

## NOTA TÉCNICA

# RELACIÓN ENTRE NEMATODOS Y LA PRODUCTIVIDAD DEL BANANO (*Musa* AAA) EN ECUADOR<sup>1</sup>

César Chávez-Velazco<sup>2</sup>, Francisco Solórzano-Figueroa<sup>2</sup>, Mario Araya-Vargas<sup>3</sup>

### RESUMEN

**Relación entre nematodos y la productividad del banano (*Musa* AAA) en Ecuador.** El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de los nematodos en la producción de banano. En seis hectáreas, en el 2007, dentro de una plantación comercial de banano en Ecuador, 110 hijos de sucesión de 1,5-1,75 m de altura de plantas recién florecidas fueron muestreados para estimar el contenido de raíces y número de nematodos. Las raíces fueron lavadas, pesadas, licuadas y los nematodos recolectados en una criba de 0,025 mm (población = número por 100 g de raíces). A la cosecha de las plantas madre se registró el peso del racimo, número de manos y la calibración promedio de los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal. Con excepción del agrupamiento de plantas por número de *R. similis*, el peso de raíz funcional siempre correlacionó ( $r > 0,94$ ;  $P < 0,0068$ ) con el peso de raíz total. Independientemente, del agrupamiento de plantas, *R. similis* siempre correlacionó ( $r > 0,84$ ;  $P < 0,0217$ ) con nematodos totales. Cuando las plantas fueron agrupadas por peso de raíz total, *R. similis* ( $r = 0,86$ ;  $P = 0,0287$ ) y nematodos totales ( $r = 0,89$ ;  $P = 0,0156$ ) correlacionaron con el número de manos por racimo. Al agrupar los hijos por el número de *R. similis*, se encontró que conforme aumentó el nematodo se redujo el peso de raíz funcional ( $r = -0,96$ ;  $P = 0,0080$ ) y total ( $r = -0,98$ ;  $P = 0,0028$ ). En experimentos futuros debería relacionarse la población de nematodos de plantas cerca de, o a la diferenciación floral, con su rendimiento.

**Palabras clave:** *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Radopholus similis*, plaga, *Pratylenchus* spp.

### ABSTRACT

**Relation between nematodes and banana (*Musa* AAA) yield in Ecuador** The objective of this work was to evaluate the effect of nematodes on banana production. In 6 ha of a commercial banana farm in Ecuador, 110 suckers with a height of 1.5-1.75 m, from plants that had recently flowered, were sampled for root and nematode estimation in 2007. Roots were washed, weighed, and blended, and nematodes were recovered in a 0.025 mm sieve, expressing the population as number per 100 g of roots. At harvest of the mother plant, bunch weight, number of hands and the average calibration of the three central fruits of the outer row of fruits in the second hand were registered. With the exception of plant grouping by number of *R. similis*, the weight of functional roots was always correlated ( $r > 0.94$ ;  $P < 0.0068$ ) with total root weight. Independently of the plant grouping, the number of *R. similis* was always correlated ( $r > 0.84$ ;  $P < 0.0217$ ) with total nematodes. When plants were grouped by total root weight, *R. similis* ( $r = 0.86$ ;  $P = 0.0287$ ) and total nematodes ( $r = 0.89$ ;  $P = 0.0156$ ) correlated with the number of hands per bunch. Total ( $r = -0.98$ ;  $P = 0.0028$ ) and functional ( $r = -0.96$ ;  $P = 0.0080$ ) root weight decreased as *R. similis* number increased when follower suckers were grouped by the *R. similis* numbers. Further research is encouraged relating the nematode population from banana plants, close to, or just at flower bud differentiation with its respective yield.

**Key words:** *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Radopholus similis*, plague, *Pratylenchus* spp.

<sup>1</sup> Recibido: 18 de febrero, 2009. Aceptado: 16 de noviembre, 2009.

<sup>2</sup> Laboratorio de análisis agrícola (Nemalab, S.A.), y Agrícolas Lapavic, casilla 0701044, Machala, El Oro, Ecuador. cesar.chavez@lapavic.com.ec; agrisolba@lapavic.com.ec

<sup>3</sup> Dirección de Investigaciones, Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A.). Apdo. 390-7210 Guápiles, Costa Rica. maraya@corbana.co.cr

## INTRODUCCIÓN

La producción bananera del Ecuador afronta con frecuencia problemas de sobreproducción y bajos precios. Esto conlleva a un manejo mínimo de los principales patógenos del cultivo, la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y los nematodos. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (1975), y Chávez y Araya (1998, 2001) informaron la presencia de comunidades poliespecíficas de nematodos que involucran *Radopholus similis*, *Helicotylenchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp.

