

**COMPARACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE
NEMATODOS EN EL CULTIVO DE PLÁTANO (*MUSA ABB*) ENTRE
UNA PLANTACIÓN COMERCIAL CON NEMATICIDAS Y SIN
NEMATICIDAS EN LA REGION HUETAR NORTE, COSTA RICA**

MARCO A. SOTO VALVERDE

Trabajo final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía como requisito
parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2009

**COMPARACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE
NEMATODOS EN EL CULTIVO DE PLÁTANO (*MUSA ABB*) ENTRE
UNA PLANTACIÓN COMERCIAL CON NEMATICIDAS Y SIN
NEMATICIDAS EN LA REGION HUETAR NORTE, COSTA RICA**

MARCO A. SOTO VALVERDE

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M. Sc.

Asesor

Ing. Agr. Tomás Guzmán Hernández, PhD.

Jurado

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, PhD.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador Trabajos Finales de
Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.

Director Escuela de Agronomía

2009

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi padre y madre Marco Aurelio y Ana por ser mis pilares a lo largo de mi vida, tanto personal como universitaria.

A mis hermanos Carmen, Andrés y Alejandro, por su cariño, apoyo y en esos momentos felices que hemos vivido en nuestros días.

A mis amigos de universidad, ellos saben quiénes son, que sin ellos nunca hubiera logrado sobrepasar los momentos difíciles durante mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco al Dr. Tomás Guzmán por todo su apoyo y enseñanza durante mi trabajo final de graduación.

Al profesor Msc. Joaquín Durán por su asesoría y amistad a lo largo de mi tiempo en la universidad.

Al profesor Dr. Carlos Muñoz por su paciencia y apoyo en mi trabajo final.

Le agradezco a Silvia Hernández y a Ingrid Varela por toda su colaboración en el trabajo y en los buenos momentos durante el mismo.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
TABLA DE CONTENIDOS	III
LISTA DE CUADROS	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.1.2 <i>Objetivos específicos:</i>	2
2. REVISIÓN LITERARIA.....	3
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL PLÁTANO (<i>MUSA ABB</i>)	3
2.1.1 <i>Origen</i>	3
2.1.2 <i>Características</i>	3
2.1.3 <i>Características botánicas</i>	4
2.1.4 <i>Morfología</i>	4
2.2 ASPECTOS ECOLÓGICOS DEL CULTIVO DEL PLÁTANO (<i>MUSA ABB</i>)	6
2.2.1 <i>Factores climáticos del cultivo del plátano (Musa AAB)</i>	6
2.2.2 <i>Factores edáficos del cultivo del plátano (Musa AAB)</i>	7
2.2.3 <i>Distribución del sistema radicular del cultivo del plátano (Musa AAB)</i>	8
2.3 GENERALIDADES DE LOS NEMATODOS.....	9
2.4 CICLO DE VIDA Y HÁBITOS ALIMENTICIOS DE LOS NEMATODOS.....	9
2.5 FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO Y REPRODUCCIÓN DE LOS NEMATODOS.....	11
2.5.1 <i>Condición del Suelo</i>	11
2.5.2 <i>Condiciones climáticas</i>	12
2.5.3 <i>Condiciones fisiológicas del cultivo</i>	13
2.6 NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DEL PLÁTANO (<i>MUSA AAB</i>)	13
2.6.1 <i>Dinámica poblacional de los nematodos</i>	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	16
3.2 PERIODO EXPERIMENTAL.....	16
3.3 POBLACIÓN ESTUDIADA	16
3.4 TOMA DE MUESTRAS	16
3.5 ANÁLISIS DE MUESTRAS EN LABORATORIO.....	17
3.5.1 <i>Raíces</i>	17
3.5.2 <i>Suelo</i>	18

3.6	VARIABLES A EVALUAR	18
3.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	18
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1	CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICADOS DE NEMATODOS	19
4.2	EFFECTO DE FACTORES CLIMÁTICOS EN LA DINÁMICA POBLACIONAL DE NEMATODOS.....	20
4.3	ESCALAS DE INCIDENCIA DE NEMATODOS PARA LAS CONDICIONES PRESENTADAS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO, AGUA AZUL DE FORTUNA, SAN CARLOS.....	28
4.4	DINÁMICA POBLACIONAL DE NEMATODOS TOTALES EN FINCAS COMERCIALES CON NEMATICIDAS	30
4.5	DINÁMICA POBLACIONAL DE NEMATODOS TOTALES EN FINCAS SUSTENTABLES.....	32
4.6	PESO DE RAÍZ FUNCIONAL COMPARADO CON LA DINÁMICA POBLACIONAL DE NEMATODOS	34
4.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
5.	CONCLUSIONES	40
6.	RECOMENDACIONES	42
7.	LITERATURA CITADA.....	43
8.	ANEXOS.....	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Información general de las localidades y ubicación de las fincas muestreadas	17
2	Cuantificación de los nematodos más importantes que se identificaron en las cuatro fincas de plátano estudiadas (nematodos/100 g de muestra). Fortuna y Santa Clara, San Carlos, 2009.	21
3	Escala de incidencia para <i>Radopholus similis</i> de acuerdo al comportamiento poblacional en la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009.	31
4	Escala de incidencia para <i>Pratylenchus</i> spp. de acuerdo al comportamiento poblacional en la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009.	32

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 1 (ITCR-SSC). Santa Clara, San Carlos, 2009.....	21
2	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 1 (ITCR-SSC). Santa Clara, San Carlos, 2009.....	23
3	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 2 (Orlando Picado). La Perla, San Carlos, 2009.....	24
4	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 2 (Orlando Picado). La Perla, San Carlos, 2009.....	25
5	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 3 (Eliecer). La Perla, San Carlos, 2009.....	26
6	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 3 (Eliecer). La Perla, San Carlos, 2009.....	27
7	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 1 (ITCR-SSC). Agua Azul, San Carlos, 2009.....	28
8	Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009.....	29
9	Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas convencionales vs Temperatura de la Finca 2 (Orlando Picado) y 3. Agua Azul, San Carlos, 2009.....	32

10	Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas convencionales vs Precipitación de la Finca 2 (Orlando Picado) y 3. Agua Azul, San Carlos, 2009.....	33
11	Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas de manejos sustentable vs Temperatura de la Finca 1 (ITCR-SSC) y 4. Santa Clara y Agua Azul, San Carlos, 2009.....	34
12	Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas de manejos sustentable vs Precipitación de la Finca 1 (ITCR-SSC) y 4. Santa Clara y Agua Azul, San Carlos, 2009.....	35
13	Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 1 (ITCR-SSC). Santa Clara, San Carlos, 2009.....	36
14	Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 2 (Orlando Picado). La Perla, San Carlos, 2009.....	37
15	Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 3 (Eliecer). La Perla, San Carlos, 2009.....	37
16	Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009.....	38
17	Ajuste para distribución normal Q-Q Plot para nematodos/100 gr de raíz con un valor de confianza del 95%.....	39

RESUMEN

Los nematodos en musáceas son considerados como el segundo problema fitosanitario con pérdidas económicas del 10 al 50 %. La investigación se realizó entre el 24 de enero y el 24 de mayo del 2009. Se aplicaron muestreos sistemáticos en 60 hectáreas distribuidas en cuatro fincas de plátano (*Musa ABB*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, con el objetivo de determinar el comportamiento de las comunidades de nematodos bajo dos condiciones distintas de manejo. Se analizaron fincas con sistemas de manejo convencional con aplicaciones de nematicidas, y de manejo sustentable sin nematicidas.

La extracción de nematodos se realizó mediante el procedimiento de licuado-tamizado-centrifugado para nematodos y huevos en raíz, y el método de embudo de Bearmann para la extracción de nematodos en suelo. Posteriormente se realizó el conteo e identificación de los mismos.

Se lograron identificar en ambos tipos de manejo los géneros de nematodos *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus* y *Rotylenchus*. Al comparar los dos tipos de manejo se aprecia un comportamiento fluctuante de aumento y disminución en la dinámica poblacional de nematodos debida a la aplicación de agroquímicos, especialmente nematicidas, con valores mínimos de 484,44 nematodos totales/100 gramos de raíz y máximos de 7721,33 nematodos totales/100 gramos de raíz. En la dinámica poblacional de las fincas donde no se aplicaron nematicidas se observó un crecimiento constante a través del tiempo, con un valor inicial de 5.213,33 nematodos totales/100 gramos de raíz y un valor final de 14.896 nematodos totales/100 gramos de raíz. Los nematodos más importantes fueron: *Radopholus*, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*. En ambos tipos de manejo se ajustaron modelos de regresión lineal, para las plantaciones donde no se aplicaron nematicidas con un resultado de $y = 91,67x - 4 \cdot 10^6$ y $R^2 = 0,8983$ y para las plantaciones donde se realizaron aplicaciones con un resultado de $y = -46,02x + 2 \cdot 10^6$ y $R^2 = 0,3238$.

Palabras Claves: Nematodos, dinámica poblacional, nematicida.

ABSTRACT

Nematodes in musas are considered the second fitosanitary problem with economic losses of 10 to 50 %. The research tool from January 24th to may 24th 2009. The method was systematic samples in 60 Ha distributed in four plantain plantations (Musa ABB) in the Region Huetar Norte de Costa Rica, with the objective of determining the behavior of the nematode communities under two different management conditions. One with a conventional management in which pesticides applications occurred in a normal frequency, and a sustainable management with low pesticide applications.

The extraction of nematodes was made by the procedure of liquefied-screening-centrifuge for nematode and eggs of the root and the method of the Bearmann funnel for the extraction of nematodes in soil.

In both types of management the following nematodes where found: *Radopholus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Hoplolaimus* y *Rotylenchus*. Comparing both managements a fluctuant behavior of the population dynamic of nematodes due to the pesticide applications with minimum values of 484,44 total nematodes /100 grams in root and maximum of 7721,33 total nematodes /100 grams of root. In the population dynamic of nematodes of plantations where no pesticide applications occurred a constant growth was witnessed through time with an initial value of 5,213.33 total nematodes /100 grams in root and a final value of 14,896 total nematodes /100 grams of root.

The most important nematodes were *Radopholus*, *Meloidogyne* and *Pratylenchus*. In both types of management lineal regression models were adjusted and for the plantations where no pesticides were applied the result for the lineal equation was: $y = 91,67x - 4 \cdot 10^6$ with $R^2 = 0,8983$ and for plantations with conventional management, $y = -46,02x + 2 \cdot 10^6$ y $R^2 = 0,3238$.

Key words: Nematodes, population dynamic, pesticide.

1. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa AAB*) es uno de los alimentos esenciales en la dieta humana en Centroamérica, este es un cultivo que se produce durante todo el año en el Trópico Húmedo (Jiménez 1991).

Según Meléndez (1994) la producción de plátano en la Zona Huetar Norte es un rubro agrícola de gran importancia para muchas familias campesinas y productores independientes, tanto por su importancia socioeconómica como por el área sembrada, además de ser una fuente de alimento para los agricultores, éste no cuentan con la investigación y tecnología apropiadas para un desarrollo eficiente y adecuado del cultivo.

En Costa Rica, el área sembrada es estimada en cerca de 12.100 hectáreas en el 2008. En el 2007 el mayor volumen ha sido enviado a Estados Unidos, representando 73% seguido por Reino Unido con 15% y Honduras 8%, mientras a otros mercados representa tan solo 4%. El volumen exportado fue de 30.138 t., mientras que a enero/08, se exportaron 2.267 t., pero el 2006 exportó 34.758 t (CNP 2009).

La siembra nacional continúa mostrándose muy sensible, aunque poco a poco ha ido ganando espacio en el mercado estadounidense de plátano, y en el 2007 fuimos el cuarto proveedor de ese mercado con un 9% de participación para un volumen de 22.067 t.; adicionalmente, en este año el precio mayorista en Miami para el producto nacional se ha mantenido entre los \$16 y \$18 / caja 50 lbs. El precio interno ha venido aumentando desde mediados del año pasado debido a escasez del producto, adicionalmente hay problemas de manejo y calidad del mismo y la revaloración del colón está provocando que la agroindustria sea una alternativa más atractiva que la exportación en fresco (CNP 2009).

En general, las pérdidas de rendimiento causadas por estos fitoparásitos dependen del grado de asociación hospedante-nematodo, de la raza y densidad poblacional del nematodo, susceptibilidad del hospedante, fertilidad del suelo y condiciones ambientales. La combinación de estos factores determinará la severidad de la enfermedad y, consecuentemente, la disminución en la producción (CATIE 2006).

Para lograr mejorar las tácticas de control e identificación este trabajo busca caracterizar las poblaciones de nematodos fitoparásitos en dos sistemas de producción diferentes, sistema convencional con aplicación de nematicida y sistema convencional sin aplicación de nematicida, y sus oscilaciones poblacionales para cada uno.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Comparar la dinámica de las poblaciones de nematodos fitoparásitos en el cultivo de Plátano (*Musa* AAB) entre un sistema convencional con nematicidas y un sistema convencional sin nematicidas en la región Huetar Norte de Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos:

- ❖ Identificar y cuantificar los géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de Plátano en la región Huetar Norte de Costa Rica.
- ❖ Determinar la oscilación en las poblaciones de nematodos dentro de un periodo de tiempo limitado.
- ❖ Comparar los géneros encontrados en el diagnóstico con géneros reportados en la literatura así como su comportamiento poblacional.
- ❖ Establecer un índice de infestación, intensidad y frecuencia encontrada de los géneros de nematodos fitoparásitos.

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1 Generalidades del cultivo del plátano (*Musa ABB*)

2.1.1 Origen

Según Dávila *et al.* (1983) citado por Meléndez (1994) el centro de origen del plátano es la parte Sudeste de Asia. El cultivo posteriormente pasó de Asia a la India y a África. En 1516 los europeos lo introdujeron en América y las Antillas.

En la actualidad es un cultivo de amplia distribución por su aceptación tanto en los trópicos como en los subtropicos. Sin embargo, las mayores plantaciones de plátano se encuentran en los trópicos húmedos.

Todas las especies de plátano comerciales pertenecen al orden Escitamineas, familia Musaceae. El nombre científico es *Musa AAB* y proviene de los cruces triploides de *Musa acuminata* (A) y *Musa balbisiana* (B) dando origen a los tipos: Rorn Plantain (Curraré), French Plantain (Dominico) y otros clones. (Smith y Velásquez 2004).

2.1.2 Características

Parece probable que el hombre haya utilizado el plátano a lo largo de su historia en el Asia Sudoriental. Este uso estuvo basado en plátanos muy antiguos, diploides comestibles de la *Musa acuminata*. El primero y decisivo paso en la evolución del plátano comestible fue el origen de la partenocarpia y desaparición de la semilla de la *Musa acuminata* (MAG 2008).

Los cambios posteriores se basaron en la hibridación de *M. acuminata* con *M. balbisiana* y la aparición de caracteres triploides y tetraploides entre los productos. En términos generales parece ser que los grupos híbridos se originaron alrededor del área principal de evolución. Así, los plátanos AB, AAB, y ABB son característicos de la India y parece existir un segundo centro de diversificación de los tipos AAB y ABB en las Filipinas. Esto pareciera indicar que en estos países los grupos híbridos se originaron mediante cruzamientos de la *Musa balbisiana* local con linajes comestibles de *Musa acuminata* traídos de fuera.

El cuadro general, indica una migración hacia el exterior de las formas comestibles de *Musa acuminata* desde un centro, en alguna parte de Malasia, acompañada de hibridación y de la aparición de caracteres poliploides (MAG 2008).

Según Simmonds el plátano es un híbrido que debe ser clasificado de la siguiente manera:

Familia: Musáceas

Género: *Musa*

Serie: Eumusa

Hibridación: *Musa acuminata* x *Musa balbisiana*

En la serie Eumusa se distinguen los cultivares triploides derivados del cruce entre *Musa acuminata* (AA) y *Musa balbisiana* (BB) que dan origen a las musáceas comestibles más importantes: (MAG 2008).

AAA: Bananos como Cavendish y Gros Michel (no hubo hibridación pero si poliploidía)

AAB: Plátanos como Curraré y Dominico

ABB: Guineos como Cuadrado y Pelipita

2.1.3 Características botánicas

La planta de plátano está formado por el sistema radicular, el cormo o rizoma, el sistema foliar y la Inflorescencia que da origen al racimo (MAG 2008).

2.1.4 Morfología

2.1.4.1 Sistema Radicular

Se pueden encontrar de 200 a 300 raíces en un cormo sano, la mayor cantidad de raíces se localizan en los primeros 15 cm. del suelo y, horizontalmente, se pueden extender hasta los 5 m. de largo. Las raíces inferiores pueden llegar a profundizar 1,30 m. Su color varía de acuerdo a la edad y etapa de desarrollo, al inicio es blanco cremoso a pardo amarillento hasta tomar una coloración castaño oscuro en una edad avanzada (MAG 2008).

