

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS DEL SUELO QUE CAUSAN PUDRICIONES DE RAÍZ Y CUELLO DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) EN EL SURESTE DEL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO.

A. Cruz-Alcalá; C. Mendoza-Zamora; S. Romero-Cova

Maestría en Protección Vegetal. Depto. de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 56230.

RESUMEN

En el sureste del Estado de México y área colindante del Estado de Morelos, México, el tomate cultivar Río Grande, es muy afectado por enfermedades de la base del tallo y raíz; sin embargo, poco se sabe de su etiología. Por consiguiente, el presente trabajo tuvo como objetivo primario investigar qué hongos del suelo causan estas enfermedades; también se determinó su incidencia durante los ciclos 1992 y 1993. De entre los hongos del suelo que se aislaron, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. roseum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*, mostraron patogenicidad. La incidencia de las enfermedades causadas por estos hongos fue mayor en 1993 (2.0-16.3%) que en 1992 (3.1-7.2%).

PALABRAS CLAVE: Jitomate, enfermedades, incidencia, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*.

IDENTIFICATION OF SOILBORNE FUNGI PATHOGENIC TO STEM BASE AND ROOT OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) IN THE SOUTHEAST OF MEXICO STATE, MEXICO.

SUMMARY

In the southeastern part of Mexico State and adjacent area of Morelos State, Mexico, the tomato cultivar Río Grande, is heavily affected by basal stem and root rot diseases; however, little is known about their etiology. Therefore, the present work had as main objective to investigate which of the soilborne fungi cause these diseases; their incidence was also determined. Among the isolated soilborne fungi, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. roseum*, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum* showed pathogenicity. The disease incidence of these fungi was higher in 1993 (2.0-16.3%) than in 1992 (3.1-7.2%).

KEY WORDS: Diseases, incidence, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*.

INTRODUCCIÓN

Con respecto a hongos del suelo que dañan al tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Estado de Morelos, existen pocos reportes; entre ellos, el más importante parece ser el de Rodríguez (1972), que menciona a *Fusarium oxysporum* Schlecht, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora parasitica* Dastur. Pero, a juzgar por los reportes de Sánchez (1991) y, recientemente, de Cruz *et al.* (1998) en Sinaloa, así como por los síntomas que describen, muchos de los cuales son similares a los observados en Morelos, el número de hongos presentes en las áreas tomateras de esta entidad debe ser mucho mayor.

Los principales hongos del suelo, patógenos del tomate, que menciona Sánchez (1991) son:

Fusarium oxysporum (Schlecht) f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hansen. Este hongo causa marchitez y representa un serio problema en las principales áreas tomateras de todo el mundo (Bohn y Tucker, 1940). En 1974, González, estimó pérdidas en Sinaloa de \$200,000.000 pesos, por citar un ejemplo. Se conocen dos razas de este hongo: la raza 1 y la raza 2, esta última muy notable porque ataca a todos los cultivares altamente resistentes a la raza 1 (Booth, 1971), excepto el cultivar Walter (González, 1974).

Fusarium oxysporum (Schlecht) f. sp. *radicis-lycopersici* (Sacc.) Jarvis & Shoemaker. Esta nueva forma de *Fusarium oxysporum* se distingue de la anterior por su capacidad de atacar cultivares resistentes a las razas 1 y 2, a la berenjena (*Solanum melongena*) y al

pimiento (*Capsicum annuum*). Además, mientras *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* avanza sistémicamente hasta ramas y peciolos, ocasionando marchitamiento progresivo y defoliación de la planta, puede aislarse del cuello, ramas y peciolos, y la temperatura óptima para su desarrollo es de 28°C, *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* causa pudrición severa de raíz y corona, sólo puede aislarse de tejido localizado 1 a 2 cm de la lesión característica y crece de 18 a 20°C. Por otra parte, es una forma del hongo muy agresiva, causando pérdidas superiores al 50% de la cosecha.

