

JICAMILLA DEL CHILE CAUSADA POR UN NUEVO NEMATODO* Y OBTENCION DE FUENTES DE RESISTENCIA

Por Palmira Brunner de Magar¹

Rama de Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Sinopsis

Por primera vez se identificó al nemátodo *Nacobbus serendipiticus* como patógeno de chile. Las plantas atacadas tienen un tamaño menor; sus hojas son cloróticas, flácidas y enrolladas hacia abajo; en las raíces se forman agallas fusiformes y muy desarrolladas. A la fecha se ha encontrado esta enfermedad solamente en Chapingo, pero por su potencial destructivo se inició la búsqueda de fuentes de resistencia entre 90 variantes de especies de *Capsicum*. Tres líneas de *C. pendulum* fueron las más resistentes.

Summary

The nematode *Nacobbus serendipiticus* was identified as a pathogen of chili peppers for the first time. The infected plants are stunted and have chlorotic wilted leaves which root downwards. Large spindle shaped galls are formed on the root. Up to date the disease has been found only in the Chapingo area. Nevertheless, due to its great damage potencial, the search for resistance was started among 90 sorts of plants of the genus *Capsicum*. The highest resistance was found in three lines of the species *C. pendulum*.

Introducción

El chile (*Capsicum* spp) es uno de los cultivos más importantes de México, ya que junto con el frijol y el maíz constituyen la base alimenticia de gran parte de la población. Los rendimientos actuales unitarios se consideran bajos debido posiblemente a la influencia de diversos factores, destacando la enfermedad conocida como "marchitez del chile" ocasionada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo. Otro de los factores que en el futuro podrán abatir considerablemente los rendimientos, es la presencia de nemátodos fitoparásitos cuyas poblaciones se han ido incrementando.

El objetivo del presente trabajo fue el de determinar el agente causal de una enfermedad que se ha venido manifestando en los cultivos de chile de la región de Chapingo, así como el de buscar fuentes de resistencia que pudieran ser utilizadas posteriormente como progenitores para la obtención de variedades resistentes de chile.

Antecedentes

En México hay muy poca literatura sobre nemátodos en chile, contándose solamente con los trabajos de Malpica (12) y de Alcocer y Gottwald (1).

1 Dirección actual: Instituto Mexicano del Petróleo. Avenida de los Cien Metros No. 500. México 14, D. F.

* Se hace patente el agradecimiento al Dr. Daniel Téliz Ortiz del Departamento de Fitopatología del INIA por su ayuda en la identificación genérica del nemátodo en estudio. El tema de la presente investigación fue sugerido por el Dr. Jorge Galindo A., así como también la dirección del trabajo.

En los Estados Unidos, se ha encontrado a *Meloidogyne* sp (causante de agallas) como responsable de una enfermedad importante del chile (10, 11, 19); también se menciona a *Belonolaimus gracilis*, *Pratylenchus vulnus*, *Trichodorus christeii* y *Dolichodorus heterocephalus*, como parásitos de chile, pero causando daños insignificantes (4, 11) y ninguno de ellos produce agallas. Hasta la fecha sólo se conocen tres géneros de nemátodos capaces de producir en las raíces de las plantas la enfermedad conocida en México como "jicamilla", llamada así por las agallas características que se forman. Estos géneros son *Meloidogyne* sp, *Hypsoepyrine* sp y *Nacobbus* sp.

Hare (7, 8, 9) estudiando las interrelaciones entre razas de *Meloidogyne* y diferentes líneas de chile, encontró que la resistencia es dominante sobre la susceptibilidad y aparentemente controlada por un gene.

Materiales y métodos

El material vegetal utilizado consistió en 90 variantes de chile (especies, variedades y líneas) y fue proporcionado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Obtención de los diferentes estadios del nemátodo, necesarios para su identificación

- a) Las larvas de segundo estadio se obtuvieron de masas de huevecillos presentes en agallas de plantas, tanto del invernadero como de la parcela infestada en el campo.
- b) Las larvas de estadios posteriores y las hembras, tanto jóvenes como adultas, se sacaron de raíces de plantas de chile previamente inoculadas con masas de huevecillos. Para facilitar su observación se tiñeron con lactofenol safranina.
- c) Los machos se obtuvieron de muestras de suelo, de raíces y de masas de huevecillos donde se encontraron entremezclados.

Prueba de patogenicidad. Con objeto de relacionar los síntomas de la enfermedad con el patógeno, se sembraron semillas de chile de la variedad regional mulato V₂ previamente desinfestadas en Arasán, en botes conteniendo suelo del campo naturalmente infestado. Veinte botes fueron tratados con Bromuro de Metilo para esterilizar su suelo y veinte se dejaron sin tratar.

Pruebas de resistencia. Las semillas de toda la colección de chile fueron tratadas con Arasán, sembrándose en pequeños almácigos conteniendo suelo desinfestado con bromuro de metilo. Más tarde se trasplantaron unas al invernadero y otras al campo en la parcela infestada. En ambos casos el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones.

El criterio para calificar la resistencia se basó en la abundancia de agallas en las raíces de las plantas, de acuerdo con una escala arbitraria de valores del 1 al 3. En el número 1 se incluyeron plantas sin agallas o conteniendo muy pocas y pequeñas, en el número 2 plantas con muchas agallas grandes, pero también con varias raíces sanas y finalmente, en el número 3, se agruparon aquellas plantas cuyas raíces estaban completamente llenas de agallas.



Figura 1. Planta de chile muy susceptible al ataque de nemátodos nodulares de la raíz.

Pruebas de eclosión. Con objeto de determinar la capacidad de eclosión de los huevecillos, se tomaron éstos en grupos de 100 y se colocaron en portaobjetos excavados conteniendo agua de la llave, agua destilada o extracto de suelo. Se hicieron cinco repeticiones por tratamiento.

