

Nuevas Observaciones sobre la Distribución Espacial de Nematodos Parásitos del Arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica¹

R. López*

ABSTRACT

The vertical and horizontal distribution of plant-parasitic nematodes was studied in four upland rice fields located in different rice producing zones of Costa Rica, namely the Atlantic, the Central Pacific and the Southeastern Pacific. In each field, compound soil samples were taken from the surface down to the 60 cm soil depth at 15 cm intervals, in each of nine one-square meter adjacent plots. In practically all cases the variance was greater than the mean and, therefore, the horizontal distribution was clumped. Vertically and with the exception of *Longidorus* sp. in two fields and *Criconemella palustris* in one, the highest population densities were found in the upper 15 cm soil layer. Required number of samples to be taken to obtain reliable estimates of the mean population density of each plant-parasitic nematode, were determined. Species present in the Atlantic zone were *C. palustris*, *Longidorus* sp., *Basiria* sp. and *Helicotylenchus* sp. In the Central Pacific zone *Tylenchorhynchus annulatus*, *C. palustris*, *Pratylenchus zaei* and *Basiria* sp. were found, whereas *T. annulatus*, *C. palustris*, *C. ornata*, *Tylenchus* sp. and *Helicotylenchus* sp. were the species present in the Southeastern Pacific zone.

INTRODUCCION

La información acerca del tipo o patrón de distribución de una población de nematodos fitoparásitos en el suelo puede servir, tanto para dirigir la aplicación de ciertas tácticas de combate cultural (7), como para mejorar la precisión y confiabilidad de los muestreos destinados a obtener un estimado de su densidad poblacional promedio (9). Desde el punto de vista matemático, se definen los tipos de distribución de los organismos en el espacio según sea el valor del cociente varianza/promedio; si este cociente tiene un valor de 1, la distribución de los organismos es al azar mientras que, si su valor es menor de uno, la distribución es regular o unifor-

COMPENDIO

Se estudió la distribución espacial de nematodos parásitos del arroz en cuatro plantíos localizados en diferentes zonas productoras de Costa Rica. En cada plantío se tomaron muestras compuestas de suelo, desde la superficie hasta los 60 cm de profundidad, a intervalos de 15 cm, en cada una de nueve parcelas de 1 m², colocadas en tres hileras de tres parcelas adyacentes entre sí. En prácticamente todos los casos, la varianza fue mayor que el promedio por lo que la distribución horizontal de los nematodos era agregada. Verticalmente y con unas pocas excepciones, las mayores densidades poblacionales se localizaron en los primeros 15 cm de profundidad. Se determinó el número de muestras que es necesario tomar para obtener estimados precisos de la densidad promedio de los nematodos fitoparásitos. Las especies presentes en los plantíos estudiados incluyeron: *Criconemella palustris*; *Longidorus* sp.; *Basiria* sp. y *Helicotylenchus* sp., en la zona Atlántica; *Tylenchorhynchus annulatus*; *C. palustris*; *Pratylenchus zaei* y *Basiria* sp., en el Pacífico Central y *T. annulatus*; *C. palustris*; *C. ornata*; *Tylenchus* sp. y *Helicotylenchus* sp., en el Pacífico Sureste.

me; si el valor de este cociente es superior a uno se dice que la distribución es contagiosa o agregada (10).

Una vez que se conoce el tipo de distribución que tiene la población de un organismo es factible desarrollar un plan de muestreo de la misma y cuantificar, por varios medios, su precisión (9). Uno de estos medios es la relación error estándar del promedio/promedio, la cual frecuentemente es expresada como porcentaje; en este último caso se le llama índice de precisión (IP) (1). Se estima que el IP debe ser igual o inferior al 25% para que el estimado de una densidad poblacional sea confiable. El IP se calcula según la fórmula $IP = \text{error estándar del promedio/promedio} \times 100$ (1).