Fusarium solani (Appel & Woll.) Snyder & Hansen. Muy conocido por la pudrición seca de la raíz del frijol, *F. solani* también causa pudrición del tallo y raíz del tomate en asociación con *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Botryosphaeria* y/o *Macrophomina*.

Phytophthora capsici Leo. Esta especie fue encontrada por primera vez en Nuevo México, U.S.A. por Leonian (1922), atacando cultivos de chile (*Capsicum annuum*). Después de 1992, fue descubierto en otros hospedantes, como calabaza (*Cucurbita* spp.), pepino (*Cucumis sativus*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), berenjena (*Solanum melongena*), etc. (Frezzi, 1950). Causa marchitez y pudrición de frutos.

Rhizoctonia solani Kühn. En California, U.S.A. se estimó que las pérdidas ocasionadas por *R. solani* ascendieron a 13 millones de dólares, como consecuencia de 33 000 acres perdidos (Baker, 1970). El hongo puede causar ahogamiento, canchros de tallo, pudrición de raíz, etc., en varios cultivos. En la corona y raíz del tomate causa una pudrición por lo que la planta se marchita y muere.

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) De Bary. Este hongo tiene una amplia distribución y causa enfermedades importantes en 22 especies vegetales de interés para el hombre, incluyendo la papa y el tomate (Romero, 1988; Blancard, 1992). Las lesiones café claro a oscuro que ocasiona, son suaves, húmedas y rápidamente son cubiertas por un moho blanco algodonoso que forma esclerocios negros, superficialmente y en la médula de los tallos y ramas infectadas (Cortés, 1995; Blancard, 1992).

Con base en lo anteriormente expuesto, se llevó a cabo el presente trabajo con los objetivos siguientes: identificar a los hongos del suelo, que causan enfermedades del cuello y raíz del tomate, y determinar el grado de incidencia de estas enfermedades en la región de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó durante los ciclos de cultivo 1992 y 1993 en el sureste del Estado de México y el área colindante del Estado de Morelos. Durante los ciclos mencionados se hicieron recorridos de campo,

observando el desarrollo de plantíos comerciales de tomate cultivar Río Grande y colectando plantas enfermas de pudrición de la base del tallo y/o de la raíz.

El área de estudio se limitó al Sur de Nepantla, Méx., y área colindante con Morelos, abarcando los poblados de: Nepantla, Achichipico, Santiago Tepecoculco, Tlalamac, Tlacatitlán, San Miguel y Hacienda la "Alborada", donde la precipitación media anual es de 1000 a 1200 mm y la temperatura media anual varía de 10 a 18°C.

El procesamiento de las plantas que se colectaron se realizó en el laboratorio de Micología de la Universidad Autónoma Chapingo, utilizando para el aislamiento, desarrollo y reproducción de hongos del suelo, los siguientes medios de cultivo: papa-dextrosa-agar (PDA) al 1.5%; agua destilada-agar (AA); harina de maíz-agar (HMA); jugo de tomate-agar (JTA); jugo V8-agar (V8-A); agua destilada estéril (ADE) y papa-dextrosa (PD). Las pruebas de patogenicidad se hicieron con semillas germinadas y plantas de tomate cultivar Río Grande en etapa de dos hojas verdaderas. Las semillas germinadas (sobre algodón estéril en cajas de Petri) fueron inoculadas (por inmersión en una suspensión de esporas) con 12 cepas que produjeron microconidios, macroconidios y clamidosporas, o macroconidios y clamidosporas. Los síntomas se registraron a las 24, 48 y 72 h, mediante observación visual, y a los 16 días, mediante el microscopio estereoscópico. Las plantas en etapa de dos hojas se inocularon por inmersión de la raíz en una suspensión de esporas de las 12 cepas anteriores, utilizando cinco plantas por cepa; los síntomas se registraron cada tercer día, durante las dos primeras semanas y, después, cada semana hasta la etapa de fructificación.

