

**HONGOS DESTRUCTORES DE NEMATODOS EN ALGUNOS SUELOS  
DE MEXICO.  
CULTIVO E IDENTIFICACION DE DEPREDADORES Y PRESAS**

Por *Patricia Lappe\**  
y *Miguel Ulloa\**

**NEMATODE DESTROYING FUNGI IN SOME SOILS OF MEXICO.  
CULTIVATION AND IDENTIFICATION OF DEPREDATORS AND PREY**

**SUMMARY**

This paper describes the depredator-prey and endoparasite-host relationships between certain species of fungi and nematodes, observed in various samples of Mexican soils processed in the laboratory. These relationships were studied *in vitro*; five species of nematode-destroying fungi were found, three of them depredators (*Arthrobotrys conoides*, *A. dactyloides* and *A. oligospora*), and two endoparasites (*Harposporium anguillulae* and *Verticillium* sp.). These fungal species are cited for Mexico for the first time. The species of attacked nematodes belong to the genera *Rhabditis* (free living) and *Aphelenchus* (plant parasitic).

To isolate the fungi water-agar plates and dilute corn meal-agar plates (with and without nematode bait) were used, either sprinkled with powdered soil or inoculated with suspensions of soil and fungal spores obtained by differential centrifugation. Even though the five species of nematode-destroying fungi developed *in vitro* along with their prey, only the three species of *Arthrobotrys* were obtained in pure culture on V8-agar. The nematodes were isolated in water-agar plates and dilute corn meal-agar plates sprinkled with powdered soil, or by means of the Baermann's funnel; pure cultures of the two genera were obtained on water-agar plates partially covered with powdered peas.

In addition to reporting the fungus-nematode relationships, this paper presents illustrations of the organisms involved, brief descriptions of the identified fungi, and comments regarding their biological importance.

\* Laboratorio de Micología, Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México 04510, D. F.

## RESUMEN

En este trabajo se describen las relaciones depredador-presa y endoparásito-hospedero existentes entre algunas especies de hongos y nemátodos, observadas en varias muestras de suelos de México procesadas en el laboratorio. Dichas relaciones fueron estudiadas *in vitro*, obteniéndose el crecimiento de cinco especies de hongos destructores de nemátodos, tres de ellas depredadoras (*Arthrobotrys conoides*, *A. dactyloides* y *A. oligospora*) y dos endoparásitas (*Harposporium angillulae* y *Verticillium* sp.). Estas especies de hongos se citan por primera vez para México. Las especies de nemátodos atacadas pertenecen a los géneros *Rhabditis* (de vida libre) y *Aphelenchus* (fitoparásito).

Para aislar los hongos se utilizaron placas de agua-agar o de harina de maíz-agar diluido (con y sin carnada de nemátodos), espolvoreadas directamente con suelo o inoculadas con suspensiones de suelo y esporas fúngicas obtenidas por centrifugación diferencial. Aunque las cinco especies de hongos mencionadas se desarrollaron *in vitro* junto con los nemátodos atacados por ellas, solamente las tres especies de *Arthrobotrys* fueron obtenidas en cultivo puro en V8-agar. Los nemátodos que constituyeron las presas fueron aislados en placas de agua-agar y de harina de maíz agar diluido espolvoreadas con suelo, o por medio del embudo de Baermann, obteniéndose cultivos puros de los dos géneros citados en placas de agua-agar parcialmente cubiertas con chícharo seco y molido.

Además de reportar la relación hongo-nemátodo, este trabajo presenta ilustraciones de los organismos involucrados, breves descripciones de los hongos identificados e incluye consideraciones sobre su importancia biológica.

## INTRODUCCION

El suelo y los desechos orgánicos son sustratos en los que se presenta una vida microscópica abundante, cuyas poblaciones de diferentes organismos se correlacionan unas con otras, estableciéndose asociaciones depredadoras, parasíticas y simbióticas. Perteneciente a las primeras se encuentra la relación que establecen ciertos hongos nematófagos con sus presas. Los nemátodos comunmente atacados por estos hongos son cosmopolitas y constituyen los organismos más abundantes de la microfauna del suelo; son animales microscópicos, la mayoría de vida libre, que se alimentan por ingestión de bacterias y esporas e hifas de hongos, aunque también los hay parásitos de plantas y animales.

Los hongos destructores de nemátodos son aquellos que capturan, matan y consumen a estos animales, y que viven en el suelo, hojarasca, madera podrida, estiércol y otros restos vegetales en descomposición (Duddington, 1955). Dichos hongos pertenecen a varios grupos taxonómicos, incluyendo Chytridiomycetes, Oomycetes, Zygomycetes, Déuteromycetes y Basidiomycetes (Barron, 1977); presentan una serie de características morfológicas y fisiológicas particulares para poder adaptarse a su existencia nematófaga. Con base en las primeras se distinguen tres líneas evolutivas: una incluye a las especies atrapadoras que forman estructuras sofisticadas para capturar a sus presas; otra comprende a las especies endozoicas que tienen esporas pegajosas, las cuales se adhieren a la cutícula de los nemátodos o son ingeridas por éstos; y una más, que es considerada intermedia entre las dos anteriores (Duddington y Wyborn, 1972).

Además de las modificaciones morfológicas, existen especializaciones fisiológicas como la producción de sustancias pegajosas que recubren a las trampas, sustancias que atraen a los nemátodos, antibióticos para evitar que la presa sea consumida por otros microorganismos, y toxinas para inactivar a la presa (Barron, 1977).

