

EFECTO DE ALGUNAS VARIABLES SOBRE LA PRECISION DEL MUESTREO DE *Meloidogyne incognita* (Nemata: Heteroderidae) EN FINCAS TABACALERAS^{1/}

Alejandro Esquivel^{1/**}, Róger López^{***}

RESUMEN

La relación entre la precisión del muestreo de *M. incognita* y el tamaño de parcela (50, 25, 12.5 y 6.25 m de lado), el número de barrenos por muestra (3, 5 ó 10) y la época de muestreo, fue estudiada en 3 fincas productoras de tabaco estufado en Pérez Zeledón. En todos los casos el Índice de precisión (Ip) fue variable. Esta variabilidad coincidió con el alto grado de agregación en los patrones de distribución horizontal de esta especie en el campo. Los resultados indicaron que el número de barrenos por muestra, la época de muestreo y las diferencias en el manejo agronómico entre fincas, tuvieron poca importancia con relación a la confiabilidad del Ip. Además, los tamaños de parcela grande (50 m de lado) y pequeño (6.25 m de lado) fueron inadecuados para obtener valores del Ip dentro de límites aceptables de confiabilidad.

ABSTRACT

Effect of some variables on the sampling precision of *Meloidogyne incognita* (Nemata: Heteroderidae) on tobacco farms. The relationship between plot size (squares of 50, 25, 12.5 or 6.25 m long), number of cores per sample (3, 5 or 10), and sampling date on the degree of sampling precision of *M. incognita* was studied on 3 tobacco farms in Pérez Zeledón, Costa Rica. The precision index (PI) was variable in all cases. This variability agreed with the heterogeneity in horizontal distribution patterns due to the high aggregation of this nematode under field conditions. Results show that, on the evaluated sampling scheme on sandy loam-textured soils, the large (50 x 50 m) and the small (6.25 x 6.25 m) plot sizes were inadequate to obtain precision values within acceptable limits. Number of cores per sample, sampling date and differences in agronomic practices among farms had no effect on the PI values.

INTRODUCCION

Es conocido que los nematodos del género *Meloidogyne* Goeldi, 1887 (Nemata: Heteroderidae) son uno de los patógenos más importantes en el agroecosistema del tabaco (*Nicotiana*

tabacum L.) en Costa Rica (López 1978). Destaca en este sentido la especie *M. incognita* (Kofoid y White 1919) Chitwood, 1949, la que prevalece con respecto a *M. javanica* (Treub 1885) Chitwood, 1949 en el cantón de Pérez Zeledón (López et al. 1992). La heterogeneidad en los patrones de distribución horizontal (McSorley 1987), así como la capacidad de *M. incognita* de migrar verticalmente grandes distancias (Prot 1978, Pinkerton et al. 1987) son factores que dificultan su detección en el campo. En este sentido, el conocimiento de la fluctuación de las poblaciones de nematodos en espacio y tiempo constituye la base que permite predecir su comportamiento en un momento determinado, además de mejorar la precisión y confiabilidad de los muestreos.

1/ Recibido para publicación el 25 de marzo de 1996.

2/ Autor para correspondencia.

* Parte de la tesis de MSc. Presentada por el primer autor ante el Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica.

** Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. Apartado postal 86-3000 Heredia, Costa Rica.

*** Laboratorio de Nematología, Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

El seguimiento de las poblaciones en el tiempo es fundamental para la implementación de un programa de manejo integrado de nematodos. En el caso del tabaco, se ha demostrado que existe una estrecha relación entre la densidad poblacional inicial (Pi) de estos nematodos previo al trasplante y el rendimiento final del cultivo (Hanounik et al. 1975, Barker et al. 1981). El conocimiento de la Pi es entonces crucial para definir si es o no necesaria la aplicación de tácticas para su manejo. Numerosos factores afectan la confiabilidad de los estimados de la Pi. Según Goodell (1982), en casos en que no es factible obtener los datos del universo experimental se hace necesario tomar una unidad representativa denominada muestra; un problema inherente a esta situación es que la unidad tomada no siempre resulta ser representativa del universo de interés, por lo que debe ser diseñado un plan de muestreo que permita obtener estimados de la Pi con un nivel de precisión medible y aceptable. En el caso del tabaco en Costa Rica la información disponible sobre este tema es poca. Esta investigación se planteó con el fin de obtener datos iniciales, que permitan generar información para desarrollar las pautas de aplicación de un muestreo en fincas tabacaleras del Cantón de Pérez Zeledón. Los objetivos propuestos fueron: 1) estudiar la relación entre el tamaño del área muestreada, el número de barrenazos por muestra y el grado de precisión del muestreo y 2) determinar el patrón de distribución horizontal de los J2 de *M. incognita* en 3 épocas distintas del año y definir cuál podría ser el momento más adecuado para realizar el muestreo de suelos antes del trasplante del tabaco.

