

LAS PRÁCTICAS DE MANEJO DEL SUELO EN LA LUCHA CONTRA LAS PLAGAS AGRÍCOLAS

Luis L. Vázquez¹; Emilio Fernández¹; Ermenegildo Paredes¹; Hortensia Gandarilla-Basterrechea²; Yamilka Pérez¹; Marleny González¹; Maria Luisa Sisne³

¹*Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). Ciudad de La Habana.*

²*Laboratorio Central de Cuarentena Vegetal. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Ciudad de La Habana.*

³*Universidad deiego de Ávila.*

Por la importancia estratégica del suelo, sobre todo para los países y regiones que se proponen el desarrollo agrario sostenible, los análisis y debates deben ser integrales y transdisciplinarios, ya que el estudio y manejo del suelo requiere de las experiencias de los especialistas y los agricultores.

De hecho, en los últimos años se ha intensificado el interés por los aspectos biológicos y de biodiversidad del suelo, como vía para reducir los efectos degradativos de la agricultura intensiva o productivista, en lo cual la agroecología aporta elementos básicos y prácticos, ya que el asunto es de naturaleza múltiple y por tanto la solución es compleja.

Con relación al recurso suelo en la agricultura sostenible, según Astier *et al.* (2002), varios autores enfatizan la necesidad de emplear una perspectiva sistémica sobre el concepto de calidad del suelo, argumentando que debería ser capaz de mantener su productividad en condiciones de estrés, promover la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura, proveer las fibras y alimentos necesarios para el ser humano, ser económicamente viable y mejorar la calidad de vida de los agricultores y la sociedad, ya que el suelo es un componente central del agroecosistema, por lo que es preciso definir su estado para evaluar la sustentabilidad del mismo.

Por otra parte, varios conceptos de suelo, sus características y propiedades se han enfocado con criterio reduccionista, al analizar por separado las propiedades físicas y químicas, la biodiversidad y sus funciones, el manejo para el cultivo de plantas y la crianza de animales, entre otros aspectos; sin embargo, el suelo es un sistema complejo, que se debe manejar como tal, pues en el mismo se desarrollan diversos procesos ecosistémicos de múltiples alcances.

Respecto a las plagas y su manejo, a pesar de los vínculos potenciales entre la fertilidad del suelo y la protección fitosanitaria de los cultivos, la evolución de los conceptos de manejo integrado de plagas (MIP) y manejo integrado de la fertilidad de los suelos (MIFS) han procedido separadamente (Altieri y Nicholls, 2003); por ello, puesto que ya se conoce que muchas prácticas de manejo del suelo influyen en el manejo de plagas, no tiene sentido ecológico continuar con enfoques reduccionistas (Nichols y Altieri, 2006).

Refieren Nichols y Altieri (2008) que varias investigaciones demuestran que la capacidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de insectos plaga y enfermedades está ligada a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo. Suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que previenen la infección.

En la presente conferencia nos proponemos sintetizar algunos enfoques y experiencias en la participación de los organismos nocivos y sus enemigos naturales en la dinámica del suelo, así como las prácticas de manejo y conservación que más se relacionan con dichos organismos, pues la lucha contra las plagas agrícolas que habitan en el suelo es parte del manejo de este y no una cuestión independiente.

Organismos nocivos y sus relaciones con el suelo

La relación entre los organismos nocivos a las plantas y el suelo es la resultante de un proceso coevolutivo entre el suelo, dichos organismos, las plantas que se cultivan, las condiciones climáticas y los sistemas de cultivo que se han empleado tradicionalmente para dichas plantas en los diferentes lugares.

Por supuesto, la composición y actividad de la biodiversidad en estos suelos también es propia del clima y las características de las diferentes especies de organismos, sea su facultad de tolerar y adaptarse a las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, como por sus hábitos de vida, que requieren vivir total o parcialmente dentro del suelo.

Las plantas funcionan en un ambiente complejo multitrófico, donde generalmente la flora y fauna del suelo y los organismos de arriba del suelo (cultivos, insectos, etc.) interactúan

en redes tróficas complejas, con una serie de interacciones que pueden favorecer o desfavorecer la menor incidencia de plagas (Nichols y Altieri, 2008). Las comunidades arriba del suelo se ven afectadas directa e indirectamente por interacciones con los organismos de la red trófica del suelo (Wardle *et al.*, 2004). Las actividades de alimentación de los descomponedores o detritívoros (básicamente bacterias y hongos) en la red trófica estimulan el movimiento de nutrientes, la adición de nutrientes por las plantas, y el funcionamiento de las plantas, y es así como indirectamente influyen sobre los insectos que se alimentan de cultivos.

De manera sintética y relativa, la representación de los diferentes organismos nocivos a las plantas muestra tres grupos bien diferenciados, a saber:

1. Los que viven totalmente en el suelo (por ejemplo la mayoría de los nematodos).
2. Los que se desarrollan de manera permanente sobre la superficie del suelo, como las arvenses.
3. Los que tienen especies que viven parte de su vida en el suelo y la otra en los órganos aéreos de las plantas (ejemplos insectos, hongos y bacterias fitopatógenas, ácaros, virus y otros).

Todo esto condiciona su relación funcional con el suelo, la que es mayor para los del primer grupo y menor para los del tercero.