2.1.4.2 Cormo o pseudotallo

Por otra parte, la planta presenta un tallo verdadero, corto que permanece prácticamente enterrado, llamándole rizoma o bulbo, aunque Simmonds indica que lo correcto es llamarlo cormo pues es un tallo subterráneo erecto, con poco crecimiento horizontal. Interiormente, el cormo presenta dos regiones bien diferenciadas: el cilindro central y la corteza, que es de color más claro. En la parte superior del cormo y atravesando la corteza, está el punto de crecimiento donde su diferenciación da origen a las hojas y desarrollo externo de la planta (MAG 2008).

Este tallo emite ramificaciones laterales denominadas retoños o hijos; además, le salen numerosas raíces cordiformes, blancas y tiernas, las que al envejecer se tornan amarillas y ligeramente duras (epidermis cutinizada) (MAG 2008).

El meristemo terminal del tallo produce hojas que poseen una parte basal bien determinada (vaina foliar). Sucesivamente, van apareciendo hojas dispuestas helicoidalmente y junto con las vainas forma lo que comúnmente se llama tronco, aunque en realidad es un tronco falso o pseudotallo (MAG 2008).

2.1.4.3 Sistema Foliar

La hoja adulta consta de cuatro partes bien diferenciadas y una quinta temporal (MAG 2008):

- a)** la vaina, que es la parte basal y envolvente de la hoja que forma parte del pseudotallo;
- b)** el pecíolo, de forma de media luna y acanalado;
- c)** la nervadura central, que es la prolongación del pecíolo y se adelgaza hacia el ápice de la hoja;
- d)** la lámina o limbo, de forma de óvalo-oblonga con su ápice obtuso; y,

e) el apéndice, que es una prolongación del nervio central y le permite a la hoja nueva abrirse paso por el pseudotallo al ir emergiendo. Una vez que la hoja ha salido, éste se marchita rápidamente y cae. Cada vaina es más larga que la anterior, por lo que los pecíolos están regularmente escalonados.

2.2 Aspectos ecológicos del cultivo del plátano (*Musa ABB*)

2.2.1 Factores climáticos del cultivo del plátano (*Musa AAB*)

2.2.1.1 Temperatura

La temperatura óptima para el cultivo del plátano se encuentra entre 20°C y 25°C. En aquellas zonas donde presentan temperaturas inferiores a 20°C se produce un retardo en el desarrollo fisiológico de la planta, retrasándose la cosecha (Rodríguez *et al.* 1985).

2.2.1.2 Agua

Debido a la naturaleza herbácea de la planta, su amplia superficie foliar y su rápido crecimiento, el plátano requiere grandes cantidades de agua para su adecuado desarrollo. Se recomienda sembrar el plátano en aquellas zonas que tengan niveles de precipitación que oscilen entre los 1.800 a 3.000 mm bien distribuidos a través de todo el año (Rodríguez *et al.* 1985).

2.2.1.3 Viento

Debido a la naturaleza herbácea de la planta de plátano, sus hojas laminares y su sistema radical superficial, el viento es un factor que se debe de tomar en cuenta al momento de establecer la plantación. No se recomienda establecer las plantaciones en aquellas áreas que estén expuestas a velocidades de viento mayores a 20 Km/hora (Rodríguez *et al.* 1985).

2.2.1.4 Brillo Solar

La planta necesita de 4 a 6 horas de brillo solar promedio diario anual; si no se logra cumplir con esta condición se afecta el crecimiento de la planta, los dedos salen cortos y las plantas se hacen más altas. Cuando la radiación es mayor

(época seca) hay una influencia directa en el desarrollo y crecimiento de la planta, las pariciones son más tempranas y el grado de corta mejor (diámetros de los dedos), asimismo la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra es menor. El rango moderado es de 3 a 4 horas y no apto inferior a 3 horas de brillo diario (Smith y Velásquez 2004).

2.2.1.5 Humedad Relativa

La humedad relativa apta para el desarrollo del cultivo es de 70 a 80%, el moderado es de 80 a 90% y no apto mayor al 90% (Smith y Velásquez 2004).

2.2.1.6 Altura

El plátano es una planta adaptada a regiones tropicales que poseen un clima húmedo y cálido. La altitud apta para su siembra es de 0 a 400 msnm, moderado de los 400 a 800 msnm y no apto mayor a los 800 msnm (Smith y Velásquez 2004).

2.2.2 Factores edáficos del cultivo del plátano (Musa AAB)

2.2.2.1 Textura

Los suelos con texturas aptas son los franco, franco limosa, franco arcillo limosa, franco arenosa fina y con buena retención de humedad (porosidad y capilaridad óptima), los moderados son las texturas finas (menor a 60% de arcilla) o moderadamente finas y los suelos no aptos son las texturas muy finas o moderadamente gruesas (Smith y Velásquez 2004).

2.2.2.2 Pendiente

Es recomendable establecer plantaciones en terrenos que posean una topografía plana o casi plana, facilitando de esta manera la realización de labores culturales (Rodríguez 1979).

2.2.2.3 Profundidad

Los suelos aptos son aquellos con una profundidad efectiva mayor a 90 cm, los moderados de 60 a 90 cm y los no aptos menores a 60 cm de profundidad (Smith y Velásquez 2004).

2.2.2.4 Drenaje

Los suelos aptos para la siembra del plátano son aquellos que presentan el drenaje natural bueno, los moderados presentan el drenaje moderadamente lento o moderadamente excesivo y los no aptos tienen el drenaje lento o excesivo (Smith y Velásquez 2004).

2.2.2.5 Pedregosidad

Los suelos que no presentan pedregosidad (menor a 5%) son los aptos para el cultivo, los moderados son los ligeramente pedregoso o moderadamente pedregoso y los no aptos son los pedregosos o muy pedregosos (mayor a 15%) (Smith y Velásquez 2004).

2.2.2.6 pH del suelo

El pH óptimo es de 6,0 a 7,0, el moderado es de 4,5 a 6,0 y de 7,0 a 8,0 y el pH no apto es inferior a 4,5 y mayor a 8,0 (Smith y Velásquez 2004).

2.2.3 Distribución del sistema radicular del cultivo del plátano (Musa AAB)

Según Smith y Velásquez (2004) el Sistema radicular esta básicamente conformado por raíces adventicias, fasciculadas y fibrosas, la mayor parte se desarrollan entre los 20 a 60 centímetros del suelo. Su color varía de acuerdo a la edad y etapa de desarrollo, al inicio es blanco cremoso a pardo amarillento hasta tomar una coloración castaño oscuro en una edad avanzada. La longitud de las raíces está influenciada por la textura y estructura del suelo y aparecen en grupos de 3 a 4, miden de 5 a 10 mm de grosor y pueden alcanzar una longitud de más de 5 m si no son obstruidas.

2.3 Generalidades de los nematodos

Los nematodos parásitos de plantas pertenecen al Phylum Nematoda. Generalmente se clasifican en dos grandes grupos con relación a su ubicación en el tejido vegetal, o sea, al tipo de relación biotrófica establecida con la planta hospedera. En este sentido se habla de: nematodos ectoparásitos y nematodos endoparásitos.

Los ectoparásitos son aquellos que atacan la parte exterior de los tejidos. Se alimentan introduciendo su estilete en los tejidos vegetales, pero cumplen todo o casi todo su ciclo evolutivo en el exterior de la planta huésped. Los endoparásitos, como lo indica su nombre, penetran el tejido vegetal (total o parcialmente). Se plantea que este grupo pasa al menos una etapa de su vida en el interior de los tejidos donde se alimenta y como consecuencia produce serias lesiones: nódulos, agallas, deformaciones entre otras. Su persistencia en los tejidos por largos períodos supone el establecimiento de una relación huésped – patógeno muy compleja, razón por la cual se trabaja hoy intensamente (FAO 2007).

Los endoparásitos a su vez se dividen en: migratorios y sedentarios. Los migratorios en cualquier estado de desarrollo, excepto el de huevo, se mueven a través y fuera de los tejidos del hospedero. Existen endoparásitos migratorios de partes aéreas y migratorios de partes subterráneas.

Los endoparásitos sedentarios pueden ser divididos en dos grandes grupos: los nematodos formadores de quistes y los nematodos formadores de nódulos o agallas en la raíz. Dentro de este último grupo se encuentran ubicados los géneros *Meloidogyne* y *Heterodera* (FAO 2007).

2.4 Ciclo de vida y hábitos alimenticios de los nematodos

El ciclo de vida se inicia con la eclosión de los huevos y seguidamente la invasión de la raíz por los estadíos infectivos. Estos estadíos son larvas de vida libre que habitan en la micela de agua presente en los suelos y que necesitan

penetrar en la raíz para completar su ciclo reproductivo. Cuando estos estadios alcanzan la raíz, comienzan a explorar su superficie y seleccionan una región particular para penetrar. Esta región es la zona de elongación; donde las células del meristemo apical se preparan para la diferenciación celular. Han sido propuestas algunas posibilidades para la selección de este sitio, desde el reconocimiento de moléculas específicas en la superficie de la raíz hasta señales físicas o químicas (FAO 2007).

Una vez que se produce el reconocimiento de esta región entonces se produce la invasión. Al penetrar la raíz se produce una migración intercelular o intracelular según el tipo de nematodo, que concluye en el cilindro vascular. Los nematodos seleccionan entonces una célula específica como precursora para la formación de un sitio de alimentación (SA), estructura en la que permanecen durante su desarrollo, hasta completar su reproducción (FAO 2007). Las células que conforman estas estructuras dejan de manifestar su patrón normal de crecimiento, su maquinaria biosintética se pone al servicio del nematodo.

Poco después de iniciada la alimentación los nematodos comienzan a inmovilizarse. En el interior de los tejidos sufren tres mudas, hasta alcanzar su madurez sexual. Los machos abandonan la raíz y las hembras comienzan a engrosar su cuerpo. Como resultado de este engrosamiento provocan la ruptura de los tejidos quedando conectados con sus estiletes al sitio de alimentación y el resto del cuerpo expuesto en la superficie de la raíz (FAO 2007). Los huevos igualmente quedan en el exterior de los tejidos hasta su eclosión. Pueden estar dentro de la hembra formando quistes (nematodos formadores de quistes) o inmersos en una matriz gelatinosa (nematodos de agallas). Dentro de los huevos se forma el primer estadio larval y se produce la primera muda antes de alcanzar el estado en el cual eclosionan. La producción de huevos es un proceso muy perjudicial para la planta infectada. La formación de los mismos supone una gran demanda de agua, nutrientes y fotoasimilados (FAO 2007).

En el caso de los nematodos formadores de quistes el macho se desarrolla más rápido. Se plantea que deja de alimentarse después de la tercera muda y

emerge de la cutícula en estado de juvenil (J3) moviéndose hacia las hembras guiado por la atracción de feromonas. La mayoría de las especies exhiben una reproducción sexual. El ciclo se desarrolla entre 3 y 8 semanas, dependiendo del hospedero y de las condiciones ambientales. Con el tiempo, el cuerpo del nematodo se endurece dando lugar a la formación de un quiste.

En los nematodos formadores de nódulos la reproducción es partenogénetica, aunque se encuentran machos. Como resultado de la infección se forma una agalla o nódulo en la raíz frecuentemente empleado para diagnosticar la infección. La extensión de la agalla depende de la población de nematodos en particular y de la especie hospedera. El ciclo de vida dura aproximadamente 6 semanas, al finalizar el nematodo muere y la célula gigante degenera.

No obstante, puede sobrevivir al menos dos años en el suelo seco ausente de un huésped gracias a la anhidrobiosis, un mecanismo de sobre vivencia sin agua (FAO 2007).

2.5 Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos

Algunos autores citados por Jiménez (1991) nos dicen que las poblaciones de nematodos tienden a aumentar y a disminuir a través del tiempo y son afectados tanto en número como en comportamiento por una serie de factores. Entre los factores que afectan las poblaciones de nematodos están:

- a) Las condiciones de clima y de suelo
- b) La fisiología de la planta
- c) La presencia de otros organismos y las variaciones patogénicas del nematodo

2.5.1 Condición del Suelo

Según Jiménez (1991) los principales factores del medio ambiente (suelo) que afectan a los nematodos son: humedad, temperatura, textura y constitución del suelo.

2.5.1.1 Tipo de suelo

La velocidad de movimiento del nematodo dentro del suelo está relacionada con el diámetro de los poros, el tamaño de las partículas y el diámetro del nematodo, los nematodos pueden moverse más libremente en suelos de partículas gruesas o arenosas (Jiménez 1991).

2.5.1.2 Temperatura

Casi todos los nematodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas entre 5 y 15 °C, la amplitud óptima es de 15-30 °C y se vuelven inactivos a temperaturas de 30-40 °C. Las temperaturas fuera de estos límites puede ser fatal (Jiménez 1991).

2.5.1.3 Humedad

Cuando el contenido de agua en el suelo se limita a una película envolviendo las partículas del suelo es cuando se producen las mejores condiciones para la vida de los nematodos. Las condiciones de sequía pueden deprimir su actividad y las poblaciones resultantes; generalmente sobreviven los huevos de la mayoría de los nematodos. También el encharcamiento prolongado, por la falta de oxígeno en el suelo afecta negativamente a los nematodos (Jiménez 1991).

2.5.1.4 pH

Los nematodos pueden tolerar presiones osmóticas hasta de 1 atmósferas, por lo menos durante períodos cortos; también la variación de pH entre 5.0 a 7.0 tiene poco efecto sobre los nematodos. Los fertilizantes y la materia orgánica pueden influir indirectamente sobre la población de nematodos al aumentar el desarrollo de la planta huésped (Jiménez 1991).

2.5.2 Condiciones climáticas

La lluvia y la temperatura son muy importantes para el crecimiento y desarrollo tanto de los nematodos como las plantas. En general, a dichos factores

se deben las fluctuaciones estacionales en las poblaciones de nematodos (Jiménez 1991).

Jiménez en (1978) citado por Jiménez en (1991) señala que las fluctuaciones poblacionales no pueden atribuirse a las lluvias como factor directo sino a los efectos que de su influencia se derive como son: la reducción del oxígeno disponible, cuando los suelos no evacuan los excesos de agua, la incorporación al suelo de cantidades optimas de humedad que estimule la reproducción de los nematodos y necesaria para su movilización libre.

2.5.3 Condiciones fisiológicas del cultivo

Debido a que los nematodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional (Tarte, 1980). La condición fisiológica de la planta varía según su estado de desarrollo y de sus influencias ambientales (Sleeth y Reynolds 1955).

Jiménez (1972) encontró que las altas densidades de *R. similis* coinciden con los mayores periodos de crecimiento de las plantas exploradas. Explicándose con que una humedad óptima de los suelos y abundante luminosidad dan lugar a una mejor tasa fotosintética. El estímulo llevará la emisión de nuevas y profundas raíces, las cuales aseguran una cantidad suficiente de alimento para la reproducción de los parásitos.

2.6 Nematodos asociados al cultivo del plátano (Musa AAB)

Según Smith y Velásquez (2004) existen 19 géneros de nematodos causantes de daños al sistema radical y cormo, dentro de los cuales cuatro son los más importantes, sobresaliendo *Radopholus similis* como el principal nematodo fitosanitario del plátano en condiciones de la Zona Atlántica de Costa Rica seguido por *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp.

Los problemas potenciales son: reducción en la longevidad de la planta, baja producción, desmejoramiento de la calidad de la fruta, poca respuesta a la fertilización, proliferación de hijos raquíuticos y debilitamiento del anclaje.

Su control es mediante aplicaciones de nematicidas cada 6 meses alrededor de la planta. (Smith y Velásquez 2004).

2.6.1 Dinámica poblacional de los nematodos

Según Figueroa (1989) citado por Montero (1993) en los suelos agrícolas, el movimiento poblacional de los nematodos de cualquier especie parasitaria de las plantas, depende de su potencia reproductora, de la planta huésped y de la duración del periodo que el nematodo permanece en medio ambiente favorable para la reproducción.

Los nematodos están concentrados en los primeros 25 – 50 cm de profundidad según el tipo de labranza y material utilizado (Montero 1993).

2.6.1.1 *Radopholus similis* (Nematodo barrenador)

Es un endoparásito migratorio, mide de 0.4 a 09 mm. El ciclo de huevo a huevo dura aproximadamente de 20 a 25 días a temperaturas entre 24 a 34 °C, cada hembra pone de 4 a 5 huevos diarios por un periodo de 2 semanas. La reproducción es sexual y por partenogénesis. Tanto las larvas como las hembras son infectivas.

