

DISTRIBUCION ESPACIAL DE *Helicotylenchus* spp. EN SUELO DE UNA PLANTACION DE PIÑA (*Ananas comosus*) EN LA ZONA NORTE DE COSTA RICA¹

Miguel Quesada²/*, Ronny Barboza**

RESUMEN

Se estudió el patrón de distribución espacial de *Helicotylenchus* spp. en el suelo en una plantación de piña. El estudio se realizó en una cuadrícula de 100 m² dividida en 100 microparcelas de 1 m², en 3 ocasiones diferentes. El análisis geoestadístico de esos datos dio un estimado del tipo y cambios en la dependencia espacial y la estructura de los nematodos en una plantación de piña. Los semivariogramas calculados a partir de la cuadrícula fueron isotrópicos y mostraron que *Helicotylenchus* spp. está altamente agregado. El mejor modelo de ajuste para las semivariaciones experimentales fue el esférico. Estos resultados pueden ser utilizados para tomar decisiones más certeras sobre la ubicación y la intensidad de muestreo o bien para orientar el uso racional de las aplicaciones de nematicidas u otro tipo de control.

ABSTRACT

Spatial distribution of *Helicotylenchus* spp. in soil of a pineapple (*Ananas comosus*) plantation in the northern region of Costa Rica. Three evaluations in a grid of 100 microplots (1 m² each) were made, to examine the spatial distribution of *Helicotylenchus* spp. in a pineapple plantation in the lowland northern humid region of Costa Rica, by counting the nematodes in the topsoil. Geostatistics of these data provided a good estimate of the type and of changes in spatial dependence and structure of the nematode at three different times. Experimental variograms computed from grid surveys appeared to be isotropic, and showed that *Helicotylenchus* spp. is strongly aggregated. The spherical model was the one that best fit the experimental semivariogram. These results can be used for determining sampling intensity and location, as well as for achieving a more rational use of nematicide applications or other control measures.

INTRODUCCION

El control químico de los nematodos ha sido la principal estrategia utilizada en los sembra-

díos de piña y de otros cultivos. Sin embargo, debido a su impacto sobre el ambiente y la salud humana, la tendencia moderna hacia la producción sostenible, hace deseable una disminución en el uso de agroquímicos (Linford 1937, Caswell y Apt 1989, Ko y Schmitt 1996).

Una forma de disminuir el uso de agroquímicos, es aplicarlos sólo en las zonas que realmente lo requieran (Linford 1937, Caswell y Apt 1989, Ko y Schmitt 1996). Para lograr esto, se necesita un programa de preaviso biológico poblacional de nematodos y extender recomendaciones basadas en éste. Por lo tanto, es necesario conocer aspectos como: tamaño y número de

¹ Recibido para publicación el 20 de mayo de 1998.

² Autor para correspondencia.

* Laboratorio de Nematología, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Email : mabadill@cariari.ucr.ac.cr

** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Email : rbarboza@cariari.ucr.ac.cr

muestras por área, datos epidemiológicos (ciclo de vida, tasa y tipo de reproducción, hábitos de alimentación, hospederos, condiciones climáticas óptimas para el parasitismo, etc) y grado de virulencia del parásito en relación al hospedero en diferentes tipos de suelo (Frinking y Mols 1990).

El tamaño de la muestra puede ser determinado con base en la densidad relativa de la población y del patrón de distribución espacial del nematodo (Southwood 1978, Goodell y Ferris 1980, McSorley y Parrado 1982). Una herramienta para describir el patrón de distribución espacial de una especie es la geoestadística, la cual es un método de análisis espacial que considera la posición de la muestra.

La geoestadística se basa en la teoría de las variables regionalizadas y la única premisa que requiere es que la variancia de la diferencia entre muestras sea una función de la distancia de su separación. La variabilidad espacial se mide al determinar el promedio de los valores de la diferencias al cuadrado entre parejas de muestras separadas por una distancia dada (Tragmar et al. 1975, Yates y Warrick 1987, Lecoustre et al. 1989).

La geoestadística fue introducida por los geólogos, para cuantificar la dependencia espacial (autocorrelación) de yacimientos de oro y ha sido aplicada con éxito en agroforestería, agronomía y entomología (Tragmar et al. 1975, Burgess et al. 1981, Viera et al. 1983, Lecoustre y Reffye 1986, Warrick et al. 1986, Yates y Warrick 1987, Chellemi et al. 1988, Lecoustre et al. 1989, Schotzko y O'Keeffe 1989, Schotzko y O'Keeffe 1990, Schotzko y Smith 1991, Dauost et al. 1992, Phillips et al. 1992, Webster y Boag 1992, Van de Lande 1993, Delaville et al. 1996).

