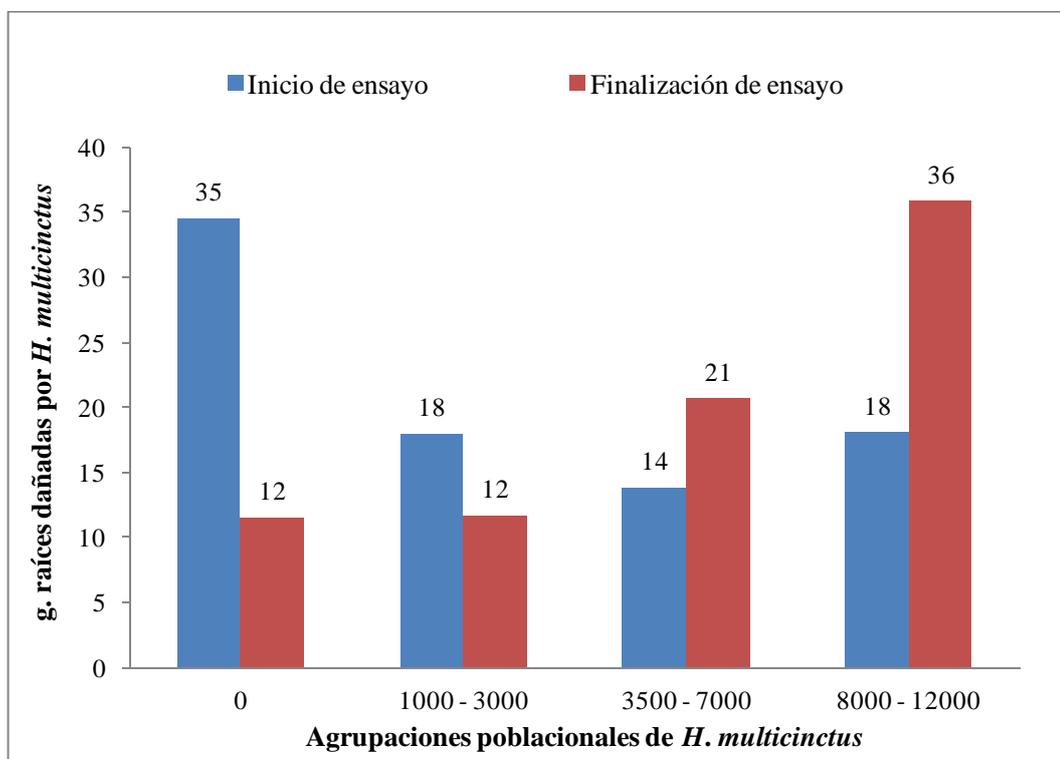


Figura 13. Peso de raíces dañadas por *H. multicinctus* en el cultivo de plátano. 2012 – 2013.

4.5.4. Peso de raíces descompuestas.

En el peso de raíces sanas / plantas hoyo, Se obtuvo que el testigo produjo el menor peso de raíces podridas (1,43 g) seguido por las poblaciones de 1000 – 3000 *H. multicinctus* por planta con 4,56 g fueron estadísticamente igual al rango de 3500 – 7000 especímenes, que expresaron una media de 6,26 g y estos a su vez se diferenciaron de los niveles de 8000 – 12000 especímenes, que mostró el mayor promedio 13,73 g. El coeficiente de variación fue de 20,69 %.

En la Figura 14, al realizar comparaciones el inicio (2012) vs final (2013) del ensayo, se obtuvo un incremento en el peso de raíces podridas en el grupo de nemátodos 8000 – 12000 y la disminución en las agrupaciones 1000 – 3000 y 3500 – 7000.

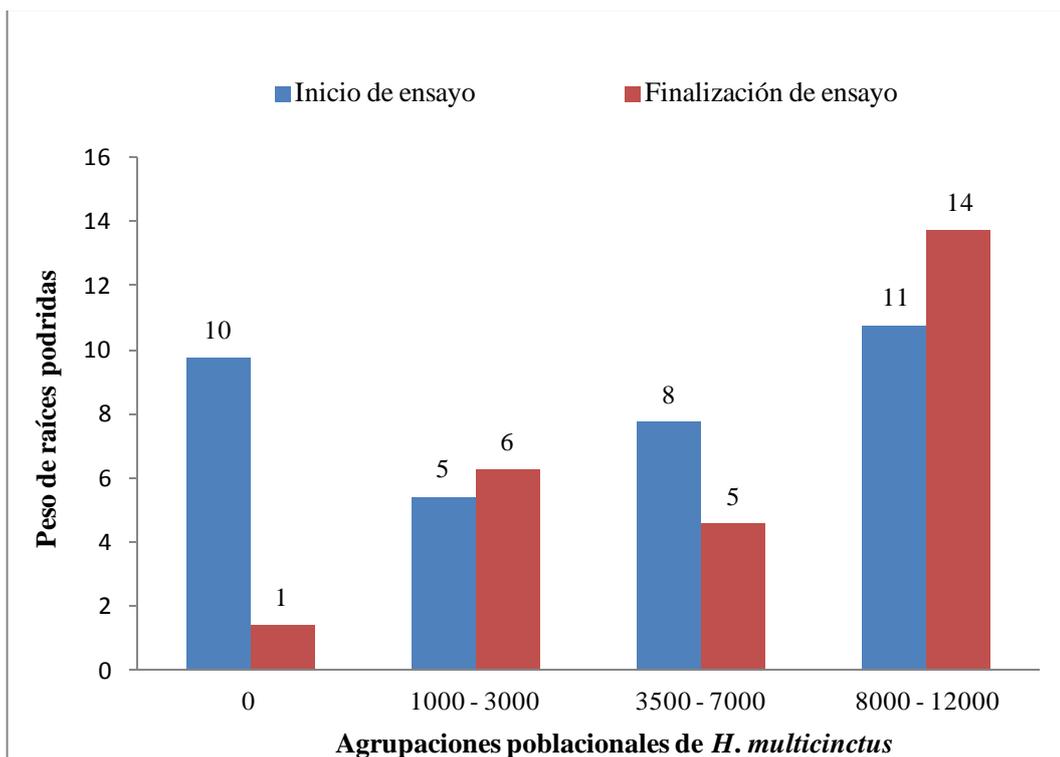


Figura 14. Peso de raíces podridas en el cultivo de plátano. 2012 - 2013.

