

# Nematodos Asociados al Arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. VI. Especies de *Hirschmanniella*<sup>1</sup>

R. López\*, L. Salazar\*

## ABSTRACT

*Hirschmanniella spinicaudata* and *H. oryzae* were found parasitizing rice roots in the Guanacaste province, Costa Rica. Based on light and scanning electron microscope studies, the following characters were found to be useful in differentiating both species; total body length, stylet, stomacardia and stoma-excretory pore, distance maximum body diameter, esophagus and tail lengths, the M percentage of females and males, the stoma-vulva, distance the anal body diameter of females, the body diameter at the level of the cloaca, the spicules and the gubernaculum of males, all of them larger in *H. spinicaudata*; the smaller a ratio and O percentage are also useful in differentiating the species. Other characters present in *H. oryzae* but absent in *H. spinicaudata* were a mucronate tail and eight short lineal depressions located near the edges of the labial disc, on the subdorsal and subventral sectors.

## INTRODUCCION

En un reconocimiento efectuado recientemente en la provincia de Guanacaste, Costa Rica, se encontraron dos especies de nematodos fitoparásitos del género *Hirschmanniella* Luc y Goodey, 1964, en asocio con arroz (*Oryza sativa* L.) (9). Según Hollis y Keoboonrueng (4), cinco especies de este género, v.g., *H. spinicaudata* (Schuurmans Stekhoven, 1944) Luc y Goodey, 1964, *H. oryzae* (van Breda de Haan, 1902) Luc y Goodey, 1964, *H. mucronata* (Das, 1960) Khan, Siddiqi, Khan, Husain y Saxena, 1964, *H. caudacrena* Sher, 1968 y *H. belli* Sher, 1968, causan daños de importancia económica en este cultivo, en diferentes partes del mundo. Estos autores estiman que las pérdidas causadas por tales especies son del 25% y que en la actualidad, infestan unos 200 millones de acres en escala mundial. Ichinoe (5) ha informado que, además de las especies citadas, *H. imamuri*

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 15 de julio de 1987.

Parte del proyecto 312-85-028 de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. Los autores agradecen la financiación otorgada por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, la ayuda técnica del Sr. Justo Azofeifa y la Srita. Carmen Gutiérrez, y la identificación de las especies hecha por el Dr. A. Morgan Golden, del USDA.

\* Laboratorio de Nematología, Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. El primer autor es beneficiario del programa de apoyo a investigadores que patrocina el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

## COMPENDIO

Las especies *Hirschmanniella spinicaudata* y *H. oryzae* fueron encontradas parasitando plantas de arroz en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Con base en estudios hechos con los microscopios de luz y electrónico de rastreo se determinó que la longitud total, el estilete, las distancias estoma-cardia y estoma-poro excretor, el diámetro máximo del cuerpo, la longitud del esófago y la de la cola y el porcentaje M de machos y hembras, la distancia estoma-vulva y el diámetro anal de las hembras, el diámetro del cuerpo a nivel de la cloaca, las espículas y el gubernaculum de los machos, todas ellas ostensiblemente mayores en *H. spinicaudata* sirven para diferenciar ambas especies, lo mismo que la menor proporción a y el menor porcentaje O. También se encontró que *H. oryzae* tiene un mucro, ausente en *H. spinicaudata*, y ocho depresiones lineales cortas en los sectores subdorsal y subventral del disco labial, también ausentes en *H. spinicaudata*.

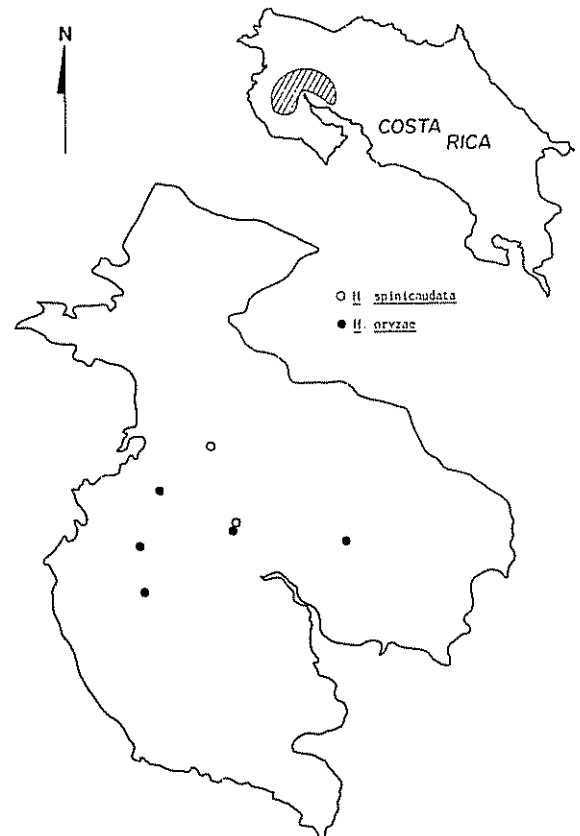


Fig. 1. Mapa de la provincia de Guanacaste, Costa Rica, que muestra la distribución geográfica de *Hirschmanniella spinicaudata* y *H. oryzae* en arroz

Sher, 1968, y *H. thornei* Sher, 1968 atacan al arroz; sin embargo, este autor no mencionó si estas especies también causan daños de importancia económica.