Esta técnica considera tanto las características aleatorias como estructurales de las variables espacialmente distribuidas. La estructura de la correlación espacial puede describirse por semivariogramas o correlogramas, los cuales cuantifican la dependencia espacial al medir la variación entre muestras separadas por la misma distancia. Estas funciones proveen una representación cuantitativa de la variación espacial dentro de un área (Tragmar et al. 1975, Viera et al. 1983, Caswell y Apt 1990).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el patrón de distribución espacial de *Helicotylen-*

chus spp. en una plantación de piña (*Ananas comosus* L.) por medio del análisis geoestadístico.

MATERIALES Y METODOS

Sitio del ensayo

En octubre y principios de noviembre de 1997 se muestreó un plantío de piña (*Ananas comosus* L.), específicamente el lote 8 de la Finca Cabo Marzo, ubicada en el distrito de Pital, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, en la zona Atlántica Norte de Costa Rica. Según la clasificación de Hooldrige esta zona se ubica como bosque muy húmedo premontano transición a basal (Tossi 1968). El suelo del lote es de textura franco-arcillosa, clasificado como Typic Dystropepts. Al momento de iniciar la toma de muestras, el mencionado lote tenía 22 días de haber sido asperjado con el herbicida Gramoxone (paraquat, 3 L/ha), después de haber pasado por un ciclo de producción y de haber sido usado como semillero. Además, la última aplicación de Telone (1-3-Dicloropropeno, 187 L/ha) se había efectuado 2 años antes.

Muestreo

Se escogió al azar una área de 100 m² y se demarcó con una cuadrícula de 100 parcelas de 1 m² cada una (1 x 1 m). De cada una de las parcelas, se extrajo una muestra compuesta (2 submuestras). El volumen de suelo que se extrajo, por medio de un palín, fue de 500 a 1000 cm³. Este procedimiento se repitió en el mismo sitio en 3 diferentes ocasiones, con un intervalo de 2 semanas entre muestreos.

Extracción

Las muestras de suelo fueron pasadas a bolsas de polietileno, identificadas y transportadas al laboratorio, donde fueron homogeneizadas y cuarteadas, hasta obtener submuestras de 100 ml, las que fueron procesadas por el método de

centrifugación-flotación (Caveness y Jensen 1955). Los nematodos recuperados fueron identificados y contados bajo un microscopio estereoscópico a 4,5 X. En este trabajo sólo se presentan los datos para *Helicotylenchus* spp.

Análisis

El análisis exploratorio de datos se realizó en Statgraphics (Statistical Graphics Corp U.S.A. 1996) y el análisis de los variogramas experimentales y su ajuste a los diferentes modelos se realizó en GS+ (Gamma Design Software U.S.A. 1988).

RESULTADOS

Análisis estadístico

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis exploratorio de datos, estadística descriptiva, y se puede observar que la distribución de los datos no corresponde a una curva normal (excepto para el segundo muestreo), por lo cual no es posible caracterizar los datos a través de los

métodos estadísticos tradicionales. Los datos se encuentran agregados, según se confirma por la prueba de Chi² (Cuadro 1).

El promedio y la mediana de los 2 primeros muestreos son estadísticamente iguales, mientras que el tercer muestreo es mayor. Los datos del mínimo, máximo y la moda se incrementaron en cada muestreo.

Análisis geoestadístico

Los valores de las semivariancias calculadas fueron divididos por la variancia de los datos correspondientes, para poder tener así un semivariograma con una escala común para comparar los 3 diferentes muestreos realizados. Los semivariogramas estandarizados de esta forma se presentan en la Figura 1. Además, en esta figura se observa que todos los semivariogramas son isotrópicos (la variancia es igual en todas las direcciones).

En los muestreos 1 y 2, y por tanto, también para el promedio de todos los muestreos el modelo de mejor ajuste fue el esférico, mientras que para el muestreo 3 el modelo lineal fue el que mejor ajustó (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis exploratorio del número de *Helicotylenchus* spp recuperados en muestras de suelo de una plantación de piña en la zona norte de Costa Rica

Parámetro	Muestreo		
	1	2	3
Promedio	80	87	100
Desviación estándar	43	45	41
Mínimo	7	13	25
Máximo	185	224	229
Mediana	73	75	90
Moda	17	66	80
Variancia	1863.35	2036.3	1645.1
Prueba de normalidad (Chi ²)	30.56 (P=0.08)	34.4 (P=0.03)	32.0 (P=0.06)

Cuadro 2. Análisis geoestadístico del número de *Helicotylenchus* spp recuperados en muestras de suelo de una plantación de piña en la zona norte de Costa Rica.