Por conveniencia, los hongos destructores de nemátodos son clasificados en dos categorías: los depredadores y los endoparásitos. Los depredadores presentan un extenso sistema micelial que a intervalos regulares forman trampas, que pueden o no estar recubiertas de una sustancia adhesiva, utilizadas para capturar y retener a la presa mientras ésta es penetrada por hifas infectivas que consumen todo su contenido. Las trampas incluyen hifas, ramas, redes y botones adhesivos, anillos no constreñibles y anillos constreñibles. Desde el punto de vista evolutivo, el órgano de captura más primitivo es la hifa adhesiva, que se presenta en los hongos inferiores como los Zygomycetes, y en los hongos superiores la estructura más simple es la rama adhesiva, y la más sofisticada corresponde al anillo constreñible. Las esporas de los hongos depredadores son secas y grandes pues contienen mayor cantidad de sustancias de reserva que les permite, al germinar, desarrollar un micelio extenso con varios órganos de captura. Entre las especies más comunes se encuentran *Arthrobotrys oligospora* Fresenius, *A. conoides* Drechsler y *Dactylella cyanopaga* Drechsler (Duddington, 1955; Duddington y Wyborn, 1972; Barron, 1977).

Los hongos endoparásitos no desarrollan un micelio extenso por fuera del nemátodo, sino un micelio endozoico y sólo las estructuras esporíferas son producidas en el exterior de los animales parasitados. Existen en el medio ambiente en forma de pequeñas esporas húmedas con menor contenido de sustancias de reserva, pues únicamente requieren de la energía para penetrar la cutícula o el esófago del hospedero. Las especies más comunes de esta categoría pertenecen a los géneros *Harposporium* y *Acrostalagmus* (Duddington, 1955).

La primera publicación sobre un hongo destructor de nemátodos fue la de Lohde en 1874, en la cual se describió al endoparásito *Harposporium anguillulae* Lohde. Corda en 1834, Fresenius en 1852 y Woronin en 1870 ya habían observado órganos de captura, aunque sin poder establecer su función (Monoson, 1968). No fue sino hasta 1888 cuando Zopf esclareció la relación biológica existente entre los hongos depredadores y los nemátodos, aunque consideró incidental la captura de los animales. En 1933 Drechsler demostró que las redes producían una sustancia adhesiva que capturaba y retenía a la presa (Barron, 1977). Con los trabajos de Drechsler se inició una nueva etapa en el estudio de los hongos destructores de nemátodos, se describieron muchas especies nuevas y se estableció que la mayoría de ellas no presentaban especificidad hacia las presas por lo que se consideró la posibilidad de utilizar a los hongos depredadores, que fueron los únicos que pudieron ser cultivados más fácilmente en el laboratorio, como agentes de control biológico de nemátodos fitoparásitos. Así, en Hawaii Linford (1937), Linford *et al.* (1938a, 1938b) intentaron controlar al nemátodo nodulador de la raíz de la piña, *Heterodera marioni*, utilizando *A. oligospora* y otras especies de hongos depredadores; no obstante haber tenido éxito a nivel de invernadero, fracasaron a nivel de campo. Resultados similares fueron obtenidos por muchos otros investigadores (Duddington *et al.*, 1956; Duddington *et al.*, 1961; Godfrey y Duthoit, 1963).

Muchos otros investigadores, comenzando con Cooke (1962), han estudiado la ecología, la biología y la nutrición de los hongos depredadores para tratar de establecer cuáles son las condiciones que favorecen el establecimiento, la supervivencia y la activi-

dad depredadora eficiente de dichos hongos con el fin de ser utilizados como agentes de control biológico, obteniendo resultados positivos a escalas por arriba de invernadero, pero negativas a nivel de campo (Manakau, 1962; Cooke y Satchuthanathavale, 1968; Olthof y Estey, 1966, 1969).

En México, el estudio de los hongos destructores de nemátodos no ha recibido la atención que corresponde a su importancia biológica y práctica. Los autores del presente trabajo sólo tienen conocimiento de un estudio acerca del comportamiento de *Dactylaria leptospora* Drechsler como depredador *in vitro* de varias especies de nemátodos, como *Aphelenchus avenae*, *Meloidogyne incognita*, *Tylenchus* sp., *Diplogaster* sp. y *Helicotylenchus* sp. (Mundo Ocampo, 1978). Sin embargo, en este trabajo (aparentemente no publicado) no se indica la procedencia ni del hongo depredador ni de los nemátodos atacados.

Por lo anterior, se ha considerado adecuado comenzar con un trabajo de aislamiento, cultivo e identificación de las especies de hongos destructores de nemátodos, tanto depredadoras como endoparásitas, así como de los nemátodos atacados, a partir de varias muestras de suelo de México, con el objeto de estudiar la relación hongo-nemátodo *in vitro*, que sirva de base para otros estudios posteriores, tanto de aspectos básicos como aplicados. Además de estudiar dicha relación, otro objetivo del presente trabajo fue el de poner en práctica y hacer una evaluación preliminar de las técnicas utilizadas en otras partes del mundo, con el fin de ver cual de ellas era la más adecuada para aislar el mayor número de especies de hongos destructores de nemátodos presentes en el suelo.

## MATERIALES Y METODOS

La relación hongo-nemátodo fue observada en muestras de suelo procedentes de varias localidades del Distrito Federal (de una maceta, del bosque del Ajusco, del invernadero de la Dirección General de Sanidad Vegetal y de un jardín), y en una muestra procedente de un campo agrícola de Xalpa, Edo. de México. Para aislar los hongos destructores de nemátodos presentes en las muestras de suelo, se utilizaron las siguientes cuatro técnicas, descritas por Barron (1977): a) Inoculación de placas de medio de harina de maíz-agar (Difco), diluido a la mitad de su concentración normal (HMA1/2), con 1/2 a 1 g de suelo, y sin nemátodos como carnada para los hongos y b) Inoculación de placas de HMA1/2 y de agua-agar al 2% (AA) con 1/2 a 1 g de suelo, y con nemátodos adicionales como carnada. Estos nemátodos fueron aislados previamente de las muestras de suelo y cultivados según se describe posteriormente.

