Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos

Prácticas culturales para una agricultura sostenible

Coordinadores:

Julio César Tello Marquina

Francisco Camacho Ferre

FUNDACIÓN cajamar

Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos
Prácticas culturales para una agricultura sostenible

© Del texto: los autores
© De la edición: Fundación Cajamar

Edita: Fundación Cajamar
Diseño y maquetación: Francisco J. Fernández y Beatriz Martínez Belmonte
Imprime: Escobar Impresores, SL. El Ejido (Almería)
ISBN-13: 978-84-937759-0-2
Depósito legal: AL-XXXX-2010
Fecha de publicación: Febrero 2010

La Fundación Cajamar no se responsabiliza de la información y opiniones contenidas en esta publicación, siendo responsabilidad exclusiva de sus autores. Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como la edición de su contenido por medio de cualquier proceso reprográfico o fónico, electrónico o mecánico, especialmente imprenta, fotocopia, microfilm, *offset* o mimeógrafo, sin la previa autorización escrita de los titulares del *Copyright*.

Índice

Presentación 7
Juan del Águila Molina

Prefacio introductorio de los coordinadores 9
Julio César Tello Marquina y Francisco Camacho Ferre

Tema 1. Producción Integrada en Andalucía: cultivos hortícolas protegidos 15
Vicente Aparicio Salmerón, María Paz Rodríguez Rodríguez, Francisco Javier Cabrera Corral, Martín M. Acebedo Vaz, Ana Belén García Marín, María Encarnación Trujillo Giménez y Carmen M. Méndez García

Tema 2. Reglamento de producción ecológica. recomendaciones para el manejo de plagas y enfermedades en hortalizas en invernadero 45
Luis Guerrero Alarcón

Tema 3. Biopesticidas obtenidos de las plantas, un resultado más de la coevolución. actualidad y utilidad 81
Julio César Tello Marquina, Daniel Palmero Llamas, Aurora García Ruiz y Miguel de Cara García

Tema 4. Tecnología de invernaderos y control biológico 107
Jerónimo Pérez Parra, Corpus Pérez Martínez, Juan C. Gázquez Garrido, Juan C. López Hernández, Esteban Baeza Romero y David E. Meca Abad

Tema 5. Técnicas de cultivo y control biológico 133
Juan C. Gázquez Garrido, Jerónimo J. Pérez-Parra, Juan C. López Hernández, Esteban Baeza Romero, David E. Meca Abad y Corpus Pérez Martínez

Tema 6. Manejo de lepidópteros.....165
Luis Miguel Torres-Vila

Tema 7. Manejo de moscas blancas 197
Francisco J. Beitia y Estrella Hernández Suárez

Tema 8. Manejo de trips 231
Alfredo Lacasa Plasencia, Juan Antonio Sánchez Sánchez, Carmen María Lacasa Martínez y Victoriano Martínez Alcaraz

Tema 9. Manejo de pulgones 289
Alfonso Hermoso de Mendoza, Belén Belliure, José Manuel Llorens, María Ángeles Marco y José Manuel Michelena

Tema 10. Manejo de minadores de hoja 315
María Dolores Alcázar Alba

Tema 11. Control biológico de ácaros en horticultura protegida 339
Francisco Ferragut

Tema 12. Artrópodos depredadores en agroecosistemas de almería 359
Marta Goula y Luis Mata

Tema 13. La toxicidad de los fitosanitarios sobre insectos polinizadores y sobre artrópodos útiles 381
Pablo Bielza y Alfredo Lacasa

Tema 14. Biodesinfección del suelo para el control de micosis de origen edáfico, corrección de la "fatiga" y efecto sobre las propiedades físico-químicas del suelo 401
Julio César Tello Marquina, Daniel Palmero Llamas, Aurora García Ruiz y Miguel de Cara García

Tema 15. Alternativas no químicas para el manejo de nematodos fitoparásitos 419
M. A. Díez Rojo, J. A. López Pérez, J. M. Torres Nieto, J. López Cepero, L. Robertson y A. Bello

Tema 16. Manejo no químico de bacteriosis y virosis 449
María Jesús Zanón Alonso, María Isabel Font San Ambrosio y Concepción Jordá Gutiérrez

Tema 17. El injerto en hortícolas como técnica para el control de los patógenos del suelo .. 475
Alfredo Miguel Gómez y Francisco Camacho Ferre

Tema 18. Los antagonistas microbianos en el manejo de micosis de la parte aérea de la planta .. 511
Milagrosa Santos Hernández y Fernando Diánez Martínez

Presentación

Una de las características que definen a la agricultura intensiva es su extraordinario dinamismo. Los adelantos técnicos y los cambios en el manejo de los cultivos se suceden muy rápidamente, por lo que el agricultor se aventura, las más de las veces, a equivocarse en la implantación de los nuevos métodos que necesita, casi siempre de una campaña a otra, para mantener la productividad de su explotación.

En este sentido, la generalización del uso del control biológico en las zonas de producción del Sureste, es un buen ejemplo del modelo de continua transformación y actualización al que antes hacía referencia. En apenas un quinquenio, se ha extendido extraordinariamente lo que parece una solución permanente al problema de las resistencias de las plagas y los residuos en los productos.

Hoy tanto el mercado como la sociedad exigen el uso de las técnicas de lo que ha venido a denominarse "producción integrada". A grandes rasgos, ésta consiste en, asegurando la rentabilidad económica de la explotación, racionalizar el uso de los recursos productivos disponibles, que unas veces son escasos (como el agua), y otras veces su abuso plantea más problemas que soluciones (como es el caso de los pesticidas).

La implantación de la fauna auxiliar en los cultivos protegidos constituye uno de los ejes centrales de la producción integrada, y su uso generalizado en la lucha contra las plagas ha supuesto una auténtica "revolución verde" en las últimas campañas.

Éste es el futuro. Pero lo cierto es que en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se viene trabajando intensamente, desde hace más de treinta años, por adaptar a las necesidades locales de cada momento, los conceptos y las técnicas a la vanguardia

de la agricultura mundial. Ya sea en cuanto a estructuras de invernadero, sistemas de riego o variedades de cultivo, en última instancia lo que se ha pretendido siempre es ofrecer al agricultor el asesoramiento técnico que necesitaba para obtener el máximo rendimiento de una producción extraordinariamente compleja y sensible, que requiere de una importantísima inversión, y que no podía abandonarse a la dinámica del ensayo y error de la agricultura tradicional.

En la actualidad, nuestro compromiso sigue vigente, y con más fuerza que nunca. En septiembre de 2009 presentamos La economía del agua de riego en España, *un compendio de estudios y reflexiones sobre las necesidades hídricas del campo y la manera más eficiente de satisfacerlas. Ahora, apenas iniciado 2010, editamos este* Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos. *Un trabajo con el que se renueva la apuesta de la Fundación Cajamar por los planteamientos de la producción integrada en el ámbito de la agricultura intensiva, que se inició en 2004 con la publicación de* Organismos para el control biológico de plagas en cultivos de la provincia de Almería *(cuya segunda edición está ya agotada).*

Estamos seguros de que esta obra se convertirá de inmediato en un manual de referencia para técnicos e investigadores. Y todo ello gracias a la labor de los coordinadores, Julio César Tello Marquina y Francisco Camacho Ferre, que han cuidado el resultado final hasta el último momento, tanto en cuanto a contenidos como a presentación y detalles formales. Francisco Camacho combina una envidiable capacidad de trabajo con años de experiencia y estudio. En la trayectoria de este profesor almeriense destaca su afán por la innovación y la mejora constante en las técnicas de cultivo, lo que lo convierte en la persona idónea para encabezar este tipo de proyectos. Máxime si venía acompañado en la tarea por el Catedrático Tello Marquina, su rigor científico y su autoridad académica.

Tanto a ellos como al resto de autores les agradezco su esfuerzo y dedicación, que espero tenga sus frutos tanto en la aplicación práctica del conocimiento que contiene estas páginas, como en el impulso de nuevas líneas de investigación, con el objetivo común de, en el futuro, superar el reto constante de mantener, sino incrementar, la competitividad de nuestro sector hortofrutícola.

Juan del Águila Molina
Presidente de la Fundación Cajamar

Prefacio introductorio de los coordinadores

Prefacio y prólogo son términos lingüísticos equivalentes. Ambos no son más que el discurso antepuesto al cuerpo de la obra en un libro de cualquier clase, para dar noticia del fin de la misma o para hacer alguna advertencia. Esta introducción era común en el teatro griego y latino, incluso en nuestro teatro clásico más reciente en el tiempo. Se recitaba ante el público para dar noticia del argumento de la obra que se iba a representar, para disculpar al poeta de censuras dirigidas contra él, para pedir indulgencia o para otros fines. Mejor declaración no es posible encontrar fuera de la propia definición del vocablo.

¿Por qué un libro y no otro método de comunicación? Borges nos brindó la respuesta más ajustada a nuestra formación intelectual: de todos los instrumentos del hombre, el más asombroso es, sin duda, el libro. Los demás son extensiones de su cuerpo. El microscopio, el telescopio, son extensiones de su vista; el teléfono es extensión de la voz, luego tenemos el arado y la espada, extensiones del brazo. Pero el libro es otra cosa: el libro es una extensión de la memoria y de la imaginación (*sic*).

¿Cómo ha sido posible la obra que el lector tiene entre sus manos?

El encargo de coordinar los contenidos de este trabajo, y a sus autores, partió de la Fundación Cajamar, entidad bancaria muy singular por haberse constituido como uno de los motores que impulsaron el desarrollo hortícola almeriense desde sus inicios. Este hecho fue suficiente para aceptar la tarea y la responsabilidad que llevaba aparejada.

Todo lo demás ha sido posible gracias a la buena disposición de los autores que ha permitido, en un tiempo muy breve, que esta obra vea la luz. La amistad con que nos distinguen ha sido el verdadero motor. Gracias una vez más, amigos.

¿Por qué los contenidos?

Permita el lector una aclaración terminológica previa, que trasciende a toda la obra. Se trata del concepto de plaga de los cultivos. La ley de Sanidad Vegetal (ley 43/2002, de 20 de noviembre) utiliza el término plaga para designar tanto las plagas como las enfermedades de los cultivos. Este hecho quiebra una disposición de las ciencias que, desde hace más de una centuria y media, se han ocupado de la sanidad de los vegetales. Por un lado la Patología Vegetal o Fitopatología que contempla el estudio de las enfermedades y, por otro, la Entomología Agrícola que acoge a las plagas. Por esta razón, el uso del vocablo plaga puede conducir a error, aunque la mencionada ley especifica que bajo tal denominación ampara, también, a las enfermedades. Uno de los Reales Decretos que desarrolla la ley (RD 58/2005, de 21 de enero) utiliza, para designar a los causantes de plagas y enfermedades, el binomio organismo nocivo, que define de la siguiente manera: cualquier especie, raza o biotipo de vegetal, animal o agente patógeno que sea perjudicial para los vegetales o productos vegetales. El contenido de lo que se denomina Protección Vegetal es un ejemplo de unión entre las plagas, las enfermedades, las malas hierbas o adventicias, y los procedimientos de control. Algunos diletantes y algunos profesionales prefieren utilizar en su lugar la denominación de Sanidad Vegetal, puesto que protección y lucha tienen connotaciones que nunca llegan a definir, pero que podrían empañar el carácter arcangélico del espíritu humano. Estas aclaraciones nos permiten introducir el enfoque con que fue concebida esta obra. Obra en la que se contempla el manejo de plagas y enfermedades de los cultivos hortícolas protegidos, mayormente. El foco no es otro que el concepto de patosistema, entendido como un subsistema de un ecosistema (el agrosistema) definido por el fenómeno del parasitismo. Las malas hierbas formarían parte como plantas reservorio de parásitos, dado que ellas mismas no parasitan a los cultivos sino que compiten con ellos, y es importante el concepto, porque considera al conjunto de la actividad agraria como un sistema, donde cada parte cumple una función y confiere unas determinadas propiedades al conjunto. La modificación de una de las partes puede desequilibrar el sistema en uno u otro sentido, y es, precisamente, esta perspectiva del sistema agrario la que mejor define el concepto de manejo integrado de plagas y enfermedades que podría sustituir al más simplificado de control.

La oportunidad de esta obra está servida por las exigencias de las sociedades más desarrolladas para que se garantice la salubridad alimentaria y la conservación de los entornos y su ambiente. Ríos de tinta han consumido y consumen estas necesidades. La toxicidad de los pesticidas y sus residuos, la aparición de resistencias a éstos por parte

de los parásitos, han merecido tratados específicos y divulgativos en todo tipo de medios y han calado en la opinión pública, no sin razón. Desde la publicación de la *Primavera silenciosa* de Rachel Karson numerosos trabajos científicos han probado las observaciones empíricas y las intuiciones de la autora americana; entre otros, *Nuestro futuro robado*, donde desde los bifenilos hasta el DDT han mostrado aspectos insospechados hace unos pocos años: su papel como disruptores hormonales; por si fuesen pequeños otros aspectos de su toxicología.

La inmediatez de la obra que el lector tiene en sus manos se fundamenta en la disminución de fitosanitarios a la que está procediendo la Unión Europea. Disminución que ha tenido, y tiene, un modelo reciente a escala mundial en el proceso de retirada del bromuro de metilo, que deberá eliminarse de los usos agrícolas en el año 2015. Modelo que tiene un fundamento ambiental importante, como es la destrucción de la capa de ozono de la estratosfera terrestre y los consiguientes daños para la salud humana y para el medio ambiente. Algunos de los capítulos de este libro son deudores de ese "proyecto mundial" de supresión del gas fumigante, y algunos de sus autores son actores de dicho proceso.

Hay dos casos modélicos sobre la reducción de fitosanitarios en los cultivos intensivos del litoral mediterráneo de España. Uno es el que conforman los cultivos de pimiento en el Campo de Cartagena (Comunidad Autónoma de la Región de Murcia), y el otro el que brinda Almería en sus comarcas del Poniente y del Levante: en una sola campaña de cultivo se pasó de unas 800 ha en manejo integrado a más de 11000 ha. ¿Cómo ha sucedido este cambio tan rápido? Especialmente llamativo es el hecho de que esto ocurra en un sector tan conservador como la agricultura. Sin duda, hubo una necesidad de cambiar: las exigencias del mercado aprovechando circunstancias que nunca debieron darse, sobre todo por ser evitables. ¿Cómo pudo proveerse el mercado de tantos millones de insectos y ácaros auxiliares en tan corto lapso de tiempo? ¿Cómo fue posible transferir la tecnología para que las aplicaciones o "sueltas" fuesen eficaces? En España hay tradición sobre el uso de insectos útiles en los cultivos de cítricos, tradición que se ha extendido a lo largo de un siglo. Paradigmático es el mantenimiento del insectario de la antigua Estación Fitopatológica de Levante, que estuvo situada en Burjasot (Valencia) y que fue trasladada a las dependencias del actual Servicio de Protección de los Vegetales en Silla (Valencia). Dependencias donde, año tras año, se siguen produciendo dos consumidores de cochinillas de los naranjos, como son el *Novius cardinalis* y *Cryptolaemus montrouizieri*. Desde hace un cuarto de siglo, investigaciones sobre insectos útiles y su aplicación

dentro del manejo integrado de plagas, han sido desarrolladas localmente para los cultivos hortícolas intensivos en el Departamento de Producción Vegetal de la Delegación de la JA en Almería y el actual IFAPA, situado en el término de La Mojonera (Almería) y en la antigua Estación Sericícola situada en La Alberca (Murcia). Sin querer olvidar, en este imperfecto inventario, a los sectores privados almerienses y murcianos que han brindado magníficos resultados. Pues bien, todo este conjunto de conocimientos han hecho posible dar una respuesta satisfactoria al rapidísimo cambio en lo que al control de plagas se refiere. Algunos autores que han escrito los capítulos de este libro son motores de esas investigaciones y de su difusión. Estos hechos brindan una prueba mayor sobre la importancia de la investigación y de la innovación en el progreso y adaptación a los cambios de la horticultura intensiva. Quizás éste "éxito" haya influido en la autorización para crear empresas de base tecnológica, como impulso de las distintas administraciones del estado para fomentar el acercamiento entre investigación pública y actividad empresarial.

El control de enfermedades de plantas no ha tenido, por el momento, un cambio tan acusado como el manejo integrado de plagas. Sin embargo, algunos de los resultados más eficaces han sido recogidos en los capítulos de este libro. Resultados que derivaron en su origen de la necesidad perentoria para buscar alternativas al bromuro de metilo como fumigante de suelos agrícolas en el control de enfermedades de origen edáfico. Ese es el caso de lo que se ha dado en denominar biodesinfección. Técnicas de biodesinfección son las denominadas biofumigación y biosolarización. Los contenidos de esta obra abordan el control de hongos edáficos, nematodos, bacterias y virus mediante la aplicación de estos procedimientos, que acumulan una experiencia de ensayos reiterados que supera los dos lustros, lo que es una garantía no desdeñable sobre su utilidad. Utilidad desinfectante que se alarga con una clara mejora de las propiedades físicas y químicas de los suelos, incrementando su fertilidad y difiriendo su degradación. Algunos autores admiten dentro del vagamente definido, hoy por hoy, término de biodesinfección la introducción de microorganismos antagonistas. En el texto de esta obra se encontrarán referencias a su eficacia. Microorganismos antagonistas que se recomiendan para el manejo de enfermedades aéreas, son abordados con una visión crítica.

Complementario a estas técnicas de manejo de enfermedades del suelo es el uso del injerto, cuya eficacia ha sido contrastada en miles de hectáreas, año tras año, desde hace un cuarto de siglo.

Finalmente hemos creído conveniente introducir un tema que tiene actualidad. Nos referimos a los biopesticidas de origen vegetal. No son nuevos algunos de ellos, tales como los derivados de la nicotina, el pelitre, la rotenona, entre otros. Quizás este resurgimiento esté fundamentado en los aceites de nim y en las "nuevas agriculturas" que adoptan calificativos diferentes pero concurrentes en sus contenidos: ecológica, orgánica, biológica, etc. Lo cierto es que extractos de ajo, ortiga, canela… están introduciéndose en el mercado con un grado alto de aceptación y sin una normativa clara y justa de registro; y, sobre todo, sin una información para los usuarios suficientemente fundamentada.

Estamos convencidos de que los contenidos de esta obra serán aumentados y enmendados casi desde el mismo momento en que salga a la luz. También lo estamos sobre la permanencia de numerosas propuestas hechas por los expertos, que han redactado su contenido. Nos daríamos por satisfechos si los contenidos son útiles para el lector, como lo han sido para nosotros.

Tal como comenzamos, acabamos: disculpen los censores los defectos involuntarios y sean indulgentes los lectores con todos los autores y sus coordinadores. Autores que han tenido una total libertad para expresar el contenido de sus respectivos capítulos.

Julio César Tello y Francisco Camacho Ferre

Tema 1

Producción Integrada en Andalucía: cultivos hortícolas protegidos

Vicente Aparicio Salmerón[1a], María Paz Rodríguez Rodríguez[2], Francisco Javier Cabrera Corral[1], Martín M. Acebedo Vaz[1], Ana Belén García Marín[2], María Encarnación Trujillo Giménez[2] y Carmen M. Méndez García[3]

1. Introducción

En el presente capítulo, se pretende exponer, de forma concreta y práctica, el concepto del sistema de Producción Integrada (PI) así como su origen, evolución, necesidad de ser implantada y perspectivas de futuro, referido siempre a la *fase de producción*.

Aunque lo contemplado en esta publicación hace referencia a los cultivos hortícolas protegidos de la zona del litoral almeriense, puede hacerse extensivo a otras zonas con condiciones agroclimáticas similares. En Andalucía la superficie de cultivos hortícolas protegidos de PI en la campaña 2008/09 asciende a 11331 ha en Almería, 383 ha en Granada, y 30 ha en Huelva.

Se parte del concepto de PI como «Sistema agrícola de obtención de productos vegetales que utiliza al máximo los *recursos* y *mecanismos* de producción *naturales* y asegura a largo plazo una *agricultura sostenible*, introduciendo en ella métodos biológicos y químicos de control y otras técnicas que compatibilicen las *exigencias de la sociedad*, la protección del *medio ambiente* y la *productividad agrícola*, así como las operaciones realizadas para la manipulación, envasado, transformación y etiquetado de los productos».

Figura 1. Logotipo oficial de Producción Integrada de Andalucía

[1] Consejería de Agricultura y Pesca. Delegación Provincial de Almería.

[1a] Jefe del Departamento de Sanidad Vegetal.

[2] Consejería de Agricultura y Pesca. Delegación Provincial de Almería. Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero (DAP).

[3] Consejería de Agricultura y Pesca. Delegación Provincial de Almería. Empresa Pública de Transformación Agraria (TRAGSATEC).

Se trata de implantar un sistema de producción y comercialización que, respetando los principios y objetivos contemplados en la definición de PI, obtenga productos vegetales de «alta calidad», para lo cual además de responder a lo establecido en la normativa de calidad, debe justificarse la utilización adecuada de técnicas que hayan sido contrastadas como respetuosas con la salud de las personas y con el medio ambiente. Todas las actuaciones realizables en el marco de la PI están recogidas en el correspondiente Reglamento específico de PI. Se deberán acreditar las actuaciones realizadas a la normativa de la fase de producción, por entidades de certificación autorizadas, que certificarán la producción como PI. Si además de la producción, la manipulación y presentación se adecua a la normativa de PI establecida para los centros de manipulación, se identificará el producto final con el logotipo de PI.

Los factores de producción que se considera tienen un mayor impacto en los objetivos planteados por la PI son los *fertilizantes* y los métodos de *control fitosanitario*. La fertilización que influye especialmente en los costes de producción y en la posible contaminación del medio (suelo, aguas, etc.), está regulada en los «Requisitos generales» del Reglamento específico de PI. Por sus posibles efectos secundarios nocivos o no deseados, los aspectos relativos al control fitosanitario constituyen, sin lugar a dudas, la principal preocupación en aras de alcanzar las metas fijadas por la PI. Los problemas que ha tenido la producción intensiva hortícola en los últimos años (residuos de productos fitosanitarios, resistencias de algunos organismos nocivos a los fitosanitarios etc.) han sido consecuencia de que los sistemas de control de plagas establecidos estaban basados, de forma prioritaria y casi exclusiva, en la utilización de productos fitosanitarios.

Con una visión clara de futuro, se planteó ya por los años 1980-1985 la necesidad de buscar y poner a punto otros sistemas de control alternativos. Fue el comienzo de una serie de estudios y ensayos propiciados por la Consejería de Agricultura y Pesca en colaboración con otras unidades de la administración especializadas en sanidad vegetal, así como con empresas de fitosanitarios y de organismos de control biológico, valorando de forma especial la aportación de entidades asociativas agrarias, técnicos y productores que han asumido con total confianza el sistema de PI. De este modo se construyeron los cimientos de la PI, regulada posteriormente con una normativa específica para cada uno de los ocho cultivos hortícolas protegidos prioritarios en Almería: berenjena, calabacín, judía verde, melón, pepino, pimiento, sandía y tomate.

A tenor de lo expuesto, la Consejería de Agricultura y Pesca, desarrollando prácticamente las funciones que tiene encomendadas de *regular, controlar* y *fomentar* las actividades agrarias y en particular los temas de Sanidad Vegetal, incluyó la PI como el cuarto programa del Plan Andaluz de Sanidad Vegetal, junto a las Inspecciones Fitosanitarias, la Red de Alerta e Información Fitosanitaria (RAIF), las Campañas y Prospecciones Fitosanitarias, y los Laboratorios de Sanidad Vegetal; fijando sus objetivos según lo establecido en Ley de Sanidad Vegetal:

- Prevención y lucha contra las plagas.
- Control de los medios de defensa fitosanitaria.
- Asegurar el cumplimiento de la legislación sobre Sanidad Vegetal, mediante inspecciones y mecanismos sancionadores adecuados, en su caso.

Desde entonces, el desarrollo del programa de PI ha sido una prioridad para la Consejería de Agricultura y Pesca, que reguló mediante normativa específica tanto los aspectos técnicos como las ayudas económicas (soporte técnico y medios innovadores de control fitosanitario), fomentando la creación de Agrupaciones para los Tratamientos Integrados (ATRIAs), e iniciando a los agricultores en técnicas de PI.

Se establecieron además Convenios de Colaboración con entidades agrarias para la puesta a punto, mediante ensayos y experiencias, de técnicas de PI, financiándose especialmente la contratación de técnicos.

Continuando con el fomento de la PI, actualmente están vigentes las siguientes líneas de apoyo:

- **Técnicas:** Incorporación al Reglamento específico de los estudios, experiencias y otras innovaciones como fruto de la colaboración con IFAPA, empresas de producción y comercialización de Organismos de Control Biológico (OCB), empresas de fitosanitarios, servicios técnicos de las entidades agrarias del sector, Universidad de Almería, etc.

- **Ayudas económicas:** Basadas en el apoyo directo al fomento de las Agrupaciones de Producción Integrada (APIs), y ayudas dirigidas al control de insectos vectores de virus en cultivos hortícolas, según lo establecido en el Programa Nacional.

- **Divulgación y formación:** A través de charlas, reuniones técnicas, jornadas, cursos especializados para PI, publicaciones, pagina web, póster, ferias de muestras, material audiovisual, etc.

Actualmente, la PI se encuentra en un proceso de homologación o convergencia efectiva con otras certificaciones (Naturane, AENOR, GloblalGap), lo que permitirá avances técnicos, simplificación y unificación de auditorias para la verificación y certificación de las Normas.

2. Condicionamientos específicos del cultivo y problemática fitosanitaria

Lo recogido a continuación está referido a los cultivos hortícolas protegidos que se desarrollan en condiciones de cerramientos no herméticos, que mantienen un recinto de superficie muy variable, con unos valores medios que oscilan entre 0,5 y 1,5 ha, enarenados en su mayoría, con instalaciones de riego localizado, estructuras con diferentes sistemas y alturas, y que como medio de aislamiento emplea la combinación de plástico y malla para facilitar la ventilación lateral y/o cenital.

Algunos factores específicos de este sistema de cultivo que van a tener una gran influencia en la presencia y evolución de las diferentes plagas, determinantes para establecer un sistema adecuado y racional de control fitosanitario, son:

- Condiciones climáticas favorables para el desarrollo de los cultivos y, por tanto, de sus plagas.
- Estructuras con cerramientos no herméticas, que permiten con un coste no elevado, aprovechar las condiciones climáticas naturales favorables.
- Protección inadecuada en las aperturas de ventilación.
- Carácter intensivo de las explotaciones tanto en el tiempo como en el espacio.
- Presencia de plantas espontáneas.

Consecuencia directa de los factores indicados, es la presencia de elevadas poblaciones de plagas. Si además, el sistema de control fitosanitario está basado, de forma prioritaria y casi exclusiva, en tratamientos con productos fitosanitarios, pueden aparecer los siguientes problemas:

- Presencia de *residuos* de productos fitosanitarios en los productos hortícolas para consumo. Es difícil mantener las producciones sin residuos en la recolección, o no superar los límites máximos de residuos (LMRs) establecidos cuando se trata de controlar plagas que se presentan con severidad y en momentos próximos a la recolección, dado que además, se dispone de pocas sustancias activas de posible uso con la eficacia requerida y la autorización específica.
- Aparición de *resistencias* de plagas a los productos fitosanitarios como consecuencia de aplicaciones repetidas con productos de la misma familia química o muy similar. Problema agravado con la reducción del número de sustancias activas autorizadas.
- Efectos nocivos para la salud de los manipuladores. Se exige una mayor y mejor protección así como unas formulaciones y técnicas de manejo y aplicación, que garanticen la menor exposición del operario a los productos fitosanitarios.
- Riesgos de daños medioambientales o ecotoxicológicos (flora y fauna natural, suelo, aguas superficiales y subterráneas, etc.).
- Costes económicos elevados por aplicaciones excesivas o no justificadas.

3. Evolución del control fitosanitario

La evolución del control fitosanitario hasta llegar a la actual aplicación práctica de la PI como medio de control más avanzado, pero siempre en continua evolución, puede desglosarse en las siguientes fases:

- **1ª Fase:** Control fitosanitario basado en *medidas culturales rudimentarias* y *control químico*. Estas medidas culturales hacen referencia al empleo de diversos medios mecánicos como protección de las explotaciones contra la presencia de plagas. Estructura sencilla con plástico y mallas no adecuadas como barrera eficiente para la limitación a la entrada de plagas, eliminación de insectos-plaga por medios mecánicos, etc.

  El *control químico* es el elemento directo y básico de lucha. No se tienen en cuenta los posibles efectos nocivos secundarios derivados de su uso. Se busca

esencialmente la efectividad inmediata para el control de la plaga y su efecto polivalente. Se hacen muchas aplicaciones sin evaluar la necesidad real de las mismas. Se mantiene gracias a las pocas exigencias de los mercados.

- **2ª Fase:** *Medidas preventivas* y *culturales* basadas en experiencias con el objetivo de evitar o retrasar la presencia de las plagas. Se extreman los cerramientos de forma que compatibilicen la ventilación con la limitación de la entrada de plagas. Se ajustan las densidades de plantación para facilitar la aireación con el fin de impedir condiciones favorables para las enfermedades fúngicas y bacterianas. Se optimiza la fertirrigación. Se exige un mínimo de garantía sanitaria a las semillas y plántulas. Comienzan a utilizarse trampas para captura de insectos-plaga, y se realiza limpieza de malas hierbas.

  El *control químico* se aplica de forma *más racional*, con una mayor exigencia para los productos fitosanitarios de posible uso, aplicable también en lo referente al número de tratamientos y a las técnicas de aplicación empleadas. El perfil de los productos fitosanitarios debe responder a: alta eficacia, autorización expresa para el cultivo, mayor especificidad, plazo de seguridad más corto, buen comportamiento toxicológico y ecotoxicológico.

- **3ª Fase:** Se inicia con la publicación del Reglamento específico de PI que recoge, de forma expresa y en base a estudios y experiencias, los aspectos más avanzados respecto a:

a) Medidas preventivas y culturales:

- Garantía sanitaria del material vegetal: semillas y plántulas.
- Limpieza y sanidad previa a la plantación de estructura y suelo.
- Cerramientos o barreras que impidan o retarden al máximo la entrada de plagas, manteniendo la ventilación: mallas y doble puerta con habitáculo intermedio.
- Colocación al inicio del cultivo de trampas para captura de insectos-plaga (feromonas, cromotrópicas y luz).
- Ausencia de especies vegetales espontáneas. Se está estudiando el manejo adecuado de algunas de ellas como reservorios de OCB.
- Fertirrigación equilibrada.

b) Control racional con productos fitosanitarios:

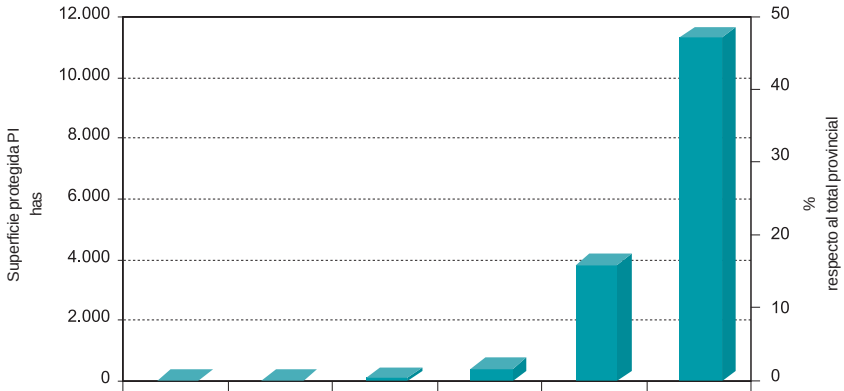
- Registro oficial para su uso en el cultivo donde se recogen las características y condicionamientos de uso (dosis, formulados, plazo de seguridad, número de aplicaciones por ciclo de cultivo, toxicología, ecotoxicología, técnica de aplicación, etc).
- Respeto a los polinizadores.
- Compatibilidad con los OCB.
- Efectividad y estrategia de uso. Las aplicaciones estarán condicionadas a los criterios de intervención establecidos en el Reglamento y responderán a la necesidad real de realizarse en función del nivel de población de la plaga (según observaciones o muestreos), del estado biológico de la misma, de la fenología del cultivo, del daño que produce en el cultivo concreto, etc.

c) Control biológico:

- Control y regulación de las poblaciones de plagas mediante la acción de OCB:
- Mantenimiento de las poblaciones naturales de OCB.
- Aplicación de formulados comerciales de OCB, que figuren en el registro de Otros Medios de Defensa Fitosanitaria (OMDF), como complemento a la fauna autóctona.
- Estrategia de sueltas y manejo de OCB en función de su acción específica, junto con adecuadas medidas culturales y preventivas, y utilización de medidas correctivas cuando sea necesario, mediante tratamientos fitosanitarios, en fases tempranas del cultivo o para control de otras plagas para las que no se dispone de OCB específicos.

Cabe concluir que como consecuencia de esta evolución, que ha propiciado un aumento en la efectividad del control de las plagas, unido a la demanda del mercado de productos de calidad, se ha producido un aumento exponencial en la superficie de cultivos hortícolas en PI.

Figura 1. Superficie protegida en Producción Integrada en Almería



	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09
has	21	25	128	431	3.838	11.331
(%)	0,1	0,1	0,5	1,6	14,5	42,8

4. Normativa reguladora

El marco normativo que regula la PI en Andalucía es el siguiente:

- Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de Sanidad Vegetal.
- Real Decreto 1201/2002, de 20 de noviembre, por el que se regula la producción integrada de productos agrícolas.
- Decreto 245/2003 de 2 de septiembre por el que se regula la producción integrada y su indicación en productos agrarios y sus transformados.
- (Modificación). Decreto 7/2008, de 15 de enero, de modificación del Decreto 245/2003, por el que se regula la producción integrada y su indicación en productos agrarios y sus transformados.
- (Aplicación). Orden de 13 de diciembre de 2004, por la que se desarrolla el Decreto 245/2003.

- (Modificación). Orden de 24 de octubre de 2005 por la que se modifica la de 13 de diciembre de 2004, por la que se desarrolla el Decreto 245/2003.

