

BIODIVERSIDAD DE LOS HONGOS FITOPATÓGENOS DEL SUELO DE MÉXICO

Ma. del Pilar RODRÍGUEZ GUZMÁN

Instituto de Fitosanidad Colegio de Postgraduados
Montecillos Chapingo, Edo. de México, MÉXICO

RESUMEN

En México, el conocimiento que se tiene de los hongos patógenos de la raíz es principalmente sobre su biología, daños que causan en plantas de importancia agronómica y formas de control, principalmente biológicas. El mayor número de trabajos de investigación se ha realizado sobre los géneros *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Phymatotrichum*, debido al amplio rango de plantas hospedantes que atacan, a su distribución cosmopolita y a los elevados daños económicos que provocan en cultivos de importancia económica. Actualmente se carece de un conocimiento pleno y comprensivo del comportamiento dinámico de las enfermedades ocasionadas por estos patógenos de la raíz y de los componentes involucrados: el patógeno, el hospedante y el ambiente. Las futuras investigaciones en México sobre los hongos que atacan las raíces, deberán presentar una mayor integración y comprensión ecológica y epidemiológica que establezca con bases sólidas el manejo racional y sustentable de las enfermedades en los agroecosistemas. Se requiere también que las investigaciones tengan consistencia y seguimiento en el tiempo y el espacio, lo que permitiría tener el registro de datos históricos del comportamiento de las enfermedades causadas por los hongos fitopatógenos de la raíz de mayor importancia en la agricultura mexicana, con las posibilidades de predecir y evitar futuras epidemias y daños. El manejo sustentable del suelo deberá considerar también la regulación y normatividad del uso del suelo en los agroecosistemas del país.

Palabras Clave: epidemias de plantas, ecología, epidemiología, agroecosistemas, manejo sustentable.

ABSTRACT

In Mexico soilborne plant fungi studies have been mainly focused on their biology, damage, control (mainly biological control) and economic losses produced on economical important crops. Most of research has been done on genera *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Phymatotrichum* due to their wide host range, worldwide distribution and high crop damages. However, there is a need for more comprehensive studies of the diseases dynamic behavior caused by these soilborne plant fungi and the components involved in the disease expression: the pathogen, the host and the environment. Future research in Mexico should focus towards a biological and ecological integration of studies in order to build a rational and sustainable management of plant diseases in agroecosystems. It will be also required to have studies with more consistency and spatio-temporal continuity in order to get historical data records of the diseases caused by soilborne plant fungi in the major importance crops in the country. This will allow forecasting and avoidance of future severe epidemic damage. Sustainable soil management also requires regulation and normativity of soil use in mexican agroecosystems.

Key words: plant epidemics, ecology, epidemiology, agroecosystems, sustainable management.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los hongos fitopatógenos originan pérdidas que ascienden a miles de millones de dólares al año (National Academy of Sciences 1980). El daño que ocasionan no sólo se refiere a las pérdidas de producción económica, sino también a las pérdidas en la producción biológica, es decir a la alteración que existe en el crecimiento y desarrollo de las plantas hospedantes atacadas por estos microorganismos. En cuanto a las pérdidas económicas, éstas pueden ser de tipo cuantitativo y/o cualitativo (sabor, textura, color y forma) (Ashworth *et al.* 1981, Agrios 1988). De los diversos microorganismos fitopatógenos que atacan a las plantas, como pueden ser los virus, hongos, bacterias, nemátodos, fitoplasmas, y viroides, son los hongos el grupo que más enfermedades ocasiona y por lo tanto sobre el que más investigación se ha realizado. Se sabe que más de 8,000 especies de hongos pueden causar enfermedades en las plantas. Todas las plantas superiores pueden ser infectadas y dañadas por más de una especie de hongo fitopatógeno, y una especie de hongo fitopatógeno puede atacar a más de una especie de planta (National Academy of Sciences 1980, Agrios 1988).

Los hongos fitopatógenos con origen en el suelo los encontramos ocasionando daño en todos los suelos de los ecosistemas y agroecosistemas del mundo. Algunos géneros y especies presentan una gran capacidad de adaptación y se encuentran ampliamente distribuidos, mientras que otros presentan características de adaptación más limitadas o bien son sumamente especializados, lo cual restringe su distribución (Cook & Baker 1983). Esta capacidad adaptativa de los hongos fitopatógenos va a depender en gran medida del grado de relación que han desarrollado con sus plantas hospedantes, es decir, si son parásitos obligados, parásitos facultativos, o saprófitos facultativos. La cantidad de estudios e investigaciones en algunos grupos depende en gran parte de la importancia económica de los cultivos o plantas que dañan.

La importancia de los hongos fitopatógenos del suelo que atacan la raíz, no se limita sólo al daño que ocasionan en las plantas hospedantes, sino también debe considerarse el papel que juegan dentro de las cadenas tróficas y en las diversas relaciones que establecen con otros microorganismos del suelo (Agrios 1988, Lumsden 1981). Pocos son los trabajos que se han realizado bajo un enfoque ecológico, sobre la relación fitopatógenos-plantas hospedantes tanto en los sistemas naturales como en los agroecosistemas (Harper 1990, Alexander 1990, Augspurger 1990, Dinooor & Eshed 1990), a nivel de poblaciones o de comunidades, y que analicen los cambios en su dinámica temporal y espacial debido a las diferentes actividades de perturbación y manejo de los sistemas (Christensen 1981).

En esta revisión se presenta una síntesis actualizada de los hongos fitopatógenos de la raíz (HOFIR) que más frecuentemente encontramos en los suelos de México, su importancia biológica, ecológica y económica, el tipo de estudios que se han realizado en el país y los métodos que se han empleado para su control y/o manejo. Al final se discuten las necesidades y perspectivas futuras para lograr un manejo sustentable del suelo de los agroecosistemas.

RESULTADOS

Para llevar a cabo esta síntesis, se realizó una selección de los géneros de hongos fitopatógenos edáficos más importantes por su incidencia, severidad y pérdidas económicas que ocasionan en los agroecosistemas de las regiones subtropicales y tropicales, con especial énfasis en México: *Phytophthora spp.*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Fusarium spp.*, *Macrophomina sp.*, *Verticillium spp.*, *Sclerotium spp.*, *Sclerotinia spp.*, *Phymatotrichum sp.*, *Rosellinia sp.* y *Armillaria spp.* El Cuadro 1 resume algunas características de las especies más importantes de cada uno de los once géneros de HOFIR seleccionados, su distribución mundial, y el número de especies de plantas que han sido reportadas como hospedantes. De estas especies, se puede decir que *Phytophthora cinnamomi* es sobre la cual se ha realizado mayor trabajo de investigación (biología, ecología, epidemiología y manejo), probablemente por ser un patógeno que ataca a más de 900 especies botánicas y estar ampliamente distribuido en todo el mundo (Zetmyer 1980, Erwin *et al.* 1983).

Estudios realizados con hongos fitopatógenos de la raíz

La mayor parte de los estudios que sobre los hongos fitopatógenos del suelo se han realizado en el mundo y en México son principalmente sobre su biología (ciclo de vida, tipo de reproducción, sobrevivencia, rango de plantas hospedantes, factores ambientales), la sintomatología y daños que ocasionan (pérdidas en la producción comercial), formas de control y, en algunos casos, su distribución geográfica.

El enfoque reduccionista que ha prevalecido en el estudio agronómico de los fitopatógenos y los pocos trabajos que existen sobre su comportamiento en los sistemas naturales, (en donde generalmente no causan un daño severo sobre sus hospedantes silvestres) ha encaminado el desarrollo de la Fitopatología hacia el estudio del patógeno y a su control. Este último tipo de estudios, sin embargo, generalmente carecen de un conocimiento pleno y comprensivo del comportamiento dinámico de las enfermedades ocasionadas por los hongos fitopatógenos y de los componentes involucrados en la expresión de las

enfermedades. Es hasta después de 1963 con los trabajos de Vander Plank (1960-1963) y con el desarrollo de la Epidemiología Botánica principalmente de 1970 a 1990 (Zadoks & Schein 1979, Campbell & Madden 1990) que se inicia el estudio integrado de las enfermedades ocasionadas por microorganismos fitopatógenos, considerándose en el análisis el modelo del "Triángulo de la Enfermedad": 1) la planta hospedante, 2) el organismo patógeno, y 3) el ambiente (Zadoks & Schein 1979, 1980).

En México, ha sido hasta 1980 cuando se inician los estudios integrados y dinámicos de los organismos fitopatógenos en respuesta al interés y desarrollo de la Epidemiología Agrícola (Frías & García 1981, Rodríguez 1981). Si bien a partir de 1986 empiezan a aplicarse en forma más generalizada modelos cuantitativos en el estudio temporal y espacial de los organismos fitopatógenos (Rodríguez 1999), incluyendo a los HOFIR, la mayoría de estos trabajos requiere aún de una integración y comprensión biológica y ecológica que permita establecer sobre bases sólidas el manejo sustentable de las enfermedades en plantas de interés agrícola. Por otra parte, se carece de datos históricos de las enfermedades o epidemias causadas por los fitopatógenos y los HOFIR de mayor importancia en la agricultura mexicana.