Las pérdidas en producción inducidas por el daño de nematodos son muy variables (Gowen y Quénerhé 1990, Gowen 1995, Araya 1995, Gowen *et al.* 2005). Las estimaciones de reducciones en plantaciones comerciales del Ecuador son diversas (Arreaga *et al.* 1989, Asanza *et al.* 1994) pero alcanzan hasta 4,75 kg por racimo representando 22 % de pérdidas en rendimiento (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias 1975), no obstante, en muchas plantaciones, no se considera el control de la plaga. *Radopholus similis* es la especie predominante y la decisión o recomendación de aplicar nematicida se da cuando las densidades poblacionales de este nematodo superan los 10.000 individuos por 100 g de raíces (Tarté 1980, Tarté y Pinochet 1981). Esto supone que es a partir de esa población que se comienzan a dar pérdidas en rendimiento, pero no se citan estudios específicos de donde se haya obtenido dicho umbral.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de los nematodos en la producción de banano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en una finca comercial cultivada con banano (*Musa* AAA grupo Cavendish) variedad Valery por más de 30 años, localizada en la provincia de El Oro, Ecuador en el 2007. Dentro de la finca se seleccionó un área de seis hectáreas con suelo franco arcilloso (20 % arena, 46 % limo y 34 % arcilla), con pH 5,96, un contenido de materia orgánica de 4,85 %, un contenido de bases de Ca 17,6; Mg 5,6 y K 0,29 cmol(+)/l y de P 30, Fe 108, Cu 10, Zn 29 y Mn 41 mg/l. El manejo agronómico de la plantación se consideró adecuado, con 26 ciclos de fungicida, incluyendo protectores y sistémicos para el control de

la Sigatoka negra, 1,6 ciclos de nematicida y 12 ciclos de fertilizante al año supliendo N.

La precipitación media anual fue de 1.275 mm para el año en que se desarrolló el experimento. El promedio de la temperatura media diaria, media mensual máxima y mínima fue de 25; 33 y 21 °C, respectivamente.

Se enumeraron al azar 110 hijos de sucesión entre 1,5-1,75 m de altura de plantas entre uno y cinco días de florecidas, que tuvieran la inflorescencia sin abrir ninguna bráctea. A los 15 días de emitida la inflorescencia se eliminaron tres manos en cada racimo y se enfundó. Cada planta se identificó individualmente. El mismo día que se marcaron las plantas se tomaron las muestras de raíces del hijo de sucesión. En la base de cada hijo se excavó un hoyo de 20 cm largo, 20 cm de ancho y 30 cm de profundidad (volumen 12 l suelo) y se colectaron las raíces presentes en una funda plástica debidamente identificada y se trasladaron en una hielera al laboratorio de Nematolab para la extracción de los nematodos.

Las raíces se lavaron con agua, se dejaron escurrir por dos horas y se separaron manualmente en funcionales (raíces completamente sanas, color blanco o crema), no funcionales (tejido con coloraciones pardo rojizas y parcialmente necrosadas) y "ahogadas" (raíces podridas, corchosas y esponjadas), se pesó luego cada grupo por separado en una balanza electrónica marca Fisher Scientific serie 10309201 con capacidad de 710 ± 0,1 g. La suma de los tres tipos de raíces correspondió a la raíz total. Luego cada grupo de raíces fue cortado en trozos de aproximadamente 3 cm de longitud y se homegenizó.

Los nematodos fueron extraídos de 25 g de raíces siguiendo el método de Taylor y Loegering (1953), modificado por Araya (2002). Para conformar la muestra de 25 g se tomaron los pesos de raíces proporcionales a los porcentajes encontrados de raíz funcional, no funcional y ahogada. Por ejemplo, en una muestra de 35,2 g de raíces totales con 32,5 g de raíz funcional, 2,5 g de raíz no funcional y 0,2 g de raíz ahogada, se obtuvo un 92,3 % de raíz funcional, 7,1 % de raíz no funcional y un 0,56 % de raíz "ahogada" que multiplicado por el tamaño de la muestra (25 g) dio 23,07 g de raíces funcionales, 1,77 g de raíces no funcionales y 0,14 g de raíces "ahogadas" que se mezclaron y homogeneizaron para el licuado.

Los 25 gramos de muestra se colocaron en una licuadora de cocina marca Osterizer Modelo 465-41 de

tres velocidades. Se agregó 200 ml de agua y se licuó en la mayor velocidad en dos tiempos de 20 segundos cada uno, separados por cinco segundos de reposo. La solución del licuado se filtró en un juego de tamices sobrepuestos de arriba hacia abajo de 0,25/0,106/0,025 mm (No 60/140/500). La criba de 0,25 mm se lavó por dos minutos y la siguiente por un minuto. El contenido de la criba de 0,025 mm fue vertido a un beaker de 500 ml y luego se aforó con agua hasta los 300 ml. La suspensión se homogeneizó con un agitador eléctrico de barra magnética por 20 seg y con la ayuda de una pipeta se tomó una alícuota de 4 ml que se transfirió a una cámara de lectura para el conteo e identificación de los nematodos bajo un microscopio marca Micro-master a 10x de magnificación. Los valores fueron transformados primeramente a número de nematodos en 300 ml de la suspensión y luego a 100 g raíces.

La cosecha de las plantas florecidas (madres) se realizó a los 90 días de marcadas las plantas. Cada racimo se pesó individualmente en una balanza marca Fujisa de  $180 \pm 0,25$  kg y se le contó el número de manos. En los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal se determinó la calibración promedio comercial del grado del fruto. Primeramente se hizo una distribución de frecuencias de las siguientes variables: raíces funcionales, raíz total, número de *R. similis* y nematodos totales y peso del racimo. Luego se realizó la correlación del contenido de raíces y nematodos por planta entre sí y con sus variables de producción en PC-SAS. Como dichas correlaciones fueron muy bajas y mayormente no significativas, se decidió hacer seis grupos de las siguientes variables: peso de raíz funcional, peso de raíz total y peso del racimo y grupos por número de *R. similis* y nematodos totales por 100 g de raíces.