4.5.5. Densidad población de *H. multicinctus* en raíces.

En esta variable, se obtuvo diferencia estadística entre las agrupaciones (Cuadro 4A, anexo). Las poblaciones de 3500 – 7000 *H. multicinctus* por plantas, se mostró el mayor promedio de 25.167 especímenes en 100 g de raíces, seguido por los niveles de 8000 – 12000 *Helicotylenchus* con una media de 21.644 individuos y el rango de 1000 – 3000 nemátodos, que expresó la menor población final (7 992/100 cm³ suelo) y el testigo con 7.100. El coeficiente de variación fue de 24,01 %.

En la Figura 15, se observa un incremento hasta de un 25 % en la densidad poblacional final (2013) de nemátodos en 100 g de raíces, en relación al inicio del ensayo (2012).

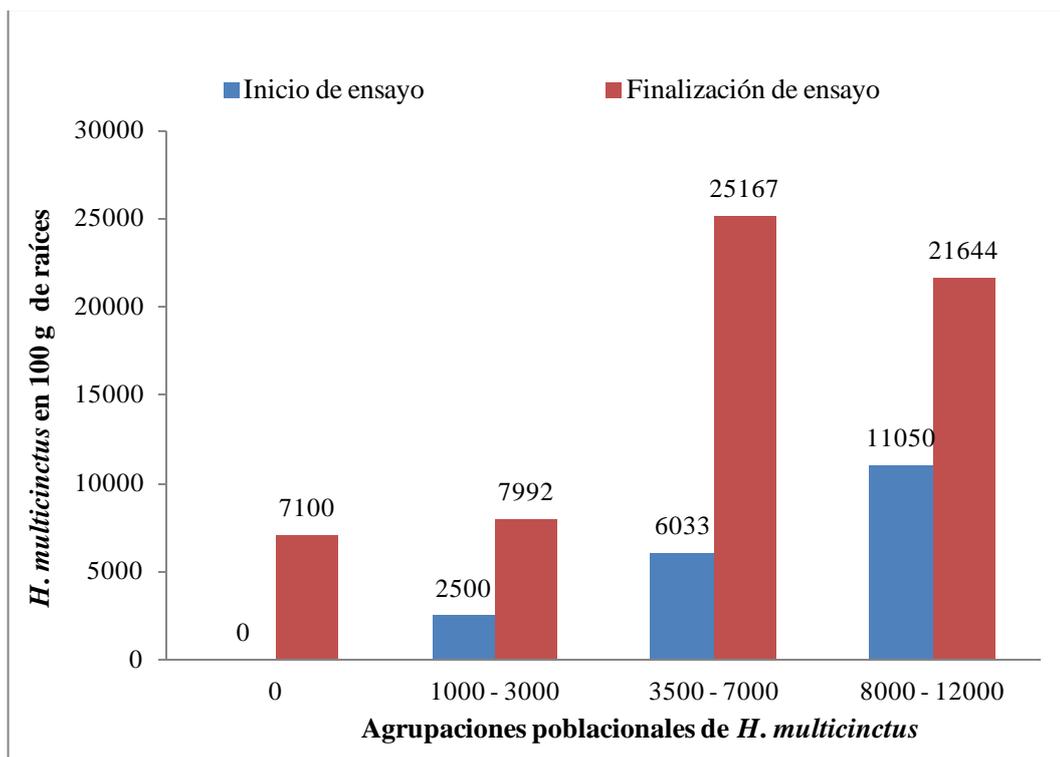


Figura 15. Densidad poblacional final de *H. multincinctus* en 100 g de raíces. Plátano en campo 2012 – 2013.

4.5.6. Densidad población de *H. multincinctus* en suelo.

En esta variable, se obtuvo diferencia estadística entre las agrupaciones (Cuadro 4A, anexo). Se determinó que las poblaciones de 8000 – 12000 *H. multincinctus* por plantas, mostraron el mayor promedio de 329 especímenes en 100 cm³ de suelo, fue estadísticamente diferente al rango de 1000 – 3000 nemátodos, con 184 y al testigo (163/100 cm³ de suelo) estos a su vez fueron igual a los niveles de 3500 – 7000 *Helicotylenchus*, con una media de 283. El coeficiente de variación de 12,76 %.

En la Figura 16, se muestra la disminución hasta de un 15 % en la densidad poblacional inicial (2012) de nemátodos en 100 cm³ de suelo, en relación al finalizar el ensayo en el 2013.