MATERIALES Y METODOS

La investigación fue realizada en 3 fincas (A, B, C) donde se produce tabaco estufado en el Cantón de Pérez Zeledón; sus principales características ya han sido descritas previamente (Esquivel et al. 1996). En cada finca los muestreos fueron hechos en 3 épocas del año, considerando la secuencia de cultivos en cada una. En las fincas A y B fueron hechos: a) al inicio de la época lluviosa, previo al cultivo del maíz (abril); b) inmediatamente después de la cosecha de maíz (agosto) y c) antes del trasplante del tabaco (setiembre). En

la finca C fueron hechos: a) antes de la siembra de sorgo (mayo); b) posterior a la incorporación de los rastrojos de sorgo (noviembre) y c) previo al trasplante del tabaco (diciembre).

En cada finca fue delimitada 1 ha (100 x 100 m) de terreno, donde fueron evaluados 4 tamaños de parcela: T1= 50 x 50; T2= 25 x 25; T3= 12.5 x 12.5 y T4= 6.25 x 6.25 m de lado. En cada caso fueron tomadas 3 muestras compuestas de suelo, formadas por 3, 5 ó 10 barrenazos. Las muestras fueron tomadas de los primeros 20 cm de profundidad con un barreno de 2.2 cm de diámetro interno, siguiendo un patrón sistemático de muestreo donde los barrenazos fueron ubicados en forma equidistante dentro de cada parcela. En el caso de T1 las 4 parcelas de 50x50 m fueron muestreadas, mientras que en los otros casos la hectárea fue dividida en 16, 64 y 256 parcelas de 25 x 25 m; 12.5 x 12.5 m y 6.25 x 6.25 m, respectivamente, y en cada caso fueron elegidas al azar 8 parcelas, las que posteriormente fueron muestreadas. Los cambios en los patrones de distribución horizontal fueron determinados mediante el muestreo de las mismas parcelas en las 3 épocas. Las muestras de suelo fueron depositadas en bolsas de polietileno debidamente identificadas y mantenidas en recipientes de aislamiento térmico durante su traslado al laboratorio y en el período previo a su procesamiento.

Cada muestra fue homogeneizada y cuarteada hasta obtener una submuestra de 100 ml, la que fue procesada por el método de tamizado y centrifugación en solución azucarada (Jenkin 1964). Fueron utilizados dos lavados, 30 seg de suspensión, un juego de tamices superpuestos de 100 y 400 mallas y una solución extractora de sacarosa de 1.18 de gravedad específica. Los nematodos recuperados fueron identificados y contados con la ayuda de un microscopio estereoscópico a 45 X. La identificación de la especie de *Meloidogyne* fue hecha mediante preparación y estudio de varios diseños perineales de hembras ovígeras extraídas de raíces de tabaco en cada una de las fincas.

La precisión del muestreo fue estimada mediante el Índice de precisión (Ip) descrito por Barfield (1981). Para su aplicación se deben cumplir 2 condiciones básicas: 1) la varianza de la población tiene que ser mayor que el promedio y 2) el índice de precisión debe ser menor al 25% para que el muestreo sea confiable. Este índice es calculado mediante la siguiente fórmula:

ESQUIVEL y LOPEZ: Precisión de muestreo de *Meloidogyne incognita* en tabaco

$$\text{Indice de precisión (\%)} = \frac{S_x}{X} \times 100$$

donde:

S_x = error estándar del promedio

X = promedio de la población.