Un lote de plantas en condiciones de invernadero, se inoculó con tres cepas de hongos oomycetos. En este caso se inocularon cuatro plantas por cepa con una suspensión de zoosporas enquistadas, aplicándolas al nivel del suelo, el cual estaba no sólo saturado sino con agua libre; los síntomas se registraron a los 64, 90, 133 y 192 horas. Otro lote se inoculó con las mismas tres cepas, pero ahora con zoosporas en movimiento, utilizando cinco plantas por cepa; el método de inoculación fue el mismo que para las zoosporas enquistadas; los síntomas se registraron a las 49, 92 y 127 h.

Con una cepa, que no produjo conidios sino micelio de color blanco sucio, hifas gruesas y esclerocios pequeños, se inocularon cinco plantas, incorporando al suelo donde estaban las plantas, una suspensión de micelio, esclerocios y agar, molidos en una licuadora.

En todas las pruebas de patogenicidad se incluyó igual número de plantas como testigo (inoculadas con agua destilada estéril). La incidencia de enfermedades se estimó mediante conteo de tallos sanos y dañados en tramos de 10 m lineales de surco; se hicieron en total 120 conteos, revisando 15 960 tallos durante el ciclo 1992, y

un número similar y en los mismos puntos de muestreo, durante 1993. En ambos ciclos, los conteos se hicieron durante el mes de octubre, que es cuando la fructificación alcanza $\pm 70\%$ y los síntomas de las enfermedades se notan claramente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las muestras procesadas se aislaron 200 cepas de hongos y, de ellas se formaron 11 grupos, considerando tipo de micelio, aspecto y coloración de la colonia, así como estructuras reproductivas desarrolladas en el medio de cultivo; de esta manera se integraron seis grupos con características de *Fusarium*, tres con características de *Phytophthora*, un grupo tipo *Rhizoctonia* y uno más tipo *Sclerotinia*.

Grupos tipo *Fusarium*.

En las semillas de tomate germinadas e inoculadas con 12 cepas tipo *Fusarium* (F1 a F12) se desarrolló micelio blanco, manchas amarillentas y lesiones ascendentes en el tallo. Mediante reaislamientos se recuperaron las cepas F4, F5, F6, F7, F8 y F11, indicando que no todas las cepas de *Fusarium* son fitopatógenas, como lo mencionan Snyder *et al.* (1957), aunque sí lo son una gran mayoría, según se pudo apreciar en el presente estudio.

Para la identificación de especies, se utilizaron las claves de Snyder y Hansen (Romero, 1988), complementadas con las descripciones de Nelson *et al.* (1983). Según dichos autores, las cepas reaisladas (patógenas) corresponden a:

F4	<i>Fusarium roseum</i> cr. <i>acuminatum</i> (Link) Snyder & Hansen (Fig. 1A.)
F5 y F8	<i>Fusarium oxysporum</i> (Schl.) Snyder & Hansen (Fig. 1B.)
F6, F7 y F11	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Appel & Woll. (Fig. 1C.)

Las cepas que se inocularon en semillas germinadas, también se inocularon en plántulas (con dos hojas verdaderas). La cepa F4 no se logró reaislar y posiblemente sea debido a que es más específica para atacar semillas. Las cepas reaisladas e identificadas, en este caso, fueron:

F5 y F8	<i>Fusarium oxysporum</i> (Schl.) Snyder & Hansen.
F6, F7, F10 y F11	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Appel & Woll

La cepa F10 provocó síntomas y se reaisló de ellos, lo que indica que ésta puede ser más específica a raíz e hipocotilo de plántulas, ya que anteriormente en semillas no se logró su reaislamiento.

La Figura 1D muestra el ennegrecimiento del xilema que típicamente causa *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* en el tallo de plantas de tomate y la pudrición de raíces.

Grupo tipo *Phytophthora*.

