

CARACTERIZACION MORFOMETRICA Y AMBITO DE HOSPEDANTES DIFERENCIALES DE DIEZ POBLACIONES DE *Meloidogyne* spp. DE COSTA RICA¹ *

Luis A. Salazar y Róger López**

ABSTRACT

Morphometric characterization and differential host range of ten *Meloidogyne* spp. populations from Costa Rica. In a morphometric study of ten *Meloidogyne* spp. population from Costa Rica, (M-11, M-13, M-14, M-15, M-16, M-17, M-18, M-19, M-20, M-21), significant differences among them were found in the stylet length (SL), maximum body width (MBW), distance between the base of the telorhabdions and the dorsal esophageal gland orifice (DEGO), length of spicules (chord of arch), tail length and areolation of the lateral fields in the males, the DEGO, MBW, rectum dilatation, anal body diameter, tail length and the alpha and gamma ratios of second stage larvae, the SL, length of vulva and the interphasmidial and anus-vulva distances in the females. Differences were also noted in the shape of the female perineal patterns. 'Charleston Gray' watermelon and 'Minnesota A-401' corn were good hosts for M-11, M-13, M-14, M-15 and M-17 but not for M-16, M-18, M-19 and M-20. 'NC-95' tobacco and 'Florunner' peanut were not hosts for M-11, M-13, M-14, M-15 and M-17, but were considered as good hosts for M-16, M-18, M-19 and M-20. 'California Wonder' pepper and 'All Gold' sweetpotato were hosts for all the populations, whereas 'Puerto Rico' sweetpotato and 'Delta Pine L-16' cotton were not. It was concluded that populations M-11, M-13, M-14, M-15 and M-17 are *M. incognita* while M-16, M-18, M-19 and M-20 are *M. hapla*. The population M-21 was, apparently, a mixture of both species naturally occurring in the field.

INTRODUCCION

Meloidogyne Goeldi, 1887 es, quizá, el género más importante entre los nematodos fitoparásitos del mundo. Su amplia distribución geo-

gráfica, su extensa gama de hospedantes y su capacidad de relacionarse con hongos, bacterias y virus para causar complejos de enfermedades, permiten considerarlo, principalmente en países tropicales, como uno de los mayores obstáculos en la producción de muchos cultivos de importancia económica. En Costa Rica casi no se ha realizado investigación alguna acerca de las especies de *Meloidogyne* presentes, su morfología, variabilidad patogénica y distribución. En unos pocos casos en que se han hecho pruebas de combate químico (10, 11, 12), se ha mencionado el lugar y las especies presentes en el área experimental.

¹ Recibido para su publicación el 31 de agosto de 1979.

* 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, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

El presente estudio tuvo como objetivo

realizar una caracterización morfológica-morfométrica de diez poblaciones de *Meloidogyne* spp. colectadas en diversas localidades de Costa Rica, así como observar la respuesta de nueve hospedantes diferenciales inoculados con estas poblaciones, con la idea de que esto sirviera de base para el reconocimiento de las especies presentes, con fines de diagnóstico. El reconocimiento a nivel de especie es de primordial importancia para la recomendación de medidas de combate basadas en la utilización de cultivares resistentes y la rotación de cultivos (3, 8).

MATERIALES Y METODOS

Las poblaciones de *Meloidogyne* utilizadas en esta investigación fueron las siguientes: M-11, M-13, M-14, M-15, M-16, M-17, M-18, M-19, M-20 y M-21. Los números corresponden al registro de poblaciones del Laboratorio de Nematología de la Universidad de Costa Rica. En el Cuadro 1 se presenta la identificación de cada una de las poblaciones, así como el hospedante y la localidad donde se encontró.

El aislamiento de cada una de las poblaciones se realizó de la siguiente manera: raíces que mostraban agallas o nódulos radicales fueron colectadas en el campo y llevadas al laboratorio, donde se lavaron con agua potable para quitarles la tierra adherida; luego, con ayuda de un bisturí y un estereoscopio, se espararon trozos de raíces con agallas individuales. De 10 a 15 hembras de *Meloidogyne* fueron removidas de las agallas individuales junto con sus respectivas masas de huevos, y colocadas en pequeños platillos siracusa; posteriormente se prepararon los diseños perineales de estas hembras, siguiendo el método descrito por Franklin (5) y modificado por Taylor y Netscher (18), pero sin teñir las raíces. Estos diseños fueron comparados con la forma general observada en descripciones e ilustraciones dadas por varios autores (1, 15, 13, 16, 17), con el fin de hacer una identificación tentativa. En los casos en que la forma del diseño se alejaba de la configuración general, se procedió a eliminar la masa de huevos correspondiente a esa hembra; el resto de las masas de huevos fueron trasladadas al invernadero en donde se inocularon en plántulas de tomate del cultivar 'Rutgers', con la finalidad de incrementar el inóculo.

Cuadro 1. Identificación, hospedantes y localidades en que fueron colectadas 10 poblaciones de *Meloidogyne* spp. en Costa Rica.

Identificación*	Hospedante	Localidad
M-11	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Repunta de Pérez Zeledón
M-13	<i>Dolichos</i> sp.	Turrialba
M-14	<i>Lycopersicon peruvianum</i> (L.) Mill	Turrialba
M-15	<i>Apium graveolens</i> L.	San Josecito de Alajuela
M-16	<i>Lactuca sativa</i> L.	San Luis de Santo Domingo
M-17	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	Zarcelero de Alfaro Ruiz
M-18	<i>Beta vulgaris</i> L.	Tapezco de Alfaro Ruiz
M-19	<i>Daucus carota</i> L.	Laguna de Cartago
M-20	<i>Hypochoeris radicata</i> L.	Porrosati de Barva
M-21	<i>Brassica oleracea</i> L. var <i>capitata</i>	Laguna de Alfaro Ruiz

* Los números corresponden al registro de poblaciones del Laboratorio de Nematología de la Universidad de Costa Rica.