Observaciones preliminares hechas en plantíos de arroz de secano en la zona sureste de Costa Rica (7) demostraron que las mayores densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos se localizan en los primeros 15 cm de profundidad y que, horizontalmente, las densidades variaban significativamente en pequeñas parcelas adyacentes entre sí. Con estos

1 Recibido para su publicación el 11 de julio 1987.

El autor agradece la ayuda técnica de: Ing. Luis A. Salazar, Sr. Justo Azofeifa, Sra. Cecilia Jinesta, M.Sc. Freddy Sancho y Sra. Mariel Díaz.

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

hechos en mente se planteó la presente investigación, la cual tuvo como objetivos determinar los patrones de distribución horizontal y vertical de nematodos parásitos del arroz en varias zonas productoras de Costa Rica y hacer cálculos preliminares tendientes a definir el número de muestras a tomar, con el fin de obtener estimados confiables y precisos de la densidad promedio de los nematodos parásitos del arroz.

MATERIALES Y METODOS

En el transcurso de 1985 se muestrearon cuatro plantíos de arroz (*Oryza sativa* L.) próximos a ser cosechados. Estos plantíos estaban localizados en Zent y Aguas Claras en la zona Atlántica, El Silencio de Quepos en la zona Pacífico Central y a 4 km al Noroeste de Ciudad Neilly, en el Pacífico Sureste, respectivamente. En Zent y Aguas Claras los suelos eran *Typic Tropaquept*, en El Silencio era *Typic Tropaquept* y a 4 km al Noroeste de Ciudad Neilly era *Tropaquept*, todos del orden de los Vertisoles.

En cada plantío se escogió al azar una pequeña franja de terreno de 3 m de ancho por 3 m de largo y se dividió en nueve parcelas de 1 m², dispuestas en tres hileras adyacentes, cada una de las cuales tenía tres parcelas (Fig. 1). En cada parcela se tomó una muestra compuesta de suelo, proveniente de tres puntos localizados en los vértices de un triángulo equilátero imaginario, colocado en el centro de cada una; en cada punto se tomó suelo con un barreno de 2.2 cm de diámetro interno desde la superficie hasta los 60 cm de profundidad, a intervalos de 15 cm. Las muestras fueron recogidas en bolsas de polietileno, identificadas y transportadas al laboratorio donde fueron homogeneizadas y cuarteadas hasta obtener submuestras de 100 ml; éstas fueron procesadas por el método de tamizado y centrifugación en solución azucarada (6); el suelo fue lavado dos veces con agua, utilizando 40 seg de suspensión previo a su paso a través de un juego de tres cribas superpuestas de 100, 325 y 325 mallas; la suspensión recogida fue centrifugada primero en agua y luego en una solución azucarada de 1.18 de gravedad específica durante cuatro min. Los nematodos recuperados fueron identificados y

Cuadro 1. Valores del cociente entre la varianza y la densidad promedio de varios nematodos fitoparásitos en relación a la profundidad de muestreo en cuatro localidades de Costa Rica.

Nematodo	Profundidad (cm) de muestreo			
	0-15	16-30	31-45	46-60
Localidad				
Zent				
<i>Basiria</i> sp.	36.3	1.9	3.6	3.7
<i>Longidorus</i> sp.	2.6	7.0	0.8	56.3
<i>C. palustris</i>	70.4	9.2	3.6	6.1
<i>Helicotylenchus</i> sp	6.3	1.1	2.0	0.4
Aguas Claras				
<i>C. palustris</i>	14.2	9.9	5.3	4.6
<i>Longidorus</i> sp	6.8	8.9	9.1	4.1
<i>Basiria</i> sp.	4.3	107.1	4.4	2.3
El Silencio				
<i>T. annulatus</i>	12.4	1.9	2.4	0.9
<i>Basiria</i> sp.	3.8	0.7	4.5	1.8
<i>C. palustris</i>	0.9	3.8	3.0	1.9
<i>P. zaei</i>	2.9	4.2	0.9	1.9
4 km N.O. Ciudad Neilly				
<i>T. annulatus</i>	4.2	4.1	1.5	3.2
<i>Helicotylenchus</i> sp	1.3	1.6	0.2	-
<i>Tylenchus</i> sp.	3.0	1.2	0.2	2.5
<i>C. palustris</i>	2.0	0.4	1.3	1.0