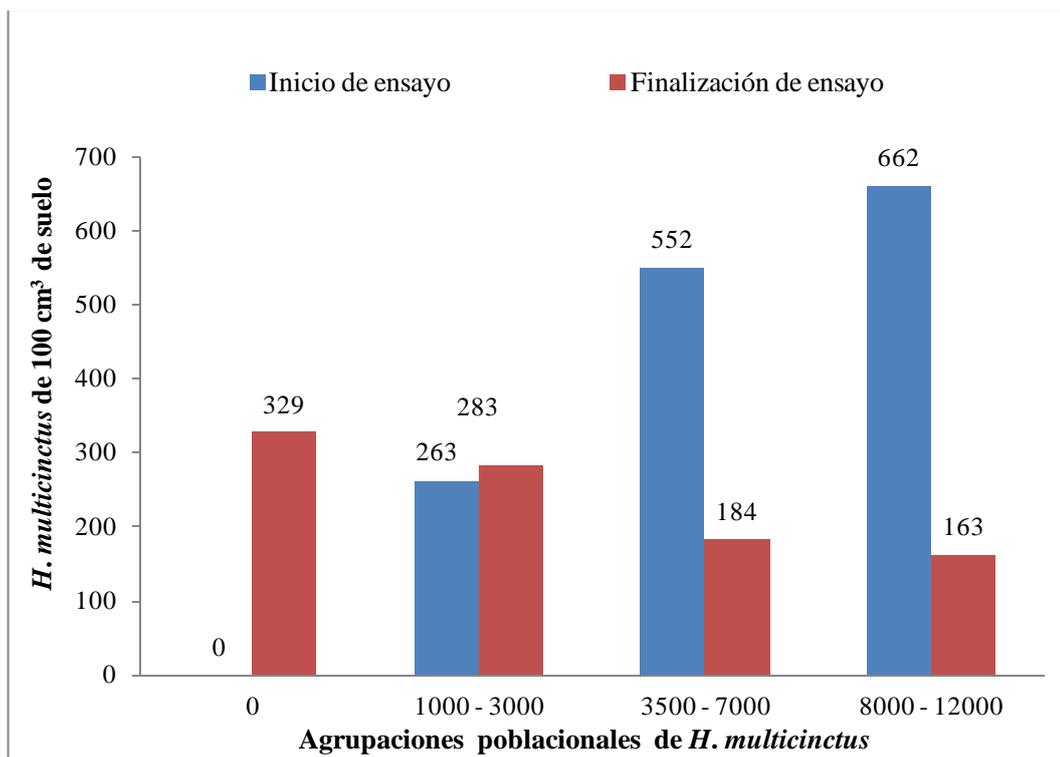


Figura 16. Densidad poblacional final de *H. multicinctus* en 100 cm³ de suelo. Plátano en campo 2012 – 2013.

4.5.7. Altura de planta.

No hubo diferencia estadística en esta variable entre las agrupaciones del nemátodo. Las poblaciones de 8000 – 12000 individuos tuvieron la menor altura de planta (392,30 cm), seguidos por el testigo con 425,60 cm y los niveles de 3500 – 7000 *H. multicinctus*, con una media de 429,47 cm y en el rango de 1000 – 3000 nemátodos, mostró el mayor promedio de 439,77 cm. El coeficiente de variación fue de 4,22 %.

4.5.8. Circunferencia de Pseudotallo.

Los tres rangos poblacionales de nemátodos no presentaron diferencia estadística, los niveles de 8000 – 12000 *H. multicinctus* por plantas, presentó el menor circunferencia de pseudotallo (59,47 cm), seguido por el testigo con 61,4 cm y las poblaciones de 1000 – 3000 especímenes, con una media de 62,8 cm y en el rango de 3500 – 7000 nemátodos, obtuvo el promedio de 65,1 cm. El coeficiente de variación fue de 3,64 %.

4.5.9. Peso de racimos.

En esta variable, no hubo diferencia estadística. Mostrándose que en el testigo y en las densidad poblacional de 3500 – 7000 especímenes por plantas, registraron el mayor peso de racimos 23,1 kg, en los niveles de 1000 – 3000 *H. multincinctus*, se obtuvo una media de 22,43 kg y en las poblaciones de 8000 – 12000 nemátodos por planta, se presentó el menor promedio de 17,33 kg (Figura 17). El coeficiente de variación fue del 9,51 %.

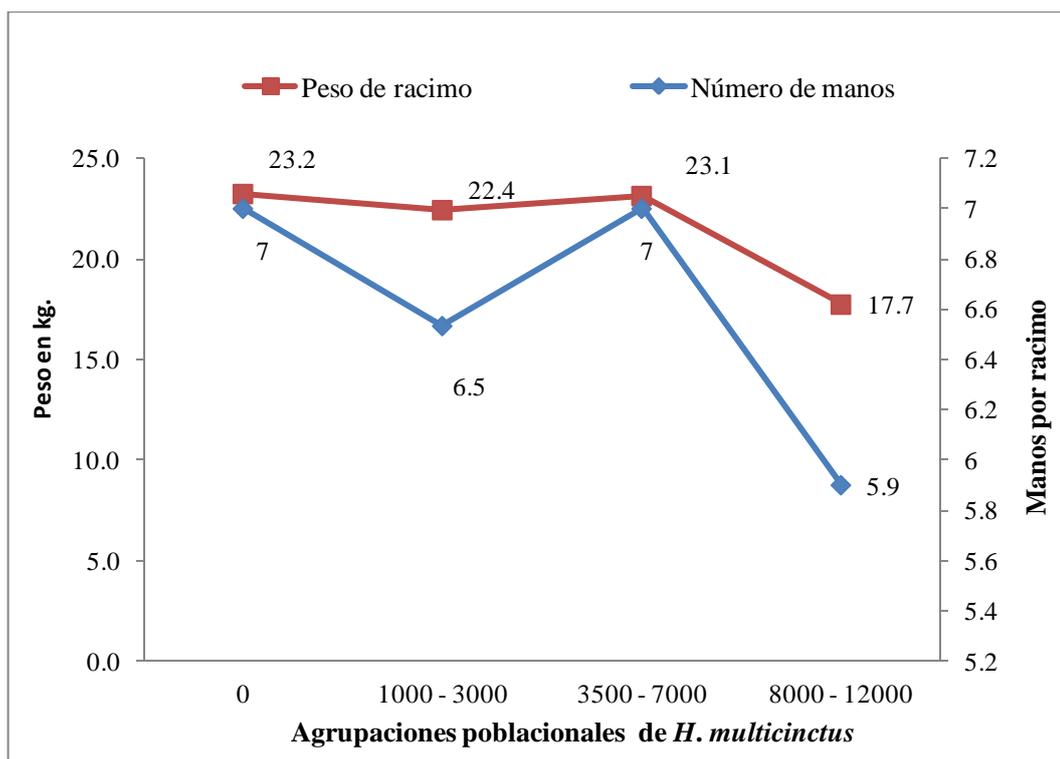


Figura 17. Peso de racimos y número de manos. Plátano en campo de 2013.

4.5.10. Número de manos.

En el número de manos por racimos, se determinó que no hubo diferencia estadística entre los grupos de nemátodos, las poblaciones de 8000 – 12000 especímenes por plantas con 5,9 manos, seguido por los niveles de 1000 – 3000 *H. multincinctus*, con una media de 6,5; el testigo y las poblaciones de 3500 – 7000 nemátodos por planta, mostraron el mayor promedio de 7 manos (Figura 17). El coeficiente de variación fue de 13,07 %.