Con tales antecedentes, se consideró importante realizar un estudio morfológico de las especies encontradas en Costa Rica con el microscopio de luz (ML) y el microscopio electrónico de rastreo (MER) para determinar aquellas características que permitieran su diferenciación. También se incluyeron en este estudio observaciones sobre su distribución geográfica y condiciones ecológicas de los sitios en donde fueron encontradas.

#### MATERIALES Y METODOS

Durante 1985 y 1986 se colectaron especímenes de *Hirschmanniella* spp. en muestras de suelo y de raíces de arroz, en plantíos localizados en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Los métodos usados

para la extracción de los nematodos, tanto de las raíces como del suelo y para el montaje, medición y preparación de dibujos de los nematodos, fueron descritos previamente (7, 9). En cada población, se estudió un número variable de especímenes en los cuales se midió una serie de características convencionales; además en todos los casos, se calcularon las proporciones a, b, b', c, c' y los porcentajes M (cono del estilete/estilete x 100) y O (distancia entre el orificio de la glándula dorsal esofágica y los nódulos del estilete/estilete x 100) (17). Algunos especímenes fueron procesados para su observación con el MER, según el método descrito por López y Salazar (8); también se hicieron observaciones sobre algunas características de los agroecosistemas en que estos nematodos fueron recuperados.

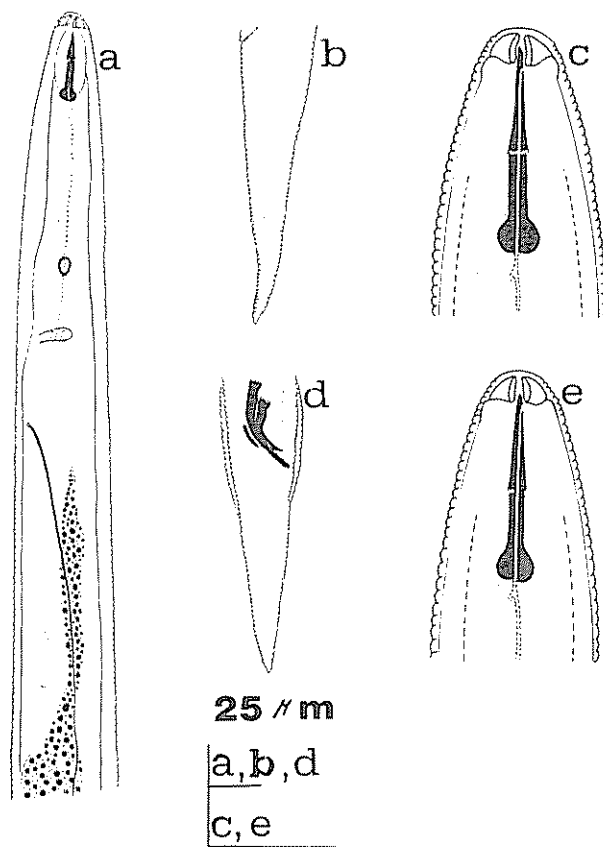


Fig 2. *Hirschmanniella spinicaudata* a-c: hembra; d-e: macho; a: parte anterior; b: cola; c: región cefálica; d: cola; e: región cefálica.