Estudios realizados con hongos fitopatógenos de la raíz

La mayor parte de los estudios que sobre los hongos fitopatógenos del suelo se han realizado en el mundo y en México son principalmente sobre su biología (ciclo de vida, tipo de reproducción, sobrevivencia, rango de plantas hospedantes, factores ambientales), la sintomatología y daños que ocasionan (pérdidas en la producción comercial), formas de control y en algunos casos, su distribución geográfica.

El enfoque reduccionista que ha prevalecido en el estudio agronómico de los fitopatógenos y los pocos trabajos que existen sobre su comportamiento en los sistemas naturales (en donde generalmente no causan un daño severo sobre sus hospedantes silvestres) ha encaminado el desarrollo de la Fitopatología hacia el estudio del patógeno y a su control. Este último tipo de estudios, sin embargo, generalmente carecen de un conocimiento pleno y comprensivo del comportamiento dinámico de las enfermedades ocasionadas por los hongos fitopatógenos y de los componentes involucrados en la expresión de las enfermedades. Es hasta después de 1963 con los trabajos de Vander Plank (1960-1963) y con el desarrollo de la Epidemiología Botánica principalmente de 1970 a 1990 (Zadoks & Schein 1979, Campbell & Madden 1990) que se inicia el estudio integrado de las enfermedades ocasionadas por microorganismos fitopatógenos, considerándose en el análisis el modelo del "Triángulo de la Enfermedad": 1) la

planta hospedante, 2) el organismo patógeno, y 3) el ambiente (Zadoks & Schein, 1979, 1980).

Cuadro 1

Géneros y especies de hongos fitopatógenos de la raíz más importantes en las regiones subtropicales y tropicales de México.

Género y Especies más importantes	Distribución mundial	No. de taxa de plantas hospedantes atacadas	Referencias
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	Cosmopolita	Más de 900 especies	Zentmyer 1980, Erwin <i>et al.</i> 1983, Farr <i>et al.</i> 1989
<i>P. palmivora</i>	Regiones cálido-templadas, tropicales y subtropicales	Más de 30 géneros	Erwin <i>et al.</i> 1983, Farr <i>et al.</i> 1989
<i>P. infestans</i>	Cosmopolita	Dos géneros: <i>Solanum</i> y <i>Lycopersicon</i>	Erwin <i>et al.</i> 1983, Farr <i>et al.</i> 1989.
<i>Pythium myriotyfum</i>	Regiones cálidas	16 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>P. ultimum</i>	Cosmopolita	Más de 100 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>P. aphanidermatum</i>	Cosmopolita, especialmente común en las regiones cálidas	Más de 60 especies	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>Rhizoctonia solani</i>	Cosmopolita	Más de 160 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989, Carling & Summer 1992
<i>Fusarium oxysporum</i>	Cosmopolita	Más de 120 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989, Windels 1992
<i>F. solani</i>	Cosmopolita	Más de 89 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989, Windels 1992
<i>Phymatotrichum omnivorum</i>	Suroeste de Estados Unidos y Norte de México	Más de 2,000 especies	Streets & Bloss 1973; Farr <i>et al.</i> 1989
<i>Sclerotium cepivorum</i>	Cosmopolita	Un solo género: <i>Allium</i> spp.	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>S. roffsii</i>	Cosmopolita	Más de 250 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Cosmopolita, más común en las regiones húmedas y frescas	Más de 140 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>Sclerotinia minor</i>	Regiones templadas	16 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>Verticillium albo-atrum</i>	Cosmopolita, más común en regiones templadas.	Más de 150 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989, Romero 1988
<i>V. dahliae</i>	Cosmopolita, más común en regiones templadas y subtropicales	27 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989, Romero 1988
<i>V. lecanii</i>	Cosmopolita	-----	Farr <i>et al.</i> 1989, Romero 1988
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Cosmopolita, más común en regiones subtropicales y tropicales	Más de 115 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989
<i>Rosellinia necatrix</i>	Cosmopolita	13 géneros	Farr <i>et al.</i> 1989, Romero 1988
<i>Armillaria melea</i>	Cosmopolita	Más de 176 especies	Farr <i>et al.</i> 1989, Romero 1988

En México, ha sido hasta 1980 cuando se inician los estudios integrados y dinámicos de los organismos fitopatógenos en respuesta al interés y desarrollo de la Epidemiología Agrícola (Frías & García 1981, Rodríguez 1981). Si bien a partir de 1986 empiezan a aplicarse en forma más generalizada modelos cuantitativos en el estudio temporal y espacial de los organismos fitopatógenos (Rodríguez 1999), incluyendo a los HOFIR, la mayoría de estos trabajos requiere aún de una integración y comprensión biológica y ecológica que permita establecer sobre bases sólidas el manejo sustentable de las enfermedades en plantas de interés agrícola. Por otra parte, se carece de datos históricos de las enfermedades o epidemias causadas por los fitopatógenos y los HOFIR de mayor importancia en la agricultura mexicana.

En el aspecto de control químico, se han llevado a cabo investigaciones sobre la aplicación y efecto que pueden tener diferentes fungicidas en el desarrollo de los HOFIR o bien en la infección que ocasionan en las plantas (Sandoval *et al.* 1987, Lozano & Ponce 1988, Díaz 1989, Vega & Herrera 1989, Juárez 1989 Pérez *et al.* 1990, Ramírez 1991, Mendoza *et al.* 1992, Hernández *et al.* 1998). De los diferentes estudios realizados sobre los HOFIR en México, una tercera parte han sido enfocados hacia el control biológico a través de la manipulación de los agroecosistemas, partiendo de la detección y estudio de los llamados suelos supresivos (Frías & García 1981, Lumsden *et al.* 1981, 1987, Rodríguez & García 1983, Zuckerman *et al.* 1989). Un suelo supresivo se define como aquél en el cual el desarrollo de la enfermedad es suprimido aún cuando el patógeno sea introducido en presencia de un hospedante susceptible (Baker & Cook 1974). El concepto de suelo supresivo incluye procesos como fungistasis, habilidad saprofítica competitiva, y otras interacciones del patógeno y la enfermedad (Huber & Schneider 1982). Una característica común de los suelos supresivos parece ser el alto contenido de materia orgánica y la elevada actividad microbiana de los mismos, condiciones que favorecen el establecimiento de diferentes y frecuentes relaciones entre los microorganismos del suelo (bacterias, nematodos, actinomicetes, protozoarios, hongos saprófitos o hiperparásitos) con los hongos fitopatógenos. De tal forma que un factor importante a considerar en el manejo de los suelos agrícolas es el enriquecimiento de estos suelos a través de la incorporación de materia orgánica, y en consecuencia favorecer el incremento de la presencia y actividad de organismos antagónicos a los diversos hongos fitopatógenos de mayor importancia, o bien incorporando directamente poblaciones del inóculo de organismos antagónicos como son *Trichoderma*, *Gliocadium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Sporidesmium*, etc.

A nivel mundial, la mayor cantidad de trabajos de investigación se han realizado sobre *Phytophthora infestans*, *P. cinnamomi*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia solani* y

Fusarium spp. *F. cinnamomi*, que ataca a más de 900 hospedantes, es el hongo fitopatógeno del suelo más estudiado (Zentmyer 1980, Erwin *et al.* 1983). Esta especie es seguida en importancia por *F. infestans*, el patógeno que ocasiona el "tizón tardío" de la papa y cuyos efectos devastadores en Irlanda y el norte de Europa durante 1845-1846 provocaron hambrunas que diezmaron las poblaciones y ocasionaron grandes movimientos migratorios hacia América del Norte (Bourke 1964, Campbell & Madden 1990).

Por lo que respecta a México, es también sobre los cuatro géneros anteriores en donde encontramos el mayor número de trabajos. Sin embargo es sobre la enfermedad del aguacate conocida como "tristeza del aguacate", ocasionada por *F. cinnamomi*, en donde se han llevado a cabo estudios por 15 años (1981-1995) bajo un enfoque epidemiológico e integrado. Estos estudios han sido realizados por el grupo de investigación interdisciplinario e interinstitucional del aguacate (GIA), con resultados positivos en el manejo integrado de esta enfermedad (Téliz *et al.* 1989, Mora *et al.* 1994, Téliz 2000). Actualmente en el cultivo de mango se están realizando también estudios epidemiológicos integrados sobre el manejo de la enfermedad conocida como "escoba de bruja", ocasionada por un complejo de hongos entre los que se encuentran involucrados *Fusarium subglutinans* y *F. oxysporum* (Téliz 1998).

Importancia de los hongos fitopatógenos de la raíz en los procesos del suelo.

En el suelo se presentan diversas interacciones entre los microorganismos del suelo, las cuales influyen sobre el comportamiento y la sobrevivencia de las especies (Lumsden 1981, Lumsden *et al.* 1987). El equilibrio microbiológico de un suelo se establece como resultado de diversos procesos que involucran una serie de interacciones tanto mutualistas como antagónicas (Griffin 1972, Lumsden 1981, Lumsden *et al.* 1987).

