

Fluctuación Estacional de la Distribución Espacial de *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* en Papaya (*Carica papaya* L.)¹

G. Jiménez*, R. López*

ABSTRACT

The seasonal fluctuation of the spatial distribution of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on papaya was monitored during 13 months. Horizontally, soil samples were taken at the dripping line and at half the distance between the dripping line and the trunk (half the dripping line), between plants located in the same row (between plants) and then, in a 90° angle, between plants located in adjacent rows (between rows). Vertically, samples were taken from 0 to 75 cm deep, at 15 cm intervals, in each of the formerly mentioned points. *R. reniformis* had an almost regular distribution, as its higher densities were usually located at half the dripping line between plants and between rows. The horizontal distribution of *M. incognita* was variable. However, in general, its higher densities between rows were at half the dripping line, whereas between plants they were located at the dripping line during the drier months, and at half the dripping line during the wet months. Vertically, the highest densities of two nematode species were found in the first 15 cm soil layer during December and January; densities decreased as sampling depth increased. During March and April, when soil moisture was lowest, densities of the two species decreased but that of *R. reniformis* to a lesser degree. In June and July a slight increase was noted, whereas from August to December both nematodes showed a noticeable decrease in density.

INTRODUCCION

La papaya (*Carica papaya* L.) es una de las especies frutales de importancia en los trópicos dado su alto rendimiento y valor nutritivo; además es uno de los pocos frutales de producción continua durante todo el año (11). Varios factores contribuyen a una reducción de la producción de este cultivo, entre ellos, los nematodos *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949 y *Rotylenchulus reniformis* Linford y Oliveira, 1940 (3).

¹ Recibido para su publicación el 20 de julio de 1986. Parte de una tesis de grado presentada por el primer autor ante la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica

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

COMPENDIO

Se estudió la variación estacional de la distribución de *M. incognita* y *R. reniformis* en papaya, durante 13 meses. En el plano horizontal, se tomó muestras de suelo en la zona de goteo del follaje y a la mitad de la distancia entre el tronco y la zona de goteo, tanto entre plantas localizadas en una misma hilera (entre plantas) como entre plantas localizadas entre hileras adyacentes (entre hileras). Verticalmente, en cada uno de los puntos mencionados anteriormente se tomó muestras desde la superficie hasta los 75 cm de profundidad, a intervalos de 15 cm. Se encontró que *R. reniformis* tuvo un comportamiento más regular en prácticamente todos los muestreos, presentando las mayores densidades poblacionales a la mitad de la zona de goteo, tanto entre plantas como entre hileras. En cuanto a *M. incognita*, su distribución horizontal fue variable. Sin embargo, en términos generales, podría decirse que las mayores densidades entre hileras se localizaron a la mitad de la zona de goteo mientras que entre plantas las mayores densidades se presentaron en la zona de goteo, durante los meses de menor precipitación y a la mitad de la zona de goteo, en los meses de mayor precipitación. En cuanto a la distribución vertical de ambos nematodos, en diciembre 1980 y enero 1981, las mayores densidades se localizaron en los primeros 15 cm y fueron reduciéndose conforme se profundizó en la toma de muestras. En marzo y abril 1981, en los que el porcentaje de humedad en el suelo fue bajo, la población de las dos especies disminuyó pero, en menor grado, la de *R. reniformis*. Durante junio y julio se observó un ligero incremento de las poblaciones de ambas especies, mientras que en los meses subsiguientes (agosto a diciembre) la tendencia de las dos especies a disminuir fue notable.