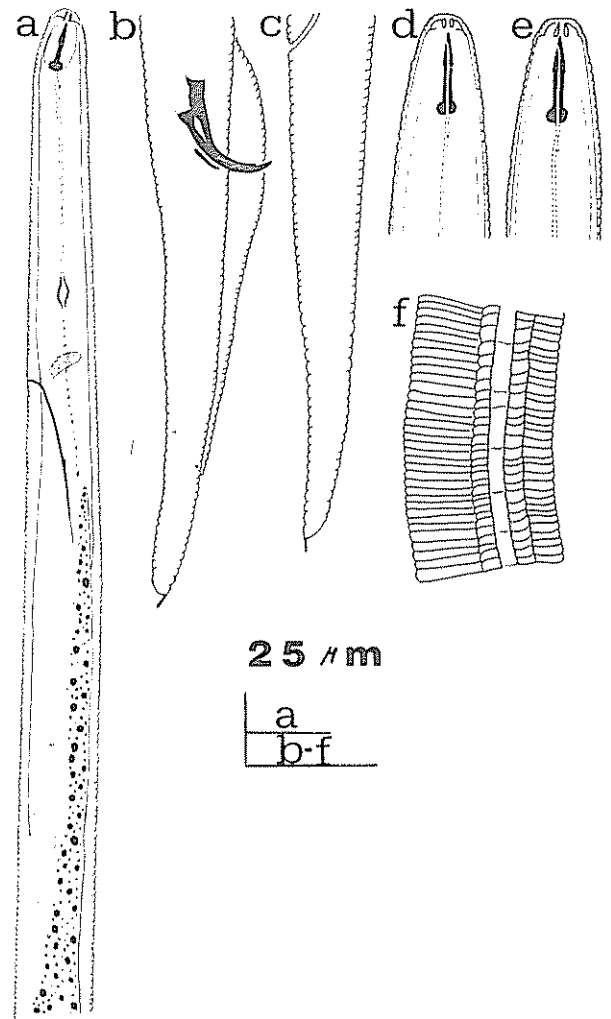


Fig 3. *Hirschmanniella oryzae* a, b, d: macho; c, e, f: hembra; a: parte anterior; b, c: cola; d, e: región cefálica; f: vista lateral cerca de la mitad del cuerpo.

## RESULTADOS

Se identificaron dos especies de *Hirschmanniella* parasitando al arroz: *H. spinicaudata* y *H. oryzae*. En la Fig. 1 se ilustra la distribución geográfica de ambas especies en la provincia de Guanacaste. *H. spinicaudata* fue recuperada en dos localidades cercanas a Liberia, la capital provincial (El Pelón de la Bajura y en el km 5 de la carretera entre Liberia y Filadelfia), mientras que *H. oryzae* tiene una distribución más amplia ya que fue recuperada en cinco sitios, algunos separados por aproximadamente 70 km. En El Pelón de la Bajura se encontraron ambas especies en un mismo arrozal, en proporciones similares.

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los valores promedio y otros parámetros de las características estudiadas en hembras y machos de *H. spinicaudata*, mientras que en los Cuadros 3 y 4 se presentan los valores correspondientes a hembras y machos de *H. oryzae*, respectivamente. En las Figs. 2 a 5 se ilustran algunas características morfológicas de ambas espe-

cies. En general, la forma del cuerpo fue similar en ambas especies pero de mucho mayor tamaño en *H. spinicaudata* que en *H. oryzae*.

## Observaciones con el MER

Vista de perfil, la región cefálica de *H. spinicaudata* exhibía de cuatro a cinco anillos, además del disco labial; con frecuencia, los anillos eran incompletos (Fig. 4a), por lo que en un mismo espécimen se podían contar cuatro o cinco anillos, según el lado de la región cefálica que fuera observado. En vista frontal, la parte anterior exhibía un disco labial ovalado o casi redondo, liso (Fig. 4b, c), con un prestoma ovalado en el centro, rodeado por seis sensilas labiales internas, colocadas muy cercanas a la abertura prestomática. El estoma estaba colocado internamente en el centro del prestoma; tenía forma de rendija y estaba orientado en el eje dorsoventral; lateralmente al prestoma se localizaban las aberturas anfidiales, en forma de rendijas alargadas, orientadas dorsoventralmente; frecuentemente estaban obstruidas parcial o

Cuadro 1. Algunas características morfométricas, proporciones y porcentajes de hembras de *Hirschmanniella spinicaudata*

	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Error estándar del promedio	CV (%)
<b>Medidas*</b>						
Longitud total	1 971	2 538	2 296	150 20	33 60	6 5
Estilete	36	43	39 5	1 83	0 42	4 6
Cono del estilete	20	25	22 4	1 04	0 23	4 6
Diámetro nódulos del estilete	6	9	7 6	0 65	0 14	8 5
OGDE	3	5	3 8	0 64	0 14	16 8
Estoma-cardia	130	184	150	13 30	2 97	8 8
Estoma-vulva	1 120	1 418	1 282	82 11	18 36	6 4
Estoma-poro exc	147	203	172	12 69	2 83	7 3
Diámetro máximo	40	64	49	5 98	1 33	12 2
Esófago	311	471	404	41 96	9 64	10 3
Diámetro anal	19	37	31	4 02	0 89	12 8
Cola	78	158	125	17 04	3 91	13 6
<b>Proporciones</b>						
a	34 9	54 8	47 2	4 80	1 07	10 1
b	12 5	17 4	15 3	1 21	0 27	7 9
b'	4 9	7 2	5 6	0 64	0 14	11 4
c	14 4	29 8	18 8	3 25	0 74	17 2
c'	3 2	5 1	4 0	0 42	0 09	10 5
<b>Porcentajes</b>						
V	52 3	59 7	55 8	1 96	0 43	3 5
M	52 5	60 0	56 9	2 44	0 56	4 2
O	8 0	12 7	9 9	1 65	0 37	16 6

\* Todas las medidas en  $\mu\text{m}$ , excepto la longitud total (mm). Los valores obtenidos provienen de 20 observaciones.