Determinación de posibles plantas hospederas. En el campo, en el mismo sitio donde se hizo la prueba de resistencia en chile, se sembraron, previa desinfección con Arasán, 25 semillas de cada una de las siguientes plantas: Calabaza var. Grey Fucchine, Cebolla var. Eclipse L303, Jitomate var. Manalucia, Pepino var. Marketer y Zanahoria var. Scarlet Nantes.

Resultados

Características del patógeno. Al disectar las raíces de las plantas atacadas, se encontraron hembras adultas reniformes o fusiformes con la vulva y el ano en posición sub-terminal, aparentemente carentes de espermateca y con las siguientes medidas:

Largo = 1254 u (1154 - 1300) (n=7); *Ancho* 422 u (336 - 572) (n=7)

Estilite = 23.9 u (20.7 - 26.9) (n=7); *Índice a* (largo total/ancho) = 2.9 (n=7)

Las características morfológicas de las hembras jóvenes mostraron claramente que eran monodélficas, con la cola redondeada o roma, la distancia vulva-ano aproximadamente una y media veces la longitud de la cola, cutícula fuertemente estriada, campos laterales marcados por cuatro líneas brillantes, estilite bien desarrollado, al igual que el esófago, en toda su extensión, apreciándose claramente un núcleo aproximadamente en la parte media de la región glandular esofágica.

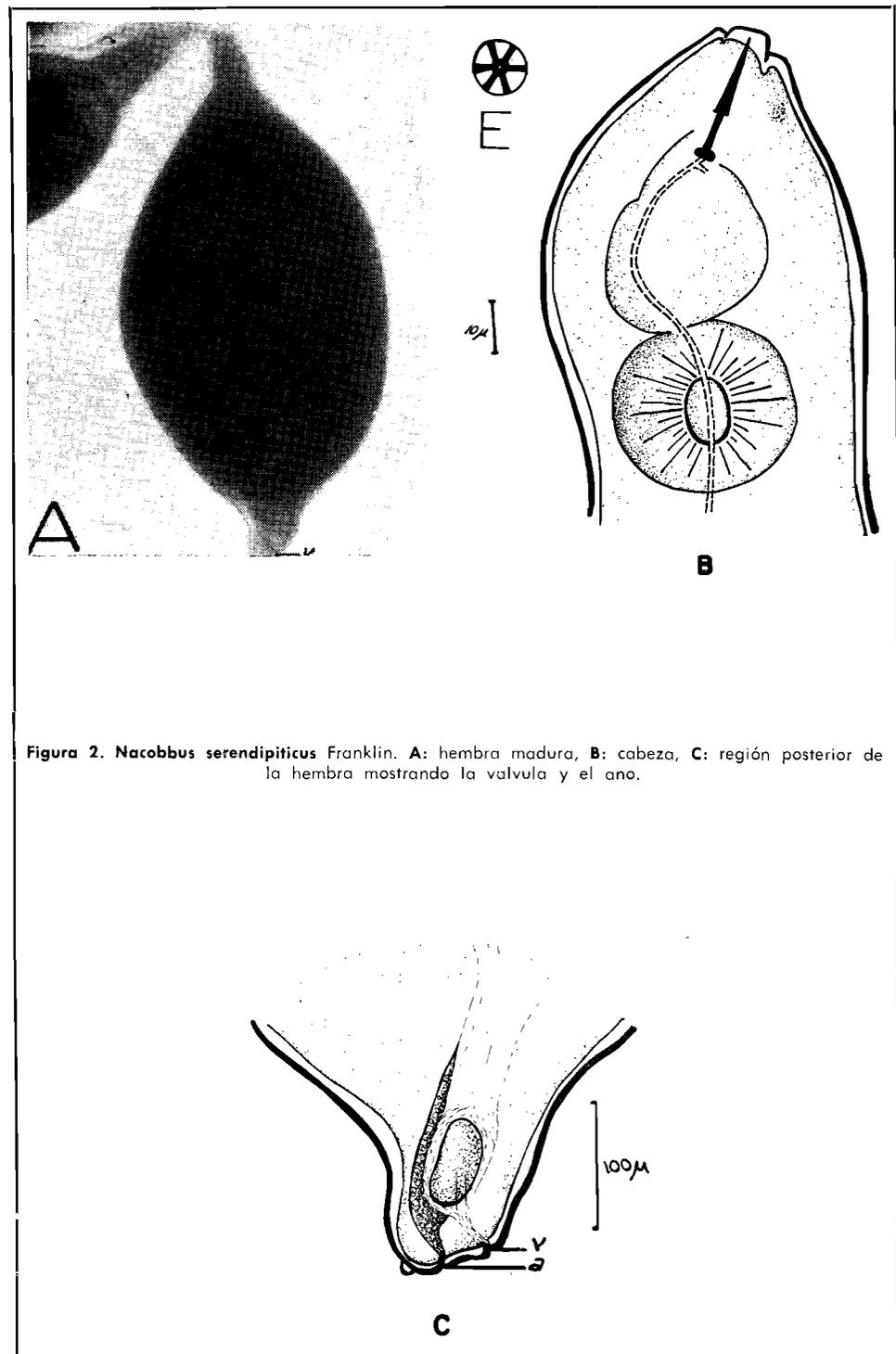


Figura 2. *Nacobbus serendipiticus* Franklin. A: hembra madura, B: cabeza, C: región posterior de la hembra mostrando la valvula y el ano.

