

[ CONTROL MICROBIANO ]

# Los hongos entomopatógenos en el control de insectos del suelo

## Enrique Quesada-Moraga

Profesor Titular de Universidad  
Dpto. de Ciencias y Recursos  
Agrícolas y Forestales  
E.T.S.I.A.M, Universidad de Córdoba

## Cándido Santiago-Álvarez

Catedrático de Universidad  
Dpto. de Ciencias y Recursos  
Agrícolas y Forestales  
E.T.S.I.A.M, Universidad de Córdoba

## Inmaculada Garrido-Jurado

Estudiante de Doctorado  
Dpto. de Ciencias y Recursos  
Agrícolas y Forestales  
E.T.S.I.A.M, Universidad de Córdoba

La desinfestación del suelo es una práctica agronómica que se realiza desde tiempos ancestrales con medidas, entre otras, culturales, mecánicas y físicas. En la actualidad, se lleva a cabo, de modo principal, con productos de naturaleza química, es decir, insecticidas convencionales y fumigantes de amplio espectro de acción, pero su empleo excesivo provoca efectos negativos para la salud pública y el ambiente, lo que suscita el desarrollo e incorporación de nuevas medidas para superarlos.

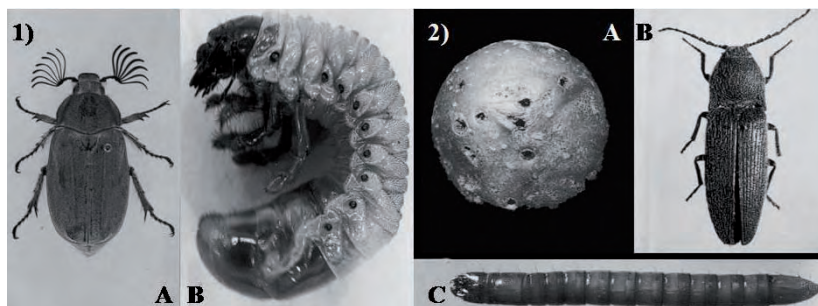


Foto 1. 1) Gusano blanco *Melolontha papposa*; A, macho y B, larva. 2) Gusano de alambre *Agriotes lineatus*; A, patata atacada, B, adulto y C, larva (de Alfaro, 2005)



Foto 2. *Capnodis tenebrionis*: A, adulto, B, larva (de Alfaro, 2005)

Esta necesidad responde de modo claro el Control Microbiano de Plagas, en especial, con el empleo de Hongos Entomopatógenos, presentes de manera natural en el suelo, donde comparten nicho ecológico con los insectos a quienes invaden, con consecuencia de muerte, a través del tegumento externo.

Este modo de acción por contacto, junto a la facilidad de manejo en lo referente a producción comercial y aplicación práctica, son los grandes aliados para el control de insectos confinados en un medio donde tienen limitada la movilidad o resulta nula, con independencia de su modo de alimentación.

## La entomofauna edáfica y su problemática

El suelo es un hábitat rico en insectos, cuya actividad modifica la estructura y la composición del mismo, actúan sobre las capas su-

perficiales e influyen en los procesos de edafogénesis. Un considerable número de especies viven permanentemente dentro de él (geobiontes), otro, por el contrario, sólo pasa ahí alguna etapa de su vida (geófilos) (Tremblay, 1982), pero en ambos grupos encontramos elementos que interfieren de modo negativo sobre la actividad agrícola, cuya repercusión en la disminución del rendimiento de los cultivos se sitúa entre 40-50% (Oerke, 2006). En general se estima que un 80 % de las especies que interfieren con las plantas cultivadas toman contacto con el suelo durante toda o parte de su vida. Los geobiontes periódicos realizan su desarrollo pre-imaginal en el suelo pero el adulto tiene vida aérea: gusanos blancos y gusanos de alambre (Foto 1), se alimentan de partes hipogreas como raíces, cuello, bulbos, tubérculos, etc.; los géofilos activos se sirven de este medio para procurarse el alimento, estable-

ciéndose en las partes hipogreas o alternando ascenso/descenso a las epigeas: gusano cabezudo, gusanos grises, etc. (**Foto 2**) pero los inactivos acuden para pupar o resguardarse durante el período de diapausa: moscas de la fruta, del olivo, etc., una vez transcurridas estas etapas centran sus ataques en las partes aéreas, hojas, yemas, flores, frutos, etc. Ante este panorama queda clara la necesidad de llevar a cabo actuaciones en el suelo para reducir las poblaciones de estos insectos con el fin de proteger los cultivos.