Cuadro 2. Características morfométricas, proporciones y porcentajes de machos de *Hirschmanniella spinicaudata*

	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Error estándar del promedio	CV (%)
<b>Medidas*</b>						
Longitud total	1 926	2 538	2 256	211 88	67.05	9.3
Estilete	35	41	38	1.91	0.63	5.0
Cono del estilete	19	22	21	1.73	0.54	8.2
Diámetro nódulos del estilete	6	8	7	0.50	0.15	7.2
OGDE	2	5	3.6	0.72	0.24	20.0
Estoma-cardia	127	166	148	12.68	4.01	8.5
Estoma-pro exc.	157	199	177	13.51	4.50	7.6
Diámetro máximo	37	60	46	6.88	2.17	14.9
Esófago	349	483	422	49.67	16.55	11.7
Diámetro a nivel de la cloaca	25	31	28	2.08	0.65	7.4
Cola	118	167	135	14.40	4.55	10.6
Espículas	37	51	47	4.17	1.31	8.8
Gubernaculum	11	17	14	2.23	0.74	15.7
<b>Proporciones</b>						
a	42.5	54.6	49.3	4.08	1.29	8.2
b	13.0	18.1	15.3	1.46	0.46	9.5
b'	4.6	6.6	5.4	0.62	0.20	11.4
c	15.1	18.2	16.7	1.18	0.37	7.0
c'	4.3	5.9	4.8	0.52	0.16	10.8
<b>Porcentajes</b>						
M	43.4	59.2	55.0	4.63	1.54	8.4
O	6.4	14.0	9.6	2.47	0.82	25.7

\* Todas las medidas en  $\mu\text{m}$ , excepto la longitud total (mm). Valores obtenidos en 10 observaciones

totalmente por una secreción. Los campos laterales estaban formados por tres bandas, delimitadas por cuatro incisuras longitudinales; las incisuras externas tenían los bordes levemente arqueados, mientras que las internas eran relativamente rectas. Con alguna frecuencia, las anulaciones transversales atravesaban las dos bandas externas pero menos frecuentemente la banda central, lo que causaba la areolación incompleta de los campos laterales en prácticamente toda su extensión (Fig. 4d); en las hembras y machos los campos laterales todavía eran discernibles cerca de la parte terminal de la cola (Fig. 4e). La bursa de los machos (Fig. 4f) era anulada, con 1/3 anterior y 2/3 partes posterior a la cloaca.

En *H. oryzae* la región cefálica, vista de perfil con el MER (Fig. 5a), constaba de cinco a seis anillos, además del disco labial; al igual que en *H. spinicaudata*, a menudo los anillos eran incompletos, por lo que en un mismo espécimen se podían contar cinco o seis. En vista frontal, la parte anterior exhibía un disco la-

bial liso, ovalado o casi redondo (Fig. 5b, c), con un prestoma ovalado en el centro, rodeado por seis sensilas labiales internas; el estoma no fue visible. Las aberturas anfidiales, colocadas en los sectores laterales del disco labial, tenían forma de rendija alargada, con orientación dorsoventral; a menudo estaban obstruidas por una secreción. En los sectores subdorsal y subventral del disco labial, en una zona cercana a sus márgenes, se encontraron en cada uno cuatro depresiones lineales, cortas, agrupadas en parejas, que probablemente corresponden a sensilas cefálicas. Los campos laterales (Fig. 5d) constaban de tres bandas, delimitadas por cuatro incisuras, con bordes arqueados en las externas y relativamente lisos en las internas; con alguna frecuencia las anulaciones transversales atravesaban las bandas externas y con mucho menos frecuencia, la banda central, lo que ocasionaba que los campos laterales tuvieran una areolación incompleta; tanto en machos como en hembras (Fig. 5f) los campos laterales llegaban hasta una región cercana a la parte terminal de la cola. La bursa

Cuadro 3. Características morfométricas, proporciones y porcentajes de hembras de *Hirschmanniella oryzae*

	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Error estándar del promedio	CV (%)
<b>Medidas*</b>						
Longitud total	1 201	1 963	1 495	190 90	39 03	12 7
Estilete	17	21	19	1 15	0 23	6 1
Cono del estilete	7	10	9	0 69	0 14	8 1
Diámetro nódulos del estilete	4	7	5	0 54	0 11	12 0
OGDE	3	5	4	0 54	0 11	12 5
Estoma-cardia	85	133	113	16 95	3 79	15 0
Estoma-vulva	635	1 476	824	168 18	34 39	20 4
Estoma-poro exc	72	146	120	16 55	3 38	13 7
Diámetro máximo	20	30	26	3 63	0 74	13 8
Esófago	251	422	312	55 79	12 18	17 8
Diámetro anal	13	21	16	1 89	0 41	11 5
Cola	68	102	86	9 64	2 15	11 2
<b>Proporciones</b>						
a	40	69	57	7 42	1 51	12 9
b	10	18	14	2 21	0 49	16 1
b'	4	7	5	0 85	0 18	17 7
c	15	24	18	2 45	0 54	13 9
c'	5	7	5	0 76	0 17	14 6
<b>Porcentajes</b>						
V	49	65	55	9 75	1 99	17 6
M	40	49	45	2 27	0 46	5 0
O	18	32	23	3 08	0 64	13 2