Estas dos técnicas son las más recomendables para aislar los hongos depredadores, particularmente la segunda debido a que los nemátodos añadidos ingieren bacterias, reducen la población de éstas y por consiguiente aumentan su propia población, de manera que los hongos depredadores encuentran un medio para desarrollarse más fácilmente, además de que los nemátodos les proporcionan una fuente específica de nutrientes que favorecen un desarrollo más temprano y vigoroso que el que se presentaría en ausencia de nemátodos adicionales; con los nemátodos presentes originalmente en el suelo, la sucesión natural de los microorganismos es más lenta por lo que los hongos depredadores aparecen más tardíamente.

c) Embudo de Baermann. Separación de nemátodos a partir de 200 g de suelo colo-

cados en una bolsa de papel sanitario dispuesta sobre una malla que descansa en la boca de un embudo de vidrio lleno de agua. Los nemátodos fueron recuperados después de 24 horas y algunos de ellos fueron utilizados como carnada para promover su infección por hongos, tanto depredadores como endoparásitos; otros nemátodos fueron colocados en vidrios de reloj con agua para observar directamente si ya se encontraban infectados desde antes de ser separados del suelo. Cuando así resultó, los animales infectados fueron transferidos a placas de HMA1/2 para observar el desarrollo de los hongos e intentar su aislamiento.

d) Centrifugación diferencial. A 200 g de suelo se le añadió 250 ml de agua y se mezcló durante 30 segundos. Posteriormente, la mezcla se coló a través de dos mallas (números 10 y 35) para separar el material más grueso. La suspensión de suelo fue repartida en frascos de centrífuga y centrifugada a 1100 rpm durante 2 minutos; el sobrenadante se decantó y fue nuevamente centrifugado a 4400 rpm durante 1 hora. Este último sobrenadante fue desechado y el residuo constituyó el inóculo de las placas de HMA1/2 y AA, las cuales fueron adicionadas posteriormente con una suspensión concentrada de nemátodos.

Esta técnica fue utilizada con el propósito de aislar hongos endoparásitos de nemátodos, ya que por tener esporas más pequeñas que las de los hongos depredadores, deben ser separadas del suelo y concentradas por medio de centrifugación. Los nemátodos utilizados como carnada fueron aislados con el embudo de Baermann y cultivados en placas de HMA1/2 adicionadas con chícharo en polvo (sopa de chícharo deshidratada marca Lipton), incubadas a 27°C durante varios días hasta obtener una población elevada. Para separar los nemátodos de estos cultivos se utilizó el embudo de Baermann siguiendo el procedimiento descrito en el inciso c), obteniéndolos libres de agar y detritos en una suspensión acuosa.

La observación de los hongos destructores de nemátodos se hizo directamente en las placas de HMA1/2 y AA y en los vidrios de reloj con agua, utilizando el estereomicroscopio. Cuando estos organismos fueron localizados se transfirieron junto con las presas a un portaobjetos para observar los detalles con el microscopio compuesto y lograr su identificación. Para identificar a los hongos se siguieron las claves de Cooke y Godfrey (1964) y para identificar a los nemátodos las de Goodey (1963) y Mai y Lyon (1975). Únicamente los hongos depredadores fueron aislados en cultivo puro, utilizando una aguja estéril para transferir los conidios, producidos sobre los conidióforos, a placas de V8 — agar (160 ml de jugo de 8 verduras marca Campbell, 20 g de agar, 3 g de CaCO<sub>3</sub> y 1000 ml de agua).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 1 indica las especies de hongos destructores de nemátodos encontradas en las cinco muestras de suelo procesadas en el laboratorio siguiendo cuatro diferentes técnicas de aislamiento; se puede ver que en todas las muestras de suelo se encontró la relación hongo-nemátodo y que el mayor número de especies de hongos destructores de nemátodos se presentó en las placas de HMA1/2 y AA espolvoreadas con el suelo de un campo agrícola de Xalpa, Edo. de México, y conteniendo como carnada los nemátodos previamente aislados de dicha muestra de suelo por medio del embudo de Baermann. Las especies de hongos encontradas variaron según el origen de la muestra de suelo y la

Tabla. 1. Especies de hongos destructores de nemátodos aislados utilizando cuatro diferentes técnicas.

Hongos aislados con las diferentes técnicas				
Muestras de Suelo	Placas de HMA1/2 <sup>a</sup> espolvoreadas con suelo. Sin nemátodos como carnada.	Placas de HMA1/2 y AA <sup>b</sup> espolvoreadas con suelo. Con nemátodos como carnada.	Placas de HMA1/2 y AA inoculadas con nemátodos infectados obtenidos con el embudo de Baermann.	Placas de HMA1/2 y AA inoculadas con suspensiones de suelo y esporas obtenidas por centrifugación diferencial.
1 De Maceta. México, D.F.	<i>A. conoides</i>	<i>A. conoides</i> <i>H. anguillulae</i> <i>Verticillium</i> sp.	<i>H. anguillulae</i>	<i>H. anguillulae</i> <i>Verticillium</i> sp.
2 Del bosque del Ajusco. México, D.F.	—	<i>A. conoides</i>	—	<i>A. conoides</i> <i>H. anguillulae</i>
3 De campo agrícola de Xalpa, Edo. de México.	<i>A. conoides</i> <i>A. oligospora</i>	<i>A. conoides</i> <i>A. dactyloides</i> <i>A. oligospora</i> <i>H. anguillulae</i>	—	<i>H. anguillulae</i>
4 De invernadero Dirección General de Sanidad Vegetal.	<i>A. conoides</i>	<i>A. conoides</i>	—	<i>A. dactyloides</i> <i>H. anguillulae</i>
5 De jardín México, D.F.	—	<i>A. dactyloides</i> <i>H. anguillulae</i>	—	<i>A. dactyloides</i>

<sup>a</sup> Medio de harina de maíz-agar diluido a la mitad de su concentración normal.

<sup>b</sup> Medio de agua-agar.

—Ausencia de hongos.

técnica utilizada, pero resultó claro que la carnada de nemátodos promovió el desarrollo de este tipo de hongos, incluyendo la formación de trampas, a partir del sexto día de haberse procesado la muestra. Esto se debe a que los nemátodos son una fuente de carbohidratos y otros nutrientes para estos hongos (Barron 1977). Cuando no se utilizaron nemátodos como carnada, en los primeros días aparecieron otros hongos del suelo, tales como Mucorales (*Mucor* sp.), el plasmodio blando de un Myxomycete,

Hyphomycetes (*Alternaria alternata* y *Doratomyces stemonitis*) y Ascomycetes (*Melanospora* sp.), y sólo hasta después de que la población de nemátodos nativa del suelo alcanzó un mayor número, alrededor del primer mes, se presentaron los hongos destructores de nemátodos. Esto indica que los últimos hongos no pueden competir eficientemente con los hongos saprobios en el hábitar del suelo y que es necesaria la presencia de nemátodos para inducir su mejor desarrollo y el hábito depredador o endoparásito en ese hábitar.