Los insectos geobiontes y geófilos presentan una serie de particularidades que les confieren gran relevancia dentro del contexto actual de la agricultura europea y en particular, la de la cuenca mediterránea:

Se estima que un 80% de las especies de insectos que interfieren con las plantas cultivadas toman contacto con el suelo durante toda o parte de su vida

- 1.- Hay muy pocos insecticidas disponibles para controlar insectos de suelo, como se indica a continuación; muchos se han prohibido (p.ej. el bromuro de metilo) y el empleo de otros es restringido (p.ej. clorpirifos). Ante esta situación, el desarrollo de resistencia a insecticidas está particularmente favorecido en este grupo de fitófagos
- 2.- Los insectos de suelo son más difíciles de controlar que los que actúan en la parte aérea de la planta debido a la escasez de métodos adecuados de muestreo para la detección y seguimiento de sus poblaciones
- 3.- Muy a menudo el daño que producen los insectos del suelo ocurre antes de que se puedan implementar las medidas de control. La aplicación preventiva o profilaxis con insecticidas químicos es inadecuada por inespecífica y contaminante y porque además, en el momento necesario, la dosis puede no ser ya la adecuada
- 4.- Los daños causados por los in-

### Los insectos geobiontes y geófilos, ¿qué son?

- Las especies de insectos que viven de forma permanente dentro del suelo se denominan **geobiontes**
- Los **geófilos** son aquellos que sólo pasan alguna etapa de vida en el suelo

sectos de suelo son en muchas ocasiones punto de entrada de patógenos, por lo que el control eficaz del insecto podría reducir el empleo de fungicidas

5.- Muchos de los insectos de suelo son polívoros, lo que extiende su problemática a varios agroecosistemas.

6.- El medioambiente edáfico es particularmente susceptible a los cambios del manejo de la tierra (por ejemplo laboreo vs no laboreo) y al cambio climático (abandono de tierras por desertización etc), lo que repercute de manera dramática sobre la incidencia de los insectos del suelo

### La geodesinfestación

Para realizar la desinfestación del suelo tenemos a nuestra disposición diversas medidas, como son culturales, físicas, mecánicas, químicas y biológicas.

### Medidas culturales, físicas y químicas

Las **medidas culturales** pretenden convertir el medio que rodea al insecto en un lugar adverso para su desarrollo: laboreo del suelo, destrucción de restos de cosecha, rotación de cultivos, elección de patrones adecuados, etc. (Alfaro, 2005), estas son principalmente de carácter preventivo y no suelen presentar efectos adversos para el entorno.

De igual modo se dificulta el desarrollo del insecto, si alteramos las condiciones óptimas del medio por la aplicación de **medidas físicas**: biofumigación (Angus *et al.* 1994; Bello *et al.* 1999; Bello *et al.* 2003), solarización (Lacasa *et al.* 1999; Martínez *et al.* 2005), etc. Otras actuaciones se encaminan tanto a impedir la propagación del insecto en el suelo, como a que alcance las plantas: empleo de trampas, barreras, etc.

La utilización de **productos químicos** de síntesis es la medida de control más extendida, su acción puede ser por ingestión, contacto, inhalación, o sistémica. En la actualidad el número de sustancias permitidas ha disminuido notablemente (**Tabla 1**), ya que su empleo es cuestionado por los graves efectos ecotoxicológicos que causan como la contaminación ambiental o el impacto sobre organismos beneficiosos (Peck, 2009). Debido a este problema se está promoviendo el em-

**Tabla 1:** Materias activas permitidas por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino para el control de insectos de suelo a diciembre de 2009 (<http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/fitos/registro/menu.asp>)

Materia activa	Subgrupo químico	Punto de acción primario
1,3 Dicloropropeno Cloropierina	Organoclorados	Interfieren con el flujo de iones a través de las membranas de las neuronas
Clorpirifos Etoprofos	Orfanofosforados	Inhibidores de la acetilcolinesterasa
Metam-sodio Metam-potasio Metiocarb Oxamilo	Carbamatos	Inhibidores de la acetilcolinesterasa
Cipermetrín Teflutrin	Piretroides	Moduladores de los canales de sodio
Dazomet	Thiadiazinas	Interfiere en la acción de las enzimas sulfhídricas combinándose con ellas

pleo de otros métodos de control que limiten o reduzcan el uso de insecticidas.