La conformación de grupos por variable se hizo considerando la distribución de frecuencias. Para peso de raíz funcional, raíz total y del racimo se estimó la media ( $x$ ) y la desviación estándar ( $std$ ) y se le sumó y restó, a la media de cada variable, una y dos veces la  $std/2$  obteniendo los siguientes grupos: hijos con pesos de raíces funcionales (RF) grupo 1:  $RF \leq 28$ , grupo 2:  $28 < RF \leq 42$ , grupo 3:  $42 < RF \leq 56$ , grupo 4:  $56 < RF \leq 70$ , grupo 5:  $70 < RF \leq 84$  y grupo 6:  $RF > 84$  g por hijo. Hijos con pesos de raíz total (RT) grupo 1:  $RT \leq 36$ , grupo 2:  $36 < RT \leq 53$ , grupo 3:  $53 < RT \leq 70$ , grupo 4:  $70 < RT \leq 87$ , grupo 5:  $87 < RT \leq 104$  y grupo 6:  $RT > 104$  g por hijo y madres con

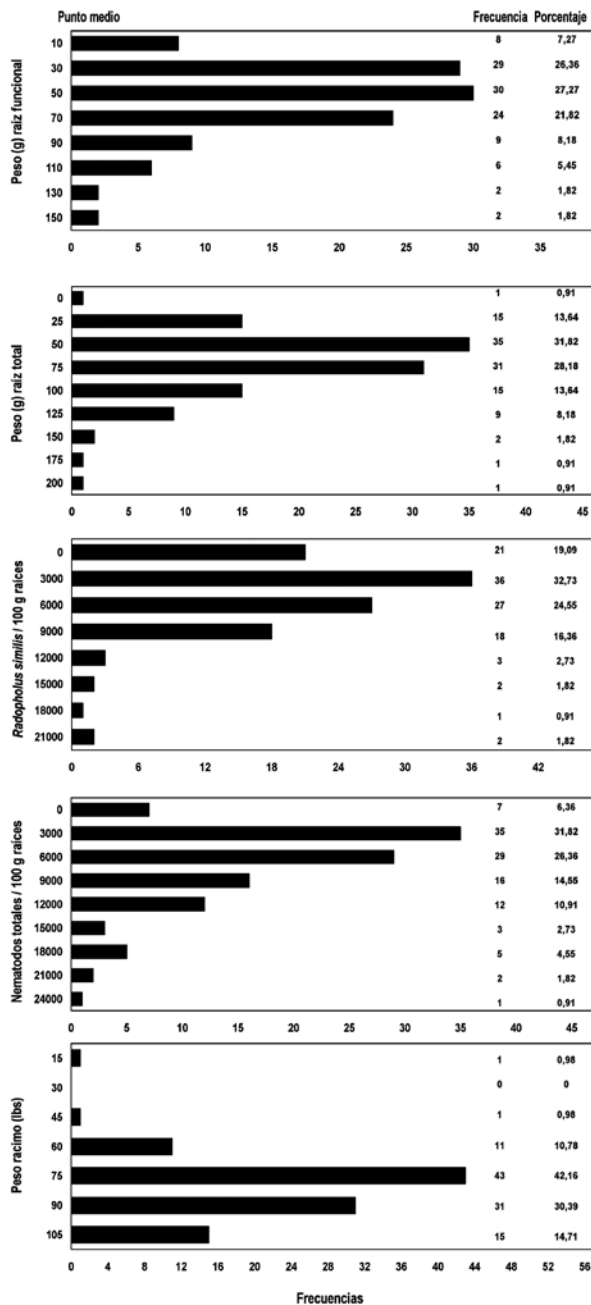
peso del racimo (RAC) grupo 1:  $RAC \leq 67$ , grupo 2:  $67 < RAC \leq 74$ , grupo 3:  $74 < RAC \leq 81$ , grupo 4:  $81 < RAC \leq 88$ , grupo 5:  $88 < RAC \leq 95$  y grupo 6:  $RAC > 95$  libras por racimo por planta.

Los grupos para número de *R. similis* y nematodos totales se formaron considerando también la distribución de frecuencias y la población máxima encontrada y el valor de umbral económico usado en la literatura, de manera que los grupos en ambos casos fueron: grupo 1:  $RS$  o  $NT \leq 2500$ , grupo 2:  $2500 < RS$  o  $NT \leq 5000$ , grupo 3:  $5000 < RS$  o  $NT \leq 7500$ , grupo 4:  $7500 < RS$  o  $NT \leq 10000$  y grupo 5:  $RS$  o  $NT > 10000$  individuos por 100 g de raíces por hijo. En todos los agrupamientos se verificó que cada grupo tuviera más de 10 observaciones. Luego se correlacionó los pesos de raíz funcional, raíz total, número de *R. similis* y nematodos totales con las respectivas variables de producción en cada grupo. A pesar que se presentan todas las correlaciones, los resultados y discusión abarcaron solo *R. similis*, nematodos totales y peso de los racimos.

## RESULTADOS

La población total de nematodos se conformó en un 72 % por *R. similis*, 25 % *Helicotylenchus* spp., 2 % *Pratylenchus* spp. y un 0,6 % *Meloidogyne* spp. Por consiguiente en las correlaciones se usó el número de *R. similis* y nematodos totales que corresponde a la suma de *R. similis* + *Helicotylenchus* spp. + *Pratylenchus* spp. + *Meloidogyne* spp.