Las plantas inoculadas con los aislamientos tipo *Phytophthora* (P1, P2 y P3) mostraron los siguientes síntomas: obscurecimiento del cuello a las 48 h, acompañado de una ligera constricción, que aumentó rápidamente, causando marchitez progresiva. Estos síntomas concuerdan con los descritos por León (1978) para el "damping off" ahogamiento de plántulas en Sinaloa; por otra parte, se detectó diferencia en el tiempo requerido para causar la postración de plantas, cuando se inoculó con zoosporas enquistadas (192 h) y cuando la inoculación se realizó con zoosporas en movimiento (27 h). Estos resultados se deben probablemente a que la inoculación con zoosporas móviles propició que una mayor cantidad de éstas se adheriera a la raíz y cuello de las plantas, y esta mayor cantidad de inóculo, abatiera más rápido a las plantas, lo cual concuerda con Neher y Duniway (1991), quienes trabajando con *P. parasitica* concluyeron que el desarrollo de los síntomas de la pudrición de raíz en tomate, depende de la cantidad de inóculo aplicado al suelo, en una época temprana del ciclo del cultivo.

La identificación de los hongos tipo *Phytophthora* se realizó siguiendo las claves de Waterhouse (1963), de acuerdo a las cuales, por sus características morfológicas: micelio cenocítico, esporangióforos simples o ramificados irregularmente, esporangios con papila grande, algunos con 2 papilas, 53 x 30 μm tamaño promedio, anteridios anfiginos y oosporas producidas heterotáticamente; los reaislamientos obtenidos (P1, P2 y P3) corresponden a *Phytophthora capsici* Leonian (Figura 2). La figura 3 muestra daños en el cuello de plantas de tomate colectadas en campo y en la figura 4 se aprecian los síntomas causados al inocular plántulas.

Grupo tipo *Rhizoctonia*.

De las muestras colectadas en campo con síntomas de pudrición seca en raíces y cuello (Figura 5) y con marchitez en la parte aérea de la planta, se aisló un hongo de micelio blanco sucio a café claro, que con el tiempo se puso oscuro y en pocos días formó una gran cantidad de pequeños esclerocios de color café oscuro, con diámetro menor o igual a 1 mm. Las plantas inoculadas con este hongo presentaron pequeñas canchales café claro de aspecto leñoso, seco y agrietados; además, la raíz principal mostró coloración café y algunas raicecillas y raíces secundarias cambiaron a un color oscuro en la parte cercana a la raíz principal. El reaislamiento de este

hongo, además de las características antes mencionadas, formó algunas septas casi en el punto de origen de las hifas más viejas y ramificaciones en ángulo recto (Figura 6). Estas características concuerdan con las que Parmeter y Whitney (1970) atribuyen a *Rhizoctonia solani* Kühn, por lo que este hongo es uno de los patógenos del cuello y raíz del tomate en el área de estudio.

Grupo tipo *Sclerotinia*.

En la zona de estudio se colectaron plantas de tomate que presentaron lesiones café-claro o color paja, en el cuello y algunas ramas, con fieltro blanco en algunas partes de la lesión y esclerocios negros en la superficie, pero principalmente, en el interior de los tallos infectados. El aislamiento e identificación de este patógeno se realizó con el apoyo de la clave de Köhn (1979) y con base en ella se concluyó que este hongo pertenece a la especie *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary (Figura 7 y 8).

Incidencia de enfermedades.

Durante 1992 y 1993 se cuantificaron tallos dañados por patógenos del suelo en 120 puntos del área de estudio. Los resultados obtenidos indicaron que: a). En todas las zonas muestreadas se presentaron daños por patógenos del suelo; b) los niveles de incidencia durante los ciclos 1992 y 1993 variaron de 3.1 a 7.2% y de 2.0 a 16.3%, respectivamente; en siete de las ocho zonas muestreadas se registró un incremento de las enfermedades ocasionadas por patógenos (Cuadro 1). Las variaciones encontradas dependen de la uniformidad topográfica, del tiempo en que se ha estado cultivando tomate en el mismo sitio, de la sanidad y origen de la plántula, y de las condiciones de humedad en el suelo. Asimismo el incremento en incidencia de un ciclo a otro fue debido al aumento de humedad, ya que el ciclo 1993 fue más lluvioso que el anterior.