Nematodos fitoparásitos: Son típicamente organismos del suelo, por lo que sus relaciones funcionales están muy relacionadas con el sistema radicular de las plantas, los residuos o estructuras de estas que se incorporan al suelo, así como con las propiedades físicas, químicas y biológicas de este; aunque, existen especies altamente peligrosas a las plantas que se desarrollan en los órganos aéreos, como los tallos, las hojas y las semillas.

Los estudios sobre fitonematodos como parásitos de las plantas, que habitan en las raíces y el suelo en Cuba son diversos, los que han permitido lograr un amplio conocimiento sobre las especies existentes, sus hábitos y las plantas hospederas, entre ellos se consideran de mayor importancia en Cuba a las pertenecientes al género *Meloidogyne* (Fernández *et al*, 1998; Fernández y Ortega, 1998; Fernández ,2006).

Arvenses: Las arvenses que se manifiestan como malas hierbas o malezas, como otras plantas, tienen una estrecha relación con el suelo, no solo por ser el sustrato donde crecen y se nutren, sino porque en el mismo mantienen su semilla botánica o agámica para garantizar la supervivencia, entre otros aspectos relacionados con el manejo del suelo y el cultivo.

Son diversas las investigaciones que se han realizado en Cuba para el control y manejo de las malezas, lo que consideramos constituye un valioso aporte al conocimiento de los organismos que habitan en el suelo e influyen en sus propiedades y en el rendimiento de los cultivos, como son los estudios sobre período crítico de competencia, lo que ofrece la ventaja de poder conocer el momento idóneo para recomendar las medidas de control; así, en el caso del cultivo del maíz se determinó alrededor de los 60 días después de la germinación y la competencia más severa es entre los 30-40 días, en que las arvenses pueden disminuir hasta el 51 % de los rendimientos (Sariol, 1984).

Hongos fitopatógenos: Dentro de los hongos de suelo se encuentran un grupo de patógenos a las plantas, los géneros fúngicos que más se destacan universalmente son *Sclerotium*, *Fusarium* y el complejo *Rhizoctonia* y los representantes del Reino Chromista *Phytium*, *Phytophthora*. Tomando en consideración que muchas enfermedades son causadas por hongos fitopatógenos del suelo y dadas las pérdidas que estos ocasionan, se han realizado numerosas investigaciones al respecto (CPC, 2004; 2006).

Estas especies de hongos fitopatógenas pueden permanecer en el suelo por largos períodos de tiempo mediante modificaciones del micelio vegetativo como esclerocios y clamidosporas asociados o no a restos de plantas enfermas y también los conidios y oosporas de los oomicetos pueden permanecer viables entre cosechas en ausencia del hospedante (Herrera y Ulloa, 1990).

Bacterias fitopatógenas: Las especies de bacterias fitopatógenas que afectan los cultivos en Cuba han sido ampliamente estudiadas (Carone, 2003), así como las relaciones que las mismas han desarrollado con el suelo y su manejo, especialmente *Pseudomonas solanacearum* y las especies del género *Erwinia* (Stefanova y Fernández, 1995).

Igualmente, sobre *Erwinia carotovora* pv. *carotovora*, que provoca la pudrición húmeda en los tubérculos de papa en el suelo antes de la cosecha o en el almacén, mostró una sobrevivencia mayor cuando se inoculó al suelo con rodajas de papa y a 22-24 °C fue de cuatro semanas; mientras que cuando se inoculó una suspensión acuosa se observó crecimiento durante tres semanas a 20-22°C y siete días a 24°C (Morales *et al.*, 1990).

Insectos fitófagos: Los insectos fitófagos pueden tener diferentes relaciones con el suelo; algunas indirectas, como los efectos de la humedad y temperatura, la sustentación de enemigos naturales y otras; en cambio, las relaciones directas son muy importantes, porque se refieren a que estos desarrollan una o más etapas de su vida en el suelo y en interacciones con el sistema radicular de la planta o los restos vegetales.

En el caso de los insectos fitófagos que constituyen plagas y que desarrollan fases de su vida en el suelo, es importante conocer que estas relaciones son de diferentes tipos y que se deben a características propias de la especie en su proceso coevolutivo con las plantas hospedantes.

Esta pedofauna fitófaga generalmente habita parte de su ciclo de vida en el suelo, donde sus relaciones pueden ser de varios tipos, los que se ofrecen en orden de importancia, a saber:

- I. Alimentación de las raíces de las plantas. Generalmente este hábito lo tienen las larvas de insectos de los órdenes Coleoptera, Lepidoptera y Hemiptera. En estos casos generalmente la larva y la pupa se realiza en el suelo y el adulto en la parte aérea, alimentándose del follaje y otros órganos de la misma planta u otras que habitan en el campo.
- II. Cortar y alimentarse de plántulas recién trasplantadas. Muy común en algunos Lepidoptera (Noctuidae) e Hymenoptera (Formicidae). Las larvas y las pupas generalmente se realizan en el suelo y los adultos en la parte aérea. En este caso las larvas salen a cortar y comer, pero se refugian en el suelo.
- III. Comer las semillas botánicas. Es común para Hymenoptera (Formicidae) y otros insectos.
- IV. Realizar la pupa en el suelo. Muy común en Diptera, Lepidoptera, Coleoptera, Thysanoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Orthoptera y otros. En la mayoría de los

casos el resto del ciclo se realiza en la planta y solo caen y se entierran en el suelo para pupar, sin afectar el sistema radicular de la planta.