El papel de los hongos que infectan las raíces de las plantas no se relaciona solamente con el ataque y la descomposición de la materia orgánica, sino también con el establecimiento de complejas relaciones con la fauna y la flora del suelo, las cuales pueden ser competencia, mutualismo, depredación y parasitismo (Garret 1981, Parisi 1979, Griffin 1972). Con respecto a la relación que establecen los hongos fitopatógenos con las raíces de las plantas, una característica es que invaden y se alimentan sobre tejidos vegetales vivos, por lo cual es muy importante que puedan rebasar todos los mecanismos de resistencia de las plantas. Estos hongos pueden ser parásitos especializados y parásitos no especializados. En el último caso su parasitismo está limitado por la resistencia a la invasión de los tejidos maduros del hospedante. De este modo la infección se limita a las plántulas y a los tejidos juveniles de las plantas adultas (ápices

radicales), o bien a los tejidos más viejos de plantas predispuestas a la infección por algunas condiciones adversas del ambiente como pudiera ser una toxina o alguna deficiencia nutrimental (como es el caso de los géneros *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora*, Garret 1981). Por otra parte los hongos fitopatógenos de la raíz especializados pueden ser patógenos que invaden y provocan pudriciones en el sistema vascular como son los géneros *Verticillium* y *Fusarium*, o bien pueden ser parásitos ectotróficos los cuales han desarrollado hábitos de infección tales que la resistencia del hospedante a la invasión se rebasa continuamente, como es el caso de los géneros *Armillaria* y *Fomes* (Garret, 1981).

La invasión de los tejidos vegetales vivos ocurre en forma muy similar a la colonización del tejido vegetal muerto; es decir se presenta todo un despliegue de enzimas degradantes de tejidos y algunas veces también de fitotoxinas. Bajo esta perspectiva, estos hongos del suelo muestran un alto grado de habilidad competitiva saprofítica (Garret, 1981). *Rhizoctonia solani* y *Pythium spp.* por ejemplo muestran una alta actividad celulolítica, y son los colonizadores más frecuentes de los tejidos verdes vivos de malezas o cultivos incorporados al suelo. En el suelo como en cualquier otro ecosistema, la estructura y función de las comunidades de hongos (incluyendo a los hongos fitopatógenos) presentan una sucesión de especies. Garret (1981), señala que en la primera etapa de colonización de un tejido senescente participan parásitos débiles, seguidos por hongos saprofíticos primarios que se alimentan de azúcares y compuestos de carbón más sencillos que la celulosa; posteriormente, entran los descomponedores de celulosa y los hongos saprofíticos secundarios que comparten productos de la descomposición de la celulosa; en una etapa final de esta sucesión, participan hongos descomponedores de la celulosa y de la lignina. Sin embargo, en este proceso de colonización debe mencionarse que la colonización de un tejido vegetal joven y sano es ligeramente diferente, ya que solamente un parásito fuerte puede atacar o infectar estos tejidos.

En el caso específico de los HOFIR que requieren de tejido vivo para alimentarse y reproducirse, y en donde el sistema radical de una planta puede ser infectado por más de una especie de hongo al mismo tiempo, es difícil hablar de una sucesión (en sentido estricto) en la misma planta hospedante. La formación de exudados radicales (ricos en azúcares y aminoácidos) y la influencia que tienen estos en la actividad microbiana de la rizósfera, incluyendo la atracción que ejercen en estructuras de infección de algunos hongos fitopatógenos (como las zoosporas de *Phytophthora cinnamomi*, Zentmyer 1960, 1961) influyen en la presencia, infección y sucesión de los hongos patógenos que pueden ser atraídos o no hacia la raíz, sobre todo porque estos exudados probablemente cambian con la edad y condición de la planta. (Turner 1963, Zentmyer 1966, Dix 1964, citado

por Lussenhop 1981); en México, sin embargo no se tienen referencias de trabajos de investigación que se hayan realizado para documentar esta posible sucesión.

De acuerdo a Griffin (1972) y Lumsden (1981) los procesos antagónicos que ocurren en el suelo traen como consecuencia un amortiguamiento del parasitismo en el suelo e influyen grandemente en la actividad, longevidad, y tasa de sobrevivencia del micelio y los propágulos fungales. Un ejemplo de estos procesos es la posible "exclusión" de un hongo patógeno de las raíces debido a que otro ya se encuentra presente, confiriendo éste último cierta protección al hospedante (Fravel & Engelkes, 1994); este fenómeno se ha documentado en el caso de diferentes especies de *Phytophthora*. En el frijol soya se ha mostrado esta protección utilizando razas patogénicas y no patogénicas de *P. megasperma* var. *sojæ*, o bien, utilizando a una especie no patogénica de *P. cactorum* para lograr una protección contra *P. megasperma*. Malajczuk (1983) indica la posibilidad de que exista una "protección cruzada" en contra de *Phytophthora cinnamomi* a través de razas avirulentas o menos virulentas de hongos relacionados. En árboles de aguacate (*Persea americana* Mill) afectados por *P. cinnamomi* en Atlixco, Puebla, por ejemplo, se aislaron en mayor cantidad y con mayor frecuencia diferentes especies de *Pythium*, tanto de raíces aparentemente sanas como dañadas (Rodríguez 1986).

Diversidad funcional y taxonómica del grupo.

La diversidad funcional y taxonómica de los hongos fitopatógenos de la raíz se presenta de modo resumido en el Cuadro 2. Algunos géneros cuentan con más de 80 especies, mientras que en otros casos sólo se ha reportado una especie. En algunas especies se da una alta especialización entre el patógeno y la especie de planta hospedante que atacan (las llamadas *formas especiales*), mientras que otras especies actúan como parásitos generalistas no especializados (Garret 1981). En el caso de algunos de los HOFIR que se han seleccionado como los más importantes se tiene la siguiente información.

Patrones de abundancia, biomasa, distribución espacial y temporal en México.

Debido a que los hongos del suelo existen en diversos estados: hifas, esporas, esporangios, conidios, estructuras de resistencia o de reproducción i.e., oosporas, el concepto de densidad tiene poca aplicación y es más lógico expresar la población fúngica en términos de biomasa. Sin embargo, determinar la cantidad de hongos del suelo es una tarea sumamente difícil debido a que las estimaciones que se realizan de números y biomasa mediante diferentes técnicas, varían grandemente (Parisi 1979, Cox & Atkins 1979).

Cuadro 2

Sinópsis de los principales hongos fitopatógenos de la raíz de México, indicando la diversidad de especies por género, hábitos, cultivos atacados y tipo de síntomas.

Género	No. de especies reportadas	Hábitos	Cultivos infectados	Síntomas	Referencias
<i>Phytophthora</i>	40 válidas (80 descritas)	La mayoría son especies fitopatógenas; nueve especies saprofitas acuáticas	Gran diversidad de hospedantes: frutales, forestales, hortalizas, ornamentales, gramíneas. Un solo hospedante, como manzano, cacao y cerezo, pueden ser atacados por cinco o más especies de este patógeno.	Ahogamientos, pudriciones radicales y de tubérculos, cánceres del tronco y collar de las plantas, marchiteces, tizones foliares y pudrición de frutos.	Zentmyer 1983; Erwin <i>et al.</i> 1983; Farr <i>et al.</i> 1989; Mitchell & Kannwischer-Mitchell 1992
<i>Pythium</i>	87 reconocidas (120 descritas)	Algunas especies son saprofitos facultativos y actúan también como fitopatógenos; otras son especies saprofitas estrictas; una especie entomoparásita; una especie patógena de mamíferos; cuatro especies micoparásitas.	Un amplio rango de hospedantes: hortalizas, frutales, gramíneas, ornamentales y forestales, tanto cultivadas como silvestres.	Ahogamientos pre y postemergentes en individuos jóvenes, ahogamientos y marchiteces en raíces jóvenes, raíces alimenticias y ápices radicales de plantas adultas	Farr <i>et al.</i> 1989; Martin 1992
<i>Fusarium</i>	9-90 especies reconocidas dependiendo del sistema taxonómico usado. Algunas especies presentan formas especiales o razas	Patógenos, parásitos y saprofitos sobre plantas. Algunas especies son parásitos del hombre y animales, otras especies producen micotoxinas	Patógenos en la mayoría de los cultivos agrícolas, hortícolas y silvícolas del mundo; presentes también en hospedantes silvestres	Marchiteces vasculares; pudriciones radicales, cánceres	Agrios 1988; Farr <i>et al.</i> 1989; Windels 1992
<i>Rhizoctonia</i>	50 especies reconocidas (100 especies reportadas)	Patógenos	Patógeno de frutales, hortalizas, gramíneas, ornamentales y forestales	Tizones foliares, ahogamientos y pudriciones radicales, y del tallo	Carling & Summer 1992; Farr <i>et al.</i> 1989
<i>Phymatotrichum</i>	Una sola especie: <i>P. omnivorum</i>	Patógeno	Patógeno de plantas forestales, frutales, y hortalizas	Marchiteces, defoliaciones y muerte regresiva.	Streets & Bloss 1973; Farr <i>et al.</i> 1989; Lyda & Kennedy 1992

Para evaluar la abundancia de una especie se puede utilizar, además de la longitud del micelio, estructuras como las oosporas o los esclerocios que aún cuando son estructuras de resistencia o sobrevivencia, tienen el potencial de entrar en actividad bajo las condiciones adecuadas e infectar las raíces de las plantas hospedantes. Los métodos usados han sido directos (como la evaluación de la densidad de inóculo en número de propágulos por peso o volumen de suelo, Campbell & Madden 1990, Benson 1994) e indirectos (como es la evaluación de la incidencia o severidad del daño que ocasionan los patógenos sobre las raíces de las plantas hospedantes, Kranz 1988a, Campbell & Neher 1994). En México se han realizado evaluaciones en diferentes agroecosistemas de la región de Atlixco, Puebla, de la incidencia y densidad de inóculo de *Phytophthora cinnamomi* y diferentes especies de *Pythium* en las raíces de aguacate y en el suelo de rizósfera, respectivamente (Franco 1983, Valenzuela *et al.* 1985, Rodríguez 1986, Juárez 1986, Mora 1990). Los resultados de estos trabajos mostraron que la producción total de raíces y la de raíces sanas en el aguacate, fue mayor en los agroecosistemas con mayor diversidad de plantas cultivadas que en los agroecosistemas con un solo cultivo, a pesar de que la densidad de inóculo de los patógenos en el suelo y su incidencia en raíces fuera más elevada que en los sistemas de monocultivo. La metodología usada en esos estudios se sigue actualmente para evaluar la presencia y abundancia de otros patógenos del suelo como *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phymatotrichum*, *Macrophomina*, *Sclerotium*, etc.