Parámetro	Modelo de mejor ajuste		
	Muestreo 1 (Esférico)	Muestreo 2 (Esférico)	Muestreo 3 (Lineal)
Variancia de discontinuidad espacial (Co):	1006.00	927.00	1582.00
Umbral (Co+C):	2083.00	2304.00	1582.36
Ambito (Ao):	5.87	5.18	—
Coefficiente de correlación (r ²):	0.90	0.92	0.31

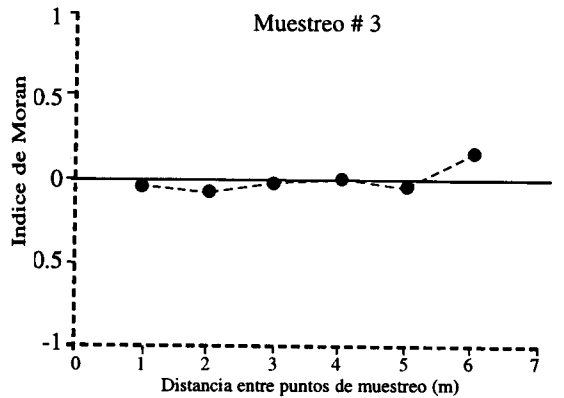
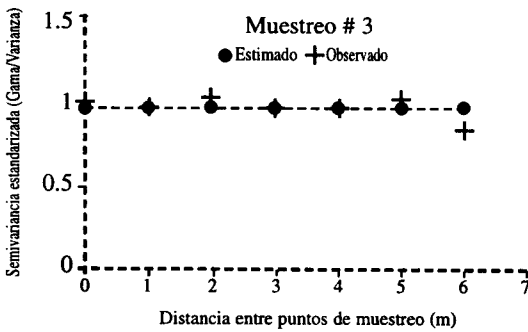
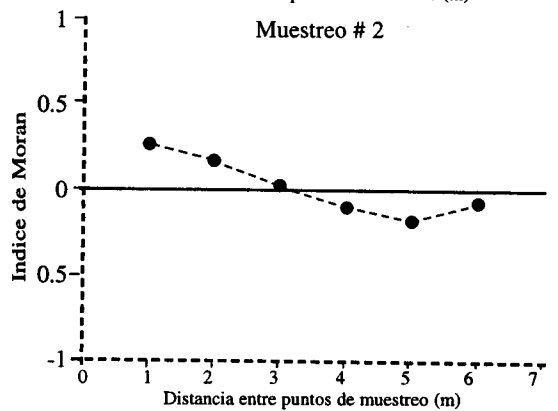
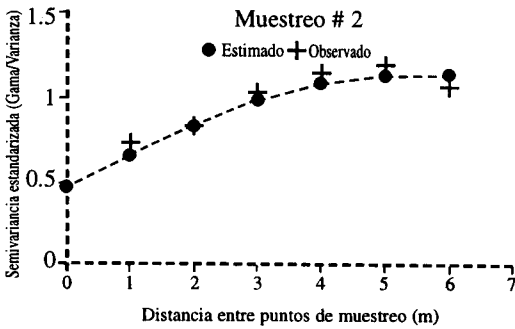
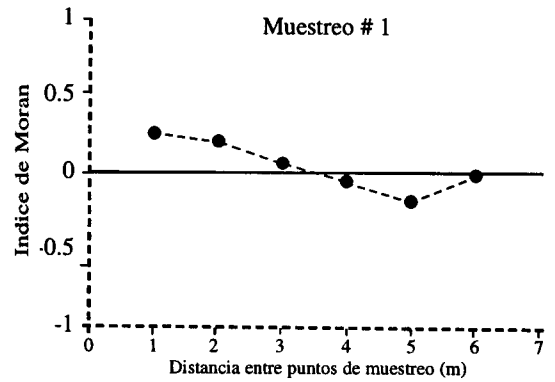
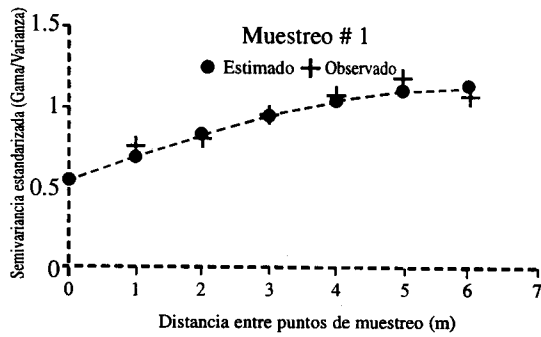


Fig. 1. Semivariogramas estandarizados para *Helicotylenchus* spp en una plantación de piña (*Ananas comosus*).