La importancia mayor desde el punto de vista de los daños a los órganos de la planta que están en el suelo la tienen las especies del tipo I y II, aunque a los efectos del manejo todas son de interés.

Estudios más recientes sobre insectos del suelo se realizan con los Scarabaeidae que atacan las raíces del cultivo de la piña en la provincia de Ciego de Ávila, donde en el periodo comprendido entre mayo de 1999 y junio de 2007 se colectaron con el sistema de trampas establecido por Sisne, *et. al.*, (2003) un total de 16 especies pertenecientes a 10 géneros de esta familia. El género más abundante durante los años de estudio fue *Cyclocephala*, representando el 70% del total de la muestra colectada seguido por el género *Phyllophaga* con un 21%. Las especies encontradas fueron: *Anomala calceata* Chev, *Phyllophaga fimbriata* Chap. *Phyllophaga patruelis* Chev. *Phyllophaga puberula* Duval, *Phyllophaga analis* Burm. *Phyllophaga dissimilis* Chev., *Phyllophaga aeruginosa* Burm., *Anoplosiagum simplicipes* Chap., *Cyclocephala cubana* Chap., *Dyscinetus picipes* Burm., *Dyscinetus laevipunctatus* Bates, *Ligyris fossor* Lat., *Lygirus tumulosus* Burm., *Onthophagus gazella* Bates, *Athyreus tridentatus* M'L. y *Apalonychus watershousei* Westw (Sisne, et al, 2007).

Organismos benéficos y sus relaciones con el suelo

Enemigos naturales de nematodos fitoparásitos: A escala mundial hay un elevado nivel de conocimiento sobre la sobre la microflora y microfauna del suelo cuyas especies son antagonistas o reguladoras de las actividades de los nematodos, la que abarca una gran diversidad de organismos que incluyen virus, rickettsias, bacterias, hongos, protozoos y tardígrados, así como predadores como turbelarios, nematodos, enchitridos, ácaros, collembolos y otros insectos (Kerry, 1995).

Una gran parte de los estudios relacionados con antagonistas en Cuba corresponden al género *Verticillium* y han sido realizados por Hidalgo (1999), quien informó de la presencia de tres especies del mismo en regiones cafetaleras de Cuba, señalando a *V. chlamydosporium* Goddard, actualmente sinonimizado como *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare & W. Gams, como la más representada y de mayor variabilidad

intraespecífica. Este autor observó hasta un 70% de parasitismo de masas de huevos de *M. incognita* presente en la rizosfera de plantas de tomate, con una reducción significativa de la multiplicación del nematodo.

El potencial antagonista en Cuba no se limita solamente a estos géneros, pues Gandarilla (2004) detectó diez especies de hongos oportunistas asociados a masas de huevos de *Meloidogyne. incognita* en raíces de *Begonia. coccinea*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Impatiens balsamina*, *I. wallerana*, *Pseuderanthemum carruthersii* y *Plectranthus scutellarioides*, así como en quistes de *Cactodera cacti* presentes en *Mammillaria sp.*, *Melocactus sp.* y *Opuntia sp.* Estas especies fueron *Acremonium roseolum* (G. Smith) W. Gams, *Fusarium moniliforme* Sheldon, *F. larvarum* Fuckel, *F. oxysporum* Schlech., *F. solani* (Mart.) Sacc., *F. ventricosum* App. & Woll., *Mucor sp.*, *Phoma lycopersici* Cke., *Phoma sp.* y *Pochonia. chlamydosporia* de los cuales esta última se presentó con mayor frecuencia en ootecas de *M. incognita* mientras que *A. roseolum* y *F. solani* fueron los más frecuentes en *C. cacti*.

Enemigos naturales de insectos: La ocurrencia de enemigos naturales de insectos que se manifiestan como plagas del suelo ha sido relativamente poco estudiada en Cuba, aunque se conoce que existe diversidad de especies que actúan con hábitos como parasitoides y predadores, las que esperan ser descubiertas; no obstante, se han realizado hallazgos de diversas especies de hongos entomopatógenos y de entomonematodos, algunos de los cuales se han utilizado en programas de control biológico (Vázquez, 2006).

Dentro de los enemigos naturales de los insectos se encuentran los nematodos entomopatógenos, principalmente los pertenecientes a los géneros *Heterorhabditis* y *Steirnernema*, que sirven de vehículos a un grupo de bacterias que viven simbioticamente en su hemocèle, pero que son capaces de matar en solo horas a los insectos susceptibles. Varias especies se han encontrado en el país, algunas de ellas se han logrado reproducir artificialmente tanto usando el hospedero intermediario *Galleria mellonella* como mediante medios artificiales. El rango de hospedantes dentro de los principales insectos plagas es relativamente amplio e incluye al picudo negro del plátano, picudito del arroz, polilla de la col, bibijaguas, gusanos de manteca, broca del cafeto, palomilla del maíz entre otros. Su uso en Cuba ha ido aumentando en los últimos tiempos, dada su alta efectividad e inocuidad (Sánchez, 2002; Rodríguez et al 2007).

Estudios recientes que se conducen por Sisne *et al.* (2004), informan en el agroecosistema piñero de Ciego de Avila larvas del complejo gallina ciega parasitadas de forma natural por el hongo entomopatógeno *M. anisopliae*, así como adultos del género *Cyclocephala* predados por el coleoptero *Calosoma sayi* Def.