Como se mencionó anteriormente, el enfoque que se ha manejado en Fitopatología ha sido reduccionista, con la mayoría de los estudios poblacionales realizados en una sola especie. Algunos de los trabajos hechos en México que incluyen más de una especie de HOFIR y sus interacciones con otros microorganismos del suelo son aquellos sobre la patogenicidad relativa de las especies *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium spp.* y *Macrophomina phaseolina* en frijol (Pedroza & Téliz 1992), así como los estudios sobre la dinámica temporal de la densidad, incidencia y severidad del daño de *P. cinnamomi* en el sistema radical y en el suelo de la rizósfera, en relación a otros microorganismos del suelo (bacterias, actinomicetes, nemátodos y otros hongos). Estos trabajos se realizaron también en agroecosistemas bajo diferentes manejos: huertos familiares vs. huertos comerciales con diferente grado de tecnología (Franco 1983, Rodríguez 1986, Juárez 1986, Rosas *et al.* 1986, Téliz *et al.* 1989, Mora *et al.* 1988).

Sobre el análisis espacial de estos hongos se han realizado pocos trabajos, entre los que se incluyen el estudio de la disposición espacial y el comportamiento temporal de *Sclerotium cepivorum* en cebolla (Ponce 1990) y en ajo (Cano, en prep.) en agroecosistemas comerciales del estado de Guanajuato. Los resultados

de este estudio indican que el inóculo y la enfermedad que causa este hongo patógeno se presenta en agregados, por lo que se sugiere que para su detección se aplique una metodología especial. También se han realizado estudios de densidad del inóculo a diferentes profundidades del suelo, del hongo *Phytophthora cinnamomi* en raíces de aguacate en Atlixco, Puebla (Mora *et al.* 1988; Mora 1990). No se encontró trabajo alguno que describa la sucesión en las comunidades de hongos fitopatógenos del suelo en agroecosistemas de México.

Relaciones funcionales de importancia ecológica y epidemiológica de los hongos fitopatógenos de la raíz.

Para desarrollar este punto, se han considerado las relaciones funcionales que se establecen en el tiempo y el espacio entre los hongos fitopatógenos y sus plantas hospedantes. En Epidemiología Agrícola existen dos funciones muy importantes, la llamada Curva de Crecimiento de la Enfermedad (Vanderplank 1963, Gilligan 1985, Campbell & Madden 1990, Gilligan 1994) y la Curva de Daño (Tammes 1961, Fenemore 1982, Pedigo *et al.* 1986).

En la Curva de Crecimiento de la enfermedad, se evalúa la presencia del patógeno a través del número de plantas que infecta en una población (incidencia) o a través del grado de daño que ocasiona en los tejidos de una planta o de una población de plantas (severidad) con respecto al tiempo. Estas curvas son analizadas cuantitativamente mediante modelos sigmoidales, el cálculo del área bajo la curva, el análisis estadístico de la varianza para un diseño experimental de medidas repetidas en el tiempo, o bien utilizando modelos no lineales (Madden 1980, Campbell & Madden 1990, Guilligan 1994). En México, se han realizado más de 30 trabajos de análisis temporal con diversos organismos fitopatógenos. Específicamente con hongos fitopatógenos del suelo se ha trabajado principalmente con *P. cinnamomi* en aguacate, en la región de Atlixco, Puebla, (Rosas *et al.* 1986, Rodríguez 1986, Mora 1990); con *Phymatotrichum omnivorum* en vid, en Sonora (Ramírez 1990); con *Sclerotium cepivorum* en ajo, en Aguascalientes (López & Valle 1991); con *Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp.*, *Verticillium albo-atrum* y *Sclerotinia sclerotiorum* en papa, en Coahuila y Nuevo León (Guigón *et al.* 1995); con *Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans* en mango, en Guerrero y Michoacán (Noriega 1996, Mora *et al.* 1998). Sin embargo, la mayoría de estos trabajos, con excepción de los realizados con *P. cinnamomi* en aguacate, se han llevado a cabo de forma aislada, sin integrarse dentro de algún contexto de manejo del agroecosistema. Los trabajos realizados con *P. cinnamomi* en aguacate, han tenido un seguimiento (15 años de estudio) y están incluidos dentro de un programa integral de manejo fitosanitario de los agroecosistemas del aguacate; estos estudios han generado en la región de Atlixco, Puebla,

propuestas de manejo del cultivo a los productores de aguacate, con resultados positivos (Mora *et al.* 1994, Téliz 2000).

La otra respuesta funcional que se puede documentar en Epidemiología es la Curva de Daño. Esta función se establece entre el nivel de producción de la planta hospedante con el grado de daño (incidencia y/o severidad) provocado por cualquier agente dañino (insectos, patógenos, parásitos, agentes físicos, etc.) (Tammes 1961, Fennemore 1982, Pedigo *et al.* 1986). Su importancia radica en que permite tener fundamentos para reducir las pérdidas de producción para un lugar o región específicos a un nivel aceptable bajo limitantes biológicas, económicas y físicas reales (Teng 1987, Campbell & Madden 1990). A nivel mundial existen pocos estudios en donde se haya desarrollado e implementado la Curva de Daño para la evaluación de pérdidas en la producción ocasionadas por HOFIR (Huissman 1979, Ashworth *et al.* 1981). Esta relación permite lograr un manejo racional de las enfermedades en los agroecosistemas al establecer umbrales de importancia ecológica y económica (Bardner & Fletcher 1974, Walker 1983, 1987, Pedigo *et al.* 1986) y predecir la producción a diferentes niveles de infección (Zadoks & Schein 1979, Rodríguez 1997). En México, con hongos fitopatógenos del suelo no han desarrollado aún investigaciones en esta línea.

Manipulación del agroecosistema en el estudio y control del daño.

Los estudios que se han realizado sobre el comportamiento de los HOFIR en agroecosistemas, han mostrado que existe variación en las densidades del inóculo y en la incidencia y grado de daño que ocasionan sobre las raíces de las plantas hospedantes. Dicha variación puede deberse a factores de carácter biológico y/o fisicoquímico del suelo y a la presencia de suelos supresivos. El estudio de los suelos supresivos ha sido una de las bases para el control biológico de las enfermedades ocasionadas por los fitopatógenos del suelo, ya sea de forma directa introduciendo organismos antagónicos a un suelo, o bien en forma indirecta mediante la manipulación del agroecosistema, como es la aplicación de materia orgánica, rotación de cultivos, asociación de cultivos, solarización, etc. (Baker & Cook 1974, Papavizas & Lumsden 1980, Cook & Baker 1983, Thurston 1992). En México, el sistema de cultivos conocido como "chinampas", del cual sólo quedan aproximadamente 1,000 ha en la zona de Xochimilco, D.F., representa quizá al sistema agrícola de mayor antigüedad y altamente productivo (Gómez-Pompa 1978), que permite aún el cultivo continuo debido al manejo que se realiza del agua, a la siembra de cultivos múltiples, a los altos niveles de materia orgánica y nutrimentos que se le incorporan periódicamente al sistema, y al trasplante de plántulas sanas y seleccionadas (chapines) con sistemas radicales fuertes. Todas estas prácticas contribuyen a un buen manejo de las enfermedades

causadas por diversos fitopatógenos de la raíz (Thurston 1992, Lumsden *et al.* 1981, 1987, Zuckerman *et al.* 1989).