4.6. Relación de los diferentes niveles de *H. multincinctus* con el rendimiento de banano y plátano.

Se determinó que las densidades poblacionales de *H. multincinctus* y el peso de racimo, existe una relación inversamente proporcional para los cultivo de banano (Figura 18) y plátano (Figura 19); es decir que a medida que se incrementan los niveles poblacionales el daño se hizo notorio y por ende el racimo tiende a perder peso.

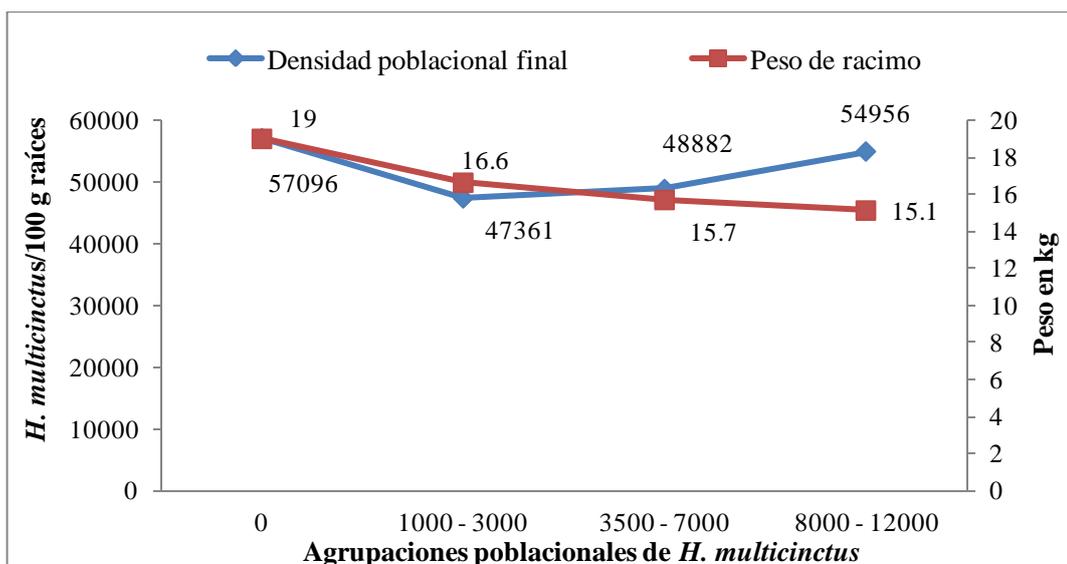


Figura 18. Relación de los diferentes niveles de *H. multincinctus* con el rendimiento del cultivo de banano, 2013.

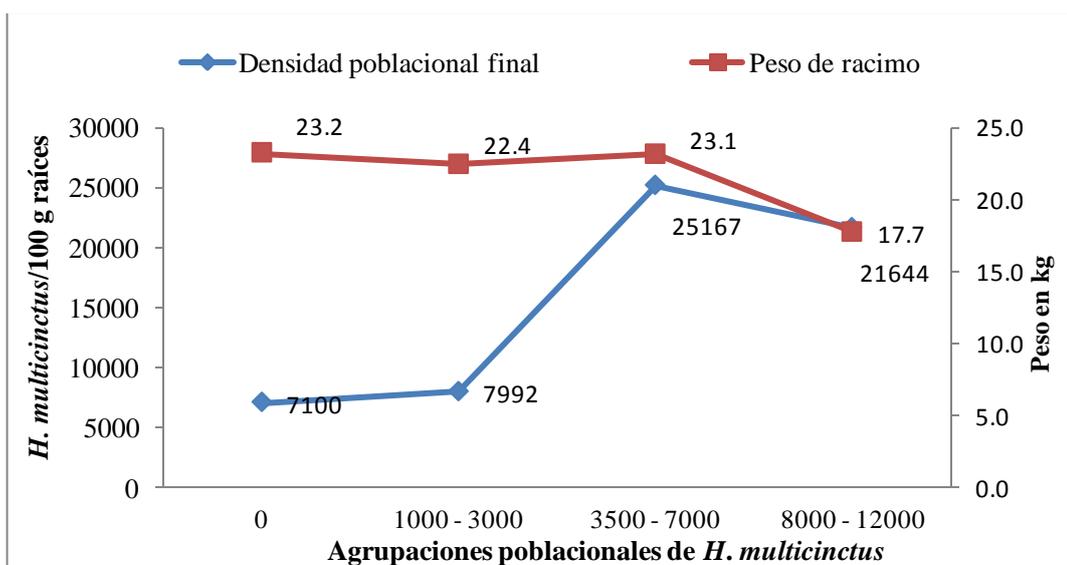


Figura 19. Relación de los diferentes niveles de *H. multincinctus* con el rendimiento del cultivo de plátano, 2013.

5. DISCUSIÓN

Este estudio estuvo dirigido a encontrar el nivel crítico de las poblaciones de *H. multicinctus* en los cultivos de banano y plátano en condiciones invernadero y campo.

El ensayo de banano, realizado en el invernadero con poblacionales de 1000 – 3000 especímenes, expresaron un efecto inhibitorio en desarrollo del cultivo, lo cual está relacionado con el efecto inhibitorio obtenido por Seinhorst (1968) y Wallace (1971). El número de nematodos totales redujo el desarrollo de las plantas (Draye 2003); concordando con Barekye *et al.* (1999), quienes reportaron la reducción en el peso de raíces al comparar plantas inoculadas y sin inocular con *H. multicinctus*; y con Araya (2004 b), que obtuvo una reducción en el peso de raíces en plantas inoculadas con 515 *H. multicinctus*. Esto discrepa con lo encontrado Barekye *et al.* (2000), que obtuvieron una disminución no significativa en el peso de raíces inoculando 1.000 *H. multicinctus*, lo que se difiere para el caso del cultivo de plátano donde estas poblaciones no causan daño representativo en esta investigación.