RESULTADOS

En las 3 fincas se encontró que para todos los tamaños de parcela el Ip fue variable y no hubo una relación clara entre el número de barrenazos por muestra y el Ip.

En el Cuadro 1 son presentados los valores del Ip obtenidos en parcelas de 50 m de lado en las 3 fincas. Únicamente las fincas A y B tuvieron unos pocos valores del Ip dentro de los límites aceptables de precisión; en su mayoría los valores fueron altos y en algunos casos no se cumplió la condición $S^2 > X$.

La precisión del muestreo mejoró en parcelas de 25 m de lado (Cuadro 2). En las fincas A y B la mayoría de los Ip fueron inferiores al 25%. Resultados similares fueron obtenidos en parcelas de 12.5 m de lado en estas mismas fincas (Cuadro 3). En parcelas de 6.25 m de lado

Cuadro 1. Influencia del número de barrenazos y la época de muestreo horizontal sobre el Índice de precisión del muestreo de *Meloidogyne incognita* en parcelas de 50 m de lado.

Finca	Nº de barrenazos por muestra	Epocas de muestreo**		
		1	2	3
Índice de precisión				
A	3	41	24	20
	5	30	5	10*
	10	33	24	30
B	3	26	41	45
	5	33	19	36
	10	38	19	11
C	3	53	100	577*
	5	59	100	nd
	10	43	68	nd

* No cumplen condición $S^2 > x$ para el cálculo del Ip.

** Fincas A y B: 1) abril, 2) agosto y 3) setiembre;
Finca C: 1) mayo, 2) noviembre y 3) diciembre.

nd = no se detectaron J2

Cuadro 2. Influencia del número de barrenazos y la época de muestreo horizontal sobre el Índice de precisión del muestreo de *Meloidogyne incognita* en parcelas de 25 m de lado.

Finca	Nº de barrenazos por muestra	Epocas de muestreo**		
		1	2	3
Índice de precisión				
A	3	53	24	17
	5	17	16	20
	10	20	15	21
B	3	31	18	26
	5	32	21	24
	10	19	12	13
C	3	30	100	nd
	5	24	66	100*
	10	27	49*	nd

* No cumplen condición $S^2 > x$ para el cálculo del Ip.

** Fincas A y B: 1) abril, 2) agosto y 3) setiembre;
Finca C: 1) mayo, 2) noviembre y 3) diciembre.
nd = no se detectaron J2.

Cuadro 3. Influencia del número de barrenazos y la época de muestreo horizontal sobre el Índice de precisión del muestreo de *Meloidogyne incognita* en parcelas de 12.5 m de lado.

Finca	Nº de barrenazos por muestra	Epocas de muestreo**		
		1	2	3
Índice de precisión				
A	3	24	13	25
	5	13	14	27
	10	18	19	21
B	3	24	33	28
	5	10	16	27
	10	30	16	24
C	3	46	49	nd
	5	35	36	nd
	10	39	70	100*

* No cumplen condición $S^2 > x$ para el cálculo del Ip.

** Fincas A y B: 1) abril, 2) agosto y 3) setiembre;
Finca C: 1) mayo, 2) noviembre y 3) diciembre.

nd = no se detectaron J2.

la confiabilidad del Ip nuevamente disminuyó. En este sentido, los resultados (Cuadro 4) confirman que la mayoría de los valores del Ip fueron superiores al 25%. A pesar de estas diferencias entre los tamaños de parcela y los valores del Ip obtenidos, estadísticamente la probabilidad de que la diferencia en la proporción de muestreos confiables o de mayor precisión se debiera al tamaño de parcela fue $P=0.11$, de acuerdo con los resultados de una prueba de Chi-cuadrado. En la finca C prácticamente en ninguno de los casos el Ip estuvo por debajo del 25%. La no detección de J2 en la tercer época de muestreo impidió el cálculo del Ip en esta finca. De acuerdo con los resultados obtenidos, la época de muestreo tuvo poco efecto sobre la confiabilidad del Ip.

Cuadro 4. Influencia del número de barrenazos y la época de muestreo horizontal sobre el Índice de precisión del muestreo de *Meloidogyne incognita* en parcelas de 6.25 m de lado.