Con respecto a los HOFIR que se consideran más importantes, en México se han realizado más de 30 trabajos de control biológico que involucran la aplicación directa de organismos antagónicos, de materia orgánica y la rotación y asociación de cultivos (Anexo 1). En la mayoría de estos trabajos, los resultados indican que los daños se reducen, se eliminan o se compensan al incorporar materia orgánica (vg. los trabajos realizados por varios años sobre la dinámica poblacional de *P. cinnamomi* y *Pythium spp.* en raíces de aguacate, Franco 1983, Valenzuela *et al.* 1985, Rodríguez & García 1983, Rodríguez 1986, Juárez 1986, Rosas *et al.* 1986, Mora *et al.* 1988, Mora 1990, Téliz *et al.* 1989, Jacobo *et al.* 1990). También en trabajos realizados con frijol (Rosado & García 1985, 1986, Rosado 1989) y cebolla (Villar *et al.* 1990, Zavaleta *et al.* 1991, 1992), durante un ciclo del cultivo, se mostró que la incorporación de materia orgánica disminuyó el daño y las poblaciones de los HOFIR. La asociación de cultivos también disminuye el daño que ocasionan los HOFIR; en Atlixco, Puebla, Rodríguez & García (1983) encontraron después de dos años de evaluar la incidencia y densidad de propágulos de *P. cinnamomi* en raíces de aguacate, que en huertos familiares en donde el aguacate se cultiva hasta con más de 10 especies vegetales, parece existir un mayor equilibrio tanto biológico como fisicoquímico en el agroecosistema (manifestándose por una convivencia de *P. cinnamomi* con las raíces hospedantes), mientras que en los huertos donde crece el aguacate como monocultivo, el daño es severo. En los trabajos en que se han incorporado directamente organismos antagónicos a los hongos de las raíces en el suelo, se ha llegado a retardar el inicio de la infección y la enfermedad en las raíces (Frías & García 1981), se ha reducido la severidad del daño causado en las plantas (Zavaleta & Rojas 1989), o bien no se ha obtenido efecto alguno (Ortiz & García 1986). En general, los resultados de estos trabajos indican que existe un fuerte desbalance en los procesos biológicos del suelo debido al empobrecimiento de los mismos por su uso intensivo y por las labores de cultivo que se practican, incluyendo la aplicación desmedida de agroquímicos.

Perspectivas y necesidades en el estudio de los hongos fitopatógenos del suelo.

Es necesario y urgente que en México el manejo del suelo se lleve a cabo de una manera integrada y sustentable. Para lograrlo no basta manejar solo uno de los componentes que intervienen en el desarrollo de una enfermedad o plaga, sino que deben manejarse integralmente como partes de un sistema a los patógenos, a las plantas hospedantes (cultivos) y al ambiente. También es necesario efectuar estudios sobre las diferentes interacciones que los HOFIR establecen con otros

hongos y microorganismos del suelo, así como implementarse estudios que definan: i) la estructura y función de las comunidades de los hongos fitopatógenos de la raíz y ii) la diversidad de estos organismos en agroecosistemas y ecosistemas naturales de diferentes regiones y condiciones climatológicas de la República Mexicana.

El estudio de los HOFIR, bajo un enfoque ecológico-epidemiológico, permitirá obtener valiosa información para proponer estrategias de manejo integrado y sustentable de los sistemas agrícolas. Dada la necesidad de manejar el recurso suelo de los agroecosistemas y ecosistemas integralmente, se propone que las líneas de investigación a desarrollar consideren los tres componentes del "patosistema": el ambiente suelo, el hospedante y el patógeno.

- 1) **Análisis, conocimiento y manejo del suelo (ambiente)**, con el propósito de comprender como se logra la recuperación y enriquecimiento de la materia orgánica de los suelos agrícolas, favoreciendo el incremento de la diversidad de los microorganismos del suelo y estimulando la actividad de organismos antagónicos a los hongos fitopatógenos. Un aspecto muy importante para lograr el manejo sustentable del suelo, será implementar la regulación y normatividad del uso del suelo agrícola, lo cual implicaría establecer normas para un uso equilibrado que permita el descanso y recuperación del suelo. La regulación del uso del suelo obligaría a la planificación y organización de los sistemas de cultivo del país.
- 2) **Análisis, conocimiento y manejo del (os) hospedante (s): plantas de importancia agrícola o ecológica**. Este componente deberá incluir estudios precisos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas hospedantes, su susceptibilidad o resistencia a los hongos patógenos de la raíz, así como sobre el efecto que las diferentes técnicas de cultivo que se practican en sistemas tradicionales, modernos, monocultivo, policultivos, etc., tienen sobre los HOFIR y sus hospedantes.
- 3) **Análisis, conocimiento y manejo del(os) patógeno(s): hongos fitopatógenos de la raíz**. El análisis de este componente deberá incluir la búsqueda de alternativas en el manejo del patógeno que permitan disminuir: i) el desarrollo de cepas altamente virulentas y agresivas, ii) la densidad y número de fuentes del inóculo, y iii) el potencial de inóculo de los hongos fitopatógenos de la raíz.
- 4) **Desarrollo de Curvas de Daño y de Umbrales**. Es importante también caracterizar la relación que existe entre producción de los cultivos y el grado de daño provocado por los HOFIR, es decir, la llamada Curva de Respuesta Generalizada o Curva de Daño. La generación de Curvas de Daño para diferentes HOFIR en sus hospedantes económicamente más importantes,

permitirá obtener umbrales de advertencia, umbrales de acción y umbrales económicos que permitirán a su vez modular el uso excesivo e inadecuado de pesticidas.

CONCLUSIONES

- a) En México el estudio de los HOFIR ha sido enfocado hasta ahora de una manera reduccionista, por lo que es necesario realizar estudios espacio-temporales a largo plazo bajo un enfoque ecológico y epidemiológico tanto a nivel poblacional como a nivel de la comunidad, en ecosistemas naturales y agroecosistemas.
- b) Estos estudios deberán estar encaminados a proponer estrategias y programas de manejo en los agroecosistemas, que promuevan en forma general el enriquecimiento del suelo y de manera particular el incremento y mantenimiento de la biodiversidad edáfica.
- c) El manejo sustentable del suelo requiere de la regularización y normatividad del uso del suelo agrícola, de tal manera que se permita su descanso, recuperación y enriquecimiento, y de ser necesario deberán establecerse suelos cuarentenados hasta su recuperación en el caso de los suelos fuertemente alterados.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N.** 1988. *Plant Pathology*. Third Edition. Academic Press. New York. 803 pp.
- Alexander, H.M.** 1990. Dynamics of plant-pathogen interactions in natural plant communities. In: *Pests, Pathogens and Plant Communities*. Burdon, J. J. and Leather, S. R. (eds.), pp. 31-45. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Ashworth, L.J., Huisman, O.C., Weinhold, A.R. & Hancock, J.G.** 1981. Estimating Yield Losses Caused by Soil-Borne Fungi. In: *Crop Loss Assessment Methods*. Supplement 3. Chiarappa, L. (ed.) pp. 91-95. FAO. CAB. England, U. K.
- Augsburger, C.K.** 1990. D. Spatial Pattern of Damping-off Disease During seedling recruitment in tropical forests. In: *Pests, Pathogens and Plant Communities*. Burdon, J. J. and Leather, S. R. (eds.). pp. 131-144. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Baker, K.F. & Cook, R.J.** 1974. *Biological Control of Plant Pathogens*. Freeman. San Francisco. 433 pp.
- Bardner, R. & Fletcher, K.E.** 1974. Insect infestations and their effect on the growth and yield of field crops: a review. *Bull. Ent. Res.* 64: 141-160.
- Benson, D.M.** 1994. Inoculum. In: *Epidemiology and Management of Root Diseases*. Campbell, C. L. and Benson, D. M. (eds.) pp. 1-33. Springer-Verlag. New York.
- Bourke, P.M.A.** 1964. Emergence of potato blight, 1843-1846. *Nature*. 203: 805-808. London.
- Cano, S.A.** En proceso. Análisis del comportamiento espaciotemporal del hongo *Sclerotium cepivorum* Berk. y de la enfermedad pudrición blanca en el cultivo de ajo (*Allium sativum*