Bacterias endofíticas: Las bacterias endofíticas forman parte de la gran cantidad de bacterias benéficas presentes en la rizosfera, que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas y las protegen contra otros organismos del suelo que causan enfermedades (Weller 1988, Hallmann *et al.* 1997).

Estas rizobacterias, que pertenecen mayormente al grupo de *Pseudomonas* y *Bacillus*, son antagonistas de importantes patógenos de la raíz en muchos cultivos de importancia económica (Schroth y Hancock 1982, Hallmann y Berg 2006). Bajo condiciones de invernadero, su aplicación ha generado prometedores resultados en vegetales, frutas y plantas ornamentales.

Hongos endofíticos: Está ampliamente documentado que existen relaciones simbióticas entre hongos endofíticos y una amplia variedad de plantas. La colonización de estos hongos puede generar beneficios para la planta hospedera, incluyendo la actividad antagonista y la inducción de resistencia contra patógenos, así como la promoción de crecimiento mediante la secreción de fitohormonas y la movilización de nutrientes de la rizosfera hacia la planta (Harman *et al.* 2004, Schulz 2006).

En Cuba durante las dos últimas décadas se han aislado varias especies de *Trichoderma* de variados sustratos, la mayoría de ellos de suelo (Pérez y López, 2006). La riqueza de los suelos cubanos en *Trichoderma* tiene gran importancia, pues se puede realizar una prospección de aislados nativos e incluirlos en los programas de manejo agroecológicos de plagas.

Este género tiene una amplia distribución mundial y en todas las latitudes se utiliza como control biológico (Stefanova, 2006); el aislamiento y caracterización de las especies halladas pueden ser útiles para controlar enfermedades sin necesidad de introducir cepas, utilizando solo las presentes en este agroecosistema.

Suelos supresivos: Una interpretación de las ventajas de la complejización del manejo del cultivo y del suelo la ofrece Capra (1999), quien expresa que el concepto de autoorganización (organización espontánea) emerge como el concepto central de la visión sistémica de la vida. La teoría moderna de la complejidad postula que a través de la organización espontánea los sistemas de elevada complejidad encuentran por si mismos, las formas óptimas de organización y funcionamiento. Estipula también que deben mantenerse a un mínimo los controles externos, que son los que vulneran al sistema y lo llevan al borde del colapso. Un ejemplo de la propiedad de autoorganización de los sistemas de elevada complejidad es la que se observa en la supresividad.

Es probable que la supresividad a ciertas especies de patógenos, observada de manera general en ecosistemas naturales, se deba a la elevada complejidad tanto estructural como de comportamiento de las especies de microorganismos que en ellos interactúan. Es factible entonces que en los agroecosistemas la supresividad pudiera surgir al estimular la complejidad, por ejemplo al incrementar la diversidad de antagonistas a fitopatógenos con origen en el suelo (García, 2000).

La supresividad puede ser considerada como parte de la capacidad de homeostasis de los ecosistemas estables; es decir, de su resistencia al cambio, la cual impide o frena la introducción o el éxito de especies foráneas y logra resistencia a otros cambios (García, 2000).

Bajo el enfoque holístico y de la teoría de la complejidad, la supresividad del suelo es una propiedad emergente del sistema que resulta de su propia complejidad; el fenómeno no puede ser explicado y menos manejado diseccionando el sistema para conocer los componentes elementales, ya que ninguno de esos componentes puede explicarla por si solo (Bautista *et al.*, 2008).

El concepto de supresividad a fitopatógenos por parte de ciertos suelos está bien documentado en diversas partes del mundo (Cook y Baker, 1983; Linderman *et al.*, 1983), lo que ha contribuido a su aceptación generalizada para ser empleada en el control biológico. Sin embargo, el fenómeno aún no está suficientemente entendido como para ser aplicado en campo.

Se han identificado suelos supresivos a los fitonematodos, es decir, sistemas de producción en los cuales se mantiene un equilibrio entre las poblaciones de nematodos y sus enemigos naturales permitiendo la permanencia de cultivos susceptibles durante varios años sin presentar una reducción en su rendimiento (Cooke 1968, Kerry *et al.* 1982, Sikora 1992).

Prácticas de manejo de plagas en el suelo

La complejidad del manejo del suelo se expresa básicamente por el hecho de que en el mismo interactúan constantemente sus propiedades físico-químicas con los organismos que lo habitan, y todo esto influye directamente en el desarrollo de las plantas cultivadas y, de conjunto, en la sostenibilidad del suelo, entre otras interacciones.

Cuando se analizan las diferentes prácticas de manejo del suelo, es importante entender que las mismas tienen diversos efectos, aunque se hagan con un propósito principal, por lo que un manejo eficiente del suelo debe contribuir a una optimización o multiplicación de sus efectos beneficiosos.

De hecho, la mayoría de las tácticas de manejo del suelo que a continuación se expondrán pudieran verse como esencialmente de carácter agronómico; sin embargo, existen efectos indirectos y directos sobre la fitosanidad de los cultivos, sea por aumentar el vigor de las plantas o la tolerancia de estas a las plagas, porque en el mismo habitan enemigos naturales (principalmente microorganismos y microartrópodos) o por sus efectos negativos al constituir reservorios de organismos perjudiciales.