Según Cooke (1963a, 1963b), ninguno de los hongos depredadores puede ser considerado como saprobio, si bien algunas especies, como *A. oligospora*, al ser inoculadas en grandes cantidades en el suelo pueden competir satisfactoriamente con otras especies de hongos. En el presente estudio, las primeras especies de hongos depredadores que aparecieron fueron *A. oligospora* y/o *A. conoides* (ésta última más abundantemente), que según Cooke (1963a) son consideradas como especies más vigorosas, pues presentan un mayor índice de crecimiento, hecho que está ligado al tamaño y número de sus esporas. Una vez que estas especies alcanzaron su máximo desarrollo apareció *A. dactyloides* que es considerada como una especie de lento crecimiento y menos vigorosa (*op. cit.*).

Las especies de hongos endoparásitos, observadas en el presente estudio, aparecieron indistintamente, más o menos al mismo tiempo o después que los hongos depredadores vigorosos, sin que se presentara una sucesión particular en la infección de los nemátodos. La especie más abundante fue *Harposporium anguillulae* y la menos abundante *Verticillium* sp. (Tabla 1). Las especies de *Arthrobotrys* encontradas por los autores del presente trabajo se desarrollaron mejor en las placas de HMA1/2 que en las de AA, particularmente en aquellas adicionadas con nemátodos como carnada. Esto probablemente se debió a que el primer medio de cultivo proporcionó una fuente de energía adicional y diferente a la que proporcionaron los nemátodos, provocando un mejor desarrollo y una actividad depredadora más notable.

Con la técnica de inoculación de placas de HMA1/2 y AA con suspensiones de suelo y esporas obtenidas por centrifugación diferencial, no sólo se obtuvo el desarrollo de hongos endoparásitos de nemátodos, como *H. anguillulae* y *Verticillium* sp., que tienen esporas pequeñas, sino también de algunos hongos depredadores con esporas más grandes, tales como *A. conoides* y *A. dactyloides*. En el caso de esta última especie, que tiene esporas de un tamaño intermedio entre las de los depredadores, que son grandes y las de los endoparásitos, que son más pequeñas, se puede explicar su aislamiento utilizando la centrifugación diferencial, no así con la aparición de *A. conoides*. Barron (1969) hace la distinción de dos series de especies de *Arthrobotrys* según el tamaño de las esporas.

Todas las especies de hongos destructores de nemátodos descritas en este trabajo fueron observadas en cultivos mixtos, con los nemátodos que constituyeron las presas, en placas de HMA1/2 y AA inoculadas siguiendo las técnicas descritas en la sección de materiales y métodos, y sólo *H. anguillulae* fue encontrada infectando nemátodos aislados directamente del suelo, sin haber sido promovida la infección en cultivos mixtos. Esto concordó con lo descrito por Capstick *et al.* (1957) quienes encontraron que muy pocos nemátodos aislados directamente del humus estaban infectados por hongos depredadores, y la mayoría de los nemátodos infectados contenían *H. oxycoracum*. A continuación se describen las características morfológicas de las especies de hongos destructores de nemátodos encontradas en las muestras de suelo estudiadas.

*Arthrobotrys conoides* Drechsler

Figs. 1-5

En placas de V8A, la colonia es extendida, con un micelio blanquecino, floccoso, formado de hifas vegetativas hialinas, septadas y ramificadas, las cuales miden de 2 a 8  $\mu\text{m}$  de diámetro. Conidióforos erectos, hialinos, septados, usualmente no ramificados, de 4 a 8 (6)  $\mu\text{m}$  de diámetro en la base, y 2.5 a 5 (4)  $\mu\text{m}$  de diámetro en la punta, con una altura de 150 a 400 (275)  $\mu\text{m}$ .