contados bajo un microscopio estereoscópico a 45X; la determinación de la especie, cuando fue posible, fue hecha con la ayuda de un microscopio de luz a 1500X. Una vez obtenidos los datos de las densidades poblacionales se calculó la densidad promedio de cada especie y la varianza respectiva; posteriormente, se determinó el tipo de distribución que tenían los nematodos. Hecho esto, se procedió a calcular el número de muestras que hubiera sido necesario tomar en cada caso para obtener un IP que variara entre el 5 y el 25%, a intervalos de 5%. En vista de los resultados obtenidos, este cálculo fue hecho sólo con los datos del análisis de la densidad poblacional presente en los primeros 15 cm de profundidad. Para la representación de la distribución horizontal de las diversas especies encontradas se escogió en forma arbitraria una escala de incrementos logarítmicos de 0.25.

RESULTADOS

Las especies de nematodos fitoparásitos asociados al arroz en los cuatro plantíos incluyeron a *Cricomebella palustris* (Luc, 1970) Luc y Raski, 1981; *Helicotylenchus* sp.; *Basiria* sp. y *Longidorus* sp., en Zent; *C. palustris*; *Longidorus* sp. y *Basiria* sp., en Aguas Claras; *Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971; *C. palustris*; *Pratylenchus zaeae* Graham, 1951 y *Basiria* sp., en El Silencio; *T. annulatus*; *Helicotylenchus* sp.; *Tylenchus* sp. y una mezcla de 90% de *C. palustris* y 10% de *C. ornata* (Raski, 1958) Luc y Raski, 1981, en el plantío localizado a 4 km al Noroeste de Ciudad Neilly.

La distribución vertical de estas especies en los cuatro plantíos es presentada en la Fig. 2. En general y con unas pocas excepciones, se encontró que las mayores densidades estaban localizadas en los primeros 15 cm de profundidad y que las mismas disminu-

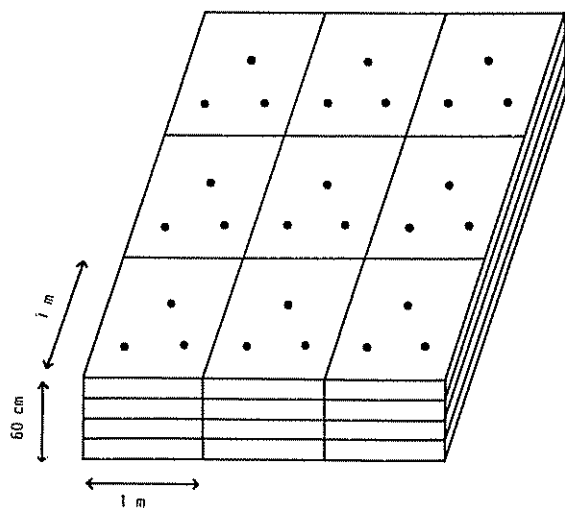


Fig 1. Diagrama que ilustra los puntos en que se muestreó para determinar la distribución espacial de nematodos parásitos del arroz.

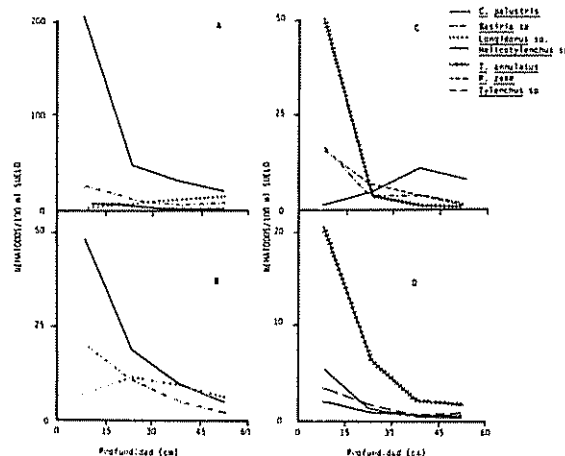


Fig. 2. Distribución vertical de varios nematodos parásitos del arroz en las localidades costarricenses de Zent (A), Aguas Claras (B), El Silencio (C) y a 4 km al N.O. de Ciudad Neilly.