Preparación del suelo: La preparación del suelo implica profundizar, invertir el prisma, nivelar, surcar, etc. y se realiza según las características del suelo, el sistema de cultivo y la planta que se va a sembrar o plantar, bajo el criterio de su conservación y según las características y estado de cada campo en particular. La reducción de las malezas y otras plagas del suelo puede lograrse cuando existe una preparación del suelo que considera estos problemas. Desde luego, una buena preparación del suelo asegura que la planta crezca mejor, aunque bajo ciertas condiciones y esquemas de rotación se puede realizar el laboreo mínimo o no laboreo.

Manejo de la erosión: Debido a que las propias tecnologías de los cultivos favorecen el movimiento del suelo, sea por la preparación o por las labores culturales, este es más susceptible a los procesos de erosión hídrica, la que pueden ser provocadas por el propio sistema de riego o por la ocurrencia de eventos meteorológicos.

Por ello es importante que el agricultor conozca que la pérdida de suelo por procesos de erosión hídrica, además de llevarse o arrastrar el suelo constituye una vía de dispersión de poblaciones de plagas del suelo (nematodos, malezas, patógenos, insectos, ácaros, etc.).

Muchos tipos de plagas, principalmente los fitopatógenos, se incrementan cuando hay exceso de humedad y encharcamientos; estos últimos favorecen a los microorganismos secundarios que se aprovechan del debilitamiento de las plantas.

Rotación de cultivos: Es uno de los temas más estudiados desde el punto de vista del manejo de plagas, principalmente para reducir las afectaciones por malezas, nematodos fitoparásitos y patógenos del suelo.

La mayor utilidad de la rotación de cultivos se ha demostrado en cultivos temporales como vegetales, tabaco, granos, fibras, tubérculos, aunque en algunos de mayor permanencia como el banano y plátano, puede tener importancia bajo algunas condiciones locales.

En particular sus efectos contra hongos y bacterias fitopatógenas se manifiesta en la reducción de cepas, formas especiales y razas muy específicas de determinados patógenos, como *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* que afectan el repollo y la f. sp. *raphani* que es específica de rábanos (Stefanova y Fernández, 1995).

En el caso de los fitopatógenos, la preparación del suelo puede reducir la incidencia de patógenos que tienen una larga supervivencia, sea por su resistencia o por la diversidad de hospedantes, como es el caso de *Sclerotium cepivorum*, que se caracteriza por tener una extrema longevidad de sus esclerocios que pueden permanecer por un periodo de dormancia de 20 años en ausencia de plantas que lo hospedan, los que se pueden estimular en presencia de plantas del género *Allium* (Stefanova y Fernández, 1995).

Bajo las condiciones de Cuba, se han logrado buenos resultados contra distintas especies de *Meloidogyne* con las rotaciones que han incluido entre sus componentes, a cultivos que previamente se evaluaron como resistentes o poco susceptibles tales como maní, ajonjolí, frijol de terciopelo, algunas variedades de ajo, cebolla, maíz y arroz y clones de boniato como CEMSA 78-354 (Fernández et al, 1998).

Diversificación de cultivos: La diversificación de cultivos tiene múltiples efectos sobre las plagas del suelo y sus enemigos naturales, además de las ventajas para la conservación del suelo y la optimización económica y ecológica del sistema.

Los sistemas de cultivos múltiples consisten en la siembra de dos o más cultivos en la misma superficie durante el año (Hernández, 1995; Leyva, 1993). Las combinaciones de cultivos en espacio y tiempo tienen efectos muy variados, directa o indirectamente.

Esta es una táctica muy explotada en la agricultura urbana; pero, desde luego, hay que tener mucho cuidado con la tendencia a policultivos sin un criterio técnico, porque se puede favorecer el desarrollo de ciertos organismos causales de plagas (Vázquez y Fernández, 2007).

Otro elemento importante es la concentración de recursos alimenticios, que al ser diversa, disminuye la atracción que ejerce el cultivo a la plaga y por tanto las poblaciones que se establecen en los campos son menores, entre otras ventajas, efectos que se manifiestan con mayor complejidad en el suelo.

El efecto alelopático de una maleza puede llegar a causar pérdidas significativas en el desarrollo de los cultivos y en los rendimientos si se incorporan sus restos y se realizan las siembras en un periodo relativamente corto antes de la liberación o descomposición de los metabolitos y compuestos responsables de la toxicidad al cultivo. En cuanto a las malezas se lograría un buen control con sustancias que inhiban la germinación de semillas, crecimiento de plantas o impidan la producción de propágulos; pero todo eso se logra identificando primeramente las plantas de mayor potencial alelopático (Sosa de Almeida, 1991).

Arrope: El uso de arrope con residuos vegetales o de industrias es usado en cultivos perennes y anuales, estos ejercen buenos resultados sobre todo para la conservación de la humedad del suelo y el manejo de malezas con semillas pequeñas. Al respecto Teasdale y Mohler, (1993) señalan que la intercepción y reflexión de las ondas cortas de la emisión solar por parte de la cobertura de residuos, produce la reducción de la luz que llega al suelo, y así se afecta el poder germinativo de las semillas. Tales tecnologías forman parte de los métodos físicos recomendados para el control de malezas resistentes a los herbicidas y son de mucha utilidad en la agricultura ecológica (Tabernet *et al.*, 2007)

Solarización: La solarización se define como el empleo de la radiación solar para la eliminación de las semillas vegetativas de las malezas (coquillos, bulbillos, rizomas y estolones) cuando estas son expuestas en la superficie del suelo en periodos secos al ser extraídas por los instrumentos que se usan en la preparación del suelo. Para reducir la viabilidad de estos órganos reproductivos es necesario exponerlos a la luz solar por un tiempo no menor de 8 a 10 horas diarias durante al menos 10 días consecutivos en periodos no lluviosos durante el proceso de preparación de suelo (Pérez, 2000).