## Control biológico

Una alternativa respetuosa con el medio la encontramos en el control biológico, tanto en la faceta de control macrobiano la que implica a organismos entomófagos: vertebrados (pequeños mamíferos, aves) e invertebrados (artrópodos: arácnidos o insectos), como en la de control microbiano basada en microorganismos entomopatógenos (virus, bacterias, hongos, nemátodos, protozoos, o sus productos). El control biológico macrobiano presenta dificultades de manejo en el hábitat que nos ocupa, por ello de momento se imposibilita su empleo práctico, sin embargo, los microorganismos entomopatógenos son de fácil manejo y seguros de empleo por lo que ofrecen un gran potencial para programas de geodesinfestación.

El suelo alberga una abundante comunidad microbiana, si bien sólo unos pocos entran en la categoría de entomopatógenos porque manifiestan capacidad para originar enfermedades a los insectos. En la **Tabla 2** se recogen los microorganismos entomopatógenos aislados con mayor frecuencia del suelo, de estos, sólo los que presentan elevada

virulencia (cualidad determinada por la cantidad de enfermedad que pueden producir) y persistencia en el medio se postulan como candidatos idóneos para el empleo en geodesinfestación. Los hongos y los nemátodos además de cumplir con esas características son capaces de actuar por contacto, es decir, penetran en el insecto a través del tegumento o de las aperturas naturales respectivamente, sin necesidad de ser ingeridos, por lo que presentan

Los hongos y los nemátodos son capaces de actuar por contacto, sin necesidad de ser ingeridos, por lo que presentan un mayor potencial que virus y bacterias para el control microbiano en el suelo

un mayor potencial que virus y bacterias para el control microbiano en este hábitat. Los nemátodos entomopatógenos llevan en asociación simbiótica una bacteria que es la responsable de originar la muerte del insecto hospedante; la facilidad de multiplicación a gran escala en fermentadores ha propiciado la elaboración de preparados comerciales para su utilización en el suelo y en ambientes crípticos, aún no se ha conseguido desarrollar formulaciones para su empleo a gran escala.

Las especies de hongos entomopatógenos presentes de forma natural en el suelo pertenecen a los ascomycetos mitosporicos (AME), las que se aíslan con mayor frecuencia por todo el territorio nacional, Península y Archipiélagos, son *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, tanto en suelos de ecosistemas cultivados como naturales (Maranhao y Santiago-Álvarez, 2003; Santiago-Álvarez *et al.*, 2005; Quesada-Mora-

**Tabla 2:**  
Entomopatógenos presentes en el suelo

Bacterias	Hongos	Nematodos
<i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner	<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuil. <i>B. brongniartii</i> (Del.) Sziemasko <i>Metarhizium anisopliae</i> (Mets.) Sork. <i>Isaria</i> spp. <i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimmerman) Gams & Zare	<i>Steinernema</i> spp. <i>Heterorhabditis</i> spp.

**Tabla 3:**

Algunos micoinsecticidas registrados o en proceso de registro para el control de plagas de insectos del suelo. Elaboración propia a partir de consultas en la web y con base en los trabajos de Copping (2004), Charnley y Collins (2007), Faria y Wraight (2007) y Quesada-Moraga y Santiago-Álvarez (2008).

Hongo	Producto	Hospedante
<i>Metarhizium anisopliae</i>	BioCane, Biogreen, Cobican, Metarhizium Andermatt, Metarhizium Schweizer, Chafer Guard Granules (=Biogreen), Tick-EX, Tick-EX G EC, Fitosan-M, DeepGreen	Gusanos blancos
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Destuxin (=Destruxin 50 WP), Metaril, Bio-Magic, Metabiol, Meta-Sin, Granmet-P, Taenure Granular Bioinsecticide	Gusanos blancos y otros coleópteros
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Biometeor	Cerambícidos de suelo
<i>Beauveria bassiana</i>	Teraboveria, BioGuard Rich, Bio-Power, Bea-Sin, Naturalis L_Home&Garden, Naturalis-O, Organigard, Agronova, Bauveril	Gusanos blancos y otros coleópteros
<i>Beauveria bassiana</i>	Mycotrol ES, Mycotrol-O	Gusanos blancos
<i>Beauveria brongniartii</i>	Melocont-Pilzgerste, Beauveria brongniartii Myzel, Beauveria Schweizer, Engerlingspilz, Betel	Gusanos blancos
Mix: <i>B. bassiana</i> , <i>M. anisopliae</i> + <i>Paecilomyces lilacinus</i>	Micosplag	Gusanos blancos y otros coleópteros

ga *et al.*, 2007). El carácter que muestran de patógenos facultativos facilita su multiplicación a gran escala sobre una gran variedad de sustratos y los propágulos infectivos obtenidos, las conidias, son susceptibles de manipulación para elaborar formulaciones insecticidas (**Tabla 3**) que se pueden aplicar por los métodos convencionales.