Las inoculaciones de 8000 – 12000 nemátodos, en banano se produjo un estímulo en el crecimiento de las plantas inoculadas con este rango poblacional de *H. multicinctus*, lo que concuerda con los trabajos realizados por Seinhorst (1968) y Wallace (1971) y mencionan la posibilidad de que los nemátodos puedan tener efectos de inhibición y estimulación mutuamente independientes en las plantas según su número. También indican que cuando el proceso estimulador es mayor que el inhibitorio, la planta muestra un mayor crecimiento en comparación con plantas sanas (sin nemátodos); y en concordancia con Esau (1977) y Soto (1992), quienes reportaron que la destrucción de una raíz por un patógeno induce el desarrollo de nuevas raíces en las zonas próximas, esto coincide tanto con Orion *et al.* (1999). Munhoz (2006), dedujeron que las raíces lesionadas por el nemátodo espiral pueden ser colonizadas por *Fusarium*, *Rhizoctonia* o *Cylindrocarpon*. Los resultados obtenidos en plátano, al eliminar el 25 % y 50 % de la masa radical, se indujo la emisión de raíces secundarias y terciarias en relación al testigo, lo que coincide con lo expresado por Turner (2003) y Soto (1992), quienes obtuvieron la producción de nuevas raíces primarias desde atrás del ápice herido de una raíz primaria. Para el caso del cultivo de plátano estas poblaciones afectaron el desarrollo vegetativo, relacionado con lo indicado por Rodríguez (1990), quien determinó daños con poblaciones de 6 000 – 8 000 nemátodo en 100 g de raíces.

El ensayo ejecutado en el campo, en banano con los niveles de 1000 – 3000 *H. multicinctus* por plantas, se obtuvo una reducción no significativa en el peso de raíces totales. Para el caso de plátano fue similar, estas poblaciones no causan daño de importancia económica, discrepando con lo expresado por Rajendran y Sivakumar (1996), quienes obtuvieron que 1250 de *H. multicinctus* reducen significativamente el desarrollo de la planta.

Las poblaciones de 8000 – 12000 nemátodos por plantas, obtuvieron el mayor peso de raíces dañadas; la menor altura de planta y el peso de racimos, número de manos, lo que se refleja como pérdidas en la producción, lo que concuerda con Araya *et. al.* (2002); INIAP (2003). Triviño y Escobar (2004), Fernández (2006), quienes señalan que *H. multicinctus* puede dañar el sistema radical y reducir los rendimientos en el cultivo de banano. Para el caso del cultivo de plátano fue similar, lo que se relaciona con los trabajos realizados por Suárez y Rosales (2004), Torrado y Castaño (2009) quienes señalan a *H. multicinctus* como una de las especies más agresivas, causando daños al cultivo con la reducción del tamaño y número de hojas, peso del racimo y el tiempo de vida útil de las plantaciones. También se evidenció el volcamiento de las plantas fructificadas, lo que se relaciona con lo encontrado por Alarcón y Castaño (2006), que mencionan que con la presencia de poblaciones de 14.000 *H. multicinctus* en 100 g de raíces producen el volcamiento de las plantas fructificadas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye:

- Para entender la compleja relación nemátodo – planta, es necesario analizar todas las variables en conjunto, así observó que el ataque de nemátodos en banano no se refleja en su desarrollo cuando las plantas son pequeñas, no así cuando la planta entra a la etapa de producción que es cuando manifiesta las falencias nutricionales (baja producción) por la falta de un sistema radical sano.
- Banano es un cultivo más sensible al ataque de nemátodos que el plátano; siendo evidente esto con las inoculaciones más altas; y bajo condiciones controladas las inoculaciones de 1000 – 3000 especímenes, las plantas de banano fueron afectadas en su desarrollo, no así en plátano.
- En el ensayo “Respuesta de las plantas de plátano al daño mecánico inducido al sistema radical en condiciones controlada”. Se registró un estímulo en la emisión de raíces laterales en los tratamientos, que se eliminó entre el 25 y el 50 % de raíces primarias.
- Para determinar el umbral de *H. multicinctus* en los cultivos de banano y plátano, es necesario realizar un ensayo similar por más tiempo (ciclos de cosecha) en el estudio de la interacción de las densidades poblacionales con el desarrollo del cultivo.

Recomendaciones:

- Se recomienda continuar con investigaciones similares en otras zonas bananeras que presenten condiciones agroclimáticas diferentes para determinar su influencia en el desarrollo poblacional y su relación con la planta y la producción; además se consideren las variables como: el tipo de suelo, radiación, precipitación, evapotranspiración, temperatura y la diferenciación floral al momento de la inoculación, selección de plantas y evaluaciones.
- Relacionar el manejo agronómico utilizado para cada unidad productiva vs las densidades poblacionales de los nemátodos.

7. RESUMEN

Determinación del nivel crítico del nemátodo *Helicotylenchus multicinctus* en plantas de banano (musa AAA) y plátano (musa AAB), establecidas en invernadero y área comercial, en el 2012 – 2013. Las densidades poblacionales de *H. multicinctus* fueron distribuidas en 19 tratamientos con 5 repeticiones (plantas) que fueron agrupados en baja de 1000 – 3000, media 3500 – 7000, alta 8000 – 12000 y el testigo (0). Se utilizó el Diseño Completamente al Azar y la prueba de medias de Duncan al 5 %.

En el ensayo de banano y plátano en invernadero: Se utilizaron 190 fundas plásticas de 40 litros de capacidad con suelo solarizado, se trasplantaron plántulas meristemáticas de 15 cm de altura; al mes, se inocularon los niveles de *H. multicinctus* según los tratamientos. El riego se efectuó de acuerdo al requerimiento de las plantas. A los 90 días se evaluó: En la agrupación de 1000 – 3000, en banano y plátano el peso de raíces fue estadísticamente igual al testigo y en la agrupación de 8000 – 12000 especímenes, en banano hubo un aumento en el peso de raíces funcionales, para el caso de plátano, en esta misma agrupación, la cantidad se redujo.

En los ensayos de banano y plátano en campo, en lotes comerciales infestados con el nemátodo espiral se seleccionaron las plantas que presentaron las densidades poblacionales según los 19 tratamientos con cinco repeticiones (planta). A estas plantas en la etapa de floración, se evaluó desarrollo vegetativo, calidad de raíces y población de nemátodos; además se evaluó el peso de racimos a la cosecha. En banano no hubo diferencia estadística en ninguna de las variables evaluadas. En plátano solo hubo diferencia estadística en la agrupación de 8000 – 12000 especímenes para las variables de nemátodos en raíces y suelo, y cantidad de raíces.