- L.), en Guanajuato, México. Tesis de Maestría. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México, México.
- Campbell, C.L. & Benson, D.M.** 1994. *Epidemiology and Management of Root Diseases*. Springer-Verlag. New York. 344 pp.
- Campbell, C.L. & Madden, L.V.** 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons. New York. 532 pp.
- Campbell, C.L. & Neher, D.A.** 1994. Estimating Disease Severity and Incidence. In: *Epidemiology and Management of Root Diseases*. Campbell, C. L. and Benson, D. M. (eds.) pp. 117-147. Springer-Verlag. New York.
- Carling, D.E. & Sumner R.** 1992. Rhizoctonia. In: *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. Singleton, L. L., Mihail, J. D., and Rush, C. M. (eds.). pp. 157-165. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn.
- Cook, R.J. & Baker, K.F.** 1983. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn. 539 pp.
- Cox, G.W. & Atkins, M.D.** 1979. *Agricultural Ecology. An Analysis of World Food Production Systems*. W. H. Freeman and Company. San Francisco, U. S. A. 721 pp.
- Christensen, M.** 1981. Species Diversity and Dominance in Fungal Communities. In: *The Fungal Community. Its Organization and Role in the Ecosystem*. Wicklow, D. T. y Carroll, G. C. (eds.), pp. 201-232. Mycology Series. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Diaz, F.A.** 1989. Aplicación de fungicidas al frijol contra *Macrophomina phaseolina*. *Rev. Mex. Fitopatol.* 7(2): 170-172.
- Dinoor, A. & Eshed, N.** 1990. Plant Diseases in Natural Populations of Wild Barley (*Hordeum spontaneum*). In: *Pests, Pathogens and Plant Communities*. Burdon, J. J. and Leather, S. R. (eds.). pp. 170-186. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Erwin, D.C.** 1983. Variability Within and Among Species of *Phytophthora*. In: *Phytophthora. Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*. Erwin, D. C., Bartnicki-García, S., and Tsao, P. H. (eds.) pp. 149-166. The American Phytopathological Society. St. Paul Minn.
- Erwin, D.C., Bartnicki-García, S. & Tsao, P.H.** (eds.) 1983. *Phytophthora. Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology*. APS. St. Paul Minnesota. U.S.A. 392 pp.
- Farr, D. F., Bills, G. F., Chamuris, G. P., and Rossman, A. Y.** 1989. *Fungi on Plants and Plant Products in the United States*. APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 1252 pp.
- Fenimore, P.G.** 1982. *Plant Pest and Their Control*. Butterworths. Wellington, New Zealand.
- Franco, F.E.** 1983. Dinámica de población de *Meloidogyne* sp. bajo distintos manejos del agroecosistema del aguacatero (*Persea americana* Mill.), y patogenicidad de *Pythium* spp. a este frutal. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 92 pp.
- Fravel, D.R. & Engelkes, C.A.** 1994. *Biological Management*. In: *Epidemiology and Management of Root Diseases*. Campbell, C. L., and Benson, D. M. (eds.). pp. 293-308. Springer-Verlag. New York.
- Frias, T.G. & García, E.R.** 1981. Eficiencia de algunos microorganismos antagónicos a *Phytophthora palmivora* (Bult.) en el control de la pudrición negra de la mazorca de cacao. *Rev. Mexi. Fitopat.* 1(3): 16-20.

- Froto, U.B. & Bailey, A.M. 1983. Mecanismos de acción de algunos organismos antagonistas probados contra quince fitopatógenos. *Rev. Mex. Fitopat.* 2(1): 35-39.
- Garret, S.D. 1981. *Soil Fungi and Soil Fertility*. An Introduction to Soil Mycology. 2nd edition. Pergamon Press. Oxford. 150 pp.
- Gilligan, C.A. 1985. Construction of Temporal Models: III. Disease Progress of Soil-Borne Pathogens. In: *Mathematical Modelling of Crop Disease*. Gilligan, C. A. (ed.) pp. 67-105. Academic Press. London.
- . 1994. Temporal Aspects of the Development of Root Disease Epidemics. In: *Epidemiology and Management of Root Diseases*. Campbell, C. L. and Benson, D. M. (eds.) pp. 148-194. Springer-Verlag. New York.
- Gómez-Pompa, A. 1978. An old answer to the future. *Mazingra* 5:51-55.
- Granados, A.N., García, E.R., Zavaleta, M.E., Ferrera, C.B., Castillo, M.A., Rodríguez, G.P. & Cid del Prado, V.I. 1990. Pérdidas de grano por fitopatógenos del suelo en maíz monocultivado o rotado con leguminosas de cobertura en Tabasco, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 8(2): 135-144.
- Griffin, D. M. 1972. *Ecology of Soil Fungi*. Syracuse University Press. 192 pp.
- Guigón, L. C., Sánchez, A. A., Frias, T. G., Flores, O. A., Hernández, C. D. Y Parga T.V.M. 1995. Epidemiología de las Enfermedades de la Papa causadas por Hongos Fitopatógenos del suelo en el sur de Coahuila y Nuevo León. *Rev. Mex. Fitopat.* 12(1):1-6
- Harper, J.L. 1990. Pests, Pathogens and Plant Communities: An Introduction. In: *Pests, Pathogens and Plant Communities*. Burdon, J. J. and Leather, S. R. (eds.). pp. 3-14. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Hernández, A.A.M., Rosas, R.M., Aguilera, P.M.M., & Lagunes, T.A. 1998. Use of plant and mineral powders as an alternative for the control of fungi in stored maize grain. *Agrociencia*. 32(1): 75-79.
- Huber, D.M. & Schneider, R.W. 1982. The Description and Occurrence of Suppressive Soils. In: *Suppressive Soils and Plant Disease*. Schneider, R. W. (ed.). pp. 1-7. APS Press. St. Paul, Minnesota. U.S.A.
- Huisman, O.C. 1979. Relationship of root growth of field-grown cotton to systemic infection of *Verticillium dahliae*. *Proc. Amer. Phytopat. Soc.* 6.
- Jacobo Cuéllar, J.L., Téliz Ortiz, D., García Espinosa, R., Rodríguez Guzmán, M.P., Velázquez Quintero, C. & Castillo Morales, A. 1990. Manejo del estiércol vacuno para reducir la incidencia de *Phytophthora cinnamomi* en árboles de aguacate. *Rev. Mex. Fitopat.* 8(2): 126-131.
- Juárez, P.C. 1986. Antagonismo microbiano sobre la dinámica poblacional y sobrevivencia de *Phytophthora cinnamomi* Rands, e influencia en la productividad de árboles de aguacate (*Persea americana* Mill.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. 83 pp.
- . 1989. Aplicación de fungicidas en el área radical de árboles de manzano para combatir a la pudrición texana. *Rev. Mex. Fitopat.* 7(1): 125-128.
- Kranz, J.J. 1974. Comparison of epidemics. *Annu. Rev. Phytopathol.* 12: 355-374.
- . 1978. Comparative anatomy of epidemics. In: *Plant Disease. An Advanced Treatise*. Vol. II. How Disease Develops in Populations. Horsfall, J. G. and Cowling, E. B. (eds.) pp. 34-62. Academic Press. New York.

- . 1988a. Measuring Plant Disease. In: *Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*. Kranz, J. J. and Rotem, J. (eds.) pp. 35-50. Springer-Verlag, Berlin.
- . 1988b. The Methodology of Comparative Epidemiology. In: *Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*. Kranz, J. J. and Rotem, J. (eds.) pp. 279-289. Springer-Verlag, Berlin.
- López, F. L.C., & Valle, G.P. 1991. Relación entre parámetros térmicos y biológicos en el desarrollo de la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berkeley) del ajo en Aguascalientes. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitopatología, pp. 75.
- Lozano, G.J.S. & Ponce, G.F. 1988. Evaluación de fungicidas para el control del tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, en el Valle de Toluca, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 6(2): 200-204.
- Lumsden, R.D. 1981. Ecology of Mycoparasitism. In: *The Fungal Community. Its Organization and Role in the Ecosystem*. Wicklow, D. T. y Carroll, G. C. (eds.), pp. 295-318. Mycology Series. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Lumsden, R.D., García, E.R., Lewis, J.A. & Frías, T.G. 1987. Suppression of damping-off caused by *Pythium* spp. in soil from the indigenous Mexican chinampa agricultural system. *Soil Biol. Biochem.* 19: 501-508.
- Lumsden, R.D., Lewis, J.A., García, E.R. & Frías, T.G. 1981. Suppression of pathogens in soils from traditional Mexican agricultural systems. *Phytopathology* 71: 891-892.
- Lussenhop, J. 1981. Analysis of Microfungal Component Communities. In: *The Fungal Community. Its Organization and Role in the Ecosystem*. Wicklow, D. T. y Carroll, G. C. (eds.), pp. 37-45. Mycology Series. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Lyda, S.D., & Kenerley, C.M. 1992. Phymatotrichum. In: *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. Singleton, L.L., Mihail, J. D., and Rush, C. M. (eds.), pp. 145-148. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn.
- Maciel, I. & García, E.R. 1986. Efecto de la siembra previa de tres leguminosas tropicales sobre el cultivo del maíz y sus fitopatógenos del suelo. *Rev. Mex. Fitopat.* 4(2): 98-108.
- Madden, L.V. 1980. Quantification of disease progression. *Prot. Ecol.* 2:159-176.
- Malajczuk, N. 1983. Microbial antagonism to *Phytophthora*. In: *Phytophthora. Its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology*. Erwin, D. C., Bartnicki-García, s. and P.H. Tsao (eds.) pp. 197-218. American Phytopathological Society. Saint Paul, Minnesota. U. S. A.
- Martin, F.N. 1992. *Pythium*. In: *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. Singleton, L.L., Mihail, J. D., and Rush, C. M. (eds.), pp. 39-49. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn.
- Mendoza, Z.C., Ponce, G.F., & Venado, D.U. 1992. Control químico del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary) en el Valle de Toluca, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 10(2): 238-249.
- Mitchell, D.J. & Kannwischer-Mitchell, M.E. 1992. *Phytophthora*. In: *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. Singleton, L.L., Mihail, J. D., and Rush, C. M. (eds.). pp. 31-38. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn.
- Mora, A.G. 1990. Incidencia de *Phytophthora cinnamomi* Rands, en el patosistema radical del aguacate (*Persea americana* Mill.). *Rev. Chapingo.* 15(67-68): 26-32.
- Mora, A.G., Téliz, D., Rosas, M. & García, R. 1988. Epidemiología de *Phytophthora cinnamomi* en el sistema radical del aguacate. *Rev. Mex. Fitopat.* 6(2):218-223.