Pro-corporis ocupando gran parte del ancho del cuerpo a ese nivel y mostrando un pequeño estrangulamiento en su unión con el metacorporis. En ninguno de los ejemplares se pudo determinar la posición de las fasmidias. Sus medidas fueron:

Largo = 1045 u (973 — 1154) (n = 5); *Ancho* = 28 u (27-45.4) (n = 5)

Estilete = 23.9 u (20-26.9) (n = 5); *Indice a* = 24.4 (n = 5);

Indice (largo total/ cola) = 35.6 (n = 3); *Vulva* = 93.3% (n = 3)

Las características morfológicas de los machos indicaron que éstos eran vermiformes, con bolsa copuladora, que generalmente se inicia más allá de la cabeza de las espículas; las fasmidias aparecen como costilla en medio de esta bolsa. La cola en su parte terminal forma en muchas ocasiones una especie de gancho. El cuerpo, fuertemente estriado, los campos laterales marcados por cuatro líneas, estilete bien desarrollado, esqueleto hexaradiado y el esófago con las mismas características dadas para las hembras jóvenes. Las medidas de estos machos fueron:

Largo = 1036 u (909-1136) (n = 7); *Ancho* = 28 u (27.2-36.3) (n = 7);

Estilete = 24.6 u (23-28.4) (n = 7); *Indice a* = 35.4 (n = 7);

Indice b (largo total/esófago) = 4.8 (n = 7); *Indice c* = 50.3 (n = 5)

Las larvas que emergieron de los huevecillos, es decir larvas de segundo estadio, se caracterizaron por ser muy semejantes a las larvas *Pratylenchus*, teniendo la cola redondeada o roma, cabeza cuadrada con 3 o 4 anillos, esófago con las características ya antes mencionadas para los otros ejemplares, pero ocupando casi 2/3 partes del largo del cuerpo. Campos laterales marcados por cuatro líneas. Sus medidas fueron:

Largo = 330 u (300-366.6) (n = 24); *Ancho* = 13.3 u (n = 5);

Estilete = 13 u (11.5-13.8) (n = 24); *Indice a* = 24.4 (n = 5);

Indice b = 2.4 (n = 5)

Las larvas de estadios más avanzados que se encontraron enroscadas dentro de la raíz, presentaron el cuerpo más grueso que el de los machos y hembras jóvenes y un contenido muy granuloso, estriaciones bien marcadas, esqueleto cefálico hexaradiado; pro-corporis ocupando casi el 50 por ciento del ancho del cuerpo, estilete bien desarrollado y la gónada en fase de formación, alcanzando diferentes longitudes. Sus medidas fueron:

Largo = 820 u (780-900) (n = 16); *Ancho* = 43.3 u (33.3-53.3) (n = 16);

Estilete = 17.6 u (17-19) (n = 16); *Indice a* = 21.2 (n = 5);

Indice c = 36.3 (n = 5)

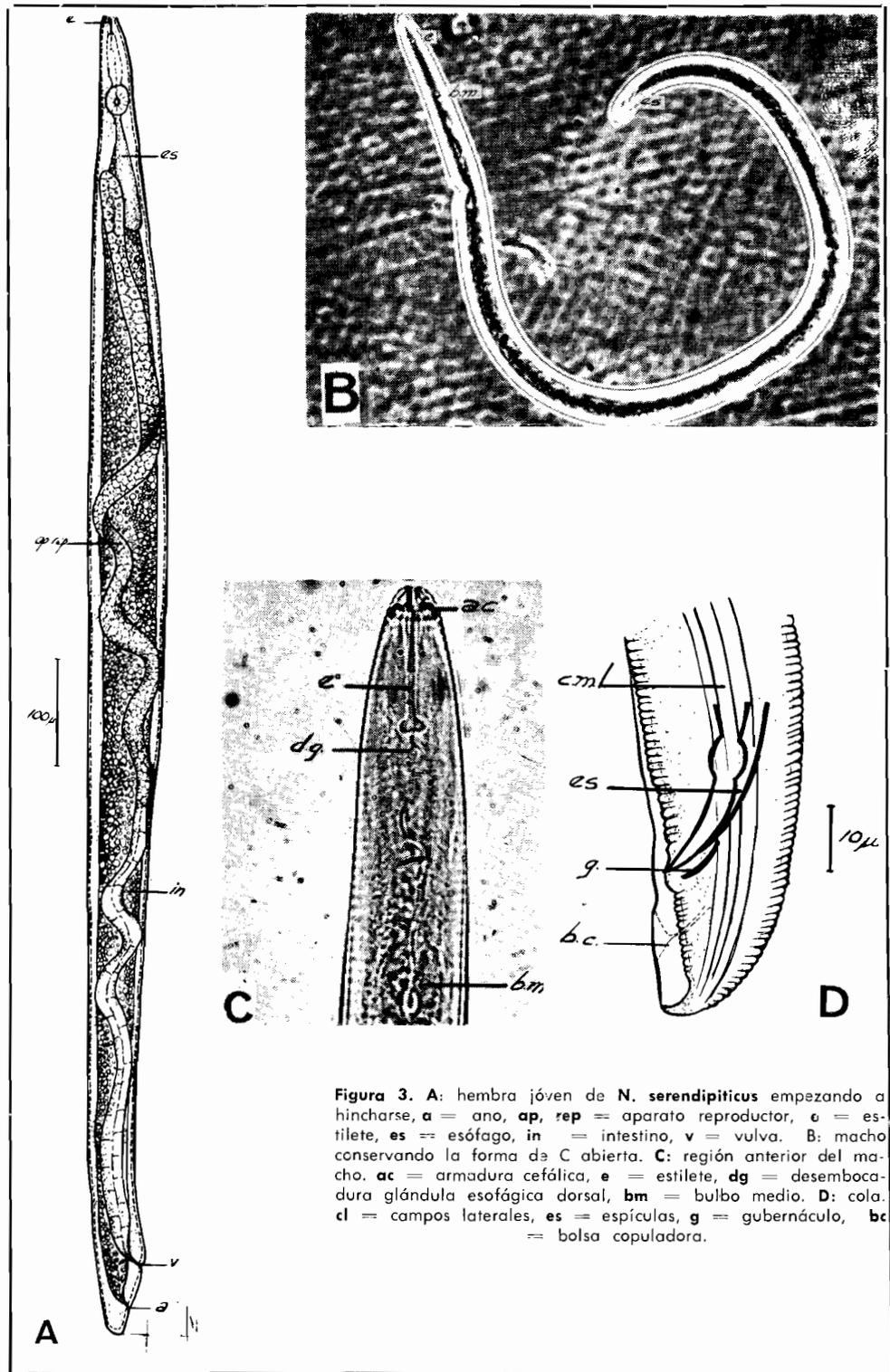


Figura 3. A: hembra joven de *N. serendipiticus* empezando a hincharse, a = ano, ap, rep = aparato reproductor, e = estilete, es = esófago, in = intestino, v = vulva. B: macho conservando la forma de C abierta. C: región anterior del macho. ac = armadura cefálica, e = estilete, dg = desembocadura glándula esofágica dorsal, bm = bulbo medio. D: cola. cl = campos laterales, es = espículas, g = gubernáculo, bc = bolsa copuladora.