La distribución de muestras por peso de raíces funcionales reveló una gran variación con un rango desde los seis hasta los 154,3 g de raíces por hijo y muestra, siendo que un 25 % de las muestras contenían entre 28 y 42 g, 22 % entre 42 y 56 g y un 17 % entre 57 y 70 g por hijo (Figura 1). Similar variación se observó en el peso de raíz total que fluctuó de 6,8 hasta 202 g por hijo, con 25 % de las muestras entre 36 y 53 g, 19 % entre 54 y 70 g y un 18 % entre 71 y 87 g por hijo (Figura 1). La distribución de muestras por número de *R. similis* reveló que el 59 % tenían menos de 5.000, 29 % entre 5.001 y 10.000 y sólo un 13 % más de 10.000, siendo la población máxima observada de 21.600 *R. similis* por 100 g de raíces por hijo (Figura 1). En nematodos totales un 56 % de las muestras tenían menos de 5.000, un 30 % entre 5.001



**Figura 1.** Distribución de frecuencias de pesos de raíz funcional y total, número de *Radopholus similis* y nematodos totales en hijos de sucesión de 1,5-1,75 m de altura, muestreados a la floración de la planta madre de banano (*Musa* AAA c.v. Valery) y peso (lbs) del racimo de su planta madre cosechadas a los 90 días de emitida la inflorescencia. Ecuador, 2007.

y 10.000 y un 24 % más de 10.000, con una máxima observada de 24.000 individuos por 100 g de raíces por hijo (Figura 1). El peso de los racimos a los 90 días de marcadas las plantas recién florecidas (madres) varió de 34 hasta 112 libras (Figura 1). El 26 % de los racimos mostraron pesos comprendidos entre 74 y 81 libras y un 18 % entre 81,1 y 88 libras.

De las correlaciones individuales, al aumentar el peso de raíz funcional aumentó el peso de raíz total ( $r= 0,95$ ;  $P< 0,0001$ ) (Cuadro 1). Similarmente al aumentar el número de *R. similis* aumentó ( $r= 0,88$ ;  $P< 0,0001$ ) el número de nematodos totales. Ninguno de los pesos de raíces, ni el número de nematodos en el hijo correlacionó con peso del racimo (Figura 2) o número de manos y calibración promedio de los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal en la planta madre.

En el agrupamiento de hijos por peso de raíces funcionales, de nuevo al aumentar las raíces funcionales aumentó el peso de raíz total ( $r= 0,99$ ;  $P< 0,0001$ ) (Cuadro 1). Aumentos en el número de *R. similis*, redujeron el peso de raíces funcionales ( $r= -0,83$ ;  $P= 0,0383$ ) y totales ( $r= -0,85$ ;  $P= 0,0305$ ). Con dicho agrupamiento, conforme aumentó el número de *R. similis*, aumentó el número de nematodos totales ( $r= 0,84$ ;  $P= 0,0345$ ). De las variables estudiadas, sólo aumentos en nematodos totales del hijo de sucesión redujeron la calibración promedio de los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal en la planta madre ( $r= -0,82$ ;  $P= 0,0418$ ).

Cuando el agrupamiento de hijos se hizo por el peso del total de la raíz, se observó nuevamente que conforme aumentó el peso de raíz funcional aumentó ( $r= 0,93$ ;  $P= 0,0227$ ) el peso de raíz total (Cuadro 1). Aumentos en el número de *R. similis* resultaron en aumentos en el número de nematodos totales ( $r= 0,93$ ;  $P= 0,0058$ ) y número de manos por racimo ( $r= 0,86$ ;  $P= 0,0287$ ). A mayor número de nematodos totales, mayor el número de manos ( $r= 0,89$ ;  $P= 0,0156$ ).

Del agrupamiento de hijos por número de *R. similis*, se encontró que conforme aumentó dicho nematodo se redujo el peso de raíz funcional ( $r= -0,96$ ;  $P= 0,0080$ ) y total ( $r= -0,88$ ;  $P= 0,0478$ ). Aumentos en el número de nematodos totales también redujeron el peso de raíz funcional ( $r= -0,98$ ;  $P= 0,0028$ ). Conforme aumentó el número de *R. similis* aumentó el número de nematodos totales ( $r= 0,99$ ;  $P= 0,0002$ ). Ninguno de los pesos de raíces o número de nematodos en el

**Cuadro 1.** Coeficientes de correlación\* y probabilidades\*\* asociadas entre el peso de raíz funcional, raíz total, número de *Radopholus similis* y nematodos totales por muestra en hijos de sucesión de 1,5-1,75 m de altura con el peso del racimo, número de manos y calibración promedio de los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal de la planta madre, individual y por grupos según: pesos de raíz funcional y total, número de *Radopholus similis* y nematodos totales por hijo de sucesión y peso de racimo en la planta madre. Ecuador, 2007.