Estudio morfométrico

Para el estudio de cada una de las características de las larvas, las hembras y los machos, se observaron 20 especímenes. Para el estudio de las larvas, machos y hembras se siguieron las técnicas descritas por otros autores (8). Para la obtención de los diseños perineales se utilizó el método descrito por Franklin (5) modificado por Taylor y Netscher (17) pero sin teñir las raíces. Cada diseño perineal fue dividido en varias zonas, de acuerdo con el método descrito por Esser, Perry y Taylor (4).

Todas las medidas se hicieron con un micrómetro ocular calibrado a 1500X, excepto la longitud total de las larvas, la cual se midió a 150X.

Se realizó un análisis estadístico de los resultados y los valores se compararon entre sí mediante la prueba de amplitud múltiple de Duncan.

Prueba con los hospedantes diferenciales

Debido a la escasez de espacio, la prueba con los hospedantes diferenciales fue realizada en dos etapas: en la primera se inocularon las poblaciones M-13 y M-14; la temperatura durante esta etapa varió entre 18 y 31,5 C, con un promedio de 22,5 C. En la segunda etapa se inocularon las poblaciones M-11, M-15, M-16, M-17, M-18, M-19, M-20 y M-21; la temperatura fluctuó entre 16 y 34 C, con un promedio de 22,2 C.

El suelo utilizado provino de un terreno adyacente al edificio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica; el mismo fue pasteurizado con vapor de agua a 105 C. En todos los casos se utilizó un volumen de suelo de 1700 ml y macetas de barro de 2 l de capacidad, previamente tratadas con vapor de agua. Al suelo contenido en cada maceta se le agregó 3 g de la fórmula fertilizante 10-30-10; luego, cada 22 días fueron adicionados 150 ml por maceta de una solución al 1,5% de la fórmula 20-20-20.

Se utilizaron nueve plantas hospedantes diferenciales internacionales: tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), cv. NC-95; chile dulce (*Capsicum annum* L.), cv. California Wonder; maíz (*Zea mays* L.), cv. Minnesota A-401; algodón (*Gossypium hirsutum* L.), cv. Delta Pine 16; sandía (*Citrullus vulgaris*) Schard, cv. Charleston Gray; maní (*Arachis hypogea* L.), cv. Florunner; camote (*Ipomoea batatas* (L) Lam), cv. AllGold y cv. Puerto Rico; fresa (*Fragaria* sp.), cv. Tioga. Como indicadoras de la viabilidad del inóculo se utilizaron plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cv. Rutgers.

Las plántulas se inocularon a la siguiente edad: el maíz y camote a los 10 días; el maní, algodón y sandía a los 16 días; el tomate a los 30

días, y el tabaco, la fresa y el chile a los 70 días de edad.

El inóculo utilizado consistió de huevos, los que fueron colectados de acuerdo al método descrito por Hussey y Barker (6), utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Se utilizó una densidad equivalente a 10.000 huevos por maceta. Cada combinación población-hospedante fue repetida cuatro veces. Sesenta días después de la inoculación se realizó la evaluación. En cada planta se evaluó el índice de masas de huevos*, para lo que se utilizó la siguiente escala, según el número de masas presentes:

0	=	0 masas
1	=	1-2 masas
2	=	3-10 masas
3	=	11-30 masas
4	=	31-100 masas
5	=	más de 100 masas

Con el fin de obtener un estimado de la tasa de reproducción de cada una de las poblaciones, se combinaron los cuatro sistemas radicales de cada hospedante y se procesaron mediante el método descrito por Hussey y Barker (6), utilizando una solución de NaOCl al 1%. La tasa de reproducción se calculó dividiendo el número de huevos recuperados entre el número de huevos inoculados.

RESULTADOS

Machos

Los promedios y los ámbitos de las mediciones tomadas en los machos se presentan en el Cuadro 2. Se encontraron diferencias significativas entre poblaciones en la longitud del estilete, el ancho máximo del cuerpo, el O.G.D.E., la longitud de las espículas (cuerda del arco) y la cola. El número de líneas laterales fue igual (cuatro) para todas las poblaciones estudiadas. Se observó que sólo los dos campos laterales externos de las poblaciones M-16, M-18, M-19 y M-20 estaban areolados; en el resto de las poblaciones se observó

* Se empleó Floxina B para facilitar la observación de las masas de huevos.

Cuadro 2. Algunas características morfométricas de machos de 10 poblaciones de *Meloidogyne* spp. colectadas en varias localidades de Costa Rica.