Finca	Nº de barrenazos por muestra	Épocas de muestreo**		
		1	2	3
Índice de precisión				
A	3	47	31	20
	5	24	23	25
	10	32	19	17
B	3	29	35	27
	5	30	29	22
	10	16	34	24
C	3	28	100	nd
	5	33	53	nd
	10	28	66*	nd

* No cumplen condición $S^2 > x$ para el cálculo del Ip.

** Fincas A y B: 1) abril, 2) agosto y 3) setiembre;
Finca C: 1) mayo, 2) noviembre y 3) diciembre.

nd = no se detectaron J2.

En las fincas A y B la Pi detectada en el muestreo superó la densidad crítica señalada para este cultivo. Conviene recalcar además que muestreos realizados en las mismas épocas, a profundidades entre los 31 y 60 cm, revelaron que la densidad promedio de J2 en algunos casos fue superior a los 200 J2/100 ml de suelo (Esquivel et al. 1996).

DISCUSION

El alto grado de agregación en los patrones de distribución horizontal de los nematodos (Goodell y Ferris 1980), en particular el de *M. incognita* (McSorley et al. 1985), probablemente fue la causa de la gran variabilidad de los Ip obtenidos con los tamaños de parcela evaluados.

En la Figura 1 se ilustra una hipotética distribución agregada de nematodos en el campo y el efecto que podría tener el tamaño de parcela sobre la precisión del muestreo. De acuerdo con los tamaños evaluados en este estudio, se puede deducir que, si se reduce el tamaño de parcela pero se mantiene el patrón sistemático de muestreo, se aumenta la probabilidad de que algunas de las parcelas seleccionadas contengan muchos y otras pocos o ningún nematodo. En este caso, cuando se presenta gran heterogeneidad entre parcelas, la confiabilidad del Ip disminuye. En parcelas de mayor tamaño se abarca mucho más área y, al estar más distantes entre sí los barrenazos, se incrementa la probabilidad de detectar focos de población. No obstante, cuando se emplea un número reducido de barrenazos también existe la posibilidad de que ninguno de ellos coincida con los puntos de mayor densidad de nematodos. En este caso el efecto sobre el Ip sería variable, lo que sugiere que si se aumenta el número de barrenazos por muestra la confiabilidad del Ip aumentaría. Incrementar el número de barrenazos por muestra mejora tanto la exactitud como la precisión (Francé 1986, Boag et al. 1987) de los estimados de densidad poblacional. El conocimiento de la distribución espacial de la especie de nematodo involucrada es un requisito indispensable, si se desea desarrollar estimados significativos de error en planes de muestreo (McSorley 1982).

En parcelas de 50 m de lado la mayor separación entre barrenazos en un área de 2500 m² posiblemente influyó en que las densidades de J2 detectadas entre parcelas fueran muy heterogéneas, lo que redujo la confiabilidad del Ip. En otros estudios se ha determinado que para especies muy agregadas, como *M. incognita*, el muestreo debe considerar muestras múltiples de múltiples barrenazos cada una (Goodell y Ferris 1981, McSorley 1982). Los resultados obtenidos en parcelas de 25 m de lado en las fincas A y B sugieren que, si se reduce el área de muestreo a 625 m², pero se mantiene el mismo número de