yeron conforme se incrementó la profundidad de muestreo. Las excepciones a esta tendencia general fueron *Longidorus* sp. en Zent y Aguas Claras y *C. palustris* en El Silencio. En el caso de *Longidorus* sp., su mayor densidad fue encontrada entre los 46 y 60 cm de profundidad en Zent y entre los 16 y 30 cm en Aguas Claras, mientras que la mayor densidad de *C. palustris* en El Silencio se localizó entre los 31 y 45 cm de profundidad.

En las Figs. 3 a 6 se presenta la distribución horizontal de los nematodos en cada profundidad en los cuatro plantíos. En la mayoría de los casos se encontró que las densidades variaron en parcelas adyacentes. En el Cuadro 1 se presentan los valores del cociente de la varianza entre el promedio de la densidad de los nematodos. En su gran mayoría (83.3%), los valores de este cociente fueron superiores a 1; en unos pocos casos (13.3%) su valor fue inferior a 1 y en un sólo caso (1.6%) no se pudo calcular este cociente por cuanto prácticamente no se recuperaron especímenes de *Helicotylenchus* sp. entre los 46 y 60 cm de profundidad a 4 km al Noroeste de Ciudad Neilly.

Dado que las mayores densidades se localizaron generalmente en los primeros 15 cm de profundidad, en forma arbitraria se trabajó únicamente con estos valores para calcular la cantidad de muestras a tomar para obtener estimados confiables de su densidad promedio. Estos resultados se presentan en el Cuadro 2. Como era de esperarse, conforme fue reducido el margen de error permisible (menores valores del IP), aumentó considerablemente el número de muestras a tomar y viceversa. Así, por ejemplo, sería necesario tomar 726 muestras para obtener un estimado de la densidad de *Longidorus* sp. en Zent que variara apenas en un 5% con relación al promedio verdadero y únicamente 29 si se permitiera una variación del

25% . En Aguas Claras, para esta misma especie, sería necesario tomar 361 y 14 muestras para obtener es-

timados que variaran en un 5 y un 25% del promedio, respectivamente.

Cuadro 2. Relación entre el número de muestras a tomar en 9 m² y el error relativo expresado como error estándar/promedio x 100 para varios nematodos parásitos del arroz en cuatro localidades de Costa Rica.

Nematodo	Número de muestras a tomar error relativo (%)				
	5	10	15	20	25
Zent					
<i>Basiria</i> sp.	59	15	7	4	2
<i>Longidorus</i> sp.	726	181	81	45	29
<i>C. palustris</i>	137	34	15	9	5
<i>Helicotylenchus</i> sp.	328	82	36	20	13
Aguas Claras					
<i>C. palustris</i>	124	31	14	8	5
<i>Longidorus</i> sp.	361	90	40	23	14
<i>Basiria</i> sp.	91	23	10	6	4
El Silencio					
<i>T. annulatus</i>	99	25	11	6	4
<i>Basiria</i> sp.	93	23	10	6	4
<i>C. palustris</i>	279	70	31	17	11
<i>P. zeae</i>	72	18	8	5	3
4 km N.O. Ciudad Neilly					
<i>T. annulatus</i>	82	20	9	5	3
<i>Helicotylenchus</i> sp.	225	56	25	14	9
<i>Tylenchus</i> sp.	367	92	41	23	15
<i>C. palustris</i>	148	37	16	9	6