### Los Hongos Entomopatógenos en la geodesinfestación

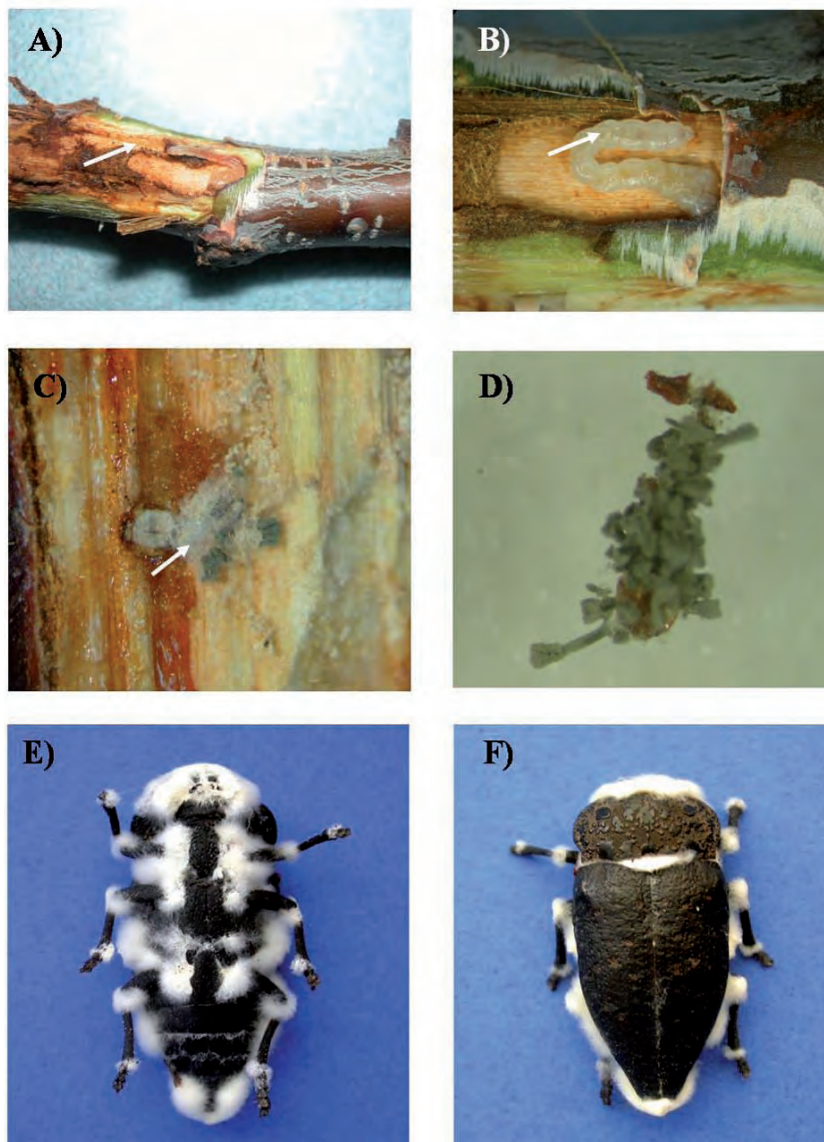
Se trata de poner las conidias del hongo en contacto con el tegumento del insecto, una vez que aquellas germinan colonizan el interior del cuerpo, el hongo crece y el insecto muere en consecuencia por utilización de los nutrientes, invasión de sus tejidos y órganos, asfixia al desarrollarse en el sistema respiratorio, y en ocasiones por secretar metabolitos tóxicos.