Por otra parte, es sabido que la distribución de los nematodos en el suelo es variable, debido principalmente a la influencia de factores tales como distribución de raíces, temperatura, humedad y textura del suelo, altura de la tabla de agua, lluvia y profundidad del subsuelo (8). Además las poblaciones de nematodos pueden variar según la época o estación del año, en respuesta a fluctuaciones de algunos de los factores antes citados (8). El conocimiento de la distribución horizontal y vertical de los nematodos en el suelo, así como su fluctuación en el tiempo, es de gran importancia pues sirve de base para futuros estudios de diagnóstico, aplicación de medidas de combate y predicción de densidades poblacionales (4,5). Dada la carencia de información local, se estimó pertinente realizar esta investigación, la que tuvo como objetivo determinar el patrón de distribución vertical y horizontal de *M. incognita* y *R. reniformis* en papaya, así como su fluctuación durante 13 meses.

MATERIALES Y METODOS

Se hizo un estudio sobre la variación estacional de la distribución espacial de *M. incognita* y *R. reniformis* en un plantío de papaya, localizado en el distrito central del cantón de Orotina, provincia de Alajuela, Costa Rica. El mismo abarcó el período comprendido entre diciembre de 1980 y diciembre de 1981. Se tomaron muestras de suelo en nueve oportunidades, a intervalos de 45 días. En cada oportunidad se escogió al azar cinco plantas y se procedió a tomar muestras con un barreno de 2.2 cm de diámetro. Horizontalmente se tomó muestras en los puntos localizados en la zona de goteo del follaje (ZG) y a mitad de la distancia entre la gotera y el tronco (ZG/2), entre plantas localizadas en una misma hilera de siembra (entre plantas) y luego, en un ángulo de 90°, entre plantas localizadas en hileras adyacentes (entre hileras). Verticalmente y en cada uno de los cuatro puntos mencionados anteriormente, se tomó muestras desde la superficie hasta los 75 cm de profundidad, a intervalos de 15 cm. Cada muestra fue guardada en una bolsa de polietileno y trasladada al laboratorio para su posterior análisis. Los nematodos fueron extraídos mediante la técnica de centrifugación en solución azucarada modificada por Alvarado y López (1). La identificación a nivel de género fue hecha bajo un microscopio estereoscópico a 45X. Posteriormente se determinó que la especie de *Meloidogyne* presente era *M. incognita* raza 1 (7) y que la especie de *Rotylenchulus* era *R. reniformis* (L.A. Salazar, Comunicación personal, 1981).

Se tomó muestras adicionales para la determinación de materia orgánica, textura, contenido de elementos nutritivos y para estudiar la variación estacional de pH y la humedad del suelo en cada una de las cinco profundidades estudiadas. También, se colectó la información pertinente a la precipitación durante el período de estudio. Los resultados del análisis físico y químico del suelo se presentan en el Cuadro 1.

RESULTADOS

Distribución horizontal de *M. incognita*

La fluctuación de la distribución horizontal de *M. incognita* se presenta en la Fig. 1. En diciembre 1980 (Fig. 1a) se encontró que, entre hileras, las mayores densidades poblacionales estaban localizadas en la ZG en los primeros 30 cm de profundidad, y en la ZG/2 entre los 31 y 75 cm de profundidad. Entre plantas, las mayores densidades en los primeros 45 cm de profundidad se encontraron en la ZG, mientras que entre los 46 y los 75 cm las mayores densidades estuvieron localizadas en la ZG/2.