Característica	Población										C.V. (%)
	M-11	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20	M-21	
Longitud de estilete (μm)	20,2 ^d (19-22)	23,5 ^{fg} (19-26)	24,19 [*] (22-26)	22,1 ^e (19-25)	20,1 ^d (17-22)	22,9 ^{ef} (21-24)	18,2 ^h (15-22)	16,6 ^g (14-19)	19,4 ^{cd} (17-21)	19,0 ^{bc} (17-23)	6,3
Ancho máximo (μm)	30,0 ^{ab} (21-45)**	37,3 ^{de} (25-45)	43,8 ^f (37-48)	40,3 ^{ef} (32-53)	34,6 ^{cd} (22-45)	34,1 ^{bcd} (26-44)	31,8 ^{abc} (24-43)	29,1 ^a (21-37)	36,7 ^{de} (28-45)	37,0 ^{de} (28-48)	14,2
O.G.D.E.*** (μm)	2,9 ^{abc} (2,4)	2,8 ^{ab} (2,3)	2,6 ^a (2,4)	3,9 ^{abcd} (3,5)	3,8 ^{abcd} (3,4)	2,7 ^a (2,3)	4,1 ^{bcd} (4,5)	4,3 ^{cd} (4,5)	4,6 ^d (4,5)	2,7 ^{ab} (2,3)	54,9
Espículas (cuerda del arco) (μm)	28,6 ^{cd} (22-36)	30,5 ^{de} (26-34)	35,6 ^f (33-40)	34,3 ^f (24-50)	27,7 ^{bcd} (17-39)	32,9 ^{ef} (26-40)	26,0 ^{bc} (16-39)	21,2 ^a (15-35)	25,5 ^b (16-30)	27,1 ^{bc} (24-30)	13,3
Cola (μm)	10,9 ^{cd} (8-15)	14,4 ^g (10-16)	13,2 ^f (9-18)	13,0 ^f (10-17)	11,4 ^{de} (9-14)	12,3 ^{ef} (11-15)	8,6 ^a (7-14)	9,2 ^{ab} (6-13)	9,9 ^{bc} (8-11)	12,6 ^{ef} (9-17)	15,8
Líneas laterales	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Areolación	Si	Si	Si	Si	Banda externa	Si	Banda externa	Banda externa	Banda externa	Si y Banda externa	

* Promedio de 20 mediciones. Promedios de una misma característica seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a los resultados de la prueba de amplitud múltiple de Duncan (P = 0,05).

** Números entre paréntesis muestran la amplitud de la observación.

*** O.G.D.E. se refiere a la distancia entre la base de los telorhabdiones y el orificio de la glándula dorsal esofágica.

una clara areolación de los campos laterales interno y externos, excepto en la población M-21, donde se pudo observar tanto areolación interna y externa de los campos laterales como sólo en los campos externos. En todas las poblaciones se observó una sola gónada.

Larvas

En el Cuadro 3 se presentan los promedios de las características medidas en especímenes del segundo estado larval. No hubo diferencias significativas en la longitud total y la longitud de la cabeza (medida desde la base de los nódulos del estilete hasta la porción anterior del cuerpo). Se encontraron diferencias significativas entre poblaciones en los valores promedio del O.G.D.E., la longitud de la cola, el ancho máximo del cuerpo, el diámetro anal y en las proporciones alfa (longitud total/ancho máximo) y gama (longitud total/longitud de la cola).

Se observó que en todas las poblaciones el hemizonidio siempre se localizó anterior al poro excretor; en las poblaciones M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17 el recto era dilatado. En el resto de las poblaciones el recto no estaba dilatado.

Hembras

En el Cuadro 4 se presentan los promedios y amplitudes de los parámetros estudiados en las hembras. Se encontraron diferencias significativas entre poblaciones en el O.G.D.E. y en la longitud del estilete. No hubo diferencias significativas en el poro excretor (distancia tomada desde el poro excretor hasta la parte anterior del estoma). No se observó en ninguno de los especímenes de las poblaciones estudiadas protuberancia posterior alguna.

Diseño perineal

En el Cuadro 5 se presenta la interpretación

del diseño perineal predominante en hembras de las diez poblaciones, además de los valores promedios de otras características evaluadas. No se observaron estrías en la vulva en ninguna de las poblaciones estudiadas; sin embargo, la mayoría de los diseños perineales de las poblaciones M-11, M-13, M-14, M-15 presentaban estrías en ambos extremos de la vulva, mientras que las poblaciones M-17, M-16, M-18, M-19, M-20 y M-21 no las presentaban. Se observó en todos los diseños de las poblaciones M-16, M-18, M-19 y M-20 una estría casi paralela a la vulva y colocada cerca del ano; dicha estría atravesaba el perineo, quedando los extremos de la misma comprendidos dentro de la zona 1. En el resto de las poblaciones no se observaron estrías en el perineo. La zona 1 de los diseños en todas las poblaciones estudiadas se caracterizó por la presencia de estrías cortas y poco numerosas. En las zonas 2, 3 y 4 de los

diseños de las poblaciones M-11, M-13, M-14, M-15, M-17 y M-21 predominaron las estrías interrumpidas, onduladas y poco numerosas, excepto en la zona 4, donde se observaron en mayor número. En las zonas 3 y 4 de la población M-13, así como en la zona 4 de la población M-15, se observaron estrías tanto onduladas como en zig zag. En la zona 2 de los diseños de las poblaciones M-16, M-18, M-19 y M-20 se observó que predominaban las estrías continuas, lisas y poco numerosas, a excepción de la población M-16, donde se observaron en un número moderado, y en la población M-18, donde se presentaron tanto en forma poco numerosa como en número moderado. En la zona 3 de estas mismas poblaciones (M-16, M-18, M-19 y M-20) predominaron las estrías interrumpidas, lisas y poco numerosas, excepto en las poblaciones M-19 y M-20 donde se presentaron tanto estrías in-

Cuadro 3. Características morfométricas de larvas en el segundo estadio de 10 poblaciones de *Meloidogyne* spp. de Costa Rica.