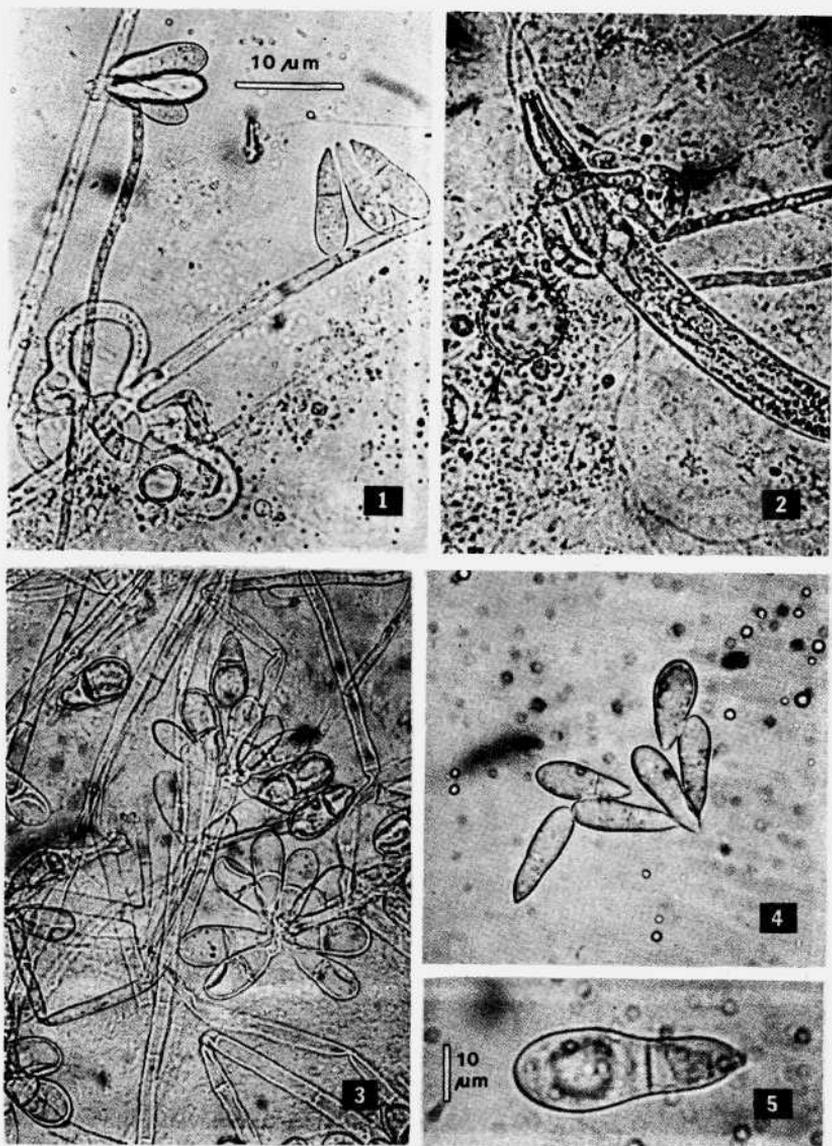
En placas de HMA1/2, y en presencia de nemátodos de los géneros *Rhabditis* y *Aphelenchus*, algunas hifas se entrelazan para formar anillos que después se anastomosan originando un sistema de redes tridimensionales, cubiertas por una sustancia adhesiva (Fig. 1), por medio de las cuales el hongo captura al nemátodo (Fig. 2), para posteriormente penetrarlo con hifas infectivas y consumir todo su contenido por medio de hifas asimilativas. Los conidióforos que emergen del micelio próximo a los nemátodos atrapados tienen su extremo globoso y generalmente presentan un solo racimo terminal o éste y otro racimo intercalar con hasta aproximadamente 30 conidios por racimo (Fig. 3). Cuando el hongo es cultivado en V8A, los conidióforos pueden ser de crecimiento percurrente, seguido de una sucesión en la formación de varios racimos intercalares, aunque con menor número de conidios por racimo. Los conidios son hialinos, obcónicos, algo aplanados en la base, redondeados en la punta y ligeramente constreñidos a nivel del septo, de 19 a 42 (38)  $\mu\text{m}$  de largo, 8 a 15 (9)  $\mu\text{m}$  de ancho, y con la célula más chica de 8 a 17 (9.5)  $\mu\text{m}$  de largo (Figs. 4-5). Clamidosporas globosas o elipsoidales, amarillentas, de 18 a 15 (20)  $\mu\text{m}$  de diámetro (Fig. 2).

*Arthrobotrys dactyloides* Drechsler

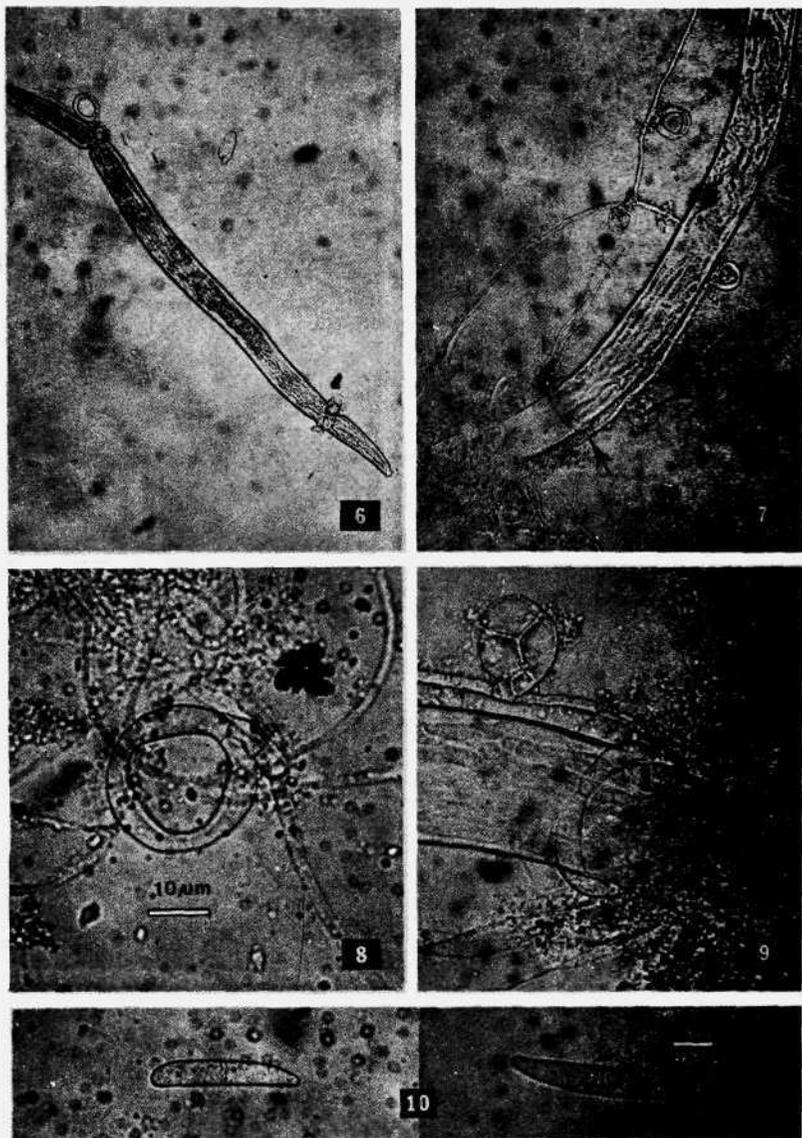
Figs. 6-10

En placas de V8A, la colonia es menos extendida y de crecimiento más lento que la de *A. conoides*, con micelio blanquecino, algo floccoso, formado de hifas vegetativas hialinas, septadas y ramificadas, que miden de 2 a 5 (3)  $\mu\text{m}$  de diámetro. Los conidióforos se forman esporádicamente.