CUADRO 1

Reacción de las 90 variantes de Chile al ataque del nemátodo formador de agallas de la región de Chapingo, Méx.

REGISTRO INIA	NOMBRE COMUN	GRADOS DE RESISTENCIA* en cada una de las rep.				MEDIA SIGNIFICANCIA a nivel de 0,01
		RI	RII	RIII	RIV	
3 - 5-805	Amarillo Tacna	1	1	1	1	1,000
3 - 79-1	<u>C. pendulum</u> SA335	1	1	1	1	1,000
3 - 79-2	" " SA354	1	1	1	1	1,000
64 - 33-	Chile ancho	2	2	2	2	2,000
" 75 "	Chile Mulato	2	2	2	2	2,000
" 93 "	" "	2	2	2	2	2,000
" 122B"	Chile Pasilla	2	2	2	2	2,000
" 131 "	" "	2	2	2	2	2,000
3- 5-1	<u>C. annum conoides</u>	2	2	2	2	2,000
" " 493	Miahuateco	2	2	2	2	2,000
" " 510	San Luis Pozole	2	2	2	2	2,000
" " 513	Cuiclateco	2	2	2	2	2,000
" " 514	Chilatlé	2	2	2	2	2,000
" " 563B	Liso	2	2	2	2	2,000
" " 567A	San Luis Potosí	2	2	2	2	2,000
" " 583	Chilhuacle Amarillo	2	2	2	2	2,000
" " 819	Guajón	2	2	2	2	2,000
64 - 76-	Chile Mulato	2	2	2	3	2,250
3 - 5 -505C	Costeño	2	2	2	3	2,250
" " 585	Chile Tomate	3	2	2	2	2,250
" " 643	Bolita	3	2	2	2	2,250
" " 645	Ornamental	3	2	2	2	2,250
" " 655	Pico de Pájaro	3	2	2	2	2,250
3 - 78-2	Chile de Huerto	2	2	2	3	2,250
64 - 20-	Chile Ancho	3	3	2	2	2,500
" 78	Chile Mulato	3	2	2	3	2,500
3 - 5-31	Pasilla (S-2)	2	2	3	3	2,500
" " 587	Zacalpeño	3	2	3	2	2,500
" 78-1	62 M18	3	2	2	3	2,500
64 - 5-	Chile Ancho	3	3	2	3	2,750
" 12 "	" "	3	2	3	3	2,750
" 14 "	" "	3	3	3	2	2,750
" 15 "	" "	3	3	2	3	2,750
" 19 "	" "	3	3	2	3	2,750
" 22 "	" "	2	3	3	3	2,750
" 25 "	" "	3	3	2	3	2,750
" 32 "	" "	2	3	3	3	2,750
" 34 "	" "	3	2	3	3	2,750
" 43 "	" "	3	3	2	3	2,750
" 50 "	" "	3	3	2	3	2,750
" 55 "	" "	3	2	3	3	2,750
" 56 "	" "	2	3	3	3	2,750

Continuación del Cuadro 2

64 - 107-1	Chile Pasilla	2	3	3	3	2.750
" 125 "	" "	2	3	3	3	2.750
" 127 "	" "	3	2	3	3	2.750
" 128 "	" "	3	3	2	3	2.750
3 - 5 - 4	<u>C. annum grossum</u>	3	3	3	2	2.750
" " 24	Ancho V ₁	3	3	2	3	2.750
" " 500B	Guajillo	2	2	3	3	2.750
" " 507D	Cascabel	2	3	3	3	2.750
" " 508B	Mirasol	2	3	3	3	2.750
" " 575	Catalina	2	3	3	3	2.750
" " 581A	Chilhuacle negro	3	2	3	3	2.750
" " 596	Minexalco	3	3	3	2	2.750
63 - 119	Chile Sandía	3	2	3	3	2.750
63 - 156	Carricillo	3	2	3	3	2.750

64 - 1-	Chile Ancho	3	3	3	3	3.000
" 2 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 3 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 7 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 11 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 36 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 37 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 38 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 49 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 57 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 58 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 61 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 68 "	Chile Mulato	3	3	3	3	3.000
" 86 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 87 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 109 "	Chile Pasilla	3	3	3	3	3.000
" 111 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 115 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 126 "	" "	3	3	3	3	3.000
" 124 "	" "	3	3	3	3	3.000
3 - 5 - 2	<u>C. annum ceraci</u> <u>formis</u>	3	3	3	3	3.000
3 - " 30	Mulato V ₂	3	3	3	3	3.000
" " 466	Jalapeño	3	3	3	3	3.000
" " 574	Onza Amarilla	3	3	3	3	3.000
" " 578	Loco	3	3	3	3	3.000
" " 807	Cristalpón	3	3	3	3	3.000
	Chilaca	3	3	3	3	3.000
	California Wonder	3	3	3	3	3.000

* 1 - Sin agallas o éstas muy pequeñas y escasas.

2 - Con agallas grandes y numerosas, pero varias raíces sanas.

3 - La mayor parte de las raíces completamente deformadas con grandes agallas.

**Los números comprendidos dentro de las líneas continuas son iguales estadísticamente.

Ciclo de vida del patógeno. Después de eclosionar, las larvas de segundo estadio se mueven libremente en el suelo, para más tarde penetrar a las raíces principalmente por los ápices, llegando a causarles la muerte, posiblemente ayudadas por invasiones de organismos secundarios. En los sitios de penetración se encontraron grupos hasta de 10 o más larvas, todas entosadas. Asimismo se encontraron hembras jóvenes (algunas completamente vermiformes) paralelas al cilindro central y en grupos hasta de cinco, en diferentes etapas de desarrollo. En este período se puede poner de manifiesto la agalla. También se encontraron dentro del tejido radicular machos guardando la forma de una C abierta. Al analizar algunas muestras de suelo, se encontraron tanto las larvas de segundo estadio como los machos.