	Raíz total (g)	<i>Radopholus similis</i>	Nematodos totales	Peso (lbs) racimo	Número manos	Calibración
<b>Correlación individual</b>						
Raíz funcional	0,95*	-0,15	-0,07	0,03	0,06	0,08
	< 0,0001**	0,1125	0,4416	0,7677	0,5327	0,4226
Raíz total		-0,04	0,03	-0,01	0,06	0,08
		0,6468	0,7626	0,8992	0,5623	0,3848
<i>Radopholus similis</i>			0,88	0,02	0,16	-0,06
			< 0,0001	0,8622	0,1079	0,5327
Nematodos totales				0,06	0,19	-0,02
				0,5526	0,0524	0,7888
<b>Correlación por grupos de peso de raíz funcional</b>						
Raíz funcional	0,99	-0,83	-0,55	0,25	0,08	0,57
	< 0,0001	0,0383	0,2529	0,6320	0,8729	0,2373
Raíz total		-0,85	-0,57	0,22	0,07	0,56
		0,0305	0,2288	0,6765	0,8888	0,2439
<i>Radopholus similis</i>			0,84	0,16	0,10	-0,71
			0,0345	0,7582	0,8453	0,1168
Nematodos totales				0,08	0,59	-0,82
				0,8788	0,2187	0,0418
<b>Correlación por grupos de peso de raíz total</b>						
Raíz funcional	0,99	-0,14	0,08	-0,03	0,31	0,60
	0,0001	0,7775	0,8762	0,9553	0,5506	0,2062
Raíz total		-0,06	0,18	0,02	0,37	0,66
		0,9051	0,7290	0,9666	0,4723	0,1485
<i>Radopholus similis</i>			0,93	0,59	0,86	0,64
			0,0058	0,2175	0,0287	0,1639
Nematodos totales				0,41	0,89	0,75
				0,4135	0,0156	0,0843
<b>Correlación por grupos de número de <i>Radopholus similis</i></b>						
Raíz funcional	0,81	-0,96	-0,98	-0,36	-0,55	0,07
	0,0913	0,0080	0,0028	0,5469	0,3346	0,9108
Raíz total		-0,88	-0,86	-0,58	-0,86	0,04
		0,0478	0,0602	0,3036	0,0564	0,9446
<i>Radopholus similis</i>			0,99	0,42	0,63	-0,20
			0,0002	0,4735	0,2453	0,7483
Nematodos totales				0,40	0,60	-0,17
				0,4995	0,2761	0,7874

Continúa...

## Continuación Cuadro 1...

Correlación por grupos de número de nematodos totales						
Raíz funcional	0,96	-0,13	-0,08	-0,45	-0,53	-0,55
	0,0068	0,8305	0,8917	0,4459	0,3484	0,3367
Raíz total		0,09	0,15	-0,27	-0,31	-0,62
		0,8764	0,8025	0,6580	0,6109	0,2651
<i>Radopholus similis</i>			0,99	0,65	0,83	0,02
			0,0010	0,2274	0,0799	0,9729
Nematodos totales				0,64	0,84	-0,11
				0,2413	0,0703	
Correlación por grupos de peso de racimos						
Raíz funcional	0,94	-0,14	-0,15	-0,25	-0,20	-0,23
	0,0040	0,7862	0,7662	0,6245	0,6911	0,6553
Raíz total		-0,02	-0,17	-0,47	-0,42	-0,46
		0,9727	0,7374	0,3457	0,4048	0,3613
<i>Radopholus similis</i>			0,87	0,18	0,20	-0,34
			0,0217	0,7306	0,6934	0,5039
Nematodos totales				0,61	0,63	0,10
				0,1904	0,1733	0,8420

Nematodos totales= *Radopholus similis* + *Helicotylenchus* spp. + *Meloidogyne* spp. + *Pratylenchus* spp. Calibración= calibración promedio de los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal.

hijo de sucesión se relacionó con las variables de producción de su planta madre.

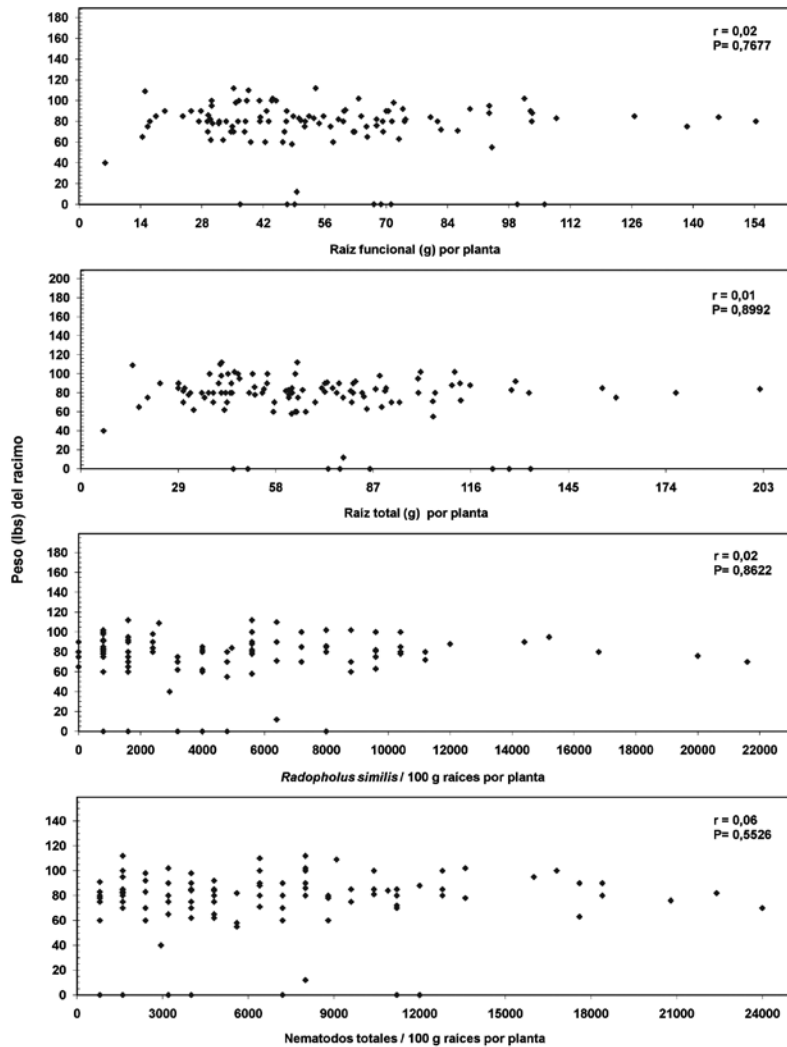
En la agrupación de hijos por número de nematodos totales, se encontró que conforme aumentó el peso de raíz funcional aumentó el peso de raíz total ( $r= 0,96$ ;  $P= 0,0068$ ). Similarmente, incrementos en número de *R. similis* resultaron en mayor número de nematodos totales ( $r= 0,99$ ;  $P= 0,0010$ ). Ninguno de los pesos de raíces o número de nematodos en los hijos de sucesión se relacionó con las variables de producción de su planta madre.