En las placas de HMA1/2, y en presencia de nemátodos del género *Rhabditis*, el hongo desarrolla anillos, de 20 a 32 (29)  $\mu\text{m}$  de diámetro, constituidos de tres células curvadas, cada una de ellas de 20-28 (25)  $\mu\text{m}$  de largo y 4.5 a 7 (6)  $\mu\text{m}$  de ancho, en la parte media del anillo, y de 2.5 a 6 (5)  $\mu\text{m}$  de ancho en los extremos del mismo; la base de la primera célula y el extremo de la tercera célula de cada anillo están unidos entre sí, así como a la porción distal de un soporte curvo, de 7 a 14 (13.6)  $\mu\text{m}$  de largo y 4 a 5 (4.5)  $\mu\text{m}$  de ancho, el cual consta de dos células, la más pequeña de ellas próxima al anillo (Figs. 6-9). Después de que el nemátodo queda atrapado dentro del anillo, las células que lo forman se hinchan en el interior cerrando la luz del mismo y ocasionando la constricción del animal (Fig. 6); posteriormente, hifas infectivas penetran la presa y desarrollan hifas asimilativas que consumen su contenido. Los conidióforos que emergen del micelio cercano a las presas consumidas son erectos, hialinos, de 200 a 400 (320)  $\mu\text{m}$  de altura, 4 a 6  $\mu\text{m}$  de diámetro en la base, 2.5 a 3.5  $\mu\text{m}$  de diámetro en la punta donde se desarrolla un solo racimo de 4 a 13 conidios. Los conidios son hialinos, elongados, rectos o ligeramente curvados, con el extremo distal ancho y redondeado, que se angos-



Figuras 1-5. *Arthrobotrys conoides* en placas de HMA1/2. 1: red adhesiva, conidióforo y conidios,  $\times 500$ . 2: nemátodo del género *Rhabditis* atrapado, por su región anterior, en la red; clamidosporas (flecha),  $\times 500$ . 3: Conidióforos con racimos de conidios,  $\times 500$ . 4: conidios,  $\times 500$ . 5: conidios,  $\times 1000$ .



Figuras 6-10. *Arthrobotrys dactyloides* en placas de HMA1/2. 6: nemátodo del género *Rhabditis* atrapado en dos sitios por medio de anillos constreñidos,  $\times 500$ . 7: nemátodos del mismo género inserto en el anillo que todavía no se cerraba (flecha); varios anillos abiertos y uno cerrado (cabeza de flecha),  $\times 500$ . 8 y 9: detalles de la figura 7,  $\times 1200$ . 10: conidios,  $\times 800$ .

ta notoriamente hacia la base, de 32 a 48 (45)  $\mu\text{m}$  de largo y 7 a 9.5 (7.5)  $\mu\text{m}$  de ancho, con un septo en la porción media (Fig. 10).

*Arthrobotrys oligospora* Fresenius

Figs. 11-14

En placas de V8A, la colonia es extendida, translúcida, primero de color blanco y después de color rosado a salmón pálido, con el micelio compuesto de hifas vegetativas hialinas, septadas, ramificadas, muy compactadas en la superficie del medio de cultivo. Al desarrollarse los conidióforos, la colonia se vuelve flocosa; en cultivo puro pueden formarse de 8 a 30 racimos de conidios por cada conidióforo (Fig. 13), aunque ocasionalmente el desarrollo puede cesar con la producción de un solo racimo de conidios. Los conidios son ovoides, de 22 a 32 (27.8)  $\mu\text{m}$  de largo y 12 a 20 (12.3)  $\mu\text{m}$  de ancho, divididos en dos células desiguales, con el septo localizado a 2/5 partes de la longitud total, por lo que la célula distal es la más grande (Fig. 14).

En placas de HMA1/2, y en presencia de nemátodos de los géneros *Rhabditis* y *Aphelenchus*, se forman anillos discretos que posteriormente originan redes tridimensionales adhesivas (Figs. 11-12). Los conidióforos son más grandes que los de *A. conoides* y *A. dactyloides*, y pueden observarse a simple vista, dando el aspecto flooso y pulverulento a la colonia; presentan de 3 a 8 septos, con diámetro basal de 7 a 10 (8.5)  $\mu\text{m}$ , angostándose gradualmente hacia la punta donde miden de 4 a 6.5 (5)  $\mu\text{m}$  de diámetro. Los conidios presentan las mismas características descritas para el medio de V8A. Las clamidosporas son de una gran variedad de formas, aunque usualmente son cilíndricas o esferoidales, de color amarillento (Fig. 12).