Para atrapar la energía calórica procedente de los rayos solares, se utiliza una lámina de polietileno (nylon) transparente que se deposita sobre un suelo, acanterado y previamente humedecido. El calor húmedo producido debajo de esta lámina afecta nematodos, malezas, hongos e insectos que hacen la pupa en el suelo.

Según Vázquez y Fernández (2007) para controlar nematodos (*Meloidogyne*) debe permanecer así durante 4-6 semanas, en la época de mayor irradiación solar (julio, agosto, primera quincena de septiembre para las condiciones de Cuba). Agregan que su uso puede combinarse con la adición, antes de tapar, de residuos de cosecha u otras materias orgánicas sin descomponer, ya que el proceso de descomposición de estas libera calor y sustancias tóxicas; además, puede combinarse con la aplicación posterior de antagonistas al suelo, como *Trichoderma*, que contribuye a que este colonice más rápido.

Estudios conducidos en Cuba por Stefanova y Fernández (1995) permitieron comprobar la utilidad de solarizar el suelo de organopónicos para reducir los niveles de hongos

fitopatógenos, nematodos fitoparásitos y malezas (Tabla 8), con resultados altamente efectivos a los 30 y 45 días.

Biofumigación: Bello *et al.* (2001) definen la biofumigación como la acción de las sustancias volátiles que se producen en la biodescomposición de la materia orgánica para el control de los organismos patógenos y la flora arvense, mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo, manteniendo su eficacia en el tiempo a través de sistemas de producción integrada.

La biofumigación es la acción de los gases tóxicos que se producen en el proceso de descomposición orgánica, mediante una alta humedad y temperatura; se basa en la utilización de restos vegetales o de cosechas, abonos verdes, estiércol vacuno, gallinácea, etc, aplicados en dosis de 50 a 100 t/ha e incorporados al suelo uniformemente hasta una profundidad de 15 cm., humedecidos con agua hasta la capacidad de campo y tapado con nylon transparente de 200 micras de espesor durante 20 a 30 días, periodo de tiempo suficiente para que se produzcan gases tóxicos capaces de eliminar a las plagas de insectos, nematodos, ácaros, hongos del suelo y malezas (Paredes *et al.*, 2004).

Hay varias fuentes de biomasa que pueden ser útiles para la biofumigación, como los residuos de cosechas de plantas que durante el proceso de descomposición emanan gases que tienen propiedades como biocida, tal es el caso de las crucíferas, en especial la col o repollo y el brócoli (Kirkegaard *et al.*, 1995).

Las hojas que quedan de la cosecha de estas plantas se entierran en el suelo, se esperan aproximadamente dos semanas para que las hojas se descompongan, tiempo necesario para disminuir los niveles de poblaciones de nematodos, patógenos, insectos, etc. en el suelo. Es muy importante que las hojas queden enterradas, para garantizar que los gases no se escapen y actúen más eficientemente. El proceso se acelera con el riego y si se tapa con nylon, pencas de guano u otro material. Igualmente se pueden utilizar con buenos resultados las enmiendas no descompuestas como humus, estiércol, cachaza, gallinaza, etc. (Vázquez y Fernández, 2007).

Control biológico: EL control de los hongos fitopatógenos de suelo es un problema persistente en la agricultura a nivel mundial. Para disminuir los daños se recomienda el uso de variedades resistentes, prácticas culturales adecuadas, tratamientos de las semillas con fungicidas y fumigación de los semilleros.

Dos géneros fúngicos que actúan como antagonistas de hongos fitopatógenos han merecido la atención de la mayoría de los investigadores a nivel mundial, los géneros *Gliocladium* y *Trichoderma*, por estar representados por especies con marcadas características de hiperparásitos efectivos.

En la lucha contra los hongos fitopatógenos del suelo en Cuba se ha generalizado en el país el empleo del hongo antagonista *Trichoderma* spp. Al respecto en la actualidad se está prestando mucha atención a la necesidad de favorecer sinergismos, manejar los antagonismos y evitar las incompatibilidades, como lo muestran los resultados de estudios de compatibilidad entre el hongo antagonista *Trichoderma* spp. y la bacteria *Azotobacter* que se emplea como biofertilizante, demostrándose que la bacteria no produce metabolitos que afecten al hongo (Stefanova *et al.*, 1995).

Actualmente se incrementa el uso de entomonematodos en la lucha contra las principales plagas de insectos, tanto en el follaje de la planta como en el suelo. Cuando se emplean bioplaguicidas se pueden aplicar sin dificultad e incluso mezclarlos, ya que poseen efecto sinérgico con otros agentes entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y otros), pudiendo aumentar la eficiencia y la economía del método. En muchos casos estas mezclas superan a otros patógenos en los índices de mortalidad que provocan.

Manejo de la rizosfera: Los avances obtenidos en bioestimulantes y antagonistas han conducido a considerar la rizosfera como un nivel particularmente importante, pues en ella se producen relaciones ecológicas y bioquímicas cruciales.