R. similis puede penetrar por cualquier parte de la raíz, ocasionando lesiones superficiales de color café-rojizo que se van agrandando con el tiempo y se extienden hasta el cilindro central. En ataques severos puede ser afectado el rizoma presentado grandes zonas necróticas. Un síntoma muy obvio es el volcamiento de las plantas como producto de destrucción de las raíces, otros síntomas son: falta de vigor, disminución del peso de los racimos, defoliación prematura.

2.6.1.2 *Meloidogyne* spp.

Es un endoparásito sedentario, las hembras son globosas, los machos y larvas son filiformes. Las larvas miden 0.33 a 0.4 mm de longitud, el segundo estadio larval es el único inefectivo.

La duración del ciclo de vida está fuertemente afectada por la temperatura, completándose el ciclo de vida en 21 días a 26 °C.

El síntoma más característico de las plantas parasitadas por *Meloidogyne* spp., es la presencia de una gran cantidad de nódulos o agallas en las raíces como producto de una multiplicación acelerada de las células y el aumento en el tamaño (hiperplasia e hipertrofia) de las mismas. Esta condición celular da lugar a la formación de células gigantes, que obstruyen los haces vasculares e impiden la absorción de agua y nutrientes, como consecuencia de esto, las plantas se desarrollan pobremente.

2.6.1.3 *Pratylenchus* spp.

Es un endoparásito migratorio, mide 0.45 a 0.75 mm. Produce lesiones rojizas en el tejido cortical de las raíces, las cuales se tornan necróticas en la medida en que avanza el ataque, los tejidos del rizoma también son inválidos por este nematodo.

A pesar de que las lesiones causadas por *Pratylenchus* se desarrollan más lentas que las causadas por *R. similis* el parasitismo es muy similar.

2.6.1.4 *Helicotylenchus* spp.

Se encuentran en las capas más superficiales del tejido cortical de la raíz, ocasionando pequeñas lesiones necróticas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

El trabajo se llevó a cabo en la región Huetar Norte de Costa Rica en una Finca en Florencia de San Carlos y en tres fincas de productores de plátano en Fortuna.

En una finca de manejo convencional es en la que se realizan aplicaciones de plaguicidas (insecticidas, nematocidas y herbicidas) con la frecuencia que se acostumbra en una plantación comercial de plátano. En cambio una finca de manejo sustentable, o de bajos insumos, es en la cual sus labores culturales merman en lo posible el uso de plaguicidas para el control fitosanitario de la plantación.

Cuadro 1. Información general de las localidades y ubicación de las fincas muestreadas.

Productor	Manejo	Localidad	Código	Ubicación
ITCR-SSC	Sustentable	Santa Clara	1	N10 21.659 W84 30.467
Agustín Acosta		Agua Azul	4	N10 29.685 W84 36.062
Orlando Picado	Convencional	La Perla	2	N10 26.695 W84 32.006
Eliecer		La Perla	3	N10 28.028 W84 31.512

3.2 Periodo experimental

Se realizaron 5 muestreos en campo los cuales se llevaron a cabo desde el 27 de enero del 2009 y finalizaron el 26 de mayo del 2009.

3.3 Población estudiada

Para la población estudiada se asignó una finca de productores de plátano en Agua Azul de Fortuna, dos productores de La Perla de Fortuna y una finca en Santa Clara de Florencia de San Carlos.

3.4 Toma de muestras

El muestreo se realizó en forma de zigzag donde se muestrearon 5 plantas por parcela homogénea, muestreando en el sitio intermedio entre el hijo y la madre

en plantas próximos a parir, con un hijuelo de aproximadamente 1 m de alto, se realizó una perforación de 30 cm. de profundidad por 13 cm. de ancho y 13 cm. de largo. De esta perforación se recolectó el total de raíces (funcionales y no funcionales) y se colectaron, en una bolsa de plástico previamente identificada, las cinco submuestras formaron una muestra compuesta. En el lugar de las perforaciones se tomó también muestras de aproximadamente 200 gramos de suelo para tener una muestra compuesta de un kilogramo de suelo aproximadamente.

3.5 Análisis de muestras en laboratorio

3.5.1 Raíces

Se lavó las raíces, y se pesaron 25 gramos de raíces funcionales y se cortó en trozos pequeños de aproximadamente un centímetro, estos fueron procesados por el método de Licuado-tamizado-centrifugado en solución azucarada como se describe a continuación: la raíz se licua en 50 mililitros (ml) de agua durante dos fases 15 segundos a velocidad baja y 15 segundos a velocidad alta, luego se pasaron por un juego de cribas superpuestas de 35, 170 y 400 malla, el material obtenido en la criba de 400 mesh se pasaron a un beacker con la ayuda de una piceta para evitar pérdidas de nematodos. Esta solución se homogenizaron y pasaron a tubos de centrifugación donde se centrifugó durante cinco minutos a 3000 rpm para después eliminar el sobrenadante con residuos orgánicos (los nematodos se van al fondo), después se volvieron a llenar los tubos con solución azucarada (484 gramos aforados a un litro) para realizar una segunda centrifugación a 3000 rpm por cinco minutos; con esto los nematodos flotan en la solución azucarada la cual se vierte en el tamiz de 400 mesh el cual se lava para eliminar el azúcar, por último, se recolectarán los nematodos del tamiz y se pasan a un vial.

El conteo se realizó aforando a 40 mililitros (ml) la solución obtenida del último tamiz y homogenizó la solución de donde se obtuvo una alícuota de 3 mililitros (ml) la cual se vertieron en un cuenta nematodos marcado con una cuadrícula que equivale a contar la mitad del volumen en este caso 1.5 mililitros

(ml). Después se realizaron la identificación con la ayuda de claves taxonómicas de Mai y Lyon (1960), el manual de Fitopatología de Marban (1987), Manual de Identificación de Géneros de Nematodos Importantes en Costa Rica del Dr. Alejandro Esquivel (2005). Se realizaron tres conteos por muestra para obtener después un promedio.

3.5.2 Suelo

Las muestras de suelo provenientes de campo se homogenizaron y se eliminaron las raíces y piedras; se pesaron 25 gramos los cuales se pusieron en un papel filtro, y después en un embudo previamente preparado; que consiste en un embudo de plástico; el cual tiene una manguera adherida a la parte inferior del embudo y en el cual se colocó un vial para recoger los nematodos. A la muestra se le adicionó agua hasta un centímetro sobre la parte superior del embudo y se dejó reposar durante al menos 72 horas. Después de este periodo se recogió el vial que contiene aproximadamente 5 mililitros (ml) de solución, de donde se homogenizó y se tomó una alícuota de 3 mililitros (ml); el conteo e identificación se realizaron igual que para la muestra de raíz.

3.6 Variables a evaluar

Las variables evaluadas fueron, géneros de nematodos según Zuckerman *et al.* (1990) y frecuencias, densidades presentes en suelo y raíz según las técnicas de extracción de nematodos de Esquivel (2005), además de la dinámica poblacional de los nematodos durante el periodo de investigación.

3.7 Análisis de resultados

Las variables de géneros, densidades presentes en suelo y raíz además de la dinámica poblacional de los nematodos en el cultivo de plátano fueron analizados por medio de estadística descriptiva y estadística inferencial.

Se utilizaron ecuaciones de regresión lineales y test de medias, con el fin de analizar el comportamiento normal de las poblaciones de nematodos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cuantificación e identificados de nematodos

Según Smith y Velásquez (2004) existen 19 géneros de nematodos causantes de daños al sistema radical y cormo, dentro de los cuales cuatro son los más importantes, sobresaliendo *Radopholus similis* como el principal nematodo del plátano en condiciones de la Zona Atlántica de Costa Rica seguido por *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp.

En el estudio realizado se lograron identificar en ambos tipos de manejo los géneros de nematodos *Radopholus similis*, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* como los géneros más importantes. A diferencia de lo citado en la literatura las poblaciones de nematodos en orden de incidencia son la de *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *R. similis* y *Helicotylenchus* spp. En el Cuadro 2, se presentan los valores de cuantificación e incidencia de los nematodos en las plantaciones estudiadas de acuerdo a su manejo.

Cuadro 2. Cuantificación de los nematodos más importantes identificados en las cuatro fincas de plátano estudiadas (nematodos/100 g de muestra). Fortuna y Santa Clara, San Carlos, 2009.

Manejo	Finca	<i>Radopholus</i>		<i>Pratylenchus</i>		<i>Meloidogyne</i>		<i>Helicotylenchus</i>	
		Raíces	Suelo	Raíces	Suelo	Raíces	Suelo	Raíces	Suelo
Sustentable	1	18,67	0,00	97,78	5,33	6402,67	93,33	1662,22	120,00
	4	8586,67	50,67	6234,67	82,67	74,67	48,00	39,11	9,78
Convencional	2	0,00	0,00	18,67	16,00	2529,33	432,00	53,33	10,67
	3	2170,67	53,33	9269,33	10,67	5946,67	266,67	62,22	16,00

*Valores máximos de los 5 muestreos realizados.

En la Finca 1 los nematodos de mayor importancia fueron *Meloidogyne* y *Helicotylenchus*, al igual que en la Finca 2. *Meloidogyne* puede ser el nematodo de mayor incidencia en estas fincas debido su amplio espectro de plantas hospederas y a las siembras anteriores en la Finca 4 y en el periodo de barbecho que tuvo la finca. En la Finca 3 los nematodos de mayor importancia fueron

Radopholus similis, *Meloidogyne* y *Pratylenchus* y en la Finca 4 *Radopholus similis* y *Pratylenchus*.

4.2 Efecto de factores climáticos en la dinámica poblacional de nematodos

En la Figura 1 se observa la dinámica poblacional de nematodos de la Finca 1 ubicada en Santa Clara junto a la curva de precipitación que se presentó durante la época en estudio iniciando 14 días antes del primer muestreo y terminando con la fecha del último muestreo.

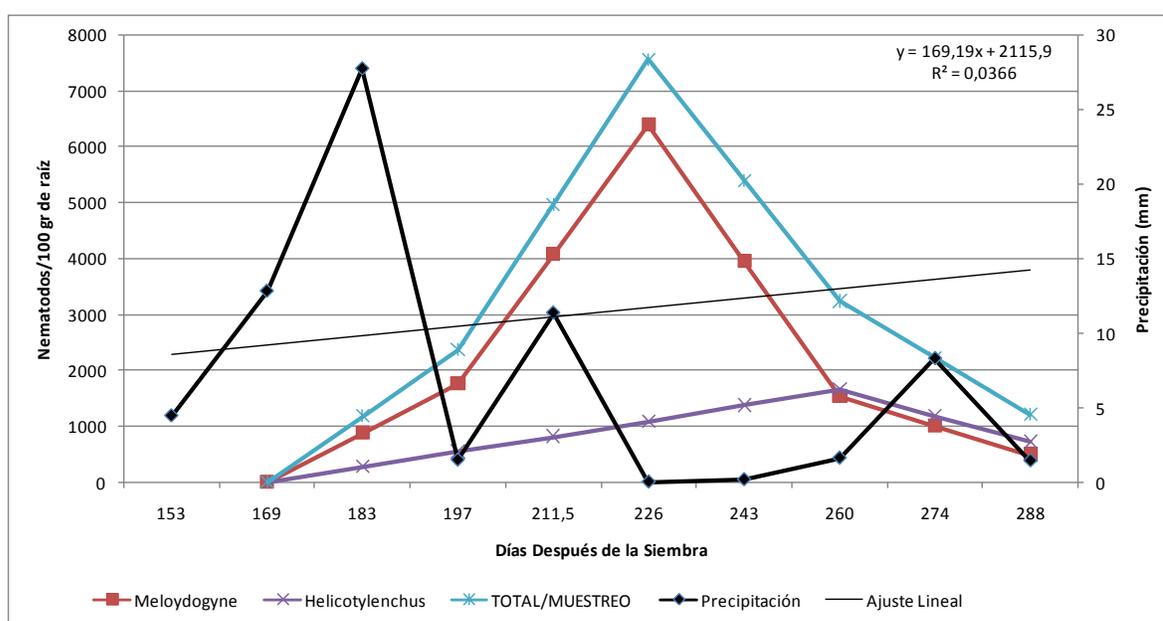


Figura 1. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 1 (ITCR-SSC). Santa Clara, San Carlos, 2009.

En el caso de la Finca 1 (Figura 1) se muestra los 2 géneros más importantes que se identificaron, *Meloidogyne* y *Helicotylenchus*. La gráfica indica que entre los 160 dds y los 226 dds la tendencia es a crecer de una manera acelerada para alcanzar un máximo de 7569.33 nematodos/100 g de raíz y luego en el cuarto muestreo la población decrece de una manera pronunciada y continua hasta el quinto muestreo.

El incremento que ocurre del primer al tercer muestreo se le atribuye al estado de humedad favorable para el desarrollo de los nematodos en el suelo ya que en las fechas anteriores al muestreo se nota como la precipitación también tiene un incremento sustancial.

La disminución en la población de los 226 dds hasta los 288 dds se le atribuye a las condiciones de humedad adversas que sucedieron durante este periodo, ya que durante el periodo de muestreo el terreno se encontraba seco debido a la reducción de la precipitación. En conjunto, como se muestra en la Figura 2, las altas temperaturas que se mantienen a lo largo del periodo de estudio y la disminución en la cantidad de agua precipitada durante el periodo de abril y mayo causan un efecto negativo en el desarrollo y movilidad de los nematodos.

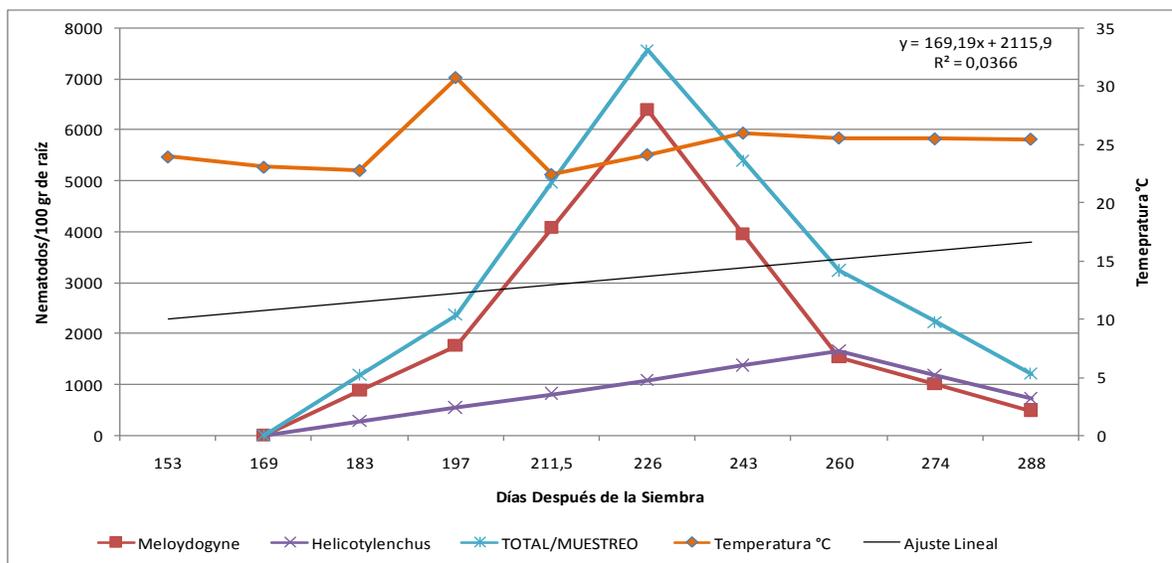


Figura 2. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 1 (ITCR-SSC). Santa Clara, San Carlos, 2009.

Como consecuencia de la carencia de humedad en el suelo la planta se ve afectada, por lo que cesa su desarrollo y por ende, su producción de raíces disminuye, limitando el área de colonización de los nematodos. Adicionándole a

que el platanal era joven, de 169 días después de la siembra, cuando se iniciaron los muestreos y su volumen de raíz era bajo de 62,65 gramos (Ver Anexo 3).

En la Finca 1 ubicada en Santa Clara, se observa la dinámica poblacional de nematodos junto a la curva de temperatura que se presentó durante la época en estudio. (Figura 2). Se denota como la temperatura no tiene relación directa con la dinámica poblacional de los nematodos en la Finca 1 ya que la temperatura es muy constante a lo largo del periodo en estudio. Adicionándole las bajas precipitaciones a la temperatura alta; la pérdida de agua en el suelo es grande debido a una alta evaporación del agua.