Reproducción de los síntomas en el invernadero. Al cabo de seis meses, se vio que las plantas cultivadas en suelo estéril no presentaron agallas, a diferencia de las sembradas en suelo no desinfectado, las que además de presentar agallas en sus raíces, manifestaron todos los síntomas aéreos ya antes mencionados.

Reacción de las variantes de Chile al ataque del patógeno. De las 90 variantes de Chile ensayadas, tres se distinguieron por su resistencia, careciendo de agallas o siendo éstas muy pequeñas y escasas; cinco no lograron desarrollarse en las condiciones en las que se trabajó, y las 82 restantes fueron muy atacadas, la mayoría quedando calificadas como muy susceptibles, o sea con el número 3 en la escala convencional. La diferencia entre cada grupo de resistencia se determinó mediante las tablas de Duncan⁵ y está representada en el Cuadro 1.

Pruebas de eclosión. Al cabo de 18 días se obtuvo en todos los tratamientos un porcentaje de eclosión muy elevado. Los resultados se sacaron promediando las lecturas de las cinco repeticiones en cada tratamiento (Cuadro 2).

CUADRO 2

Porcentajes acumulativos de eclosión de huevecillos

TRATAMIENTO	PORCENTAJES ACUMULATIVOS DE ECLOSION A 20°C				
	1er. DIA	4o. DIA	7o. DIA	12o. DIA	18o. DIA
Agua destilada	0	7	13	57	83
Agua de la llave	0	7.5	15	60	90
Extracto de suelo	0	18	30	75	99

Determinación de posibles plantas hospederas. De las cinco plantas probadas, solamente el jitomate var. Manalucie mostró las raíces con agallas.

Discusión

Identificación del patógeno. En un principio, al observar las agallas de las raíces atacadas, se creyó que el patógeno pertenecía al género *Meloidogyne* sp, único grupo formador de agallas en Chile mencionado hasta la fecha. Sin embargo, al disectar estas raíces y encontrar hembras reniformes o fusiformes y no esféricas como en *Meloidogyne*, se consideró que podía tratarse de otro género. La búsqueda

se limitó bastante, puesto que se contaba con características muy especiales como eran la de tratarse de nemátodos formadores de agallas con marcado dimorfismo sexual: las hembras adultas reniformes o fusiformes, ponían masas de huevecillos en el exterior de la raíz, rodeados por una cubierta gelatinosa; los machos eran vermiformes, con una pequeña bolsa copuladora; las larvas provenientes de los huevecillos eran similares a aquéllas de *Pratylenchus*, y las larvas endoparasíticas, similares a larvas de la familia Hoplolaimidae, pero más grandes que las de *Pratylenchus* y de forma helicoidal.

Los géneros sospechosos pronto se redujeron a tres: *Meloidogyne* e *Hysoperine*, de la familia Heteroderidae, y *Nacobbus*, de la familia Hoplolaimidae. Sin embargo el tipo de larvas encontrado, así como la presencia de bursa en los machos y el carácter monodélfico de las hembras, claramente apreciable en hembras jóvenes, empezando a hincharse, eliminó definitivamente a los géneros *Meloidogyne* e *Hysoperine*. Con esta base se pudo identificar al nemátodo como perteneciente al género *Nacobbus* descrito por primera vez como tal por Thorne y Allen (17) en 1944, atacando a *Erodium cicutarium* L.

Hasta la fecha sólo se conocen cuatro especies de *Nacobbus*: *N. aberrans*, descrita por Thorne en 1935 como *Anguillulina aberrans* (16) y redescrita por Thorne y Allen en 1944, parasitando el arbusto *Atriplex confertifolia* Torr. y Frem.; *N. dorsalis*, descrita por Thorne y Allen en 1944, parasitando a *E. cicutarium*; *N. batatiformis*, descrita por Thorne y Schuster (18) en 1956, pareciendo ser tres especies de cactáceas sus principales reservorios nativos: *Mamillaria vivipara* (Nutt.) Haw., *Opuntia fragilis* (Nutt.) Haw. y *O. tortispina* Nutt. Estas tres especies fueron encontradas en zonas áridas de los Estados Unidos. Finalmente *N. serendipiticus*, descrita por Franklin en 1959 en plantas de tomate (6), encontradas en un invernadero de Inglaterra.

En el Cuadro 3 se pueden apreciar las medidas y principales caracteres morfológicos de las cuatro especies arriba señaladas y las del nemátodo encontrado en la región de Chapingo.

De acuerdo con las medidas de nuestros ejemplares y al observar con cuidado todos los detalles, principalmente aquéllos que han servido para la separación de especies, como son la ausencia de espermateca, relación entre la distancia vulva-ano y largo de la cola, desarrollo del corpus y bulbo medio y porción posterior de la hembra (desgraciadamente no se localizaron las fasmidias), longitud de la bursa en los machos y campos laterales en las larvas de segundo estadio, se concluyó tentativamente que el nemátodo en cuestión corresponde a la especie *N. serendipiticus* F.; por otra parte, las medidas de los machos y hembras son algo mayores en los ejemplares de Chapingo que en los descritos por Franklin, pero esto no es suficiente para llevarnos a la consideración de una nueva especie, ya que pueden ser diferencias debidas al medio ecológico.

Franklin sólo describe a las hembras, machos y larvas de segundo estadio, siendo éstos los únicos individuos que encontró, no mencionando las larvas helicoidales endoparasíticas que en el caso del nemátodo de la región de Chapingo fueron observadas cerca de los ápices radiculares. Sin embargo, en una publicación reciente de Clarke (2) que apareció casi en el momento de imprimir este trabajo,

CUADRO 3

Principales medidas y caracteres morfológicos de *Nacobbus* incluyendo el nemátodo encontrado en Chapingo, México.