Se pueden destacar dos características de la rizosfera: Una de ellas es la presencia de numerosos organismos en mayor densidad que en el suelo normal, como bacterias, hongos (micorrícicos o no), y microfauna, como por ejemplo nematodos. La otra característica notable es la estabilidad de las partículas de suelo, tanto por la acción

mecánica de las raíces, como por la acción agregante de los exudados de los diferentes organismos presentes (plantas y microorganismos).

Sin considerar a los invertebrados y otros animales, en el suelo deben convivir, por una parte, las raíces de las plantas, en competición por los recursos, y, por otra parte una enorme cantidad de microorganismos. Es por tanto fundamental el conocimiento de estas relaciones y la ocurrencia de hongos y nematodos fitoparásitos, sobre todo cuando se emplean bioproductos en que su principal actuación está precisamente en dicha zona.

Por ello en los últimos años se ha incrementado la aplicación o inoculación al suelo de microorganismos con diferentes propósitos, muchas veces de forma aislada y otras combinados, esta última muy aceptada por los agricultores, sobre todo cuando se producen efectos sobre el desarrollo del cultivo y la reducción de los fitopatógenos.

En Cuba, Fernández *et al* (2003) demostraron que en condiciones semicontroladas, la inoculación temprana a vitroplantas de banano (en la fase de endurecimiento) con cepas de las especies *G. intraradices*, *G. manihotis* y *G. mosseae*, atenuaron la afectación por *Meloidogyne incognita* y *Radopholus similis*; a nivel de campo obtuvieron igualmente que en zonas con bajas infestaciones iniciales de *R. similis*, las plantas micorrizadas tuvieron un mejor desarrollo vegetativo y las poblaciones de los nematodos crecieron más lentamente que en aquellas no micorrizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altieri, MA; Nicholls, CI. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 72:203.

Astier, M.; M. Maass-Moreno² y J. Etchevers-Barra. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36 (5): 605-620. 2002.

Bautista-Calles, J.; R. García-Espinosa; J. Pérez-Moreno; E. Zavaleta-Mejía; R. Montes-Belmont; R. Ferrera-Cerrato. Inducción supresiva a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico. *Interciencia* 33 (2): 96-102. 2008.

Bello, A.; García, A.; López- Pérez, J.A; Díaz- Viruliche, L. 2001. Fundamentos científicos de la biofumigación. Dpto Agro ecología. Centro de Ciencias Medioambientales. CSIC. España. En: Resúmenes IV Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal, Varadero, Cuba,

- Bernal, S., N. González, M. Andino. Influencia de la temperatura del suelo en el parasitismo de *Heterorhabditis* spp. suelo pardo con carbonato. Centro agrícola 25 (2): 16-19. 1998a.
- Bernal, S., N. González, M. Andino. Influencia de la temperatura del suelo en el parasitismo de *Heterorhabditis* spp. suelo fersialítico. Centro agrícola 25 (2): 19-22. 1998b.
- CAB International. 2004. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International.
- CAB International. 2006. Crop Protection Compendium. Wallingford, UK: CAB International.
- Capra F (1999) La Trama de la Vida. Una Nueva Perspectiva de los Sistemas. Trad. Sempau D. 2ª ed. Anagrama. Barcelona, España. 367pp.
- Carone, M. Bacterias fitopatógenas. Ed. INISAV. Ciudad de La Habana. 167p. 2003. ISBN 959-246-091-4
- Cook RJ, Baker KF (1983) The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. American Phytopathological Society Press. St. Paul, MN, EEUU. 539 pp.
- Cooke, R. 1968. Relationships between nematode-destroying fungi and soil-borne phytonematodes. Phytopathology 58:909-913.
- Fernández, E.; R. Hernández; M. López; H. Gandarilla. Nemátodos parásitos del banano y plátano y su control. Manejo y lucha biológica. Boletín Técnico 4(5) :1-20, Cidisav, La Habana, diciembre 1998
- Fernández, E. Manejo Integrado de nematodos en cultivos tropicales y subtropicales .Boletín Técnico 11(1) :7-32. 2006.
- Fernández, M. y J. Ortega An overview of nematological problems in Cuba. Nematropica 28 (2):151-163 . 1998.
- Gandarilla, H. Fitonematodos de las plantas ornamentales: Nocividad y antagonistas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana ,2004
- García E. R. (2000) Algunos trabajos en México sobre caracterización e inducción de supresividad de suelos a enfermedades de la raíz. En Quintero-Lizaola R, Reyna-Trujillo T, Corlay-Chee L, Ibáñez-Huerta A, García-Calderón NE (Eds.). La Edafología y sus Perspectivas al Siglo XXI. Universidad Nacional Autónoma de México-Colegio de Posgraduados-Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 306-317.
- Hallmann, J; Berg, G. 2006. Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes. In Schulz, B; Boyle, C; Sieber, T. eds. Microbial root endophytes. Berlin-Heidelberg, DE, Springer-Verlag. p. 15-32. (Soil Biology Vol. 9).
- Hallmann, J; Quadt-Hallmann, A; Mahaffee, WF; Kloepper, JW. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. Canadian Journal of Microbiology 43:895-914.
- Harman, GE; Howell, CR; Viterbo, A; Chet, I; Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2:43-56.
- Hernández, A. Los sistemas de cultivos múltiples o policultivos. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova (La Habana). 6p. 1995.

Herrera, T. y M. Ulloa. (1990). El Reino de los Hongos. Micología básica y aplicada. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. 552 pp.