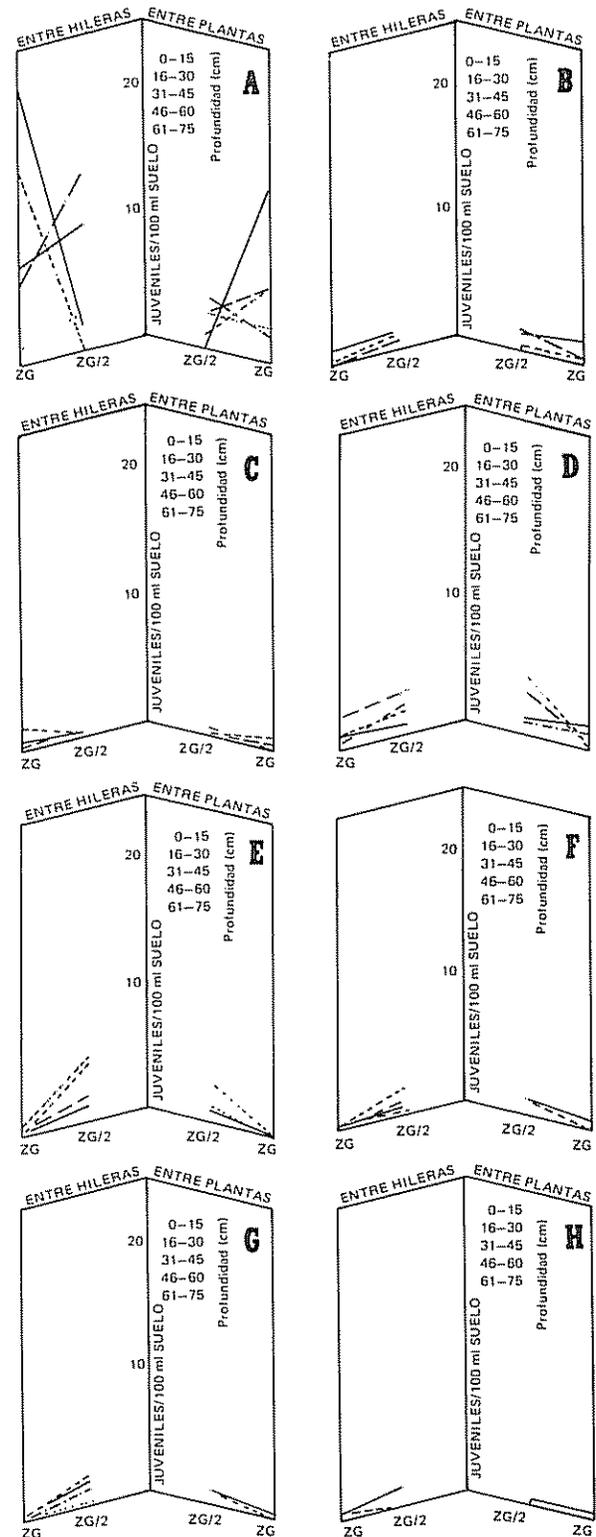


Fig. 1. Fluctuación estacional de la distribución horizontal de *Meloidogyne incognita* en papaya. A: diciembre 1980; B: enero, C: marzo, D: junio, E: julio, F: setiembre, G: octubre y H: diciembre 1981. ZG: zona de goteo y ZG/2: mitad de la zona de goteo

Cuadro 1. Algunas características físicas y químicas del suelo en que se estudió la fluctuación estacional de la distribución espacial de *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* en papaya.

	Análisis físico				
	Profundidad (cm)				
	0-15	16-30	31-45	46-60	61-75
Arena	28.64	29.41	26.10	30.90	31.46
Limo (%)	41.70	40.59	36.72	26.94	24.79
Arcilla (%)	29.96	30.00	37.18	42.16	43.75
Textura	Franca	Franca	Franca Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa
Materia Orgánica (%)	7.15	5.26	1.10	0.76	0.57
Elemento	Análisis químico				
P	16 ppm	12 ppm	10 ppm	10 ppm	10 ppm
S	13 ppm	18 ppm	5 ppm	5 ppm	5 ppm
Fe	26 ppm	24 ppm	26 ppm	70 ppm	70 ppm
K	0.4 meq/100 g	0.5 meq/100 g	0.6 meq/100 g	0.6 meq/100 g	0.6 meq/100 g
Mg	1.0 meq/100 g	0.9 meq/100 g	0.7 meq/100 g	0.7 meq/100 g	0.7 meq/100 g
Ca	1.9 meq/100 g	2.1 meq/100 g	2.1 meq/100 g	3.0 meq/100 g	3.0 meq/100 g
pH (H ₂ O)	6.2	6.2	6.4	6.4	6.4

En enero 1981 (Fig. 1b) y marzo 1981 (Fig. 1c) las densidades poblacionales fueron bajas en general y similares en la ZG y en la ZG/2, tanto entre plantas como entre hileras, en todas las profundidades. En abril 1981 no se recuperó segundos estadios juveniles en ninguna de las muestras.