	N. dorsalis	N. batatiformis	N. aberrans	N. serendipiticus	<i>Nacobbus</i> sp.
♀♀ ^a	1.2 - 1.6 mm	0.7 - 1.4 mm	0.9 - 1.2 mm	0.9 - 1.6 mm (F)*	1.15 - 1.3 mm
♀♀ ^j	0.5 "	"	0.7 - 0.9 "	0.67 - 0.72 " (C)*	0.9 - 1.1 "
♂♂ ^c	0.9 "	0.8 - 1.2 "	0.7 - 0.9 "	0.7 - 0.9 " (F)	0.9 - 1.1 "
L ₂	0.5 "	0.33 - 0.38 "	0.4 - 0.48 "	0.31 - 0.34 " (F)	0.3 - 0.36 "
L ₂				0.31 - 0.38 " (C)	
L ₃ ♀				0.48 - 0.57 " (C)	
L ₃ ♂				0.51 - 0.59 " (C)	
L ₄ ♀				0.56 - 0.71 " (C)	
L ₄ ♂				0.68 - 0.85 " (C)	
L _x		0.5 - 0.8 "		75 - 87.5 μ	0.78 - 0.99 "
H	82 - 110 μ	93 μ	80 μ	67.2 - 89.6 μ	63.3 - 86.6 μ
♀♀ ^a	0.5 - 0.8 mm		0.13 - 0.34 mm	0.26 - 0.42 mm (F)	0.33 - 0.57 mm
♀♀ ^j			0.03 - 0.035 "	0.028 - 0.031 " (C)	0.027 - 0.045 "
♂♂ ^c			0.025 - 0.033 "	0.025 - 0.030 " (F)	0.027 - 0.036 "
L ₂			0.020 - 0.024 "	0.012 - 0.015 " (F)	0.013 "
L ₂				0.015 - 0.020 " (C)	
L ₃ ♀				0.025 - 0.032 " (C)	
L ₃ ♂				0.025 - 0.034 " (C)	
L ₄ ♀				0.028 - 0.032 " (C)	
L ₄ ♂				0.030 - 0.037 " (C)	
L _x					0.033 - 0.053 "
H	40 - 52 μ	49 μ	42 μ	35 - 41 μ (F)	30 - 43.3 μ
H				36.4 - 46.2 μ (C)	
♀♀ ^a		15 - 18 μ	20 - 24 μ	19 - 22 μ (F)	20.7 - 28.4 μ
♀♀ ^j				22 - 27 μ (F)	20 - 26.9 μ
♂♂ ^c		20 - 25 μ	21 - 25 μ	13 μ (F)	23 - 28.4 μ
L ₂			14 μ		11.5 - 13.8 μ
L _x				6.4 (F)	17 - 19 μ
♀♀ ^a					2.9
♀♀ ^j	19				24.4
♂♂ ^c	28	32		23 - 32 (F)	25.3 - 40.6
L ₂		18		21 - 26 (F)	21.5 - 27
L _x					21.2

♂♂ L2	4.5	6 - 13 6	4.2 - 5.7 2.1 - 2.8
♀♀ ^a ♀♀ ^j ♂♂ L2 L1	35 - 45 15	45.6 31 - 53 13 - 14	34.3 - 37.2 50.3 36.3
♀♀ ^a	Porción poste- rior alargada, generalmente sade de la aga- lla.	Sin esta porción. Sin espermateca.	Sin esta porción. Aparentemente sin espermateca.
♀♀ ^j	Distancia vul- va/año tres ve- ces el largo de la cola.	Distancia vulva/ año el doble del largo de la cola.	Distancia vulva/ año más o menos una y media ve- ces el largo de la cola.
♂♂ ^j	Cuatro líneas marcando los campos late- rales.	Cuatro líneas marcando cam- pos laterales. Bursa originase frente abertura anal.	Cuatro líneas marcando cam- pos laterales. Bursa se origina nivel cabeza es- pículas, o aún más arriba.
L2	Dos líneas mar- cando campos la- terales.	Cuatro líneas mar- cando campos late- rales.	Cuatro líneas marcando cam- pos laterales.

♀♀^a = Hembras adultas
 ♀♀^j = Hembras jóvenes
 ♂♂ = Machos
 (F) = Franklin
 (C) = Clarke
 H = Huevos

L2 = Larvas de segundo estadio
 L3♀ = Larvas femeninas de tercer estadio
 L3♂ = Larvas masculinas de tercer estadio
 L4♀ = Larvas femeninas de cuarto estadio
 L4♂ = Larvas masculinas de cuarto estadio
 L1 = Larvas endoparasíticas helicoidales sin definir su estadio

se mencionan ya todos los estadios larvales, los cuales efectivamente después de la segunda muda, y una vez dentro de la raíz, adoptan la forma helicoidal o de *C* abierta.

Al no encontrar machos jóvenes en las raíces, Franklin considera que al igual que en *N. batatiformis* los machos preadultos dejan las raíces y completan su desarrollo en el suelo. En el presente caso, al igual que Clarke, se encontraron todos los individuos en las raíces, exceptuando las larvas de segundo estadio, que viven libres en el suelo.

Correlación entre síntomas y patógeno. Con base en las pruebas efectuadas en el invernadero, se pudo relacionar a *N. serendipiticus* con los síntomas ya descritos; sin embargo, éstos no revistieron la misma intensidad que en el campo, en donde varias de las plantas, después de ser atacadas, declinaron hasta morir. Esto podría explicarse considerando que al atacar los nemátodos el sistema radicular, introduciéndose en él, matándolo y causando las hipertrofias conocidas como agallas, interfieren en la absorción de agua, lo que determina la poca resistencia de las plantas atacadas a la escasez de este líquido y su tendencia a marchitarse. Esta situación desfavorable posiblemente fue abatida en el invernadero por factores tales como menor intensidad lumínica y calorífica, menor transpiración y riegos más constantes.