- Mora, A.A., Téliz, O.D., Etchevers, J.D. & Huerta de la, P.A.** 1994. Manejo Integrado del Aguacate (*Persea americana*): Validación de Tecnología en Puebla, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 12(1): 51-62.
- Mora, A.A., Téliz, O.D., Mora, A.G., Sánchez, G.P., Cárdenas, S.E. & González, R.M.** 1998. Escoba de bruja (*Fusarium subglutinans*, *F. oxysporum*) del mango, avances en el estudio epidemiológico de la enfermedad en Michoacán. *Rev. Mex. Fitopat.* 16: 3.
- National Academy of Sciences.** 1980. *Desarrollo y Control de las Enfermedades de las Plantas. Control de Plagas de Plantas y Animales.* Vol 1. Editorial Limusa. México. 223 pp.
- Noriega, C.D.H.** 1996. "Escoba de bruja" del mango: Etiología, histopatología, epidemiología y manejo integrado. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados.
- Ortiz, P.R. & García, E.R.** 1986. Intento de control biológico de la "pudrición blanca" del ajo (*Allium sativum* L.) causada por *Sclerotium cepivorum* B., por medio de *Sporidesmium sclerotivorum* Uecker, Ayers y Adams. *Rev. Mex. Fitopat.* 4(1): 29-30.
- Papavizas, G.C. & Lumsden, R.D.** 1980. Biological Control of Soilborne Fungal Propagules. *Ann. Rev. Phytopathol.* 18: 389-413.
- Parisi, V.** 1979. *Biología y Ecología del Suelo.* Editorial Blume. España. 169 pp.
- Pedigo, L.P., Hutchins, S.H., & Higley, L.G.** 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31: 341-368.
- Pedroza, A. & Téliz, D.** 1992. Patogenicidad relativa de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium spp.* y *Macrophomina phaseolina* en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero. *Rev. Mex. Fitopat.* 10(2): 134-138.
- Pérez, M.L., Salinas, G.J., & Medina, L.J.O.** 1990. Control genético y químico de la marchitez del chile (*Capsicum annum* L.) causada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo., en la región de Irapuato, Guanajuato, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 8(1): 71-76.
- Perrusquía, S.J., Samaniego, J.A. & Pérez, E.S.** 1987. Efectos antagónicos de algunas especies de *Chaetonium* hacia otros hongos. *Rev. Mex. Fitopat.* 5(1): 46-53.
- Ponce, V.** 1990. Epidemiología de la pudrición blanca de la cebolla, causada por *Sclerotium cepivorum* Berk. en la Región del Bajío, Guanajuato. Tesis de Maestría. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. México. (sin publicarse).
- Quiroga, M.R., García, E.R., Zavaleta, M.E. & Rodríguez, G. P.** 1992. Impacto reducido del patosistema edáfico del maíz (*Zea mays* L.) en el sistema de rotación maíz-calabaza-frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum* Bort.) en Tabasco, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 10: 103-115.
- Ramírez, A.J.A.** 1990. Progreso de la severidad de *Phymatotrichum omnivorum* en Vid en la Costa de Hermosillo. Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitopatología. pp. 45.
- . 1991. Control de enfermedades radicales en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con tratamientos químicos a la semilla, en la Costa de Hermosillo. *Rev. Mex. Fitopat.* 9 (1): 53-56.
- Rodríguez, G.P.** 1981. Algunos aspectos ecológicos del nemátodo de los cítricos *Tylenchulus semipenetrans*. Cobb. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 109 pp. México, D. F.

- . 1986. Ecología de la Enfermedad "Tristeza del Aguacatero", Bajo Manejo Integrado Experimental del Cultivo del Aguacate, en la Región de Atlixco, Puebla. Tesis de Maestría. Centro de Fitopatología. Colegio de Postgraduados. 118 pp.
- . 1997. Spatiotemporal Crop Loss Analysis of Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV) on Zucchini Squash (*Cucurbita pepo* L.) in Hawaii. Ph. D. Dissertattion. University of Hawaii. U. S. A.
- . 1999. Desarrollo y Aplicación de la Epidemiología Agrícola en México y sus perspectivas. Simposio: Epidemiología en Latinoamérica. Resúmenes. X Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México.
- Rodríguez, G.P. & García, E.R. 1983. Influencia de distintos manejos del agroecosistema sobre la sobrevivencia, dinámica e incidencia del hongo *P. cinnamomi* en la región de Atlixco, Puebla. Resumen del XIV Congreso Nacional de Microbiología. Chihuahua. México.
- Romero, C.S. 1988. *Hongos Fitopatógenos*. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección del Patronato Universitario, A. C. 347 pp.
- Rosado, M.F. 1989. Efecto de dos fuentes de materia orgánica sobre la incidencia de *Thanatephorus cucumeris* Frank Donk, en frijol común bajo condiciones de trópico húmedo. *Rev. Mex. Fitopa.* 7(1): 104-112.
- Rosado, M.F. & García, E.R. 1985. Incidencia de la mustia hilachoza (*Thanatephorus cucumeris*) en frijol común como resultado del manejo del suelo. *Rev. Mex. Fitopat.* 3(2): 92-99.
- . 1986. Estrategias empíricas para el control de la mustia hilachoza (*Thanatephorus cucumeris* Frank Donk) del frijol común en la Chontalpa, Tabasco. *Rev. Mex. Fitopat.* 4(2): 109-113.
- Rosado, M.F., García, E.R. & Gliessman, S.R. 1985. Impacto de los fitopatógenos del suelo al cultivo del frijol, en suelo bajo diferente manejo en la Chontalpa, Tabasco. *Rev. Mex. Fitopat.* 3(2): 80-91.
- Rosado, M.F., Gliessman, R.S. & Alejos, M.P. 1986. Potencial alelopático del cadillo (*Bidens pilosa* L.) y su relación con el ataque de algunos fitopatógenos del suelo al maíz. *Rev. Mex. Fitopat.* 4(2): 124-132.
- Rosas, R.M., Téliz Ortiz, D., García Espinosa, R., & Salazar, S. 1986. Influencia de estiércol, alfalfa, y metalaxil en la dinámica poblacional de *Phytophthora cinnamomi* Rands, causante de la tristeza del aguacatero (*Persea americana* Mill.) *Rev. Mex. Fitopat.* 4(2): 114-123.
- Salazar, H.F., García, E.R. & Tlapal, B.B. 1991. Efecto de la incorporación de residuos secos de las plantas gobernadora (*Larrea tridentata* L.) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en suelos infestados con *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solani*, en la germinación y crecimiento de plantas de frijol. *Rev. Mex. Fitopat.* 9(2): 102-104.
- Samaniego, J.A. 1991. Relación entre la actividad microbiana y la viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* en suelos complementados con glucosa, pajas de alfalfa, de trigo y de trigo inoculado con *Trichoderma* sp. *Rev. Mex. Fitopat.* 9(2): 111-120.

- Samaniego, J.A. & Rivera, G.M. 1992. Factores que afectan la viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* y su susceptibilidad a *Trichoderma* sp. *Rev. Mex. Fitopat.* 10(2): 116-125.
- Samaniego, G.J., Ulloa, M. & Herrera, T.S. 1989. Hongos del suelo antagonicos de *Phymatotrichum omnivorum*. *Rev. Mex. Fitopat.* 7(1): 86-95
- Sandoval, I.J.S., Mendoza, Z.C. & Romero, C.S. 1987. Etiología y control químico de la pudrición del tallo del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* R.) en Tenancingo, Méx. *Rev. Mex. Fitopat.* 5(1): 1-8.
- Schneider, R.W. 1982. *Suppressive Soils and Plant Disease*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. U.S.A. 88 pp.
- Streets, R.B. & Bloss, H.E. 1973. *Phymatotrichum Root Rot*. Monograph No. 8. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn. 38 pp.
- Tammes, P.M.L. 1961. Studies of yield loss. II. Injury as a limiting factor of yield. *Tijdschrift voor Plantenziekten* 67: 257-357.
- Teng, P.S. (ed). 1987. *Crop Loss Assessment and Pest Management*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn. 270 pp.
- Téliz, D. 1998. *El Mango y su Manejo Integrado en Michoacán*. Colegio de Postgraduados. CONACYT SIMORELOS. Fundación Produce Michoacán. ARPEMICH. México.
- _____. (coordinador). 2000. *El Aguacate y su Manejo Integrado*. Ediciones Mundi-Prensa. México, D. F.
- Téliz, D., Mora, G. & Rodríguez, P. 1989. Manejo Integrado de la tristeza (*Phytophthora cinnamomi*) del aguacate (*Persea americana*) en Atlixco, Puebla. *Rev. Mex. Fitopat.* 7(2): 225- 230.
- Thurston, H.D. 1992. *Sustainable Practices for Plant Disease Management in Traditional Farming Systems*. Westview Press. San Francisco. 280 pp.
- Turner, P.D. 1963. Influence of root exudates of cacao and other plants on spore development of *Phytophthora palmivora*. *Phytopathology* 53: 1337-1339.
- Valenzuela, U.J.G., Téliz, O.D., García, E.R. & Salazar, S. 1985. Manejo integrado de la tristeza (*Phytophthora cinnamomi*) del aguacatero en Atlixco, Pue. *Rev. Mex. Fitopat.* 3(1): 18-30.
- Vanderplank, J.E. 1960. Analysis of Epidemics. In: *Plant Pathology*. Horsfall, J. C. and Dimond, A. E. (ed.) pp. 229-289. Academic Press. New York.
- _____. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. Academic Press. New York. 344 pp.
- Vega, P.A. & Herrera, P.T. 1989. Movilidad y residualidad de fungicidas sistémicos en el suelo y su efectividad contra *Phymatotrichum omnivorum*. *Rev. Mex. Fitopat.* 7(19): 119-124.
- Villar, L.A.C., Zavaleta, M.E. & García, E.R. 1990. Efecto de la incorporación de residuos de crucíferas (Brassicaceae) sobre fitopatógenos del suelo. II. Efecto de la incorporación de col y brócoli sobre la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk.) de la cebolla, bajo condiciones de invernadero. *Rev. Mex. Fitopat.* 8(2): 160-165.
- Walker, P.T. 1983. Crop losses: The need to quantify the effects of pests, disease and weeds on agricultural production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 9: 119-158.