### Estrategias para el empleo de micoinsecticidas en control de insectos de suelo

Las hay de dos tipos:

- **Inoculativa:** aplicación puntual del inóculo para iniciar ciclos de enfermedad, establecer el hongo en la población del insecto y mantener el control a largo plazo
- **Inundativa:** aplicación del insecticida microbiano, para iniciar una epizootia conducente al declive de la población en un tiempo relativamente corto

En condiciones de humedad y temperatura favorables el hongo tiene crecimiento saprofito en el cadáver del hospedante, las hifas emergen de él, produciéndose la esporulación y liberación de las conidias (Quesada-Moraga y Santiago-Álvarez, 2008) que facilitarán nuevas infecciones. El suelo les proporciona protección contra la radiación ultravioleta y las fluctuaciones de temperatura y humedad, lo que



**Foto 3.** Infección de *Capnodis tenebrionis* por hongos entomopatógenos. A) Larva que ha colonizado endofíticamente una rama. B) Detalle de la larva en el interior de la rama. C) Larva en el interior de la rama con signos de crecimiento del hongo *Metarhizium anisopliae*. D) Larva micosada por *M. anisopliae*. E y F) Adulto con crecimiento del hongo *Beauveria bassiana* en posición ventral y dorsal (de Marannino *et al.*, 2006;2008).

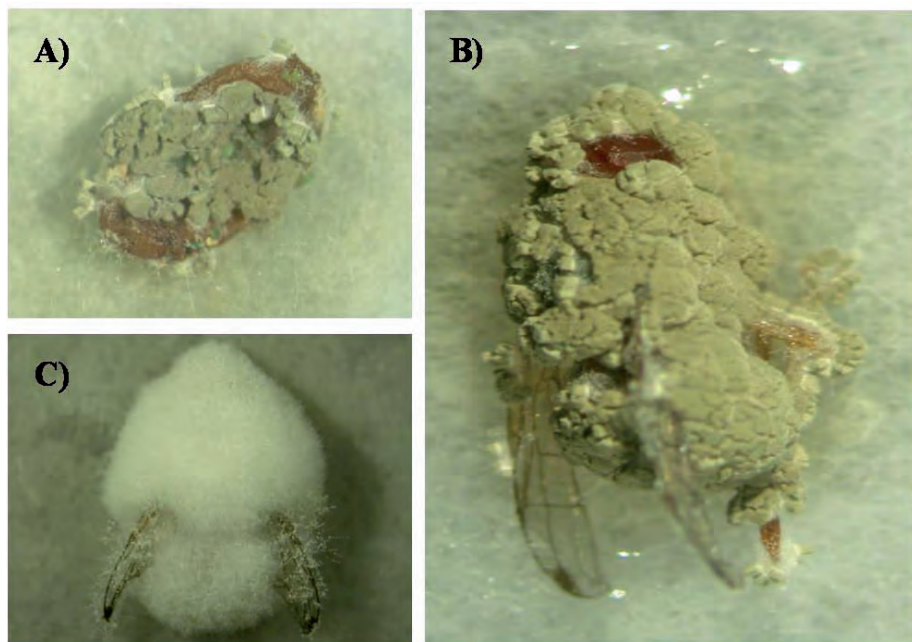
Los insectos de suelo son más difíciles de controlar que los que actúan en la parte aérea de la planta debido a la escasez de métodos adecuados de muestreo para la detección y seguimiento de sus poblaciones

hace posible que los AME ejerzan su máximo potencial insecticida en el mismo, su hábitat natural, donde