Obtención de fuentes de resistencia. Los resultados en las cuatro repeticiones en el campo no siempre fueron iguales; esto podría interpretarse como debido a las diferencias en las concentraciones del inóculo y a variaciones en cada planta (Cuadro 1). Con base en el análisis estadístico se concluyó que hay significancia entre los grupos 1 y 2, 1 y 3, y 2 y 3; no así entre el 2 y grupos intermedios (2.25, 2.50, 2.75), ni entre estos grupos y el 3. A pesar de la susceptibilidad de casi todas las variantes, la mayoría, sobre todo las regionales, pueden ser consideradas como tolerantes, ya que a pesar de la intensidad del ataque continuaron fructificando, teniendo como ejemplo notorio el de la variedad V_2 , que además de ser una de las 90 variantes, constituyó el bordo para eliminar los efectos laterales. Sería conveniente planear un experimento tendiente a demostrar esta tolerancia, siendo el rendimiento el principal factor a estimar.

Los chiles considerados como resistentes fueron: en primer lugar, la variedad Amarillo Tacna procedente del Perú (3-5-805). Esta variedad de *C. pendulum* estuvo casi totalmente libre de agallas. En el invernadero fue la que mejor se comportó, teniendo el mayor desarrollo radicular y aéreo. Las otras dos variantes fueron la *C. pendulum* SA 335 (3-79-1) y la *C. pendulum* SA 354 (3-79-2) de la Universidad de Davis, Calif.; estas líneas no fueron tan resistentes como la anterior, puesto que aquí fue mayor el número de agallas, a pesar de ser éstas siempre muy pequeñas, por lo que deben considerarse junto con la primera variante como posibles fuentes de resistencia.

Aun cuando las cruces entre *C. pendulum* y *C. annum* no son fáciles de lograr, debería insistirse en ello, sobre todo en el caso de la variedad Amarillo Tacna, la cual no solamente resultó resistente a *N. serendipiticus* en casi un 100 por ciento, sino que también está considerada como fuente de resistencia al hongo *P. capsici* Leo (14).

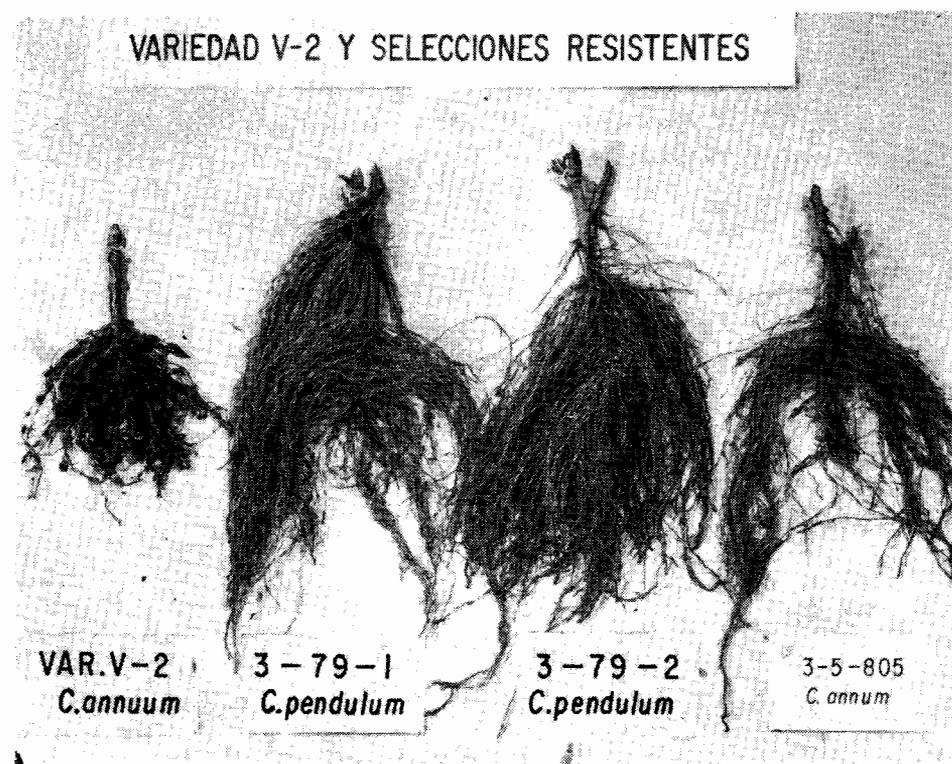


Figura 4. Sistema radicular de las líneas seleccionadas por su resistencia a *N. serendipiticus* comparado con el de la variedad regional V₂, que es altamente susceptible.

Pruebas de eclosión. Los resultados de estas pruebas nos hacen pensar en la existencia de sustancias que aceleren el proceso de eclosión, ya que esta fue más rápida en el extracto de suelo que en el agua de la llave y en el agua destilada, pudiendo también concluir que en este nemátodo no hay necesidad de factores especiales de eclosión.

Parece ser que bajo condiciones ambientales la eclosión no es tan rápida, indicado por el hecho de que tuvieron que pasar tres meses después de inocular plantas con masas de huevecillos antes de encontrar individuos infectando la raíz. Sólo al cabo de este período, al disectar las raíces de las plantas de Chile, se encontraron ya las larvas helicoidales endoparasíticas. Una semana más tarde se encontró no solamente este tipo de larvas, sino también machos y hembras jóvenes, estas últimas paralelas al cilindro central. Posteriormente se encontraron hembras en diferentes etapas de desarrollo. Las inoculaciones se hicieron en noviembre, cuando la temperatura ya había bajado; en cambio en el laboratorio había humedad y temperatura constantes, empezando la eclosión rápidamente (Cuadro 2). Con los recientes trabajos de Clarke y de Prasad y Webster (15) se comprobó que la temperatura es un factor determinante del período de eclosión.