- _____. 1987. Quantifying the Relationship Between Insect Populations, Damage, Yield and Economic Thresholds. In: *Crop Loss Assessment and Pest Management*. Teng, P. S. (ed.) pp. 114-125. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota.
- Windels, C.E. 1992. *Fusarium*. In: *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. Singleton, L.L., Mihail, J. D., and Rush, C. M. (eds.). pp. 115-128. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn.
- Zadoks, J.C. & Schein, R.D. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press. Oxford. 427 pp.
- _____. 1980. Epidemiology and Plant Disease Management, the Known and the Needed. In: *Comparative Epidemiology. A Tool for Better Disease Management*. Palti, J. and Kranz, J. (eds.), pp. 1-17. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Netherlands.
- Zavaleta, M.E. & Rojas, M.R. 1989. Antagonismo de *Serratia marcescens* Bizio (Enterobacteriaceae) sobre *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hans. *Rev. Mex. Fitopat.* 7(1): 113-118.
- Zavaleta, M.E., Rojas, M.R., & Villar, L.A.C. 1991. Efecto de la incorporación de residuos de crucíferas (Brassicæ) sobre fitopatógenos del suelo. III. Efecto de los compuestos volátiles emanados de residuos de crucíferas sobre la germinación de esclerocios de *Sclerotium cepivorum* Berk. *Rev. Mex. Fitopat.* 9(2): 105-110.
- Zavaleta, M.E., Villar, L.A.C., Rojas, M.R. & García, E.R. 1992. Efecto de la incorporación de residuos de crucíferas (Brassicæ) en fitopatógenos del suelo. IV. Efecto de la incorporación de col y brócoli en la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk.) de la cebolla en campo. *Rev. Mex. Fitopat.* 10(2): 179-185.
- Zentmyer, G.A. 1960. Chemotaxis of zoospores for root exudates in relation to infection by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 50: 660.
- _____. 1961. Chemotaxis of zoospores for root exudates. *Science* 133: 1595-1596.
- _____. 1966. Role of amino acids in chemotaxis of zoospores of three species of *Phytophthora*. *Phytopathology* 56: 907.
- _____. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the Diseases it Causes. Monogr. 10. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minn. 96 pp.
- _____. 1983. The World of *Phytophthora*. In: *Phytophthora: Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology*. Erwin, D. C., Bartnicki-García, S., and Tsao, P. H. (eds.). pp. 1-7. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn.
- Zuckerman, B.M, Diclow, M.B., Coles, G.C., García, E.R., & Marbán-Mendoza, N. 1989. Suppression of plant parasitic nematodes in the chinampa agricultural soils. *J. Chemical Ecol.* 15: 1947-1955.

Recibido: 30 de septiembre 2000

Aceptado: 5 de octubre 2001

Anexo 1

Trabajos de investigación que han sido realizados en los diferentes agroecosistemas de México para el manejo de los hongos fitopatógenos de la raíz de mayor importancia: *Phytophthora*, *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Phymatotrichum*, *Macrophomina*, *Rosellinia*, *Armillaria* y *Verticillium*, aplicando control biológico directo y/o diferentes manejos del agroecosistema.

Cultivo	Patógeno(s)	Incorporación de organismos antagonicos	Incorporación de materia orgánica	Rotación de cultivos	Asociación de cultivos	Manejo Inter-Grado	Estado	Referencias
Maiz	<i>Phytophthora</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i>			Maiz-calabaza-frijol			Tabasco	Quiroga et al. 1992
Cacao	<i>Phytophthora palmivora</i>	<i>Aspergillus terreus</i> , <i>A. flavipes</i> , <i>A. flavus</i> , <i>Penicillium</i> sp.					Tabasco	Frias & Garcia 1981
Experimento "in vitro"	<i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Sclerotium</i> sp., <i>Phytophthora capsici</i> , <i>Pythium mamillatum</i> , <i>P. ultimum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. rigidiuscula</i> .	<i>Aspergillus foetidus</i> , <i>Penicillium janthinellum</i> , <i>Trichoderma lignorum</i> , <i>T. roseum</i> , <i>Actinomyces</i>					Nuevo Leon	Froto & Bailey 1983
Aguacate	<i>Phytophthora cinnamomi</i>					Estiércol vacuno + fungicida+riego adecuado+poda	Puebla	Valenzuela et al. 1985; Rodríguez, 1986; Rosas et al. 1986; Te'iz et al. 1989; Mora 1990, Mora et al. 1994
Aguacate	<i>Phytophthora cinnamomi</i>		Estiércol vacuno		Alfalfa, maíz, Cempoatlkochiti, y 10 especies más		Puebla	Rodríguez & García 1983; Franco 1983
Aguacate	<i>Phytophthora cinnamomi</i>		Estiércol vacuno				Puebla	Jacobo et al. 1993

Cultivo	Patógenos)	Incorporación de organismos antagonicos	Incorporación de materia orgánica	Rotación de cultivos	Asociación de cultivos	Manejo Inter-Grado	Estado	Referencias
Frijol	<i>Pythium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i>			Maíz-frijol- arroz-sorgo- plátano-soya			Tabasco	Rosado <i>et al.</i> 1985
Maíz	<i>Pythium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i>			Leguminosa s			Tabasco	Maciel & Garcia 1986
Jitomate	<i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	<i>Serratia</i> <i>marcescens</i>					Edo. de México	Zavaleta & Rojas 1989
Maíz	<i>Pythium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i>						Tabasco	Granados <i>et al.</i> 1990
Maíz	<i>Pythium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i>				<i>Bidens pilosa</i>		Tabasco	Rosado <i>et al.</i> 1986
Frijol	<i>Pythium</i> <i>aphanidermatum</i> <i>Rhizoctonia</i> <i>solani</i>		Gobernadora (<i>Larrea</i> <i>tridentata</i>) y epazote (<i>Chenopodium</i> <i>ambrosioides</i>)				Edo. de México	Salazar <i>et al.</i> 1991
Experimento "in vitro"	<i>Phymatotrichum</i> <i>omnivorum</i>	<i>Alveophoma</i> sp., <i>Macrophomina</i> sp., <i>Minimedusa</i> sp., <i>Scytalidium</i> <i>lignicola</i> , <i>Trichoderma</i> <i>hamatum</i> , <i>T.</i> <i>pseudokoningii</i> , <i>Trichoderma</i> spp.					Coahuila	Samaniego <i>et al.</i> 1989

Cultivo	Patógeno(s)	Incorporación de organismos antagonicos	Incorporación de materia orgánica	Rotación de cultivos	Asociación de cultivos	Manejo inter-Grado	Estado	Referencias
Experimento "in vitro"	<i>Phymatotrichum omnivorum</i> , <i>Alternaria tenuis</i> , <i>Curvularia lunata</i> , <i>Epicoccum purpurascens</i> , <i>Stachybotrys chartarum</i> ,	<i>Chaetomium olivaceum</i> , <i>Ch. globosum</i> , <i>Ch. murorum</i> , <i>Ch. piluliferum</i> y <i>Ch. seminudum</i>					Coahuila	Perrusquia <i>et al.</i> 1987
Experimento "in vitro"	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>	<i>Trichoderma sp</i>	Pajas de alfalfa y trigo				Coahuila	Samaniego 1991; Samaniego & Rivera 1992.
Frijol	<i>Thanatephorus cucumeris</i> (<i>Rhizoctonia solani</i>)		Rastrojo de maiz, incorporación de vegetación natural; nescafé (<i>Stylosobium deeringianum</i>)	Maiz-frijol	Maiz-frijol, Arvenses: <i>Euphorbia heterophylla</i> , <i>Cyperus odoratus</i> , <i>Bidens pilosa</i>		Tabasco	Rosado & Garcia 1985, 1986; Rosado 1989
Ajo	<i>Sclerotium cepivorum</i>	<i>Sporidesmium sclerotivorum</i>					Edo. de México	Ortiz & Garcia 1986
Cebolla	<i>Sclerotium cepivorum</i>		Residuos de brócoli y col (<i>Brassica oleracea</i>)				Edo. de México	Villar <i>et al.</i> 1990; Zavaleta <i>et al.</i> 1991, 1992