Cuando el agrupamiento se realizó por pesos de racimo de la planta madre, aumentos en el peso de raíz funcional resultaron en mayores pesos de raíz total ( $r= 0,94$ ;  $P= 0,0040$ ). También a mayor número de *R. similis*, mayor el número de nematodos totales ( $r= 0,87$ ;  $P= 0,0217$ ). Con este agrupamiento por pesos de racimo, ninguna de las variables de pesos de raíces o número de

nematodos en el hijo de sucesión se relacionó con las variables de producción de su planta madre.

## DISCUSIÓN

Independientemente de la forma en que se agruparan los hijos, siempre se encontró correlación entre el peso de raíz funcional y total. Dicha afinidad es muy razonable por cuanto el peso de raíz total incluye la raíz funcional y en la mayoría de los casos representó más del 85% del peso de raíz total. Situación similar se observó con el aumento en el número de *R. similis*, que conllevó a mayores poblaciones de nematodos totales, independientemente que fuera la correlación individual o por agrupamiento de hijos según determinada variable. Se sugiere el mismo razonamiento, por cuanto *R. similis* representó el 72 % de los nematodos totales.



**Figura 2.** Representación gráfica de la relación peso del racimo de las plantas madres de banano (*Musa* AAA cv. Valery) con el peso de raíz funcional, total y número de *Radopholus similis* y nematodos totales en las muestras tomadas en la base de sus hijos de sucesión de 1,5-1,75 m de altura a la floración de la planta madre. Ecuador, 2007.

A pesar de los diferentes agrupamientos, en ningún caso, el peso de raíz funcional, raíz total, número de *R. similis* y nematodos totales en el hijo de sucesión correlacionó con el peso del racimo de su planta madre. Esto conlleva a que las poblaciones de nematodos existentes en los hijos de sucesión entre 1,5-1,75 m de altura fueron insuficientes para explicar variaciones en la producción de su planta madre.

La reducida población de nematodos en dichos hijos puede estar asociada con características físico-

químicas desfavorables para la multiplicación de dichos nematodos (suelos no conductivos a nematodos parásitos) especialmente cuando se conoce que hay datos de otras fincas en el país, con poblaciones muy superiores, que alcanzan hasta los 303.000 *R. similis* por 100 g de raíces (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias 1997, 1998, Jiménez *et al.* 1998). Otra posibilidad sería un eficiente control, resultado de las aplicaciones anuales de nematicida que realiza la finca. También podría plantearse que

la infección por el nematodo fuera muy reciente, de manera que no le permitiera suficientes generaciones para alcanzar altas poblaciones.

La variabilidad observada en los pesos de racimos de las plantas madre y la falta de correlación con peso de raíces o número de nematodos en sus respectivos hijos de sucesión, conlleva a plantear estudios de relación en forma pareada. Es decir, correlacionar variables de una misma planta y no como se hizo en este caso dentro de la misma unidad de producción. Sin embargo, Araya (2004), no encontró relación entre la estimación de las poblaciones de nematodos en plantas entre uno y cinco días de florecidas con sus respectivas variables de rendimiento. En ese caso, el autor sugirió que el periodo crítico de la planta al ataque de nematodos podría ser antes de que ocurra la diferenciación floral. Futuros estudios podrían enfocarse en relacionar el peso de raíces y número de nematodos de hijos de sucesión próximos a la diferenciación floral con sus respectivas variables de rendimiento.

La falta de asociación entre las variables estudiadas también pudo haberse dado por otros factores como condiciones físico-químicas del suelo (Vaquero 2005, Serrano 2005a, 2005b), drenaje (Sancho 1993, Irizarry *et al.* 1980), déficit hídrico (Hegde y Srinivas 1989), daño ocasionado por otras plagas como *Cosmopolites sordidus* (Cubillo y Guzmán 2003), prácticas agronómicas y factores ambientales (Pinochet 1987) que podrían haber afectado la producción.