Se recomienda continuar con investigaciones similares con poblaciones superiores y en otras zonas bananeras que presenten condiciones agroclimáticas diferentes para determinar su influencia en el desarrollo poblacional del nemátodo y de la planta y la producción.

SUMMARY.

Determination of the economic threshold of nematode *Helicotylenchus multincinctus* in banana plants (Musa AAA) and plantain (Musa AAB), established in the greenhouse and commercial area in 2012 – 2013. Population densities of *H. multincinctus* were distributed in 19 treatments with 5 replicates (plants) that were grouped into low 1000 – 3000, average 3500 – 7000, high 8000 – 12000 populations and the control (0). We used completely randomized design and Duncan mean test at 5 %.

In the trials of banana and plantain, in greenhouse, were used 190 plastic bags with solarized soil, 15 cm seedlings were transplanted, after a month, the treatments were inoculated. The irrigation was done according to the requirements of the plants. At 90 days were evaluated: In the group of 1000 – 3000, in banana and plantain root weight was statistically similar to the control and the 8000 – 12000 group, in banana there was an increase in the weight of functional roots, in the case of plantain, in this same group, the amount was reduced.

In trials of banana and plantain in the field at commercial lots infested with the spiral nematode, plants were selected that showed population densities according to 19 treatments with five replicates (plants). In these plants at the flowering stage was evaluated vegetative growth, quality of roots and nematode population; also evaluated the cluster weight. In banana, there was no statistical difference in any of the variables. In plantain, only statistical difference in the 8000 – 12000 group with nematodes in roots and soil and quantity of roots.

It's necessary continue similar research with higher populations and in other growing conditions to determine their influence on population nematode and development of the plant.

8. LITERATURA CITADA

- Alarcón, J y Castaño, J. 2006. Reconocimiento fitosanitario de las principales enfermedades del plátano dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds). *Agron.* 14(1): 65 – 79 pp.
- Araya, M., y Chaus, A. 1996. Niveles poblacionales de *Radopholus similis* y *Helicotylenchus spp*, *Meloidogyne*. En plantas madres de banano (*Musa* AAA Clon Gran Enano) y sus respectivos hijos de sucesión. *Corbana* 21(46):77 p.
- Araya, M., De Waele, D. y Vargas, R. 2002. Occurrence and population densities of nematode parasites of banana (*Musa* AAA) roots in Costa Rica. *Nematropica* 32(2):31 p.
- Araya, M. 2003. Situación actual del manejo de nemátodos en banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB) en el trópico Americano. Actas del taller “Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas”, celebrado en Guayaquil. EC. 82 p.
- Araya, M. 2004 a. Los fitonemátodos del banano (*Musa* AAA subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery, William) su parasitismo y combate. XVI Reunión Internacional Acorbat. Publicación Especial. 84 p.
- Araya, M. 2004 b. La biodegradación acelerada de nemátocidas no-fumigante en plantaciones comerciales. XVI Reunión Internacional Acorbat. Publicación Especial. 113 p.
- Araya, M. 2006. Parasitismo y patogenicidad de los nemátodos del banano (*Musa* AAA) subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery, William. *Nematropica* 36(2):112 p.
- Belalcazar, S. 1991. Cultivo de plátano en el trópico. 337 p.
- Barekye, A.; Kashaija, I.N.; Tushemereirwe, W.K. y Adipala, E. 2000. Comparison of damage levels caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* on bananas in Uganda. *Ann. Appl. Biol.* 137:273-278 pp.
- Barekye, A.; Kashaija, I.N.; Adipala, E. y Tushemereirwe, W.K. 1999. Pathogenic city of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* on bananas in Uganda: 319 – 326 pp. *In*: E.A. Frison, C.S. Gold, E.B. Karamura and R.A. Sikora eds. Mobilizing IPM for

sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa – 23 – 28 November, 1998. IPGRI-INIBAP Montpellier France.

Cássia, F., Aparecida, A., Hyidu, M., Ruas, P., Brito, R., Azis, A. y Ferraz, S. 2006. Influencia de fatores edáficos sobre a população de *Meloidogyne javanica*, *Helicotylenchus multicinctus* e *Radopholus similis* em bananeira XVII Reunión Acorbat. Joinville, Santa Catarina, Brasil 15 – 20 octubre 2006. 813 – 817 pp.

Chávez, S. y Araya, M. 2009. Correlaciones entre las características del suelo y los nemátodos de las raíces del banano (*Musa* AAA) en Ecuador. Notas Técnicas Agronomía Mesoamérica 20(2):361-369 pp.

Crozzoli, R., Graff, R. y D. Rivas. 1993. Nematodos fitoparásito asociados al cultivo del banano (*Musa acuminata* AAA) en el estado Aragua, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 19:275 – 287 pp.

Díaz, M., Rivera, C. y Durán, L. 2007. Como proteger de las plagas del suelo los cormos-semilla de plátano y banano. 1a ed. La Lima, Cortés, Honduras: FHIA, Departamento de Protección Vegetal. sp.

Douglas H, Turner B. y Kenneth R. 2002. Diseminación del banano en Latinoamérica y el Caribe y su relación con la presencia de *Radopholus similis*. Manejo Integrado de Plagas y Agroecológica (Costa Rica) No. 66: 62 – 75 pp.

Draye X. 2003 Distribution of banana roots in time and space. International Symposium of banana root system: towards a better understanding for its produce management San José, Costa Rica. Corbana 3(5):20 p.

Esau, K. 1977. Anatomy of seed New York. Wiley. Sp.

Fernández, A. 2006. Banano en el Ecuador. 201 p.

Fallas, G., Chiquita, B. 2003. Combate de nemátodos en banano: Estado actual y futuro. Nematropica 33(2):33 p.