- (Aplicación). Orden de 10 de octubre de 2007 por la que se aprueba el Reglamento específico de Producción Integrada de Cultivos Hortícolas Protegidos (tomate, pimiento, berenjena, judía, calabacín, pepino, melón y sandía).

- (Corrección de errores). Corrección de errores de la Orden de 10 de octubre de 2007.

Para acceder a la normativa, consultar la web de la Junta de Andalucía [1].

5. Registro de Producción Integrada de Andalucía

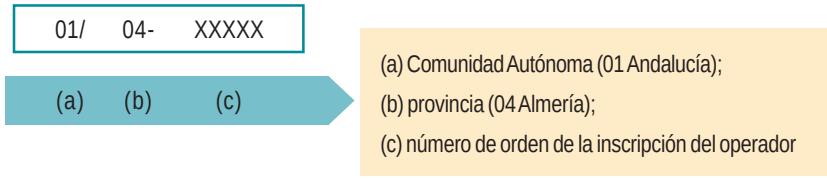
Se crea, adscrito a la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, el Registro de Producción Integrada de Andalucía (RPIA), donde se inscribirán los datos de identificación y actividades realizadas por las personas y entidades operadoras de Control o Producción Integrada. Este registro se estructura en dos secciones: Control Integrado y Producción Integrada.

El RPIA tiene carácter administrativo, es público y funciona de acuerdo con los principios de coordinación y comunicación con la Administración General del Estado, donde existe un Registro General de PI.

La inscripción en el RPIA, que es requisito previo obligatorio para el ejercicio de la actividad como operador de PI en Andalucía, se solicita en la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Pesca, donde se ubiquen las explotaciones; si éstas se encuentran en distintas provincias, será en aquélla que concentre la mayor superficie. Cada operador tiene asignada una ficha registral en la que se incluirá toda su información vigente, y que responde al siguiente código identificativo, que deberá aparecer en todos los documentos relacionados con la actividad de PI:

[1] Web de la Consejería de Agricultura y Pesca, de la Junta de Andalucía (\Agricultura\Producción Integrada) (http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca).

Figura 2.
Ficha registral de uso obligdo para los operadores de PI



El RPIA se gestiona mediante las aplicaciones informáticas PRIN (administración) y PRIN-Móvil (operadores). Las solicitudes de inscripción y modificación en el RPIA, se realizan con la aplicación PRIN-Móvil, disponible en la página web de la Consejería de Agricultura y Pesca. Finalmente, en la Delegación Provincial, se importarán los datos a la aplicación PRIN.

Hay que señalar que únicamente tienen la consideración de inscritos aquellos operadores que aparezcan formalmente en el PRIN, y sólo se tendrán en cuenta, para las distintas actuaciones a realizar en el marco de la PI (subvenciones, controles, etc.), los datos referentes a productores, parcelas, servicios técnicos, etc., que se encuentren en dicho Registro.

Dado el tema que nos ocupa se van a concretar aspectos relativos a «Operadores que se dediquen a la Obtención de Productos Vegetales», los cuales podrán figurar como operadores a titulo individual o Agrupaciones de Producción Integrada (APIs). Las APIs deberán agrupar como mínimo a cinco productores y una superficie de, al menos, el 25% de la máxima establecida en el reglamento específico del producto correspondiente. En el caso que la superficie de cultivo esté situada en zona desfavorecida, según se establece en el Reglamento (CE) 1257/1999, la superficie será de, al menos, el 15%.

Los operadores que obtengan productos agrarios deberán presentar las solicitudes de inscripción en el RPIA, como mínimo, con un mes de antelación al inicio de la campaña de producción junto con un informe favorable de auditoría previa realizada por una entidad de certificación autorizada, y la documentación preceptiva. Una vez inscritos en el RPIA deberán comunicar mediante solicitud motivada cualquier modificación relativa a su estructura o relacionada con su funcionamiento. No obstante dada la peculiaridad de los cultivos hortícolas protegidos en Andalucía y particularmente en Almería, se hace necesario establecer un periodo para presentación de solicitudes de inscripción y modificación del RPIA (Instrucción de 12 de diciembre de 2007, de la Dirección General de la Produc-

ción Agrícola y Ganadera), que se adapten a los ciclos productivos de la campaña agrícola que tiene lugar en esta zona productiva intensiva. Por tanto existen dos periodos de presentación de solicitudes para incluir nuevos productores y/o parcelas; del 1 de noviembre al 31 de diciembre para el ciclo de primavera y del 1 al 31 de mayo para el ciclo de otoño, siempre un mes antes de la implantación del cultivo. Fuera de estos periodos sólo se podrán presentar solicitudes de modificaciones que contemplen la baja de agricultores y/o parcelas, sin perjuicio de que los operadores deberán comunicar al Registro, en el momento que se produzcan, cualquier cambio que afecte a la personalidad jurídica, representante legal, composición del servicio técnico o entidad de certificación.

Los operadores están obligados a:

- Disponer de un servicio técnico competente con una composición en función de los límites establecidos en el Reglamento específico del producto y de la dispersión de las explotaciones. El servicio técnico competente está obligado a controlar el proceso de producción del operador, siendo responsable del cumplimiento de las normas y Reglamento específico de PI, así como de cumplimentar el cuaderno de explotación. Todos los componentes del servicio técnico competente han debido realizar con carácter previo a la prestación del servicio, un curso de formación en PI.
- Disponer de un cuaderno de explotación donde se anoten todas las prácticas de cultivo.
- Facilitar semanalmente a la Delegación Provincial a través de dicho servicio técnico la información fitosanitaria de los cultivos, de acuerdo con la estrategia de control integrado contemplada en el Reglamento específico de PI a través de la aplicación informática TRIANA, para la gestión del cuaderno de explotación.
- Comunicar anualmente a la entidad de certificación su programa de producción.

Los operadores obtentores de Almería inscritos en el RPIA, en la campaña 2008/09, son 77 (70 APIs y 7 operadores individuales). El número de productores que están aplicando la PI es de 3878 en 11965 Unidades Homogéneas de Cultivo (UHC) protegido. Las parcelas de cultivo están identificadas mediante recintos SIGPAC de Andalucía (Sistema de Información Geográfica de identificación de Parcelas Agrícolas), donde deben figurar como uso invernadero «IV». El asesoramiento de los cultivos es realizado por 247 técnicos competentes.

6. Entidades de certificación

Las entidades de certificación efectuarán el control de las operaciones en los distintos procesos de producción, elaboración, transformación y comercialización en su caso, siguiendo los planes de control, protocolos para la supervisión y reglamentos de PI que sean de aplicación, teniendo en cuenta el proceso en que participe la persona o entidad operadora, el producto de que se trate y el distintivo de identificación de garantía que vaya a utilizar. En el caso de «Operadores obtentores» serán las encargadas de controlar, verificar y certificar el correcto cumplimiento del Reglamento específico de PI que sea de aplicación por parte de los operadores inscritos en el RPIA. La entidad de certificación informará, a la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura y Pesca correspondiente, de los incumplimientos detectados, y de las medidas correctoras adoptadas por las personas o entidades operadoras afectadas, así como las reclamaciones que efectúen estas.

Para poder realizar los controles previstos y las certificaciones correspondientes, las entidades de certificación deberán estar acreditadas en el cumplimiento de las normas EN 45004 y EN 45011, respectivamente, disponer de la autorización de la Consejería de Agricultura y Pesca y estar inscritas en el Registro de Entidades de Inspección y Certificación de Productos Agroalimentarios y Pesqueros de Andalucía. Para conocer las entidades de certificación consultar la web de la Junta de Andalucía.

7. Control y seguimiento

Independientemente del control ejercido por las entidades autorizadas para certificar la PI, la Consejería de Agricultura y Pesca, establece un Plan de Control y Seguimiento dirigido a esta norma de calidad. Es de aplicación a los operadores inscritos en el RPIA para la fase de obtención o producción de productos agrícolas, dando cumplimiento a lo establecido en la Orden de 13 de diciembre de 2004, reguladora de la PI.

Mediante este Plan, se realizan una serie de inspecciones por personal técnico de los Departamentos de Sanidad Vegetal de las Delegaciones Provinciales de Agricultura y Pesca, tanto a operadores individuales como a APIs.

El procedimiento fija inspecciones anuales con un mínimo del 30% de los operadores inscritos en el Registro. Se realizan visitas de inspección en los momentos de mayor actividad del ciclo de cultivo, levantándose las actas de control correspondientes. Estará presente en la inspección, el técnico responsable y el titular de la explotación. El proceso de control sigue el siguiente orden:

- Elección de los productores y sus respectivas parcelas.
- Identificación del personal técnico responsable de las parcelas a controlar.
- Comprobación del cuaderno de explotación.
- Comprobación de la coherencia de los datos de la aplicación informática TRIANA con las prescripciones realizadas por los servicios técnicos.
- Revisión de la documentación de las auditorías realizadas a dichos operadores por parte de la entidad de certificación.
- Toma de muestras.
- Levantamiento del Acta de Control.
- Aplicación de la lista de verificación con los apartados:
- Carné de aplicador de productos fitosanitarios.
- Instalaciones, equipos y personal.
- Almacenes de productos fitosanitarios.
- Maquinarias y equipo de tratamientos y fertirrigación.
- Equipos de protección y medida.
- Personal.
- Suelo, preparación y laboreo.
- Siembra y plantación.
- Polinización y cuajado.
- Enmiendas y fertilización.
- Riego.

- Control Integrado.
- Identificación y trazabilidad.
- Gestión de residuos.
- Cuaderno de explotación.

Para que el resultado del control sea favorable deberá cumplirse el 90% de los aspectos comprobados en la lista de verificación. En el caso de APIs, el resultado deberá ser favorable en todos los productores inspeccionados. En caso de que la inspección sea desfavorable se le dará un plazo de 10 días para que intente subsanar las «no conformidades» detectadas. Superado el plazo, se estudiarán las alegaciones y se decidirá si se cierran o no las no conformidades. Si la decisión es denegatoria, se procederá a emitir un informe propuesta de baja de la inscripción en el RPIA.

Además de estos controles, los expedientes resultantes de solicitudes de ayudas al control de insectos vectores de virus en cultivos hortícolas y al fomento a las APIs, serán también sometidos a controles administrativos y sobre el terreno. En el primero de los casos, todas las entidades serán objeto de seguimiento, mientras que en el segundo se realizará un muestreo resultado; a) de la selección mediante algún criterio de riesgo; o b) de la detección de algún tipo de incidencia tras haber sido sometidos a los controles administrativos, quedando siempre un 25% de los expedientes expuestos a ser seleccionados aleatoriamente. Por ello, una vez presentadas todas las solicitudes de ayuda se realizará una valoración por parte de la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera donde se realizará un análisis de las solicitudes de acuerdo a los citados criterios.

Consecuencia de todo este proceso de control y seguimiento, es la obtención de una información técnico-práctica muy importante para mejorar y actualizar el Reglamento específico de PI.

8. Ayudas

8.1. Ayudas al fomento de las Agrupaciones para la Producción Integrada en Agricultura (APIs)

La Comunidad Autónoma de Andalucía ha sido una de las Comunidades Autónomas pioneras en la implantación del sistema de PI, regulado desde 1995 por el Decreto 215/1995, de 19 de septiembre, por el que se creaba además la marca PI de Andalucía. Un año después, la Orden de 8 de noviembre de 1996, dictaba las primeras normas para la formalización de convenios de colaboración con las entidades agrarias; para el desarrollo de programas de Producción Integrada, derogada por la Orden de 28 marzo de 2003, por la que se establecían las bases reguladoras para la concesión de ayudas dirigidas a la mejora de la sanidad vegetal mediante la formalización de convenios de colaboración para el desarrollo de programas de Producción Integrada.

En paralelo a esta línea de ayudas dirigida a la puesta a punto de nuevos métodos de producción, la publicación del Real Decreto 1201/2002 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y en concreto su artículo 8.6, estableció la posibilidad de que las APIs recibieran también ayudas fijadas reglamentariamente, aspecto éste recogido en el Decreto 245/2003 de la Consejería de Agricultura y Pesca, por el que se regula la PI y su indicación en productos agrarios y sus transformados; y en la Orden de 13 de diciembre de 2004, que desarrolla el Decreto mencionado anteriormente.

En consecuencia, dentro de este marco, se publicó la primera Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca, de 12 de enero de 2006, por la que se establecían las bases reguladoras para la concesión de las ayudas para la promoción de la Producción Integrada, mediante el fomento de las APIs. A los efectos de esta Norma eran subvencionables los gastos del servicio técnico competente, los gastos de análisis agronómicos, así como los gastos derivados del control e inspección realizado por las entidades de control y certificación, con cuantías máximas subvencionables de 2000 euros mensuales para el director técnico y 1700 euros para técnicos auxiliares de campo; 2500 euros para gastos de análisis; y 4.000 euros en el caso de gastos imputables a la certificación de las producciones.

El procedimiento para la concesión de ayudas se realizó en régimen de concurrencia competitiva, para lo cual se fijaron una serie de criterios valorables, si bien todas las entidades solicitantes fueron beneficiarias sin límite presupuestario sobre los gastos imputados a los planes presentados. Esta misma circunstancia se ha venido repitiendo año a año hasta la actualidad.

La inclusión de estas ayudas en la Medida 115 del Programa de Desarrollo Rural de Andalucía para el período 2007-2013, implicó que la Unión Europea pasara a cofinanciar tales ayudas mediante el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER). Esta nueva realidad, la necesidad de adecuación de algunos aspectos en la gestión de los expedientes de ayudas, y la incorporación de nuevos cultivos auspiciaron la modificación de la Orden reguladora inicial por la Orden de 23 de mayo de 2007. Entre otros cambios, esta nueva Orden supuso la reducción de los gastos máximos imputables a los análisis agronómicos realizados hasta 1000 euros por unidad o fracción del coeficiente de cálculo, al igual que los gastos derivados del control e inspección que descendieron a 3000 euros. Las ayudas a la remuneración de los servicios técnicos también sufrieron cambios, en esta ocasión en lo referente al porcentaje de la subvención a percibir, que pasó a ser decreciente (-5% por año transcurrido), con una dotación inicial del 60%. Las ayudas seguían siendo compatibles con otras para la misma finalidad, si bien, el importe total de la subvención podía alcanzar hasta el 60%, un 10% más que en la convocatoria anterior.

Otro cambio notable fue la inclusión de un artículo 6 «bis» en el que se recogía la declaración responsable sobre el compromiso interno de cada uno de los productores, con la entidad solicitante de la ayuda, de asumir las obligaciones derivadas del cumplimiento del sistema durante el período quinquenal del programa.

El cambio de esta línea de ayudas a la Medida 132 del Eje 1 del Programa de Desarrollo Rural, marco 2007-2013, implicó de nuevo variaciones en la normativa reguladora de la campaña 2008/09, recogidas en la Orden de 16 de mayo de 2008, por la que se modificaba la de 12 de enero de 2006. Entre los cambios más destacables estaban el porcentaje subvencionable que dejaba de ser decreciente en el tiempo, aplicándose el tipo fijo del 55%, en lo referente al gasto ocasionado por los servicios técnicos. Por otro lado se fijaba un máximo subvencionable por explotación de 3000 euros, de conformidad con el anexo del Reglamento (CE) núm. 1698/2005 del Consejo, de 20 de septiembre de 2005. Para que el productor tuviese acceso a esta ayuda, cada una de las APIs debía definir y cuantificar una cuota de participación individual, en función de un criterio claro, objetivo y único para la totalidad de los productores integrados en la Agrupación, que debería especificarse en la memoria presupuestaria del programa. Esta cuota debía hacerse efectiva antes del final de la campaña objeto de la ayuda.

Tabla 1. Evolución de las ayudas a Convenios de Colaboración para el desarrollo de programas de PI en Almería

Periodo o Campaña	1994/95-2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06
Número de entidades beneficiarias	25 (1)	5	5	5	5	5
Importe final de la subvención (€)	799.913 (1)	180.304	156.263	150.000	167.285	161.484

(1) Suma total del periodo.

Tabla 2. Evolución de las ayudas al fomento de APIs en Almería

Campaña	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10
Número de entidades beneficiarias	8	45	61	54
Importe final de la subvención (€)	79.607	1.486.768	1.881.212	2.157.451 (1)

(1) Importe solicitado.

La última de las modificaciones en este breve histórico, que afectan de lleno a los cultivos hortícolas protegidos, ha sido la recogida en la Resolución de 3 de diciembre de 2008, de la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera, por la que se modifica el Anexo 1 de la Orden de 12 de enero de 2006, en el que se han ampliado de 10 a 12 meses el período auxiliable para las ayudas a APIs.

La evolución de estas ayudas, se presentan en las Tablas 1 y 2.

8.2. Ayudas en el marco del Programa Nacional de Control de Insectos Vectores de Virus de los cultivos hortícolas

El Real Decreto 1938/2004, por el que se establece el Programa Nacional de control de los insectos vectores de los virus de los cultivos hortícolas, califica de utilidad pública la prevención y lucha contra dichas plagas y define, en su artículo 5, las medidas obligatorias para prevenir el desarrollo de sus poblaciones.

Los afectados por la obligatoriedad de la lucha contra una plaga se beneficiarán de la asistencia técnica y de las ayudas económicas que, en su caso, se determinen en la norma correspondiente.

La ejecución de las ayudas previstas están amparadas para el periodo 2007-2011, por decisiones de la Comisión Europea referentes a las ayudas de Estado y serán financiadas con fondos de la Comunidad Autónoma de Andalucía y con fondos de la Administración General del Estado.

La Comunidad Autónoma de Andalucía convoca estas ayudas desde la campaña 2005/06 (Tabla 3), en régimen de concurrencia competitiva.

Las ayudas están destinadas a sufragar los gastos de implantación del control biológico, no pudiendo superar el 50% de los gastos justificados desde 2006/07. A partir de la campaña 2008/09 se ha limitado, con módulos, el gasto máximo por cultivo y unidad de superficie.

Los OCB que se utilizan para el control biológico, objeto de la ayuda, son autóctonos o exóticos, pudiendo ser producidos y comercializados con diferentes formulados y formatos (Rodríguez Rodríguez, 2004 y Navarro *et al*., 2004). La ley 43/2002 de Sanidad Vegetal, regula su comercialización y uso, así como su registro desarrollado por la

Tabla 3. Ayudas y superficie de cultivo en control biológico en el marco del Programa Nacional de Control de Insectos Vectores de los Virus de los Cultivos Hortícolas en la provincia de Almería

Campaña		2005/06		2006/07		2007/08		2008/09		2009/10 (2)	
Normativa reguladora		Orden 18/01/2005		Orden 13/03/2006		Orden 25/05/2007		Orden 09/05/2008		Resolución 09/06/2009	
Conceptos subvencionables (1)		a) y f)		a) y f)		a)		a)		a)	
Importe máximo subvencionable		100%		50% de los gastos justificados							
Gasto máximo limitado con módulos por cultivo (€/Ha)		No		No		No		Si		Si	
Beneficiarios		APIs, ATRIAs y Entidades con convenios		APIs, ATRIAs y Personas jurídicas		APIs, ATRIAs y S. Coop. And. y SAT		APIs, ATRIAs y APEs		APIs, ATRIAs y APEs	
Superficie ejecutada de cultivo (Has) y (%) respecto al total provincial	Berenjena			30	*(2%)*	403	*(27%)*	606	*(37%)*	645	*(40%)*
	Calabacín	2	*(0%)*	36	*(1%)*	312	*(7%)*	778	*(17%)*	767	*(17%)*
	Judía			7	*(0%)*	131	*(7%)*	117	*(9%)*	90	*(7%)*
	Melón					1.666	*(33%)*	2.763	*(56%)*	4.499	*(91%)*
	Pepino			18	*(0%)*	532	*(13%)*	1.279	*(28%)*	1.806	*(39%)*
	Pimiento	51	*(1%)*	331	*(4%)*	4.020	*(49%)*	5.954	*(85%)*	6.556	*(93%)*
	Sandía					991	*(21%)*	1.843	*(38%)*	2.643	*(55%)*
	Tomate	76	(1%)	334	(3%)	1.184	(12%)	2.201	*(21%)*	2.661	*(26%)*
	Total	129	*(0%)*	757	*(2%)*	9.238	*(23%)*	15.541	*(40%)*	19.667	*(50%)*

(1) RD 1938/2004. Artículo 5. a) Promoción de la lucha biológica mediante la potenciación de los insectos auxiliares autóctonos y la introducción de insectos auxiliares multiplicados en insectarios; y f) Cualquier otra medida distinta de los tratamientos químicos convencionales, que se justifique técnica o científicamente como necesaria para prevenir el desarrollo de las poblaciones de estas plagas, incluyendo las barreras físicas en las infraestructuras de los invernaderos.

(2) Superficie inicial.

Orden APA/1470/2007, por la que se regula la comunicación de comercialización de determinados medios de defensa fitosanitaria (OMDF), entre los que se encuentran los OCB. Actualmente existen más de 200 formulados comerciales de OCB [2].

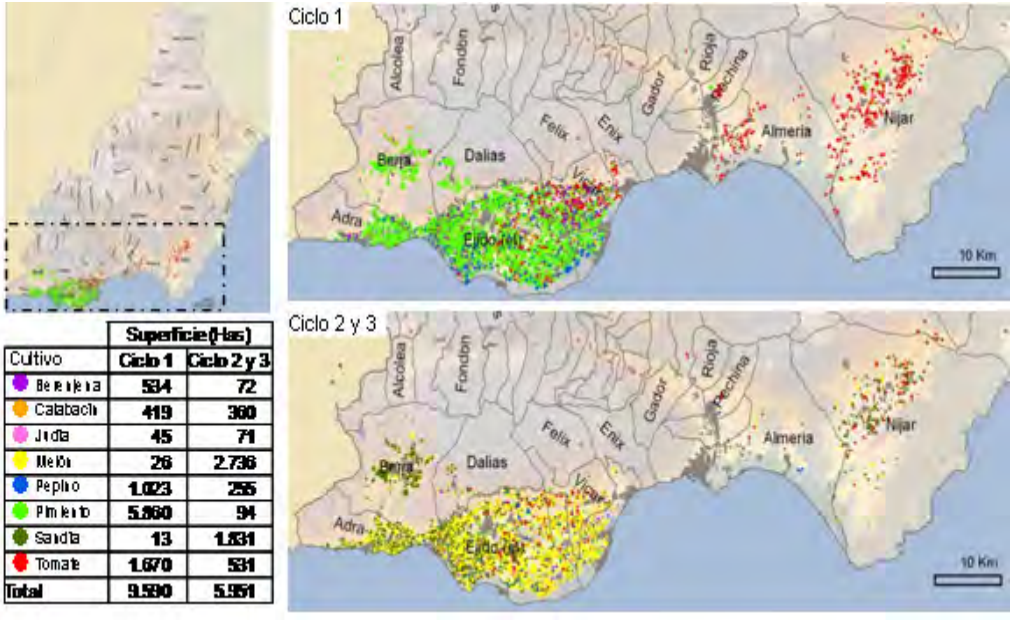
La superficie de control biológico en Almería, esta distribuida por todas las zonas de cultivo. El grado de implantación actual es elevado, principalmente en pimiento, con más del 80% del total de la superficie provincial en el programa. La evolución de estas ayudas, se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Evolución de las ayudas al control de insectos vectores de virus en Almería

Campaña	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10
Número de entidades beneficiarias	8	30	56	68	66
Importe final de la subvención (€)	198.372	655.742	10.719.010	9.722.799	18.076.482 (1)

(1) 50% del presupuesto presentado, pendiente de resolución de concesión.

Mapa 1. Distribución de la superficie de cultivo en Almería



Cultivo	Superficie (Has) Ciclo 1	Ciclo 2 y 3
Berenjena	534	72
Calabacín	419	360
Judía	45	71
Melón	26	2.736
Pepino	1.023	255
Pimiento	5.860	94
Sandía	13	1.831
Tomate	1.670	531
Total	9.590	5.951

[2] Web del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM), Registro de Otros Medios de Defensa Fitosanitaria y de OCB y Registro de Productor Fitosanitarios (http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/fitos/registro/menu.asp).

9. Balance fitosanitario bajo Producción Integrada en Almería (campaña 2008/09)

Se puede afirmar que el sistema de PI con la inclusión del control biológico ha supuesto una revolución en el control fitosanitario. La alta eficacia conseguida, la garantía de ausencia de residuos y el respeto a la salud de las personas y al medio ambiente, justifican la aceptación actual y el continuo crecimiento experimentado en la aplicación de la PI.

La vigilancia y el control del estado fitosanitario de los cultivos, así como los controles sanitarios de determinados vegetales o productos vegetales, procedentes del territorio andaluz, se realizan a través de la Red de Alerta e Información Fitosanitaria (RAIF), que recoge: datos agroclimáticos y datos fitosanitarios. Los informes generados (datos agroclimáticos, aplicaciones fitosanitarias, sueltas de OCB y niveles de presencia de plagas de interés fitosanitario, y fenología) se publican semanalmente en la web [3].

La campaña de cultivo comprende varios ciclos, comenzando en el mes de junio y finalizando el mes de mayo del año siguiente, para los ocho cultivos hortícolas protegidos.

Tabla 5. Superficie de información fitosanitaria por cultivo, para la RAIF (campaña 2008/09)

Cultivo	ha
Berenjena	163
Calabacín	69
Judía	19
Melón	149
Pepino	178
Pimiento	351
Sandía	99
Tomate	174
Total	**1039**

Los datos agroclimáticos de referencia se obtienen de las estaciones AL001 (San Isidro-Níjar), RIAL01 (La Mojonera) y RIAL02 (Almería), pertenecientes a dos redes de estaciones meteorológicas automáticas (EMAS): RIA (Red de Información Agroclimática de Andalucía) y RAIF.

Estos datos son de interés debido a la influencia que presentan sobre el desarrollo de los cultivos, las plagas y los OCB.

Durante la campaña 2008/09, la climatología del invierno ha sido muy extremo, con un registro continuado de heladas, precipitaciones abundantes (por encima de 40 mm) y predominio de temporales de viento de componente norte y noroeste que han llegado a alcanzar velocidades máximas superiores a 90 km/h. El verano ha sido muy suave, con registro de temperaturas poco extremas y abundancia de hidrometeoros locales (brumas matinales), lo que ha provocado que se registren de forma continuada valores de humedad relativa próximos al 100%.

[3] Web de la Red de Alerta de Información Fitosanitaria (RAIF): http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/raif/

La principal fuente de información fitosanitaria, son los técnicos de las distintas APIs, que incorporan datos al sistema, a través de la aplicación informática TRIANA (Tabla 5).

Se presenta la evolución de las plagas más significativas y de los OCB en los diferentes cultivos, en base a las estrategias de control establecidas en el Reglamento específico de PI. Además de las sustancias activas, de mayor importancia, aplicadas en los tratamientos fitosanitarios y las sueltas de OCB realizadas, para controlar la plaga indicada (Figuras 4 a 11).

Figura 4. Evolución de la población de mosca blanca, negrilla y OCB (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Berenjena, campaña 2008/09. Almería

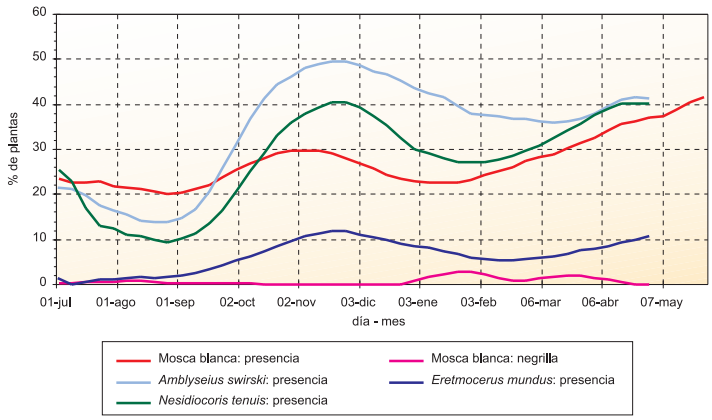


Figura 5. Evolución de la población de mosca blanca, virus más importantes y OCB (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Calabacín, campaña 2008/09. Almería

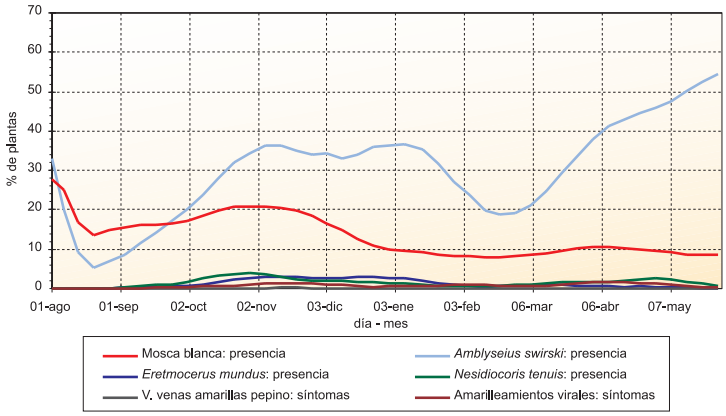


Figura 6. Evolución de la población en plantas de mosca blanca, virus del desorden amarillo de la judía y OCB (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Judía, campaña 2008/09. Almería

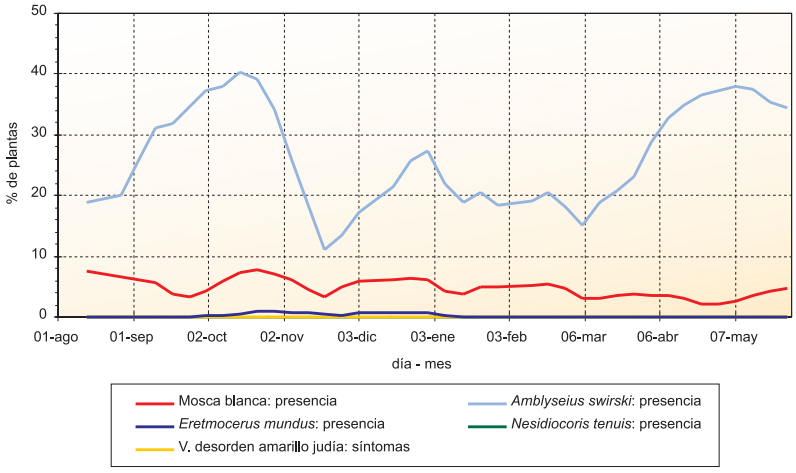


Figura 7. Evolución de la población en plantas de mosca blanca, virus más importantes y OCB (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Melón, campaña 2008/09. Almería.

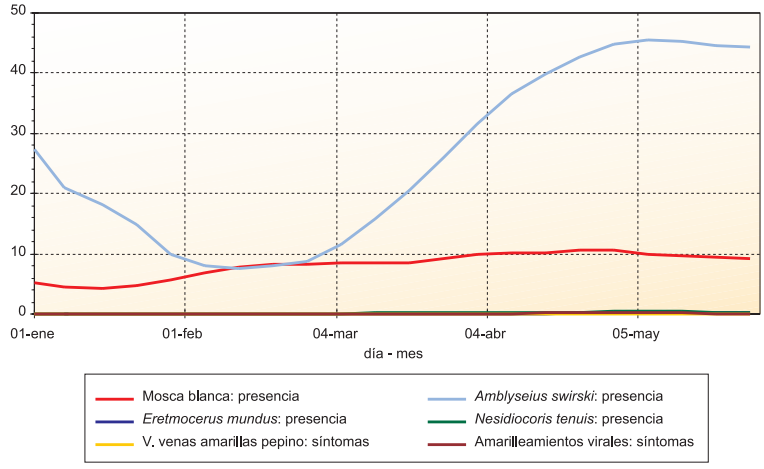


Figura 8. Evolución de la población en plantas de mosca blanca, virus más importantes y OCB (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Pepino, campaña 2008/09. Almería

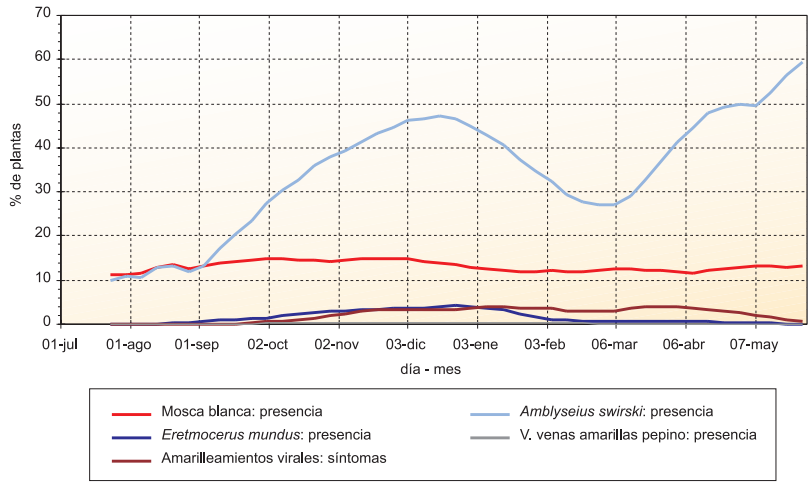


Figura 9. Evolución de la población de trips, virus del bronceado (TSWV), OCB y daños en frutos (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Pimiento, campaña 2008/09. Almería

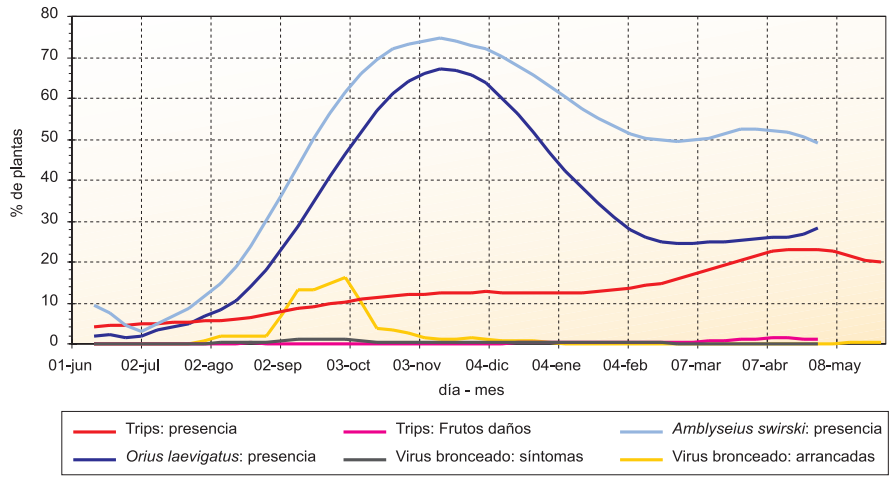


Figura 10. Evolución de la población en plantas de mosca blanca, virus más importantes y OCB (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Sandía, campaña 2008/09. Almería.