En junio 1981 (Fig. 1d) se encontró que, entre hileras, hubo una densidad levemente mayor en la ZG/2 entre los 16 y los 75 cm de profundidad; en los primeros 15 cm la densidad en la ZG fue similar a la encontrada en la ZG/2. Entre plantas hubo una densidad levemente mayor en la ZG/2 entre los 16 y 45 cm. En las otras profundidades las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares. En julio 1981 (Fig. 1e) se observó que, entre hileras, las densidades en los primeros 60 cm fueron levemente mayores en la ZG/2. No se recuperó juveniles entre los 61 y los 75 cm de profundidad. Entre plantas, las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares en todas las profundidades.

En setiembre 1981 (Fig. 1f) y octubre 1981 (Fig. 1g) las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares en todas las profundidades, tanto entre plantas como entre hileras. En algunos casos no se recuperó juveniles, v.g., entre plantas a profundidades superiores a los 31 cm. En diciembre 1981 (Fig. 1h), en la mayoría de los casos, no se recuperó juveniles. Se observó que las densidades en los primeros 15 cm fueron similares en la ZG y en la ZG/2, tanto entre hileras como entre plantas. Entre hileras se encontró que, entre los 46 y los 60 cm, la densidad en la ZG fue similar a la encontrada en la ZG/2.

Distribución horizontal de *R. reniformis*

La variación estacional de la distribución horizontal de *R. reniformis* se presenta en la Fig. 2. En diciembre 1980 (Fig. 2a) las mayores densidades estuvieron en la ZG/2, tanto entre hileras como entre plantas y en todas las profundidades. Una situación muy similar a la anterior se presentó en enero 1981 (Fig. 2b), excepto que entre hileras, y a una profundidad entre 61 y 75 cm, la densidad en la ZG/2 fue mayor que en la ZG. En marzo 1981 (Fig. 2c), y entre hileras, las densidades en la ZG fueron similares a las encontradas en la ZG/2 en todas las profundidades. Entre plantas las densidades en los primeros 30 cm fueron mayores en la ZG, mientras que en las otras profundidades las densidades fueron similares en ambas zonas.

En abril 1981 (Fig. 2d) y entre hileras, la densidad en los primeros 15 cm fue mayor en la ZG/2. En las otras profundidades las densidades fueron similares en ambas zonas. Entre plantas se observó que las densidades en los primeros 30 cm fueron mayores en la ZG/2. Se encontró densidades similares en ambas zonas en las otras profundidades. En junio 1981 (Fig. 2e) y entre hileras, las mayores densidades en las profundidades entre 0 y 30 y entre 46 y 75 cm se localizaron en la ZG/2, mientras que entre los 31 y 45 cm la densidad en la ZG fue levemente mayor a la encontrada en ZG/2.

En julio 1981 (Fig. 2f) se encontró que, con unas pocas excepciones, tanto entre hileras como entre plantas, las mayores densidades estuvieron localizadas

en la ZG/2. Las excepciones a esta tendencia fueron: entre hileras a 61.75 cm de profundidad y entre plantas, a 0-15 y 31-45 cm de profundidad; en estos casos, las densidades en ambas zonas fueron similares. En setiembre 1981 (Fig. 2g) y con dos excepciones, las densidades en la ZG y en la ZG/2 fueron similares en todas las profundidades, tanto entre hileras como entre plantas. Entre hileras, la mayor densidad en los primeros 15 cm se localizó en la ZG, mientras que entre 46 y 60 cm la mayor densidad estuvo localizada en la ZG/2. En octubre 1981 (Fig. 2h) y entre hileras, se encontró que en los primeros 15 cm hubo una mayor densidad en la ZG, situación inversa a lo encontrado entre los 46 y 60 cm. En las otras profundidades entre hileras y en todos los casos entre plantas, las densidades poblacionales fueron similares, en ambas zonas.