Aunque se conoce que los nematodos se encuentran en los entre los 10 y 30 cm del suelo, y las condiciones ambientales no tienen un efecto directo, el estado prolongado de una condición climática en este caso temperaturas constantes de entre 25 y 26 °C (Figura 2) y precipitaciones casi nulas durante los meses de abril y mayo ocasionan un estado inadecuado a nivel de suelo para el desarrollo de los nematodos.

En el caso de la Finca 2 (Figura 2) se presenta un comportamiento similar a la Finca 1 donde hay una disminución pronunciada de nematodos entre los 407 dds y los 469 dds, lo cual se le atribuye al faltante de agua durante este periodo y su papel en el desarrollo y reproducción de los nematodos.

La dinámica poblacional de nematodos de la Finca 2 ubicada en La Perla de La Fortuna en San Carlos junto a la curva de precipitación que se presentó durante la época en estudio, se presenta en la Figura 3.

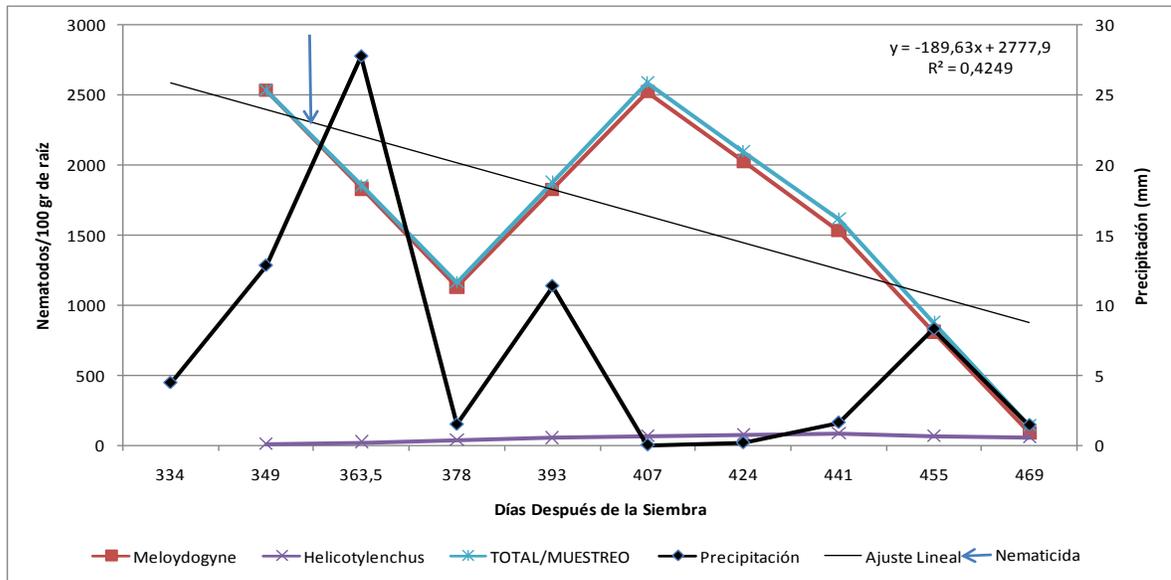


Figura 3. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 2 (Orlando Picado). La Perla, San Carlos, 2009.

En el segundo muestreo hay una leve disminución en la población de nematodos esto debido a una aplicación de nematicida (Carbofuran, ver anexo 6) ocurrida a los 352 dds. Es común que los agricultores realicen de 2 a 3 aplicaciones nematicidas al suelo con el afán de mantener la población de nematodos baja sin tomar en cuenta las condiciones climáticas a lo largo del tiempo. En este caso la población de nematodos no era alta desde el 1^{er} muestreo, con 2.538 nematodos/100 g de muestra, debido a que el platanal se ubicaba en un terreno arcilloso con signos de gleysación, indicando que es un terreno donde la cantidad de agua en los primeros 30 cm del suelo es alta, disminuyendo así el oxígeno disponible tanto para los nematodos como para el desarrollo de raíces de la planta y por ende disminuyendo la población de nematodos.

En la Figura 4 se puede observar la dinámica poblacional de nematodos de la Finca 2 ubicada en La Perla de La Fortuna en San Carlos junto a la curva de

temperatura que se presentó durante la época en estudio iniciando 14 días antes del primer muestreo y terminando con la fecha del último muestreo.

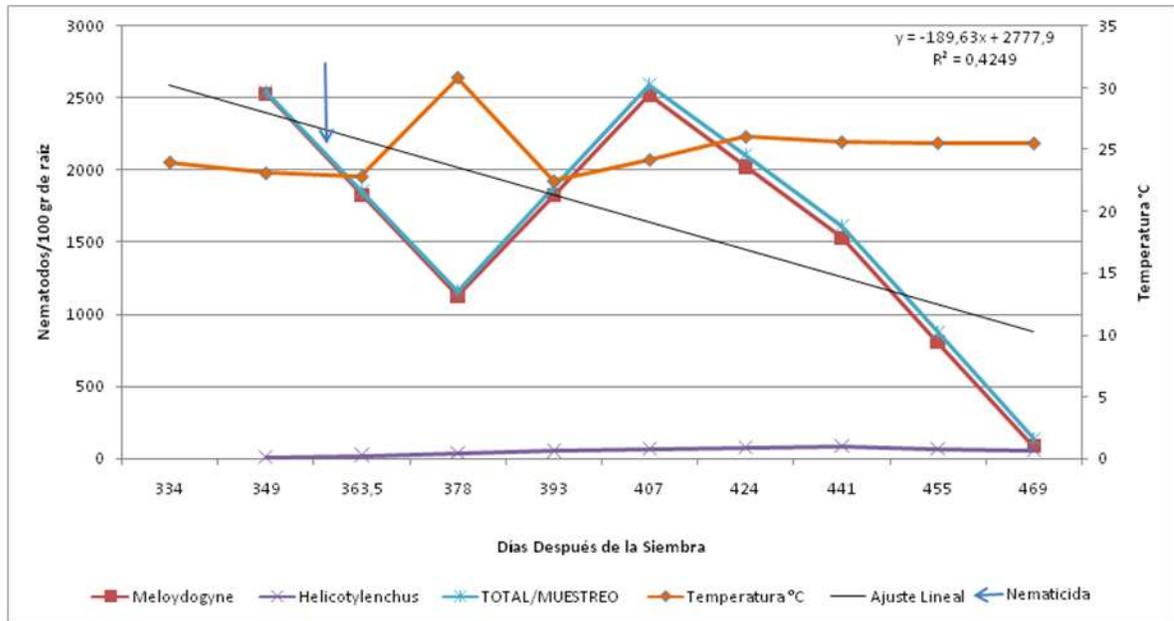


Figura 4. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 2 (Orlando Picado). La Perla, San Carlos, 2009.

Al igual que en la Finca 1, las temperaturas constantes en conjunto con las precipitaciones casi nulas en los meses de mayo y abril ocasionaron una disminución en la población de nematodos en raíz y suelo. Aunque la temperatura ambiental no tiene efecto directo, al mantener un estado con altas temperaturas ambientales y precipitaciones casi nulas la población de nematodos se ve afectada negativamente.

Con respecto a la dinámica poblacional de nematodos de la Finca 3 ubicada en La Perla de La Fortuna en San Carlos junto a la curva de precipitación que se presentó durante la época en estudio se puede observar en la Figura 5.

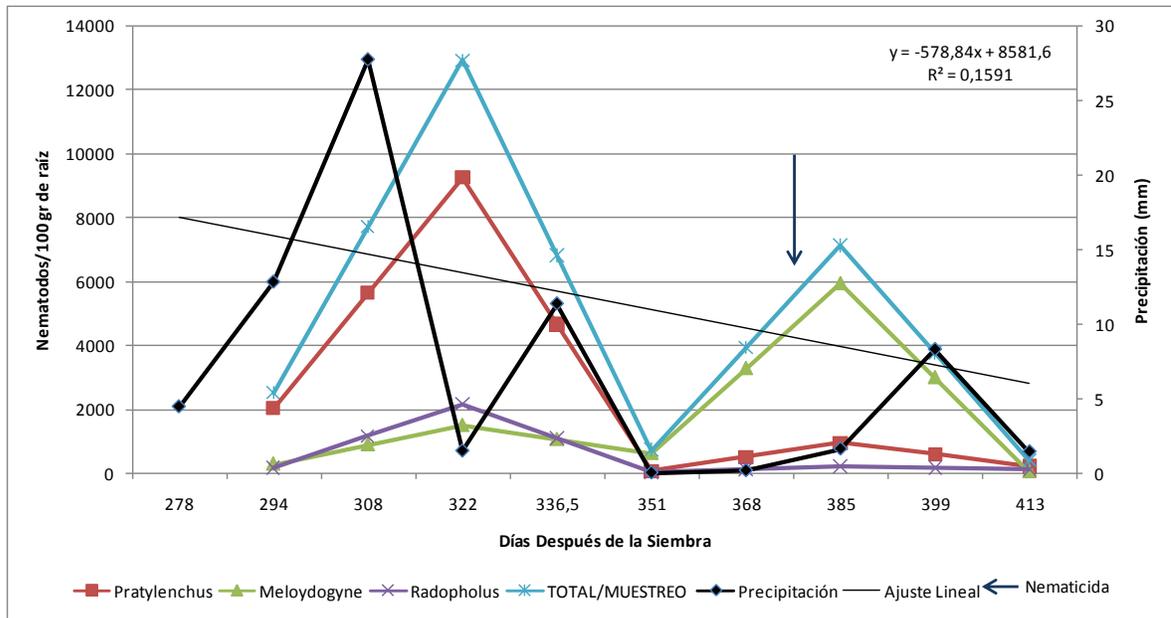


Figura 5. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 3 (Eliecer). La Perla, San Carlos, 2009.

En el caso del productor don Eliecer (Figura 5) se muestra una fluctuación en la población de nematodos alcanzando un máximo de 12.396 nematodos/100 gramos de muestra en febrero disminuyendo drásticamente en marzo. Este tipo de comportamiento se debe a la carencia de humedad en el suelo durante el mes de marzo afectando fuertemente la reproducción de los nematodos. Este cambio climático puede ser más perjudicial para la población de nematodos en este caso debido a que la siembra de los cormos fue realizada en lomos para mejorar así el drenaje de agua del lote para evitar encharcamiento.

En la Figura 6 se presenta la dinámica poblacional de nematodos de la Finca 3 ubicada en La Perla de La Fortuna en San Carlos junto a la curva de temperatura que se presentó durante la época en estudio.

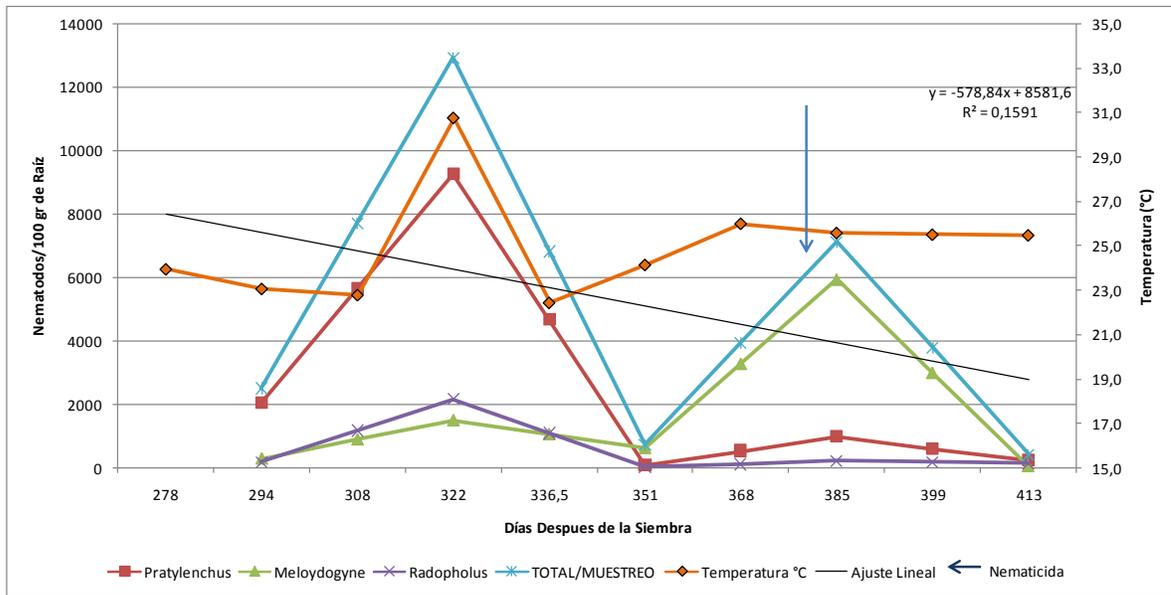


Figura 6. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 3 (Elicer). La Perla, San Carlos, 2009.

De acuerdo a la Figura 6, la temperatura ambiental no tiene efecto directo en las fluctuaciones de la población de nematodos ya que estas no poseen un comportamiento comparable con la curva de temperatura. Aunque al combinar la curvas de precipitación y temperaturas constantes durante el periodo de abril y mayo, no puede apreciarse que los nematodos sean afectados por estas condiciones climáticas.

Luego en abril la población incrementa levemente para disminuir nuevamente, esto se debe a una aplicación de nematicida a inicios de mayo. Como se mencionó anteriormente las aplicaciones de nematicidas programadas se realizan sin considerar los efectos climáticos en la población de nematodos por lo que la aplicación del nematicida logra disminuir, a aproximadamente 400 nematodos/100 g de muestra, la población de nematodos.

La Figura 7 muestra la dinámica poblacional de nematodos de la Finca 4 ubicada en Agua Azul de La Fortuna en San Carlos junto a la curva de precipitación que se presentó durante la época en estudio.

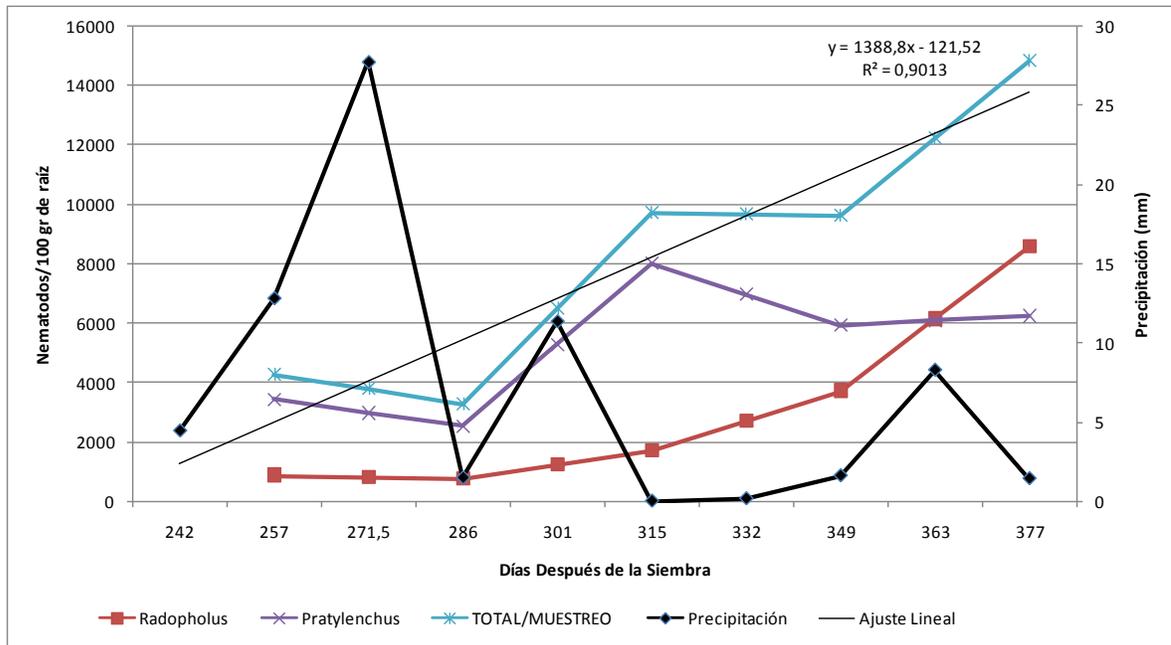


Figura 7. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Precipitación de la Finca 1 (ITCR-SSC). Agua Azul, San Carlos, 2009.

En el caso de esta finca de Agua Azul (Figura 7) se muestra como el desarrollo de los nematodos es creciente a lo largo de los muestreos y tiende a seguir incrementándose. En esta finca no se realizaron aplicaciones nematicidas durante el tiempo del estudio. Su constante crecimiento permite observar cómo se comporta el desarrollo de *R. similis* y *Pratylenchus* spp., los cuales son los nematodos de mayor incidencia en esta finca. Según Smith y Velásquez (2004) *Radopholus similis* es el principal nematodo del plátano en condiciones de la Zona Atlántica de Costa Rica seguido por *Pratylenchus* spp., *Helycotylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp.