Fig. 2. Índice de Moran para *Helicotylenchus* spp en una plantación de piña (*Ananas comosus*).

En la Figura 2 aparecen gráficos los índices de Moran para cada una de las distancias entre muestras. Un índice de Moran positivo indica que los valores separados por una distancia dada tienden a ser similares (autocorrelación es-

parcial positiva), mientras que un valor negativo del índice de Moran indica que los valores tienden a ser diferentes (autocorrelación espacial negativa) (Midgarden et al. 1993).

DISCUSION

Los individuos de una población rara vez se distribuyen uniformemente a través de un espacio dado. La variación espacial es una propiedad de las poblaciones naturales y es frecuentemente dinámica, cambia conforme los individuos de la población aumentan o disminuyen en número o migran (Campbell y Noe 1985).

En el Cuadro 1 se observa que el promedio de especímenes recuperados aumentó con el tiempo. Lo que puede tener relación con el hecho de que el cultivo al ser "quemado", provoca un deterioro general de la planta y por ende una migración de estos organismos hacia el suelo y, en forma conjunta, la eclosión de huevos. En plantíos de pino, la eliminación de la vegetación en las áreas adyacentes resultó en un aumento considerable en la densidad poblacional del género *Helicotylenchus*, en esas áreas, aunque casi no se detectaron en la plantación de pino (Krall 1985).

Por otra parte, el material en descomposición puede brindar, de momento, un ambiente húmedo favorable para la sobrevivencia de adultos y juveniles en el suelo. Algunos helicotylenchidos son altamente resistentes inclusive a la inundación (Bird y Jenkins 1964).

La Figura 1 refleja los cambios en la estructura espacial. La agregación observada en la distribución de *Helicotylenchus*, puede indicar una infección secundaria, de una fuente dentro del campo (Madden et al. 1982), y sugiere que el patógeno se disemina de planta a planta.

En todos los muestreos realizados se presentó una variancia de discontinuidad espacial (Co) (Cuadro 2), lo que indica una considerable variabilidad aleatoria, o al menos no explicada. Este efecto de discontinuidad espacial (Co) es provocado por la variabilidad (horizontal en el muestreo) de microescala y por el error de muestreo asociado (Wallace y Hawkins 1994).

La variabilidad de microescala también fue observada por López (1981) en 2 plantíos de tabaco, donde encontró que las mayores densidades de *Meloidogyne incognita* (a 30 cm de profundidad) se localizaron a 10 cm del tallo y que a 45 cm de profundidad la densidad aumentó conforme aumentó la distancia entre el tallo y el punto de muestreo.

La información sobre la distribución espacial de los nematodos, puede ser utilizada para tomar decisiones más certeras sobre la ubicación e intensidad de muestreo, o bien para lograr un uso más racional de las aplicaciones de nematocidas, al ser estos aplicados en forma localizada. Adicionalmente, se podrían implementar otros tipos de control, en sitios problema, tales como rotación de cultivos, coberturas vivas durante el período entre los ciclos de cultivo de la piña, u otras prácticas que resulten en una reducción directa del número de nematodos fitoparásitos o indirecta, aumentando la actividad de organismos antagonistas residentes.

LITERATURA CITADA

- BURGESS, T.M.; WEBSTER, R.; MCBRATNEY, D. 1981. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties IV. Sampling strategy. *Journal of Soil Sci.* 31: 643-659.
- BIRD, G.W.; JENKINS, W.R. 1964. Occurrence, parasitism, and pathogenicity of nematodes associated with cranberry. *Phytopathology* 54: 677-680.
- CAMPBELL, C.L.; NOE, J.P. 1985. The spatial analysis of soilborne pathogens and root diseases. *Ann. Rev. Phytopathol.* 23:129-148.
- CASWELL, E.P.; APT, W.J.. 1989. Pineapple nematode research in Hawaii: Past, present, and future. *Journal of Nematology* 21:147-157.
- CASWELL, E.P.; SARAH, J.L.; APT, W.J. 1990. Nematodes parasites of pineapple. In: *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Ed. by M Luc, RA Sikora and J Bridge. United Kingdom, Cambrian Printers. p. 519-537.
- CAVENESE, F.E.; JENSEN, H.J. 1955. Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissues. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 22:87-89.
- CHELLEMI, D.O.; ROHRBACH, K.G.; YOST, R.S.; SONODA, R.M. 1988. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and diseased plants using geostatistics. *Phytopathology* 78(2): 221-226.
- DAOUST, G.; ANSSEAU, C.; THERIAULT, A.; HULST, R. 1992. Pattern and process of maple dieback in