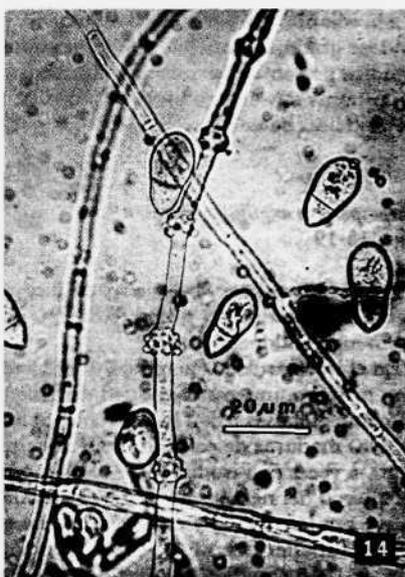
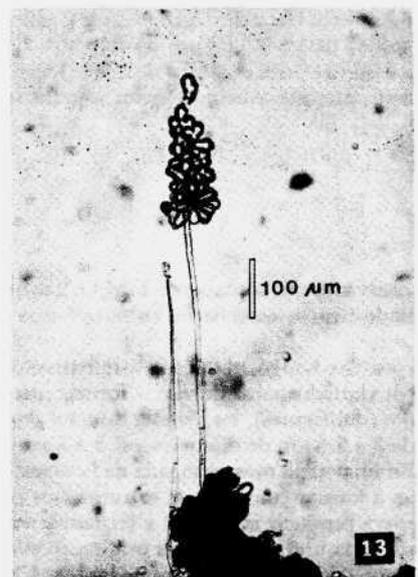
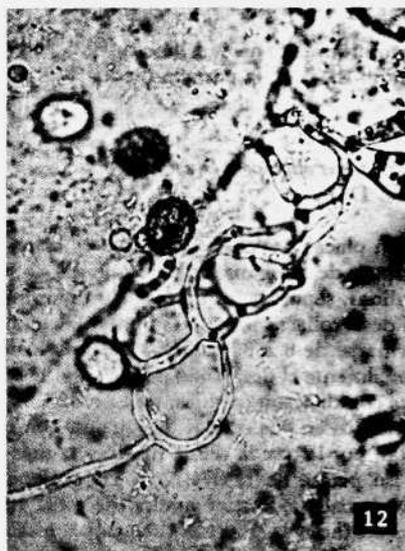
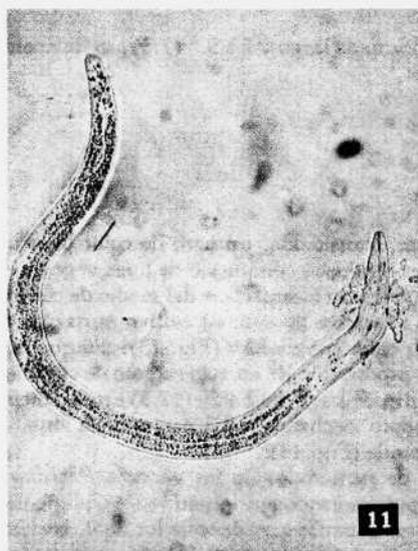
*Harposporium angillulae* Lohde

Figs. 15-19

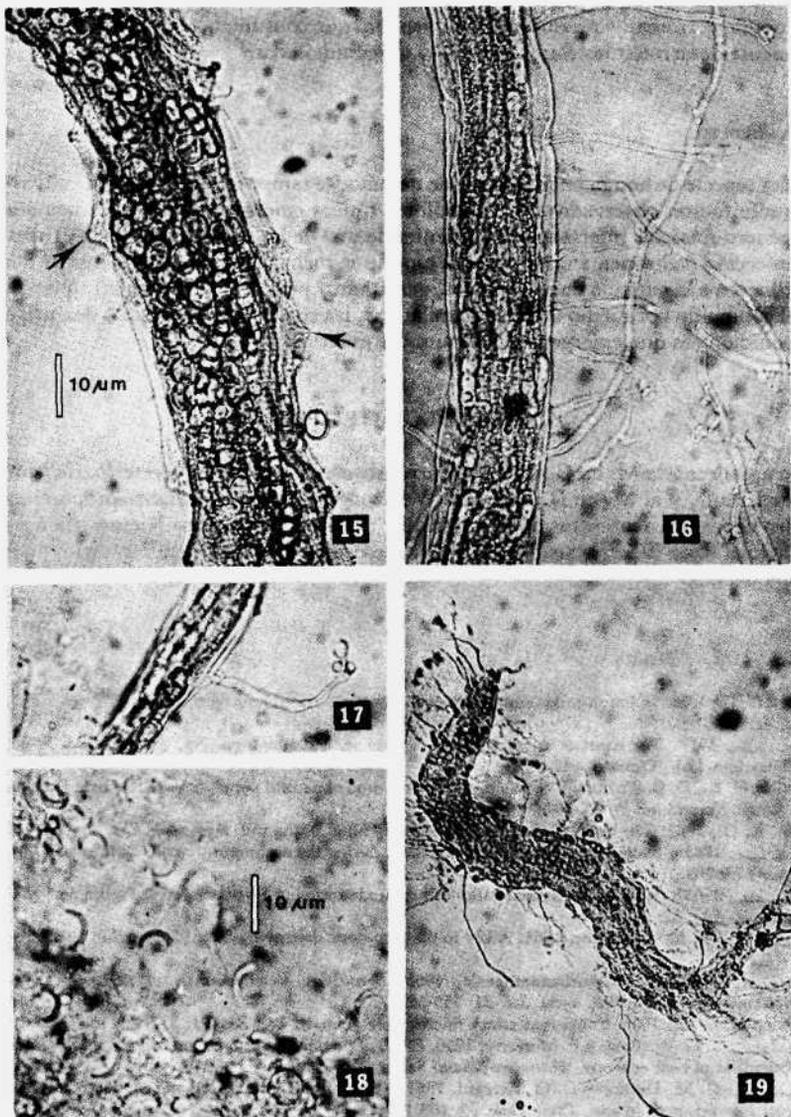
Las características de esta especie fueron observadas en las placas de HMA1/2 conteniendo nemátodos del género *Rhabditis* infectados; no se obtuvieron cultivos puros de este hongo endoparásito.

En el interior de los nemátodos infectados por este hongo, el micelio asimilativo origina primero una gran cantidad de cadenas de clamidosporas de varias formas, generalmente globosas o con los extremos achatados (doliiformes), las jóvenes de color dorado y las maduras de color moreno oscuro, de 3 a 5.6  $\mu\text{m}$  de diámetro y 3.5 a 7  $\mu\text{m}$  de largo, a veces casi isodiamétricas (Fig. 15). En una etapa más avanzada de la invasión del cuerpo del nemátodo, el micelio comienza a formar conidióforos errumpentes que atraviesan la cutícula y emergen de la presa para producir intercarar y terminalmente fiálides subsféricas, de 2.5-5  $\mu\text{m}$  de diámetro, cada una de las cuales origina en sucesión de 1 a 5 conidios falcados, unicelulares, que miden de 5 a 14  $\mu\text{m}$  de largo y 1.6 a 2.4  $\mu\text{m}$  de ancho.