Lo anterior, es un fenómeno que ocurre con patógenos del suelo; éstos, una vez establecidos en un terreno de cultivo son difíciles de erradicar por su gran diversidad genética (Blancard, 1992). Sin embargo, mucho podrá hacerse si se aplica el método de control integrado, que incluya: uso de variedades resistentes para *Fusarium oxysporum* (González, 1974), tratamiento del suelo con PCNB para *Rhizoctonia* y *Sclerotinia sclerotiorum* (Cruz et al., 1998), control biológico, etc.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación y bajo las condiciones que prevalecieron en el área de estudio durante 1992 y 1993 se establecen las siguientes conclusiones:

Las especies *Fusarium oxysporum* (Schl.) Snyder & Hansen, *Fusarium solani* (Mart.) Appel y Wr., *Fusarium roseum* (Kühn.) Snyder & Hansen, *Phytophthora capsici*

Leonian, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary, son algunos de los microorganismos del suelo que infectan al tomate y ocasionan daños a la raíz y cuello de la planta, con las consecuentes repercusiones en la producción de este cultivo.

La incidencia de enfermedades radicales y de cuello del tomate resultó mayor en 1993 que durante 1992, por lo que debiera seguirse realizando este tipo de evaluaciones, con el fin de precisar la tendencia de estas enfermedades en el mediano plazo y, con base en ello, tomar las medidas que se consideren apropiadas.

LITERATURA CITADA

- BAKER, K.F. 1970. Types of *Rhizoctonia* diseases and their occurrence, pp. 125-148. In: *Rhizoctonia solani* Biology and Pathology. Parmeter Jr., J.R. (ed.). University of California Press. Berkeley, USA.
- BLANCARD, D. 1992. Enfermedades del tomate. Observar, Identificar, Luchar. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 166-181.
- BOHN, G.M.; TUCKER, C.M. 1940. Studies of *Fusarium* wilt of the tomato, immunity in *Lycopersicon pimpinellifolium* and its inheritance in hybrids. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bulletin 311. 15 p.
- BOOT, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England. 237 p.
- CORTÉS B., T. 1995. Etiología y control del moho blanco en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Nepantla, México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 105 p.
- CRUZ O., J.; GARCÍA, R.; CARRILLO FACIO, A. 1998. Enfermedades de las hortalizas. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. México. 256 p.
- ESTRADA R., F.J. 1989. Etiología de la pudrición de la corona y raíz del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Sinaloa y San Luis Potosí y búsqueda de fuentes de resistencia al patógeno. Tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal, Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 47 p.
- FREZZI, M.J. 1950. Las especies de *Phytophthora* en la Argentina. Rev. de Investigación Agrícola 4(1):47-134.
- GONZALEZ G., R. 1974. Estudio sobre la marchitez del tomate causada por *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*, en el Valle de Culiacán, Sinaloa. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 70 p.
- KOHN, L.M. 1979. Delimitation of the economically important plant pathogenic *Sclerotinia* species. Phytopathology 69:881-886.
- LEON G., H.M. 1978. Enfermedades de los cultivos en el Estado de Sinaloa. Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Culiacán, Sinaloa, México. 213 p.
- MUÑOZ, R.M.; ALTAMIRANO, J.R.; CARMONA, M.J.; TRUJILLO, F.J.D.; LOPEZ, G.; CRUZ, A.A. 1995. Desarrollo de Ventajas Competitivas en la Agricultura. El caso de Tomate Rojo. Universidad Autónoma Chapingo-Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial-Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. Colección Estructura y Dinámica de los Sistemas Agroindustriales, D.F. México. 120 p.
- NEHER, D.; DUNIWAY, J.J. 1992. Dispersal of *Phytophthora parasitica* in tomato fields by furrow irrigation. Plant Dis. 76(6): 582-586.