Referente a la Finca 4 ubicada en Agua Azul (Fortuna, San Carlos), se graficó la curva de temperatura que se presentó durante la época en estudio. (Figura 8)

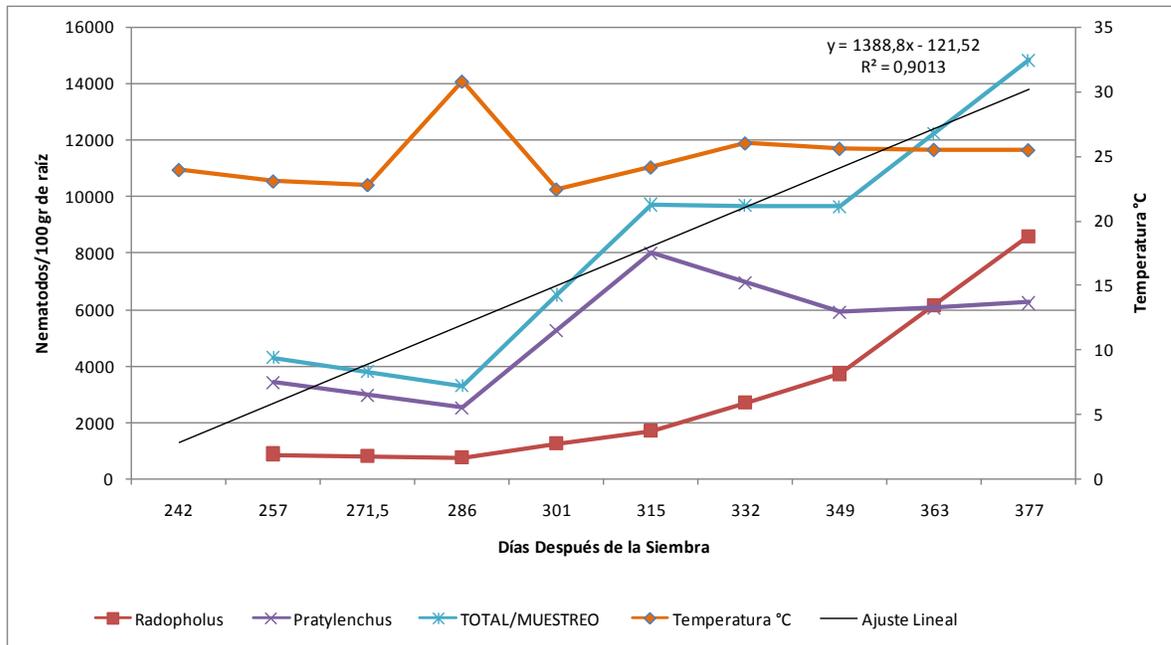


Figura 8. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs Temperatura de la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009.

4.3 Escalas de incidencia de nematodos para las condiciones presentadas durante el periodo de estudio, Agua Azul de Fortuna, San Carlos

Debido al comportamiento de crecimiento lineal de las poblaciones de nematodos que se observaron se construyeron dos escalas de incidencia para los nematodos más importantes a nivel de plátano, *Radopholus similis* y *Pratylenchus* spp.

En la Cuadro 2 y 3 se observan las escalas de los nematodos *Radopholus similis* y *Pratylenchus* spp. donde inician a los 262 dds y finalizan a los 381 dds., (periodo en estudio) Ambos cuadros muestran dos escalas, una de 10 valores y la segunda de 5 valores, con valores de 0 a 9 y de 0 a 4, respectivamente. La escala de 10 valores utiliza los valores mínimos y máximos encontrados en el estudio para cada día después de la siembra, mientras que la escala de 5 valores utiliza

puntos medios de la escala de 10 valores, esto con el fin de facilitar la comprensión y visualización de la misma al utilizar menos valores.

Cuadro 3. Escala de incidencia para *Radopholus similis* de acuerdo al comportamiento poblacional en la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009

Escala			Días después de la siembra									
			262		290		319		353		381	
<i>Radopholus similis</i>	0	0	0	291	0	336	0	734	0	1054	0	4158
	1		582		672		1467		2107		8316	
	2	1	644	674	704	720	1540	1577	2670	2952	8376	8405
	3		705		736		1614		3234		8435	
	4	2	767	797	768	784	1687	1723	3797	4078	8495	8524
	5		828		800		1760		4360		8554	
	6	3	889	920	832	848	1833	1870	4923	5205	8614	8643
	7		951		864		1907		5487		8673	
	8	4	1012	1042	896	912	1980	2016	6050	6331	8733	8762
	9		1073		928		2053		6613		8792	

*nematodos/100 gr de raíz.

En la escala 9 de *Radopholus similis* a los 262 dds se encuentran valores máximos de 1073 y mínimos de 0 y al finalizar la escala posee valores máximos de 8792 nematodos/100 gr de raíz a los 381 dds. El punto crítico se observa, en la escala 9, entre los 319 y 353 dds ya que es el punto de crecimiento más sobresaliente, incrementando 4560 nematodos/100 gr de raíz. Este efecto se debe a que la plantación ya se ha establecido, posee una edad entre 10 y 12 meses (etapa de fructificación y cosecha), unido a la producción de retoños, la cual es la etapa de mayor abundancia de raíz, por ende una mayor cantidad de nematodos.

Cuadro 4. Escala de incidencia para *Pratylenchus* spp. de acuerdo al comportamiento poblacional en la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009

Escala		Días después de la siembra									
		262		290		319		353		381	
<i>Pratylenchus</i> spp.	0	0	1549	0	1232	0	3740	0	2027	0	2660
	1	3097		2464		7480		4053		5320	
	2	3212	3270	2536	2572	7634	7711	4433	4623	5558	5677
	3	3327		2608		7788		4813		5796	
	4	3442	3500	2680	2716	7942	8019	5193	5383	6034	6153
	5	3557		2752		8096		5573		6272	
	6	3672	3730	2824	2860	8250	8327	5953	6143	6510	6629
	7	3787		2896		8404		6333		6748	
	8	3902	3960	2968	3004	8558	8635	6713	6903	6986	7105
	9	4017		3040		8712		7093		7224	

*nematodos/100 gr de raíz.

En la escala 9 de *Pratylenchus* spp. inicia con valores a los 262 dds de 0 nematodos/100 gr de raíz, mínimo y 4017 nematodos/100 gr de raíz máximo. Para alcanzar un máximo a los 381 dds de 7224 nematodos/100 gr de raíz. En la escala de *Pratylenchus* spp. hay un crecimiento sobresaliente de 5635 nematodos/100 gr de raíz entre los 290 dds y los 319 dds, y que coincide con la etapa de floración y fructificación, o sea, etapa donde la planta ha alcanzado su máximo desarrollo vegetativo tanto foliar como radicular.

Según ambas escalas el lapso más crítico en cuanto a la proliferación y población de nematodos es de los 290 hasta los 353 dds por el crecimiento exponencial de los mismos.

4.4 Dinámica poblacional de nematodos totales en fincas comerciales con nematicidas

En la Figura 9 se observa la dinámica poblacional de nematodos totales de las Fincas 2 y 3 ubicadas en La Perla de La Fortuna en San Carlos junto a la curva de temperatura que se presentó durante la época en estudio.

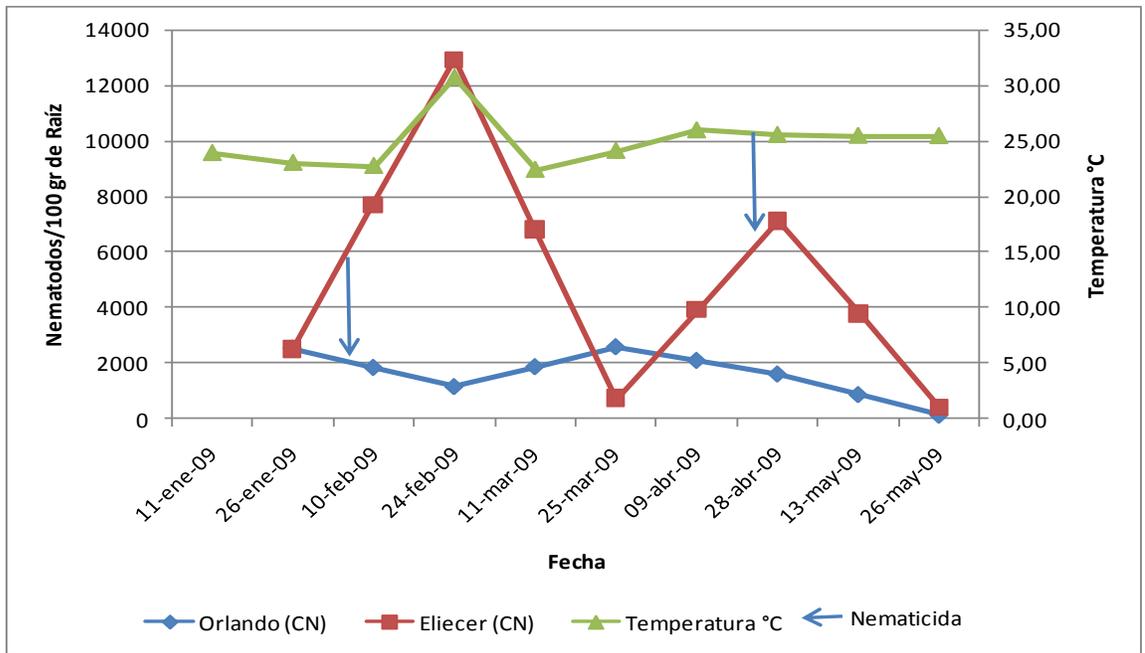


Figura 9. Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas convencionales vs Temperatura de la Finca 2 (Orlando Picado) y 3. Agua Azul, San Carlos, 2009.

En plantaciones comerciales donde utilizan nematicidas es importante analizar el manejo cultural de la plantación como por ejemplo la deshija y deshierba. En la Figura 9, se muestra como la Finca 2 nunca alcanza niveles poblacionales de nematodos tan alta como la Finca 3 bajo las mismas condiciones. La diferencia radica en el estado fitosanitario de la plantación. La Finca 2 maneja las deshijas hijo madre y abuela mientras que la Finca 3 no realizaba deshijas, ocasionando así mayor cantidad de raíces y menor vigor por parte de los retoños y debilidad por parte de la planta madre.

Además que en la Finca 3 se observaron volcamiento de plantas. Las labores de deshierba son importantes porque los nematodos poseen gran gama de plantas hospederas que pueden encontrarse entre las malezas de una plantación. En la Finca 2 se realizaba chapea del área circundante a la planta mientras que en la plantación 3 se mantenía en altas densidades de malezas.

La dinámica poblacional de nematodos totales de las Fincas 2 y 3 ubicadas en La Perla de La Fortuna en San Carlos junto a la curva de precipitación que se presentó durante la época en estudio se detalla en la Figura 10.

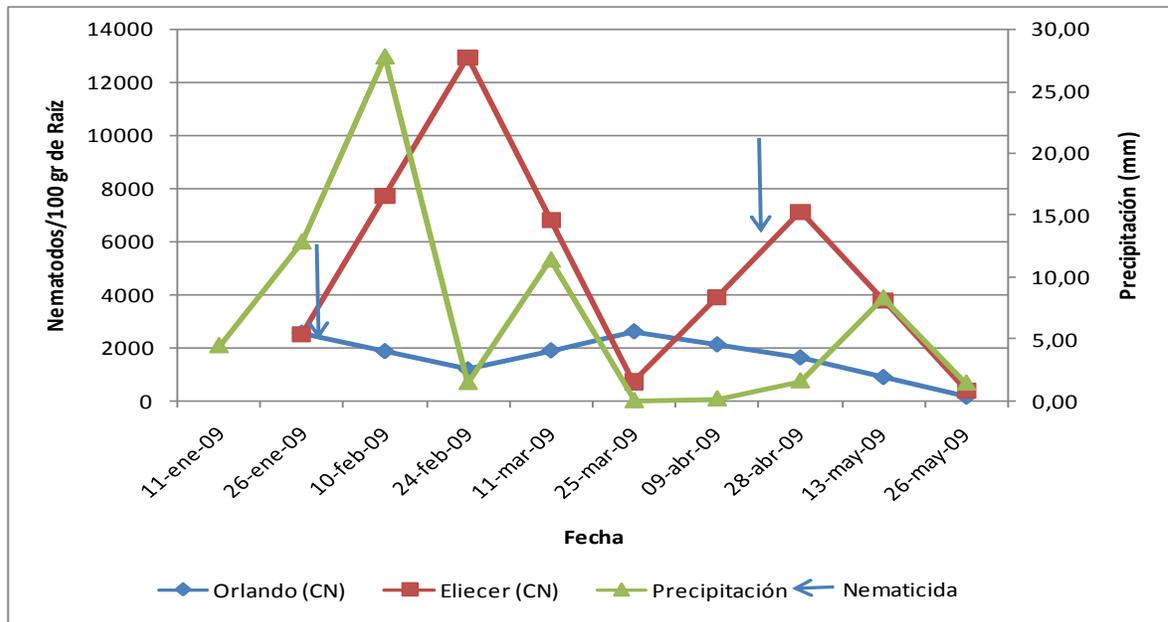


Figura 10. Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas convencionales vs Precipitación de la Finca 2 (Orlando Picado) y 3. Agua Azul, San Carlos, 2009.

Como anteriormente se indica las fluctuaciones poblacionales se deben a factores climáticos como la temperatura y la precipitación ya que estos tienen relación directa con la humedad en el suelo y en este caso la aplicación de nematicidas (carbofuran).

4.5 Dinámica poblacional de nematodos totales en fincas sustentables

La Figura 11 presenta la dinámica poblacional de nematodos totales de las Fincas 1 y 4 ubicadas en Santa Clara y Agua Azul de La Fortuna en San Carlos, respectivamente, junto a la curva de temperatura que se presentó durante la época en estudio iniciando 14 días antes del primer muestreo y terminando con la fecha del último muestreo.

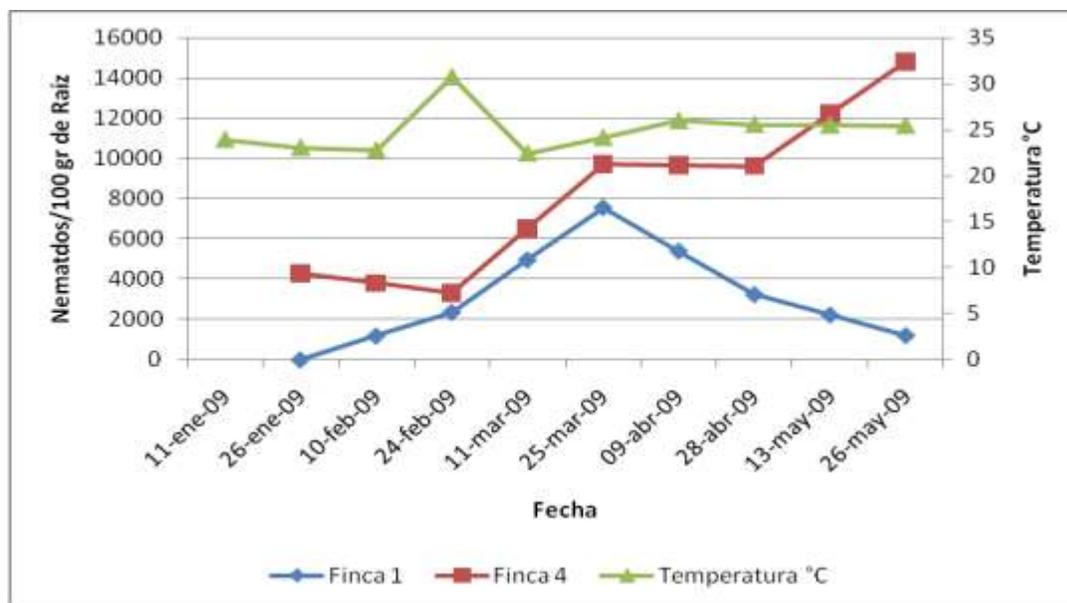


Figura 11. Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas de manejos sustentable vs Temperatura de la Finca 1 (ITCR-SSC) y 4. Santa Clara y Agua Azul, San Carlos, 2009.

La temperatura no tuvo mayor efecto en la dinámica poblacional por sí sola, ya que el comportamiento poblacional no lleva relación con la curva de temperatura. La fluctuación poblacional en estas fincas se debe al factor humedad y aireación del suelo. La temperatura durante los meses de abril y mayo promedia 25.8 °C y 25.3 °C, respectivamente, meses en la que la precipitación fue casi nula (Figura 12) que es donde la población de nematodos en la Finca 1 desciende.