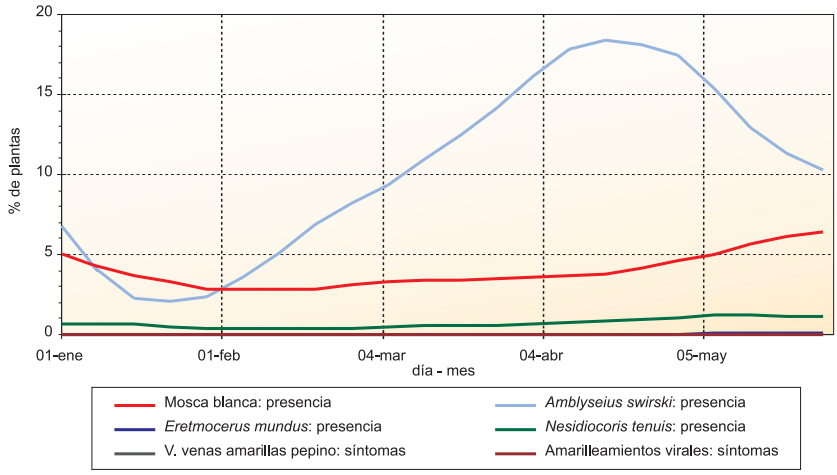
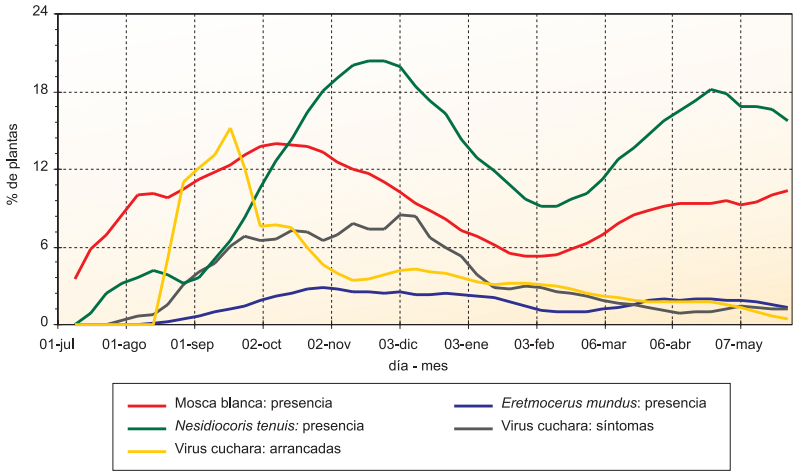


Figura 11. Evolución de la población de mosca blanca, virus de la cuchara (TYLCV) y OCB (a). Tratamientos (b) y sueltas (c). Tomate, campaña 2008/09. Almería.



Se puede concluir que el control de las plagas ha sido efectivo de acuerdo con las estrategias de PI (uso de OCB, medidas preventivas, y productos fitosanitarios compatibles con OCB), Además, se ha conseguido:

- Adecuada implantación de las técnicas de PI, en los cultivos hortícolas de Almería.
- Incremento considerable de la superficie en PI.
- Obtención de productos alimentarios libres de residuos.
- Reducción del uso de productos fitosanitarios.
- Mejoras en cantidad y calidad de las producciones.
- Condiciones óptimas para mantenimiento de los polinizadores.
- Mayor confianza de los diversos sectores agrarios en el sistema.
- Aumento de la incorporación de técnicos.
- Disminución de malas prácticas y usos indebidos de productos fitosanitarios.

La aparición de nuevas plagas; autóctonas (*Nezara viridula*, *Lygus* sp.,...) o foráneas (*Tutta absoluta*...), que hasta la fecha no habían sido un problema fitosanitario, obligan a realizar una continua revisión de las estrategias de control en PI. Por lo que la PI, no se puede considerar como un sistema estático.

10. Bases para la actualización del reglamento específico de PI: perspectivas

La Orden de 10 de octubre de 2007, que regula la PI para los ocho cultivos hortícolas, se estructura en dos partes: los «Requisitos generales» de aplicación a todos los cultivos, y los Anexos 2 al 9 que recogen los «Requisitos específicos» para cada cultivo.

La mayor limitación del uso de sustancias activas, mayores exigencias para su aplicación y la necesidad de que estas sean compatibles con OCB (Organismos de Control Biológico) ha planteado la necesidad de revisar el Reglamento específico de PI. La experiencia acumulada en las últimas campañas ha permitido su actualización, incorporando

una serie de cambios orientados a facilitar la aplicación de la Producción Integrada. La actualización del Reglamento específico de PI, se hará efectiva mediante la oportuna Resolución que permitirá su aplicación inmediata.

La parte de «Requisitos generales» está en proceso de estudio para su posterior actualización y homologación, con otras Normas y Protocolos de calidad. A continuación se destacan los aspectos esenciales incluidos en dicha actualización, y que se concretan en la parte de «Requisitos específicos» para los diversos cultivos:

· Actualización de las sustancias activas, según registro actualizado del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM), tanto de los productos fitosanitarios compatibles, como de los incluidos en los respectivos Anexos.

· Las estrategias de los métodos de control se orientan al uso prioritario de los OCBs. Se ha actualizado el listado de los mismos, se incluyen nuevos productos comerciales, y se eliminan las dosis de aplicación.

· Se incluye el uso de OMDF distintos de los OCB, para complementar la acción de estos. Su empleo estará condicionado a resolución favorable, de inscripción en el registro, emitida por el MARM. Será el técnico competente, el responsable de garantizar la compatibilidad de estos medios con los OCB empleados en el cultivo.

· Se podrán usar plantas reservorio de OCB (con Pasaporte Fitosanitario o certificación de su origen y sanidad) para facilitar su implantación, reproducción y posterior incorporación al cultivo. El técnico competente detallará en el cuaderno de explotación la estrategia seguida (número de plantas, especie, lugar de colocación, control que ejerce).

Se muestra información, a considerar, para una correcta estrategia de control de plagas en un cultivo representativo de cada uno de los ciclos: pimiento y sandía (Tablas 6 y 7).

La aplicación de cualquier práctica o actuación no contemplada en el Reglamento, debida a circunstancias que pudieran ocurrir derivadas de situaciones climáticas o de otro tipo, tendrán que ser autorizadas por la Delegación Provincial de Agricultura y Pesca previa justificación técnica.

Tabla 6.
OCB empleados en la estrategia de control de plagas en los cultivos de pimiento (Pi) y sandía (Sa)

Plaga	Araña blanca		Araña roja		Mosca blanca		Orugas		Pulgón		Trips	
OCB Cultivo	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa
Adalia bipunctata									2	2		
Amblyseius andersoni			2	2								
Amblyseius californicus	2		**1**	**1**								
Amblyseius cucumeris	2										2	
Amblyseius swirskii	2		2	2	**1**	**1**					**1**	**1**
Aphidius colemani									**1**	**1**		
Aphidoletes aphidimyza									**1**	2		
Banker-plant									**1**	**1**		
Chrysoperla carnea									2	2		
Encarsia formosa					**1**							
Eretmocerus eremicus					**1**	2						
Eretmocerus mundus					**1**	**1**						
Feltiella acarisuga			2									
Lysiphlebus testaceipes									**1**	**1**		
Macrolophus caliginosus					**1**							
Nabis pseudoferus ibericus							2					
Nesidiocoris tenuis			2	2	**1**	**1**						2
Orius laevigatus											**1**	
Phytoseiulus persimilis			**1**	**1**								

1: OCB de uso prioritario, que ejercen un control eficaz sobre la plaga.
2: OCB de uso secundario, que ejercen un control parcial sobre la plaga, siendo preciso completar su efecto con otros OCB o con fitosanitarios y medidas culturales.

Tabla 7. Sustancias activas empleadas en la estrategia de control de plagas en los cultivos de pimiento (Pi) y sandía (Sa)

Plaga	Araña Blanca		Araña Roja		Mosca Blanca		Nematodos		Orugas		Pulgón		Trips	
OCB Cultivo	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa	Pi	Sa
Abamectina	**1**		**1**	**1**										
Aceite de verano	**1**		**1**		**1**						**1**		**1**	
Acrinatrin			2										2	2
Alfa cipermetrin						2			2	2	2	2		
Azadiractin				**1**	**1**				**1**		**1**	**1**	**1**	**1**
Azufre en espolvoreo	**1**		**1**			**1**								
Azufre mojable	**1**		**1**											
Bacillus thuringensis aizawai									**1**	**1**				
Bacillus thuringensis kurstaki									**1**	**1**				
Beauveria bassiana					**1**	**1**							**1**	
Betaciflutrin									2					
Bifentrin			2		2	2			2	2	2	2		
Buprofezin					**1**	**1**								
Butoxido de piperonilo + piretrinas				**1**	**1**	**1**			**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Cipermetrin									2	2	2	2		
Ciromazina				**1**										
Deltametrin									2	2	2	2	2	
Etoprofos							**1**							
Fenamifos							**1**	**1**						
Fenbutaestan			**1**											
Flufenoxuron			**1**						**1**	**1**				
Indoxacarb									**1**					
Lambda cihalotrin					2	2			2	2	2	2		
Lufenuron									**1**	**1**			**1**	**1**
Metil clorpirifos									2					
Metiocarb													2	
Metoxifenocida									**1**					
Oxamilo	**1**		**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**			**1**	**1**	**1**	**1**
Pimetrozina					**1**	**1**					**1**	**1**		
Piridaben			**1**		**1**	**1**								
Pirimicarb											**1**	**1**		
Piriproxifen					**1**									
Spinosad									**1**				**1**	
Tebufenocida									**1**					
Tebufenocida + bacillus									**1**					
Teflubenzuron					**1**				**1**					

1: Sustancias activas de posible uso por su compatibilidad con los OCB o por su efecto conocido sobre los mismos.
2: Sustancias activas incompatibles con OCB, sólo se utilizarán con justificación técnica y en el caso de que no sean efectivos los métodos de control indicados para cada plaga.

11. Bibliografía

- NAVARRO, M.; ACEBEDO, M.; RODRÍGUEZ, M. P.; ALCÁZAR, M. D. y BELDA, J.E. (2004): *Organismos para el control biológico de plagas en cultivos de la provincia de Almería*. Almería, Cajamar.

- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, M. P. (2004): "Manejo de organismos de control biológico en formulados comerciales como complemento a la acción de los enemigos naturales autóctonos en control de especies plaga de hortícolas bajo abrigo en Almería"; en CUADRADO GÓMEZ,I. M. y GARCÍA GARCÍA,M. C.: *La Protección Fitosanitaria en Agricultura Ecológica. Curso Superior de Especialización*. Almería, FIAPA y Junta de Andalucía.

Tema 2

Reglamento de producción ecológica. Recomendaciones para el manejo de plagas y enfermedades en hortalizas en invernadero

Luis Guerrero Alarcón *

1. Introducción

El cultivo ecológico de hortalizas en invernadero para consumo en fresco es una práctica amparada por el **Reglamento** (CE) 834/2007, del Consejo, de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el R(CEE)2092/91, y por el Reglamento (CE) 889/2008 de la Comisión, de 5 de septiembre de 2008, sobre producción, etiquetado y control de productos ecológicos pues ambos, en su artículo 1, se refieren a los «productos agrarios vivos o no transformados». Como todos los Reglamentos comunitarios, son de aplicación directa en los estados miembros sin necesidad de normativa nacional de transposición, y ambos han entrado en vigor el 1 de enero de 2009.

Muchas de las **técnicas de cultivo** en invernaderos de Almería son perfectamente asumidas por la agricultura ecológica (AE), como el retranqueo que, manteniendo el enarenado, permite el aporte de materia orgánica y abonos poco solubles en fondo, o el blanqueo de cubiertas que facilita el control de temperatura sin consumo de energía, o el uso del riego por goteo y su contribución al ahorro de agua, o la lucha biológica que evita, en gran medida, los tratamientos fitosanitarios. El cultivo hidropónico, en cambio, sería incompatible con la AE.

Para conocer la situación **actual** de la AE baste empezar diciendo que a 31 de diciembre de 2008 había censadas 1.317751 ha de AE en todo el Estado. De ellas, 754067 ha en Andalucía, de las que solo 4003 ha son de hortalizas y tubérculos. En Almería hay 1320 ha de hortalizas en AE, en su mayoría -unas 700 ha- en invernadero, en gran parte localizadas en la comarca del Levante almeriense. El valor total de la producción ecológica en 2005 en Andalucía fue de unos 150 millones de euros, mientras que las ventas fueron de unos 100 millones (250 millones a nivel nacional). El consumo ecológico español no supera el 1% del total del consumo de alimentos, mientras que en algunos países a los que van dirigidas nuestras exportaciones se sitúa ya entre el 5 y el 10%. Todos estos datos muestran un sector todavía incipiente, pero con una base suficientemente sólida

* Ingeniero Técnico Agrícola. Asociación BioIndalo.

como para poder aceptar retos de futuro tan importantes como el anuncio de la FAO de 2002, que decía que *la agricultura ecológica se puede convertir en una alternativa realista a la agricultura convencional a lo largo de los próximos 30 años* (Informe *La agricultura mundial: hacia los años 2015-2030*).

2. La sanidad en AE

Los dos Reglamentos (CE) reguladores de la AE que tienen referencias a la sanidad disponen lo siguiente:

El **R (CE) 834/2007**, cuando se refiere a los principios específicos aplicables en materia agraria, indica que el mantenimiento de la salud de los vegetales se intentará, inicialmente, mediante medidas preventivas, como la elección de especies y variedades apropiadas que resistan a los parásitos y a las enfermedades, las rotaciones apropiadas de cultivos, los métodos mecánicos y físicos y la protección de los enemigos naturales de las plagas (artículo 5, apartado f), y también, en sus normas de producción vegetal, dice, que la prevención de daños causados por plagas, enfermedades y malas hierbas se basará fundamentalmente en la protección de enemigos naturales, la elección de especies y variedades, la rotación de cultivos, las técnicas de cultivo y los procesos térmicos (artículo 12, apartado 1.g).

Por otra parte el Reglamento de aplicación **R(CE) 889/2008**, en el artículo 5, gestión de plagas, enfermedades y malas hierbas, dice en el apartado 1 que cuando las plantas no puedan protegerse adecuadamente de las plagas y enfermedades mediante las medidas contempladas en el artículo 12 del Reglamento (CE) Nº 834/2007, solo podrán utilizarse en la producción ecológica los productos mencionados en el anexo II del presente Reglamento. También, que los operadores deberán guardar documentos justificativos de la necesidad de utilizar el producto. Y en el apartado 2 puntualiza que para los productos utilizados en trampas y dispersores, excepto en el caso de los dispersores de feromonas, tales trampas y dispersores evitarán que las sustancias se liberen en el medio ambiente, así como el contacto entre las sustancias y las plantas cultivadas. Las trampas deberán recogerse una vez que se hayan utilizado y se eliminarán de modo seguro.

En un cultivo tan intensivo como el de hortalizas en invernadero, para abordar la sanidad vegetal con la tranquilidad de saber cómo actuar en caso de necesidad, se debe de tener decidida la **estrategia** fitosanitaria, que será un compendio lo más diverso y completo posible de los medios de control de plagas y enfermedades que se recogen a lo largo de este artículo. Lo primero que hay que hacer es aplicar técnicas de muestreo y de monitorización, de forma que se puedan conocer la evolución e intensidad de las plagas y enfermedades.

Los **muestreos** se plantean al asumir que no se puede tener un conocimiento exhaustivo de la totalidad de las poblaciones de cada parcela, por lo que se elegirán al azar un número «suficiente» de plantas, pero no en número tan elevado que en la práctica suponga la imposibilidad del muestreo. De la observación de los distintos órganos vegetativos y de la evaluación de los distintos problemas fitosanitarios y otras anomalías surgen la toma de decisiones sobre las actuaciones a realizar, y la valoración de la eficacia de las ya realizadas.

Para **monitorizar** se colocan unas pocas trampas cromotrópicas reticuladas engomadas en las bandas, pasillos, puertas, ventanas e intercaladas en el cultivo de forma aleatoria; las de color amarillo se utilizarán para el monitorizado de mosca blanca, submarino, pulgones alados y trips, y las de color azul que son prácticamente específicas de trips. Desgraciadamente también capturarán auxiliares, pero al menos obtendremos información sobre su presencia. Para detectar la actividad sexual de los machos lepidópteros se colocan trampas de tipo delta, polilleros o trampas de agua con feromonas impregnadas en dispersores o difusores de diferentes tipos, como caucho, polietileno, etc. Si es posible se instala también una trampa de luz en el exterior del invernadero. Y conforme se vaya avanzando en el conocimiento de las plantas trampa, también se podrán utilizar con este fin.

Se puede empezar intentando un autodiagnóstico con la ayuda de la página web de la Junta de Andalucía, aunque para un **diagnóstico** certero de plagas y enfermedades se deben de llevar muestras al Laboratorio oficial de Sanidad Vegetal, o a uno particular.

Todos los productos comerciales que se utilicen deberán estar inscritos en alguno de los dos **registros** del Ministerio de Agricultura: el Registro de Productos Fitosanitarios y el Registro de Otros Medios de Defensa Fitosanitaria que incluye, entre otros, a los Organismos de Control Biológico. No es necesaria la certificación de los insumos como utilizables en AE, pues es suficiente con que estén contemplados en el Anexo II del R(CE) 889/2008.

3. Medidas preventivas, culturales y físicas

Este grupo de medidas es tan importante que su realización podría ser suficiente para una correcta sanidad, junto al acierto en las primeras decisiones sobre el tipo de instalación y construcción del invernadero. A continuación se detallan las medidas más importantes.

- Acciones realizadas por **intervención pública.** Algunos casos de la implantación de normas legales o administrativas dirigidas a disuadir, disminuir o evitar la presencia en el campo de fitoparásitos o sus efectos, son la Orden andaluza para el control de enfermedades víricas en cultivos hortícolas, el programa nacional de control de los insectos vectores de los virus de los cultivos hortícolas, la obligatoriedad del Pasaporte Fitosanitario para las plántulas, cuarentenas como la aplicada para la exportación de tomates a EEUU, los planes comarcales de higiene rural, subvenciones para la lucha contra los parásitos de nueva introducción, para la mejora de estructuras, para la lucha biológica, etc. Según los primeros resultados de los estudios que se están realizando, el llamado «paro biológico» consistirá en dejar pasar, obligatoriamente desde que se arranca un cultivo y la nueva plantación, como mínimo, unos 10 días para disminuir hasta niveles aceptables la presencia de trips, y unos 15 días para los de mosca blanca.

- Protección del agua de riego **poniendo cubierta en la balsa** para evitar la contaminación del agua con hongos por el aire y, si la cubierta es opaca, la falta de luz evitará la proliferación de algas.

- El **diseño y construcción** del invernadero debe de contemplar aspectos como priorizar la facilidad del control de la ventilación, el sombreo, la iluminación, etc., para minorizar problemas relacionados con el exceso de temperatura y de humedad.

- Para dificultar la **entrada** de insectos en el invernadero, este contará con doble puerta y cámara de entrada en la que se instalará un ventilador dirigido a la calle que se accione automáticamente al abrir la puerta exterior. También es importante tapar los posibles agujeros del plástico.

- Plantar a **baja densidad** para mejorar la iluminación y aumentar la aireación. A más luz menos riesgo de ahilamiento y encamado de las plantas, así como de aparición de «blotchy» en frutos. Y a mayor aireación menor proliferación de hongos, como *Botrytis* o mildiu, y de bacterias.

- El empleo de **setos** cortavientos y otras barreras contra invasiones de plagas. Por ejemplo, filas de árboles o arbustos en el exterior del invernadero que pueden tener una acción directa contra las plagas y, a la vez, favorecer la proliferación de animales beneficiosos al servir de cobijo a insectos auxiliares y a aves insectívoras, que aumentan la biodiversidad, pues, como bien sabemos, en los sistemas de cultivo simplificados aumenta la inestabilidad. Colocándolos a unos 2 ó 3 metros de distancia para evitar sombras estos setos vivos amortiguan los aires fríos, y los calientes, antes de llegar al invernadero, disminuyen la intensidad del viento hasta un 80% en una distancia desde el cortavientos de entre 10 y 20 veces su altura, y también nos ofrecen una nada superflua función de embellecer el paisaje. Otros ejemplos, la durísima mosquera (*Dittrichia viscosa*) es una planta autóctona pegajosa que se ha utilizado para la captura de todo tipo de insectos y, últimamente, como planta reservorio de auxiliares míridos, la lantana o banderita española (*Lanthana camara)* para instalación de Orius, en la adelfa (*Nerium oleander)* se instalan pulgones (*Aphis* nerii) que pronto serán parasitados, etc.

- Otra solución contra el viento y la invasión de plagas es la colocación de **mallas** agrotextiles de diferente espesor, preferentemente más tupidas de 10 x 20 hilos/cm^2. Es la práctica más extendida, y en parte también compatible con el uso de setos vivos.

- Para disminuir el riesgo de transmisión de enfermedades fúngicas, bacterianas y víricas se utilizará lejía diluida al 10% en la **desinfección** de herramientas de poda, y en la colocación de vado fitosanitario en la entrada del invernadero.

- La plantación de **especies y variedades resistentes o tolerantes** a determinados problemas fitosanitarios. Esta información nos la dará la experiencia o, mejor aún, la casa comercial que nos suministra el material vegetal. La decisión adoptada se combinará con rotaciones, asociaciones, etc., pues en monocultivos pueden aparecer razas más agresivas del patógeno que salten la resistencia. Algunas plantas tienen resistencia a varios parásitos y otras a uno solo, otras mantie-

nen la resistencia durante todo el periodo vegetativo o sólo durante determinadas etapas de su vida. Se han citado variedades hortícolas que pierden su resistencia a nematodos a causa de las altas temperaturas en el suelo.

- Utilizar **patrones** resistentes a enfermedades del suelo difíciles de evitar, por ejemplo, es muy utilizado el injerto de sandía sobre calabaza para superar problemas de *Fusarium sp.* y, aunque menos desarrollado comercialmente, también se utilizan plantas de tomate injertadas sobre tomate, y plantas de melón injertadas sobre calabaza.

- En una situación **de nutrición equilibrada**, realizada principalmente con abonos orgánicos, se producirán plantas fuertes, con menos contenido en agua, y más en polifenoles, licopeno y proteínas difíciles de digerir por los microorganismos patógenos e insectos. También un suelo sobreenriquecido puede suponer un excesivo crecimiento de las plantas a las que finalmente infectarán bacterias como *Pseudomonas corrugata* causante de la necrosis medular del tomate. Una nutrición equilibrada de potasio contribuye a predisponer a la planta contra infecciones por hongos y bacterias. Por otro lado, una relación C/N del suelo baja es adversa para la presencia de nematodos, pero un elevado contenido de nitrógeno favorece los ataques de pulgón, que lo utiliza para elaborar sus propias proteínas.

- Realizar un **laboreo racional** cuando proceda dar labores al terreno, evitando en cualquier caso la formación de suela impermeable que, a su vez, favorecería la asfixia radicular**.** Al labrar, algunos huevos, larvas y pupas de insectos morirán al quedar enterrados o expuestos al sol y al aire en la superficie.

- En las **asociaciones de plantas** se aprovechan los efectos repelentes o atrayentes de algunas especies vegetales para ciertas plagas y así proteger a otras plantas. Ejemplos: la **albahaca** repele mosca blanca y trips en plantaciones de pimiento, además de poseer un aceite tóxico para los insectos en general; el **ajo** y la **cebolla** son repelentes de varias plagas; la planta de **berenjena** atrae gran cantidad de mosca blanca y es muy apetecida por araña roja lo que nos permite reproducir sobre ella a los depredadores *Macrolophus*, *Nesidiocoris* y *Phythoseiulus*; en pequeñas siembras de plantas de **cebada** (el conocido comercialmente como *banker*) podemos soltar pulgón de la cebada que no ataca a hortícolas, y sobre esos pulgones reproducir *Aphidius* y *Aphidoletes* que luego parasitarán al pulgón

del cultivo a proteger. Sobre **mosquera** se reproduce *Nesidiocoris*, y sobre **mastranzo** *Orius.* Otras plantas reservorio, como el **tabaco,** la **calabaza**, o el **geranio** se están estudiando para ver su eficacia como cobijadoras y hospedantes para la reproducción de insectos auxiliares en el interior del invernadero. Un buen ejemplo de planta cebo: poner 1 fila de **maíz** entre cada 20 de tomate contra *Heliothis*, después el maíz se corta y retira cuando tenga sobre él las orugas; mientras que la presencia de **geranio limonero** en la plantación repele la mosca blanca, y la de **diente de león** a los nematodos. ***Tagetes minuta*** elimina del suelo gusanos de alambre, y otra especie ***Tagetes pátula*** (el nemanon) elimina nematodos. **Hierbabuena, ortiga y abrótano** repelen pulgones... y así un largo etc. Pero no nos cansamos de insistir en la necesidad de realizar pruebas a pequeña escala antes de generalizar su uso, entre otras cosas para comprobar su eficacia en nuestras condiciones.

- Con **las rotaciones de cultivos** la principal ventaja es la separación espacial y temporal entre las plantas y sus plagas y enfermedades, más eficaz cuanto más específicas sean estas y tengan menos movilidad. Con esta técnica es más difícil luchar contra parásitos que puedan provenir de otros invernaderos. Por ejemplo: si hay nematodos se dejará sin cultivar el rodal afectado o se plantarán en él plantas resistentes, o evitar poner melón si hay *Fusarium oxysporum melonis*, pero si lo que hay es *Phytophthora* la estrategia no es tan eficaz, porque afecta a casi todos los cultivos.

- Elección de la **fecha de siembra** idónea para cada cultivo en un lugar determinado evitando, en lo posible, que el momento de mayor agresividad de una plaga o enfermedad concurra simultáneamente con la etapa crítica de mayor sensibilidad de la planta huésped. Por ejemplo, la tendencia a plantar pimiento de otoño cada vez más temprano hace que los ataques de *Spodoptera* sean cada vez más graves.

- El uso de **semillas y plantas sanas,** sobre todo libres de virus y bacterias.

- El blanqueo del plástico o la utilización de mallas para conseguir **sombreados** y así evitar el exceso de luz y calor, excesos que pueden provocar diversas fisiopatías como el asurado de frutos y quemaduras de hojas en plantas jóvenes.

- Aporte de calefacción donde sea realmente imprescindible, u otras formas de **protección térmica** (manta térmica, etc.), para reducir o evitar daños por frío, cuando se quiera adelantar la fecha de producción.

- Dar los **riegos de forma racional** y, si es necesario, instalar sistemas de drenaje, acaballonar, etc., con la intención de evitar encharcamientos, asfixia radicular, estrés hídrico y proliferación de hongos del suelo.

- Proceder a la **recogida mecánica** o manual de plagas y a la retirada de órganos afectados por enfermedades para disminuir la presión de los parásitos; pero teniendo en cuenta que al deshojar también se quitan enemigos naturales. Sacar el cultivo viejo antes de que se seque y limpiar el invernadero.

- Tras la poda, si se han realizado grandes heridas, aplicar un *mastic* de cera de abejas, arcilla (bentonita) u otros **cicatrizantes** autorizados en AE, para ayudar a cicatrizar y evitar la introducción de patógenos por las heridas. Si ya hay *Botrytis*, se mezclará sal de cobre con el cicatrizante.

- Aplicando un reguero de **ceniza** o colocando **sal** sobre una superficie en el itinerario de los caracoles se evita su paso hacia las plantas.

- Bello define la **biofumigación** como la acción de las sustancias volátiles producidas en la biodegradación de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas. Propone el siguiente método: una dosis de materia orgánica (biofumigante) entre 50 y 100 t/ha, distribuida uniformemente e incorporada inmediatamente al suelo mediante pase de rotovator y alisado de la superficie. Se riega hasta conseguir la saturación del suelo y se cubre con plástico para retener, durante al menos dos semanas, los gases y otros productos resultantes de la degradación de la materia orgánica, y que son: isotiocianatos, amonio, nitratos, sulfhídrico, fenoles, taninos, ácidos orgánicos, etc. Con este método se actúa contra nematodos, hongos del suelo (del cuello y vasculares), bacterias, etc. La biofumigación se puede realizar con materia orgánica verde, o con estiércol fresco o ya hecho, y con una relación C/N entre 8 y 20, y en cualquier época del año al no requerir la descomposición que se eleve mucho la temperatura (es suficiente hasta unos 30 ºC). El estiércol hecho proporcionará, además, al cultivo resistencia adquirida a nematodos y otros parásitos, al atravesar las raíces la capa de estiércol.

- La **solarización** consiste en una suave pasteurización del suelo cuyo efecto se produce por la aplicación de calor y humedad durante largo tiempo, y no se realizará sistemáticamente sino solo si es necesaria. Si no se tiene una confianza absoluta en el origen de la materia orgánica, y ésta puede venir con algún tipo de contaminación como semillas de malas hierbas, bacterias, etc., puede ser aconsejable realizar la solarización después del retranqueo, con lo que se puede mejorar el efecto por la biofumigación. Con la solarización se baja el nivel de población de bacterias, patógenos productores de enfermedades vasculares y de cuello, nematodos, malas hierbas y algunas fases de insectos que pasan parte de su ciclo en el suelo, como trips y tuta; no produce vacío ecológico y además respeta a los microorganismos beneficiosos, al ser estos termófilos. El suelo también resulta beneficiado al mejorar la estructura y aumentar, a corto plazo, la capacidad de intercambio catiónico.

  Los cinco pasos a seguir para su correcta realización son:

  1. Se prepara el suelo, si no está enarenado, como para efectuar la siembra: se desmenuza, se elimina la vegetación existente y se alisa mediante una labor.

  2. Se riega hasta capacidad de campo para incrementar la sensibilidad térmica de las esporas de los patógenos y semillas y para mejorar la conductividad térmica. En caso de riego localizado con goteros de 3 a 4 L/h se riega durante unas 7 a 8 horas continuadas. Después se deben de recoger los ramales portagoteros pues el calor que se va a producir debajo del plástico los degradaría, y solo en caso de suelos que retengan muy poco el agua se justifica el dejarlos instalados para regar durante la solarización.

  3. En cuanto se pueda entrar en la parcela se cubre todo el suelo con láminas de plástico transparente fino (100-200 galgas) tratado contra rayos ultravioleta. Los bordes se solapan y se sujetan al suelo con la tierra o arena. Esta cubierta del suelo se retira antes de la plantación o siembra. El plástico se puede reutilizar si no ha sufrido roturas.

  4. El período de cobertura no ha de ser inferior a cuatro semanas, debiéndose ampliar a ocho o más para poder combatir los patógenos situados en las capas inferiores del suelo. La época idónea para aplicar esta técnica en nuestras condiciones es entre mediados de junio y mediados de septiembre.

5. Hay que tener en cuenta que el plástico del techo debe de estar limpio y no blanqueado a fin de poder recoger la mayor insolación posible. Tanto las bandas como el techo deben de estar cerrados durante el período de aplicación. Como el calor en el interior del invernadero va a ser muy elevado, conviene realizar la solarización el año en que se haya decidido cambiar el plástico.

- **Métodos contra animales superiores**. Aunque es muy improbable que entren dentro del invernadero jabalíes, conejos, u otros animales superiores amigos de lo ajeno, en caso de que así suceda es conveniente utilizar diversas barreras disuasorias, como setos, mallas y tubos protectores, así como trampas y repelentes (por ejemplo, para ratas, topos y ratones poner dispositivos con cola raticida con atrayente alimenticio, cepos, aparatos ultrasonidos, etc.). Contra pájaros los métodos de repulsión, como amarrar cintas de vídeo, colgar peces en descomposición, lejía en recipientes abiertos colgados, cañones, espantapájaros, aparatos ultrasonidos, etc., son métodos a utilizar mientras dure su eficacia, pues las aves pronto se acostumbran a su presencia.

- Existen diferentes tipos de **trampas** contra artrópodos:

  - **Mosqueros**: utilizados contra la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata)*, plaga a vigilar en el cultivo del tomate si se va a exportar a EEUU. Se colgarán mosqueros, que pueden ser de cristal o botes y botellas de plástico agujereadas en su tercio superior, con cebo en su interior a base de una parte de vinagre o zumos, otra de azúcar y cinco de agua, o bien con piretroides (deltametrina o lambdacihalothrina) a dosis de 50-100 cm^3/hl de agua más un atrayente alimenticio que puede ser proteína hidrolizada, o azúcar o melaza; aunque el cebo más eficaz es el fosfato biamónico cristalino al 2-4% en agua.

  - **Cola entomológica**: se unta en trampas y soportes estratégicamente colocados, en función de para qué se quiera usar.

  - **Trampas cromotrópicas engomadas**: son placas de forma rectangular, o cintas, con un producto adhesivo. Se colocan densamente para captura masiva, especialmente en las zonas de entrada (puertas, pasillos, ventanas y otras con aperturas), y también intercaladas en el cultivo. Son azules para trips y amarillas para dípteros, pulgones alados, moscas blancas y trips. Es buena

estrategia colocarlas cerca del suelo, justo al arrancar el cultivo anterior y antes de poner el nuevo (pillarán sobre todo trips), y luego ir subiéndolas o sustituyéndolas si están muy deterioradas.

- **Lumínicas**: estas trampas capturan fundamentalmente mariposas de lepidópteros nocturnos. Se suelen colocar fuera del invernadero, y si se colocan dentro habrá que tomar medidas para que no puedan entrar las formas adultas desde la calle y que solo capturen las internas.