\* Todas las medidas en  $\mu\text{m}$ , excepto la longitud total (mm) Valores obtenidos de 24 observaciones

 Cuadro 4. Características morfométricas, proporciones y porcentajes de machos de *Hirschmanniella oryzae*

	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Error estándar del promedio	CV (%)
<b>Medidas*</b>						
Longitud total	1 000	1 754	1 386	215 62	57 65	15 5
Estilete	17	23	19	1 91	0 51	10 1
Cono del estilete	7	12	9	1 43	0 38	16 6
Diámetro nódulos del estilete	3	5	4	0 51	0 13	11 8
OGDE	3	6	4	0 69	0 18	15 6
Estoma-cardia	103	122	111	8 84	3 60	7 9
Estoma-poro exc	92	160	125	19 96	5 33	16 0
Diámetro máximo	19	33	25	4 59	1 22	18 5
Esófago	152	353	256	60 60	17 51	23 6
Diámetro a nivel de la cloaca	14	22	18	2 81	0 81	15 7
Cola	73	106	86	10 14	2 80	11 8
Espículas	19	28	24	2 67	0 71	11 0
Gubernaculum	7	10	8	1 03	0 38	12 8
<b>Proporciones</b>						
a	42 6	72 6	56 5	8 22	2 19	14 5
b	11 7	14 9	13 4	1 12	0 45	8 3
b'	3 9	9 3	5 6	1 71	0 49	30 5
c	12 0	19 6	16 2	2 05	0 56	12 6
c'	3 8	5 8	4 8	0 60	0 18	12 5
<b>Porcentajes</b>						
M	38 8	64 7	45 9	6 39	1 70	13 9
O	16 7	31 3	23 5	4 45	1 18	10 9

\* Todas las medidas en  $\mu\text{m}$ , excepto la longitud total (mm) Valores obtenidos de 14 observaciones