Hidalgo, L. 1999. Potencialidades de cepas autóctonas de *Verticillium chlamydosporium* (Goddard) como agentes de control biológico de *Meloidogyne spp.* Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 120 pp.

Kerry, B. R.; Crump, DH; Mullen, LA. 1982. Studies of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*, under continuous cereals, 1974-1978. I. Plant growth and nematode multiplication. *Annals Of Applied Biology* 100:477-487.

Kerry, B.R. (1995). Ecological considerations for the use of the nematophagous fungus, *Verticillium chlamydosporium*, to control plant parasitic nematodes. *Can. J. Bot.* 73: 565-570.

Leyva, A. Las asociaciones y las rotaciones de cultivos. En: Primer curso internacional de agricultura orgánica. ISCAH (La Habana). 15p. Marzo 1993.

Linderman RG, Moore LW, Baker KF, Cooksey DA (1983) Strategies for detecting and characterizing systems for biological control of soilborne plant pathogens. *Plant Dis.* 67: 1058-1064.

Nicholls, C. I. y M. Altieri. Manejo de la fertilidad de suelos e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). No. 77, pp 8-16. 2006.

Nichols, C. I. y M. A. Altieri. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. Leisa. Revista de agroecología. pp. 6-8. Setiembre 2008

Paredes E., Fernández, Ana, Marín Danieslli, González Marlene y Pérez M. E. 2004. Desinfección del suelo en casas de cultivos para la producción de hortalizas como alternativa al uso del bromuro de metilo. Conferencia Internacional de alternativas al bromuro de metilo. 25-27 Mayo. La Habana

Pérez E. 2000. Manejo Integrado de Malezas. Curso Internacional CISAV 2000. 19 pp.

Pérez, Y. y M.O. López. 2006. Especies de *Trichoderma* presentes en Cuba y sustratos más frecuentes. *Fitosanidad* 10 (2): 90.

Rodríguez, M.; E. González; R. Enrique; L. Gómez; M. Bertoli y R. Montano. Nematodos entomopatógenos: efectivos biorreguladores para el manejo de plagas del boniato (*Ipomoea batatas*), maíz (*Zea mays*) y col de repollo (*Brassica oleracea*) en la Habana, Cuba. Memorias de XXXIX Reunión Anual de ONTA, Villa Carlos Paz- Córdoba, Argentina. 29 octubre-2 de noviembre 111 pp. 2007.

Sánchez, L. *Heterorhabditis bacteriophora* HC 1. Estrategia de desarrollo como agente de control biológico de plagas insectiles. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. 2002.

Sariol, H. Período crítico del maíz en competencia con las malas hierbas. *Centro agrícola* 11 (3): 37-44. 1984.

Schroth, MN; Hancock, JG. 1982. Disease-suppressive soil and root-colonizing bacteria. *Science* 216:1376-1381.

Sisne Maria L., Grillo H. Rodríguez Yamilet y González Gipsy. Enemigos naturales de los insectos de la familia Scarabaeidae presentes en el agroecosistema piñero de Ciego de Ávila. Cuba. . Fruticultura Profesional. Extraordinario. 2004. 147. P p. 67 – 69.

Sisne, M. L.; H. Grillo; I. A. Rodríguez; Y. González; Y. Hurtado. Nuevas especies de la familia Scarabaeidae encontradas en el agroecosistema piñero de Ciego de Ávila. Nutrifitos. Protección. 5p. 2007.

Schulz, B. 2006. Mutualistic interactions with fungal root endophytes. In Schulz, B; Boyle, C; Sieber, T. eds. Microbial root endophytes. Berlin-Heidelberg, DE, Springer-Verlag. p. 261-279. (Soil Biology Vol. 9).

Sikora, RA. 1992. Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for biological control of plant parasitic nematodes. Phytopathology 30:245-270.

Sosa de Almeida F., 1991. Efeitos alelopáticos vegetais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 26(2):221-236

Stefanova, M. y E. Fernández. Principales patógenos del suelo que afectan las hortalizas y su control. En: Taller regional sobre producción intensiva de hortalizas en los trópicos húmedos. FAO. 15p. Ciudad de La Habana. 21-24 de noviembre de 1995.

Stefanova, M. (2006). Desarrollo, alcances y retos del Biocontrol de fitopatógenos en Cuba. Memorias Taller Latinoamericano Biocontrol de Fitopatógenos con *Trichoderma* y otros Antagonistas. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), 28-31 Marzo, Ciudad de La Habana. p. 17.

Tabernet P. A., Cirujeda R. Alicia y Zaragoza C. 2007. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. FAO, 67 pag.

Teasdale J. R. y Mohler C.L. 1993. Light transmittance, soil temperature and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. Agron J. 85: 673-680

Vázquez, L. L. Insectos fitófagos, sus plantas hospedantes y enemigos naturales en los sistemas agrícolas de Cuba. Instituto de Investigaciones de Sanidad vegetal (Ciudad de La Habana). 407p. Julio, 2006.

Vázquez, L. L., E. Fernández. Bases para el manejo agroecológico de plagas en sistemas agrarios urbanos. ISBN: 978-959-7194-13-2. Editorial CIDISAV.121p. 2007.

Wardle, D.A., Bardgett, R.D., Klironomos, J.N., Setälä, H., van der Putten, W.H., Wall, D.H., 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science*, 304: 1629-33.

Weller, DM. 1988. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Annual Review of Phytopathology 26:379-407.