- **Cebos**: para orugas que se entierran se pueden elaborar cebos con aproximadamente 1 kg de salvado + 10 g de azúcar + 10 cm^3 de insecticida autorizado en AE y agua hasta conseguir un conjunto pastoso; se aplica un puñado al pie de la planta al atardecer para que no se reseque. Contra grillotopos y otros insectos del suelo pueden usarse trampas con criolita natural a razón de 0,5 kg por 1 kg de salvado, aunque antes se debe consultar con el organismo certificador para asegurarse de su autorización. Para atraer «gusano de alambre» se pueden colocar, próximos al pie de las plantas y enterrados, trozos de patata o zanahorias señalándolos con un palo y retirándolos cuando hayan atrapado a los gusanos. Contra babosas y caracoles hay cebos granulados que llevan metaldehido en su formulación, por lo que deben tener incorporado un repelente de animales superiores y ser distribuido fuera de la parcela ecológica, o bien en trampas; los caracoles y babosas también se sienten atraídos por el serrín, la cerveza y la masa de pan aguada (que, por otro lado, tienen menos contraindicaciones que el metaldehido), por lo que podemos fabricar algún modelo de trampa que los capture, y después proceder a su retirada. Contra hormigas se puede probar con una mezcla de miel o azúcar con insecticida autorizado, como cebo en una trampa o empapado, por ejemplo, en un trozo de goma espuma.

- Las **feromonas** son atrayentes sexuales, generalmente destinados a machos, que se utilizan como método de lucha y para monitorización. Los **métodos de lucha se** pueden basar en dos formas de acción:

  a) Conseguir **confusión sexual**, se realiza con una suelta masiva de dispersores con feromonas para confundir a los machos en el momento de la búsqueda para el apareamiento.

b) Efectuar una **captura masiva**: se coloca el suficiente número de trampas con feromona como para que al disminuir los machos disminuya la fertilidad global de la población y la intensidad del ataque al disminuir el número total de individuos. Las **trampas** en las que se colocan las feromonas pueden ser de tipo delta con placa engomada o tipo polilleros con agua o con pastilla de insecticida (deltametrina y lambdacihalothrina).

Actualmente se encuentran feromonas de síntesis para:

- **Lepidópteros**: *Agrotis segetum* (gusano gris), *Heliothis (Helicoverpa) armigera*, *Plusia (Autographa) gamma, Spodoptera exigua* y *Tuta absoluta.*
- **Dípteros**: *Ceratitis capitata* (mosca de la fruta).
- **Trips**: *Frankliniella occidentalis.*

- **Machos estériles**. En cítricos y frutales se realizan sueltas controladas de machos estériles en la lucha contra la mosca de la fruta. El peligro de la plaga disminuye al disminuir el porcentaje de machos fértiles, debido a la confusión y ocupación del territorio.

4. Productos naturales

Los productos naturales utilizados para la sanidad vegetal en la AE son productos orgánicos o minerales que o bien refuerzan la resistencia de las plantas a los parásitos (**fitofortificantes**) o bien los eliminan directamente (**fitosanitarios**). En general son inocuos para los animales superiores y no residuales, pero hay que conocer estas **características** de cada formulado para poder actuar en consecuencia. Salvo otra indicación, los tratamientos se efectuarán evitando los momentos de mayor calor y luminosidad, y estando el producto recién preparado pues se degradan muy fácilmente. Pueden estar formulados para pulverización o para espolvoreo, pero, al aplicarlos, los productos deben de llegar a los órganos vegetales a proteger pues carecen de capacidad sistémica, dicho de otra manera: actúan por contacto, por lo que los órganos vegetales surgidos después del tratamiento y a los que no les hayan alcanzado no estarán protegidos. Muchas veces la estrategia conveniente será localizar los tratamientos en los primeros **focos** de la plaga o

enfermedad, y repetir a los pocos días. Cuando sea necesario realizar varios tratamientos generalizados es conveniente **alternar** productos con principios activos diferentes para evitar la creación de resistencias por parte de los parásitos. Siempre hay que respetar el **plazo de seguridad** indicado en la etiqueta antes de recolectar. Otro aspecto importante es conocer el efecto del producto sobre los **enemigos naturales**. Como algunos productos requieren ser utilizados a un **pH** menor que el que tiene el agua, para bajarlo se puede adicionar al caldo fitosanitario vinagre y otros ácidos autorizados. En las inmediaciones del invernadero habrá un **lugar específico** habilitado para preparar la cuba de tratamientos, lavarla, acumular los envases vacíos, etc.

Excepcionalmente, y para no complicar en exceso la estructura del artículo, en este apartado también incluimos los pocos productos químicos de **síntesis** autorizados en AE, con sus correspondientes limitaciones.

Las formas tradicionales de obtención de los preparados naturales son:

a) **Trituración** de la materia prima.

b) **Extracto de flores**: las flores se humedecen y desmenuzan, y después la pasta se exprime prensándola.

c) **Maceración**: el material vegetal no debe de fermentar, está como máximo 24 horas en agua y después se filtra.

d) **Purín fermentado**: se prepara en recipientes bien tapados, pero removiéndolo todos los días para que entre el aire. Se deja fermentar más de 14 días, hasta cuando deje de echar espuma, momento en que ya se puede utilizar. Un purín fermentado poco tiempo es el que se utiliza a los 4-5 días.

e) **Infusión**: se ponen las hierbas en remojo en agua muy caliente donde se dejan durante 24 horas.

f) **Decocción**: se ponen en agua las hierbas durante 24 horas, y se cuecen a fuego lento durante 20 ó 30 minutos y después se dejan enfriar.

Entre los **preparados naturales** empleados en la AE se encuentran los siguientes, agrupados por su efecto contra enfermedades o contra plagas, y con algunas recomendaciones orientativas para su obtención si se opta por la preparación casera.

4.1. Contra enfermedades

- **Cola de caballo**: es un producto rico en sílice, en una saponina tóxica para los hongos –la equisetonina–, en flavonoides y alcaloides (como la nicotina, que hace que tenga también algún efecto insecticida). Se puede obtener por decocción de 1 Kg de cola de caballo fresca picada, o 150 g en polvo en 10 L de agua. Mezclada con algún adherente se mejora su eficacia. Diluido en agua al 1:5 es recomendable contra mildiu, bacterias, royas, etc.

- Un extracto de **pulpa y semillas cítricas** ya formulado, rico en ácidos orgánicos (principalmente ascórbico), induce la síntesis de fitoalexinas mejorando la defensa natural de las plantas frente a bacterias, hongos y algas.

- Varias propuestas para el manejo con **ajo y cebolla**, que se usan como antibiótico, fungiestático y bacteriostático por el poder del polisulfuro de alilo, y como insecticida y repelente gracias a la aliína, que se transforma en alicina. Una infusión de 700 g de cabezas o de bulbos cortados en 10 L de agua que se puede utilizar sin diluir a razón de 3 tratamientos a intervalos de 3 días; o bien un purín de 10 kg de cebollas o 1 kg de ajos en 100 L de agua, utilizando una disolución del 10% en pulverización clásica.

- La infusión de 50 g de **manzanilla** en 10 L de agua protege contra hongos en general, y el mildiu del melón en especial.

- **Azufre**. Es preventivo y algo curativo contra oidios. Puede resultar fitotóxico a más de 28 ºC. No mezclar con aceites ni aplicar después de ellos. Se puede usar en pulverización como polvo mojable, en espolvoreo y por sublimación. El espolvoreo es conveniente realizarlo durante las horas de mayor humedad para facilitar su adherencia, y tener en cuenta que puede perjudicar a la fauna auxiliar contra las plagas.

- **Permanganato potásico**. Contra oidios y bacterias, y también tiene efecto alguicida. Se aplica en pulverización o pincelando sobre los focos, sin mezclar con otros productos y separado más de 21 días de un tratamiento con aceite. Aunque en España este producto está registrado para su uso en hortalizas, el Reglamento (CE) 889/2008 solo lo autoriza para árboles frutales, olivos y vid.

- **Productos cúpricos**. Como tratamiento preventivo contra mildius, *Botrytis*, bacterias, etc. Formulados a base de hidróxido de cobre, oxicloruro de cobre, sulfato de cobre tribásico y oxido cuproso; se realizan en pulverización, espolvoreo o con

brocha si es para untar pasta. No mezclar con aceites. Hay que evitar la acumulación de cobre en el suelo por su poder biocida y de bloqueo de otros elementos minerales (no se permiten más de 6 kg de cobre por hectárea y año).

- **Polvo de rocas silíceas** (arenas de cuarzo). El dióxido de silicio actúa como secante, por tanto se utiliza en la lucha contra hongos y bacterias.
- **Preparados homeopáticos e isopáticos**. Obtenidos por trituración o incineración de las plantas enfermas o de los mismos parásitos que provocan la enfermedad y su posterior dilución, porque diluidos a dosis infinitesimales inducen a la planta a una reacción de resistencia a la adversidad.
- **Productos lácteos.** La leche desnatada diluida entre el 10 y el 50% se utiliza como desinfectante de manos y de utensilios de poda e injerto, pues sus proteínas inhiben los virus transmisibles por contacto (Van der Berkmortel, 1977). Una enzima láctea, la lactoperoxidasa, tiene capacidad antioidio.
- **Propóleo** de colmenas. Tiene acción antibiótica general, debido a su rica composición a base de resinas, ceras, flavonoides, ácidos orgánicos, minerales y vitaminas, y se presentan en solución acuosa, hidroalcohólica y alcohólica.

4.2. Contra plagas

- **Pelitre** (procedente de *Chrysanthemun/Tanacetum cinerariaefolium*). El piretro es el extracto de oleorresina de las flores secas del crisantemo y sus principios activos, las piretrinas, tienen efecto sobre pulgones, moscas y sobre un amplio espectro de plagas. Actúan por contacto, de forma que al ser lipofílicos penetran con rapidez en los insectos y afectan a su sistema nervioso. Se puede preparar una infusión de 1-2 kg de flores de pelitre en 100 L de agua. Se formula en líquido y en polvo, y suele contener el sinergizante Butóxido de piperonilo, coformulante inhibidor de la degradación enzimática de las piretrinas (en este caso consultar antes de usarlo con el organismo certificador).
- **Cuasia** (de *Quassia amara*). Contra insectos en general, como insecticida y repelente. Rica en sustancias activas denominadas quassinoides, que no eliminan los insectos pero detienen su desarrollo y provocan rechazo. Se ponen en remojo 2-4 kg de viruta de cuasia en 90 L de agua durante 24 horas, se saca la viruta y se hierve en 10 L de agua que se le añaden después a los 90 L.

- **Rotenona** (puede proceder de raíces de *Derris sp.,*de *Lonchocarpus sp.*o de *Terphorosia sp*.). Contra pulgones, trips, ácaros y amplio espectro. Actúa por contacto e ingestión sobre el sistema nervioso e interfiriendo la respiración mitocondrial de los insectos. Es muy tóxico para peces. Se puede hacer una decocción de 1,5-2 kg de raíces molidas en 20 L de agua. Si se va a usar un producto que lleve como sinergizante Butóxido de piperonilo consultar con el organismo certificador antes de tratar.

- **Neem** (*Azadirachta indica*). Es de amplio espectro. Actúa por contacto e ingestión en función de los diferentes principios activos que contiene. La nimbina y la salanita causan efecto repelente y antialimentario en numerosos insectos y ácaros, la azadirachtina afecta a la fisiología de los insectos, principalmente las larvas, inhibiendo el crecimiento y alterando la metamorfosis al interferir con la hormona mudadora ecdisona, sobre las hembras actúa reduciendo su fecundidad y causa la esterilidad de los huevos. También tiene un cierto efecto sistémico ascendente y descendente en la planta. No se han descrito resistencias adquiridas. Se puede conseguir ya formulado, o bien preparar una maceración de 0,5 kg de semillas molidas en 20 L de agua.

- **Spinosad**. Se obtiene por fermentación de la bacteria actinomiceto *Saccharoployspora spinosa*. Está compuesto por una mezcla de spinosinas (A y D). Tiene efectos neurotóxicos contra trips y orugas. Ojo si se sueltan parasitoides himenópteros pues puede perjudicarles.

- **Polvo de rocas silíceas** (arenas de cuarzo). Actúa por deshidratación contra insectos chupadores y desfoliadores, y contra arañas, y como repelente de caracoles e insectos cuando se espolvorea al pie de las plantas.

- **Ortiga**. Se prepara un purín completo con 1 kg de ortiga fresca, o 250 g en polvo de ortiga seca, en 5 L de agua que finalmente se diluye al 1:10 para ser utilizado contra pulgones. Una maceración de ortigas sin diluir se utiliza para fortalecer la planta indirectamente contra pulgones.

- **Tabaco**. Las soluciones acuosas del alcaloide nicotina se utilizan como insecticida y acaricida. Se pueden obtener dejando reposar durante un día 1,5 kg de vena de tabaco en 20 L de agua. El jabón potásico como mojante mejora su adherencia. Actúa, sobre todo, por inhalación, pero también por ingestión y contacto pues es muy volátil y penetra el tegumento de los insectos. El aplicador

debe de extremar las medidas de seguridad. Los formulados comerciales a base de sulfato de nicotina no están autorizado en AE.

- **Ajo o cebolla**: ver en el apartado «Contra enfermedades». Contra araña roja, orugas y pulgones, y como repelente de gasterópodos.

- Repelentes generales de insectos se pueden preparar con **ruda, tanaceto, ajenjo o abrótano macho** mediante infusiones de 0,5-1 kg de hierba seca por 100 L de agua, y con **eucalipto** en maceración de 750 g de hojas picadas en 20 L de agua. En este punto se me ocurre proponer un gran acuerdo de todo el sector, en el que la tendencia actual a investigar sobre la acción biocida de los productos naturales, siguiendo las pautas marcadas por los productos de síntesis, se cambie, y se inicien líneas de investigación sobre el efecto **repelente** de algunas de estas sustancias de origen natural.

- **Azufre**. Preventivamente como repelente general, y como acaricida contra araña roja, araña blanca y eriófidos. Resulta fitotóxico a más de 28 ºC. No mezclar con aceites, ni aplicar después de haber tratado con ellos. Se puede usar en pulverización como polvo mojable, en espolvoreo y por sublimación. El espolvoreo realizarlo durante las horas de mayor humedad para facilitar su adherencia, y tener en cuenta que puede perjudicar a la fauna auxiliar contra las plagas.

- **Jabón blando o de potasa**. Tiene acción de contacto al reblandecer las membranas del exoesqueleto se producen alteraciones de la fisiología celular; también produce asfixia. Se usa contra insectos de caparazón blando y ácaros, es eficaz también para limpiar melazas y eliminar el hongo de la negrilla que se haya podido producir. Se encuentran en el mercado ya formulados a partir de ácidos grasos de aceites vegetales y sales potásicas. Una fórmula artesana: preparar 5 kg de ceniza cernida y 0,5 kg de jabón en 10 L de agua al fuego durante 20 minutos; para su uso, se disuelve 1 L de ese caldo en 20 L de agua.

- **Trifosfato de hierro** en aplicación al suelo entre las plantas cultivadas, contra caracoles y babosas.

- **Gelatina**. Se disuelven 9 g de gelatina en polvo por cada 1,5 L de agua templada y se pulveriza sobre pulgones y ácaros.

- **Vinagre.** Remedio casero que lo suelen usar los agricultores en pulverización contra pulgón, disolviéndolo entre un 10 y un 20% en agua.

- **Exoesqueletos de crustáceos**. En realidad es un aporte orgánico al suelo, pero con efecto colateral contra nematodos (gracias a la quitina).
- **Aceite parafínico** de rango estrecho. Contra trips, minadores, pulgones, moscas blancas y ácaros; actúa por asfixia y disgregación de la quitina del escudo protector. Aplicar en alto volumen y con alta presión, agitando el caldo constantemente. Si antes se ha realizado un tratamiento con azufre no tratar con aceite parafínico hasta pasados 30 días.
- **Aceites vegetales**. Aceites de tomillo, linaza, soja, menta, pino, alcaravea, neem, albahaca, etc. Se usan como mojantes, repelentes y como biocidas de un amplio espectro de plagas.

5. Lucha biológica

Uno de los principios básicos de la AE es que deben protegerse y fomentarse los enemigos naturales de las plagas, esto es, implantar la **lucha biológica**. Con ella se aprovecha la presencia natural, prioritariamente, o introducida de enemigos biológicos para combatir las plagas. Hay muchas formas de introducir los enemigos naturales, también conocidos como auxiliares: a través de cajas, sobres, cartones, y hasta colocando en nuestro invernadero órganos vegetales de lugares en que se ha detectado su presencia (guardando precaución de no introducir también una plaga o enfermedad que no teníamos). Debemos de trabajar en la dirección de conseguir la aclimatación de los auxiliares exóticos o, al menos, su permanencia mientras dure el cultivo, por ejemplo, con el manejo de plantas reservorio, o si hay que usar productos químicos que sean inocuos para fauna auxiliar pues, ante un tratamiento, los enemigos naturales se suelen morir más fácilmente que las plagas ya que se contaminan más con los plaguicidas por tener mayor movilidad y mayor superficie de exposición, por ser de pequeña talla y por tener sistemas enzimáticos menos potentes. Otra característica destacable de los organismos de control biológico es que son totalmente inofensivos para el agricultor y para el consumidor. Los enemigos de los fitoparásitos se distinguen, por su forma de actuar, en depredadores y parásitos. Los **depredadores** suelen ser animales superiores, ácaros o insectos que actúan devorando a sus presas; y los **parásitos** son insectos, nematodos, hongos, bacterias o virus que actúan a nivel interno de las plagas, los insectos (parasitoides) alimentándose de ellas y el resto (patógenos) enfermándoles y provocándoles la muerte. Los formulados a base de hongos, bacterias y virus se deben de aplicar al atardecer, con mojante y sin mezclar con fungicidas cúpricos.

A continuación se describen los principales agentes de la lucha biológica y microbiológica (hongos, bacterias y virus) que se utilizan.

5.1. Animales superiores

- Como en AE son de primordial importancia las relaciones interespecíficas y el mantenimiento de un ecosistema vivo, habrá que proteger a todos los individuos que puedan ayudar a mantener las plagas a niveles soportables. Entre la aves insectívoras destacan el tordo, la bubilla, el mirlo, etc., como aves diurnas; la golondrina y el vencejo como crepusculares; y el mochuelo, devorador de insectos mayores y roedores, como nocturna. Otros animales superiores de interés como el murciélago, el erizo, el sapo y la culebra están protegidas por Ley, por lo que cualquier acción que atente contra su vida podrá ser denunciada ante el SEPRONA y la Delegación de Medio Ambiente.

5.2. Depredadores

- ***Amblyseius (Neoseiulus) californicus***, ácaro fitoseido no exótico que actúa sobre todos los estados de araña roja. Aparece con frecuencia de forma natural. Los adultos tienen un tamaño medio de 0,3-0,5 mm y apariencia de pequeña araña, con forma de pera y color anaranjado-rojizo, sus patas son largas y la superficie del dorso es reticulada. La velocidad de su desarrollo biológico es superior a la de su presa, aunque su fecundidad es inferior. Suele encontrarse especialmente sobre el envés de las hojas. Depreda mediante unos pequeños estiletes con los que absorben el contenido fluido del cuerpo de sus presas. Tolera oscilaciones bruscas de temperatura y humedad relativa, soportando humedad relativa del 30-40%, y temperatura por encima de 32 ºC.

- ***Amblyseius cucumeris***, ácaro fitoseido no exótico que se alimenta principalmente de huevos eclosionados y de larvas de primer estadio de trips. Puede aparecer espontáneamente junto a colonias de trips. Los adultos tienen el cuerpo alargado, casi piriforme, y con dos depresiones laterales en la parte central. Su

tamaño es de 0,3-0,5 mm. Son casi transparentes y con largas patas que le permiten moverse con rapidez. Condiciones óptimas para su desarrollo: temperatura entorno a 18-20 ºC, y humedad relativa por encima del 50%. Temperaturas elevadas y humedad relativa baja limitan su actividad.

- ***Amblyseius swirski***, ácaro fitoseido no exótico, muy similar a *A. cucumeris,* de reciente introducción. Es muy eficaz contra trips y mosca blanca; es capaz de subsistir una cierta población residual aun en ausencia de presa.

- ***Aphidoletes aphidimyza****,* díptero no exótico depredador de pulgones. La larva llega a medir unos 2,8 mm, es alargada y de color naranja transparente con dos franjas blanquecinas en los laterales de su cuerpo. La temperatura y humedad relativa óptima para el desarrollo de *Aphidoletes* es de 23 ºC y 80-90%, respectivamente. Cuando la larva depredadora encuentra el pulgón le inyecta una saliva tóxica que lo inmoviliza, aspirando después el contenido licuado de la presa. Tiene capacidad de perpetuarse en los cultivos de ciclo largo.

- ***Coccinella septempunctata*** y ***Adalia bipunctata***, son las mariquitas de siete y dos puntos respectivamente, no exóticas, depredadoras, tanto las larvas como las adultas, de numerosas especies de pulgones en todos sus estadios de desarrollo.

- ***Coenosia attenuata****,* llamada mosca tigre, es autóctona y supone un gran apoyo en la lucha contra mosca blanca, captura los adultos incluso al vuelo.

- ***Cryptolaemus montrouzieri*** es el enemigo natural más utilizado contra la cochinilla algodonosa. Es una especie exótica. Tanto las formas adultas, que son parecidas a las mariquitas, como las larvas, que están cubiertas de proyecciones cerosas que les hacen parecidas a su presa, son depredadoras de todos los estadios de cochinilla. La humedad relativa óptima está entre 70-80%, y el comportamiento de búsqueda cesa a más de 33 ºC y menos de 16 ºC.

- ***Crhysoperla carnea****.* Las crisopas son depredadoras generales (o poco específicas). *C. carnea* es no exótica y una voraz depredadora de numerosas especies de pulgones. Los huevos, aislados o en pequeños grupos, se encuentran en el extremo de un largo filamento que se fija sobre la superficie de los vegetales. Las larvas, de unos 8 mm, poseen pelos en el dorso del cuerpo, un par de bandas

oscuras longitudinales, junto a diversas rayas transversales paralelas. Las crisopas adultas son de color verde pálido, con dos pares de alas membranosas largas de color verde transparente y nerviación abundante. Su actividad depredadora se mantiene con rango de temperaturas entre 12 y 35 ºC, y en el intervalo de 60-90% de humedad relativa.

- ***Feltiella acarisuga****.* Las larvas de este díptero no exótico son depredadoras de todos los estados de araña roja. Son de color amarillo anaranjado y de unos 1,7-1,9 mm de longitud. La pupa se forma dentro de un capullo blanquecino en el envés de la hoja fijada a un nervio. El adulto de color rosado-marrón y patas largas, puede detectar en vuelo los focos de araña roja y colocar allí las puestas. Su desarrollo óptimo está con temperaturas entre 15-25 ºC y humedad relativa entre 60-90%.

- ***Macrolophus caliginosus****,* es una chinche mírida no exótica cuyas formas adulta y de ninfa depredan todos los estados de mosca blanda, tanto de *Bemisia tabaci* como de *Trialeurodes vaporariorum*, aunque también se pueden alimentar de larvas y adultos de trips, ácaros, pulgones y huevos de lepidópteros. Los huevos son incrustados por la hembra en el tejido vegetal. Las ninfas son de color verde-amarillento y sus ojos rojos. Las adultas tienen el cuerpo de color amarillo-verdoso, con manchas o trozos oscuros en la cabeza, las antenas, el dorso y el extremo de las patas.

- ***Nabis pseudoferus ibericus***, chinche autóctona que sólo se alimenta de insectos. Es eficaz contra pulgones, moscas blancas y lepidópteros.

- ***Nesidiocoris tenuis***, chinche mírida polífaga, es similar a *Macrolophus*, no es exótica, Es eficaz contra trips, mosca blanca, araña roja y pulgones pequeños. Una elevada población de *Nesidiocoris,* coincidiendo con una escasa presencia de presas e inviernos largos puede, a su vez, producir daños sobre los cultivos.

- ***Orius laevigatus****,* también llamada «chinche de la flor». No exótica, presenta gran movilidad y en estado adulto puede volar. Tanto las formas adultas como las larvas y ninfas actúan, a su vez, sobre larvas y adultos de trips. En ausencia de presa pueden consumir polen. Las larvas y ninfas son amarillentas con los ojos rojos visibles. Las adultas miden 1,4-2,4 mm, tienen el cuerpo color marrón, con

un pico largo y son móviles. Sus condiciones óptimas vitales están entre 20 y 30 ºC de temperatura, longitud del día mínima de 10-11 horas, y la humedad relativa por encima de 50%.

- ***Phythoseiulus persimilis**,* es no exótico, aparece de forma espontánea y es depredador exclusivo de arañas del género *Tetranychus*, a las que devora en todos sus estadios. El adulto es de un tamaño un poco mayor que la araña y de gran movilidad, con forma de pera, color rojo brillante y largas patas. Es más efectivo con temperaturas entre 15 y 25 ºC y humedad relativa entre 60 y 90% (muestra escasa tolerancia a temperaturas elevadas y humedad relativa baja).

5.3. Parasitoides

- ***Aphidius colemani*** es una avispilla no exótica parásita de pulgones. La adulta es de color oscuro, delgada, con largas antenas y una venación alar notable. Es más efectiva con temperaturas entre 20-30 ºC. La hembra puede detectar a larga distancia una colonia de pulgones, cuando se acerca los palpa con sus antenas, y pone un huevo en su interior, el huevo eclosiona y la larva que emerge se alimenta dentro del hospedante, el cual va tomando un color dorado («momia»). Por un orificio redondo sale la nueva adulta del pulgón parasitado. Otros himenópteros parasitan a su vez a las larvas de *Aphidius* (hiperparasitismo), produciendo en este caso un orificio de salida con su borde dentado.

- ***Diglyphus isaea**,* este ectoparásito es el principal enemigo de las larvas de minador. No es exótico. Cuando una avispilla encuentra una larva de minador la paraliza por lo que esta deja de alimentarse, luego realiza una puesta junto a ella en el interior de la galería, de forma que la larva de *D. isaea* nada más nacer se alimenta de la de minador, consumiéndola totalmente, observándose los excrementos de color negro a través de la hoja. La avispa emerge al exterior perforando la galería por la epidermis superior de la hoja. También se ha citado la acción depredadora de la hembra adulta, que «pica» las larvas de minador absorbiendo sus jugos. La adulta tiene las antenas cortas y articuladas, color oscuro con reflejos metálicos y mide alrededor de 1,5 mm. Los umbrales de desarrollo están entre 6 y 25 ºC y la baja luminosidad afecta negativamente al parásito.

- ***Encarsia formosa***, es una avispa exótica parásita de moscas blancas de los invernaderos. Cuando la pupa de *Trialeurodes* es parasitada se ennegrece; cuando lo es la pupa de *Bemisia* toma una coloración marrón transparente. La salida de la adulto produce un orificio redondo limpio. La adulta mide unos 0,6 mm y es de color negro. Su temperatura ideal es 24 ºC (entre 15 y 30 ºC), requiere luminosidad media y humedad relativa entre 50 y 80%.

- ***Eretmocerus mundus***, no es exótico y es enemigo natural de las larvas de la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Es la larva de primer estadio del parasitoide la que se introduce en el interior de la larva de mosca blanca. Por transparencia se puede ver la larva de *Eretmocerus* ya desarrollada de color amarillo-dorado, y más adelante los ojos oscuros y los rudimentos alares del adulto. Al salir el adulto, la larva parasitada presenta un orificio circular, mientras que las mudas normales de la mosca originan un orificio en forma de T. Una pequeña cantidad de larvas de *Bemisia* mueren por picaduras alimenticias de adultas de *Eretmocerus*, que es una avispa de 1 mm de longitud, de color amarillo-marrón, con tres típicos puntos rojos en forma triangular sobre la cabeza, y ojos de color verde oscuro.

- ***Trichogramma evanescens***, avispilla exótica que parasita huevos de lepidópteros.

5.4. Preparados con nematodos

- ***Steinernema feltiae***, contra larvas de moscas del suelo (*Sciaridae*) y otros insectos que pasan parte de su ciclo en el suelo (trips, etc.), y contra nematodos. Se aplica el producto al suelo con alta humedad para que se active rápidamente y penetre en las larvas por sus orificios naturales. Una vez que el nematodo llega al intestino lo perfora y libera una bacteria tóxica que mata a la larva. *Steinernema* termina reproduciéndose en el interior de los enemigos parasitados.

- ***Heterorhabditis bacteriόphora***, nematodo entomopatógeno. Se formula con un polímero natural de la quitina de moluscos (llamado quitosano). Contra mosca blanca, trips, gusanos e insectos del suelo.

5.5. Preparados fúngicos

Se pueden realizar preparados caseros con sencillas técnicas de laboratorio, o bien utilizar productos comerciales a base de:

- ***Ampelomyces quisqualis****,* supresor del desarrollo de oidio, que puede tener acción curativa.

- ***Arthrobotrys botryspora*** y ***Paecilimyces lilacimus****,* contra nematodos.

- ***Beauveria bassiana****,* para mosca blanca. Al aplicar el producto las esporas del hongo entran en contacto con mosca blanca y germinan sobre ella, el hongo degrada la cutícula empleando enzimas, e invade el cuerpo del insecto que morirá a los 7-10 días. No es necesaria una elevada humedad relativa.

- ***Lecanicillium muscarium***, antes ***Verticillium lecanii****,* en el control de mosca blanca y pulgón. Necesita usarse a alta humedad para ser efectivo porque se pulverizan esporas que se han de desarrollar, pues son las hifas las que parasitan el cuerpo del insecto y lo destruyen en unos 7-8 días.

- Gen*.* ***Trichoderma****,* contra hongos del suelo y otros, resultando ser también un buen estimulador del crecimiento radicular.

5.6. Preparados bacterianos

De bacterias no modificadas genéticamente.

El más utilizado es ***Bacillus thuringiensis****,* cuya materia activa está compuesta por esporas de la bacteria y un cristal proteico (endotoxina), siendo el cristal el principio activo principal; es eficaz contra orugas jóvenes de lepidópteros y algo sobre larvas de minador en hortícolas (var. a*izawai* y var. *kurstaki*), y escarabajo de la patata (la var. *tenebrionis*); actúa por ingestión, paralizando el intestino, dejando las orugas de alimentarse.

Los preparados de ***Streptomyces griseoviridis*** se usan contra hongos del suelo, y otros hongos transmitidos por semillas.

Otros: también hay otros preparados bacterianos formulados con estimulantes para control de algas, hongos del suelo, oidio, mildiu, botrytis.

5.7. Preparados virales

Para uso en agricultura tienen interés los de la familia ***Baculovirus****:* el virus de la poliedrosis nuclear y el virus de la granulosis, contra orugas jóvenes de lepidópteros. Actúan por ingestión, las larvas dejan de alimentarse y mueren. Se utilizan productos comerciales, o se preparan cogiendo larvas infectadas, se maceran en agua limpia en recipiente estéril y se aplican o se guardan en un recipiente herméticamente sellado, conservándose congelados o en sitio fresco y oscuro. Contra bacterias se pueden preparar también cultivos de virus bacteriófagos de la rizosfera, aunque con métodos de laboratorio algo más sofisticados que requieren de una preparación específica.

6. Control de plantas adventicias

Las malas hierbas no son en sentido estricto unas enemigas del cultivo, es más, bien manejadas son unas interesantes aliadas, pues son un sumidero de CO_2 al retener el carbono en su estructura por la fotosíntesis, anticipan la presencia de enemigos auxiliares contra las plagas y, segadas en superficie, aportan humus al suelo al descomponerse. Cuando su presencia no es deseada, lo mejor es actuar **preventivamente**, por ejemplo, evitando el estiércol mal compostado y que lleve semillas.

- Los **acolchados** con restos vegetales no contaminados, como paja, planchas de fibra de coco, de yute, etc., con plásticos de polietileno, aun con el inconveniente de no dejar respirar el suelo, o con agrotextiles como la malla de polipropileno, o de arena, o cartón, etc., también son una posibilidad en la lucha contra las malas hierbas, pero que no se pueden improvisar sino que habrá que programar con antelación.

- **Labores mecánicas** como siegas o con azadas, o labores con tractor provisto de diferentes aperos como fresadora, cultivador y cepillos rotatorios, o con desbrozadora o segadora, se elegirán en función de la estrategia general de manejo del invernadero.

- También se pueden realizar **tratamientos térmicos** mediante solarización durante el verano, o bien con quemadores de butano o de propano.

- Otra técnica empleada es el **manejo del suelo** mediante las denominadas falsas siembras. Se prepara la tierra como si se fuese a sembrar, pero sin llegar a hacerlo, para inducir la aparición de las primeras hierbas, que después destruiremos para que no compitan con las primeras fases del cultivo; esta técnica puede conllevar variar la fecha de siembra habitual.

- En algunos sistemas de cultivo ecológico se introduce el **ganado** para que se alimente de las hierbas, a la vez dejan una pequeña estercoladura, pero también una inevitable resiembra de malas hierbas.

- Se está empezando a trabajar sobre **herbicidas naturales**, que serían formulados a base de preparados fúngicos y bacterianos y de sustancias alelopáticas inhibitorias. La alelopatía tiene su origen en los compuestos químicos liberados por plantas y que afectan a otras. Los mecanismos de liberación de agentes alelopáticos son: por volatización, lixiviación, exudación y descomposición de residuos vegetales. Se toman como base, por ejemplo, los efectos de decaimiento tan conocidos como los producidos por una disolución de extractos de nogal sobre tomatera, los extractos de eucalipto sobre gran cantidad de plantas, la presencia de *Amarantus* y *Chenopodium* sobre judía, de calabaza sobre varias arvenses, etc.

En AE no está permitido el uso de **herbicidas químicos de síntesis**.