La ausencia de correlación entre *R. similis* y peso del racimo está acorde con lo encontrado por Araya (2004) y contrasta con lo reportado por Guerout (1972) y Charles *et al.* (1985), quienes obtuvieron correlaciones significativas entre el número de *R. similis* y el peso de los racimos. Sin embargo, dichos autores hicieron la evaluación en otro clon y trabajaron las plantas en grupo. El agrupamiento de hijos aplicado en el presente estudio, por peso de raíz funcional, raíz total, número de *R. similis*, número de nematodos totales y peso del racimo no permitió encontrar coeficientes de correlación con probabilidades significativas. La forma en como los otros autores agruparon las plantas fue diferente. Guerout (1972) aplicó el modelo de Seinhorst (1968) a un experimento de evaluación de nematocidas, mientras Charles *et al.* (1985) distribuyó 108 plantas al azar para formar cuatro grupos.

Esta ausencia de correlación entre *R. similis* o nematodos totales con peso del racimo, de ninguna manera indica que los nematodos no afectan la

producción. Davide y Marasigan (1985) encontraron una reducción del 60 y 45 % en peso del racimo en plantas inoculadas con 4.000 *R. similis* o 10.000 *M. incognita* y Moens y Araya (2002) del 27 y 32 % cuando inocularon plantas con 1.000 *R. similis* o 1.000 *M. incognita*, respectivamente. Según Murray (1980) y Zem y Alves (1983) plantas de banano con altas infecciones de *R. similis* resultan en bajas producciones, racimos de bajo peso y volcamiento de las plantas. Sin embargo, en el presente trabajo, la población máxima de *R. similis* fue de 21.600 individuos por 100 g de raíces en el hijo de sucesión, con un peso del racimo de su planta madre de 70 lbs. En el grupo de hijos donde el número de *R. similis* fue inferior a 2.500 individuos por 100 g de raíces, sus plantas madres produjeron en promedio, racimos de más de 82 lbs y el grupo de hijos con más de 10.000 *R. similis*, sus plantas madres produjeron en promedio, racimos de más de 84 lbs. Pareciera entonces, que en las condiciones ecológicas de esta finca, poblaciones hasta de 20.000 *R. similis* por 100 g de raíces por hijo, podrían ser insuficientes para afectar la producción. Este valor estaría en línea con lo propuesto por Pinochet (1987), quien consideró 20.000 *R. similis* por 100 g de raíces como una cantidad aceptable para áreas de América Central. Otra posibilidad sería que las aplicaciones anuales de nematocida que realiza la finca previnieran la expresión del daño.

Con número de manos, se encontró correlación solamente cuando los hijos se agruparon por pesos de raíz total, siendo que a mayor número de nematodos totales, mayor el número de manos en la planta madre. Este efecto estimulador, en que a mayor número de nematodo totales, mayor el número de manos, puede explicarse con el modelo de Seinhorst (1968). Él reconoció la posibilidad de que los nematodos puedan tener dos efectos mutuamente independientes en las plantas según su número. Él propuso un modelo matemático incorporando dos ecuaciones, una para estimulación de crecimiento y la otra para su reducción. En concordancia, Wallace (1971) propuso una hipótesis que permite explicar las diferentes respuestas de las plantas a la infección de los nematodos cuando los dos procesos opuestos de inhibición y estimulación ocurren en una misma planta. Él menciona que cuando el proceso estimulador es mayor que el proceso inhibitorio, la planta muestra un mayor crecimiento en comparación con plantas sanas (sin nematodos). Inversamente, cuando el proceso inhibitorio predomina sobre el estimulador, el crecimiento se reduce.



La calibración promedio de los tres frutos centrales de la fila externa de la segunda mano basal disminuyó conforme aumentó el número de nematodos totales, cuando los hijos se agruparon por pesos de raíz funcional. Este efecto inhibitorio es lo esperable y según Seinhorst (1968) y Wallace (1971) conlleva a que el número de nematodos totales redujo la calibración.

El número de nematodos totales afectó diferencialmente a las variables de producción. Cuando el agrupamiento fue por pesos de raíz total, estimuló el número de manos y cuando se agrupó por pesos de raíz funcional, redujo la calibración. En ninguno de los agrupamientos se encontró correlación entre el número de *R. similis* o nematodos totales en el hijo de sucesión y el peso del racimo de las plantas madre. Esto conlleva posiblemente a que el número de nematodos que afecte una determinada variable, no es igual para otra variable. De confirmarse esta hipótesis resulta muy complejo el determinar un umbral económico que oriente en la toma de decisiones para medidas de control. Lo aconsejable sería seleccionar la variable que más representa producción, como sería el peso del racimo y determinar a partir de que número de nematodos se reduce el peso del racimo y en que proporción, de manera que se pueda establecer un umbral económico.