CARACTERÍSTICA	Población										C.V. (%)
	M-11	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20	M-21	
Longitud total (μm)	373,0 ^{a*} (350-410)	403,5 ^a (350-430)	388,5 ^a (360-410)	406,3 ^a (370-440)	386,0 ^a (360-410)	384,5 ^a (340-450)	406,5 ^a (360-440)	394,0 ^a (370-410)	379,0 ^a (350-410)	418,5 ^a (340-450)	32,9
Longitud de cabeza (μm)	13,7 ^a (12-15)	14,6 ^a (14-15)	14,3 ^a (14-15)	14,6 ^a (14-17)	14,1 ^a (11-15)	15,1 ^a (14-16)	14,7 ^a (14-15)	13,6 ^a (13-14)	14,0 ^a (13-15)	15,0 ^a (14-15)	9,4
OGDE. (μm)	2,4 ^a (2-3)	2,9 ^b (2-3)	2,8 ^b (2-3)	3,0 ^b (3)	3,7 ^{de} (3-4)	3,0 ^b (3)	3,4 ^{cd} (3-4)	3,9 ^{ef} (3-5)	4,0 ^f (3-5)	3,3 ^c (3-4)	12,5
Cola (μm)	44,2 ^a (41-48)	52,2 ^c (45-56)	47,8 ^b (46-50)	50,9 ^{de} (41-57)	50,9 ^{de} (47-57)	47,5 ^b (40-55)	48,6 ^{bc} (45-55)	50,1 ^{cd} (48-52)	47,6 ^b (45-53)	52,6 ^e (45-58)	5,6
Ancho máximo (μm)	14,3 ^a (14-17)	14,4 ^{ab} (13-15)	14,2 ^a (13-18)	14,9 ^{bc} (14-16)	15,2 ^{cd} (13-18)	15,6 ^d (14-17)	15,2 ^{cd} (14-17)	14,6 ^{abc} (14-15)	14,4 ^{ab} (14-16)	14,8 ^{abc} (14-17)	5,6
Diámetro anal (μm)	10,5 ^{bc} (10-11)	10,5 ^{bc} (9-11)	10,2 ^{abc} (10-11)	11,0 ^{de} (9-12)	10,4 ^{bc} (9-12)	11,2 ^e (10-12)	11,3 ^e (10-12)	10,6 ^{cd} (10-11)	10,1 ^{ab} (9-11)	9,8 ^a (8-11)	5,7
Alfa	26,0 ^{bc} (22-29)	28,0 ^{ef} (26-30)	27,4 ^{def} (22-30)	27,1 ^{cdef} (24-29)	25,5 ^{ab} (21-29)	24,6 ^a (22-32)	26,7 ^{bcd} (21-30)	26,9 ^{cdef} (24-29)	26,3 ^{bcd} (22-29)	28,3 ^f (22-31)	6,7
Gama	8,4 ^c (7-9)	7,7 ^{ab} (6-8)	8,1 ^{cde} (7-8)	7,9 ^{bc} (7-9)	7,6 ^a (6-8)	8,1 ^{cd} (7-10)	8,3 ^{de} (7-9)	7,8 ^{abc} (7-8)	7,9 ^{bc} (7-8)	7,9 ^{bc} (6-8)	5,3

* Promedio de 20 mediciones. Promedios de una misma característica seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a los resultados de la prueba de amplitud múltiple de Duncan ($P = 0,05$).

** Medida desde la base de los telorhabdiones.

*** O.G.D.E. se refiere a la distancia entre la base de los telorhabdiones y el orificio de la glándula dorsal esofágica.

**** Números entre paréntesis muestran la amplitud de la observación.

Cuadro 4. Características morfométricas de hembras de 10 poblaciones de *Meloidogyne* spp. de Costa Rica.

Característica	Población										C.V. (%)
	M-11	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20	M-21	
O.G.D.E. (μ m)	3,4 ^{a*} (3-5)	3,7 ^{ab} (2-4)**	3,7 ^{ab} (3-4)	3,8 ^{ab} (3-5)	4,3 ^c (4-5)	3,5 ^a (3-4)	4,0 ^{bc} (3-6)	4,3 ^c (3-5)	4,3 ^c (4-5)	3,6 ^a (3-5)	14,7 ^{cd}
Poros excretor (μ m)	23,5 ^{***} (14-34)	24,2 ^a (20-27)	28,4 ^a (21-35)	26,5 ^a (22-34)	23,6 ^a (20-30)	25,5 ^a (17-42)	23,1 ^a (16-29)	27,2 ^a (22-38)	28,2 ^a (22-38)	25,1 ^a (22-38)	19,8
Longitud del estilete (μ m)	14,3 ^{cd} (12-18)	13,7 ^{cd} (12-17)	14,5 ^d (13-17)	12,5 ^a (11-15)	13,7 ^{cd} (12-16)	14,6 ^d (12-18)	13,3 ^{bc} (12-15)	12,6 ^{ab} (11-14)	14,1 ^{cd} (11-17)	13,9 ^{cd} (12-18)	10,0
Protuberancia posterior	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	

* Promedio de 20 mediciones. Promedios de una misma característica seguidos por una misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a los resultados de la prueba de amplitud múltiple de Duncan (P= 0,05).

** Promedio de 7 mediciones.

*** Números entre paréntesis muestran la amplitud de la observación.

Cuadro 5. Algunas características del diseño perineal de hembras de 10 poblaciones de *Meloidogyne* spp. de Costa Rica.