7. Actuaciones puntuales

Aunque aún les queda mucho trabajo por desarrollar a los científicos y experimentadores de la AE, nos atrevemos a proponer como estrategia fitosanitaria general la lucha biológica en la lucha contra las plagas, el manejo de la humedad relativa y la temperatura contra hongos y bacterias, y el uso de variedades resistentes a virosis. Y sólo en caso de necesidad se utilizarán los productos del Anexo II. Plaguicidas y productos fitosanitarios del Reglamento (CE) 889/2008, lo que con seguridad nos obligará a reprogramar las sueltas de insectos auxiliares, pues estos productos no suelen ser totalmente inocuos para ellos.

A continuación se detallan algunas de las **actuaciones puntuales** a realizar en función de los fitoparásitos y accidentes más previsibles en nuestras condiciones, en el caso de que supongan un peligro real para nuestro cultivo. Se han agrupado estas acciones según se realicen antes del cultivo, en el momento de la plantación o con el cultivo ya implantado, y en cada caso se hace una breve descripción de los daños ocasionados por los distintos patógenos y se dan unas pautas aproximadas de actuación.

7.1. Antes del cultivo

- Si se puede prever la presencia de **hongos del suelo**, *Pythium sp., Phytophthora sp.* y *Rhizoctonia sp*., causantes de enfermedades de cuello y raíz, o enfermedades vasculares originadas por *Fusarium sp.* o por *Verticillium sp.*, que provocan una marchitez en verde de parte o toda la planta; o de **nematodos** microscópicos (*Meloidogyne sp.*) que una vez introducidos en las raíces les produce unos engrosamientos o «batatillas» que no dejan desarrollar la planta; y contra **hierbas adventicias** y **algunas bacterias,** en cualquiera de estos casos, si hay precedentes de sus ataques, hay que realizar una solarización de forma preventiva durante el verano.

- Arrancar las **hierbas** y azufrar la estructura de palos para limpiar posibles **reservorios de plagas**.

- Si hay afloraciones **salinas** en el suelo dar un lavado.

7.2. En la plantación

- Si se detectan hongos del suelo causantes de **enfermedades de cuello y raíz** (géneros *Pythium* sp*., Rhizoctonia* sp*., Phytophthora* sp.), que ocasionan marchitez en verde en el transplante, se deberían de mantener cubiertas la balsa y las canalizaciones como medida preventiva; y si es necesario, proceder a una pulverización sobre el cepellón, o bien, si es posible, a una inmersión o un riego de las plántulas con una solución cúprica y, en último caso, teniendo en cuenta que es

perjudicial la acumulación de cobre en el suelo, se procedería a un «cacharreo» sobre la planta ya transplantada. Y el verano siguiente se solarizaría. Otra opción es la introducción de *Trichoderma* como hongo antagónico.

7.3. Con el cultivo implantado

- **Pulgones**. *Myzus persicae,* de color verde, y *Aphis gossypii*, de color oscuro, transmiten virosis, deforman y secan los órganos tiernos, y producen melaza aceitosa sobre la que se instala el hongo de la negrilla. Esta plaga es especialmente peligrosa en cucurbitáceas. Los tratamientos pueden ser con rotenona, jabón potásico o aceite parafínico. La lucha biológica con *Aphidius sp.,*colocando primero un *banker* y, si es necesario, hacer sueltas después.

- **Orugas**. *Spodoptera* littoralis, la oruga es de color marrón y tiene poca incidencia como plaga, sí la tiene *Spodoptera exigua*, cuya oruga, que es de color verde, roe las hojas respetando al principio la epidermis, también la piel de los frutos de sandía y los cogollos terminales de pimiento llegando a cegarlos, y después devoran hojas completas. *Helicoverpa (Heliothis) armigera* se alimenta de hojas y penetra en los frutos. *Plusia (Autographa) gamma* o «camello» se alimenta, principalmente, de hojas. La polilla del tomate (*Tuta absoluta*) ataca tanto al fruto, en el que penetra, como las hojas, en las que hace galerías desde las que come el mesófilo respetando la epidermis, y los tallos, a los que perfora. Se indican los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* o con un baculovirus o spinosad en los primeros estadios larvarios. Se está trabajando con la introducción de *Nabis* y con *Trichogramma,* con buenas expectativas a corto plazo.

- **Moscas blancas**. *Bemisia tabaci*, la adulta tiene las alas pegadas al cuerpo en forma de teja, transmite el virus de la cuchara en tomate y del amarilleo en cucurbitáceas y judía; *rialeurodes vaporariorum*, la adulta presenta las alas paralelas al cuerpo en forma de «delta», transmite el virus del amarilleo en melón. Tanto las adultas como las larvas y la melaza que originan se encuentran en el envés de las hojas que llega a llenarse del hongo «negrilla», incluso a amarillear y secarse. Como método preventivo se colocan placas amarillas de forma masiva. En los tratamientos se puede utilizar: pelitre, jabón potásico o aceite parafínico. La lucha biológica será mediante *Eretmocerus mundus, Amblyseius swirski,* y preparados a base del hongo *Beauveria bassiana.*

- **Trips**. *Frankliniella occidentalis* transmite el virus del bronceado en tomate y pimiento y, además, provoca en hojas y frutos daños plateados que luego se necrosan. Como método preventivo se colocan numerosas placas azules. De ser necesario tratar se hará con: azadirachtina, spinosad o aceite parafínico; la adición de azúcar como sinergizante mejora la eficacia del tratamiento. La lucha biológica se hace con *Orius laevigatus* (poco eficaz en tomate), *Amblyseius cucumeris, Amblyseius swirski* y *Nesidiocoris* principalmente.

- **Minador de las hojas**. *Liriomyza trifolii.* La presencia de adultas produce leves daños en el haz de las hojas por punteado blanquecino causado por heridas de alimentación y puestas, o intentos de puestas. Las galerías en hojas son producidas por las larvas al alimentarse. Se Colocan de placas amarillas para la captura de adultas. Se pueden dar tratamientos con aceite parafínico, rotenona, pelitre o azadirachtina; o realizar lucha biológica con *Diglyphus isaea*.

- **Araña roja**. *Tetranychus urticae.* Se detecta por la presencia de ácaros rojos con dos manchas oscuras laterales, y el síntoma, en todos los órganos vegetales, es decoloración y amarilleo, en ataques más intensos se observa tela de araña. Para su control se efectuarán, preferentemente, tratamientos tempranos a los focos con azufre mojable, o en espolvoreo, pero teniendo en cuenta que puede perjudicar a los auxiliares, o bien con aceite parafínico. Lucha biológica con *Phythoseiulus persimilis, Feltiella acarisuga o Amblyseius californicus.*

- **Araña blanca**. *Polyphagotarsonemus latus*. Ácaro tarsonémido microscópico que produce deformaciones, rizado de nervios y, a veces, defoliación, principalmente en pimiento. Para su control tratar precozmente los focos con azufre o aceite de parafina. Suelta de *Amblyseius californicus* o *Amblyseius swirski,* para su control biológico.

- **Vasates**. *Aculops lycopersici*. Es un ácaro eriófido que succiona la savia y produce bronceado o herrumbre en tallo y hojas desde la parte basal en dirección ascendente. Las hojas terminan desecándose. Este proceso se acelera en condiciones de elevada temperatura y baja humedad. Evitar su dispersión con las operaciones culturales y herramientas. Tratar los focos con azufre desde los primeros síntomas.

- Cuando la presencia de **hormigas** la consideramos perjudicial para las plantas, macetas o colmenas, se pueden intentar varias estrategias: tratar con rotenona al hormiguero, colocar trampas con cola entomológica o grasa al paso de las hormigas, espolvorear repelentes a base de sílice o azufre, poner cebos con insecticida autorizado en AE y miel o azúcar o granos triturados que las hormigas transportarán al hormiguero alimentándose de ellos, o realizar pulverizaciones de ajenjo o tanaceto como repelentes.

- Al dejar de usar fitosanitarios de síntesis conviene saber –para poder prevenir– que algunos insectos que ya no se consideraban **plagas** vuelven a resurgir, como la «paulina» (*Nezara viridula*), el grillotopo (*Gryllotalpa gryllotalpa*), la cochinilla algodonosa (*Planococcus citri)*, el gusano de alambre *(Agriotes sp.)*, la chinche roja o San Antón *(Oxycaremus lavaterae)*, el escarabajo *Gonocephalum rusticum*, etc. En general serán medidas preventivas las que disminuirán la presencia de estas plagas.

- **Oidio** de las solanáceas *(Leveillula taurica)* y de las cucurbitáceas *(Podosphera fusca).* Las condiciones óptimas para su desarrollo son: HR 70%, 10 ºC<Tª<35 ºC. Al principio aparecen fieltros blanquecinos en haz o envés de las hojas, o bien manchas amarillentas en el haz de solanáceas, que evolucionan a manchas necróticas. Medidas preventivas: usar variedades resistentes y quitar las hojas basales con presencia del patógeno para disminuir cantidad de inóculo. Se tratará desde el principio del ataque con azufre. Experimentalmente se está probando la lucha con preparados de algas y de hongos, con formulados con enzimas que aumentan el mecanismo de resistencia de las plantas, etc., todo ello aún sin datos concluyentes en cuanto a efectividad y seguridad.

- **Mildiu de solanaceas** *(Phytophthora infestans)*. En hojas, al principio, se ven manchas aceitosas que después necrosan, en los ápices de los foliolos aparecen unas formas romboides desde el nervio central, o manchas necróticas en tallo o en pedúnculo de los frutos.

- **Mildiu de cucurbitáceas** *(Pseudoperonospora cubensis)*, las manchas aceitosas pronto se vuelven poligonales respetando las nerviaduras, necrosándose en el haz y apreciándose un fieltro grisáceo en el envés. Las condiciones óptimas son: HR 90%, y Tª entre 10 y 25 ºC. Para su control es necesario mejorar la ventilación

en el invernadero. Los tratamientos contra ambos mildius serán con productos cúpricos o polvo de sílice. Los preparados con enzimas todavía se encuentran en fase de desarrollo.

- **Podredumbre gris.** *Botrytis cinerea* necesita de unas condiciones óptimas de desarrollo de 95% de HR, y Tª entre 17 y 23 ºC. En zonas de heridas (por destallado u otros motivos) y órganos sensibles aparece el micelio gris del hongo; en los frutos de tomate se puede mostrar la llamada «mancha fantasma», que son pequeños círculos con corona externa blanca y centro oscuro. Una vez que ha aparecido el hongo, hay que limpiar la zona afectada por la podredumbre y luego dar con brocha una pasta cúprica, o bien realizar un tratamiento general con productos cúpricos o polvo de sílice, favoreciendo en cualquier caso la aireación del invernadero para bajar la humedad relativa. Los preparados con enzimas todavía se encuentran en fase de desarrollo.

- **Bacterias**: *Erwinia sp.* produce en tallos y frutos pudrición acuosa que desprende mal olor y sobrevive en el suelo, el agua, los restos vegetales, *etc*. *Pseudomonas sp.* produce manchas necróticas y se transmite por semillas y restos vegetales. *Clavibacter sp.* produce un aspecto general de «quemado» sobre la planta, se difunde por semillas, restos vegetales, *etc*. Se desarrollan en épocas de alta humedad y Tª entre 20 ºC y 25 ºC. Para su control se trataría preventivamente con productos cúpricos, sin olvidar aumentar la ventilación del invernadero y actuar sobre los restos de cultivos anteriores (retirar, solarizar, etc.).

- **Virus**: Aunque se tiene la impresión –a falta de demostrar científicamente– de que las plantas cultivadas ecológicamente toleran mejor la presencia de virus patógenos que las convencionales, ante la incertidumbre de una virosis, y dado que es imposible en la práctica mantener a cero la presencia de organismos vectores, lo indicado sería cultivar plantas resistentes y extremar las medidas preventivas.

8. Bibliografía

- ANNELORE, B. (1987): *El cultivo biológico*. Barcelona, Brume.
- CAMACHO, F. *et al.* (1999): *Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del sureste español*. Almería, Cajamar.
- GUERRERO, L. (2009): *Manejo de invernaderos en producción ecológica. Protocolo técnico*. Almería. Inédito.
- http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca (protección fitosanitaria).
- http://www.marm.es/agricultura (registro de productos fitosanitarios).
- LABRADOR, J. *et alii* (2006): *Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería ecológica.* Valencia, SEAE y MAPA.
- MORENO VÁZQUEZ, R. (1994): *Sanidad vegetal en la horticultura protegida*. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

9. Anexo II del R(CE) 889/2008

Plaguicidas y productos fitosanitarios mencionados en el artículo 5, apartado 1

Notas:

A: Autorización conforme al Reglamento (CEE) 2092/91, prorrogada por el artículo 16, apartado 3, letra c), del Reglamento (CE) 834/2007

B: Autorización conforme al Reglamento (CE) 834/2007

1. Sustancias de origen vegetal o animal

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Azadiractina extraída de *Azadirachta indica* (árbol del neem)	Insecticida
A	Cera de abejas	Agente para la poda
A	Gelatina	Insecticida
A	Proteínas hidrolizadas	Atrayente, sólo en aplicaciones autorizadas en combinación con otros productos apropiados de la presente lista
A	Lecitina	Fungicida
A	Aceites vegetales (por ejemplo, aceite de menta, aceite de pino, aceite de alcaravea)	Insecticida, acaricida, fungicida e inhibidor de la germinación
A	Piretrinas extraídas de *Chrysanthemum cinerariaefolium*	Insecticida
A	Cuasia extraída de *Quassia amara*	Insecticida y repelente
A	Rotenona extraída de *Derris spp, Lonchocarpus spp y Terphrosia spp*	Insecticida

2. Microorganismos utilizados para el control biológico de plagas y enfermedades

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Microorganismos (bacterias, virus y hongos)	

3. Sustancias producidas por microorganismos

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Espinosad	Insecticida Sólo si se toman medidas para minimizar el riesgo de parasitoides importantes y de desarrollo de la resistencia

4. Sustancias que se utilizarán sólo en trampas y/o dispersores

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Fosfato diamónico	Atrayente, sólo en trampas
A	Feromonas	Atrayente; perturbador de la conducta sexual; sólo en trampas y dispersores
A	Piretroides (sólo deltametrina o lambdacihalotrina)	Insecticida; sólo en trampas con atrayentes específicos; únicamente contra *Batrocera oleae* y *Ceratitis capitata wied*

5. Preparados para su dispersión en la superficie entre las plantas cultivadas

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Fosfato férrico (ortofosfato de hierro (III))	Molusquicida

6. Otras sustancias utilizadas tradicionalmente en la agricultura ecológica

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Cobre en forma de hidróxido de cobre, oxicloruro de cobre, sulfato de cobre tribásico, óxido cuproso u octanoato de cobre	Fungicida Hasta 6 kg de cobre por ha y año No obstante lo dispuesto en el párrafo anterior, en el caso de los cultivos perennes, los Estados miembros podrán disponer que el límite de 6 kg de cobre pueda excederse durante un año determinado, siempre que la cantidad media empleada efectivamente durante un período de 5 años que abarque este año más los cuatro años anteriores no supere 6 kg.
A	Etileno	Desverdizado de plátanos, kiwis y kakis; desverdizado de cítricos, sólo cuando forme parte de una estrategia destinada a impedir que la mosca dañe el cítrico; inducción de la floración de la piña; inhibición de la brotación de patatas y cebollas
A	Sal de potasio rica en ácidos grasos (jabón suave)	Insecticida
A	Sulfato de aluminio y potasio (kalinita)	Prevención de la maduración de los plátanos
A	Polisulfuro de calcio	Fungicida, insecticida, acaricida
A	Aceite de parafina	Insecticida, acaricida
A	Aceites minerales	Insecticida, fungicida Sólo para árboles frutales, vides, olivos y plantas tropicales (por ejemplo, plátanos)

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Permanganato de potasio	Fungicida, bactericida; sólo para árboles frutales, olivos y vides
A	Arena de cuarzo	Repelente
A	Azufre	Fungicida, acaricida, repelente

7. Otras sustancias

Autorización	Denominación	Descripción, requisitos de composición y condiciones de utilización
A	Hidróxido de calcio	Fungicida Sólo para árboles frutales (incluso en viveros), para el control de *Nectria galligena*
A	Bicarbonato de potasio	Fungicida

Tema 3

Biopesticidas obtenidos de las plantas, un resultado más de la coevolución. Actualidad y utilidad

Julio César Tello Marquina[1], Daniel Palmero LLamas[2], Aurora García Ruíz[3] y Miguel de Cara García[1]

1. Introducción

Los pesticidas químicos de síntesis siguen conformando el medio más comúnmente utilizado para el control de los parásitos de plantas (insectos, ácaros, mamíferos, hongos, bacterias, plantas parásitas, etc.) y de los competidores (flora arvense). Este hecho se acentúa más en los cultivos hortícolas intensivos protegidos, donde determinados hábitos se han creado entre agricultores y técnicos generando pautas de actuación que son difícilmente soslayables. Sin embargo, la creciente preocupación social relacionada con los efectos sobre el medio ambiente y la seguridad alimentaria planteada por los pesticidas han provocado la búsqueda y puesta a punto de nuevos sistemas de manejo frente a los parásitos de los cultivos. Prueba de esta concienciación a escala planetaria ha sido el acuerdo adoptado para eliminar el bromuro de metilo de los usos agrícolas (desinfección de suelo, graneros, usos cuarentenarios, etc.) que en 2005 cumplió la primera fase de eliminación en los países desarrollados y que culminará en el 2015 con la prohibición en el resto de los países. Este modo de actuación propiciado a partir del Protocolo de Montreal está sirviendo de modelo para la reducción del número de pesticidas químicos de síntesis en la Unión Europea.

Hace no más de un lustro parecía que las plantas transgénicas obtenidas por ingeniería genética sustituirían a los fitosanitarios en la protección de los cultivos. Sin embargo la desconfianza de los consumidores de alimentos y de los agricultores ante la aplicación de estas variedades han propiciado, al menos temporalmente, el uso de los pesticidas químicos de síntesis. Pesticidas, sin embargo, que en los cultivos bajo plástico sí han sido limitados por el uso de insectos útiles, que están adquiriendo un desarrollo muy rápido debido a la investigación y experimentación en los últimos 30 años. Otras opciones de sustitución incluyen insecticidas microbianos (*Bacillus thuringiensis*, baculovirus entomopatógenos), feromonas (alteración de comportamiento sexual, captura y eliminación) y los fitosanitarios de origen vegetal.

[1] Universidad de Almería. Grupo de investigación AGR200. La Cañada de San Urbano s/n. 04120 Almería.
[2] Universidad Politécnica. EUIT Agrícolas. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid.
[3] IFAPA. Centro de Chipiona. Camino de la Esparragosa s/n. 11540 Chipiona (Cádiz).

Los pesticidas de origen vegetal se conocen y se han usado desde hace más de un siglo. Tal es el caso de la nicotina, el pelitre, la rotenona y poco más. Su uso fue restringiéndose puesto que a partir de los años 50 del siglo pasado, la mayor eficacia, acción prolongada, persistencia y facilidad de empleo de los fitosanitarios de síntesis propició la generalización todavía vigente. El cambio habido en la sociedad, basado en la preocupación actual por el respeto al medio ambiente y la seguridad alimentaria, ha vuelto a motivar el interés por el descubrimiento y la utilización de agentes naturales en la protección de los cultivos. El hecho de que esos agentes naturales sean obtenidos a partir de plantas o de otros organismos vivos (bacterias, hongos, etc.) no los hace inocuos para la salud de los consumidores. Hay que recordar en este punto la conocida sentencia de Paracelso, médico y químico suizo del siglo XVI: sólo la dosis hace el veneno (*sola quantitas venenum fecit*). Como ejemplos clásicos, la digitalina o el curare pueden ser ilustrativos. Como reciente, el estudio que mostró como la incidencia de la enfermedad de Parkinson aumentó en las ratas en los casos de exposición crónica a la rotenona.

Durante los últimos años han sido numerosas las investigaciones tendentes a caracterizar centenares de extractos de plantas y de sus compuestos secundarios, las posibles materias activas, pese a lo cual el número de insecticidas de origen vegetal utilizados es muy pequeño. Quizás este hecho tenga su origen en una diferencia sustancial con respecto a los fitosanitarios de síntesis: los biopesticidas no inducen efectos tóxicos agudos en los insectos. Esto es un hecho trascendental que orienta claramente el uso.

Las plantas tienen una estrategia de defensa química propia y tan antigua como 300 millones de años, que les han permitido sobrevivir hasta la actualidad. Estas sustancias les permiten mantener relaciones de cohabitación (sustancias atrayentes) o de defensa (sustancias repelentes o tóxicas). Este sistema podría explicar la rareza en los extractos vegetales de toxinas que ocasionen efectos agudos (caso de la piretrina I), siendo lo más común que induzcan efectos subletales. Efectos que incluyen en los insectos, inhibición del crecimiento y desarrollo de las larvas, modificaciones en el comportamiento (antiapetentes, feromonas que impiden la puesta, agentes repelentes, etc.). En otras palabras, los fitopesticidas pueden suponer métodos alternativos de plagas y enfermedades, puesto que los mecanismos de acción son diferentes a los pesticidas de síntesis química, que generalmente sólo afectan al sistema nervioso de los insectos.

Sin embargo la débil presencia de los pesticidas de origen vegetal en el mercado no se explica solamente por no inducir efectos tóxicos agudos en sus objetivos diana, son necesarios ajustar otros aspectos de la producción antes de lanzar una sustancia a escala comercial. Por ejemplo: 1) el recurso natural, o sea la materia prima, deberá tener una disponibilidad continua; 2) la preparación de la materia activa deberá obtenerse a un costo razonable y presentar una calidad uniforme y constante; 3) protección de la tecnología (patente que conceda la exclusividad); y 4) homologación en cada país. Merece la pena, por su transcendencia tener en cuenta estas premisas puesto que en la actualidad se están ofreciendo sustancias para el control de plagas y enfermedades que tienen registros legales para otros usos, especialmente nutricionales o fortificantes para las plantas, pero no como fitosanitarios. Y parece conveniente señalar, en cualquier caso, que no se necesita ninguna patente para el uso doméstico o local de pesticidas de origen vegetal cuya producción no signifique intereses lucrativos.

El mercado mundial de los pesticidas se valoraba hace diez años en quince mil millones de dólares. Las estimaciones sobre el uso de biopesticidas rondan el 1% de esa cifra, es decir 150 millones de dólares. El pelitre domina este mercado acaparando más del 70% de las ventas. Después de años de promesas, los insecticidas a base de aceites de nim comienzan a amenazar la preponderancia de las piretrinas. Según opiniones autorizadas el mercado a partir de aceites esenciales no ha hecho mas que empezar. Parece ser que el mercado de los pesticidas de origen vegetal es susceptible de aumentar al menos en un 10 ó un 15%, mientras que el mercado de los fitosanitarios de síntesis ha comenzado su descenso. Tanto en los EEUU como en la UE está provocando la retirada de fitosanitarios organofosforados, carbamatos y otros, este hueco representa, sin duda, una oportunidad para los fitopesticidas. Únase a esto que en los países desarrollados, máximos usuarios de pesticidas, están en la postura de preferir los productos naturales a los de síntesis. Ahí está la tendencia creciente de la Agricultura Ecológica, bajo cualquiera de las denominaciones que se le asignen. Pese a todo esto parece claro que los pesticidas de origen vegetal no sustituirán totalmente, a corto plazo, a los químicos de síntesis. Se necesita una disponibilidad de materias primas para obtener los fitopesticidas, que tardará tiempo en ser resuelta.

2. Biopesticidas. Definiciones

Etimológicamente un biopesticida es cualquier pesticida de origen biológico. Es decir, los organismos vivos o las sustancias de origen natural sintetizadas por ellos. De manera genérica abarcaría todo producto para la protección de los vegetales que no se ha obtenido por vía química.

Algunos autores sostienen que el término es restrictivo para los agentes biológicos usados para el manejo de plagas: artrópodos auxiliares, hongos, virus (baculovirus, granulovirus) y bacterias (*Bacillus thuringiensis* y sus variedades). Ciertamente esta definición no tiene en cuenta los productos derivados del metabolismo de organismos vivos y excluye, en consecuencia, entre otros a compuestos semioquímicos como las feromonas o las moléculas aleloquímicas. Parece apropiado incluir, también, a las moléculas de síntesis biológicas, denominando a las moléculas fitoquímicas con carácter fitosanitario como biopesticidas de origen vegetal.

La bibliografía generada por este tema es muy amplia y algunos autores consideran que los conocimientos aportados pueden conformar un cuerpo de doctrina difícilmente cuestionable. Así estimamos que ocurre con los trabajos, casi enciclopédicos, publicados bajo la coordinación de Regnault-Roger, Philogène y Vincent (2003, 2004 y 2005), que han servido de base para gran parte de este capítulo. De manera que aspectos novedosos sobre las relaciones entre los insectos plaga y sus hospedadores, han sido puestos en evidencia aspectos sobre el comportamiento de los insectos frente a las emisiones químicas de las plantas desvelando aspectos parcialmente, poco a nada conocidos. Emisiones de las plantas que se comportan como herbicidas han sido ampliados y estudiada su naturaleza. En fin, sólamente por ello ha sido merecedor el compendio de conocimiento revisado. Pero, además, su utilidad en Protección de Cultivos es innegable. Desafortunadamente estas investigaciones no han tenido, hasta el presente, un desarrollo paralelo para el manejo de enfermedades producidas por hongos, bacterias, virus, viroides, micoplasmas, etc. Su desarrollo ha sido más amplio para nematodos fitoparásitos.

La utilidad de los biopesticidas –otra forma de definirlos– se aprecia aplicando los criterios de calidad alimentaria resumidos bajo la «regla de las 4 *s*»: satisfacción, servicio, salud y seguridad, que se pueden contraponer a los desórdenes ecológicos provocados por el uso abusivo e indiscriminado de los fitosanitarios de síntesis, que podrían resumirse bajo la «regla de las 4 *r*»: ruptura (de las cadenas tróficas), remanencia (persistencia),

resurgimiento (que vuelven a aparecer) y resistencia (de los parásitos a los pesticidas). Es decir, las exigencias para un biopesticida son elevadas: selectividad y ausencia de toxicidad para las especies no diana; biodegradabilidad a moléculas no tóxicas, y ausencia de fenómenos de resistencia por parte de la plaga diana. Esto supondrá, evocando lo sucedido con los pesticidas de síntesis, que los biopesticidas se combinen con otras estrategias de manejo. Por ejemplo: a) aumento de la resistencia genética de las plantas a los parásitos; b) acondicionamiento de las técnicas de cultivo; c) reducción del potencial biótico del parásito mediante las técnicas de lucha autocida, uso de reguladores del desarrollo; d) utilización de insectos auxiliares; e) técnicas físicas de protección; y f) manejo eco-químico: confusión sexual, técnicas *attract and kill* (asociación de feromonas con insecticidas, p. e.).

Todas estas exigencias para los biopesticidas deberían completarse con un nivel de rigor científico equiparable con el exigido a los pesticidas de síntesis. Un ejemplo puede estar representado por el nim. Estos aspectos son complejos y muy costosos, pero la cantera parece importante. Así parece desprenderse del inventario realizado hasta 1998: más de 2000 especies vegetales tienen propiedades insecticidas.

2.1. Biopesticidas históricos

Su uso fue motivado por la necesidad de controlar las plagas y ellos aportaron su fácil disponibilidad, al igual que el arsénico y sus derivados o los aceites animales o los derivados del petróleo. Se usaron durante los siglos XIX y XX y su actualidad continúa, aunque no con la preponderancia que tuvieron. Una idea de esa actualidad la da la Tabla 1.

La Tabla 1 recoge tres de los biopesticidas históricos, dado que el nim es mucho más reciente. Está ausente el más antiguo, conformado por la nicotina y sus análogos. Su uso se retrotae en el tiempo hasta 1960, cuando los extractos acuosos del tabaco (*Nicotiana tabacum*) y otras especies del género se usaban para el control de insectos chupadores y masticadores. La nicotina, junto con sus derivados entre los que sobresale la anabasina, son alcaloides muy tóxicos para los insectos que al estabilizarse en forma de sales (sulfato, oleato, esterato) incrementa su actividad. Es muy tóxico, ocasionando en el hombre la parálisis de los músculos respiratorios a dosis de 50 a 60 ppm.

Tabla 1. Algunas características de los principales insecticidas de origen vegetal disponibles en EEUU

Características	Piretrina o pelitre	Rotenona	Nim	Aceites esenciales
País de origen	Kenia, Australia	Sudeste asiático, Venezuela	India	Mundo entero
Materias activas	Piretrinas (ésteres)	Rotenoides (isoflavonoides)	Azadiractina (limonoides)	Monoterpenos, fenoles simples
Situación reglamentaria	Homologado	Homologado, aunque podría ser retirado	Homologado	Exento
Utilización en agricultura biológica	Aprobado	Aprobado	Aprobado	Aprobado
Acción frente a plagas diana	Contacto "Knock-down"	Ingestión citotoxina	Ingestión antiapente	Contacto "Knock-down"
Persistencia	Muy limitada	Limitada	Limitada	Limitada
Toxicidad para mamíferos	Mínima	Moderadamente tóxico, pero muy tóxico para personas	No tóxico	No tóxico
Plantas de donde se extraen	*Chrysantemun, cinerariaefolium*	*Lonchocarpus nicou* (*)	*Azadirachia indica*	*Thymus vulgaris* (**)

(*) *Derris elliptica*, *Tephrosia virginiana* y otras.
(**) *Mentha puleginum* y *Eugenia caryophyllus*.
Fuente: Adaptado de Isman (2003).

Estos bioinsecticidas sirvieron a la industria –y esta perspectiva no debería perderse– de base para sintetizar copiando a los naturales. Así, en 1984 se obtuvo el primer piretroide de síntesis a partir de la aletrina, que con sus ocho isómeros es inestable a la luz. La halogenación con átomos de bromo en la molécula de cipermetrina dio lugar a la deltametrina, con fuerte actividad insecticida y estabilidad frente a la acción de la luz. Esta labor parece importante para resolver problemas que presentan estos extractos de plantas. Otro ejemplo de esa necesidad lo brinda el aceite (o mejor, los aceites) del nim. Conocido y venerado en la India desde hace más de 4000 años por su utilidad para controlar las plagas de los productos almacenados, se ha utilizado, también, como espermaticida para disminuir la viabilidad del semen en el hombre. La actividad insecticida se debe principalmente a un compuesto limonoideo conocido como azadiractina, siendo menor la eficacia de las salaminas, las nimbinas y análogos. Cada una de estas moléculas tienen diferente actividad frente a los insectos. Mientras que salaminas y nimbinas son antiapetentes, las azadiractinas (se han identificado más de una docena de análogos) son inhibidoras del crecimiento. Pese a todos los estudios realizados y su probada eficacia insecticida, el nim no ha podido, hasta ahora, desplazar a los insecticidas de síntesis, debido a problemas para la aplicación a gran escala: poca persistencia debido a su fotolabilidad (20 h de vida media sobre la superficie de la hoja), hidrólisis degradativa en el agua a 37 ºC y pH8 (20 h son suficientes para degradar el 50%). Es decir la puesta a punto

de la formulaciones adecuadas supone una limitación no pequeña. Este ejemplo avisa sobre las dificultades existentes para el uso eficaz de los biopesticidas, pese a sus indudables propiedades contra plagas.

3. Estado actual de conocimientos sobre nuevos biopesticidas

El adjetivo nuevo o novedoso en investigación de plagas y enfermedades de los cultivos, puede ser dudoso aunque tentador, cuando son las plantas las fuentes de suministros de las materias activas. Sirva como ejemplo la cita de Balachovski (1951) sobre el control de los insectos de los graneros utilizando las propiedades insecticidas de las plantas aromáticas, con la receta que el párroco de San Sulpicio en París en 1760 daba a sus parroquianos: «tomad ajenjo, dos puñados de sabina y una cantidad similar de tanaceto; albahaca pequeña, salvia grande, salvia pequeña y hojas de perejil, un puñado de cada una, y de verdes de puerros, dos puñados; desmenuzarlos bien y ponerlos en un gran caldero». Esta práctica empírica, demuestra que los agricultores seleccionaron plantas con propiedades que impedían el desarrollo de los insectos. De manera más sistemática y experimental se han desvelado los «secretos» de dichas plantas. Para ello se han fijado un método básico, que deriva en numerosas técnicas, para poner en evidencia dichas propiedades. Ello ha permitido a Regnault-Roger (2004) desvelar las actividades insecticidas de algunos aceites esenciales y de sus compuestos más importantes (los monoterpenos) sobre el gorgojo de las leguminosas (*Acanthoscelides obtectus*). La Tabla 2 recoge las actividades de los aceites y las de los monoterpenos sobre el gorgojo mencionado. Gorgojo que afecta muy especialmente a la judía, pero puede alimentarse de garbanzos y habas, entre otros. Los resultados presentados en la Tabla 2, ponen de manifiesto la importancia que tienen las encuestas etnobotánicas, en este sentido la receta del párroco de San Sulpicio en París es bien elocuente. Precisamente uno de los soportes en Agricultura Ecológica reside en rescatar el conocimiento campesino sobre los cultivos. Conocimiento que no debió ser minusvalorado por la horticultura bajo abrigo, al menos en España.

Es importante señalar que la toxicidad se ejerce de diferentes maneras: por inhalación sobre los adultos (en el caso de *A. obtectus* es mayor sobre los machos que sobre las hembras), acción ovicida y larvicida y toxicidad antinutricional para larvas intracotiledonares. Como importante a efectos de aplicación, conocer la especie diana más sensible y elegir la forma de aplicación (pulverización o impregnación de semillas).