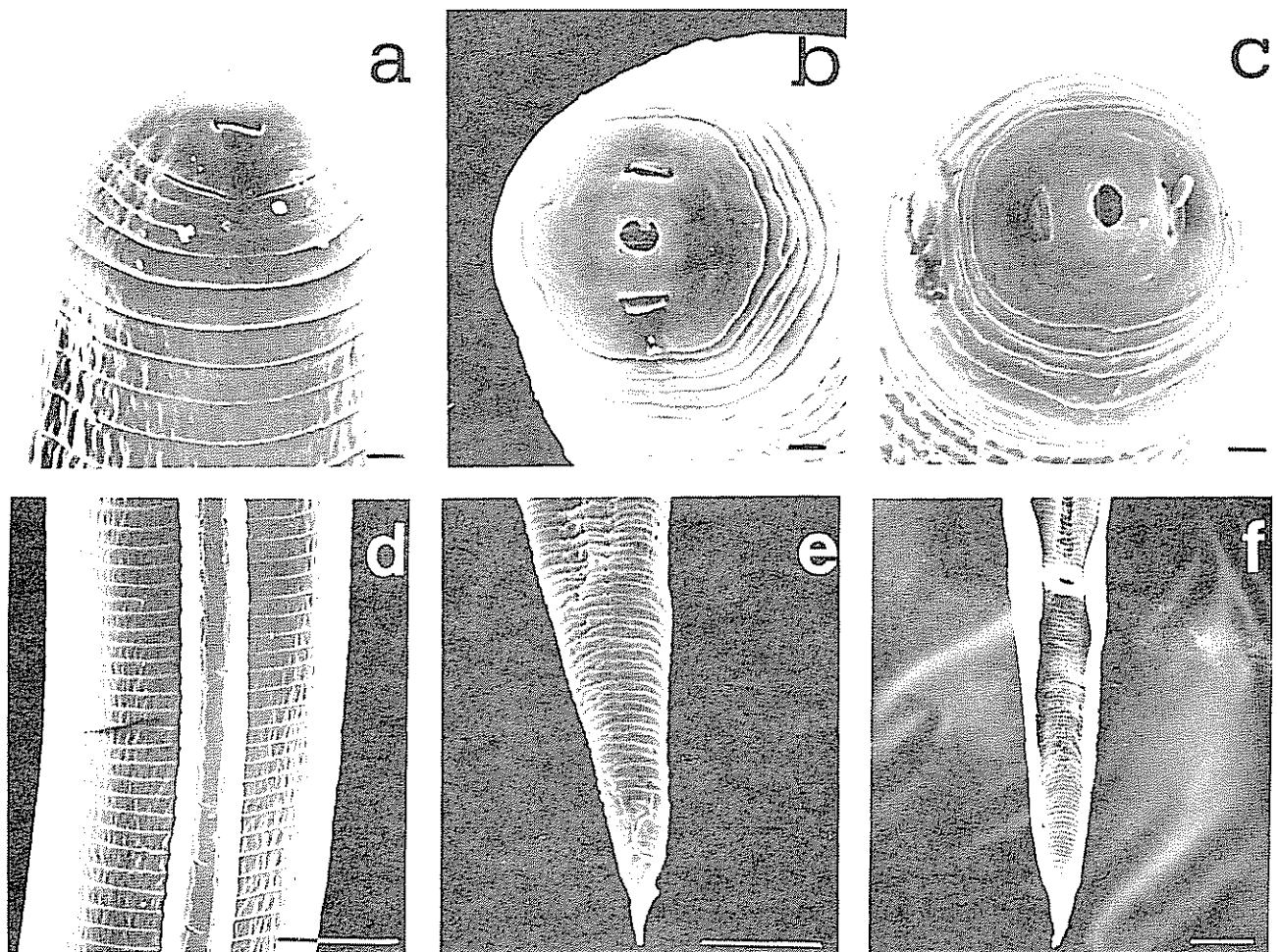


Fig 4 Fotomicrografías de *Hirschmanniella spinicaudata* con el microscopio electrónico de rastreo: a: región cefálica (hembra, lateral); b, c: vista frontal (hembras); d: campo lateral a mitad del cuerpo (hembra); e: cola (hembra); f: cola (macho). La barra en a, b y c = 5  $\mu$ m; en d, e y f = 10  $\mu$ m

de los machos (Fig 5e) era anulada, con aproximadamente 1/3 anterior y 2/3 posterior a la cloaca

Ambas especies fueron recuperadas únicamente de arrozales inundados o de arrozales de secano que tenían una tabla de agua muy cercana a la superficie: los suelos en estos sitios son *Typic Pellustert*, del orden de los *Vertisoles*; tienen una textura correspondiente a arcilla en todos los horizontes, un drenaje imperfecto o lento y un pH en agua entre 6 y 7

#### DISCUSION

Tanto *H. spinicaudata* como *H. oryzae* son especies patógenas del arroz (2, 6, 11, 13, 18), por lo que este primer informe de su presencia en Costa Rica

debe ser motivo de alerta para los productores de este cereal y para las autoridades fitosanitarias correspondientes. Van der Vecht y Bergman (18) y Muthukrishnan *et al.* (13) han señalado que el daño causado por *H. oryzae* depende en gran parte de las condiciones en que crece el arroz y que el crecimiento inicial de las plantas puede ser retardado por los nematodos, aunque posteriormente las mismas aparentemente se recuperan; sin embargo, su rendimiento es disminuido significativamente. Las observaciones hechas en los arrozales costarricenses en donde fue encontrada esta especie se hicieron al momento en que las plantas estaban formando la espiga o en una época previa a su cosecha; bajo esas condiciones, no fue posible detectar ningún síntoma que sugiriera un daño severo causado por este nematodo; una situación similar se presentó en los sitios donde se encon-