Las esporas de este hongo son ingeridas sólo por especies de nemátodos de vida libre, como los *Rhabditidos*, que no tienen estilete; aunque las esporas son grandes pueden ser ingeridas, pero debido a la agudeza de sus extremos se atorán en el esófago del ani-



Figuras 11-14. *Arthrobotrys oligospora*; 11-12 en HMA1/2. 11: nemátodo del género *Aphelenchus* atrapado, por su región anterior, en la red,  $\times 150$ . 12: red adhesiva y clamidosporas,  $\times 500$ . 13: conidióforo con varios racimos de conidios en V8A,  $\times 100$ . 14: conidióforos y conidios en V8A,  $\times 800$ .



Figuras 15-19. *Harposporium anguillulae* en HMA1/2. 15: nemátodo del género *Rhabditis* repleto de clamidosporas; nótese los levantamientos de la cutícula (flechas) debido al desarrollo de los conidióforos hacia el exterior,  $\times 1200$ . 16: nemátodo del mismo género con clamidosporas y conidióforos,  $\times 500$ . 17: conidióforo con dos filáides y un conidio,  $\times 500$ . 18: conidios,  $\times 1000$ . 19: nemátodo del mismo género, en un estado avanzado de invasión,  $\times 500$ .

mal donde germinan y producen hifas infectivas que consumen a la víctima para posteriormente desarrollar las clamidosporas y los conidióforos.

#### *Verticillium* sp.

Esta especie de hongo endoparásita de nemátodos tampoco fue aislada en cultivo puro y sólo fueron observados los conidióforos típicos emergiendo de varios nemátodos del género *Rhabditis* infectados, procedentes de una de las muestras de suelo (Tabla 1). La infección de los nemátodos por esta especie se realiza cuando las esporas del hongo se adhieren a la cutícula de los gusanos, germinan y penetran a su cavidad consumiendo el contenido por medio de hifas asimilativas, las cuales posteriormente dan origen a los conidióforos que emergen de los animales muertos.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la M. en C. Elvira Aguirre Acosta, a la pasante de veterinaria Mónica Pérez Lizaur, y al M. en C. Fernando Velázquez Méndez, por haber proporcionado cuatro de las cinco muestras de suelo estudiadas; y a la Biól. Laura Nieto y a la pasante de bióloga Rosa Elena Manzilla por haber asesorado en la identificación de los géneros de nemátodos.

#### LITERATURA CITADA

- Barron, C. L., 1969. Isolation and maintenance of endoparasitic nematophagous Hyphomycetes. *Can. Jour. Bot.* 47: 1899-1902.
- \_\_\_\_\_, 1977. *The nematode destroying fungi*. Topics in Microbiology. No. 1. Canadian Biological Publications Ltd., Ontario, 140 p.
- Capstick, C. K., D. C. Twinn y J. S. Waid, 1957. Predation of natural populations of free living nematodes by fungi. *Nematologica* 2: 193-201.
- Cooke, R. C., 1962. The ecology of nematode trapping fungi in the soil. *Ann. appl. Biol.* 50: 507-513.
- \_\_\_\_\_, 1963a. Succession of nematophagous fungi during the decomposition of organic matter in soil. *Nature* 197: 205.
- \_\_\_\_\_, 1963b. Ecological characteristics of nematode trapping Hyphomycetes. Preliminary studies. *Ann. appl. Biol.* 52: 413-437.
- \_\_\_\_\_, y B. E. S. Godfrey, 1964. A key to the nematode destroying fungi. *Trans. Brit. mycol. Soc.* 47: 61-74.
- \_\_\_\_\_, y V. E. Satchuthananthavale, 1968. Sensitivity to mycostasis of nematode trapping Hyphomycetes. *Trans. Brit. mycol. Soc.* 51: 555-561.
- Duddington, C. L., 1955. Fungi that attack microscopic animals. *Bot. Rev.* 21: 377-439.
- \_\_\_\_\_, F. G. W. Jones y F. Moriarty, 1956. Effect of predaceous fungus and organic matter upon soil populations of beet eelworm, *Heterodera Schachtii* Schm. *Nematologica* 1: 344-348.
- \_\_\_\_\_, G. M. Duthoit y C. O. Everard, 1961. Effect of green manuring and predaceous fungus on cereal root eelworm in oats. *Plant. Path.* 10: 108-109.
- \_\_\_\_\_, y C. H. E. Wyborn, 1972. Recent research on the nematophagous Hyphomycetes. *Bot. Rev.* 38: 545-565.
- Godfrey, B. E. S. y C. M. G. Duthoit, 1963. Effect of green manure and predaceous fungus on cereal root eelworm in oats. *Plant. Path.* 12: 18.
- Gooday, T., 1963. *Soil and fresh water nematodes*. Segunda edición. Methuen & Co. Ltd., Londres, 544 p.
- Linford, M. B., 1937. Stimulated activity of natural enemies of nematodes. *Science* 85: 123-124.

- \_\_\_\_\_ y F. B. Yap, 1938a. Root-knot injury restricted by a nematode trapping fungus. *Phytopathology* 28: 14-15.
- \_\_\_\_\_ y J. J. Oliveira, 1938b. Reduction of soil populations of root-knot nematode during decomposition of organic matter. *Soil. Sci.* 45: 127-141.
- Mai, W. F. y H. H. Lyon, 1975. *Pictorial key to the genera of plant parasitic nematodes*. Cuarta edición. Cornell University Press, Londres, 218 p.
- Manakau, R., 1968. Soil fungistasis and nematophagous fungi. *Phytopathology* 52: 611-615.
- Monoson, H. L., 1968. Trapping effectiveness of five species of nematophagous fungi cultured with mycophagous nematodes. *Mycologia* 60: 788-801.
- Mundo Ocampo, M., 1978. Estudio sobre el comportamiento como predador de nemátodos de *Dactylaria leptospora*. Resúmenes del VII Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C. Oaxtepec Mor., pp 77-79.
- Olthof, T. H. A. y R. H. Estey, 1966. Carbon and nitrogen levels of a medium in relation to growth and nematophagous activity of *Arthrobotrys oligospora* Fresenius. *Nature* 209: 1158.
- \_\_\_\_\_, 1969. Reduction of root-knot of tomatoes in dextrose and ammonium nitrate amended soil infested with the nematophagous fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Nematologica* 15: 157-179.