Estrías*	Población										C.V. (%)
	M-11	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20	M-21	
Vulva	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	
Perineo	No	No	No	No	1	No	1	1	1	No	
Zona 1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
Zona 2	I,O,P	I,O,P	I,O,P	I,O,P	C,L,M	I,O,P	I,L,P,M	C,L,P	C,L,P	I,O,P	
Zona 3	I,O,P	I,OyZ,P	I,O,P	I,O,P	I,L,P	I,O,P	I,L,P	CyI,L,P	CyI,L,P	I,O,P	
Zona 4	I,O,M	I,OyZ,M	I,O,M	I,OyZ,M	I,L,M	I,O,M	I,L,M	I,L,M	I,L,M	I,O,M	
Distancia interfasmidial (μ m)	24,2 ^{bcd} (21-31)	23,1 ^{abc} (20-27)	25,5 ^d (20-30)	23,3 ^{abcd} (17-30)	21,3 ^a (18-27)	28,1 ^e (24-34)	21,1 ^a (17-29)	22,7 ^{ab} (1-35)	25,3 ^{cd} (21-33)		13,6
Distancia ano-vulva (μ m)	17,3 ^{bc} (15-20)***	18,1 ^{c**} (16-21)	17,3 ^{bc} (12-20)	16,2 ^{ab} (13-19)	15,2 ^a (10-18)	19,8 ^d (17-31)	15,8 ^a (11-19)	15,5 ^a (12-19)	17,3 ^{bc} (14-22)		11,4
Longitud de la vulva (μ m)	20,7 ^{ab} (17-24)	22,7 ^{cd} (20-29)	23-4 ^{de} (20-27)	20,9 ^{ab} (15-26)	20,1 ^{ab} (16-26)	25,2 ^f (21-28)	19,6 ^a (16-24)	21,5 ^{bc} (18-24)	24,7 ^{ef} (22-27)		9,6

* Interpretación basada en el tipo predominante. No= ausentes, L= lisas, C= continuas, I= interrumpidas, P= pocas, M= moderadas en número, O= onduladas.

** Promedio de 20 mediciones. Promedios de una misma característica seguidos por una misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a los resultados de la prueba de amplitud múltiple de Duncan (P= 0,05).

*** Números entre paréntesis muestran la amplitud de la observación.

terrumpidas como continuas. En la zona 4 de los diseños de las poblaciones anteriormente mencionadas se observó que predominaban las estrías interrumpidas, lisas y en número moderado.

Se encontraron diferencias significativas entre poblaciones en la distancia interfasmial, la distancia ano-vulva y la longitud de la vulva.

Es importante hacer notar que el coeficiente de variación para la mayoría de las características medidas fue alto.

Respuesta de los hospedantes diferenciales

Los valores promedios de las respuestas obtenidas en esta prueba se presentan en el Cuadro 6. El camote AllGold, el maíz, el chile dulce, y la sandía resultaron ser muy buenos hos-

pedantes de las poblaciones M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17; la sandía fue un hospedante moderado para la población M-11; el tabaco no fue hospedante para la población M-14 pero sí fue hospedante, aunque pobre, para las poblaciones M-11, M-13, M-15 y M-17. El camote 'Puerto Rico', el maní, la fresa y el algodón no fueron hospedantes de las poblaciones M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17.

Las poblaciones M-16, M-18, M-19 y M-20 infectaron fuertemente al camote 'AllGold', al maní, el chile dulce y el tabaco. El camote 'AllGold' fue moderadamente infectado por las poblaciones M-16 y M-19. La sandía y el maíz resultaron no ser hospedantes de las poblaciones M-16 y M-19, y fueron hospedantes pobres para las poblaciones M-18 y M-20. Las poblaciones M-16, M-18 y M-20 no infectaron la fresa; la

Cuadro 6. Respuesta de nueve hospedantes diferenciales a 10 poblaciones de *Meloidogyne* spp. de Costa Rica.

	RESPUESTA DE LOS HOSPEDANTES*								
	Camote 'AllGold'	Camote 'Puerto Rico'	Maíz 'Minn A-401'	Maní 'Florunner'	Chile 'California Wonder'	Fresa 'Tioga'	Algodón 'Delta P.L. 16'	Tabaco 'NC-95'	Sandía 'Charleston Gray'
M-11	5,0 (52,8)**	0 (0)	5,0 (19,8)	0 (0)	5,0 (76,5)	0 (0)	0 (0)	1,8 (0)	2,8 (1,7)
M-13	5,0 (6)	0 (0)	5,0 (6,9)	0 (0)	5,0 (29,2)	0 (0)	1,3 (0)	1,0 (0)	5,0 (0)
M-14	5,0 (8,3)	0,3 (0)	5,0 (12,8)	0 (0)	5,0 (33,7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4,3 (1,1)
M-15	5,0 (13,4)	0 (0)	5,0 (15,8)	0 (0)	5,0 (20,2)	0 (0)	0 (0)	1,3 (2,1)	4,3 (0,2)
M-16	3,5 (1,4)	0 (0)	0 (0)	4,5 (0,9)	5,0 (40,8)	0 (0)	0 (0)	3,5 (2,5)	0 (0)
M-17	5,0 (20,7)	0 (0)	4,8 (9,7)	0 (0)	5,0 (89,0)	0 (0)	0 (0)	1,5 (0)	4,5 (5,6)
M-18	4,8 (10,7)	0 (0)	0,8 (1,0)	4,5 (3,8)	5,0 (19,4)	0 (0)	0 (0)	5,0 (26,2)	0,3 (0)
M-19	3,8 (1,8)	0 (0)	0 (0)	5,0 (5,6)	5,0 (25,0)	0 (0)	0 (0)	5,0 (31,2)	0 (0)
M-20	4,3 (1,4)	0 (0)	2,8 (1,5)	5,0 (1,2)	5,0 (28,8)	0 (0)	0 (0)	5,0 (15,5)	2,0 (1,7)
M-21	4,8 (6,7)	0 (0)	4,5 (11,6)	2,5 (0,3)	4,0 (0)	0 (0)	0 (75,0)	5,0 (0,3)	3,5 (0,6)

* Promedios de cuatro repeticiones. Respuesta de los hospedantes evaluados de acuerdo al número de masas de huevos presentes, según la siguiente escala: 0 = ninguna; 1 = 1-2; 2 = 3-10; 3 = 11-30; 4 = 31-100 y 5 = más de 100 masas de huevos. El tomate "Rutgers" fue utilizado como indicador de la viabilidad del inóculo, en todos los casos recibió una lectura de 5.