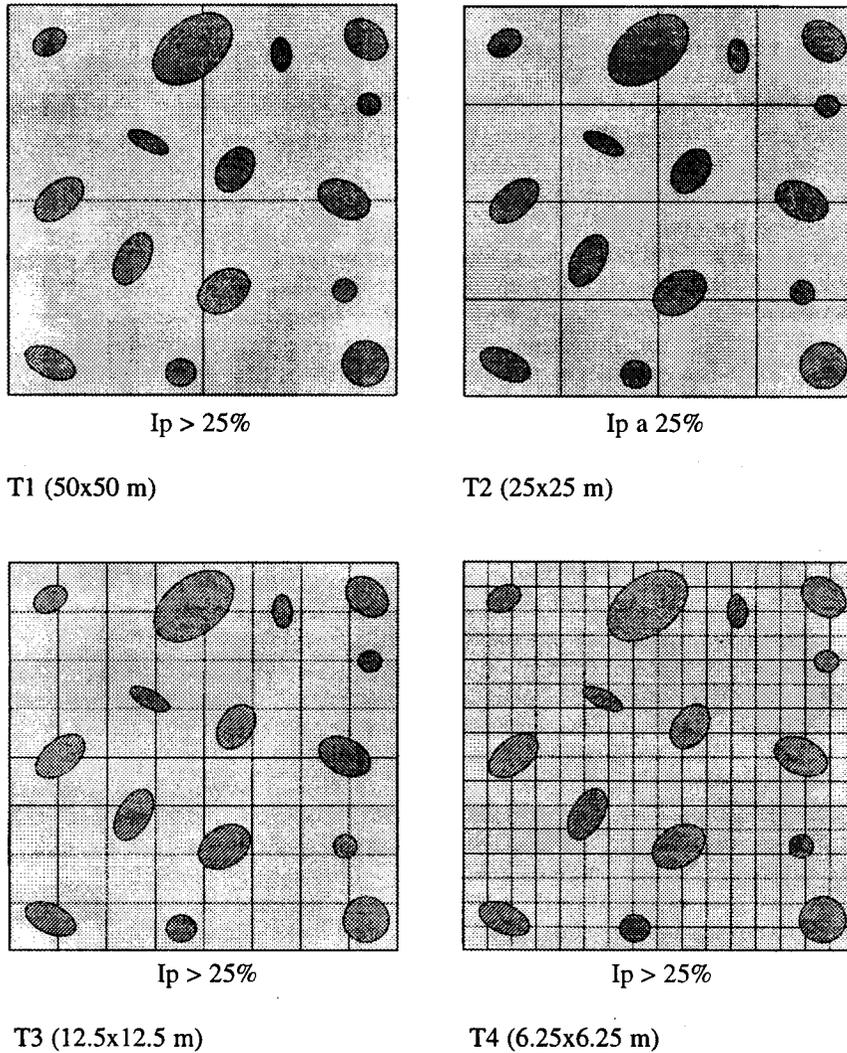


Fig. 1. Situación hipotética que relaciona los tamaños de parcela (T1, T2, T3 y T4) con el posible I_p obtenido según el patrón de distribución espacial de los nematodos en el campo.

barrenazos por muestra, se aumenta la probabilidad de detectar parches de nematodos. Por otra parte, el aumentar el número de parcelas muestreadas, en este caso posiblemente contribuyó a disminuir la diferencia entre ellas. Teóricamente, la confiabilidad del I_p debió disminuir al muestrear parcelas más pequeñas (12.5 m de lado); sin embargo, los resultados obtenidos fueron contrarios a lo esperado, probablemente debido a que en estas fincas se ha mantenido año tras año la misma secuencia de cultivos (maíz-tabaco), lo que ha favorecido una menor agregación de las

poblaciones de J2 en el campo. Con parcelas aún más pequeñas (6.25 m de lado) aumenta significativamente la posibilidad de seleccionar áreas con focos de población o viceversa. Esta posible heterogeneidad entre las parcelas evaluadas podrían explicar los resultados obtenidos. Si se considera la condición agregada de los J2 en el campo, determinada por el valor del cociente varianza/promedio y el número máximo de barrenazos que fueron tomados por muestra, los resultados sugieren que con el esquema de muestreo propuesto, en fincas con suelos de textura franco

arenosa de Repunta, el tamaño grande de parcela (50 m de lado) y el pequeño (6.25 m de lado) fueron los menos adecuados para obtener valores del Ip dentro de límites aceptables de confiabilidad. Según McSorley y Parrado (1982), el muestreo de áreas pequeñas (0.25 - 0.45 ha) infestadas con *M. incognita* requirió una muestra compuesta por 22 barrenazos para mantener un error estándar del 25% con relación al promedio verdadero; según estos autores, al reducir el número de barrenazos por muestra, se incrementa el error en los estimados de población. En el presente estudio probablemente 10 barrenazos por muestra aún no fueron suficientes para mantener una precisión por debajo del 25%. Los resultados parecieran destacar la importancia de incrementar el número de barrenazos por muestra con la finalidad de obtener información acertada y confiable. Al aumentar el número de barrenazos por muestra (McSorley 1982) o subdividir el campo en unidades más pequeñas (McSorley 1982, McSorley y Parrado 1982) se obtiene una mejor información, aunque lo anterior obviamente implica un mayor esfuerzo. No obstante, un plan de muestreo que rinda información exacta y precisa tendría poco valor si es costoso de implementar. El costo económico aumenta en ambos casos, lo que debe ser considerado para este cultivo, dadas las características socioeconómicas de la mayoría de los agricultores tabacaleros en Pérez Zeledón. El valor del cultivo, el tamaño del área a muestrear, el costo del muestreo y el de los nematocidas son factores indispensables a considerar (Goodell y Ferris 1981).