Finalmente, en diciembre 1981 (Fig. 2i) se encontró que, entre hileras y en los primeros 15 cm de profundidad, la mayor densidad se localizó en la ZG/2. En todos los demás casos, tanto entre hileras como

entre plantas, las densidades fueron mayores en la ZG.

Fluctuación estacional de la distribución vertical de *M. incognita* y *R. reniformis*

La variación estacional de *M. incognita* y *R. reniformis* con relación a la profundidad se ilustra en la Fig. 3. En lo concerniente a *M. incognita* se observó que, en general, hubo una marcada tendencia en la mayoría de los casos a que la densidad disminuyera conforme aumentó la profundidad a que se tomó las muestras, es decir, generalmente la mayor densidad estuvo en los primeros 30 cm de profundidad y la menor entre los 61 y 75 cm.

La mayor densidad de *M. incognita* se encontró en diciembre 1980 y luego disminuyó marcadamente en enero 1981 y se mantuvo baja durante todo el resto del año. Incluso, en marzo, no se logró extraer juveniles de las muestras de suelo. En diciembre se presentó una situación casi idéntica a la anterior.

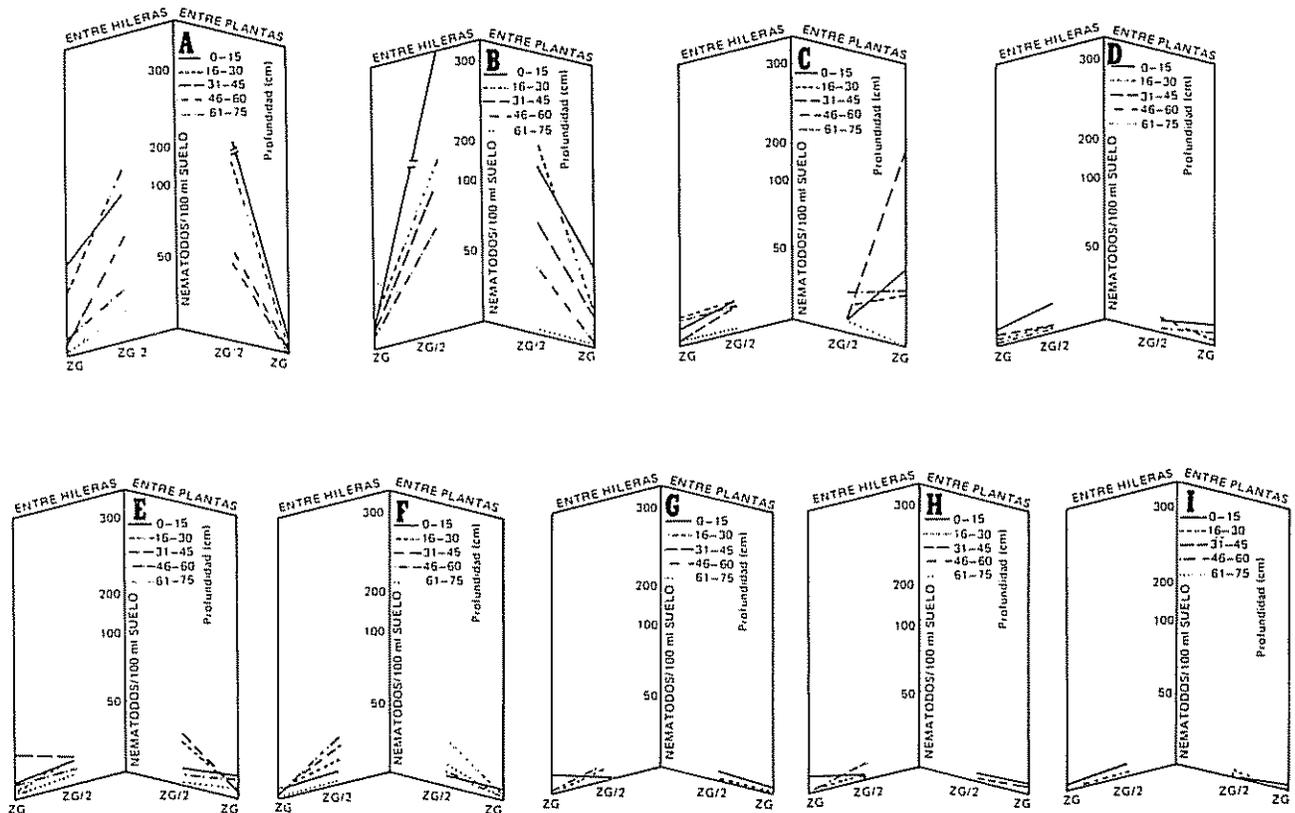


Fig. 2. Variación estacional de la distribución de *Rotylenchulus reniformis* en papaya. A: diciembre 1980; B: enero, C: marzo, D: abril, E: junio, F: julio, G: setiembre, H: octubre e I: diciembre 1981. ZG: zona de goteo y ZG/2: mitad de la zona de goteo.