- NELSON, P.E; TOUSSOUN, T.A.; MARASAS, W.F.O. 1983. *Fusarium* Species. An Illustrated Manual for Identification. The Pennsylvania State University Press. University of California. Park, USA. 193 p.
- PARMETER Jr. J.R.; SHITNEY, H.S. 1970. Taxonomy and nomenclature of the imperfect state, pp. 7-19. *In: Rhizoctonia solani* Biology and Pathology. Parmeter Jr., J.R. (ed.). University of California. Press., Berkeley, USA.
- RODRIGUEZ, H. 1972. Enfermedades parasitarias de los cultivos agrícolas en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Folleto misceláneo No. 23. 58 p.
- ROMERO C., S. 1988. Hongos Fitopatógenos. Dirección de Patronato Universitario, A.C. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México. 347 p.
- SÁNCHEZ C., M.A. 1991. Enfermedades del tomate, pp. 7-34. *In: Enfermedades de las Hortalizas*. Ramírez V.,J. (ed.). Universidad Autónoma de Sinaloa. Colección Agrónoma. Culiacán, Sinaloa, México.
- SNYDER, W.C.; HANSEN, H.N.; OSWALD, J.W. 1957. Cultivars of the fungus *Fusarium*. J. Madras Univ. B. 27(1): 92-185.
- WATERHOUSE, G.V. 1963. Key to the species of *Phytophthora*. Mycological Papers No. 92, C.M.I. Kew Surrey, England. 22 p.



Figura 1. Conidios, clamidosporas y estructuras fructíferas de diferentes tipos de hongos del suelo: *Fusarium roseum* var. *acuminatum* (A) - macroconidios (a), clamidosporas (b); *Fusarium oxysporum* (B) - macroconidios (a), micronidios (b); *Fusarium solani* (C) - macroconidios 100X (a), 40X (b), micronidios (c); *Fusarium oxysporum* (D) - ennegrecimiento del xilema en el tallo (a) y pudrición de raíces y xilema necrosado en el cuello de la planta (b) causado por *F. oxysporum*.

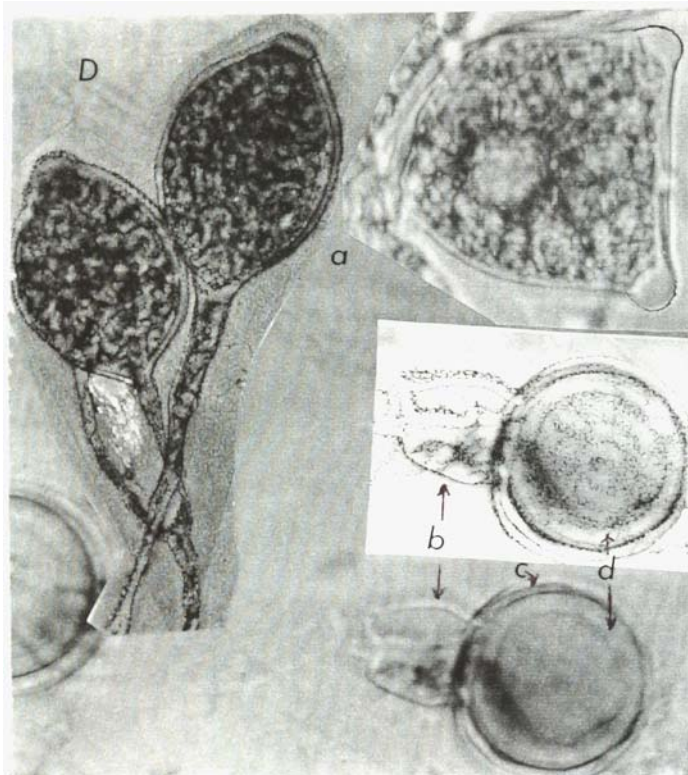


Figura 2. *Phytophthora capsici*, esporangios (a), anteridio (b), oogonio (c), oospora (d).



Figura 3. Lesiones oscuras en el cuello de tomate causadas por *Phytophthora capsici*.



Figura 4. Síntomas en planta de tomate inoculada con *Phytophthora capsici*.



Figura 5. Daños por *Rhizoctonia solani* en corona y raíz del tomate.



Figura 7. Moho blanco y esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* en cuello y ramas de tomate.