Con este ensayo se trataba de ampliar los conocimientos sobre la biología del patógeno, enfocado fundamentalmente a posibles medidas de control. En el caso

de *Meloidogyne* sp se recomienda entre los tratamientos de control, inundar el terreno infestado, principalmente en ausencia de hospederas, para provocar la eclosión de los huevecillos, quedando liberadas las larvas de segundo estadio o larvas infectivas, que no resisten por mucho tiempo condiciones, no ya de inundación, ni siquiera de humedad relativa alta, sobre todo en ausencia de la hospedera, de manera que finalmente perecen, lográndose un control bastante efectivo (3, 15). Posiblemente bajo condiciones de inundación, nuestro patógeno reaccione en la misma forma.

Determinación de posibles hospederas. La brevedad de este ensayo no nos permite sacar ninguna otra conclusión más que aquélla de la susceptibilidad del Jitomate var. Manalucie, ya que las plantas estuvieron expuestas al inóculo únicamente durante tres meses y en condiciones de bajas temperaturas, siendo recomendable repetir estos experimentos bajo condiciones controladas de invernadero y aumentando el número de hospederas, de manera que los resultados nos permitan en un futuro establecer programas con base en rotaciones de cultivo.

Conclusiones

1. Se encontró que el organismo causal de la enfermedad conocida como "jicamilla" del chile, observada hasta la fecha en el campo experimental de la Escuela Nacional de Agricultura, en Chapingo, Méx., es un nemátodo perteneciente al género *Nacobbus* Thorne y Allen; especie *serendipiticus* Franklin.

2. Hasta la fecha ninguna especie del género *Nacobbus* se había encontrado parasitando el chile.

3. No se encontró una sola planta de chile inmune a *N. serendipiticus*.

4. La variedad peruana Amarillo Tacna fue altamente resistente. Esta variedad pertenece a la especie *C. pendulum* y está registrada en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas con el número 3-5-805. Las otras dos posibles fuentes de resistencia, aunque algo más susceptibles que la anterior, fueron también dos variedades: 3-79-1 *C. pendulum* SA 335, y 3-79-2 *C. pendulum* SA 354 (Colecciones del INIA).

5. Sería recomendable probar la resistencia de plantas indicadas como resistentes a *Meloidogyne* sp.

6. De las cinco plantas probadas (Jitomate var. Manalucie, Pepino var. Marketer, Cebolla var. Eclipse (L 303); Zanahoria var. Scarlet Nantes, y Calabaza var. Grey Fuchine), como posibles hospederas, solamente el Jitomate var. Manalucie mostró las raíces con agallas. Sin embargo estos resultados no pueden considerarse como definitivos para poder formular un control con base en la rotación de cultivos; solamente cabe señalar el peligro de sembrar jitomate antes o después de haber sembrado chile, por ser igualmente susceptible.

Literatura citada

- (1.) ALCOCER, G. L. y C. GOTTWALD. (1963). *Determinación de nemátodos fitoparásitos en México*. Fitófilo 39:3-26. SAG.
- (2.) CLARKE, S. A. (1967). *The development and life history of the false root-knot nematode Nacobbus serendipiticus*. Nematologica 13: 91-101.
- (3.) CHRISTIE, J. R. (1959). *Plant Nematodes*. Agr. Exp. Sta. Univ. of Florida. 256 p.
- (4.) CHUPP, CH. y A. F. SHERF. (1960). *Vegetable diseases and their control*. The Ronald PCCSS Co., New York. 693 p.
- (5.) DUNCAN, D. B. (1955). *Multiple range and "F" multiple test*. Biometrics 2(1): 1-17.
- (6.) FRANKLIN, M. T. (1959). *Nacobbus serendipiticus n. sp, a root-galling nematode from tomatoes in England*. Nematologica 4: 286-293.
- (7.) HARE, W. W. (1956). *Resistance in pepper to Meloidogyne incognita acrita*. Phytopathology 46: 98-104.
- (8.) ——— (1956). *Comparative resistance of seven pepper varieties to five root-knot nematodes*. Phytopathology 46: 669-672.
- (9.) ——— (1957). *Inheritance of resistance to root-knot nematodes in pepper*. Phytopathology 47: 397-454.
- (10.) INDEX OF PLANT DISEASES IN THE UNITED STATES (1960). Agr. Handbook 165. 531 p. U.S.D.A.
- (11.) LIPPERT, L. F. y R. S. SCHARFFENBERG. (1964). *Garden Pepper (Capsicum sp.)*. Bibliographic Associates. INC. West Covina, California. 257 p.
- (12.) MALPICA, G. (1913). *El barrenillo y la anguilula del chile*. Est. Agr. Exp. de Cd. Juárez. Sría. de Fomento Bol. 35, 46 p.
- (13.) NETSCHER, C. (1966). *Enquête sur les nematodes parasites de cultures maraicheres et fruitieres au Senegal*. ORSTOM. Public. 50, 45 p.
- (14.) PINTO, B. C. (1967). *Fuentes de resistencia en el género Capsicum al ataque del hongo Phytophthora capsici Leo. causante de la "marchitez del chile"*. Tesis profesional. 28 p. ENA.
- (15.) PRASAD, S. K. y WEBSTER, J. M. (1967). *Effect of temperature on the rate of development of Nacobbus serendipiticus in excised tomato roots*. Nematologica 13: 85-90.
- (16.) THORNE, G. (1935). *The sugar beet nematode and other indigenous nemie parasites of schadscale*. J. of Agr. Res. 51: 509-514.
- (17.) THORNE, G. y M. W. ALLEN. (1944). *Nacobbus dorsalis nov. gen. nov. spec. (Nematoda: Tylenchidae) producing galls on the roots of alfileria, Erodium cicutarium (L.) L. Her. Proc. Helm. Soc. Wash. 11: 27-31.*
- (18.) THORNE, G. y M. L. SCHUSTER. (1956). *Nacobbus batatiformis n. sp. (Nematoda: Tylenchidae) producing galls on the roots of sugar beets and other plants*. Proc. Helm. Soc. Wash. 23: 128-134.
- (19.) WALKER, J. C. (1952). *Diseases of Vegetables Crops*. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. 529 p.