** Los valores entre paréntesis representan el valor promedio de la tasa de reproducción obtenida mediante la fórmula: N° de huevos recobrados/ N° de huevos inoculados.

población M-19 la infectó, aunque muy levemente.

El camote 'Puerto Rico' y el algodón no fueron parasitados por las poblaciones M-16, M-18, M-19 y M-20. El camote 'AllGold', el maíz, el chile y el tabaco fueron parasitados fuertemente por la población M-21. La sandía resultó ser un hospedante moderado para la población M-21, mientras que el maní fue un hospedante pobre; el camote 'Puerto Rico', la fresa y el algodón no fueron parasitados por la población M-21.

En cuanto a la tasa de reproducción, se pudieron observar marcadas diferencias tanto entre poblaciones para un mismo hospedante, como entre hospedantes para una misma población.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron el reconocimiento e identificación de cinco poblaciones de *M. incognita* (M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17), cuatro poblaciones de *M. hapla* (M-16, M-18, M-19 y M-20) y una población constituida por una mezcla de ambas especies (M-21).

Meloidogyne incognita

Los valores promedios de la longitud del estilete en los machos de las poblaciones M-11 y M-15 fueron similares a los anotados por López y Dickson (8) pero diferentes a las poblaciones M-13, M-14 y M-17. Los machos de las poblaciones de *M. incognita* tenían un valor promedio del O.G.D.E. similar al encontrado por varios autores (2, 7, 8), excepto para la población M-15, cuyo O.G.D.E. resultó ser mayor que el informado por ellos. Otros autores (4) encontraron valores para esta característica menores a los obtenidos en este trabajo.

La longitud de las espículas en las poblaciones M-14, M-15 y M-17 fue similar al anotado por López y Dickson (8), pero fueron menores en M-11 y M-13. El ancho máximo de los machos de las poblaciones de *M. incognita* fueron muy diferentes entre poblaciones, y algo similar

ocurrió para la longitud de la cola de esta especie, excepto para las poblaciones M-14 y M-15, en donde la longitud de la cola fue similar para ambas.

La presencia de cuatro líneas laterales, así como la areolación de los campos laterales de las poblaciones M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17, concuerda con observaciones previas hechas por otros autores (4, 8).

Los valores promedio de la longitud total de las larvas en las poblaciones M-13 y M-15 fueron similares a los anotados por Kirby (7) y López y Dickson (8), pero los valores encontrados en este trabajo para las poblaciones M-11, M-14 y M-17 fueron menores que los informados por estos autores; los valores encontrados para la longitud de la cabeza y de la cola en las larvas de *M. incognita* concuerdan con los informados por otros autores (7, 8), a excepción de la población M-11, en donde tanto la longitud de la cabeza como de la cola fue menor a la anotada por López y Dickson (8) y Kirby (7). Tanto los valores del O.G.D.E. como los de la relación gama en las larvas pertenecientes a las poblaciones de *M. incognita* estudiadas en este trabajo fueron similares a los dados por Kirby (7) y López y Dickson (8) para esta especie. Los promedios del ancho máximo del cuerpo de larvas de *M. incognita* concuerdan con los anotados por otros autores (8).

Los valores del ancho máximo del cuerpo de larvas de *M. incognita* dados por Kirby (7) fueron similares a los encontrados en esta investigación, excepto para la población M-17 cuyo valor fue mayor. El diámetro anal de las larvas de las poblaciones M-11, M-13 y M-14 fue similar al encontrado por López y Dickson (8), pero en las poblaciones M-15 y M-17 estos valores fueron mayores a los de estos autores. La observación de la posición anterior del hemizónidido así como la de la dilatación del recto en las larvas de *M. incognita* concuerda con observaciones realizadas por otros autores (4, 8) en esta especie. Los valores de la longitud del estilete en las hembras de las poblaciones de *M. incognita* fueron similares a los encontrados por Whitehead (19), excepto para la población M-15, cuyo valor fue menor al obtenido por él en esta especie; las poblaciones M-11, M-14 y M-17 tuvieron valores que concuerdan con los obtenidos por López y

Dickson (8), pero no así las poblaciones M-13 y M-15, en donde los valores de este parámetro fueron menores. Los promedios del O.G.D.E. de las hembras de *M. incognita* obtenidos en este trabajo fueron similares a los encontrados por otros autores (2, 8, 19) para esta especie; igualmente, la ausencia de una protuberancia posterior en *M. incognita* coincide con observaciones previas (4, 8).

El poro excretor resultó ser un parámetro bastante variable entre las poblaciones de *M. incognita*. La interpretación de los diseños perineales de *M. incognita* fue similar a la dada por otros autores (4, 7) para esta especie. Los valores promedios de la distancia interfasmidial para las poblaciones de *M. incognita* estudiadas fueron mayores a los obtenidos por Kirby (7); la distancia promedio del ano a la vulva, así como la longitud de la vulva, excepto en M-17, donde fue mayor, fue similar a la encontrada por este mismo autor. La respuesta de los hospedantes diferenciales a las cinco poblaciones de *M. incognita* fue bastante uniforme y concuerda con lo que Sasser (14) llamó la "respuesta usual de los hospedantes diferenciales a esta especie".