Los resultados obtenidos en la finca C se caracterizaron por el bajo número o la no recuperación de J2 en muchas parcelas, lo que afectó el cálculo del Ip. Schmitt et al. (1990) excluyeron de su análisis los nematodos con densidades menores a 5 individuos por cada 500 ml de suelo, argumentando la falta de confiabilidad en su detección. Las características físicas del suelo, la siembra de sorgo y el uso frecuente de maquinaria (aradas y rastreadas) antes y después de cada cultivo, son factores que pudieron contribuir a la reducción de la densidad poblacional de los J2 en la capa arable.

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadros 1, 2, 3 y 4) las épocas de muestreo en las fincas A, B y C, así como las diferencias en manejo agronómico, tuvieron poca importancia con relación a la confiabilidad del Ip; para efec-

tos predictivos, el muestreo podría haberse efectuado en cualquier época del año.

La disminución poblacional detectada en la capa arable contrasta con los resultados obtenidos en un estudio concomitante (Esquivel et al. 1996), según los cuales, en las épocas en que fueron realizados estos muestreos, fue subestimada la Pi de los J2, dado que fueron hechos en los primeros 20 cm del suelo y había mayores densidades de J2 a mayor profundidad. Si el muestreo previo al establecimiento del tabaco es con fines predictivos, la importancia de estos resultados estriba en que podrían derivarse conclusiones equivocadas al considerar únicamente las densidades de J2 ubicadas en la capa arable. Estudios de distribución vertical en soya y maíz revelaron que en la mayoría de los casos, las muestras de suelo provenientes de los 15-20 cm solamente detectaron una minoría de la nematofauna presente (McSorley y Dickson 1990). Los resultados sugieren que si se pretende tener una información real y confiable de la densidad de J2 en el suelo previo al transplante del tabaco, es indispensable considerar también las poblaciones de nematodos por debajo de los 20 cm de profundidad.

Sin embargo, considerando que la densidad crítica señalada para este cultivo es baja (Arens y Rich 1981, Hanounik et al. 1975, Shepherd y Barker 1990), el desarrollo de planes de muestreo con fines predictivos es totalmente impráctico. Esto es especialmente cierto en las fincas de Repunta con suelos de textura franco-arenosa y con un largo historial de cultivo de tabaco, en donde las densidades poblacionales de J2 son relativamente altas durante todo el año. Los resultados inducen a concluir que no es aconsejable recomendar un plan de muestreo previo al transplante del tabaco para estas fincas, considerando los costos del mismo. Por otra parte, algunas sugerencias podrían reducir la Pi de J2 en el suelo y como resultado mejorar el rendimiento final del cultivo; éstas son: 1) extremar las medidas a nivel de semillero y asegurarse de que, al momento del transplante, las plantas estén totalmente libres de nematodos; 2) eliminar los residuos de cosecha, principalmente los sistemas radicales, tan pronto sea cosechado el cultivo; 3) arar profundo el terreno en la época seca, con la finalidad de exponer a los J2 y huevos ubicados en capas profundas a la acción desecante del sol y el viento; de ser posible

aplicar riego para romper los estados de latencia que se presentan cuando este nematodo se encuentra bajo estrés ambiental; 4) utilizar nematocidas de baja solubilidad para prolongar su efecto residual y evitar el lavado y contaminación de fuentes de agua; 5) por último, investigar el efecto del sorgo en la reducción de la densidad poblacional en fincas tabacaleras con suelos de textura franco arenosa, así como la alternativa económica que podría representar para los agricultores de la zona.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Republic Tobacco Company por el apoyo financiero otorgado a esta investigación.