Para el caso de la dinámica poblacional de nematodos totales de las Fincas 1 y 4 ubicadas en Santa Clara y Agua Azul de La Fortuna en San Carlos, respectivamente, la figura 12 presenta en la dinámica y la curva de precipitación que se presentó durante la época en estudio.

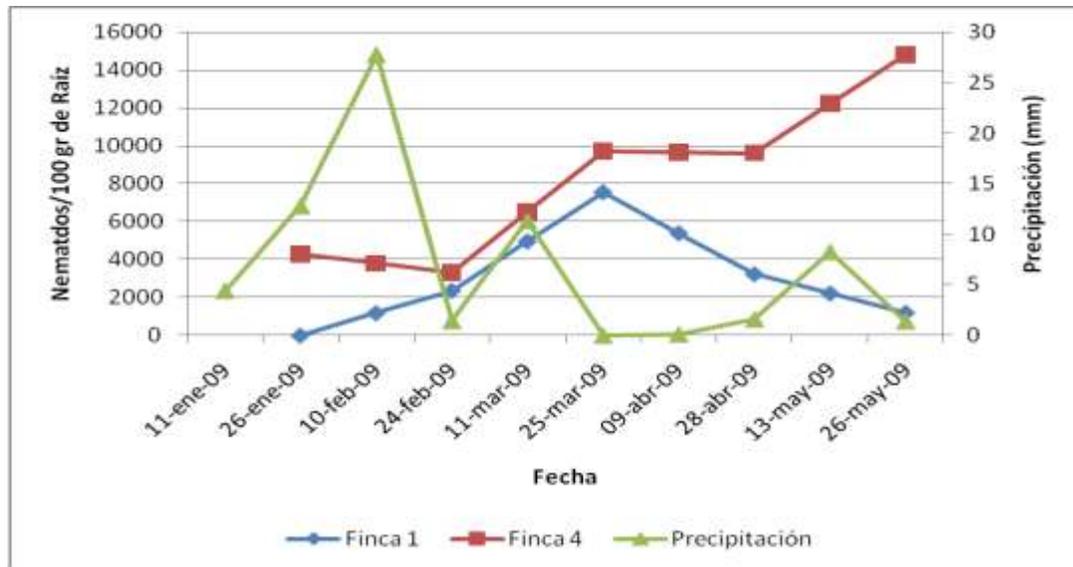


Figura 12. Dinámica Poblacional de los nematodos totales en fincas de manejos sustentable vs Precipitación de la Finca 1 (ITCR-SSC) y 4. Santa Clara y Agua Azul, San Carlos, 2009.

Como se demuestra en la Figura 12, en la Finca 1 se presenta un descenso iniciando a finales de marzo, justamente cuando hay un déficit de precipitación, (faltante de humedad en el suelo) lo cual provoca una disminución en la movilidad y reproducción de los nematodos. Esta limitante de humedad en el suelo es la causante del descenso en la población de nematodos en la Finca 1.

4.6 Peso de raíz funcional comparado con la dinámica poblacional de nematodos

El comportamiento del peso de raíz funcional y la raíz no funcional, comparado con la dinámica poblacional de los nematodos durante el periodo experimental en la Finca 1 ubicada en Santa Clara de San Carlos, se detalla en la Figura 13.

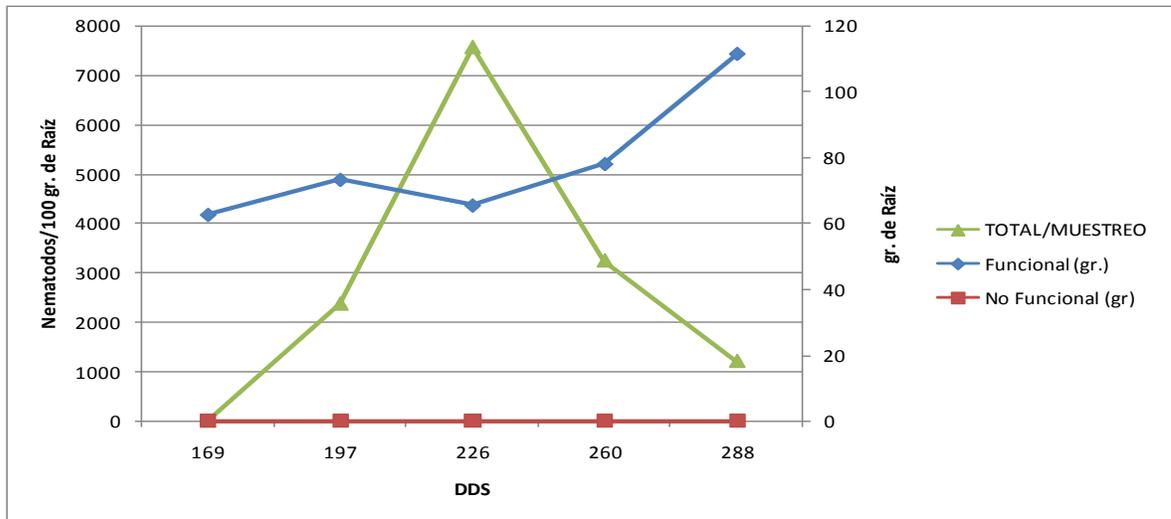


Figura 13. Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 1 (ITCR-SSC). Santa Clara, San Carlos, 2009.

Según esta figura el ascenso en la población de nematodos totales y luego un descenso que anteriormente se explicó que se debe a una deficiencia de humedad en el suelo. La curva de raíz funcional va en ascenso ya que la plantación es joven y está en etapa crecimiento vegetativo. Anterior al fuerte descenso en la curva de nematodos totales se muestra como al ir aumentando la raíz funcional, los nematodos totales encontrados también iban en aumento de no ser por el factor humedad en el suelo.

En la Figura 14 se observa el comportamiento del peso de raíz funcional y la raíz no funcional en comparación con la dinámica poblacional de los nematodos totales en la Finca 2 (Orlando Picado) ubicada en La Perla de Fortuna en San Carlos.

En esta finca se presenta un comportamiento en el cual las curvas de peso de raíz funcional tienen un comportamiento muy similar. Esto indica que el número de nematodos encontrados puede ser proporcional al peso de raíz funcional.

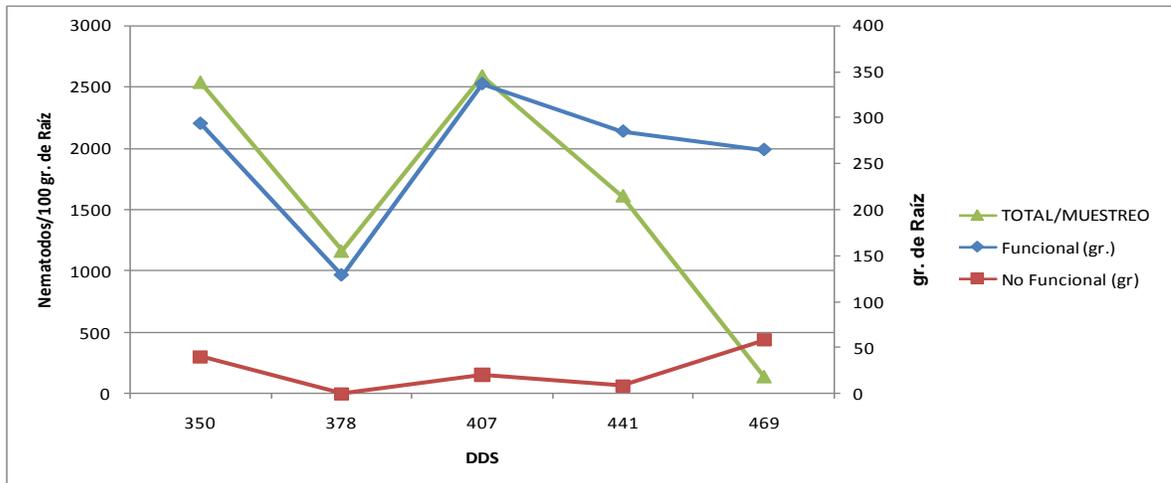


Figura 14. Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 2 (Orlando Picado). La Perla, San Carlos, 2009.

La Figura 15 presenta el comportamiento del peso de raíz funcional y la raíz no funcional en comparación con la dinámica poblacional de los nematodos totales en la Finca 3 ubicada en La Perla de Fortuna en San Carlos.

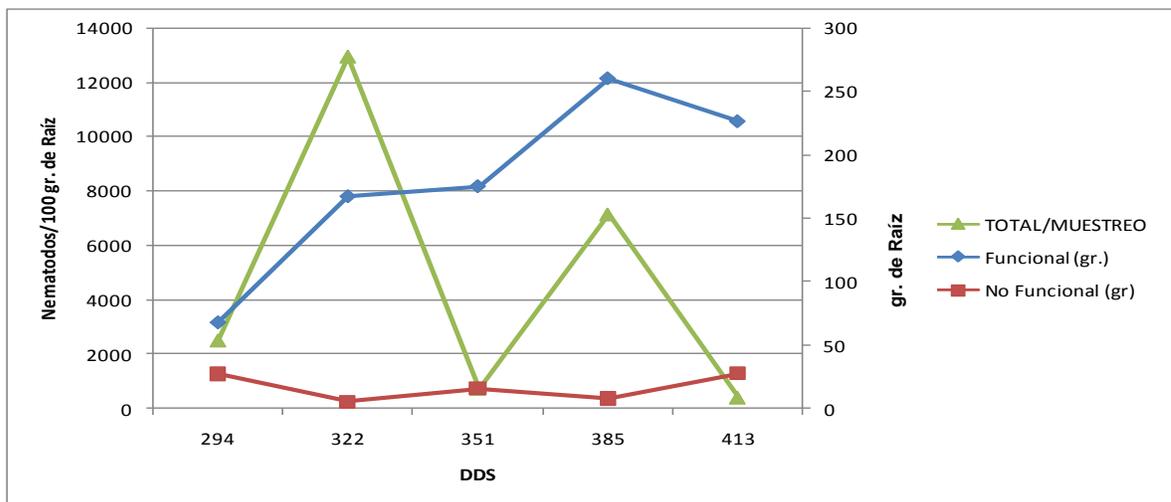


Figura 15. Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 3 (Eliecer). La Perla, San Carlos, 2009.

Se muestra un comportamiento fluctuante en la población de nematodos debido a la aplicación de nematicida y a los factores climáticos que sufrió la plantación en la época de abril y mayo. (Figura 15) Aun así el peso de raíz aumenta con la edad de la planta pero no se puede inferir en cuanto a alguna relación entre raíces funcionales y número de nematodos encontrados de acuerdo a esta figura.

Por último la Figura 16 presenta el comportamiento del peso de raíces (funcional y no funcional) en comparación con la dinámica poblacional de los nematodos totales la Finca 3 (Agustín Acosta) ubicada en Agua Azul de Fortuna en San Carlos. Se puede observar como el comportamiento de nematodos totales en 100 gramos de raíz tienen un comportamiento inverso al comportamiento de las raíces no funcionales; indicando así que, de acuerdo con lo observado en la Figura 13, entre mayor sea el peso de raíz funcional mayor será el número de nematodos en 100 gr de raíz y entre mayor sea el peso de raíz no funcional menor será el número de nematodos en 100 gr de raíz. (Figura 16).

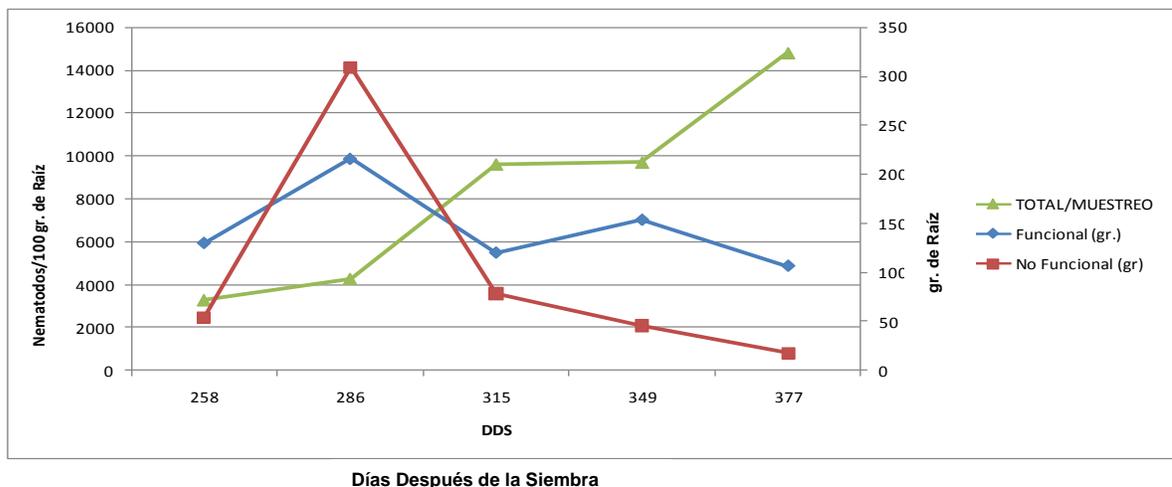


Figura 16. Comportamiento del peso de raíces funcionales y no funcionales comparando con la dinámica poblacional de los nematodos totales en 100 gr de raíz en la Finca 3 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009.

4.7 Análisis Estadístico

Debido a que el estudio realizado trata de dinámica poblacional de nematodos, se recurrió a realizar pruebas estadísticas para comprobar si esta dinámica tenía un comportamiento de distribución normal

En la Figura 17 se observa un ajuste para distribución normal Q-Q Plot con un nivel de confianza de 95 %.

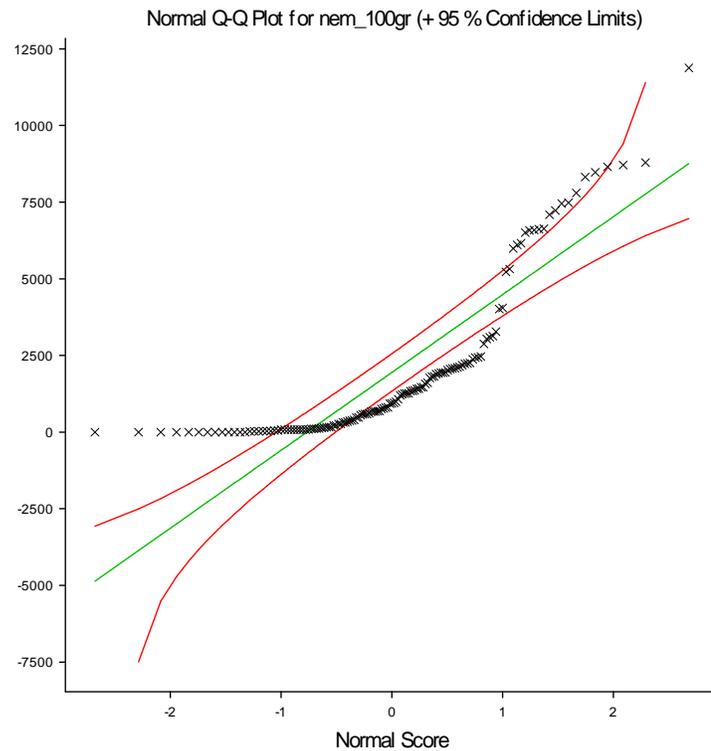


Figura 17. Ajuste para distribución normal Q-Q Plot para nematodos/100 gr de raíz con un valor de confianza del 95%.

De acuerdo a la Figura 17 los nematodos no poseen una distribución normal para un nivel de confianza del 95 %. Esto debido a que en la Figura 17 se muestra como del punto -2 al -1 los datos se salen del espacio de confiabilidad al igual en el punto 1 a 2.

En el Cuadro 3 (Anexo 4) se presentan los niveles críticos para los test estadísticos de -Darling, Cramer-von Mises y Watson para comprobar si la dinámica poblacional de las fincas poseen una distribución normal.

Al comparar los niveles críticos con los valores de cada test estadístico (ver anexo 4), estos indican que el comportamiento de los nematodos no posee una distribución normal. Esto se debe a la fluctuación en la dinámica poblacional de los nematodos en las fincas estudiadas, ya sea por la aplicación de nematicidas o el estado climático (temperatura y humedad del suelo) que los afecta.