Meloidogyne hapla

Los valores promedios de la longitud del estilete en los machos de las poblaciones de esta especie fueron poco variables, a excepción de la población M-19, en donde el promedio fue menor que en el resto de las poblaciones. La longitud del O.G.D.E. en los machos fue similar a la encontrada por Kirby (7) pero mayor que la anotada por Esser, Perry y Taylor (4). El ancho máximo del cuerpo en los machos fue un parámetro bastante variable entre las poblaciones de *M. hapla*. La longitud promedio de las espículas fue poco variable entre poblaciones, con excepción de M-19; en este caso el valor promedio fue menor que las demás poblaciones de esta especie; otro de los parámetros que resultó poco variable fue la longitud de la cola de los machos en las poblaciones M-18, M-19 y M-20; el valor promedio en M-16 fue menor al de las poblaciones antes citadas. La presencia de cuatro líneas laterales en los machos concuerda con observaciones hechas por otros autores (4, 9). La areolación de los campos laterales externos fue también informada en tra-

bajos previos (9 y Delta Castillo, comunicación personal, 1978). Sin embargo, Esser, Perry y Taylor (4) no informaron sobre areolación alguna en los machos de esta especie. La longitud promedio de las larvas de las poblaciones M-16, M-18 y M-19 fue similar a la dada por López y Salazar (9) pero mayores a los valores dados por Kirby (7). La longitud promedio de la cabeza en las larvas de las poblaciones M-16, M-19 y M-20 fue similar a las anotadas por López y Salazar (9) y Kirby (7). La población M-18 tuvo un valor mayor que el dado por este último. El O.G.D.E. en las larvas de las cuatro poblaciones fue similar al encontrado por otros autores (9); en M-19 y M-20 también fue similar al anotado por Kirby (7), pero en M-16 y M-18 fue menor.

El ancho máximo del cuerpo de las larvas estudiadas fue similar al encontrado por Kirby (7) y por otros autores (9) para las poblaciones M-19 y M-20 pero mayores para M-16 y M-18. El diámetro anal de las larvas fue similar al encontrado por otros autores (9), excepto para M-18, en cuyo caso este valor fue mayor. La longitud promedio de la cola en las larvas de M-16, M-18 y M-19 concuerda con los valores dados por López y Salazar (9); el valor de la población M-20 fue menor que el dado por estos autores; Kirby (7) encontró valores de este mismo parámetro similares a los aquí obtenidos en las poblaciones M-18 y M-20, pero menores que los de M-19 y M-16. En todas las larvas estudiadas el hemizonidio siempre estuvo colocado anterior al poro excretor; lo anterior concuerda con observaciones hechas por otros autores (4, 9); otra de las características observadas en las larvas fue la ausencia de dilatación del recto, lo cual concuerda con observaciones hechas por Esser, Perry y Taylor (4). La relación gama en las larvas de esta especie tuvo valores promedios similares a los encontrados por otros autores (7, 9). Por otra parte la relación alfa en M-18, M-19 y M-20 también tuvo valores similares a los dados por López y Salazar (9); en M-16 esta relación fue menor. Kirby (7), por el contrario, encontró valores para este parámetro que concuerdan con los de M-16, pero que fueron menores que los de M-18, M-19 y M-20.

La longitud promedio del estilete de las hembras de M-16, M-18 y M-19, fue similar a la obtenida por Chitwood (2), pero mayor que la dada por Whitehead (19). Las hembras de M-16,

M-19 y M-20 presentaron un O.G.D.E. similar al anotado por Whitehead (19); la población M-18 presentó un valor menor que el encontrado por este investigador. El valor promedio del poro excretor en las hembras fue similar para las poblaciones M-16, M-18, M-19, y M-20, pero fueron diferentes entre ellas. Se observó la ausencia de una protuberancia posterior en el cuerpo de las hembras, lo que concuerda con lo anotado por otros autores (4). La interpretación del diseño perineal prevalente de cada una de las poblaciones de *M. hapla* estudiadas concuerda con la interpretación dada por Esser, Perry y Taylor (4), salvo por la presencia de una estría en el perineo, y de un número moderado de estrías en la zona 4.

La distancia interfasmidial promedio en las poblaciones M-16, M-18 y M-19 concuerda con lo informado por otros autores (7, 9), pero en M-20 se presentó una distancia interfasmidial mayor a la dada por estos autores. La distancia del ano a la vulva fue similar a la dada por Kirby (7) y López y Salazar (9). La longitud promedio de la vulva en las poblaciones M-16, M-18 y M-19 concuerda con lo encontrado por otros autores (9); en M-20 se encontraron valores mayores a los informados por López y Salazar (9). Kirby (7) encontró valores menores a los aquí informados para este parámetro.

La respuesta de los hospedantes diferenciales a las cuatro poblaciones de *M. hapla* fue uniforme y concuerdan con lo informado por Sasser (14). En el caso de la población M-21 se consideró innecesario la discusión de los resultados puesto que era una mezcla de *M. incognita* y *M. hapla*.

De los parámetros evaluados en cada una de las poblaciones se pudo observar que la forma y características del diseño perineal, así como la areolación y longitud del estilete de los machos fueron las únicas características morfológicas que permitieron diferenciar entre ambas especies.

Es importante hacer notar que el coeficiente de variación de la longitud del estilete de los machos fue bajo, y que los valores promedios en ningún momento se traslaparon. Por el contrario, en la mayoría de los parámetros evaluados en larvas, hembras y machos de cada una de las poblaciones, el coeficiente de variación fue muy alto y los valores promedios se traslaparon, impidiendo diferenciar ambas especies; se presentaron varios casos

en las larvas en que el coeficiente de variación fue bajo; sin embargo, los valores promedios se traslaparon.

La respuesta de los hospedantes diferenciales, maíz, maní, tabaco y sandía, permitieron distinguir en forma clara las poblaciones de *M. incognita* de las de *M. hapla*.

Finalmente, los resultados de la respuesta del maní 'Florunner', el tabaco 'NC-95', el algodón 'Delta Pine 16', la fresa 'Tioga' y el camote 'Puerto Rico' podrían ser utilizados para recomendar la siembra de cualquiera de estos cultivares en terrenos infestados con *M. incognita*, siempre que las condiciones de clima y suelos sean adecuadas para estos cultivos. En el caso de áreas infestadas con *M. hapla*, y en que las condiciones climáticas y de suelo sean apropiadas se podría recomendar la siembra de cultivos como el maíz 'Minn A-401', la sandía 'Charleston Gray', el camote 'Puerto Rico', la fresa 'Tioga', y el algodón 'Delta Pine-16', como una medida para combatir esta especie mediante la rotación de cultivos.