Tabla 2. Actividades de los aceites esenciales y monoterpenos, así como las especies vegetales, sobre el gorgojo de la judía (*Acanthoscelides obtectus* SAY)

Actividad inhalatoria sobre adultos			
	Más activos (CL50<10 mg·dm^{-3})	Intermedios (11-99 mg·dm^{-3})	Menos activos (≥ 100 mg·dm^{-3})
Aceites esenciales	*Thymus serpyllum* *Thymus vulgaris* *Origanum majorana* *Origanum vulgare* *Cinnamorum verum* *Rosmarinus officinalis* *Ocimun basilicum* *Salvia officinalis* *Satureja hortensis* *Coriandrum sativum* *Cuminum cyminum*	*Laurus nobilis* *Verbena officinalis* *Mentha piperita* *Anethum graveolens* *Eucalyptus globulus* *Citrus limon*	*Myristica fragans* *Petroselium sativum* *Apium graveolens*
Monoterpenos	Más activos (5 mg·dm^{-3}) Carbacrol, linalol, eugenol, timol, terpineol	Intermedios (5<CL50<20 mg·dm^{-3}) Cuminaldehido, p-cimeno, anetol, cinamaldehido	Menos activos (CL50 >20 mg·dm^{-3}) Estragol, borneol, a-pineno

Inhibición de la reproducción			
	Puesta	Penetración de larvas	emergencia
Aceites esenciales	*Eucalyptus globulus* *Salvia officinalis* *Apium graveolens* *Verbena officinalis*	*Thymus vulgaris* *Origanum vulgare* *Eucalyptus globulus* *Laurus nobilis*	*Thymus serpyllum* (1) *Thymus vulgaris* (1) *Origanum vulgare* *Eucalyptus globulus* *Lavandula angustifolia* *Laurus nobilis* *Salvia officinalis* *Coriandrum sativum* *Cinnamorum verum* (1) *Rosmarinus officinalis* (1) *Ocimum basilicum* (1) *Petroselinum sativum* (1)
Monoterpenos	Linalol, timol, carvaclol	Linalol (1), timol (1), eugenol, anetol	Carvaclol (1), linalol (1), eugenol (1), timol (1), terpineol (1)

(1) Inhibición completa.

Pero no solamente son los monoterpenos los componentes de los aceites esenciales los que presentan actividad insecticida. Los polifenoles, los fenoles ácidos y los flavonoides son igualmente activos. El ácido rosmarínico y la luteolina-7-glucósido están entre los más abundantes. La actividad de estos polifenoles se centra en la alteración de la motricidad del insecto, que se acompaña en algunas ocasiones de un efecto *knock down* (privación momentánea de la movilidad del insecto).

Así, los aceites esenciales de plantas y sus moléculas aromáticas muestran una doble actividad:

a) Sobre adultos, mediante una toxicidad rápida por inhalación (monoterpenos) y, por otra parte, una actividad que se centra en la movilidad del insecto (polifenoles).

b) Sobre la tasa de reproducción interfiriendo en la fecundidad y mostrando aptitudes como ovicidas y larvicidas.

Este modelo de investigación incrementa la reputación de las plantas aromáticas de la Cuenca Mediterránea. Su clima de potente luminosidad y calor en ciertas estaciones del año parece que exige a las plantas esfuerzos de adaptación que se traducen en una importante riqueza molecular evolutiva. Riqueza que se refleja en sus usos condimentarios, medicinales, perfumería, cosmética, farmacia y herboristeria, aromas para el sector agroalimentario y, posiblemente, un largo etcétera.

Si la diversidad de especies vegetales de plantas es importante en la Cuenca del Mediterráneo, todavía lo es más en las zonas tropicales, donde se encuentra el 65% de la diversidad vegetal, por lo que puede significar que de esas plantas pueden obtenerse numerosas moléculas para usos como fitosanitarios.

3.1. Familia *Meliaceae*

Conocida por ser la fuente del nim procedente de la India y de la tusedamina, un limonoide comercializado en China como insecticida.

La familia *Meliaceae* contiene un grupo de más de 14 géneros de plantas neotropicales. En la Tabla 3 se resumen especies de la familia sobre las que se conoce su papel insecticida.

Tabla 3.
Especies de la familia *Meliaceae* que presentan una actividad insecticida

Especie vegetal	Insectos sobre la que se ha ensayado	Tipo de actividad	Tipo de preparado	Nº de moléculas identificadas
Swietenia humilis	*Ostrinia nubilalis*	Regulador crecimiento	Extractos corteza	7
S. macrophyla	*Spodoptera frugiperda*	Antiapetente	Extractos corteza	3
S. aubrevillana	*Spodoptera frugiperda*	Antiapetente	Extractos corteza	3
Cedrela odorata		Toxicidad ingestión	Extractos corteza	2
C. salvadorensis		Toxicidad ingestión	Extractos corteza	2
Guarea grandifolia			Extractos corteza	6
Trichilia martiana		Regulador crecimiento	Extractos corteza	3
T. hirta	*Spodoptera litura*	Regulador crecimiento	Extractos corteza	2
T. americana	*Spodoptera litura*	Regulador crecimiento	Extractos corteza	2
T. trifolia	*Sitophilus zeamais*	Antiapetente	Extractos corteza	3
Aglaya spectabilis	*Spodoptera littoralis*	Toxicidad ingestión		11
A. dookoo (Lanisium domesticum)	*Sitophilus zeamais*	Antiapetente	Extractos corteza	3

La mayoría de los extractos de estas plantas tienen actividad antiapetente y reductora del crecimiento, pero no son tóxicos. La naturaleza química de sus moléculas activas frente a los insectos las agrupa como limonoides, y más raramente como terpenoides.

3.2. Familia *Piperaceae*

La familia pantropical *Piperaceae* se ha utilizado tradicionalmente como fuente de insecticidas, de especias (pimienta blanca y negra) y de medicamentos. A diferencia de las Meliaceas, los compuestos que presentan acción insecticida, manifestada como toxicidad aguda y propiedades *knock down*, son las piperamidas y en menor proporción lignanos y ácidos benzoicos.

Aparte del papel insecticida de las piperamidas, la familia se distingue por la producción de sinergizantes. Cuando se combinan un producto con acción pesticida con otro reconocido como no tóxico (el sinergista) y se produce un efecto superior al esperado, se habla de una asociación sinergista en el sentido estricto del término. El ejemplo más claro ocurre al mezclar el pelitre con el butóxido de piperonilo, donde la presencia de éste último permite al pelitre actuar con la misma eficacia a dosis menores para alcanzar la toxicidad que le es reconocida. Sin embargo, cuando se mezclan dos productos tóxicos y la toxicidad resultante es mayor que la simple suma aritmética de las toxicidades de ambos productos, se emplea el término potenciación. El mecanismo del butóxido de piperonilo

se centra en inhibir las enzimas de detoxificación, con lo cual éstas no neutralizan las sustancias tóxicas, acentuando el efecto tóxico y retrasando la aparición de resistencias en los insectos dianas.

Los lignanos son sustancias muy comunes en las plantas y las Piperáceas se distinguen, especialmente, por producir algunos de ellos (Tabla 4). De nuevo la relación planta-parásito sorprende. Para defenderse de los insectos las plantas han desarrollado moléculas tóxicas con un coste energético elevado que son acompañadas por otras capaces de acentuar los efectos tóxicos de las primeras sin, aparentemente, incrementar el costo utilizado para producir las moléculas tóxicas.

Tabla 4.
Lignanos presentes en diferentes plantas que poseen acción insecticida y/o sienérgica

Familia	Genero y especie de planta	Lignano	Actividad
Asteraceae	*Piper longum*	sesamina	S
	Piper cubeba	cubeina	S
	Piper aductum	dilapiol	S/I
	Artemisia absynthium	sesartamina	S
	Chrysamthemun sp	sesamina	S
	Erigeron sp	dilapiol	S/I
Umbeliferae	*Atriscus s* p	podofilotoxina	S
	Pasticana sativa	miristicina	S

I: Insecticida. S: Sinérgica.
Fuente: Adaptado de Phylogène (2004).

3.3. Familias *Liliaceae* y *Brassicaceae* (Crucíferas). Un modelo muy estudiado

Nos ha parecido que estas dos familias, tan comunes en nuestras dietas alimenticias, merecían un trato especial. Hasta aquí, no se han mencionado mas que los efectos insecticidas de los biopesticidas vegetales, pero resulta llamativa la ausencia de las actividades fungicidas, bactericidas y nematicidas. Simplemente, hemos encontrado sólo referencias muy generales. Quizás estos aspectos no han sido investigados, y es muy posible que como consecuencia de la coevolución de dichas moléculas con actividad antimicrobiana existan. Muy sugerente es el papel protector que los polifenoles ejercen en el proceso de una enfermedad. En el plano de la investigación los compuestos fenólicos muestran una inhibición de la actividad de las enzimas hidrolíticas (pectinasas, celulasas y proteasas).

Las familias Liliáceas (*Allium*) y Brasicáceas (Crucíferas) representan una excepción. Debido al uso que de ellas se ha hecho para la biodesinfección del suelo, algunos aspectos de su actividad como fungicidas y nematicidas si son conocidos. Los compuestos azufrados del género (*Allium*) y las Crucíferas se han caracterizado como insecticidas, acaricidas, nematicidas, herbicidas, fungicidas y bactericidas.

Los compuestos azufrados de origen vegetal pueden dividirse en dos grandes categorías: aminoácidos no protéicos (y sus derivados) y glucosinolatos (y sus derivados). La Tabla 5 resume los compuestos azufrados originados por las plantas, de *Allium* y las especies de la familia Brassicaceae.

Siendo los glucosinolatos los compuestos azufrados más frecuentemente estudiados en las Crucíferas, otras familias de plantas pueden producirlos. Se han identificado más de 100 glucosinolatos, que se han agrupado en tres grandes grupos: alquil-glucosinolatos, araquil-glucosinolatos e indoil-glucosinolatos, aunque no parece que sean las únicas. A partir de los glucosinolatos se producen las moléculas azufradas volátiles, durante el proceso de descomposición de los tejidos vegetales, mediante la intervención de la enzima mirosinasa, dando lugar a los tiocianatos, nitrilos e isotiocianatos, como sustancias más abundantes. En el caso de los *Allium* y de los hongos, se obtienen moléculas volátiles azufradas a partir de los aminoácidos azufrados (cisteina, cistina y metionina), almacenados en el citoplasma celular en forma de bipéctidos, que se liberan por acción de la enzima ã-glutamilpeptidasa.

Tabla 5.
Compuestos azufrados y plantas de donde se han obtenido

Nombre de la molécula	Especie, Género y/o Familia de plantas y hongos
Sulfoxido de alquenilcisteina Disulfuro Tiosulfinato Tiosulfonato Trisulfuro	*Allium porrum, A. cepa, A. sativum, Brodiaea uniflora, Tulipa edulis, Tulbagia violacea, Asparagus* sp., *Asparagus officinalis, Adenocalymna alliaceum* (Bignoniaceae), *Albizzia lophanta* (Mimosaceae), *Ferula* sp. (Umbeliferae), *Azadiracha indica* (Meliaceae), *Nuphar luteum* (Nynphaeaceae), *Losianthus* sp. (Runiaceae), Bignoniaceae Hongos: *Marasmius* sp., *Lentinus erodes* Algas marinas
Glucosinolato Isotiocianato de alquilo	Cruciferae, Capparidaceae, Resedaceae, Moringaceae, Tropeolaceae, Solvadoraceae, Limnantaceae, Caricaceae, Euphobiarceae, Filocaceae, Plantaginaceae Hongos: *Agaricus bisporum*

3.3.1. Potencial fitosanitario de los *Allium* y de las Crucíferas

3.3.1.1. Actividades insecticidas de los *Allium*

Hay que distinguir entre los efectos originados por los extractos de plantas de aquellos que proceden de los compuestos azufrados volátiles. Para los extractos se han resumido un grupo amplio de ellos que da una idea de su actividad. Actividad que se expresa tanto como una toxicidad (mortalidad análoga a la de la mayoría de los insecticidas de síntesis), como por un efecto sobre el comportamiento o en la fisiología del desarrollo. Véase a tal efecto la Tabla 6. Debe tenerse presente que los insectos indicados son aquellos sobre los que se han realizado ensayos, lo cual no permite una generalización, pero incita a efectuar observaciones sobre otras especies, especialmente aquellas que son importantes en los cultivos intensivos protegidos.

Tabla 6. Actividad insecticida de los extractos de *Allium*

Tipo de preparado	Insecto diana	Efecto sobre el insecto
Extracto de cebolla	*Pieris brassicae, P. napi*	inhibición de la puesta
	Delia radicum	repelente
	Myzus persicae	antiapetente
Extracto de ajo	*Myzus persicae*	antiapetente
	Epilachna variventris	Antiapetente, alteraciones del desarrollo
	Cocopsylla pyricola	reducen el nivel de la puesta
	Spodoptera litura	actividad juvenomimética
	Spodoptera litura	acción ovicida
	Diadromus pulchellus (parasitoide)	mortalidad larvaria
	Sitobion avenae	toxicidad
	Rhopalosiphum padi	
	Schistocerca gregaria	
	Leptinotarsa decemlineata	
	Pieris brassicae	
	Phthorimaea operculella	
	Culex y Aedes	
	Musca domestica	acción anticolinoesterásica
	Trogoderma gramarium	
	Bemisia argentifoli	toxicidad en huevos, larvas y ninfas
	Tribolium castaneum	
	Sitophilus zeamays	
	Dysdercus koenigii	acción ovicida
	Eearias vitella	
	Helicoverpa armigera	
Extracto de puerro	*Drosophila melanogaster*	toxicidad

También se ha estudiado el efecto de la asociación de cultivos utilizando a las *Allium* como plantas para el control de las plagas. Asociaciones de cebolla con zanahoria; de cebolla, ajo y patata; de remolacha con cebolla, y de plantas aromáticas con cebolla y ajo. Los resultados fueron contradictorios sin permitir, por ello, una recomendación concreta. Pese a todo ello los efectos insecticidas de los extractos de *Allium* parecen reales y habrá que desarrollar tecnología de aplicación que eleve su rendimiento.

En los compuestos azufrados de los *Allium* se valora el efecto de los productos puros. La actividad insecticida observada es de dos órdenes: actúan sobre la fisiología del insecto y sobre el comportamiento locomotor. Los compuestos más comunes son:

- DSM2: disulfuro de dimetilo. Ampliamente extendido, aparte de en los *Allium*, en Leguminosas y Crucíferas.
- DSP2: disulfuro de dialilo. Aparte de los *Allium*, en Bignoniaceas
- TiA2: tiosulfinato de dialilo o alicina
- TiM2: tiosulfinato de dimetilo

La Tabla 7 informa sobre dosis y especies de insectos sobre las que han sido ensayadas.

Los compuestos volátiles de los *Allium* pueden tener efectos negativos sobre algunos insectos entomófagos. Así, los disulfuros (DS) cuando son ingeridos por *Romalea guttata* al alimentarse con cebolla silvestre (*Allium canadense*) son repelentes para dos especies de hormigas depredadoras. De igual manera el sulfóxido de 5-metil-L-cisteina (PCSO) presente en el puerro (*Allium porrum*) repele a especies de hormigas del género *Formica* que son depredadoras de la oruga del puerro (*Acrolepiopsis assectella*). Estos disulfuros son tóxicos sobre himenópteros parasitoides, como *Dinarmus basilis* y *Diadromus pulchellus*. En el último parasitoide el efecto repelente se ha observado a partir de los excrementos de la oruga del puerro (*Acrolepiopsis assectella*).

Tabla 7. Concentraciones letales 50 (CL50) obtenidas después de 24 horas de exposición, expresadas en mg/L de aire, para cinco compuestos azufrados de *Allium*

Especie	Estado	DSM2	DSP2	DSA2	TiM2	TiA2
Acanthoscelides obtectus	Ad	1,8	75	24	-	-
Acrolepipsis assectella	Ad	0,4	23	3,5	-	-
	L5	3,8	> 150	50	-	-
Bruchus atrolineatus	Ad	0,2	2	0,6	0,15	0,18
	L4	2,8	12	-	-	-
Callosobruchus maculatus	Ad	1,1	2,6	0,5	0,25	0,16
	L4	2	-	-	-	-
	Ov	0,2	-	-	-	-
Diadromus pulchellus	Ad	0,5	20	4,5	-	-
Dinarmus basalis	Ad	0,3	-	0,4	-	-
	L4	1,6	-	-	-	-
Drosophila melanogaster	Ad	0,2	2,5	0,7	-	-
Ephestia kuehniella	Ad	0,2	-	0,02	0,04	0,02
Plodia interpunctella	Ad		-	-	0,02	-
Oryzaephilus surinamensis	Ad	0,8	5,5	3,5	-	-
Sitophyllus oryzae	Ad	1,2	-	-	0,02	-
Tineola bisselliella	Ad	0,9	1,3	0,02	-	-

Ad: adulto; L: larva; Ov: huevo.
Fuente: Regnault-Roger *et al*. (2004).

3.3.1.2. Potencial insecticida de las Crucíferas. Los compuestos derivados de los glucosinolatos (GLU)

Los glucosinolatos son compuestos azufrados, cuya fuente más conocida son las plantas de la familia *Cruciferae*. Otras familias próximas también los producen: *Capparidaceae, Resedaceae y Moringaceae*, por ejemplo. También, el champiñón cultivado (*Agaricus bisporum*). Como se indicó anteriormente, se han identificado más de 100 GLU. En una misma especie pueden coexistir varios GLU, variando su concentración según el órgano y la edad de la planta.

Además de los GLU existen en las Crucíferas fitoalexinas azufradas, que forman parte de la defensa inducida en las plantas por diversas formas de estrés.

Se han observado en estas plantas efectos atrayentes sobre los insectos, lo cual podría favorecer el desarrollo de parasitoides y depredadores de insectos plaga.

La actividad de los GLU sobre los insectos son parecidas a las desarrolladas por los *Allium*: repulsión de adultos, inapetencia larvaria y toxicidad.

Entre los GLU uno de los más estudiados el isotiocinato de metilo (MITC) que muestra una actividad tóxica o repelente, pero al tiempo puede ser un atrayente de insectos que parasitan a las crucíferas. Para el primer caso, sobre los insectos de los graneros, especialmente gorgojos y polillas, se han mostrado activos frente adultos y larvas. En lo concerniente al poder de atracción, se han utilizado con éxito trampas a base de isotiocianato de alilo para pulguillas (*Phyllotreta* sp), mosca de la col (*Delia radicum*), gorgojo de la vainas (*Ceuthorrynchus assimilis*), gorgojo del tallo (*Ceuthorrynchus napi*). Este poder de atracción se manifiesta, igualmente, para parasitoides generalistas (*Diaretiella rapae* y *Meteorus leviventris*) de áfidos y lepidópteros noctuidos.

3.3.1.3. Actividades frente a otros parásitos de plantas

a) Efectos acaricidas

Poca información se ha generado sobre este aspecto. Se ha observado que los extractos de ajo actúan como repelentes para *Tetranychus urticae*, una de las «arañas rojas» de numerosos cultivos. También se ha observado el efecto repelente de los mencionados extractos sobre *Varroa jacobsoni*, parasito de las abejas productoras de miel.

b) Efectos nematicidas

Los extractos de *Allium grayi* y *Allium fistulosum* se han mostrado muy activos frente a juveniles y huevos de *Meloidogyne incognita*. Una fuerte acción nematicida ha sido puesta de manifiesto para el ácido asparragúsico. Los isotiacianatos han mostrado una actividad nematicida sobre *Meloidogyne*, *Heterodera shachatii* y *Pratylenchus*. En contrapartida el metil isotiocianato utilizado como desinfectante del suelo, generado a partir de precursores como el dazomet o el metam sodio, no permiten un control suficiente para la exigencia que se establece en los cultivos intensivos.

Existe una amplia información sobre compuestos extraídos de plantas (diferentes de *Allium* y Crucíferas) que tienen un efecto activo frente a nematodos, especialmente sobre fases juveniles y huevos. Entre los géneros estudiados sobresale *Meloidogyne*. Entre las familias a las que pertenecen dichos principios activos están: ácidos carboxílicos, compuestos lipídicos, glucósidos, aminoácidos y proteínas, compuestos aromáticos y fenólicos, heterociclos con oxígeno, azufre o nitrógeno, alcaloides, terpenoides, etc. Por su interés se ha elaborado la Tabla 8, como resumen orientativo.

Tabla 8. Moléculas de origen vegetal identificadas con efecto nematicida

Partes activas de la planta	Nematodo evaluado y fase del ciclo	Molécula identificada
Raíces de cacahuete	*Pratylenchus coffeae* (lar)	Di-n-butilsuccinato
Aceites de chufa	*Pratylenchus* spp. (lar)	Ácidos oleico, linoleico, palmitico y esteárico
Tallos y raíces de *Macuna aterrina*	*Meloidogyne incognita, Heterodera glicines* (lar)	Alantonina, sitosterol, estigmaterol
		L-Dopa
Exudados radiculares, tallos y hojas de esparrágo	*Heterodera glicines, H. rostochiensis, Meloidogyne hapla, Pratylenchus penetrans* (ovi, lar y adul)	Ácido asparagúsico
Exudados radiculares de canavalia (C*anavalia ensiformis*)	*Meloidogyne incognita, Naccobus aberrans* (nema)	Concavalina A (lectina)
Torta de ricino	*Meloidogyne* spp. T*ylenchulus semipenetrans* (lar)	Ricina (lectina)
Raíces de soja	*Meloidogyne incognita, M. javanica* (nema)	Gliceolina (fitoalexina)
Raíces de judía común y judía de Lima	*Pratylenchus scribeni, P. penetrans* (nema)	Cumestrol, psoralidina, faseolina (fitoalexinas)
Planta de ruda	*Meloidogyne* spp.,*Xiphinema index* (lar y adul)	Ácido antranílico
		Limoneno, pineno, cineola (monoterpenos
Exudados radiculares de tagetes	Diversos nematodos fitoparásitos (lar y adul)	Derivados del bitienilo y del α-tertienielo
Exudados radiculares de Cártamo	*Meloidogyne incognita* (lar)	Serpentina
Plantas de *Crotalaria spectábilis*	*Meloidogyne incognita* (nema)	Pirolicidina
Hojas de tabaco	*Meloidogyne incognita* (lar)	Nicotina
Raíces de *Sophora flavescens*	*Bursaphelenchus xylophilus* (lar, adul)	Derivados de citisina y anagirina
Hojas y flores de *Artemisia milagirica*	*Meloidogyne incognita, Rotylenchulus reniformis* (lar)	Santonina (lactona terpénica)
Semillas y exudados radiculares de cinamomo o nim	Diversos nematodos fitoparásitos (ovi, lar, adul)	Nimbidina, tionemona, azadiractina (triterpenos limonoides)
Aceites esenciales de albahaca y geranio	*Meloidogyne* spp., *Herodera* spp., *Anguina tritici, Tylenchulus semipenetrans, Rotylenchus reniformis* (lar)	Citral, citronelol, geraniol
Exudados radiculares de pepino	*Meloidogyne* spp.(rep)	Curcubitacina (triterpeno)
Aceites esenciales de *Inula helenium*	*Meloidogyne incognita* (lar)	Helenia
Raíces de patata (cv. Tempo)	*Dytilenchus dipsaci, D. destructor* (nema)	Risitina (sesquiterpenoide, fitoalexina)

(lar): larvicida; (ovi): ovicida; (adul): adulticida; (nema): nematostático; (rep): repelente.
Fuente: Adaptado de Dijan-Caporalino *et al*. (2004).

c) Efectos fungicidas y bactericidas

No parece que hayan sido estudiados estos aspectos de los derivados de *Allium* y Crucíferas con tanta intensidad como sobre los nematodos. Y, sobre todo, los trabajos sobre plantas o sus extractos que evalúan el poder fungicida y bactericida son muy escasos.

Se conocen efectos tóxicos de los *Allium* sobre hongos patógenos para el hombre. En lo concerniente a patógenos de plantas se ha reportado la actividad de los tioles y de los sulfuros sobre *Botrytis allii*. También la actividad del disulfuro de metilo sobre *Aphanomices eutiches*, causante de la podredumbre de la raíz del guisante y de otras leguminosas. El trabajo de Grainge y Ahhed (1988) en su revisión general, refieren como sensibles a los *Allium* a diferentes hongos: *Alternaria tennuis, Aspergillus niger, F. oxysporum, F. poae, Verticillium albo-atrum*, sobre los que actúa la cebolla y el ajo. Por su parte *Phytophthora infestans*, causante del mildiu del tomate y de la patata es sensible al cebollino chino (*Allium tuberosum*).

La biodesinfección del suelo (biofumigación, biosolarización, etc.) ha puesto de manifiesto cómo las crucíferas disminuyen las poblaciones de patógenos de las raíces de las plantas (*Phytophthora capsici, Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, entre otros). Parece ser que son los isotiocianatos quienes se muestran eficaces, hasta el punto de haberse establecido programas de mejora tendentes a obtener variedades de mostaza que acumulen mayor cantidad de isotiocianatos en las raíces, con objeto de mejorar el manejo de *Helminthosporium solani* y *Verticillium dahliae*, en el cultivo de la patata.

Al igual que en el caso de los hongos se conocen, desde hace muchos años, el efecto bactericida de los *Allium* sobre las bacterias patógenas para el hombre. Pocos son, sin embargo, los conocimientos sobre su actividad sobre las enfermedades de plantas. Se sabe que las bacterias *Erwinia carotovora* y *Agrobacterium tumefaciens* son sensibles a diferentes especies de *Allium*. La misma situación puede ser comentada para las Crucíferas.

d) Efectos herbicidas

Sin haber desarrollado una investigación tan completa como la descrita para los insectos, se conocen breves aspectos de la actividad herbicida de las *Allium*. Así los compuestos volátiles del ajo y del rábano silvestre, los disulfuros provocan la ruptura de la dormancia del gladiolo, de la peonía y de los ciruelos ornamentales.

Los glucosinolatos y sus derivados, procedentes de las crucíferas muestran, una neta actividad herbicida.

3.4. Herbicidas derivados de plantas. Sustancias alelopáticas

El efecto de los residuos de cosecha cuando se aplica biofumigación del suelo es, en muchos casos herbicida. Conocido es, desde antiguo, cómo el espárrago no puede sucederse sobre el mismo suelo por el efecto negativo que implica la repetición para la supervivencia del nuevo cultivo. Igualmente se conoce la toxicidad sobre el cultivo de lechuga, cuando el suelo estuvo anteriormente plantado con espárrago. La caída de los rendimientos del cultivo de cacahuete cuando fue precedido por sorgo se ha atribuido a la sorgoleona que se origina cuando se descomponen los residuos de cosecha, siendo dicha sustancia inhibidora del desarrollo de numerosas adventicias. Este tipo de interacciones es diferente del parasitismo y de la simbiosis, pero también lo es de la competencia (el recurso es limitado). La relación se ha definido con el nombre de alelopatía. La casi totalidad de las moléculas caracterizadas como agentes alelopáticos son metabolitos secundarios de los vegetales. Moléculas que pueden agruparse en tres grandes categorías: compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides. Todos los órganos vegetales contienen compuestos susceptibles de ser alelopáticos y se liberan por diferentes vías al ambiente: volatilización, exudación radicular, lixiviación y descomposición de residuos vegetales. La liberación parece tener una estrecha relación con el entorno, de modo que la emisión de sustancias tóxicas volátiles ocurre de manera más importante en las zonas áridas y semiáridas. Así, las plantas del género *Salvia* producen compuestos volátiles como el alcanfor, la 1-8 cineola y los á-pineno y â-pineno, limitando el crecimiento de las plantas vecinas. La Tabla 9 recoge algunos ejemplos de la actividad de moléculas alelopáticas.

Tabla 9. Actividad herbicida de moléculas alelopáticas

Compuestos	Actividad	Planta diana
Cumarinas	Inhibición radicular	Rábano
Flavonoides	Retraso del crecimiento	Alfalfa
Ácido p-hidroxibenzoico	Inhibición de la germinación	Tomillo
Isoflavonas	Inhibición de la germinación	Cebolla

Fuente: Adaptado de Chiapusio *et al*. (2004).

Si existe un caso ampliamente estudiado sobre sustancias alelopáticas ese es, sin duda, el de los ácidos hidroxámicos.

3.4.1. Potencial alelopático de los ácidos hidroxámicos

Dos han merecido especiales y continuados trabajos de investigación DIBOA (2,4-dihidroxi-1,4 benzoxacin-3-ona) y DIMBOA (2,4-dihidroxi-7-metoxi-1,4 benzoxacin-3-ona), que son producidos mayoritariamente en centeno, maíz y trigo. Se encuentran en cualquier parte de la planta, menos en las semillas y son liberados mayoritariamente mediante los exudados radiculares. En el suelo sufren una degradación química y microbiana que transforman a DIBOA en BOA y a DIMBOA en MBOA.

Los ácidos hidroxámicos tienen efecto tóxico sobre diversas insectos plaga de los cereales. Paradigmáticos son los trabajos desarrollados para el control de los taladros del tallo del maíz (*Ostrinia furnacalis* y *O. nubilalis*), especialmente referidos a la mejora genética para obtener variedades que sinteticen mayor cantidad de DIBOA y DIMBOA. También se ha asociado a los ácidos hidroxámicos el control de la micosis del trigo causada por *Septoria tritici* y se ha evaluado su efecto inhibidor sobre bacterias como *Erwinia* spp, *Agrobacterium tumefaciens*, *Staphyloccocus aureus*, *Escherichia coli* y la levadura *Candioda albicans*.

Además, la industria química ha mostrado su interés por la actividad herbicida de DIBOA y DIMBOA. En ensayos de laboratorio se ha demostrado que el crecimiento de raíces y coleoptilos de numerosas especies vegetales queda inhibido. La inhibición ha sido, igualmente, evaluada en ensayos de campo. Así, residuos de centeno conteniendo DIBOA y BOA redujeron las malas hierbas en un 93%, comprobándose que DIBOA es

particularmente activo para las monocotiledóneas y BOA para las dicotiledóneas. Incluso, parece que los ácidos hidroxámicos podrían disminuir la toxicidad de algunos herbicidas, como la atrazina, que se transforma en hidroxiatrazina en presencia de DIMBOA.

La industria química ha modificado la estructura molecular de estos ácidos hidroxámicos para incrementar su fitotoxicidad, así es en el caso de la 1-8 cineola, comercializada como herbicida. De igual manera, la mejora genética del arroz se ha orientado par obtener variedades con un mayor poder alelopático frente a las adventicias. Así, el cultivar Dular de arroz inhibió el desarrollo del 80% de las plantas de *Cyperus*.

3.5. Otras fuentes vegetales de compuestos activos para el control de insectos

3.5.1. Fitoecdiesteroides

Casualmente, en 1966 se descubrieron los fitoecdiesteroides entre las sustancias secundarias de las plantas. Se desconoce su papel en el mundo vegetal, pero son sustancias muy próximas a las que generan los insectos para mudar. Las sustancias conocidas en los insectos como hormonas juveniles y hormonas de la muda. Ambas pertenecen al grupo de los ecdiesteroides, que se derivan de los esteroles producidos por las plantas de las que los toman los insectos, los cuales transforman en colesterol para después convertirlos en hormonas de la muda. Este hecho ha motivado investigaciones que parten del hecho referido y suponen que los esteroides vegetales podrían tener una acción sinérgica o antagonista frente a la hormona propia del insecto.

En la actualidad se conocen más de 200 sustancias diferentes obtenidas de diferentes especies vegetales. El helecho común (*Polypodium vulgare*) es uno de los que más hidroxiecdisona tienen. Se han estudiado 3.000 especies vegetales y del 5 al 6% de ellas contienen ecdiesteroides en cantidades significativas.

La Tabla 10 muestra la actividad de los ecdiesteroides sobre el desarrollo de los insectos.

Tabla 10. Concentraciones mínimas de ecdiesteroides (ppm) requeridas para afectar al desarrollo de los insectos

Especie	Ecdiesteroide	Concentración (ppm)	Fuente	Efecto
Aedes aegypti	Ponasterona A	10.000	Medio	Inhibición desarrollo
Tribolium confusum	Ecdisona	5.000	Alimento	Inhibición desarrollo
	Ponasterona A	500	Alimento	Inhibición desarrollo
Musca domestica	Ponasterona A	150	Alimento	Reducción de la formación de la pupa y de la emergencia de adultos
	Ciasterona	150	Alimento	
Bombyx mori	Ponasterona A	150	Alimento	Mudas supernumerarias y muerte
		> 1,5	Alimento	Aceleración de la ninfosis
Drosophila melanogaster	Ecdisona	20	Alimento	Formación prematura de pupas

Fuente: Tomado de Marion-Poll *et al*. (2004).

Estas breves observaciones permiten saber que los fitoecdiesteroides cumplen un papel en la defensa de la planta frente a los artrópodos.

Paralelamente los insectos fitófagos tienen un amplio abanico de respuestas frente a estos compuestos: unos son resistencias a los ecdiesteroides alimentarios y los detoxifican rápidamente; otros son semitolerantes o sensibles y, con frecuencia, han desarrollado receptores sensoriales que les permiten detectar estas sustancias y evitar las plantas que los contienen. Podría afirmarse que todo este comportamiento es el resultado de la coevolución.

¿Sería posible utilizar los fitoecdiesteroides en la protección de los cultivos? Podría ser. Para ello no debe perderse de vista su leve acción tóxica y el papel de las moléculas como antiapetentes, lo cual les daría una utilidad al combinarlos o integrarlos con otras técnicas de control.

3.5.2. Células oleaginosas idioblásticas

El lector común se preguntará: ¿qué son los idioblastos? Son células de las plantas que segregan aceites y que son apreciables a simple vista por tener una morfología y un tamaño diferenciado con respecto al resto de las células. Su contenido son terpenos, materias grasas y aglucones flavonoides. Estos aceites tienen propiedades fungicidas, así la persina parece la responsable de frenar el avance de las hifas del *Colletotrichum*

gloeosporioides en el pericarpio de los frutos verdes de aguacate. Se ha sugerido que los idioblastos son los precursores de los tricomas glandulares,estructuras más complejas y referenciadas desde hace años por su actividad frente a los insectos fitófagos.

Un modelo bastante estudiado es el del aguacate (*Persea americana*). Las células idioblásticas están en los frutos (maduros y jóvenes), hojas, raíces, pedicelos y pedúnculos. También son frecuentes en otras especies del género y otros miembros de la familia Lauraceae. Sus idioblastos contienen, entre otros compuestos, alcaloides, hidroperóxidos sesquiterpénicos y otros terpenos.