5. CONCLUSIONES

En base a las condiciones en que se realizó este experimento se dan las siguientes conclusiones:

1. Los principales nematodos encontrados en la Región Huetar Norte de Costa Rica fueron en orden: *Meloidogyne* spp., *Radopholus similis*, *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp.
2. Según la literatura el nematodo más concurrente es el *Radopholus similis*. El estudio difiere en que el nematodo más concurrente es el *Meloidogyne* spp. esto debido al estado de limpieza de las plantaciones en cuanto a malezas ya que el *Meloidogyne* spp. posee una amplia gama de hospederos, además de las siembras anteriores al plátano como lo son raíces y tubérculos.
3. El comportamiento fluctuante de aumento y disminución en la dinámica poblacional de nematodos en un manejo sustentable se debe a las adversidades climáticas, especialmente la humedad del suelo, debido a que los nematodos parasitarios del plátano poseen una parte de su ciclo de vida en el suelo.
4. El comportamiento fluctuante de aumento y disminución en la dinámica poblacional de nematodos en un manejo convencional se debe a las aplicaciones nematicidas y las adversidades climáticas, especialmente la humedad del suelo.
5. En la dinámica poblacional de la Finca 3 (Agustín Acosta) donde no se aplicaron nematicidas se observó un crecimiento lineal a través del tiempo.
6. De acuerdo a las escalas elaboradas, la etapa crítica en el cual las poblaciones de nematodos incrementan exponencialmente es de los 290 a las 353 dds.

7. Debido a las aplicaciones nematicidas y a los estados críticos de precipitación la dinámica poblacional de nematodos no tiene una distribución normal según los test estadísticos de Anderson-Darling, Cramer-von Mises y Watson.

6. RECOMENDACIONES

- Para la mejor interpretación de la dinámica poblacional de nematodos en lo que a factores climáticos concierne sería prudente la colocación de aparatos medidores de temperatura y humedad en el suelo para lograr captar datos más propios del microclima que se encuentra en el suelo y así poder entender y lograr hacer correlaciones más exactas y precisas sobre el efecto de los factores climáticos del suelo en la dinámica poblacional de nematodos
- Para mantener las población de nematodos baja en fincas donde los insumos son escasos, o por principio no se utilizan, es muy importante realizar las actividades de deshija, deshoja y chapea en el área circundante en los periodos adecuados. De esta manera no se estresa, no se pierde el estado nutricional ni la fortaleza de la planta y así tener menor incidencia de plagas y enfermedades.
- De acuerdo al estudio realizado, alrededor de los 8 a 9 meses de edad de la plantación de plátano es cuando se encuentra la mayor cantidad de nematodos por 100 gramos de raíz, por lo que se podría recomendar una aplicación nematicida en el mes 8 o alrededor de los 250 días después de la siembra. Esto va a variar según el clon que se tenga.

7. LITERATURA CITADA

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), 2006. Revista: Manejo Integrado de Plagas No. 52 (en línea). Consultado el 23 Jun. 2006. Disponible en: web.catie.ac.cr/información/RMIP/rmip52/nht52-1.htm
- Champion, J.* 1968. El Plátano. Barcelona España. Ed. Blume.247 p.
- CNP (Consejo Nacional de Producción) Boletín Informativo en el Mercado del Plátano. Boletín # 1 Febrero 2007. Consultado el 13 de junio del 2008. Disponible en: http://www.mercanet.cnp.go.cr/SIM/Frutas_y_Vegetales/Historicos/Platano/2007/Platano_Febrero-2007.pdf
- CNP (Consejo Nacional de Producción) Situación del Mercado del Plátano. Boletín #1.Marzo 2008 Consultado el 13 de junio del 2008. Disponible en: [http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTMILITROS\(ML\)/uploads/files/boletines/Bol-No-1-Platano-Mar2008.pdf](http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTMILITROS(ML)/uploads/files/boletines/Bol-No-1-Platano-Mar2008.pdf)
- Cyanamid*, American Cyanimid Company. 1994. Counter: Insecticida-Nematicida Sistémico. Latin American Group. New Jersey, EEUU. 28 p.
- Esquivel, A.* 2005. Manual de identificación de géneros de nematodos Importantes en Costa Rica. Universidad Nacional. 50 p.
- FAO (Organización para las Naciones Unidas Agricultura y Alimentación). Manejo de nematodos endoparásitos: proyecciones futuras. Consultado 11 febr. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1054/cuf0018s.pdf>
- Figueroa, A.* 1989. Dinámica poblacional de cuatro géneros de nematodos parásitos en platano. ASBANA.CR.
- Jiménez, M.*1972.Fluctuaciones anuales de la población de *Radopholus similis* en la zona bananera de Pocosí, Costa Rica. Nematrópica. 2(2):33-40.

- Jiménez, A.* 1991. Determinación de la Densidad poblacional de Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del Plátano (*Musa AAB*) en La Región Huetar Norte. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 53p.
- MAG* (Ministerio de Agricultura y Ganadería) Plátano *Musa* sp. Consultado el 2 de junio del 2008. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_platano.pdf
- MAG* (Ministerio de Agricultura y Ganadería) Manual de Plátano. Consultado el 2 de junio del 2008. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_platano_04.pdf
- Mai, WF.* y *Lyon, HH.* 1960. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Edit: Comstock Publishing Associates.
- Marban, M.* 1987. Fitonematología: Manual de Laboratorio. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C. R.
- Meléndez, Y.* 1994. Reproducción rápida de plátano (*Musa AAB*) clon Curarré por la técnica de germinación utilizando diferentes concentraciones de 6 bencilaminopurina. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 58p.
- Montero, E.* 1993. Dinámica poblacional de Nematodos utilizando diferentes materiales de siembra en plátano (*Musa AAB*). Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 57p.
- OIRSA.* 2001. El cultivo de plátano. OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). Departamento de Sanidad vegetal. San Salvador. Disponible en <http://www.oirsa.org.sv/DTSV/manuales/manual10/cultivodeplátano-08.html>
- Rodríguez, G;* *Morales, J;* *Chavarría, C.* 1985. Producción de Plátanos. CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza).Turrialba, Costa Rica .70p.
- Reynolds, W;* *Sleet, B.* 1955. Root knot nematode infestation as influenced by soil texture. Soil Science. 80:459-461.

- Smith, E.; Velásquez M.* 2004. Opciones tecnológicas para la producción de plátano, (*Musa AAB*) para exportación en la región atlántica de Costa Rica. MAG (Ministerio de agricultura y ganadería). 28p. Disponible en <http://www.mag.go.cr>
- Tarte, R.* 1980. La importancia del conocimiento de la biología y comportamiento de los nematodos parásitos del banano en el desarrollo de nematodos eficientes de control. Proyecto UNCTAD/PNUD/UPEB.16p.
- Zuckerman, B M.; Mai, W F.; Krusberg, LR.* 1990. Plant Nematology Laboratory Manual. Traducido y editado al español por Nahum Marban Mendoza. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

8. ANEXOS

Anexo 1.

Datos meteorológicos de la estación meteorológica de Santa Clara para el mes de enero febrero y marzo del 2009.

Día	Enero			Febrero			Marzo		
	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR %)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR %)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR %)	Precipitación (mm)
1	22,9	97,5	3,60	24,1	73,5	0,50	22,5	83,5	0,00
2	23,3	89,0	0,50	23,5	83,0	0,00	21,7	92,0	3,40
3	23,4	96,0	0,00	23,4	96,5	6,20	20,0	92,5	32,40
4	25,7	85,0	1,00	21,8	97,5	71,20	19,7	97,0	42,70
5	23,8	95,5	41,00	19,8	96,5	124,40	21,5	96,0	60,90
6	23,5	97,0	1,20	18,6	96,5	117,70	23,9	92,0	17,50
7	24,0	93,0	0,00	19,6	97,5	90,90	23,0	91,5	0,90
8	23,3	96,5	0,00	23,4	88,0	1,90	22,7	96,5	4,90
9	24,3	93,5	1,60	23,5	88,0	0,00	22,5	96,5	3,20
10	24,5	90,5	0,00	23,8	85,0	0,00	23,9	72,5	0,60
11	25,0	83,5	0,00	23,4	87,0	0,00	23,4	70,0	0,00
12	25,0	80,0	0,00	23,1	94,0	0,20	22,5	75,5	0,00
13	23,2	90,5	0,00	25,5	75,5	2,30	23,4	86,0	0,00
14	24,8	88,5	0,10	22,7	92,5	0,10	23,6	85,5	0,00
15	24,6	78,0	0,30	22,6	90,0	0,00	24,9	75,5	0,00
16	23,2	81,5	1,40	23,5	73,5	0,00	24,2	79,0	0,00
17	23,4	89,5	0,00	22,3	70,0	0,40	24,6	78,0	0,00
18	23,2	86,5	0,00	23,7	61,5	0,00	25,0	71,0	0,00
19	22,6	86,5	0,00	24,3	80,0	0,00	24,4	80,5	0,00
20	22,0	95,5	4,30	23,8	94,0	7,80	25,1	78,5	0,00
21	22,6	79,0	8,80	122,6	83,0	0,40	23,9	76,5	0,00
22	19,5	94,0	12,00	24,3	78,0	0,00	23,0	77,5	0,00
23	23,5	85,0	37,50	24,6	80,0	8,40	23,7	78,5	0,00
24	23,9	93,0	0,10	24,6	78,0	1,00	25,6	67,0	0,00
25	22,4	96,0	103,50	22,2	95,5	1,70	24,3	74,5	0,00
26	22,4	97,0	24,30	23,1	79,0	0,10	25,0	71,0	0,00
27	23,7	82,0	0,00	23,4	83,0	1,90	25,8	72,5	0,00
28	25,4	79,0	0,00	23,1	87,5	0,20	26,9	65,5	0,00
29	24,1	86,5	0,40				27,5	71,5	0,00
30	24,9	75,5	0,20				24,6	78,0	0,00
31	22,4	96,5	3,20				24,6	80,5	0,00
Promedio	23,5	88,9	245,00	26,6	85,1	437,30	23,8	80,7	166,50

Anexo 1 (Continuación).

Datos meteorológicos de la estación meteorológica de Santa Clara para los meses de abril y mayo del 2009.

Día	Abril			Mayo		
	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR %)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (HR %)	Precipitación (mm)
1	25,7	78,0	0,00	27,2	69,0	0,00
2	27,1	68,5	0,00	26,2	71,0	0,00
3	27,2	72,5	0,00	24,8	90,5	98,30
4	27,3	67,5	0,00	26,1	77,5	0,00
5	26,8	67,5	0,00	26,1	79,0	1,90
6	27,2	70,5	0,00	24,5	86,5	0,00
7	25,3	69,0	0,00	25,2	78,5	8,00
8	25,3	74,5	0,00	25,5	85,5	1,40
9	24,0	94,5	2,30	26,1	76,5	4,60
10	25,5	76,5	0,00	25,1	86,5	0,00
11	25,9	77,5	0,00	25,5	88,5	3,50
12	26,0	85,5	0,00	23,9	92,5	6,70
13	25,4	85,5	0,00	25,0	78,0	0,00
14	24,6	78,5	12,50	24,4	84,5	0,00
15	24,6	67,0	0,00	25,4	79,5	0,00
16	24,0	82,5	0,00	25,5	75,0	0,00
17	25,0	73,5	0,00	25,5	84,5	3,10
18	26,0	65,5	0,00	26,2	76,5	0,00
19	26,0	57,0	0,00	26,4	71,5	0,00
20	24,9	78,0	0,00	25,0	78,0	0,80
21	28,3	59,0	0,00	26,2	77,0	0,00
22	26,1	77,0	0,00	25,0	93,5	5,10
23	24,3	92,0	7,50	24,8	89,5	5,00
24	25,9	77,0	3,60	27,8	74,0	0,50
25	27,5	57,5	0,00	24,6	93,0	3,30
26	26,6	64,0	0,00	24,7	88,0	0,70
27	25,1	84,5	0,50	25,4	90,0	6,70
28	24,9	87,5	0,00	26,1	77,0	0,00
29	26,4	75,0	0,00	26,8	79,5	26,20
30	25,1	86,5	0,00	19,2	89,5	27,60
31				25,7	81,0	3,20
Promedio	25,8	74,9	26,40	25,3	82,0	206,60

Anexo 2.

Conteo de nematodos en raíz para los muestreos 1 y 2.

Muestreo	Fecha	Nematodo	Finca	Peso raíz	ml extracción	Conteo	cantidad	nematodos /100 gr de raíz
1	27-ene-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10,5	C1	0	0,00
	27-ene-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10,5	C1	0	0,00
	27-ene-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10,5	C2	0	0,00
	27-ene-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10,5	C2	0	0,00
	27-ene-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10,5	C3	0	0,00
	27-ene-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10,5	C3	0	0,00
	27-ene-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C1	1	28,00
	27-ene-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C1	74	2072,00
	27-ene-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C2	0	0,00
	27-ene-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C2	117	3276,00
	27-ene-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C3	0	0,00
	27-ene-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C3	80	2240,00
	27-ene-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	82	2186,67
	27-ene-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	6	160,00
	27-ene-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	3	80,00
	27-ene-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	68	1813,33
	27-ene-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	14	373,33
	27-ene-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	12	320,00
	27-ene-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	80	2133,33
	27-ene-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	12	320,00
	27-ene-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	5	133,33
	27-ene-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11,5	C1	101	3097,33
	27-ene-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11,5	C1	19	582,67
	27-ene-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11,5	C2	102	3128,00
	27-ene-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11,5	C2	31	950,67
	27-ene-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11,5	C3	131	4017,33
	27-ene-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11,5	C3	35	1073,33
2	24-feb-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	13	C1	16	554,67
	24-feb-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	13	C1	56	1941,33
	24-feb-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	13	C2	11	381,33
	24-feb-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	13	C2	41	1421,33
	24-feb-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	13	C3	20	693,33
	24-feb-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	13	C3	56	1941,33
	24-feb-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	13,5	C1	1	36,00
	24-feb-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	13,5	C1	19	684,00
	24-feb-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	13,5	C2	1	36,00
	24-feb-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	13,5	C2	49	1764,00
	24-feb-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	13,5	C3	1	36,00
	24-feb-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	13,5	C3	26	936,00
	24-feb-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C1	254	7450,67
	24-feb-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C1	43	1261,33
	24-feb-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C1	76	2229,33
	24-feb-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C2	289	8477,33
	24-feb-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C2	48	1408,00
	24-feb-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C2	65	1906,67
	24-feb-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C3	405	11880,00
	24-feb-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C3	62	1818,67
	24-feb-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	11	C3	81	2376,00
	24-feb-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	12	C1	95	3040,00
	24-feb-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	12	C1	29	928,00
	24-feb-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	12	C2	65	2080,00
	24-feb-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	12	C2	21	672,00
	24-feb-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	12	C3	77	2464,00
	24-feb-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	12	C3	21	672,00

Anexo 2 (Continuación).

Conteo de nematodos en raíz para los muestreos 3 y 4.

Muestreo	Fecha	Nematodo	Finca	Peso raíz	ml extracción	Conteo	cantidad	nematodos /100 gr de raíz
3	25-mar-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10,5	C1	29	812,00
	25-mar-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10,5	C1	214	5992,00
	25-mar-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10,5	C2	45	1260,00
	25-mar-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10,5	C2	235	6580,00
	25-mar-09	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10,5	C3	43	1204,00
	25-mar-09	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10,5	C3	237	6636,00
	25-mar-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	11	C1	3	88,00
	25-mar-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	11	C1	98	2874,67
	25-mar-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	11	C2	4	117,33
	25-mar-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	11	C2	77	2258,67
	25-mar-09	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	11	C3	0	0,00
	25-mar-09	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	11	C3	83	2434,67
	25-mar-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C1	0	0,00
	25-mar-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C1	22	616,00
	25-mar-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C1	0	0,00
	25-mar-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C2	5	140,00
	25-mar-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C2	17	476,00
	25-mar-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C2	2	56,00
	25-mar-09	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C3	4	112,00
	25-mar-09	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C3	27	756,00
	25-mar-09	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10,5	C3	1	28,00
	25-mar-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11	C1	297	8712,00
	25-mar-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11	C1	50	1466,67
	25-mar-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11	C2	255	7480,00
	25-mar-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11	C2	70	2053,33
25-mar-09	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11	C3	266	7802,67	
25-mar-09	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	11	C3	55	1613,33	
4	28-abr-08	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10	C1	73	1946,67
	28-abr-08	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10	C1	71	1893,33
	28-abr-08	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10	C2	59	1573,33
	28-abr-08	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10	C2	51	1360,00
	28-abr-08	Helicotylenchus	La Esmeralda	25	10	C3	55	1466,67
	28-abr-08	Meloydogyne	La Esmeralda	25	10	C3	50	1333,33
	28-abr-08	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C1	3	84,00
	28-abr-08	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C1	72	2016,00
	28-abr-08	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C2	3	84,00
	28-abr-08	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C2	44	1232,00
	28-abr-08	Helicotylenchus	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C3	3	84,00
	28-abr-08	Meloydogyne	Orlando Picado,El Tanque	25	10,5	C3	48	1344,00
	28-abr-08	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	37	986,67
	28-abr-08	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	244	6506,67
	28-abr-08	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	2	53,33
	28-abr-08	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	25	666,67
	28-abr-08	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	196	5226,67
	28-abr-08	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	13	346,67
	28-abr-08	Pratylenchus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	47	1253,33
	28-abr-08	Meloydogyne	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	229	6106,67
	28-abr-08	Radopholus	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	10	266,67
	28-abr-08	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	10	C1	247	6586,67
	28-abr-08	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	10	C1	79	2106,67
	28-abr-08	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	10	C2	266	7093,33
	28-abr-08	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	10	C2	91	2426,67
	28-abr-08	Pratylenchus	Agustín Acosta,Agua azul	25	10	C3	152	4053,33
	28-abr-08	Radopholus	Agustín Acosta,Agua azul	25	10	C3	248	6613,33

Anexo 2 (Continuación).