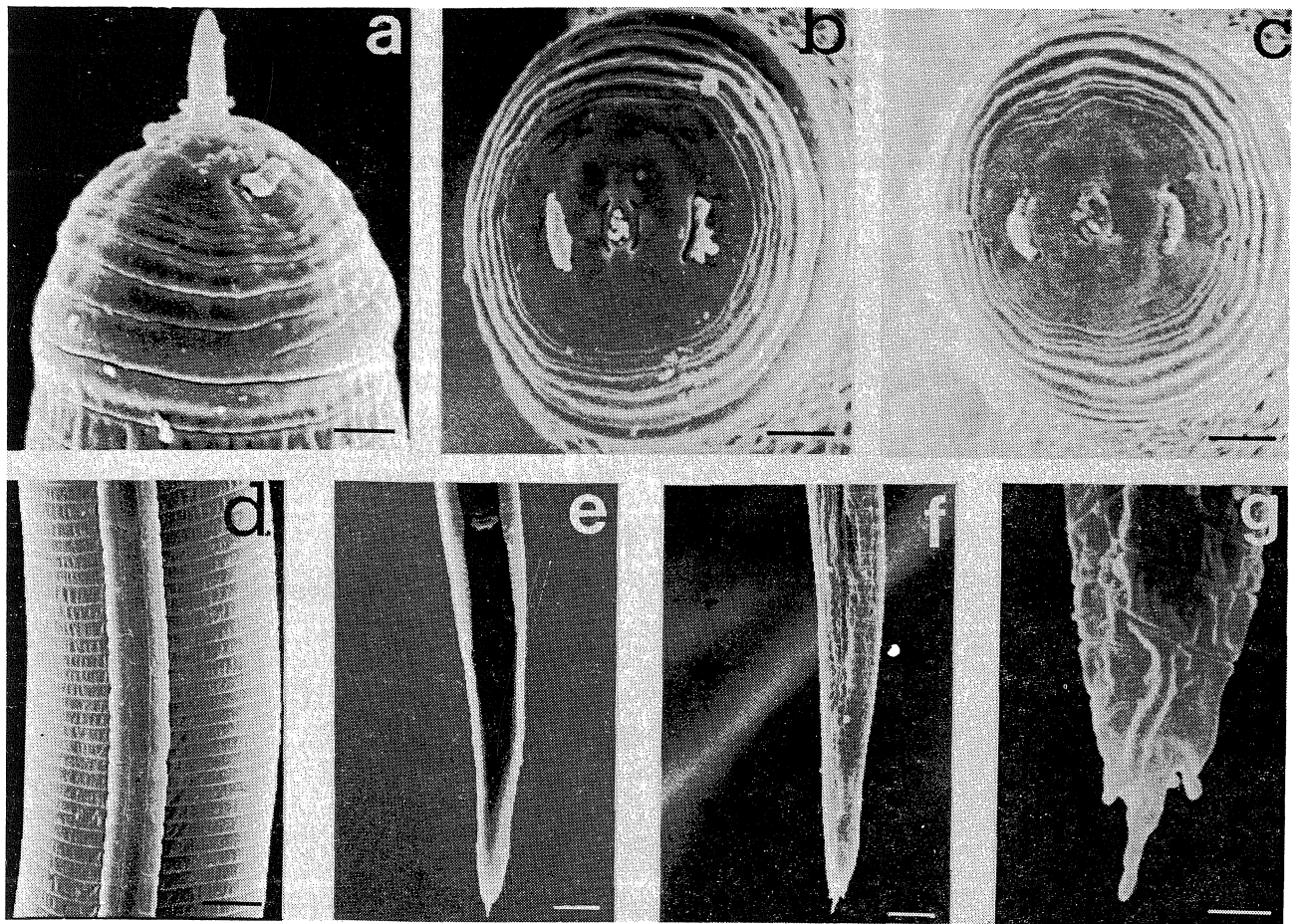


Fig. 5. Fotomicrografías de *Hirschmanniella oryzae* con el microscopio electrónico de rastreo. a: región cefálica (hembra, lateral); b, c: vista frontal (hembras); d: campo lateral a mitad del cuerpo (hembra); e: cola (macho); f: cola (hembra); g: mucro (hembra). La barra en a, b, c y g = 1  $\mu$ m; en d, e y f = 5  $\mu$ m.

tró la especie *H. spinicaudata*. Sin embargo, lo anterior no debe ser interpretado como evidencia de que estos nematodos no tienen importancia económica bajo condiciones locales; esta situación merece ser dilucidada mediante investigaciones futuras diseñadas específicamente para este propósito. Por otra parte, las características ecológicas de los sitios infestados por estos nematodos, v.g., arrozales inundados o de secano pero con una tabla de agua cercana a la superficie, coinciden con lo anotado por varios autores (2, 4, 12, 15) en el sentido de que estas especies se reproducen bien en arroz que crece en estos agroecosistemas.

Uno de los objetivos de este trabajo era el de definir aquellas características que sirvieran para diferenciar las dos especies de *Hirschmanniella* encontradas en Guanacaste. Si se utiliza el ML para este

propósito se puede usar L, el estilete, el cono del estilete, el diámetro de los nódulos del estilete, las distancias estoma-cardia y estoma-poro excretor, el diámetro máximo del cuerpo, la longitud del esófago y la de la cola y el porcentaje M, tanto de hembras como de machos, así como la distancia estomavulva y el diámetro anal de las hembras y el diámetro a nivel de la cloaca, las espículas y el gubernaculum de los machos; todas estas características son ostensiblemente mayores en *H. spinicaudata* que en *H. oryzae*; además, se puede usar la proporción a y el porcentaje O, los que son mayores en esta última especie. También se puede utilizar el mucro, presente en *H. oryzae* y ausente en *H. spinicaudata*. Si se utiliza el MER, el mayor tamaño de *H. spinicaudata* es una evidente diferencia con respecto a *H. oryzae*, así como las ocho depresiones lineales cortas, presentes en los sectores subdorsal y subventral del disco labial de *H. oryzae* pero ausentes en los de *H. spinicaudata*.