- Golden. 1956. Clasificación taxonómica *Helicotylenchus multicinctus* (en línea). Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Helicotylenchus_multicinctus. Visitado en fecha: 26/09/2011.
- Guzmán, A. y Castaño, J. 2002. Reconocimiento de los nemátodos fitopatógenos en plátanos “Dominicos Harton” (*Musa* AAB Simmonds), ‘FHIA-21’ y ‘FHIA-21’ en Colombia. *Infomusa* 11(2):33 p.
- Inec. 2008. Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador (ESPAC). Disponible en www.ecuadorencifras.com/lcds-samples/testdrive-remoteobject/main.html. www.ecuadorencifras.com/lcds-samples/testdrive-remoteobject/main.html#app=sab8&24-selectedIndex=0. Visitado en fecha: 26/09/2011.
- INIAP. 1992. Principales fitonemátodos en el Ecuador, su descripción, biología y combate. Manual 21(8). s/p.
- INIAP. 2003. Combate de las enfermedades y plagas importantes del plátano (aab) mediante el uso de prácticas culturales, un entomopatógeno y biocidas de baja toxicidad. Boletín divulgativo no. 304. s/p.
- Jean C., De Waele, D., Escalant, J. 2003. Identificación y preparación de los nemátodos endoparásitos. INIBAP. Guías Técnicas 7:44 p.
- Labarca, J., Jiménez, N. y Pineda, M. 2007. Nemátodos fitoparásito asociados con malezas del cultivo de plátano en la zona de Bosque del Sur del Lago de Maracaibo-Venezuela. *Nematropica* 37(2):117 p.
- Matielle, T. 1992. FA925117 – Contribution á l’étude des relations hôte-parasite entre le bananier phytophages: *Radopholus similis*, *Helicotylenchus multicinctus*, *Hoplolaimus pararobustus*. *Musarama* 5(2):26 p.
- Montiel, A., Sosa, L., Medrano, C y Romero, D. 1997. Nematodos fitoparásito en plantaciones de plátano (*Musa* AAB) de la margen izquierda del río Chama, Estado Zulia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 14: 245 – 251 pp.
- Munhoz, A. 2006 identificação e manejo de nematóides da bananeira no leste do estado do Paraná sp.

- Orion, D., Levy y Fischer, E. 1999. SCANNING ELECTRON MICROSCOPE OBSERVATIONS ON NEMATODE (*HELICOTYLENCHUS MULTICINCTUS*) – INFESTED BANANA ROOTS. *Nematropica* 29(2):179 p.
- Ploetz, R. 2004. Enfermedades y plagas: Un análisis de su importancia y manejo. *Infomusa* 13(2):12 p.
- Quezada, E. 1999. Uso de abonos orgánicos como supresores de fitonemátodos del cultivo de banano. EART (en línea). Disponible en:
<http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/485.pdf?cache=1282322306>. Visitado en fecha: 26/09/2011.
- Rajendran, G. y Sivakumar, C. 1996. Pathogenicity of the spiral nematode, *Helicotylenchus multicinctus* and effect on yield and nutrient status of banana. *Pest Management in Horticultural Ecosystems* 2:23 – 27 pp.
- Rodríguez, R. (1990). Los nematodos de la platanera (*Musa acuminata* AAA subgrupo Cavendish Enana) en Canarias (1963-1984). Las Palmas de Gran Canarias, Caja Insular de Ahorros de Canarias. 58 p.
- Seinhorst, H W. 1968. A model for the relation between nematode density and yield of attacked plants including growth stimulation at low densities. *Comptes Rendus du Huitieme Symposium International de Nematologie*. Antibes 83 p.
- Soto, M. 1992. Banano cultivo y comercialización. 26 – 27 pp.
- Suárez, Z. y Rosales, L. 2004. Problemas Nematológicos en musáceas. *Rev. CENIAP*. Sp.
- Torrado, J., y Castaño, J. 2009. Incidencia de nematodos en plátano en distintos estados fenológicos. *Agron. Colomb.* 27(2): 237 – 244 pp.
- Turner, D. 2003. Factors affecting the physiology of the banana root system. *International Symposium of banana root system: towards a better understanding for its produce management* San José, Costa Rica. *Corbana* 3(5): 36 p.
- Triviño, C. 2003. Manejo de nemátodos en Musáceas del Ecuador. *Actas de Taller “Manejo convencional de la Sigatoka negra, nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos”*. INIBAP. Guayaquil. EC. 103 p.

- Triviño, C. y Escobar, J. 2004. Impacto de la reducción del uso de nemáticidas en la producción actual de banano en Ecuador. *Nematropica* 34(2):117 p.
- Wallace, HR. 1971. The influence of the density of nematode populations on plants. *Nematológica* 17: 154 – 166 pp.
- Wang, K. y Hooks, C. 2009. Plant-parasitic nematodes and thier associated natural enemies with in banana (*Musa* spp) planting in Hawaii. *Nematropica* 39(1):57 – 74 pp.

ANEXO

Cuadro 1A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan, en el análisis combinado, para las agrupaciones de nemátodos, en el cultivo de banano invernadero. EELS, 2012.

| Tratamientos | Peso de raíces g/planta | | | <i>H. multicinctus</i> | | Planta | |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|----------|------------------------|--------|------------|--------------------|
| | Sanas | Dañadas por nemátodos | Totales | Raíces | Suelo | Altura cm. | Circunferencia cm. |
| 1000 - 3000 | 249,7 a | 138,0 a | 310,0 c | 1388 c | 256 c | 71,3 ab | 15,3 b |
| 3500 - 7000 | 289,0 a | 105,3 a | 394,3 ab | 4637 ab | 1002 b | 75,7 a | 16,7 a |
| 8000 - 12000 | 296,0 a | 60,3 b | 433,7 a | 6669 a | 1367 a | 75,3 a | 17,3 a |
| testigo | 275,3 a | 46,7 b | 322,3 bc | 0 c | 0 d | 62,7 b | 15,3 b |
| Duncan | 67,0 | 37,1 | 82,0 | 1347 | 254 | 9,2 | 1,2 |
| C.V (%) | 6,4 | 11,1 | 5,1 | 11,5 | 11,2 | 3,2 | 1,8 |
| Signif. Estadist. | ns | ** | * | ** | ** | ns | * |

Helicotylenchus multicinctus en 100 g de raíces y 100 cm³ de suelo. Promedios con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha = 0,05$); ns = sin significancia estadística; (*) significancia estadística; (**) Alta significancia.