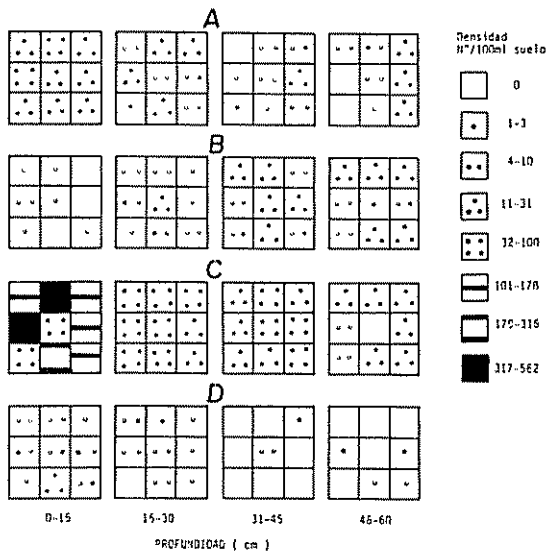


Fig. 3. Distribución horizontal de *Basiria* sp. (A), *Longidorus* sp. (B), *Criconemella palustris* (C) y *Helicotylenchus* sp. (D) en relación a la profundidad de muestreo en un arrozal en Zent.

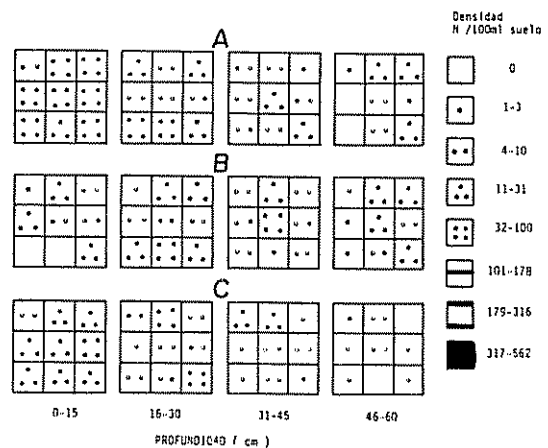


Fig. 4. Distribución horizontal de *Criconemella palustris* (A), *Longidorus* sp. (B) y *Basiria* sp. (C) en relación a la profundidad de muestreo en un arrozal en Aguas Claras.

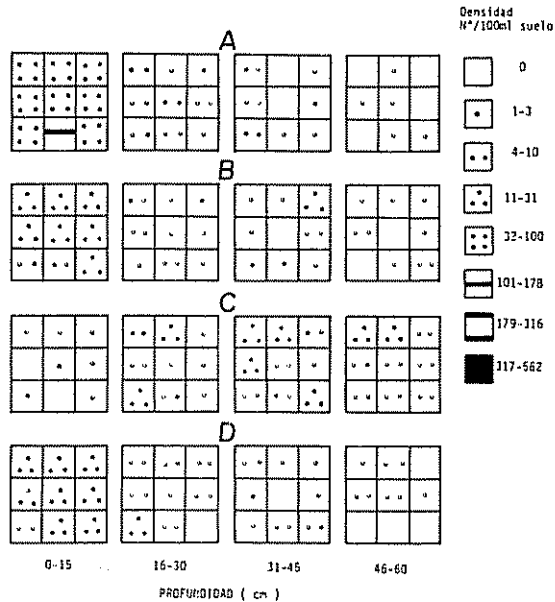


Fig. 5. Distribución horizontal de *Tylenchorhynchus annulatus* (A), *Basiria* sp. (B), *Criconemella palustris* (C) y *Pratylenchus zaei* (D) en relación a la profundidad de muestreo en un arrozal en El Silencio.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en esta investigación coincidieron con hallazgos previos hechos en Costa Rica (7, 8). Así, en el sentido vertical se encontró que, generalmente, las mayores densidades se encontraron en los primeros 15 cm de profundidad. Es probable que, como ha sido señalado previamente (7), esto se debe a que la mayor parte del sistema radical del arroz— del que se alimentan los nematodos— se localiza en esta capa. Es sabido que entre los factores que determinan la distribución vertical de los nematodos está la distribución de las raíces (2, 3). Como excepción a esta tendencia general de la distribución vertical se encontró que las densidades de *C. palustris* en El Silencio y *Longidorus* sp. en Zent y Maryland fueron mayores en capas más profundas del suelo. Es posible que, en estos casos, los nematodos mencionados encontraron condiciones más propicias para su alimentación y reproducción a profundidades mayores de 15 cm. En términos generales, pareciera entonces que, cuando se desee muestrear poblaciones de nematodos parásitos del arroz, lo más adecuado sería tomar únicamente suelo proveniente de los primeros 15 cm de profundidad.