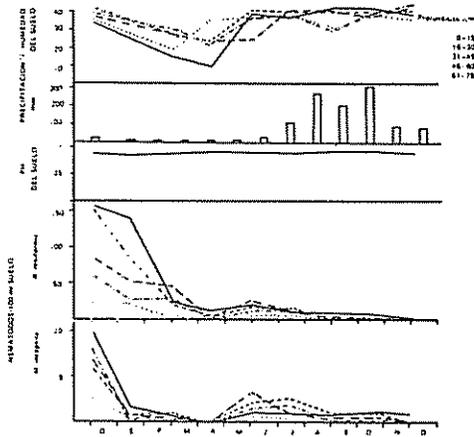


Fig. 3. Fluctuación estacional de la distribución vertical de *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* en papaya con relación a ciertos factores ambientales.

Respecto a *R. reniformis*, en general, podría decirse que su densidad poblacional fue siempre mayor que la de *M. incognita*. Al igual que con esta última especie, se observó una marcada tendencia a que la densidad disminuyera conforme aumentó la profundidad a que se tomó las muestras. Esta tendencia se presentó prácticamente durante todo el período de estudio, aunque hubo sus excepciones, tales como en marzo, junio y julio de 1981; en estos casos se encontró densidades mayores entre los 31 y 45 cm de profundidad que en los primeros 15 cm. En julio 1981 esta situación se presentó también en los ámbitos de 16-30 y 46-60 cm de profundidad. También se observó una situación similar a la observada con *M. incognita* en lo referente a la densidad poblacional con relación al tiempo; la mayor densidad de *R. reniformis* se encontró en diciembre 1980; luego disminuyó un poco en enero 1981 y aún más en marzo 1981. Con posterioridad a esta última fecha, la densidad disminuyó notablemente y se mantuvo así durante el resto del período en estudio.