Cuadro 2A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan, en el análisis combinado, para las agrupaciones de nemátodos, en el cultivo de Plátano invernadero. EELS, 2012.

| Tratamientos | Peso de raíces g./planta | | | <i>H. multicinctus</i> | | Planta | |
|-------------------|--------------------------|-----------------------|---------|------------------------|--------|------------|--------------------|
| | Sanas | Dañadas por nemátodos | Totales | Raíces | Suelo | Altura cm. | Circunferencia cm. |
| 1000 – 3000 | 344,7 a | 89,3 a | 433,7 a | 1504 c | 256 bc | 60,3 a | 15,7 a |
| 3500 – 7000 | 322,7 a | 50,0 b | 373,0 a | 3243 b | 617 b | 61,3 a | 15,7 a |
| 8000 – 12000 | 328,3 a | 104,0 a | 432,0 a | 5972 a | 1369 a | 60,3 a | 15,3 a |
| Testigo | 360,0 a | 101,7 a | 461,7 a | 0 d | 0 c | 55,7 a | 15,0 a |
| Duncan | 113,0 | 18,7 | 117,8 | 1384 | 477 | 13,3 | 2,5 |
| C.V (%). | 7,7 | 5,7 | 6,3 | 10,8 | 11,9 | 5,3 | 3,9 |
| Signif. Estadíst. | ns | ** | ns | ** | ** | ns | ns |

Helicotylenchus multicinctus en 100 g de raíces y 100 cm³ de suelo. Promedios con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha = 0,05$); ns = sin significancia estadística; (*) significancia estadística; (**) Alta significancia.

Cuadro 3A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan, en el análisis combinado, para las agrupaciones de nemátodos, en el cultivo de banano campo 2012 – 2013.

| Tratamientos | Peso de raíces g. | | | <i>H. multicinctus</i> | | Planta | | Racimos | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|---------|------------------------|--------|------------|--------------------|----------|---------|
| | Sanas | Dañadas por nemátodos | Totales | Raíces | Suelo | Altura cm. | Circunferencia cm. | Peso kg. | # Manos |
| 1000 – 3000 | 34,0 a | 20,3 a | 63,0 a | 47361 a | 987 a | 315,5 a | 56,2 a | 16,6 a | 5,4 a |
| 3500 – 7000 | 35,0 a | 18,3 a | 60,7 a | 48882 a | 972 a | 322,2 a | 58,2 a | 15,7 a | 5,3 a |
| 8000 – 12000 | 39,1 a | 17,5 a | 68,4 a | 54956 a | 925 a | 325,7 a | 57,9 a | 15,1 a | 5,0 a |
| Testigo | 44,5 a | 17,7 a | 69,0 a | 57096 a | 1310 a | 344,6 a | 60,4 a | 19 a | 5,6 a |
| Duncan | 30,9 | 41,7 | 31,9 | 12505 | 464,5 | 32,2 | 5,1 | 5,4 | 1,1 |
| C.V (%). | 18,8 | 18,2 | 12,1 | 6,3 | 10,8 | 2,5 | 2,2 | 8,1 | 5,6 |
| Signif. Estadíst. | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

Helicotylenchus multicinctus en 100 g de raíces y 100 cm³ de suelo; Peso = Peso en kilogramos. Promedios con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha = 0,05$); ns = sin significancia estadística; (*) significancia estadística; (**) Alta significancia.

Cuadro 4A. Resultados de la comparación de medias por el método de Duncan, en el análisis combinado, para las agrupaciones de nemátodos, en el cultivo de plátano campo 2012 – 2013.

| Tratamientos | Peso de raíces g. | | | | <i>H. multicinctus</i> | | Planta | | Racimos | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|----------|---------|------------------------|--------|------------|--------------------|----------|---------|
| | Sanas | Dañadas por nemátodos | Podridas | Totales | Raíces | Suelo | Altura cm. | Circunferencia cm. | Peso kg. | # Manos |
| 1000 - 3000 | 46,1 a | 11,6 b | 6,3 b | 63,9 a | 7992 ab | 184 b | 439,8 a | 62,8 a | 22,4 a | 6,5 a |
| 3500 - 7000 | 45,8 a | 20,7 b | 4,6 b | 70,9 a | 25167 a | 283 ab | 429,5 a | 65,1 a | 23,0 a | 7,0 a |
| 8000 - 12000 | 32,5 a | 33,7 a | 23,7 a | 82,1 a | 21644 ab | 329 a | 392,3 a | 59,5 a | 17,7 a | 5,9 a |
| testigo | 21,5 a | 11,7 b | 1,4 b | 34,7 b | 7100 b | 163 b | 425,6 a | 61,4 a | 23,0 a | 7,0 a |
| Duncan | 27,2 | 10,2 | 7,7 | 26,3 | 17770 | 130 | 55,3 | 6,9 | 8,3 | 1,5 |
| C.V (%) | 22,4 | 11,8 | 20,7 | 15,1 | 24,1 | 12,8 | 4,2 | 3,6 | 9,5 | 3,1 |
| Signif. Estadíst. | ns | ** | ** | * | * | * | ns | ns | ns | ns |

Helicotylenchus multicinctus en 100 g de raíces y 100 cm³ de suelo; Peso = Peso en kilogramos. Promedios con la misma letra no difieren significativamente ($\alpha = 0,05$); ns = sin significancia estadística; (*) significancia estadística; (**) Alta significancia.



Figura 1A. Hembra (A) y Macho (B) de *H. multicinctus*.



Figura 2A. Ensayo de banano en invernadero.



Figura 3A. Ensayo de plátano en invernadero.



Figura 4A. Ensayo de banano en campo.



Figura 5A. Ensayo de plátano en campo.



Figura 6A. Raíces sanas.



Figura 7A. Raíces dañadas por *Helicotylenchus multicinctus*.



Figura 8A. Daño mecánico que inducen la emisión de raíces.