Por otra parte y dado que los valores del cociente varianza/promedio fueron mayores a 1 en la mayoría de los casos, se puede afirmar que la distribución horizontal de estos nematodos era agregada.

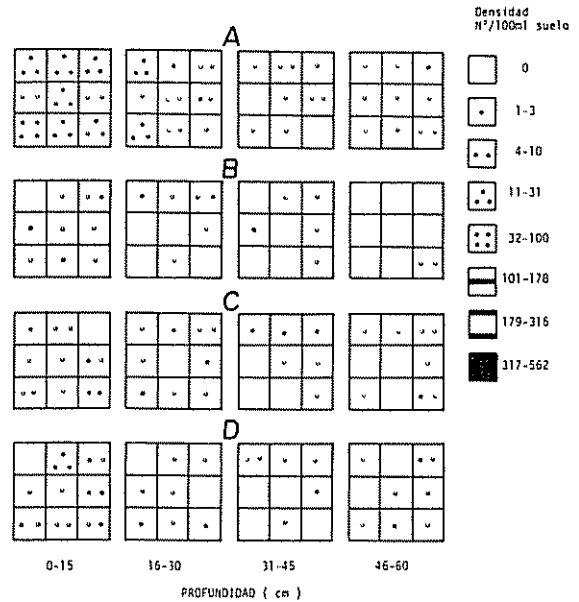


Fig. 6. Distribución horizontal de *Tylenchorhynchus annulatus* (A), *Helicotylenchus* sp. (B), *Tylenchus* sp. (C) y una mezcla de *Criconemella palustris* y *C. ornata* (D) en un arrozal a 4 km al N.O. de Ciudad Neilly.

Otros dos hechos importantes son evidentes después de analizar los resultados obtenidos. En primer lugar, las diversas especies de nematodos alcanzaron, al momento de los muestreos, densidades poblacionales diferentes. Por ejemplo, la densidad de *C. palustris* en Zent fue ostensiblemente mayor que la de las otras especies recuperadas en este plantío, aunque es de presumir que estuvo sometida a las mismas condiciones ambientales que estas últimas, durante su desarrollo y reproducción. El segundo hecho se refiere a que una misma especie no alcanzó las mismas densidades poblacionales en plantíos localizados en diferentes zonas, o incluso, dentro de una misma zona geográfica. Esta situación es ilustrada por la mayor densidad de *T. annulatus* en El Silencio (zona Pacífico Central) que a 4 km al Noroeste de Ciudad Neilly (zona Pacífico Sureste) y por la mayor densidad de *C. palustris* en Zent que en Aguas Claras, localizados estos dos últimos plantíos en la zona Atlántica. Es conveniente recordar que el estado fenológico del arroz era similar, al momento del muestreo, en los cuatro plantíos. Probablemente, factores tales como el régimen de precipitación, algunas características particulares de los suelos en cada sitio, la temperatura ambiental, el cultivar de arroz y la densidad poblacional presiembra de las especies de nematodos, sean los factores responsables de estas diferencias.