DISCUSION

Los resultados obtenidos indujeron a concluir que el comportamiento de las dos especies de nematodos tuvo rasgos similares en ciertos aspectos pero también diferencias notorias, en otros. En lo concerniente a la distribución horizontal de *M. incognita* y su variación en el tiempo, podría decirse que la misma fue irregular y cambió de una a otra época de muestreo. En general, la variabilidad observada concuerda con lo anotado por otros autores (2,10), quienes han observado el mismo fenómeno con esta especie. Varios factores podrían ser, en nuestro caso, responsables de esta variación; entre éstos se podrían citar el efecto de la la-

bor cultural denominada aporca, la cual, en el cultivo de la papaya, tiene como finalidad formar un montículo de suelo alrededor del tallo de la planta. Esta labor es llevada a cabo en forma intermitente, tomando para esto el suelo localizado entre las hileras de plantas; tiene como fin primordial dar un mayor anclaje a la planta. Probablemente, esto también sirva para estimular la producción de raíces secundarias. En todo caso, esta práctica conlleva el movimiento de suelo, el cual, si está infestado con *M. incognita*, podría ser un factor que provoca variación en la distribución de esta especie, tanto en el plano horizontal como en el vertical. También es posible que el montículo alrededor del tallo cause un aumento del área de suelo alrededor de la planta que está expuesta al calentamiento solar, lo que podría incrementar la pérdida de agua durante la época seca; este efecto podría, a su vez, haber afectado drásticamente a *M. incognita* y haber influido en la variación vertical.

El comportamiento de *R. reniformis* con respecto a la distribución horizontal podría calificarse como más uniforme que el de *M. incognita*. En general, las mayores densidades estuvieron localizadas en la ZG/2, tanto entre plantas como entre hileras. No se encontró datos en la literatura en que se consignara el tipo de distribución horizontal que esta especie presenta bajo condiciones de campo. Tal parece que los resultados aquí obtenidos son los primeros que ilustran el comportamiento de esta especie.

Dada la poca variabilidad en los valores obtenidos durante todo un año, podría decirse que el pH de la solución de suelo probablemente no ejerció efecto determinante alguno sobre la variación horizontal y vertical de los nematodos estudiados. En contraste con esta observación, pareciera que, al menos durante cierto período, las variaciones en el porcentaje de humedad del suelo ejercieron cierta influencia sobre las densidades poblacionales de *M. incognita* y posiblemente en menor grado sobre las de *R. reniformis*. Esto, por cuanto conforme avanzó la estación seca al inicio del estudio, disminuyó notablemente la humedad en el suelo y también las densidades poblacionales de ambas especies de nematodos. Posteriormente, al iniciarse el nuevo período lluvioso (junio 1981), la humedad en el suelo se elevó ostensiblemente y hubo un incremento en las densidades de *M. incognita*. En el caso de *R. reniformis* hubo también un incremento en su densidad pero que no fue de igual magnitud, comparativamente, al obtenido con *M. incognita*.

En lo concerniente a la distribución vertical y su variación en el tiempo, se encontró una tendencia similar en ambas especies de nematodos. Al iniciar el estudio (finales del período lluvioso de 1980), las densidades poblacionales de ambas especies fueron las

más altas encontradas en todo el estudio. Posteriormente, y conforme avanzó la estación seca, las densidades disminuyeron notablemente. Una vez que se inició la estación lluviosa en 1981, se esperaba que las densidades de ambas especies aumentaran nuevamente pero esto no sucedió. Es posible que factores tales como la edad cronológica de la plantación y el posible daño causado por los nematodos en años anteriores hayan causado una reducción drástica en la producción de nuevas raíces durante este periodo; esto podría explicar el que las densidades no se incrementaran como se esperaba, por carencia de espacio y de alimento disponible. Otra observación interesante es la de que, en general, las densidades de ambas especies fueron menores conforme aumentó la profundidad de muestreo. El análisis físico del suelo indicó que hubo un cambio textural notable conforme aumentó la profundidad, pasándose de una textura franca en los primeros 30 cm a una franca arcillosa entre los 31 y 45 cm y posteriormente, a una arcillosa, entre los 46 y los 75 cm de profundidad. Este cambio textural podría haber afectado las densidades poblacionales directamente. Por ejemplo, *M. incognita* es favorecida por suelos con alto porcentaje de arena (9); algo similar ocurre con *R. reniformis* (12). También, el cambio textural podría haber afectado indirectamente las densidades al limitar la cantidad o volumen de raíces presente en un determinado ámbito de profundidad.