Los furanos han sido evaluados por su actividad frente a las bacterias *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*, comprobándose que inhiben su crecimiento. La trioleina, de la que se ha encontrado un efecto insecticida a concentraciones elevadas. Parece, así mismo, existir un efecto sinergizante entre trioleina y los furanos. La persina es la tercera molécula obtenida del aguacate en la que se ha detectado actividad insecticida inhibiendo el crecimiento de larvas del gusano de la seda (*Bombix mori*). Además de la actividad fungicida anteriormente reseñada.

Más amplia y detalladamente se han evaluado las actividades insecticidas de los furanos sobre *Spodoptera exigua*, lepidóptero noctuido muy polífago y dañino para varios cultivos hortícolas. La acción tóxica se ejerce sobre larvas en diferentes estadios de desarrollo, inhibiendo el desarrollo y el peso de las formas no imaginales. Las dosis subletales disuaden a las larvas de tomar alimento. La inhibición del crecimiento larvario se produce por la persina en condiciones análogas de ensayo a la utilizada para los furanos. Todas estas observaciones previas son premisas para obtener nuevas categorías de insecticidas, pero el hecho parece prometedor.

4. Bibliografía

4.1. Bibliografía de interés

- REGNAULT-ROGER, C.; PHILOGÈNE, B. J. R. y VINCENT, C., eds. (2003): *Biopesticides dé origine végétale*. París, Lavoisier (existe una versión española del Profesor Urbano Terrón, publicada en 2004 por Ediciones Mundi-Prensa, Madrid).
- REGNAULT-ROGER, C., coord. (2005): *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement*. París, Lavoisier (verdadero compendio enciclopédico de más de 1000 páginas).

4.2. Bibliografía referenciada

- BALACHOVSKI, A. S. (1951): *La lutte contre les insectes*. París, Payot.
- CHIAPUSIO, G.; GALLET, C.; DOMBRENEZ, J. F. y PELLISSIER, F. (2004): "Compuestos alelopáticos: ¿herbicidas del futuro?"; en *Biopesticidas de origen vegetal*. Madrid, Mundi-Prensa; pp. 153-171.
- DIJAN-CAPORALINO, C.; BOURDY, G. y CAUROL, J. C. (2004): "Plantas nematicidas y plantas resistentes a los nematodos"; en *Biopesticidas de origen vegetal*. Madrid, Mundi-Prensa; pp. 191-240.
- GRAINGE, M. y AHMED, S. (1988): *Handbook of plants with pest control propierties*. Nueva York, John Wiley and Sons.
- ISMAN, M. B. (2004): "Problemas y perspectivas de comercialización de los insecticidas de origen vegetal"; en *Biopesticidas de origen vegetal*. Madrid, Mundi-Prensa; pp. 305-316.
- MARION-POLL, F.; DINAN, L. y LAFONT, R. (2004): "Lugar de los fitoecdiesteroides en la lucha contra los insectos fitófagos"; en *Biopesticidas de origen vegetal*. Madrid, Mundi-Prensa; pp. 97-111.

- PHYLOGÈNE, B. J. R. (2004): "Acción sinérgica de los compuestos de origen vegetal"; en *Biopesticidas de origen vegetal*. Madrid, Mundi-Prensa; pp. 67-73.

- REGNAULT-ROGER, C. (2004): "¿Nuevos fitoinsecticidas para el tercer milenio?"; en *Biopesticidas de origen vegetal*. Madrid, Mundi-Prensa; pp. 19-40.

- REGNAULT-ROGER, C.; PHILOGÈNE, B. J. R. y VINCENT, C., coords. (2003): *Biopesticides d'origine végétale*. París, Éditions Tec&Doc-Lavoisier.

- REGNAULT-ROGER, C.; PHILOGÈNE, B. J. R. y VINCENT, C., coords. (2004): *Biopesticidas de origen vegetal* (versión española a cargo de P. Urbano Terrón). Madrid, Mundi-Prensa.

Tema 4

Tecnología de invernaderos y control biológico

Jerónimo Pérez-Parra, Corpus Pérez Martínez, Juan C. Gázquez Garrido, Juan C. López Hernández, Esteban Baeza Romero y David E. Meca Abad *

1. Introducción

Con el objetivo final de lograr producciones de una calidad certificable y reconocible, los avances en los sistemas de producción bajo invernadero, igual que en otros sistemas agrícolas, deben dirigirse a consolidar un modelo productivo racional, en el uso de los recursos y respetuoso con el medio ambiente, que incorpore garantías de salud para consumidores y productores.

En los últimos años se ha puesto de manifiesto una preocupación, cada vez mayor, por el consumo de productos de mayor calidad y seguros para la alimentación, producidos bajo criterios de sustentabilidad ambiental. El uso reducido y racional de productos fitosanitarios en el control de plagas y enfermedades tiene un papel destacado en la satisfacción de este objetivo. Como respuesta a la demanda de calidad y seguridad alimentaría, los productores de hortalizas de Almería están llevando a cabo en los últimos años, con éxito, un cambio de estrategia en el control de plagas y enfermedades, potenciando y priorizando el control biológico sobre el químico, apoyados en los resultados de un importante e intenso trabajo de investigación y de innovación desarrollado en las últimas décadas por investigadores y técnicos de entidades públicas y empresas. Este trabajo, que ha permitido el desarrollo de las herramientas esenciales (conocimientos, técnicas, fauna auxiliar, plantas reservorio...) necesarias a los productores y técnicos para implementar el control biológico de plagas y enfermedades en los invernaderos almerienses, debe seguir creciendo para lograr que este cambio estratégico sea robusto y sostenible en el tiempo, sea cada vez más eficaz y eficiente y sea capaz de responder con acierto y rapidez a los nuevos problemas a los que, inevitablemente, deberá enfrentarse en el futuro.

Para el estudio de las variables que afectan a la incidencia de plagas y enfermedades, es necesario considerar el invernadero como un sistema del que forman parte el cultivo, las poblaciones de los diferentes especies plagas que la afectan y la fauna auxiliar ligada a ellos. Y tener en cuenta que sobre el equilibrio de dicho ecosistema interaccionan

* Estación Experimental de la Fundación Cajamar.

diferentes factores propios de éste, tales como la configuración del cerramiento que lo define (hermeticidad, características de los materiales), el equipamiento instalado en el mismo (calefacción, refrigeración, CO_2) o de la gestión realizada de dicho sistema. En definitiva, la tecnología empleada en el invernadero y su gestión afectan de un modo determinante a todos y cada uno de los componentes vivos del invernadero: plantas, plagas y fauna auxiliar, y determinaran la intensidad de la problemática fitosanitaria o el éxito en su resolución para cada invernadero.

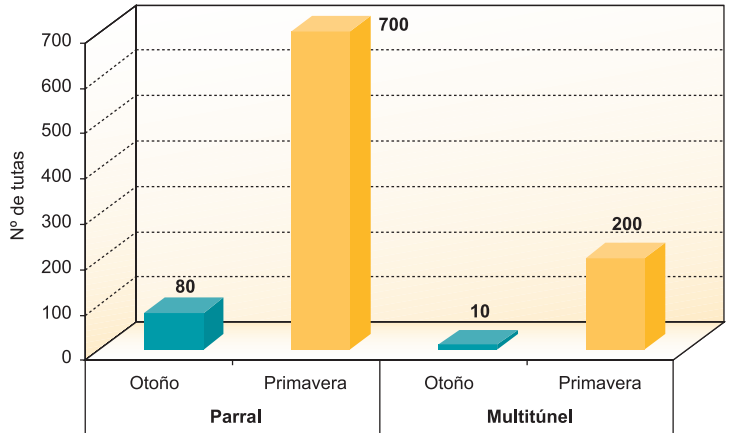
La evaluación de las interacciones de los factores mencionados con el comportamiento de las poblaciones de plagas y fauna auxiliar debe aportar información útil para asegurar el éxito en la incorporación de la lucha biológica en el control de plagas. En este sentido, en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar, durante los últimos años se han evaluado diferentes aspectos de las estructuras, los cerramientos (plásticos y mallas), los equipos de climatización o técnicas de cultivo que interactúan con el complejo planta-plaga-enemigo natural, y por tanto influyen sobre la eficacia del control biológico.

2. Estructuras de invernadero y materiales plásticos fotoselectivos o antiplagas

El invernadero confina el espacio en el que se desarrollan los cultivos y establece la barrera física más importante para evitar la entrada de insectos plaga o vectores de virus que puedan causar daños económicos en la producción. Un cerramiento hermético, en el que los puntos de comunicación entre el interior y el exterior del invernadero a través de los cuales puedan llegar los insectos plaga hasta los cultivos (ventanas, puertas, agujeros) estén adecuadamente protegidos, es una de las primeras medidas a observar en el control integrado de plagas. La Figura 1 basada en observaciones realizadas en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar, muestra cómo afecta el grado de hermeticidad de la estructura a la incidencia de *Tutta absoluta*, una de las más recientes y devastadoras plagas para la agricultura de invernadero en Almería.

La utilización de los plásticos antiplagas, que bloquean parte de la luz ultravioleta (Salmerón *et al.*, 2001) y, por tanto, el desplazamiento de los insectos, reduce el desarrollo de los insectos plaga (Salmerón *et al.*, 2001; Antignus *et al.*, 2001; Lapidot, *et al.*, 2002), o de virus transmitidos por los insectos que son sensibles a la disminución o

Figura 1.
Capturas de *Tutta absoluta* en diferentes estructuras de invernadero



ausencia de la radiación ultravioleta (Gonzalez *et al.*, 2003; Monci *et al.*, 2003; Rapisarda, *et al.*, 2006). Sin embargo, también pueden tener un efecto negativo sobre la actividad de los polinizadores, que se encuentran necesitados del espectro de la radiación ultravioleta (Bertholf, 1931; Weiss, 1943; Hollingsworth *et al.*, 1970; Varela, 1974; Brown *et al.*, 1998; Chittka y Thomson, 2001), limitando su visión (Cabello *et al.*, 2005a y 2006; Soler *et al.*, 2005), dado que las condiciones de la luz ultravioleta puede cambiar la percepción de los polinizadores, abeja (*Apis mellifera*) y abejorro (*Bombus terrestris*), sobre los distintos colores de la flor, aumentando así la dificultad para localizar las flores entre el cultivo (Cabello *et al.*,2005b y 2006). Sin embargo, este efecto negativo puede ser atenuado por la capacidad de respuesta de los polinizadores, así los abejorros tienen una excelente y rápida capacidad de aprendizaje y pueden llegar a adaptarse a la ausencia de la luz ultravioleta (Dyer y Chittka, 2004).

La limitación de la luz ultravioleta reduce, disminuye, e incluso, evita el crecimiento y esporulación de hongos patógenos como *Botrytis cinerea* (Jarvis, 1997; Díaz *et al.*, 2001).

Para evaluar la influencia de los filtros para la radiación ultravioleta aditivados a los materiales plásticos, sobre la presencia de *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis*, así como sobre la actividad de los polinizadores naturales (*Bombus terrestris* y *Apis mellifera*), se han realizado en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar desde

el año 2005 diferentes estudios comparando cerramientos con diferentes niveles de absorción de radiación ultravioleta (1, 10, 23, 55 y 65%, respectivamente) en cultivos de tomate, melón y sandía mini.

En relación a los insectos plaga (Figura 2), los resultados obtenidos demuestran que los plásticos antiplagas que absorben la radiación ultravioleta que llega al invernadero, limitan la movilidad de los insectos, y por tanto la reproducción, por lo que resulta una herramienta importante para el control de mosca blanca y trips en invernadero ya que en los ensayos realizados se contabilizaron reducciones del 65% tanto de *Bemisia tabaci* como de *Frankliniella occidentalis* bajo plástico antiplagas en relación al testigo (Pérez *et al.*, 2009).

Respecto a los polinizadores (Figuras 3 y 4), los resultados experimentales demuestran que existe una interacción especifica entre los plásticos antiplagas y la especie polinizadora, de forma que la actividad del abejorro (*Bombus terrestris*) no se ve afectada por el uso de plásticos antiplagas, no alterando la producción del cultivo, mientras que la actividad de las abejas (*Apis mellifera*) sí se ve afectada (López *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2007), registrándose una reducción del 46% en el número de abejas que entran y salen de la colmena, lo que provocó reducciones máximas de producción de hasta el 34% (Pérez *et al.*, 2009).

En resumen, los resultados obtenidos muestran como los plásticos antiplagas reducen la incidencia de mosca blanca y trips de manera significativa, no afectando a la implementación del control biológico y además el abejorro (*Bombus terrestris*) no se vio afectado por el uso de plástico antiplagas, mientras que sí lo fue *Apis mellifera*. Por lo que,

Figura 2. Evolución del número acumulado de *Bemisia tabaci* (a) y *Frankliniella occidentalis* (b), en placas cromotrópicas, bajo plásticos con una transmisividad del 1% (antiplagas) y 55% de la radiación UV (testigo).

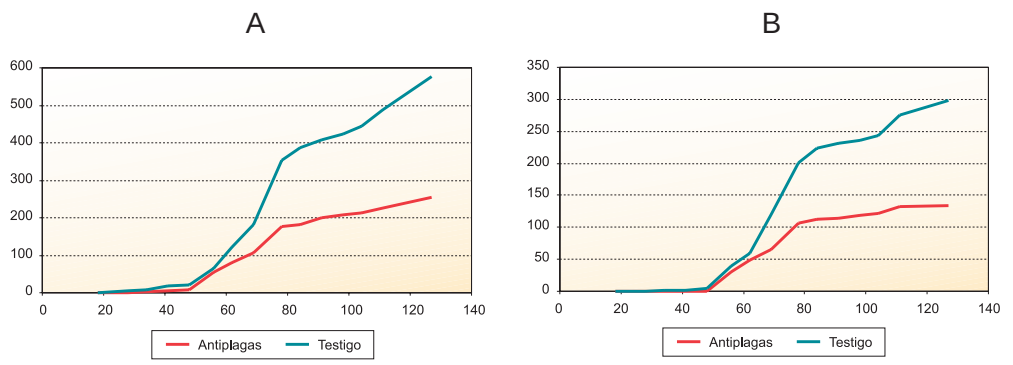
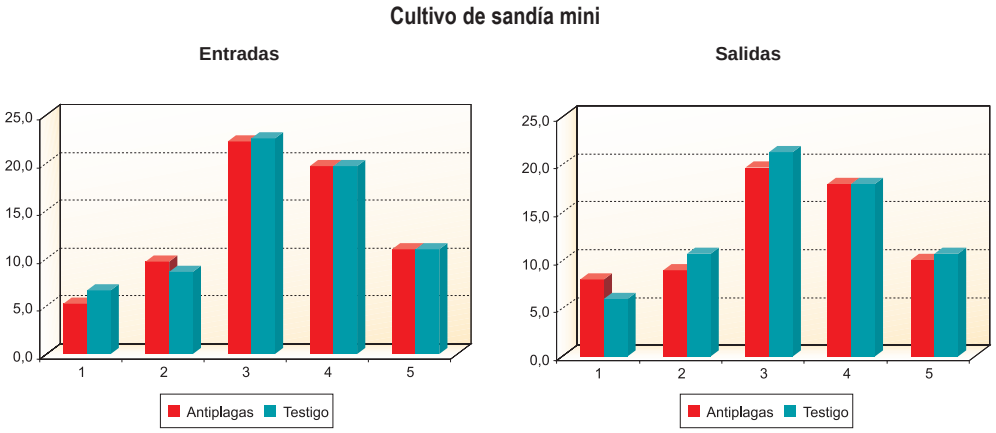
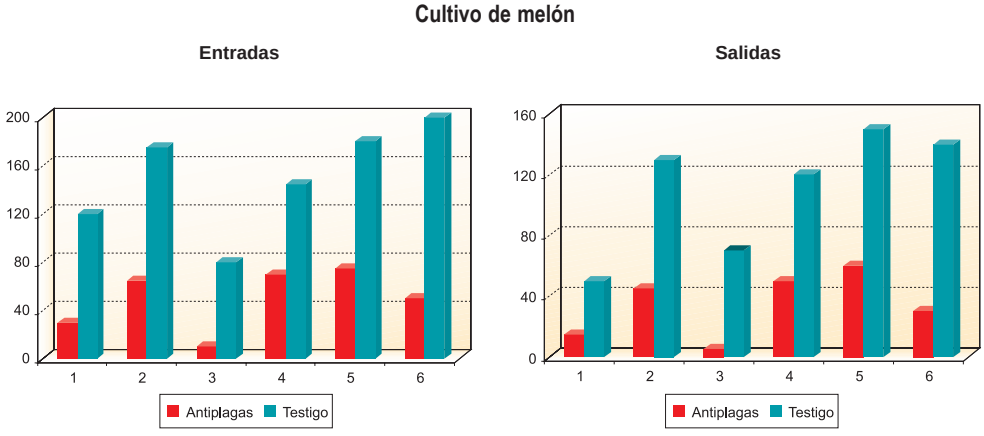


Figura 3. Seguimiento de la actividad de los abejorros (*Bombus terrestris*) bajo plásticos con una transmisividad del 1% (antiplagas) y 55% de la radiación UV (testigo)



Entradas: número medio de abejorros que entran en las colmenas durante 15 minutos de actividad. Salidas: número medio de abejorros que salen de las colmenas durante 15 minutos de actividad.

Figura 4. Seguimiento de la actividad de abejas (*Apis mellifera*) bajo plásticos con una transmisividad del 1% (antiplagas) y 55% de la radiación UV (testigo)



Entradas: número total de abejas que entran en la colmena durante 10 minutos de actividad. Salidas: número total de abejas que salen de la colmena durante 10 minutos de actividad.

en los cultivos en los que no se emplean las abejas como polinizadores, como tomate, pimiento, pepino, berenjena, judía, e incluso calabacín, la incorporación de los plásticos antiplagas puede permitir realizar un mejor control de las principales plagas hortícolas y mejorar los resultados obtenidos por el control biológico.

Foto 1. Vuelo de la abeja (*Apis mellifera*) sobre la flor de melón

Foto 2. Abeja (*Apis mellifera*) en una flor de sandía

Foto 3. Abejorro (*Bombus terrestris*) en una flor de tomate

Foto 4. Abejorro (*Bombus terrestris*) en una flor de sandía

2.1. Mallas anti-insectos

Las plagas en general y en particular aquellas que actúan como vectores de virus (como *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis)*, tales como el rizado amarillo del tomate (TYLCV) o el virus del bronceado del tomate (TSWV), respectivamente, se han convertido en el problema de gran repercusión económica en la horticultura protegida (Gázquez *et al.*, 2009b). Por ello, el uso de mallas en las ventanas como barrera física para reducir la entrada de insectos es una medida preventiva imprescindible en los sistemas de producción intensiva para reducir las aplicaciones de fitosanitarios y mejorar las posibilidades de éxito del control biológico.

En la actualidad, los catálogos de mallas anti-insecto disponibles para los agricultores son muy amplios (mallas de distinta densidad de hilos, variados colores, mallas fotoselectivas, etc.), pero la necesidad de compatibilizar la eficacia de las mallas en la exclusión de insectos con una adecuada permeabilidad al paso de aire que permita mantener unas correctas condiciones de ventilación, determina que el proceso de selección de la malla resulte complejo.

Durante los últimos años se han realizado diversos estudios para caracterizar geométricamente las mallas comerciales, así como calcular su porosidad (Ross y Gill, 1994; Bell y Baker, 1997; Teitel, 2001; Bartzanas *et al.*, 2002; Cabrera *et al.*, 2002; Valera *et al.*, 2003; Cabrera *et al.*, 2006), con el fin de determinar tanto su eficacia como barrera física ante la entrada de insectos como el efecto sobre la ventilación natural de los invernaderos.

Muchos de estos trabajos evidencian que las propiedades de las mallas no siempre están bien definidas en las ofertas comerciales. En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar, desde el año 2002, se vienen realizando trabajos sobre caracterización de mallas en los que se evalúan las características físicas de las mismas y su uniformidad, su eficacia como barrera contra insectos pla-

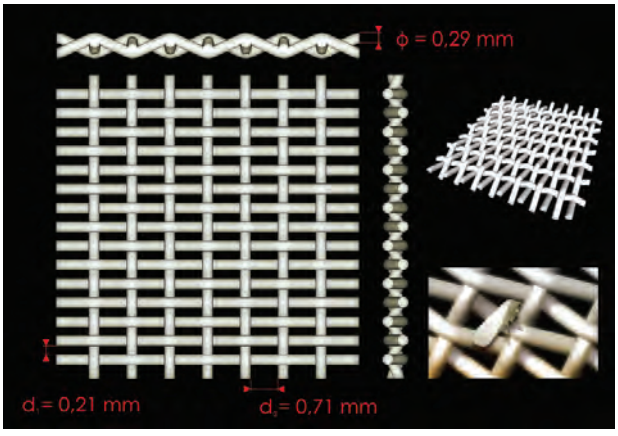
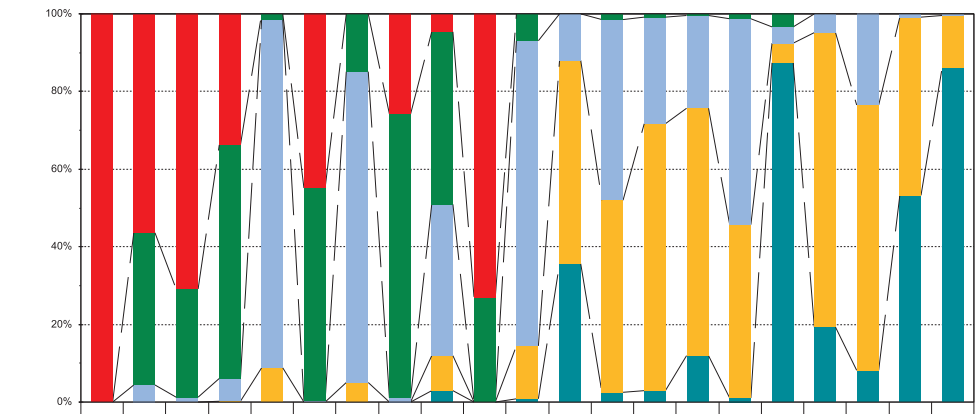


Foto 5. Imagen digital de una malla anti-insectos

ga y el efecto sobre la tasa de ventilación (Fig. 6). Estos trabajos han mostrado la falta de uniformidad en el tamaño de los huecos y en su geometría, que las propiedades de las mallas no están bien definidas y que es necesario mejorar la identificación comercial de las mallas y precisar sus características. Una correcta definición de una malla debe incluir (o permitir su estimación) información sobre los siguientes aspectos:

- Dimensión media del hueco y porcentaje de exclusión de insectos.
- Diámetro de hilo: diámetro o sendos diámetros en caso de ser oval, expresado en milímetros.
- Número de hilos por centímetro cuadrado, describiendo en primer lugar el número de hilos en urdimbre y en segundo lugar los de la trama. (ejemplo: 20 x 10 hilos/cm^2).
- Resistencia al flujo de aire (o porosidad): relación entre el área de hueco y el área total.
- Homogeneidad.
- Propiedades ópticas: transmisividad espectral y reflexión o absorción espectral.
- Propiedades mecánicas (resistencia a la radiación UV).

Figura 6. Estudio del porcentaje de exclusión de insectos para 21 mallas comerciales



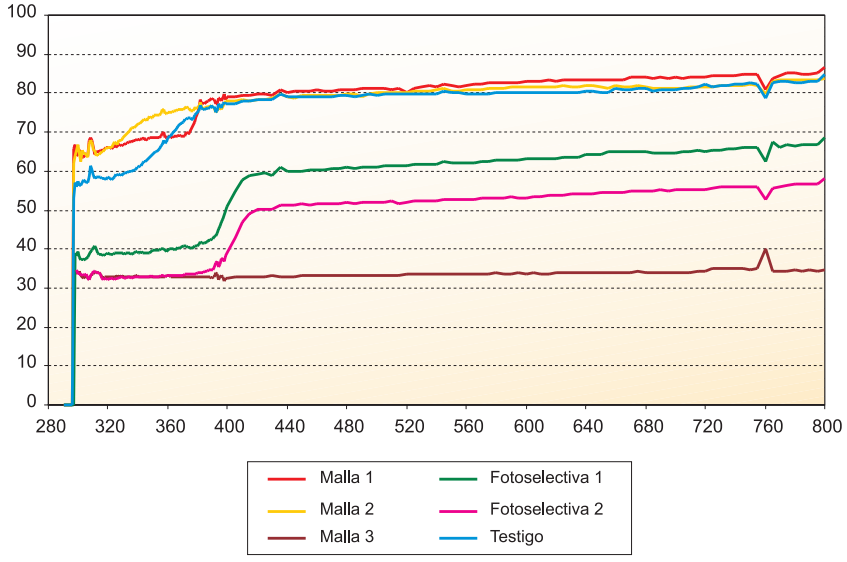
NXxNY (hilos cm^{-1})	4,6x2,8	15,3x8,7	15,0x9,2	15,3x8,6	20,5x8,7	15,6x9,5	20,7x9,2	16,1x10,2	18,4x9,6	14,9x10,4	19,8x10,2	27,9x13,4	20,2x9,3	20,7x10,6	19,3x11,1	19,8x10,6	30,1x21,4	22,6x10,7	20,8x10,3	22,3x10,8	22,5x11,0
G (mm)	(0,36)	(0,32)	(0,32)	(0,33)	(0,26)	(0,33)	(0,27)	(0,32)	(0,29)	(0,33)	(0,28)	(0,20)	(0,30)	(0,29)	(0,30)	(0,31)	(0,19)	(0,28)	(0,30)	(0,29)	(0,30)
0,32<Ø mm	1	0,563988	0,707692	0,338392	0	0,449184	0	0,256881	0,046626	0,731852	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,24<Ø=0,32 mm	0	0,391369	0,280769	0,60091	0,01372	0,545797	0,149062	0,732798	0,444172	0,268148	0,069259	0,000506	0,015448	0,009242	0,004263	0,013055	0,033166	0	0	0	0
0,19<Ø=0,24 mm	0	0,044643	0,011538	0,059181	0,897866	0,005019	0,800592	0,010321	0,388957	0	0,786148	0,119494	0,465499	0,273567	0,238704	0,529156	0,041651	0,048137	0,234445	0,008371	0,00326
0,15<Ø=0,19 mm	0	0	0	0,001517	0,088415	0	0,049358	0	0,090798	0	0,136087	0,524557	0,494336	0,68854	0,636829	0,447346	0,051678	0,759317	0,6844	0,458143	0,134474
Ø=0,15 mm	0	0	0	0	0	0	0,000987	0	0,029448	0	0,008505	0,355443	0,024717	0,028651	0,120205	0,010444	0,873506	0,192547	0,081154	0,533486	0,862266
	M20	M03	M01	M05	M11	M02	M14	M04	M12	M08	M07	M17	M10	M21	M06	M09	M18	M19	M13	M16	M15

Ø=0,15 mm | 0,15<Ø=0,19 mm | 0,19<Ø=0,24 mm | 0,24<Ø=0,32 mm | 0,32<Ø mm

La eficacia de las mallas anti-insectos se debe bien a que actúan como barrera física (Bethke *et al.*, 1994; Baker y Shearin, 1994; Bell, 1997; Bell y Weatherley, 1999; Antignus, 1999; Teitel *et al.*, 2000; Critten y Bailey, 2002; Díaz Pérez *et al.*, 2003; Hanafí *et al.*, 2003; Teitel 2006); o bien a que actúan como filtro de la luz (Bethke *et al.*, 1994; Antignus *et al.*, 2001; Teitel, 2001; Klose y Tantau, 2004).

En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se analizó el espectro de diferentes mallas comerciales (Figura 7), destacando como algunas de ellas (malla 3) ejercen una fuerte reducción de la luz, transmitiendo por igual en todo el espectro (en torno al 34%). Las mallas fotoselectivas reducen significativamente la transmisión de radiación ultravioleta (un 36 y 33%, frente al 60% que transmite el resto de mallas: testigo, malla 1 y malla 2). En el espectro visible, la transmisividad media de las mallas no fotoselectivas (testigo, malla 1, malla 2 y malla 3) es superior al 80%, frente al 61% de la malla fotoselectiva 1 ó el 50% de la malla fotoselectiva 2 (Gázquez *et al.*, 2009b).

Figura 7. Espectro de diferentes mallas comerciales



Malla1: Malla 28 x 13 hilos/cm² de Macrotex; Malla 2: Malla 30 x 21 hilos/cm² Econet-t de Ludvig Svensson; Malla 3: Malla 20 x 10 hilos/cm² de color negro; Fotoselectiva 1: Malla 21 x 9 hilos/cm² BioNet de Klayman Meteor L.T.D.; Fotoselectiva 2: Malla 21 x 11 hilos/cm² OptiNet de Polysack.

Foto 6. *Bemisia tabaci*

Foto 8. *Frankliniella occidentalis*

Foto 7. *Tutta absoluta*

Tabla 1. Dimensiones de insectos plaga comunes presentes en los invernaderos de Almería

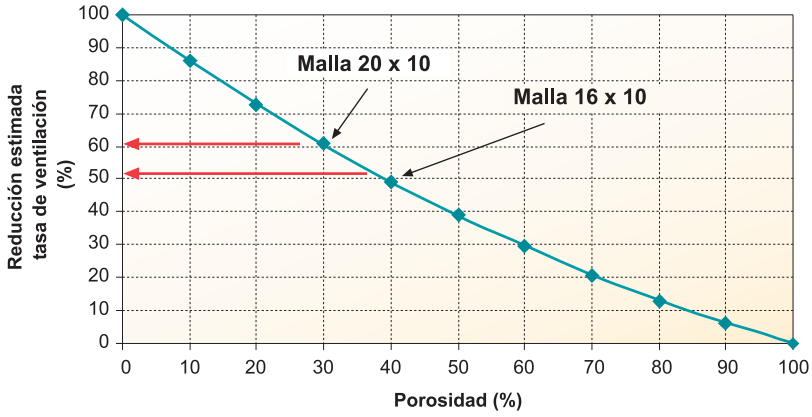
	Ancho (micras)	
Insecto plaga	**Tórax**	**Abdomen**
Liriomyza trifolii	640	850
Trialeurodes vaporariorum	288-400	708
Bemisia tabaci	239-320	565
Frankliniella occidentalis	192	265

La eficacia como barrera física depende, fundamentalmente, del tamaño de hueco, definido a su vez por el grosor y el número de hilos, y del tamaño y/o morfología del insecto plaga. Las dimensiones (ancho torácico y ancho abdominal) de los principales insectos plagas en los invernaderos de Almería se recogen en la Tabla 1.

Por otra parte, como muestra la Figura 8, las mallas en las ventanas provocan una reducción de la renovación del aire (Muñoz *et al.*, 1999; Fatnassi *et al.*, 2002 y 2006; Kittas *et al.*, 2002; Pérez-Parra *et al.*, 2003; Molina-Aiz *et al.*, 2004 y 2005) (mayores temperaturas, más humedad, menos CO_2) que debe ser compensada bien mediante el aumento de la superficie de ventilación (Pérez-Parra *et al.*, 2004), o bien, para obtener una mayor porosidad con una mayor exclusión de insectos, es decir, una mayor eficiencia, es necesario un menor diámetro de hilo (Cabrera *et al.*, 2006; Gázquez *et al.*, 2009b).

Teniendo en cuenta aspectos como el carácter tridimensional de las mallas, el diámetro torácico de los insectos y un diámetro de hilo pequeño (0,19 mm) Cabrera et al (2006) definieron la malla tipo más eficiente para la exclusión dos de las plagas más importantes en la agricultura bajo plástico (*Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis*) (Tabla 2).

Figura 8.
Reducción porcentual de la tasa de ventilación en función de la porosidad de la malla



Fuente: Pérez-Parra *et al*. (2004).

Tabla 2. Mallas más eficientes para la exclusión de las dos plagas más importantes en la agricultura bajo plástico (*Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis*)

Insecto plaga / diámetro tridimensional del hueco (mm)	$Ø_{3D}$ (mm)	Porosidad ($m^2\ m^{-2}$) (å)	Reducción ventilación (%)	Tipo de malla (hilos/cm^2)
Bemisia tabaci ($Ø_{3D}$: 0,24)	0,24	0,42	33	24 x 12
Frankliniella occidentalis ($Ø_{3D}$: 0,19)	0,19	0,36	41	28 x 14

Fuente: Cabrera *et al*. (2006).

Foto 6. Distintos tipos de mallas comerciales

Foto 7. Malla 28 x 14 hilos/cm^2

En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar en tres años consecutivos (2005, 2006 y 2007) y durante la época de primavera verano se han comparado mallas como material de cubierta de invernadero con diferentes propiedades tanto físicas como ópticas.

Figura 9. Evolución de la incidencia día acumulada (IDA) de *Frankliniella occidentalis* en planta, bajo diferentes mallas comerciales

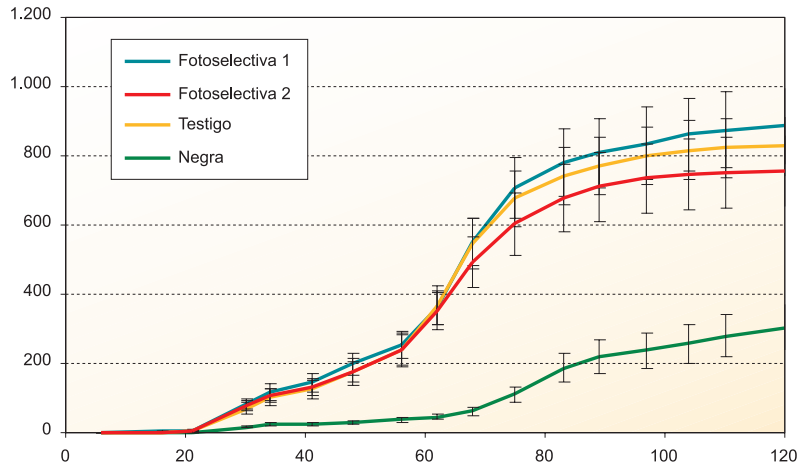
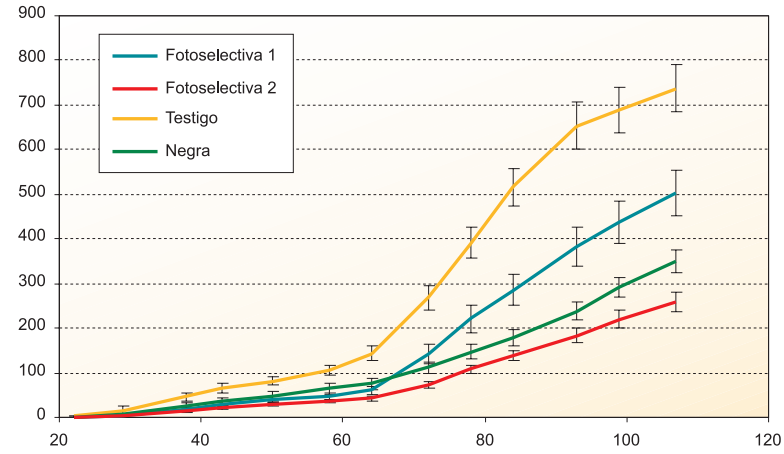


Figura 10. Evolución de la incidencia día acumulada (IDA) de *Bemisia tabaci* en planta, bajo diferentes mallas comerciales



Se ha analizado la influencia de mallas de distinta densidad de hilos y fotoselectividad utilizados como material de cubierta sobre la respuesta productiva de un cultivo de tomate en ramo, en ciclo de verano con control integrado, así como la incidencia de *Bemisia tabaci*, *Frankliniella occidentalis*, *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) y *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV).