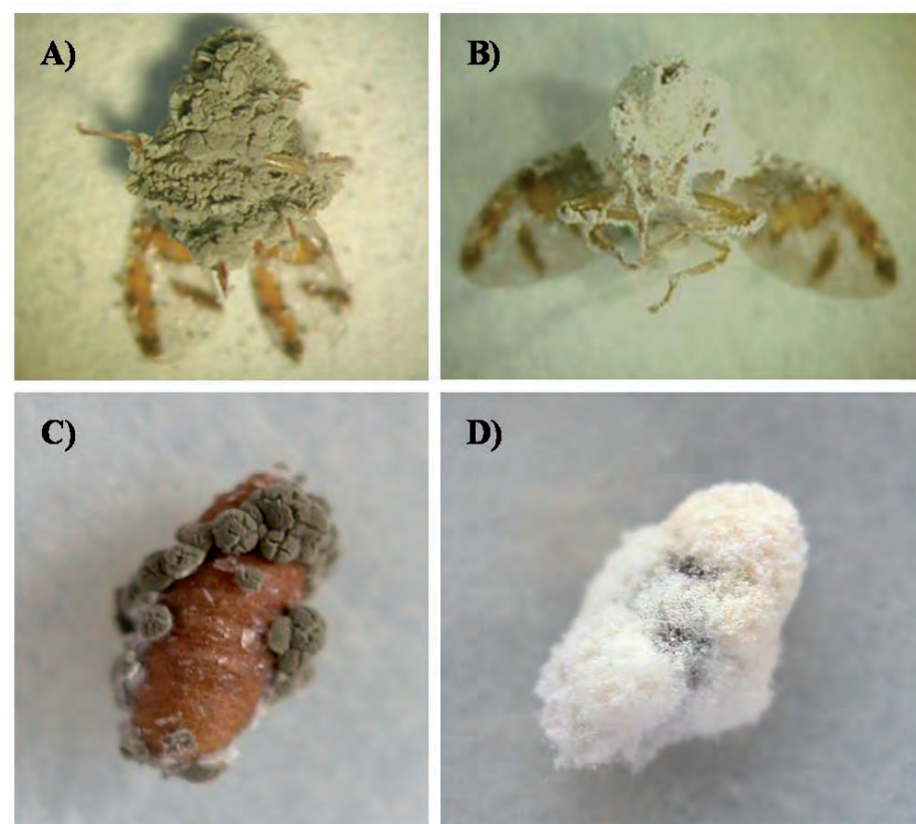
además de permanecer pueden incluso reciclarse, como muestran algunos trabajos que actualmente se llevan a cabo en el seno de nuestro grupo de Investigación (PAI) AGR 163 “Entomología Agrícola” de la E.T.S.I.A.M. de la Universidad de Córdoba.

### Ensayos en España. Conclusiones

En la **Tabla 3** se indican los micoinsecticidas actualmente presentes en el mercado para el control de plagas de insectos del suelo, en especial coleópteros escarabeidos, así



**Foto 4.** Infección de *Bactrocera oleae* por hongos entomopatógenos. A) Pupa micosada por *Metarhizium anisopliae*. B) Adulto micosado por *M. anisopliae*. C) Adulto micosado por *B. bassiana*



**Foto 5.** Infección de *Ceratitidis capitata* por hongos entomopatógenos. A) Adulto micosado por *Metarhizium anisopliae*. B) Adulto micosado por *Beauveria bassiana*. C) Pupa micosada por *M. anisopliae*. D) Pupa micosada por *B. bassiana*.

como las compañías productoras y los países donde se utilizan estos productos. En España todavía no existen formulados con este propósito aunque se dispone de experien-

cias en geodesinfestación enfocadas, de modo especial, en el control de geofilos: el activo *Capnodis tenebrionis* (Foto 3) cuya larva de primera edad atraviesa la capa de sue-

lo para alcanzar las raíces y cuello de las plantas hospedantes (Maranino *et al.*, 2006; 2008) y los inactivos *Bactrocera oleae* (Foto 4) (datos no publicados) y *Ceratitidis capitata* (Foto 5) (Quesada-Moraga *et al.*, 2006) cuyas larvas de tercera edad van al suelo para pupar.

Los microorganismos entomopatógenos son de fácil manejo y seguros de empleo por lo que ofrecen un gran potencial para programas de geodesinfestación

Antes de llevar a cabo la aplicación comercial de algún aislado fúngico seleccionado por su actividad insecticida frente a insectos de suelo, resulta fundamental evaluar su posible impacto sobre otros insectos y artrópodos no diana (Goettel y Jaronski, 1997; Hajek y Goettel, 2000).

Nuestros ensayos realizados en olivar frente a un insecto geófilo inactivo de gran importancia como es la mosca del olivo *Bactrocera oleae*, indican que la aplicación de suspensiones fúngicas del AME *M. anisopliae*, a la superficie bajo la copa de los árboles, no presenta efecto alguno en las poblaciones de los principales grupos de Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera y Araneae del suelo (Garrido-Jurado *et al.*, 2007).

Por tanto, podemos concluir que el empleo de hongos entomopatógenos para el control de insectos de suelo es una firme alternativa a las medidas tradicionales. El tema suscita un enorme interés como demuestran las importantes partidas presupuestarias europeas a la financiación de proyectos para el desarrollo de micoinsecticidas, objetivo que comparte nuestro grupo de Investigación.

## [Bibliografía]

Queda a disposición del lector en el correo electrónico del autor: cr2qumoe@uco.es •