- southern Québec (Canada) *In: Forest Decline concepts* Ed. by PD Manion, D Lachance. St. Paul, Minnesota, The American Phytopathological Society. p.155-167.
- DELAVILLE, L.; ROSSI, J.P.; QUENEHERVE, P. 1996. Plant row and soil factors influencing the microspatial patterns of plant-parasitic nematodes on sugarcane in Martinique. *Fundamentals of applied. Nematology* 19 (4): 321-328
- FRINKING, H.D.; MOLS, P.J. 1990. Disease and pest development. Department of entomology and phytopathology, Binnenhaven 7,6 lecture notes. Wageningen Agricultural University. 65 p.
- GOODELL, P.B.; FERRIS, H. 1980. Plant-parasitic nematode distributions in Alfalfa fields. *Journal of Nematology* 12(2): 136-141.
- KO, M.P.; SCHMITT, D.P. 1996. Changes in plant-parasitic nematode populations in pineapple fields following inter-cycle cover crops. *Journal of nematology* 28(4): 546-556.
- KRALL, E.L. 1985. Root parasitic nematodes, Family Hoplolaimidae. USDA: Amerind Publishing Co, Minnesota. p. 39.
- LECOUSTRE, R.; FARGETTE, D.; FAUQUET, C.; REFFYE, P. 1989. Analysis and mapping of the spatial spread of African Cassava Mosaic Virus using geostatistics and Kriging Technique. *Phytopathology* 79:913-920.
- LECOUSTRE, R.; REFFYE, P. 1986. La théorie des variables régionalisées, ses applications possibles dans le domaine épidémiologique aux recherches agronomiques en particulier sur le palmier à huile et le cocotier. *Oleagineux* 41:541-548.
- LINDFORD, M.B. 1937. Stimulated activity of natural enemies of nematodes. *Science* 85:123-124.
- LOPEZ, R. 1981. Observaciones sobre la distribución espacial de *Meloidogyne incognita* después de la cosecha en 2 plantíos de tabaco Burley. *Turrialba* 31(1):11-14.
- MADDEN, L.V.; LOUIE R, A.B.T.; KNOKE, J.K. 1982. Evaluation of tests for randomness of infected plants. *Phytopathology* 72: 195-198.
- 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.
- MIDGARDEN, D.G.; YOUNGMAN, R.R.; FLEISCHER, S.J. 1993. Spatial analysis of counts of Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults on yellow sticky traps in corn: geostatistical and dispersion indices. *Environmental Entomology* 22(5): 1124-1133.
- PHILLIPS, D.L.; DOLPH, J.; MARKS, D. 1992. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agricultural and Forest Meteorology* 58: 119-141.
- SCHOTZKO, D.J.; O'KEEFFE, L.E. 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. *Journal of Economic Entomology* 82:1277-1288.
- SCHOTZKO, D.J.; O'KEEFFE, L.E. 1990. Effect of sample placement on the geostatistical analysis of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera:Miridae) in lentils. *Journal of Economic Entomology* 83:1888-1900.
- SCHOTZKO, D.J.; SMITH, C.M. 1991. Effects of host plant on the between-plant spatial distribution of the Russian Wheat Aphid (Homoptera:Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 84:1725-1734.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. Ecological methods with a particular reference to the study of insect populations. New York, Halsted Press. p. 7-69.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. 1975. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Adv. Agron.* 38. p. 45-95.
- TOSSI, J. 1968. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical. Escala 1:750 000. 1 p.
- Van de LANDE, H.L. 1993. Spatial patterns of spear rot in oil palm at Victoria and Pedhra, Suriname. *In Studies on the epidemiology of spear rot in oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) in Suriname* HL Van de Lande. Landbouuniversiteit te Wageningen PhD. Thesis. p. 79-109.
- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. 1983. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia* 51(3):1-75.
- WALLACE, M.K.; HAWKINS, D.M. 1994. Applications of geostatistics in plant nematology. *Journal of Nematology* 26(4S):626-634.

WARRICK, A.W.; MYERS, D.E.; NIELSEN, D.R. 1986. Geostatistical methods applied to soil science. *In: Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and mineralogical method.* A. Klute (ed.), American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp: 53-82.

WEBSTER, R.; BOAG, B. 1992. Geostatistical analysis of cyst nematodes in soil. *Journal of Soil Sci.* 43:583-585.

YATES, S.R.; WARRICK, W. 1987. Estimating soil water content using cokriging. *Soil Science Society of American Journal* 51:23-30.