## LITERATURA CITADA

- Araya, M. 1995. Efecto depresivo de ataques de *Radopholus similis* en banano (*Musa AAA*). CORBANA 20(43):3-6.
- Araya, M. 2002. Metodología utilizada en el laboratorio de nematología de CORBANA S.A. para la extracción de nematodos de las raíces de banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*). CORBANA 28(55): 97-110.
- Araya, M. 2004. Correlación lineal del número de nematodos y peso de raíces a la floración con las variables de producción de plantas de banano (*Musa AAA*) tratadas con nematicidas. CORBANA 30(57):29-43.
- Arreaga, J; Syltie, PW; Manosalvas, L. 1989. Control of *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, banana production, and economic factors in Ecuador using sincosin and agrispon (biological agents), aldicarb, and fenamiphos. In IX Reunión de ACORBAT, Merida, Venezuela. p. 305-315.
- Asanza, P; Venegas, F; Behm, J. 1994. Uso continuo de Counter (Terbufos) para controlar *Radopholus similis* en banano en el Ecuador. In: XI Reunión de ACORBAT, San José Costa Rica. p. 489-494.
- Charles, JSK; Venktesan, TS; Thomas, Y; Varkey, PA. 1985. Correlation of plant growth components to bunch weight in banana infested with burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb). Indian J. Nematol 15(2): 186-190.
- Chávez, C; Araya, M. 1998. Correlación lineal de la población total de nematodos con el porcentaje de raíces funcionales en muestreos nematológicos de banano (*Musa AAA*) en el Ecuador. In: Memorias XIII Reunión ACORBAT 1998. Guayaquil, Ecuador. p. 556-564.
- Chávez, C; Araya, M. 2001. Frecuencia y densidades poblacionales de los nematodos parásitos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. Nematropica 31(1):25-36.
- Cubillo, D; Guzmán, M. 2003. Evaluación del daño causado por *Cosmopolites sordidus* en una plantación de banano (*Musa AAA*) y su relación con la producción, la población de *Radopholus similis*, el contenido de raíces y la pudrición del cormo. CORBANA 29(56):53-67.
- Davide, RG; Marasigan, LQ. 1985. Yield loss assessment and evaluation of resistance of banana cultivars to the nematodes *Radopholus similis* Thorne and *Meloidogyne incognita* Chitwood. Phil Agri. 68:335-349.
- Gowen, S; Queneherve, P. 1990. Nematodes parasites of bananas, plantains and abaca. In: Sikora, A; Bridge, J. eds. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, UK. p. 431-460.
- Gowen, SR. 1995. Pests. In Gowen, S. ed. Bananas and plantains. Chapman & Hall, London, UK. p. 382-402.
- Gowen, SR; Quénéhervé, P; Fogain, R. 2005. Nematode parasites of bananas and plantains. In: Luc, M; Sikora, RA; Bridge, J. eds. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, UK. p. 611-643.
- Guerout, R. 1972. Relation entre les populations de *Radopholus similis* Cobb et la croissance du bananier. Fruits 27:331-337.
- Hegde, DM; Srinivas, K. 1989. Effect of soil moisture stress on fruit growth and nutrient accumulation in banana cultivar 'Robusta'. Fruits 44(3):135-138.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1975. Informe Técnico de banano 1975. Ecuador 48 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1997. Informe Técnico Anual 1997, DNPV-E.E. Boliche, Ecuador. 81 p.

- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1998. Informe Técnico Anual 1998. DNPV-E.E. Boliche, Ecuador. 49 p.
- Irizarry, H; Servando, S; Vicente-Chandler, J. 1980 . Effect of water table level on yield and root system of plantains. *Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 64(1):33-37.
- Jiménez, F.MAI; Treviño, C; Velasco L. 1998. Influencia de la temperatura y la precipitación en la fluctuación poblacional de *Radopholus similis* en las zonas Oriental y Central del Ecuador. *In: Memorias XIII Reunión ACORBAT 1998*. Guayaquil, Ecuador. p. 547-555.
- Moens, T; Araya, M. 2002. Efecto de *Radopholus similis*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus coffeae* y *Helicotylenchus multicinctus* en la producción de *Musa* AAA cv. Grande Naine. *CORBANA* 28(55):43-56.
- Murray, D.S. 1980. Uso de nematicidas en escala comercial en plantaciones bananeras del Atlántico. *ASBANA* 4(13):8, 9, 16.
- Pinochet, J. 1987. La variabilidad de *Radopholus similis* en banano en las diferentes regiones productoras del mundo. *In: Memorias VII reunión ACORBAT, CATIE, Turrialba, Costa Rica*. p. 175-182.
- Sancho, H. 1993. Respuesta del banano (clon Valery) a tres condiciones de drenaje. *CORBANA* 18(40):8-12.
- Seinhorst, HW. 1968. A model for the relation between nematode density and yield of attacked plants including growth stimulation at low densities. *Comptes Rendus du Huitieme Symposium International de Nematologie, Antibes* 83.
- Serrano, E. 2005a. Relationship between functional root content and banana yield in Costa Rica. *In: Turner, DW; Rosales, FE. eds. Banana root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José, Costa Rica*. p. 25-34.
- Serrano, E. 2005b. Banana soil acidification in the Caribbean coast of Costa Rica and its relationship with increased aluminum concentrations. *In: Turner, DW; Rosales, FE. eds. Banana root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José, Costa Rica*. p. 142-148.
- Taylor, AL; Loegering, WQ. 1953. Nematodes associated with root lesions in Abacá. *Turrialba* 3(1-2):8-13.
- Tarté, R; Pinochet, J. 1981. Problemas nematológicos del banano, contribuciones a su conocimiento y combate. Panamá, UPEB. 32 p.
- Tarté, R. 1980. La importancia del conocimiento de la biología y comportamiento de los nematodos parásitos del banano en el desarrollo de métodos eficientes de control. *Augura* 6(2):13-21.
- Vaquero, M.R. 2005. Soil physical properties and banana root growth. *In: Turner, DW; Rosales, FE. eds. Banana root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José, Costa Rica*. p. 125-131.
- Wallace, HR. 1971. The influence of the density of nematode populations on plants. *Nematologica* 17:154-166.
- Zem, AC; Alves, EJ. 1983. Efeito de diferentes praticas sobre a populacao de *Radopholus similis*. *En Reuniao de Nematologia No 7. Soc. Brasil. Nemat.* p. 215-225.