Al comparar los valores promedio de las medidas tomadas en machos y hembras de ambas especies con lo informado previamente por varios autores (3, 10, 11, 14, 15), se encontró que algunos de ellos fueron muy similares o idénticos y otros levemente mayores o menores a los informados para estas dos especies

Finalmente, es interesante mencionar que Aubert y Luc (1) encontraron una población de *H. spinicaudata*, proveniente de Senegal, que sólo tenía cuatro sensilas labiales internas alrededor de la abertura pre-tomática; esta observación contrasta con la presencia de seis sensilas en la población costarricense y refuerza el comentario de estos autores en el sentido de que la población estudiada por ellos era aberrante en esta característica. Asimismo, Siddiqi (16) informó que los campos laterales de *H. oryzae* no estaban areolados, excepto en la región del cuello y ocasionalmente, en forma incompleta, en la región caudal; en la población costarricense también se observó una areolación incompleta a mitad del cuerpo, tanto con el MER (Fig. 5d) como con el ML (Fig. 3f); es posible que esta característica varíe dentro de o con la población estudiada, lo que explicaría estas observaciones contradictorias.

#### LITERATURA CITADA

- AUBERT, V ; LUC, M. 1985. Observation au microscope électronique a balayage de *Hirschmanniella spinicaudata* (Sch. Stekh., 1944) (Nemata: Pratylenchidae). *Revue de Nematologie* (Francia) 8(2):179-181
- BABATOLA, J.O.; BRIDGE, J. 1979. Pathogenicity of *Hirschmanniella oryzae*, *H. spinicaudata*, and *H. imamuri* on rice. *Journal of Nematology* (EE UU) 11(2):128-132
- GOODEY, I. 1936. On *Anguillulina oryzae* (v. Breda de Hann, 1902) Goodey, 1932, a nematode parasite of the roots of rice, *Oryza sativa* L. *Journal of Helminthology* (Inglaterra) 14(2):107-112
- HOLLIS, J.P.; KEOBOONRUENG, S. 1984. Nematode parasites of rice. In *Plant and Insect Nematodes*. Ed. by W.R. Nickle. New York, Marcel Dekker, p. 95-146
- ICHINOE, M. 1972. Nematode diseases of rice. In *Economic Nematology*. Ed. by J.M. Webster. New York, Academic Press p. 127-143
- ISRAEL, P.; RAO, Y.S.; RAO, Y.R.V.J. 1963. Investigations on nematodes in rice and rice soils. I. *Oryza* (India) 1(2):125-128.
- LOPEZ, R.; SALAZAR, L. 1986. Nematodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. II. Variaciones intraespecíficas en *Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971. *Turrialba* (C.R.) 36(3):355-362
- LOPEZ, R.; SALAZAR, L. 1987. Nematodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. III. Microscopia electrónica de rastreo de *Meloidogyne salasi* y *Tylenchorhynchus annulatus*. *Turrialba* (C.R.) 37(1):77-84
- LOPEZ, R.; SALAZAR, L. 1987. Nematodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. V. Frecuencia y densidades poblacionales en las principales zonas productoras. *Agronomía Costarricense* (C.R.) 11(2): (en prensa).
- LUC, M.; FORTUNER, R. 1975. *Hirschmanniella spinicaudata*. Commonwealth Institute of Helminthology. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. No. 68. 3 p
- MATHUR, V.K.; PRASAD, S.K. 1972. Role of the rice root nematode *Hirschmanniella oryzae* in rice culture. *Indian Journal of Nematology* (India) 2(2):158-168.
- MERNY, G. 1970. Les nematodes phytoparasites des rizières inondées en Côte d'Ivoire. I. Les espèces observées. *Cahiers Orstom: Seric Biologie* (Francia) 11:3-43
- MUIHUKRISHNAM, T.S.; RAJENDRAN, G.; RAMAMURTHY, V.V.; CHANDRASEKARAN, J. 1977. Pathogenicity and control of *Hirschmanniella oryzae*. *Indian Journal of Nematology* (India) 7(1):8-16.
- SAMSOEN, L.; GERAERI, E. 1975. La faune nématologique des rizières du Cameroun. I. Ordre des Tylenchides. *Rev. Zool. Afr.* 89(3):536-553.
- SHER, S.A. 1968. Revision of the genus *Hirschmanniella* Luc & Goodey, 1963 (Nematoda: Tylenchoidea). *Nematologica* (Holanda) 14:243-275.
- SIDDIQI, M.R. 1973. *Hirschmanniella oryzae*. Commonwealth Institute of Helminthology. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. No. 26. 3 p.
- SIDDIQI, M.R. 1986. Tylenchida. Parasites of Plants and Insects. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, United Kingdom. 645 p.
- VECHI, J. VAN DER; BERGMAN, B.H.H. 1952. Studies on the nematode *Radopholus oryzae* (Van Breda de Hann) Thorne and its influence on the growth of the rice plant. General Agricultural Research Station, Bogor. *Pemberitaan Balai Besar Penelitian Pertanian* (Indonesia) No. 131. 82 p.