RESUMEN

Se realizó un estudio morfológico-morfométrico de diez poblaciones de *Meloidogyne* spp. (M-11, M-13, M-14, M-15, M-16, M-17, M-18, M-19, M-20 y M-21) colectadas en diversos hospedantes y localidades de Costa Rica. También se inocularon nueve hospedantes diferenciales con cada población. Se encontraron diferencias significativas entre poblaciones en la longitud del estilete, ancho máximo del cuerpo (A.M.C.), distancia entre el orificio de la glándula dorsal esofágica y la base de los telorhabdiones (O.G.D.E.), las espículas (cuerda del arco), la areolación de los campos laterales y la cola de los machos, el O.G.D.E., la dilatación del recto, el A.M.C., el diámetro anal, la cola y las relaciones alfa y gama de larvas en el segundo estadio, el O.G.D.E., el estilete, las distancias interfasmidial y ano-vulva y la longitud de la vulva en las hembras. También se encontraron diferencias en la forma del diseño perineal de las hembras. La sandía 'Charleston Gray' y el maíz 'Minn A-401' fueron buenos hospedantes para M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17, pero no lo fueron para M-16, M-18, M-19 y M-20. El tabaco 'NC-95' y el maní 'Florunner' no fueron hospede-

dantes de M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17, pero si de M-16, M-18, M-19 y M-20. El chile 'California Wonder' y el camote 'AllGold' fueron hospedantes de todas las poblaciones, mientras que el camote 'Puerto Rico', el algodón 'Delta Pine 16' y la fresa 'Tioga' no fueron infectados por ninguna población.

Se concluyó que las poblaciones M-11, M-13, M-14, M-15 y M-17 pertenecían a la especie *M. incognita*, mientras que M-16, M-18, M-19 y M-20 pertenecían a *M. hapla*. La población M-21 aparentemente era una mezcla de ambas especies.

LITERATURA CITADA

1. ALLEN, M.W. Observations of the genus *Meloidogyne* Goeldi. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 19: 44-51. 1952.
2. CHITWOOD, B.C. "Root-knot nematodes" I. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 16: 90-104. 1949.
3. DROPKIN, V.H. Studies on the variability of anal plate patterns in pure lines of *Meloidogyne* spp. the root-knot nematode. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 20: 32-39. 1953.
4. ESSER, R.P., PERRY, V.G. y TAYLOR, A.L. A diagnostic compendium of the genus *Meloidogyne* (Nematoda: Heteroderidae). Proceedings of the Helminthological Society of Washington 43: 138-150. 1976.
5. FRANKLIN, M.T. Preparation of posterior cuticular patterns of *Meloidogyne* spp. for identification. Nematologica 7: 336-337. 1962.
6. HUSSEY, R.S. y BARKER, K.R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. Plant Disease Reporter 57: 1025-1028. 1973.
7. KIRBY, M.F. Florida root-knot nematodes characterized by morphology, host ranges, and enzymes and proteins separated with disc electrophoresis Tesis. Gainesville, Florida University of Florida. 1972.
8. LOPEZ, R. y DICKSON, D.W. Morfometría y respuesta de hospedantes diferenciales a tres poblaciones de *Meloidogyne incognita* y una de *M. javanica*. Agronomía Costarricense 1: 119-127. 1977.
9. LOPEZ, R. y SALAZAR, L.A. Morfometría y algunos hospedantes de *Meloidogyne hapla* en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Agronomía Costarricense 2: 29-38. 1978.
10. MATTEY, J. y LOPEZ, R. Evaluación de nematocidas y de métodos de aplicación en el combate de nematodos fitoparásitos y en la producción y calidad de la lechuga. Turrialba 28: 15-18. 1978.
11. PADILLA, C. y LOPEZ, R. Evaluación de nematocidas granulados para el combate de *Meloidogyne* spp. en arveja (*Pisum sativum* L.). Agronomía Costarricense 3: 89-95. 1979.
12. PERLAZA, F., LOPEZ, R. y VARGAS, E. Efecto de la aplicación combinada de nematocidas y fungicidas en el combate de *Meloidogyne incognita*, *M. hapla* y *Alternaria* sp. en lechuga. Fitopatología 13: 90-96. 1978.
13. SASSER, J.N. Variation within and among species of *Meloidogyne*. Phytopathology 53: 887-888. (Abstr). 1963.
14. SASSER, J.N. Physiological variation in the genus *Meloidogyne* as determined by differential hosts. European Mediterranean Plant Protection. Bulletin 6: 41-48. 1972.
15. SASSER, J.N. y NUSBAUM, C.J. Season fluctuations and host specificity of root-knot nematode populations in two-year tobacco rotation plots. Phytopathology 45: 540-545. 1955.
16. TAYLOR, A.L., DROPKIN, V.H. y MARTIN, G.C. Perineal patterns of root-knot nematodes. Phytopathology 45: 26-34. 1955.
17. TAYLOR, A.L. y SASSER, J.N. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). International *Meloidogyne* Project. Raleigh, North Carolina State University. 1978. 111 p.
18. TAYLOR, D.P. y NETSCHER, C. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. Nematologica 20: 268-269. 1974.
19. WHITEHEAD, A.G. Taxonomy of *Meloidogyne* (Nematodea: Heteroderidae) with descriptions of four new species. Transactions of the Zoological Society of London 31: 263-401. 1968.