Otra observación interesante concierne a la densidad poblacional de ambas especies. En general, las densidades de *R. reniformis* fueron ostensiblemente mayores que las de *M. incognita*, lo que sugiere que podría haberse presentado un caso de competencia intraespecífica en el que salió triunfante *R. reniformis*. En tomate se ha demostrado que estas especies compiten entre sí y que *R. reniformis* reduce las poblaciones de *M. incognita* (6). Este resultado podría explicar las mayores densidades de *R. reniformis* encontradas en este estudio en comparación con las de *M. incognita*. Observaciones previas hechas en esta misma plantación (L. Salazar y R. López, datos sin publicar) llevan a concluir que este fenómeno de la competencia intraespecífica podría haber jugado un papel determinante en cuanto a las densidades poblacionales alcanzadas por ambas especies en este estudio.

Finalmente, conviene hacer referencia a que en el procedimiento experimental utilizado no se tomó muestras alrededor de un árbol que ya hubiera sido muestreado en una ocasión anterior, es decir, no se tomó muestras dos veces alrededor de un mismo árbol. Este es un factor que posiblemente haya influido también en la variación de la distribución espacial de los dos nematodos estudiados. Es posible que si en un mismo árbol se tomaran muestras en el cuadrante

opuesto al utilizado en un muestreo previo, se podría contar con muestras que exhibieran una menor variación. Esta posibilidad es digna de estudiarse en futuros trabajos similares al presente.

LITERATURA CITADA

1. ALVARADO, M.; LOPEZ, R. 1985. Extracción de algunos nematodos fitoparásitos mediante modificaciones de las técnicas de centrifugación-flotación y embudo de Baermann modificado. *Agronomía Costarricense* 9:
2. GONZALEZ, L. 1978. Distribución horizontal de algunos géneros de nematodos fitoparásitos en terrenos agrícolas de Costa Rica. *Turrialba* 28(1):67-69.
3. HAWAII UNIVERSITY OF HAWAII. 1970. Papayas in Hawaii. Cooperative Extension Service. Bulletin 436. 56 p.
4. HUANG, S.P.; SOUZA de P.E.; CAMPOS, V.P. 1984. Seasonal variation of a *Meloidogyne exigua* population in a coffee plantation. *Journal of Nematology* 16(1):115-117.
5. JOHNSON, A.W.; DOWLER, C.C.; HAUSER, W.E. 1974. Seasonal population dynamics of selected plant-parasitic nematodes in four monocultured crops. *Journal of Nematology* 6(4):187-190.
6. KHEIR, A.A.; OSMAN, A.A. 1977. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchus reniformis* on tomato. *Nematologia Mediterranea* 5(1): 113-116.
7. LOPEZ, R. 1984. Differential plant responses and morphometrics of some *Meloidogyne* spp. from Costa Rica. *Turrialba* 34(4):445-458.
8. NORTON, D.C. 1978. Ecology of plant-parasitic nematodes. New York, Wiley, 268 p.
9. O'BANNON, J.H.; REYNOLDS, H.W. 1961. Root-knot nematode damage and cotton yields in relation to certain soil properties. *Soil Science* 92:384-386.
10. PERLAZA, F.; LOPEZ, R.; VARGAS, E. 1979. Combate químico de *Meloidogyne* spp y *Aternaria* sp en zanahoria (*Daucus carota* L.). *Turrialba* 29(4): 263-267.
11. PITTIER, H. 1978. Plantas usuales de Costa Rica. San José, Costa Rica. Ed. Costa Rica, 329 p.
12. SIVAKUMAR, C.V.; SESHADRI, A.R. 1972. Effect of soil texture on the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. *Indian Journal of Nematology* 2(1):83-86.