Conteo de nematodos en raíz para el muestreo 5.

Muestreo	Fecha	Nematodo	Finca	Peso raíz	ml extracción	Conteo	cantidad	nematodos /100 gr de raíz
5	26-may-09	<i>Helicotylenchus</i>	La Esmeralda	25	10	C1	29	773,33
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	La Esmeralda	25	10	C1	22	586,67
	26-may-09	<i>Helicotylenchus</i>	La Esmeralda	25	10	C2	22	586,67
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	La Esmeralda	25	10	C2	15	400,00
	26-may-09	<i>Helicotylenchus</i>	La Esmeralda	25	10	C3	30	800,00
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	La Esmeralda	25	10	C3	18	480,00
	26-may-09	<i>Helicotylenchus</i>	Orlando Picado,El Tanque	25	10	C1	0	0,00
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	Orlando Picado,El Tanque	25	10	C1	3	80,00
	26-may-09	<i>Helicotylenchus</i>	Orlando Picado,El Tanque	25	10	C2	3	80,00
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	Orlando Picado,El Tanque	25	10	C2	3	80,00
	26-may-09	<i>Helicotylenchus</i>	Orlando Picado,El Tanque	25	10	C3	3	80,00
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	Orlando Picado,El Tanque	25	10	C3	4	106,67
	26-may-09	<i>Pratylenchus</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	8	213,33
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	0	0,00
	26-may-09	<i>Radopholus</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C1	3	80,00
	26-may-09	<i>Pratylenchus</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	8	213,33
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	1	26,67
	26-may-09	<i>Radopholus</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C2	6	160,00
	26-may-09	<i>Pratylenchus</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	10	266,67
	26-may-09	<i>Meloydogyne</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	4	106,67
	26-may-09	<i>Radopholus</i>	Eliecer La Perla,La Fortuna	25	10	C3	6	160,00
	26-may-09	<i>Pratylenchus</i>	Agustín Acosta,Agua azul	25	10,5	C1	190	5320,00
	26-may-09	<i>Radopholus</i>	Agustín Acosta,Agua azul	25	10,5	C1	297	8316,00
	26-may-09	<i>Pratylenchus</i>	Agustín Acosta,Agua azul	25	10,5	C2	258	7224,00
	26-may-09	<i>Radopholus</i>	Agustín Acosta,Agua azul	25	10,5	C2	309	8652,00
	26-may-09	<i>Pratylenchus</i>	Agustín Acosta,Agua azul	25	10,5	C3	220	6160,00
26-may-09	<i>Radopholus</i>	Agustín Acosta,Agua azul	25	10,5	C3	314	8792,00	

Anexo 3.

Peso de raíces para cada muestreo realizado

27-ene-09

Manejo	Productor	Código	Pesos raíces (gramos)			% Raíz Funcional
			Total	Funcional	No Funcional	
Sustentable	ITCR-SSC	1	62,65	62,65	0,00	100%
	Agustín Acosta	4	183,80	129,70	54,10	71%
Convencional	Orlando Picado	2	333,30	293,60	39,70	88%
	Eliecer	3	95,40	68,20	27,20	71%

24-feb-09

Manejo	Productor	Código	Pesos raíces (gramos)			% Raíz Funcional
			Total	Funcional	No Funcional	
Sustentable	ITCR-SSC	1	73,30	73,30	0,00	100%
	Agustín Acosta	4	525,00	216,00	309,00	41%
Convencional	Orlando Picado	2	128,60	128,60	0,00	100%
	Eliecer	3	172,80	167,20	5,60	97%

28-mar-09

Manejo	Productor	Código	Pesos raíces (gramos)			% Raíz Funcional
			Total	Funcional	No Funcional	
Sustentable	ITCR-SSC	1	65,50	65,50	0,00	100%
	Agustín Acosta	4	198,50	119,80	78,70	60%
Convencional	Orlando Picado	2	357,20	336,80	20,40	94%
	Eliecer	3	190,90	175,10	15,80	92%

28-abr-09

Manejo	Productor	Código	Pesos raíces (gramos)			% Raíz Funcional
			Total	Funcional	No Funcional	
Sustentable	ITCR-SSC	1	78,10	78,10	0,00	100%
	Agustín Acosta	4	199,70	153,50	46,20	77%
Convencional	Orlando Picado	2	293,30	285,10	8,20	97%
	Eliecer	3	267,60	259,80	7,80	97%

26-may-09

Manejo	Productor	Código	Pesos raíces (gramos)			% Raíz Funcional
			Total	Funcional	No Funcional	
Sustentable	ITCR-SSC	1	111,60	111,60	0,00	100%
	Agustín Acosta	4	124,50	106,30	18,20	85%
Convencional	Orlando Picado	2	322,60	265,10	57,50	82%
	Eliecer	3	253,50	226,10	27,40	89%

Anexo 4

Figuras de comparación de las dinámicas poblacionales de las 1 y 2 Fincas vs Porcentaje de Raíz Funcional.

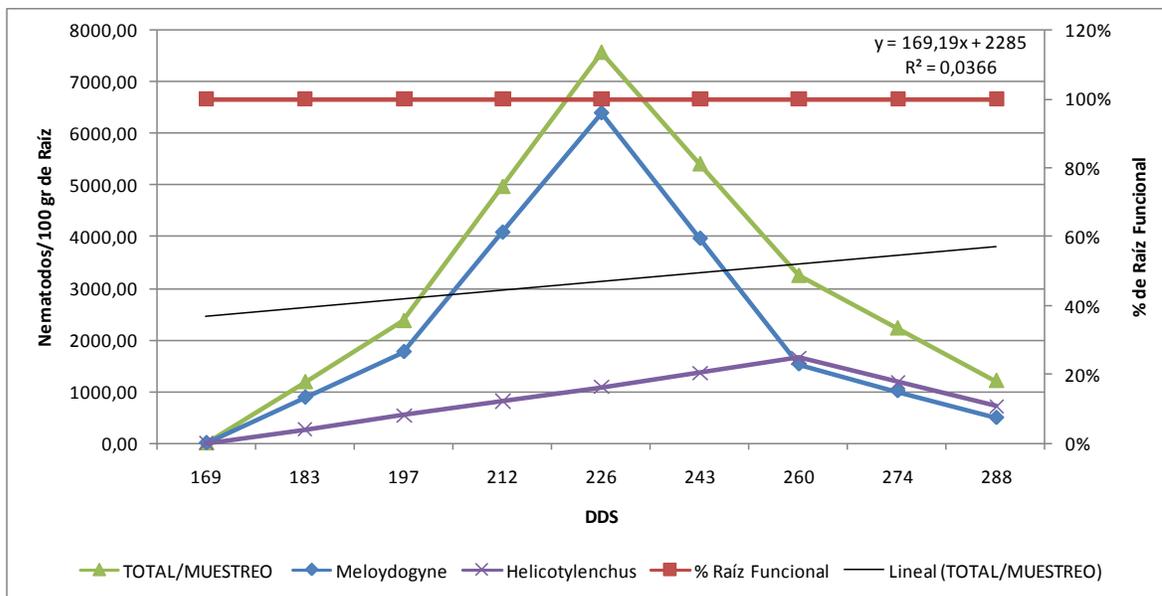


Figura 18. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs porcentaje de Raíz Funcional de la Finca 1 (ITCR-SSC). Santa Clara, San Carlos, 2009.

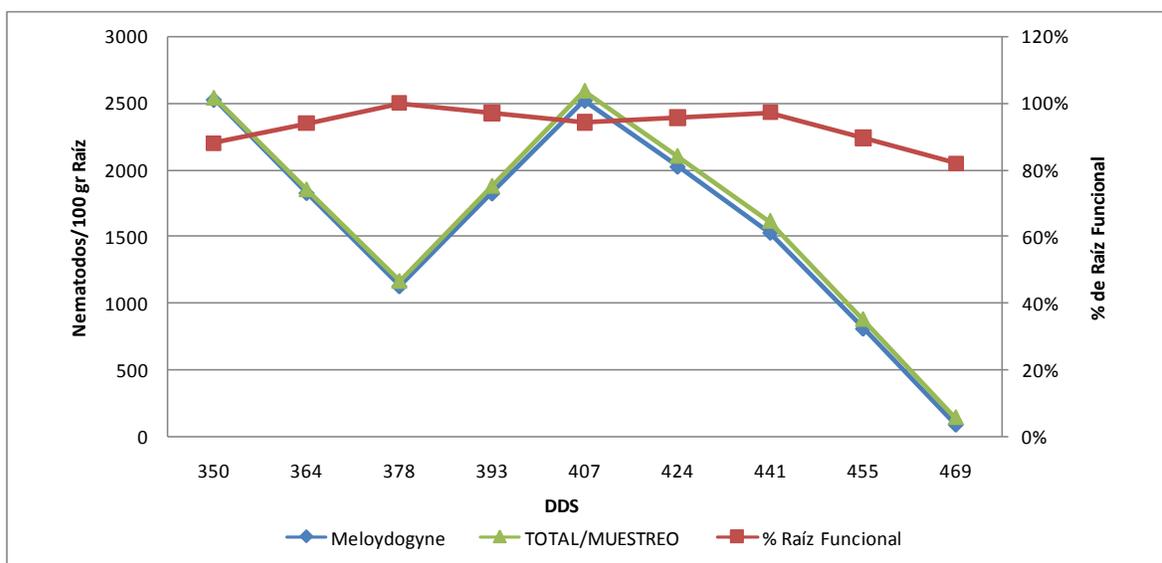


Figura 19. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs porcentaje de Raíz Funcional de la Finca 2 (Orlando Picado). La Perla, San Carlos, 2009.

Anexo 4 (Continuación).

Figuras de comparación de las dinámicas poblacionales de las Fincas 3 y 4 vs Porcentaje de Raíz Funcional.

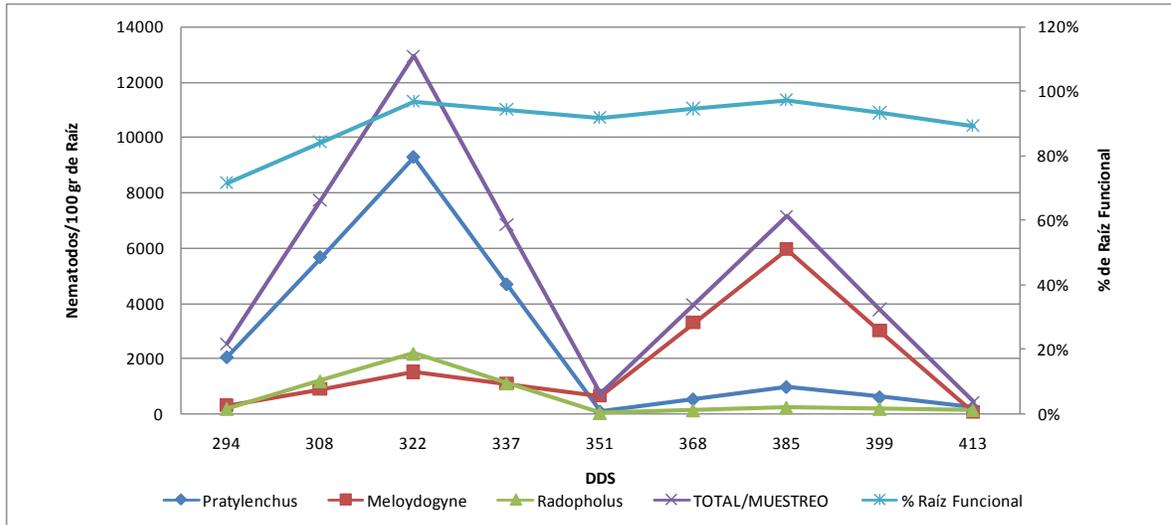


Figura 20. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs porcentaje de Raíz Funcional de la Finca 3 (Eliecer). La Perla, San Carlos, 2009.

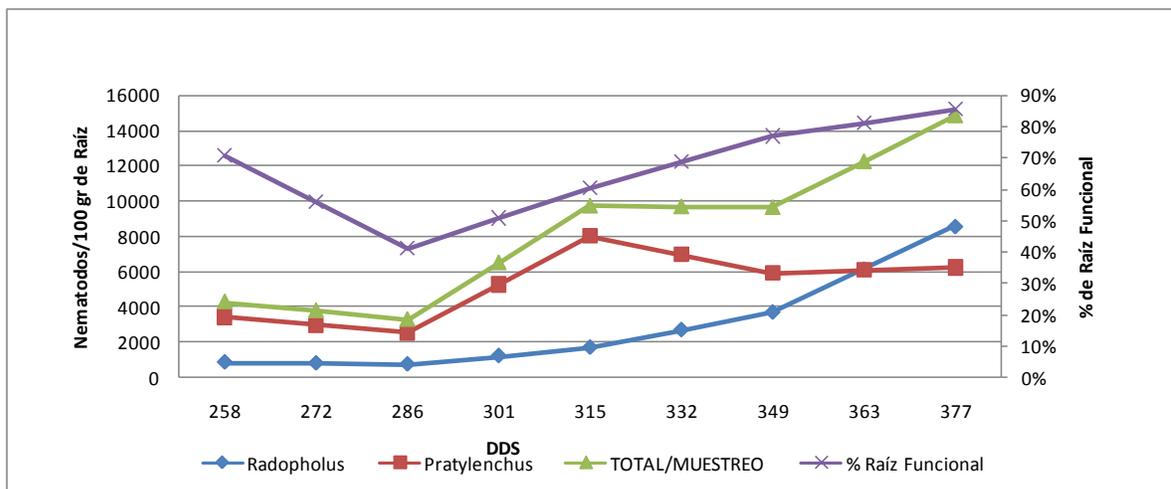


Figura 21. Dinámica Poblacional de los nematodos más importantes vs porcentaje de Raíz Funcional de la Finca 4 (Agustín Acosta). Agua Azul, San Carlos, 2009.

Anexo 5

Información estadística.

Cuadro 3. Valores críticos para diferentes niveles de confiabilidad de los test de medios para un ajuste de distribución normal de Anderson-Darling, Cramer-von Mises y Watson.

Critical values of test statistics (MARGINAL tests)					
Significance level					
Test statistic	15%	10%	5%	2.5%	1%
Anderson-Darling	0.576	0.656	0.787	0.918	1.092
Cramer-von Mises	0.091	0.104	0.126	0.148	0.178
Watson	0.085	0.096	0.116	0.136	0.163

Cuadro 4. Valores de los test de medios para un ajuste de distribución normal de Anderson-Darling, Cramer-von Mises y Watson.

Test statistic				
Type of test	Variate(s)	Anderson-Darling	Cramer-von Mises	Watson
Marginal	1	13.128 **	2.295 **	1.980 **

?, *, ** indicate significance at 10%, 5% and 1% levels respectively

Anexo 6

Información del comportamiento en el suelo del producto Counter (Carbofuran) Insecticida-Nematicida Sistémico (Cyanamid 1994).

Persistencia

La medida más común para determinar la persistencia de un compuesto es la vida media, el tiempo necesario para que el producto se degrade a la mitad de su nivel original de residuo en el suelo. Una vez aplicado al suelo, COUNTER Insecticida-Nematicida Sistémico se degrada rápidamente y forma varios metabolitos. Dos de los metabolitos predominantes son el sulfóxido y la sulfona, que también poseen actividad insecticida.

La vida media de COUNTER en el suelo fluctúa de 9 a 27 días, dependiendo de las condiciones edáficas y ambientales.

En las condiciones prevalecientes en las plantaciones bananeras centroamericanas, las vidas medias de COUNTER y sus metabolitos en el suelo, son alrededor de 17 y 27 días, respectivamente.