LITERATURA CITADA

- ARENS, M.L.; RICH, J.R. 1981. Yield response and injury levels of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on the susceptible tobacco "McNair944". *Journal of Nematology* 13(2):196-200.
- BARFIEL, C.S. 1981. Understanding and implementing pest management strategies in agricultural systems. Minneapolis, Minnesota. Alpha Editions. 165 p.
- BARKER, K.R.; TODD, F.A.; SHANE, W.W.; NELSON, L.A. 1981. Interrelationships of *Meloidogyne* species with flue-cured tobacco. *Journal of Nematology* 13:67-79.
- BOAG, B.; BROWN, D.J.F.; TOPHAM, P.B. 1987. Vertical and horizontal distribution of virus vector nematodes and implications for sampling procedures. *Nematologica* 33:83-96.
- ESQUIVEL, A.; LOPEZ, R.; BLANCO, F. 1996. Variación estacional de la distribución vertical de *Meloidogyne incognita* en fincas tabacaleras en Pérez Zeledón. *Agronomía Costarricense* 20(1):1-8.
- FRANCL, L.J. 1986. Improving the accuracy of sampling field plots for plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology* 18:190-195.
- GOODELL, P.B. 1982. Soil sampling and processing for detection and quantification of nematode populations for ecological studies. In *Nematodes in soil ecosystems*. Ed. by D.W. Freckman. p. 178-198.
- GOODELL, P.B.; FERRIS, H. 1980. Plant parasitic nematode distributions in an alfalfa field. *Journal of Nematology* 12(2):136-140.
- GOODELL, P.B.; FERRIS, H. 1981. Sample optimization for five plant parasitic nematodes in an alfalfa field. *Journal of Nematology* 13(3):304-313.
- HANOUNIK, S.B.; OSBORNE, W.W.; PIRIE, W.R. 1975. Relationships between the population density of *Meloidogyne incognita* and growth of tobacco. *Journal of Nematology* 7(4):352-356.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48(9):692.
- LOPEZ, R. 1978. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en Costa Rica. *Turrialba* 28(4):279-281.
- LOPEZ, R.; CHARPENTIER, E.; MORALES, H.; GONZALEZ, M. 1992. Frecuencia, severidad y etiología de la enfermedad de los nódulos radicales del tabaco en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16(1):77-81.
- McSORLEY, R. 1982. Simulated sampling strategies for nematodes distributed according to a negative binomial model. *Journal of Nematology* 14(4):517-521.
- McSORLEY, R. 1987. Extraction of nematodes and sampling methods. In *Principles and practice of nematode control in crops*. Ed. by R.H. Brown y B.R. Kerry. Academic Press. p. 13-41.
- McSORLEY, R.; PARRADO, J.L. 1982. Estimating relative error in nematode numbers from single soil samples composed of multiple cores. *Journal of Nematology* 14(4):522-529.
- McSORLEY, R.; DICKSON, D.W. 1990. Vertical distribution of plant-parasitic nematodes in sandy soil under soybean. *Journal of Nematology* 22(1):90-96.
- McSORLEY, R.; DANKERS, W.H.; PARRADO, J.L.; REYNOLDS, J.S. 1985. Spatial distribution of the nematode community on perrine marl soils. *Nematologica* 15:77-92.
- PINKERTON, J.N.; MOJTAHEDI, H.; SANTO, G.S.; O'BANNON, J.H. 1987. Vertical migration of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* under controlled temperature. *Journal of Nematology* 19(2):152-157.
- PROT, J.C. 1978. Vertical migration of four natural populations of *Meloidogyne*. *Revue de Nematologie* 1(1):109-112.
- SCHMITT, D.P.; BARKER, K.R.; NOE, J.P.; KOENNING, S.R. 1990. Repeated sampling to determine the precision of estimating nematodes population densities. *Journal of Nematology* 22(4):552-559.
- SHEPHERD, J.A.; BARKER, K.R. 1990. Nematode parasites of tobacco. In *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Ed. by M. Luc, R.A. Sikora y J. Bridge. Aberystwyth, U.K. CAB International Institute of Parasitology, Cambrian printers. p. 493-517.