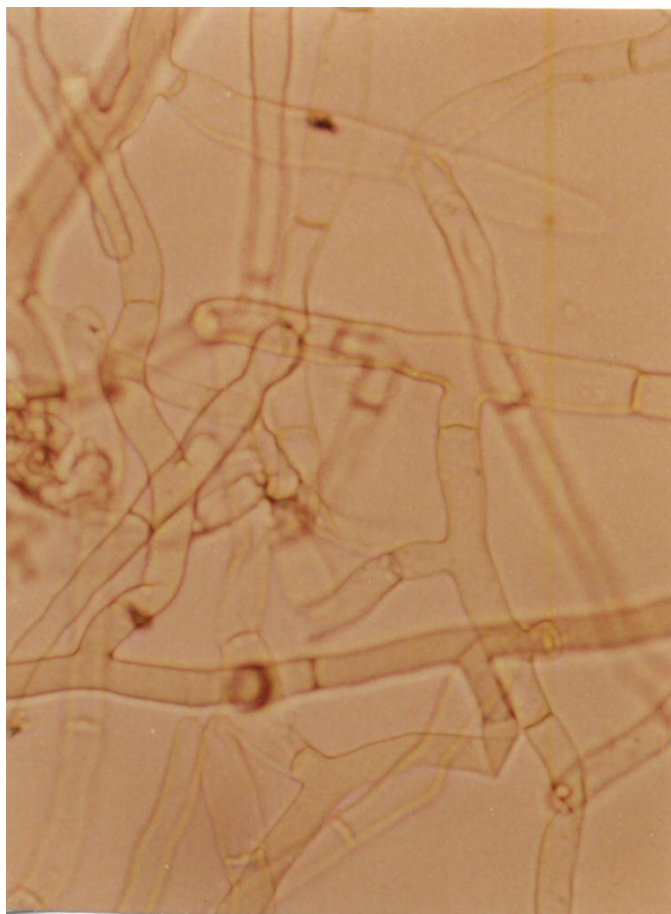


Figura 6. Micelio de *Rhizoctonia solani* con ramificaciones en ángulo recto

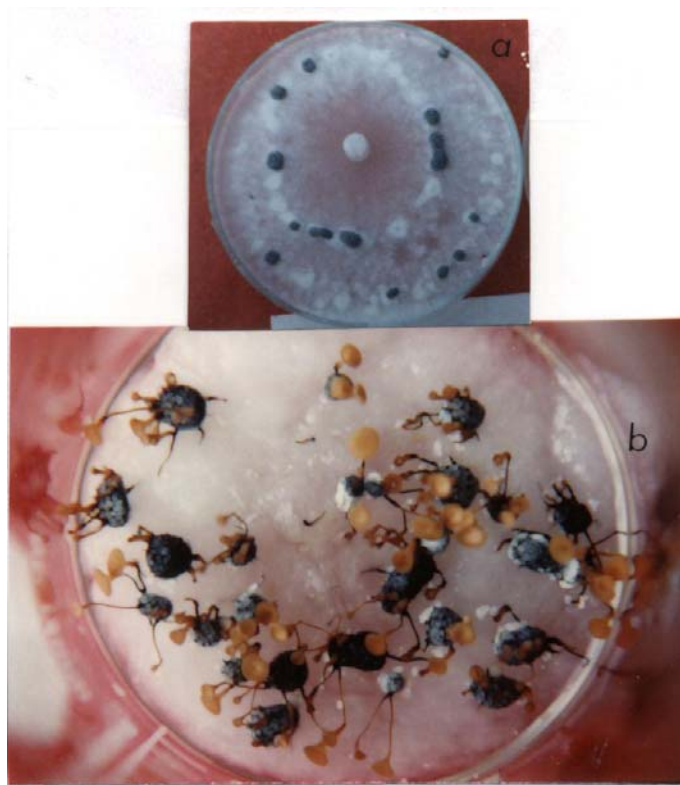


Figura 8. Micelio y esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* en PDA (a) y esclerocios germinando formando apotecios en cámara húmeda.