Las anteriores consideraciones inducen a pensar en lo señalado previamente por Goodell y Ferris (4),

quienes han sugerido que, en una comunidad de nematodos, no todas las especies tienen el mismo potencial destructivo y que la magnitud del error tolerable puede depender de este potencial. En nuestro caso, la información disponible en cuanto a la patogenicidad de *T. annulatus* en arroz es contradictoria (5), hasta tanto no existan datos sobre el efecto que tienen las demás especies encontradas sobre el desarrollo y rendimiento del arroz. Lo anterior imposibilita, en estos momentos, el asignar categoría alguna a cada especie en cuanto a su potencial destructivo. Es recomendable realizar estudios a la mayor brevedad para definir cuáles de estas especies son capaces de causar pérdidas de importancia económica en este cultivo.

Mc Sorley (9) también ha señalado otros aspectos que deberían ser tomados en cuenta al momento de llevar a cabo un muestreo para determinar densidades poblacionales de nematodos fitoparásitos. Según este autor podría ser aceptable un error relativamente grande si la densidad promedio de una especie fuera baja. Por ejemplo, la densidad de *Basiria* sp. en Zent era de 24 especímenes/100 ml de suelo; un error del 50% podría significar que su densidad real era de sólo 36/100 ml. En contraste con esto, la densidad de *C. palustris* en este mismo plantío era de 206/100 ml por lo que un error del 50% sería considerable, en términos de la densidad poblacional verdadera.

Por otra parte, al tomar muestras de suelo que contienen varias especies de nematodos, se debería seguir un criterio que satisfaga la precisión requerida para determinar la densidad de la especie más difícil de estimar. Esta última observación es explicativa por sí misma.

En cuanto a la cantidad de muestras a tomar para obtener estimados precisos de la densidad de las diversas especies, es obvio que la misma es considerable si se requiere un error bajo, sobre todo si tomamos en cuenta que estas cifras se refieren a una superficie de sólo 9 m² y que cada muestra analizada provino del suelo colectado con tres barrenazos, en una parcela de 1 m². Lo anterior sugiere, como ha sido señalado previamente (9), que es muy probable que un cultivo como el arroz, que es poco rentable y del cual existen grandes áreas bajo cultivos, no toleraría los costos de un muestreo tan intensivo, lo cual requerirá mucho tiempo, esfuerzo y cuidado en la toma de muestras y su procesamiento, por lo que sería imperativo disminuir el nivel de precisión. Pareciera recomendable, eso sí, realizar estudios en que se muestrearan áreas más grandes para determinar si el grado de agregación de los nematodos se mantiene o se reduce; si esto último fuera comprobado, probablemente se reduciría drásticamente la cantidad de muestras necesarias para obtener un estimado preciso de la densidad de los nematodos.

LITERATURA CITADA

1. BARFIELD, C.S. 1981. Understanding and implementing pest management strategies in agricultural systems. Minneapolis, EE.UU., Alpha Editions. 165 p.
2. BARKER, K.R.; CAMPBELL, C.L. 1981. Sampling nematode populations. In Plant parasitic nematodes. Ed. by B.M. Zuckerman; R.A. Rhode. New York, Academic Press. v. 3. p. 451-474.
3. BARKER, K.R.; NUSBAUM, C.J. 1971. Diagnostic and advisory programs. In Plant parasitic nematodes. Ed. by B.M. Zuckerman, W.F. Mai, R.A. Rhode. New York, Academic Press. v. 1. p. 281-301.
4. GOODELL, P.B.; FERRIS, H. 1981. Sample optimization for five plant-parasitic nematodes in an alfalfa field. *Journal of Nematology* 13(3):304-313.
5. HOLLIS, J.P.; KOEBOONRUENG, S. 1984. Nematode parasites of rice. In Plant and insect nematodes. Ed. by R. Nickle. New York. Marcel Dekker. p. 95-146.
6. JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692.
7. LOPEZ, R. 1981. Distribución espacial de nematodos del arroz después de la cosecha en el sureste de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 5(1-2):49-53.
8. LOPEZ, R. 1985. Variación de la densidad poblacional de segundos estadios juveniles de *Meloidogyne salasi* y *M. incognita* en el sureste de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 9(2):115-119.
9. 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.
10. SOUTHWOOD, I.R.E. 1978. Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. 2 ed. New York, Chapman and Hall. 524 p.