Los resultados obtenidos (Figuras 9 y 10) indican que el empleo de mallas fotoselectivas o de mayor densidad que las mallas estándar de 20 x 10 hilos/cm^2 reducen de forma significativa los niveles de *Bemisia tabaci* y de TYLCV (Gázquez *et al.*, 2007). Asimismo, el empleo de mallas fotoselectivas no reduce significativamente la incidencia de *Frankliniella occidentalis*, efecto que si se ha observado cuando la reducción de radiación bajo la malla es importante (malla negra). Sin embargo, la fuerte reducción de la radiación transmitida por algunas mallas (negras o foteselectivas), tienen efectos muy negativos sobre la producción final, con reducciones en producción de hasta el 50% en un cultivo de tomate (Gázquez *et al.*, 2009).

2.2. Técnicas de refrigeración y control de plagas

La necesidad de atender las demandas de los mercados de un suministro continuo de productos durante todo el año, estable en cantidad y calidad, está obligando a ampliar los ciclos de cultivo hacia la época de verano, cuando se alcanzan en el invernadero temperaturas muy por encima de las óptimas (T>35 ºC) y humedades muy por debajo, con elevados déficit de presión de vapor (DPV>3 kPa). Por consiguiente, es necesario disponer de algún sistema de refrigeración en el invernadero para mantener unas condiciones más favorables para las plantas y que permitan conseguir cosechas adecuadas en cantidad y calidad durante más tiempo.

El adecuado control de la temperatura ambiental en invernadero es un factor esencial para obtener una producción homogénea y de calidad durante gran ciclo productivo, al intervenir de forma decisiva sobre multitud de procesos fisiológicos de los cultivos (González-Real y Baille, 2006). Si consideramos los ciclos de cultivo habituales en Almería, surge la necesidad de reducir la temperatura del aire desde principios de primavera hasta finales del otoño (Kittas *et al.*, 1996; Montero *et al.*, 1998). La estrategia más práctica y económica, y por ello las más utilizada para bajar la temperatura del invernadero durante el día, es la combinación de ventilación natural más blanqueo de la cubierta (Meca *et al.*, 2007).

La incorporación de mallas anti-insecto en las ventanas del invernadero para proteger los cultivos de plagas y enfermedades es una práctica generalizada que se ha adoptado en la horticultura del sudeste mediterráneo. Muñoz *et al.* (1998) y Pérez-Parra (2002) han cuantificado reducciones considerables de la tasa de ventilación del invernadero que van desde el 35% hasta el 60% para mallas conocidas como anti-pulgón y anti-trips, comúnmente usadas en los invernaderos. Por tanto, estas barreras físicas propician que la ventilación natural resulte insuficiente para alcanzar un régimen térmico e higrométrico aceptable para el desarrollo tanto de los cultivos hortícolas como de los enemigos naturales que introducimos en los mismos.

El mayor problema de la mayoría de los invernaderos tipo parral multicapilla es la falta de una adecuada ventilación natural. Esto provoca la aparición de temperaturas excesivas en el interior del invernadero y de problemas asociados a dichos excesos térmicos, especialmente si los niveles de humedad relativa son bajos: estrés hídrico, problemas de cuajado de frutos, fisiopatías del fruto (*blossom end rot*, *blotching* -maduración irregular-, rajado de la epidermis, etc.), etc. Pero una ventilación natural deficiente también tiene efectos perniciosos en épocas frías, pues éstas coinciden en Almería con el pleno desarrollo de los cultivos, cuya transpiración induce la aparición de elevados niveles de humedad relativa. Estos niveles, unidos al enfriamiento nocturno de la cubierta, acaban produciendo condensación en la cara interior del plástico. Dicha condensación produce un goteo sobre el cultivo que favorece el desarrollo de enfermedades fúngicas y bacterianas de la parte aérea (Hand, 1984; Mistriotis *et al.*, 1997; Papadakis *et al.*, 2000). Además, la lámina de condensación reduce la transmisión de luz al interior del invernadero (hasta un 40% en las horas centrales del día, Jaffrin y Makhlouf, 1990) limitando la intercepción de luz por parte del cultivo, y en definitiva, la producción. Además, pueden aparecer desórdenes nutricionales asociados a los altos niveles de humedad relativa. Por último, y no menos importante, una mala tasa de renovación de aire puede hacer que los niveles de CO_2 en el interior del invernadero bajen drásticamente a medida que éste es fijado por el cultivo como consecuencia de su actividad fotosintética. Con condiciones deficientes de ventilación, han sido medidas reducciones de la concentración de CO_2 del 25% respecto a la concentración exterior con vientos superiores a 5 m/s, (Lorenzo, 1990); y de hasta un 44% con vientos inferiores a 1,5 m/s, que resultan limitantes para la productividad del mismo.

La conveniencia de ventilar adecuadamente el invernadero para evitar problemas fitopatológicos indeseables y para procurar condiciones adecuadas para la introducción y establecimiento de fauna auxiliar beneficiosa, sobre todo cuando la colocación de mallas anti-

Figura 11.
Pauta recomendable de manejo del blanqueo de la cubierta del invernadero en pimiento

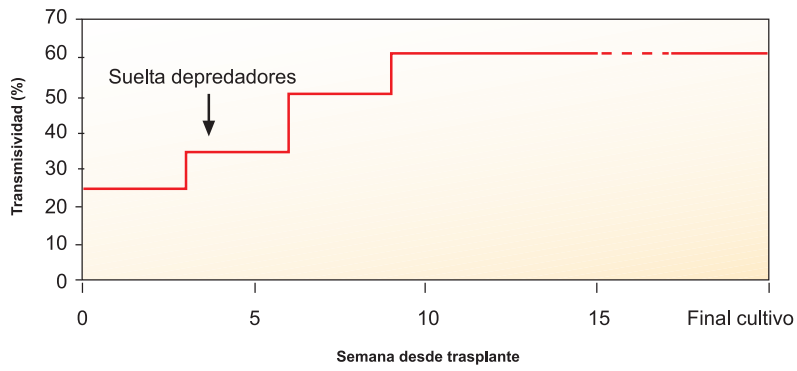


Foto 8. Invernadero con ventilación natural

Foto 9. Ventilación forzada

insecto es inevitable, hace necesario mejorar el diseño de los sistemas de ventilación actuales, aumentando la superficie de ventilación, incorporando ventanas más eficientes (abatibles frente enrollables) o combinando ventilación lateral y cenital (Pérez-Parra *et al.*, 2004)

Por otra parte, el sombreado por blanqueo de la cubierta presenta una serie de inconvenientes como son la permanencia de la cal en el invernadero durante días nublados y la falta de homogeneidad en su aplicación (Montero *et al.*, 1998). Mejoras como el establecimiento y el lavado progresivo del blanqueo (Figura 11), ayudarán tanto al desarrollo del cultivo como a la adecuada evolución de las poblaciones de enemigos naturales.

Foto 10. Boquilla de nebulización a alta presión

Foto 11. Boquilla de nebulización a baja presión

Cuando la combinación de ventilación natural y blanqueo en los periodos de mayor carga térmica no son suficientes para evitar las altas temperaturas, la incorporación de otros sistemas de refrigeración, como pueden ser la ventilación forzada o la refrigeración evaporativa mediante nebulización, pueden ser alternativas a tener en cuenta, por su alta eficiencia. Pero la incorporación de tecnología para el control de las temperaturas excesivas tiene efectos, que deben ser estudiados, sobre la incidencia de plagas y de sus enemigos naturales para corregir efectos indeseados.

En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se está realizando un programa de investigación sobre refrigeración en invernaderos, en los que se han evaluado diferentes sistemas de refrigeración: ventilación natural, ventilación forzada, nebulización, tanto a alta como a baja presión, blanqueo a diferentes concentraciones y combinaciones de estas técnicas (Aroca, 2003; Maillo, 2005; Sáez, 2005; Rodríguez, 2006; Parra, 2007; González, 2008; Meca, 2008; Gázquez *et al.*, 2006; 2007 y 2009; Meca *et al*., 2006 y 2007; Pérez-Parra *et al.*, 2005) y se han cuantificado los efectos de dichas técnicas de refrigeración sobre la incidencia de plagas y enfermedades.

Los resultados (Figuras 12 y 13) muestran que la utilización de ventilación forzada aumentó significativamente las poblaciones tanto de *Bemisia tabaci* y *Frankliniella occidentalis* con respecto al blanqueo y la nebulización, debido a la penetración más elevada de los mismos a través de la malla de las ventanas de entrada por la caída de presión inducida por los ventiladores-extractores. En relación a los virus y enfermedades también hubo una mayor incidencia de TSWV en el tratamiento de ventilación forzada y de *Botrytis cinerea* en el de nebulización (Gázquez *et al.*, 2007).

Figura 12. Número de moscas día acumuladas (MDA) para un cultivo de pimiento bajo tres sistemas de refrigeración (T1: V. Forzada, T2: Nebulización y T3: Blanqueo).

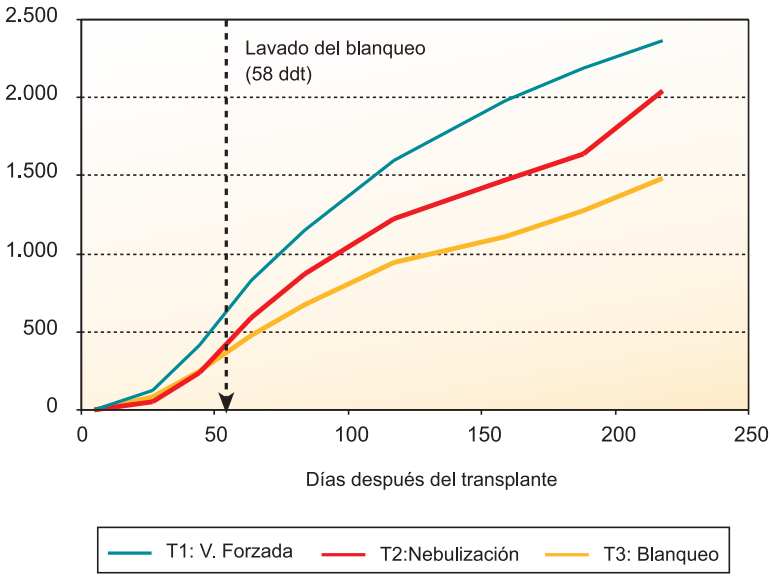
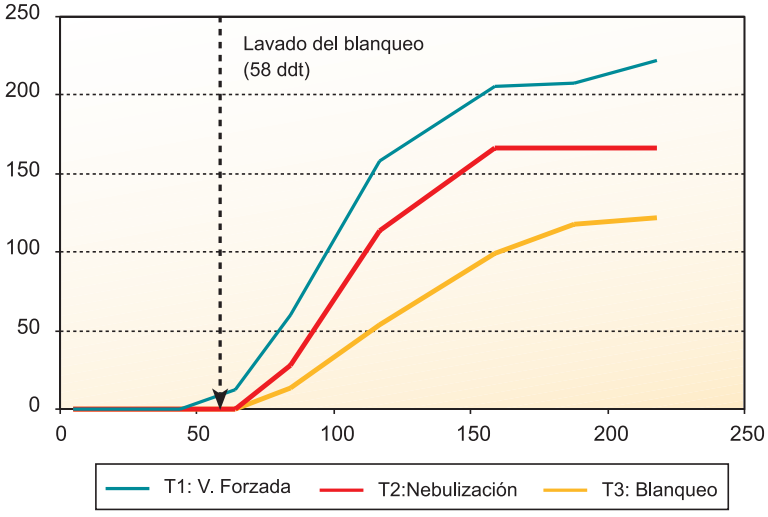


Figura 13. Número de Trips Día Acumulados (TDA) para un cultivo de pimiento bajo tres sistemas de refrigeración (T1: V. Forzada, T2: Nebulización y T3: Blanqueo).



En ensayos posteriores se evaluó la influencia de dos estrategias de refrigeración (blanqueo a dosis estándar *vs*. nebulización en la incidencia de plagas (*B. tabaci* y *F. occidentalis*) y del TSWV en un cultivo de pimiento california en invernadero. El tratamiento de nebulización, al moderar el déficit de humedad y el estrés hídrico durante las primeras semanas, favoreció el desarrollo y reproducción de los trips, manteniendo niveles superiores respecto al tratamiento de blanqueo (Gázquez *et al.*, 2007). La diferencias encontradas en la presencia de trips se trasladaron a una mayor incidencia del TSWV en el tratamiento con nebulización, con un porcentaje de plantas afectadas del 72% al final del ciclo de cultivo, siendo el mes de diciembre en el que más plantas enfermas se encontraron (más del 30% del total); en el tratamiento de blanqueo no se llegó ni al 5% de plantas infectadas (Figura 14) (Gázquez *et al.*, 2009a).

Los resultados mostraron que la estrategia nebulización combinada con blanqueo de la cubierta (dosis de blanqueo: 12,5 kg de *Blanco de España* por 100 L de agua) aumenta significativamente las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* con respecto al blanqueo estándar (25 kg de *Blanco de España* por 100 L de agua) (Figuras 15 y 16). En relación a los virus transmitidos por trips también hubo una mayor incidencia de TSWV bajo dicho tratamiento, no observándose en cambio diferencias en la incidencia de *Bemisia tabaci* (Gázquez *et al.*, 2009a).

Figura 14. Evolución del porcentaje de virus TSWV, en un cultivo de pimiento bajo dos estrategias de refrigeración: blanqueo de la cubierta con dosis estándar y nebulización más blanqueo de la cubierta con dosis reducida (50%)

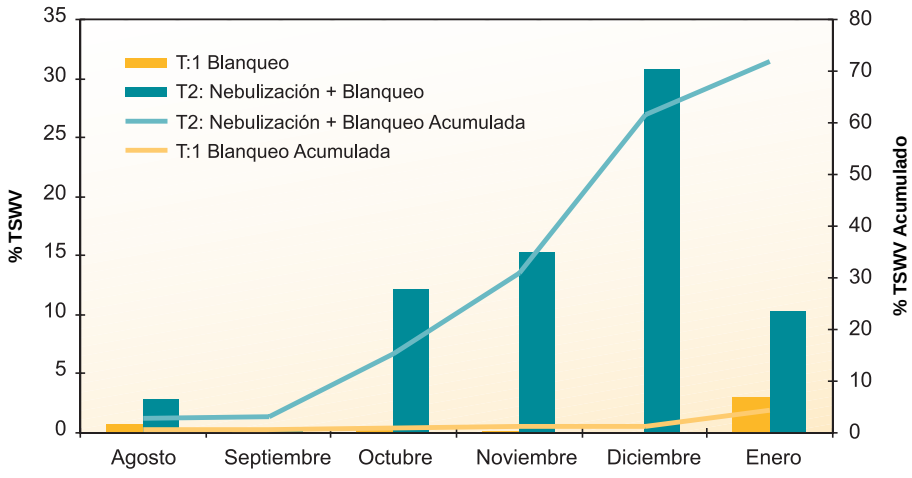


Figura 15. Evolución del índice Mosca Día Acumulada (MDA) en planta, para un cultivo de pimiento bajo dos estrategias de refrigeración blanqueo de la cubierta con dosis estándar y nebulización más blanqueo de la cubierta con dosis reducida (50%)

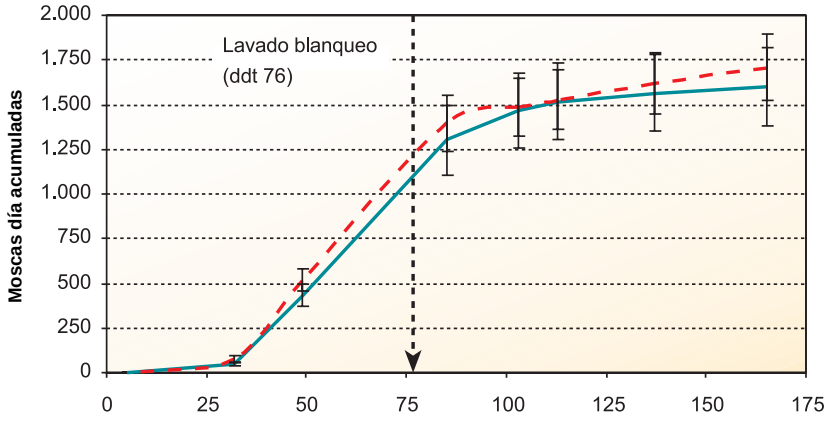
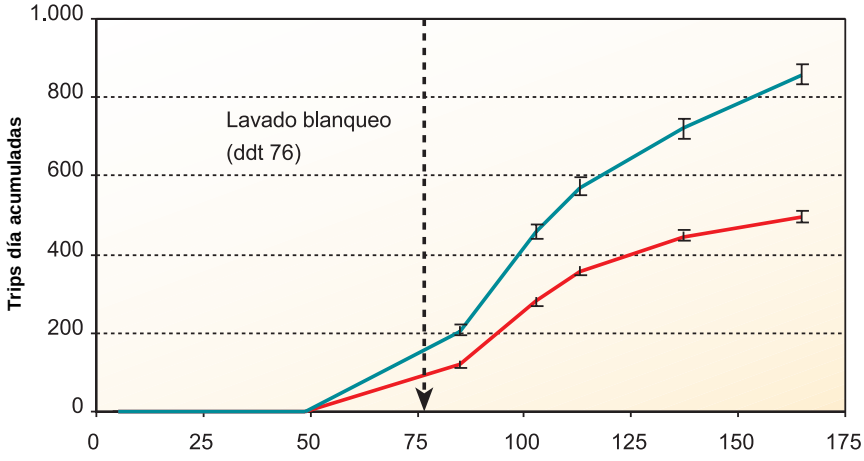


Figura 16. Evolución del índice Trips Día Acumulada (TDA) en planta, para un cultivo de pimiento bajo dos estrategias de refrigeración blanqueo de la cubierta con dosis estándar y nebulización más blanqueo de la cubierta con dosis reducida (50%)



3. Bibliografía

- ANTIGNUS, Y.; LAPIDOT, M. y COHEN, S. (1999): «UV-Absorbing Plastic Films and Nets. An Innovative Tool of IPM to Reduce the Spread of Insect Pests and Virus Diseases in Covered Crops»; en *Phytoparasitica* (27:1); pp. 76-77.
- ANTIGNUS, Y.; NESTEL, D.; COHEN, S. y LAPIDOT, M. (2001): «Ultraviolet-deficient greenhouse environment affects whitefly atracction and flight-behavior»; en *Environ. Entom.* (30); pp. 394-399.
- AROCA, R. (2003): *Ensayo de un sistema de refrigeración evaporativa en un invernadero multitúnel*. Universidad de Almería, Proyecto Fin de Carrera.
- BAKER, J. R. y SHEARIN, B. A. (1994): «An update on screening for the exclusion of insect pests»; en *NC Flower Growers' Bull* (39:2); pp. 6-11.
- BARTZANAS, T.; BOULARD, T. y KITTAS, C. (2002): «Numerical simulation of the airflow and temperature distribution in a tunnel greenhouse equipped with insect-proof screen in the openings»; en *Computers and Electronics in Agriculture* (34:1-3); pp. 207-221.
- BELL, M. L. (1997): «Select insect screens on their exclusion capability»; en *Greenhouse Manag. Prod*.; pp. 29-31.
- BELL, M. y BAKER, J. R. (1997): «Select greenhouse screening materials for their ability to exclude insect pests»; en *NC Flower Growers' Bulletin* (42:2); pp. 7-13.
- BELL, M. y WEATHERLEY, N. (1999): «Greenhouse insect screens. Making the right selection»; en *The Nursery Papers*.
- BERTHOLF, L. M. (1931): «The distribution of stimulative efficiency in the ultra-violet spectrum for the honeybee»; en *J. Agr. Res*. (43); pp. 703-713.
- BETHKE, J. A.; REDAK, R. A. y PAINE, T. D. (1994): «Screens deny specific pests entry to greenhouses»; en *California Agric*. (mayo-junio); pp. 37-40.
- BROWN, P. E.; FRANK, C. P.; GROVES, H. L. y ANDERSON, M. (1998): «Spectral sensitivity and visual conditioning in the parasitoid wasp *Trybliographa rapae* (hym.: Cynipidae)»; en *Bulletin of Entomological Research* (88); pp. 239-245.
- CRITTEN, D. L. y BAILEY, B. J. (2002): «A review of greenhouse engineering developments during the 1990s»; en *Agricultural and Forest Meteorology* (112); pp. 1-22.

- CABELLO, T.; VAN DER BLOM, J. y SOLER, A. (2005a): «Efectos de los plásticos antiplagas sobre los insectos polinizadores en invernadero»; en *Vida Rural* (219); pp. 40-42.
- CABELLO, T.; VAN DER BLOM, J. y SOLER, A. (2005b): «Luz ultravioleta, plásticos y visión en insectos»; en *Actas IV Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Bragança.
- CABELLO, T.; VAN DER BLOM, J.; SOLER, A. y LÓPEZ, J. C. (2006): «Atractivos florales visuales en plantas hortícolas»; en *II Jornadas de Polinización en Plantas Hortícolas*. Junta de Andalucía; pp. 37-48.
- CABRERA, F. J.; LÓPEZ, J. C.; BAEZA, E. y PÉREZ-PARRA, J. (2002): «Informe sobre caracterización de mallas anti-insecto»; en *Almería Agrícola* (47); pp. 18-2.
- CABRERA, F. J., LÓPEZ, J. C., BAEZA, E. y PÉREZ-PARRA, J. (2006): .«Efficiency of Anti-Insect Screens placed in the Vents of Almería»; en *Greenhouses. Symposium on Greenhouse Cooling: methods, technologies and plant response*. Almería, abril de 2006.
- CHITTKA, L. y THOMSON, J. D. (2001): *Cognitive Ecology of Pollination. Animal Behavior and Floral Evolution*. Cambridge University Press.
- DÍAZ PÉREZ, M.; GALLARDO VILLANUEVA, D.; CARMONA MEDINA, J. J.; CAMACHO FERRE, F. y FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, E. J. (2003): «Utilización de mallas anti-insectos como protección de invernaderos mediterráneos»; en FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, E. J., ed.: *Innovaciones tecnológicas en cultivos de invernadero*. Madrid, Ediciones Agrotécnicas; pp. 165-175.
- DÍAZ, T.; ESPÍ, E.; FONTECHA, A.; JIMÉNEZ, J. C.; LÓPEZ, J. y SALMERÓN, A. (2001): *Los filmes plásticos en la agricultura agrícola*. Madrid, Ed. Mundi-Prensa.
- DYER, G. y CHITTA, L. (2004): «Bumblebee search time without ultraviolet light»; en *J. Exp. Biol*. (207); pp. 1.683-1.699.
- FATNASSI, H.; BOULARD, T.; DEMRATI, H.; BOUIRDEN, L. y SAPPE, G. (2002): «Ventilation performance of a large Canarian-type greenhouse equipped with insect-proof nets»; en *Biosystems Engineering*, 82(1); pp. 97-105.
- FATNASSI, H.; BOULARD, T.; PONCET, C. y CHAVE, M. (2006): «Optimisation of greenhouse insect screening with computational fluid dynamics»; en *Biosystems Engineering* (93); pp. 301-312.

- GÁZQUEZ, J. C.; LORENZO, P.; SÁNCHEZ, M. C.; LÓPEZ, J. C.; BAEZA, E. y PÉREZ-PARRA, J. (2006): «Bioproductivity response to different methods of greenhouse refrigeration in a sweet pepper crop»; en *Symposium on Greenhouse Cooling: methods, technologies and plant response*. Almería, abril de 2006.
- GÁZQUEZ, J. C.; SÁEZ, M.; LÓPEZ, J. C.; PÉREZ-PARRA, J. y BAEZA, E. (2007): «Influencia de tres sistemas de refrigeración en la presencia de plagas y en enfermedades en un cultivo de pimiento California»; en *XI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas (SECH).* Albacete.
- GÁZQUEZ, J. C.; LÓPEZ, J. C; BAEZA, E.; PÉREZ-PARRA, J.; MECA, D. y PARRA, A. (2009a): «Influencia de dos estrategias de refrigeración en la presencia de plagas y virus del bronceado del tomate en un cultivo de pimiento California en invernadero»; en *VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas (SECH).* Logroño, Acta de Horticultura, 54; pp. 220-221.
- GÁZQUEZ, J. C.; LÓPEZ, J. C.; BAEZA, E; PÉREZ-PARRA, J.; PÉREZ, C; MECA, D. y ACOSTA, J. A. (2009b): «Screenhouses on the Mediterranean Basin: Pest Incidence and Productivity of a Tomato Crop»; en *GreenSys 2009*. Québec (Canadá), junio de 2009.
- GONZÁLEZ, A.; RODRÍGUEZ, R.; BAÑÓN, S.; FRANCO, J. A; FERNÁNDEZ, J. A.; SALMERÓN, A. y ESPÍ, E. (2003): «Strawberry and cucumber cultivation under fluorescent photoselective plastic films cover»; en *Acta Horticulturae* (614); pp. 407-414.
- GONZÁLEZ, F. (2008): *Transpiración de un cultivo de pimiento california bajo distintos niveles de radiación y déficit de presión de vapor*. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería.
- GONZÁLEZ-REAL, M. M. y BAILLE, A. (2006): «Plant response to greenhouse cooling. Proceedings of the international symposium on greenhouse cooling»; en *Acta Horticulturae* (719); pp. 427-437.
- HANAFÍ, A.; BOUHARROUD, R.; MIFTAH, S. y AMOUAT, S. (2003): «Evaluation of different types of insect screens for the exclusion of whiteflies and natural enemies»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 26(10); pp. 43-48.
- HAND, D. W. (1984): «Crop responses to winter and summer CO_2 enrichment»; en *Acta Horticulturae* (162); pp. 45-64.
- HOLLINGSWORTH, J. P.; HARTSTACK, A. W. y LINGREN, P. D. (1970): «The spectral response of *Campoletis perdistinctus*»; en *J. Econ. Entom*. (63); pp. 1.758-1.761.

- JAFFRIN, A. y MAKHLONF, S. (1990): «Mechanism of light transmision through wet polymer»; en *Acta Horticulturae* (281); pp. 11-24.
- JARVIS, W. R. (1997): *Control de enfermadades en cultivos de invernadero*. Madrid, Mundi-Prensa.
- KITTAS, C.; BOULARD, T.; BARTZANAS, T.; KATSOULAS, N. y MERMIER, M. (2002): «Influence of an insect screen on greenhouse ventilation»; en *Transactions of the ASAE* 45(4); pp. 1.083-1.090.
- KLOSE, F. y TANTAU, H. J. (2004): «Test of insect screens- Measurement and evaluation of the air permeability and light transmission»; ,en *Europ. J. Hort. Sci*. (69); pp. 235-243.
- KITTAS, C.; BOULARD, T.; MERMIER, M. y PAPADAKIS, G. (1996): «Wind Induced Air Exchange Rates in a Greenhouse Tunnel with Continuous Side Openings»; en *J. Agric. Eng. Res*. 65 (1); pp. 37-49.
- LAPIDOT, M.; COHEN, S. y ANTIGNUS, Y. (2002): «Interferencia de la visión UV de los insectos: una herramienta IPM para impedir las epidemias de las plagas de insectos y las enfermedades virales asociadas con los insectos»; en *Phytoma-España* (135); pp. 172-176.
- LORENZO, P.; MAROTO, C. y CASTILLA, N. (1990): «CO_2 in plastic greenhouse in Almería (Spain)»; en *Acta Horticulturae* (268); pp. 165-169.
- LÓPEZ, J. C.; PÉREZ, C.; SOLER, A.; PÉREZ-PARRA , J.; GÁZQUEZ, J. C.; MECA, D. y RODRÍGUEZ, M. A. (2006): «Evaluación de tres materiales anti-plagas para cubierta de invernadero»; en *X Jornadas del Grupo de Horticultura*. Granada; pp. 21-25.
- MAILLO, J. (2005): *Evaluación de distintos sistemas de refrigeración: Ventilación forzada, Nebulización y Encalado estándar bajo similares estructuras de invernadero multitúnel*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Almería.
- MECA, D.; LÓPEZ, J. C.; GÁZQUEZ, J. C.; BAEZA, E. y PÉREZ-PARRA, J. (2006): «Evolution of two cooling system in Parral type green house with pepper crops: Low pressure fog system verses whitening. Proceedings of the international symposium on greenhouse cooling»; en *Acta Horticulturae* (719); pp. 515-520.
- MECA, D.; LÓPEZ, J. C.; GÁZQUEZ, J. C.; BAEZA, E. y PÉREZ-PARRA, J. (2007): «Efecto de dos dosis de blanqueo sobre la productividad y el microclima de un cultivo de pimiento en invernadero»; en *XI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas (SECH).* Albacete.

- MECA, D. (2008): *Efecto de dos dosis de blanqueo sobre la productividad y el microclima de un cultivo de pimiento en invernadero*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Almería.
- MISTRIOTIS, A.; BOT, G.; PICUNO, P. y SCARASSCIA-MUGNOZZA, G. (1997): «Analysis of the efficiency of greenhouse ventilation using computational fluid dynamics»; en *Agricultural and Forest Meteorology* (85:2); pp. 17-228.
- MOLINA-AIZ, F. D.; VALERA, D. L. y ÁLVAREZ, A. J. (2004): «Measurement and simulation of climate inside Almeria-type greenhouse using computational fluid dynamics»; en *Agricultural and Forest Meteorology* (125); pp. 33-51.
- MONCI, F.; GARCÍA-ANDRÉS, S.; SÁNCHEZ, F.; MORCONES, E.; ESPI, E. y SALMERÓN, A. (2004): «Tomato yellow leaf curl disease control with UV-blocking plastic covers in comercial plastichouses of Southern Spain»; en *Acta Horticulturae* (633); pp. 537-542.
- MONTERO, J. I.; ANTÓN, A. y MUÑOZ, P. (1998): «Refrigeración de invernaderos»; en PÉREZ-PARRA y CUADRADO, eds.: *Tecnología de invernaderos II. Curso Superior de Especialización*. Almería; FIAPA, Diputación Provincial de Almería y Junta de Andalucía; pp. 313-398.
- MUÑOZ, P. (1998): *Ventilación natural de invernaderos multitúnel*. Tesis Doctoral, Universitat de Lleida.
- MUÑOZ, P.; MONTERO, J. I.; ANTÓN, A. y GIUFFRIDA, F. (1999): «Effect of insect-proof screens and roof openings on greenhouse ventilation»; en *J. Agric. Engng. Res.* (73); 171-178.
- PAPADAKIS, G.; BRIASSOULIS, D.; MUGNOZZA, G. S.; VOX, G.; FEUILLOLEY, P. y STOFFERS, J. A. (2000): «Radiometric and thermal propertiers of, and testing methods for, greenhouse covering materials»; en *Journal Agricultural Engineering Research,* 77 (1); pp. 7-38.
- PARRA, A. (2007): *Estudio de la influencia de la radiación solar y el déficit de presión de vapor sobre el cultivo de pimiento bajo distintas estrategias de refrigeración*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Almería.
- PÉREZ-PARRA, J. J. (2002): *Ventilación natural en invernadero tipo parral*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba.

- PÉREZ-PARRA, J.; BAEZA, E.; LÓPEZ, J. C.; PÉREZ, C.; MONTERO, J. I. y ANTÓN, A. (2003): «Effect of vent types and insect screens on ventilation of 'Parral' greenhouses»; en *Acta Horticulturae* (614); pp. 393-400.
- PÉREZ-PARRA, J.; BAEZA, E.; MONTERO, J. I. y BAILEY, B. J. (2004): «Natural ventilation of Parral Greenhouses»; en *Biosystems Engineering*, 87(3); pp. 355-366.
- PÉREZ-PARRA, J.; AROCA, R.; ZARAGOZA, G; BAEZA, E.; GÁZQUEZ J. C. y LÓPEZ, J. C. (2005): «Efecto de un sistema de nebulización de alta presión sobre el clima y la bioproductividad de un cultivo de pimiento en invernadero»; en *VI Congreso Ibérico Ciencias Hortícolas (SECH).* Oporto; I, pp. 315-321.
- PÉREZ, C.; LÓPEZ, J. C.; GÁZQUEZ, J. C.; MECA, D. E.; MARÍN, A.; BERMÚDEZ, M. S. y SOLER, A. (2007): «Influencia de los plásticos antiplagas sobre los polinizadores naturales de los cultivos hortícolas en invernadero»; en *XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura*. Almería.
- PÉREZ, C.; LÓPEZ, J. C.; GÁZQUEZ, J. C.; MARÍN, A. y BERMÚDEZ, M. S. (2009): «Experiencias con plásticos antiplagas en cultivos de tomate y sandía»; en *VI Congreso Ibérico de Ciencia s Hortícolas (SECH).* Logroño. Acta de Horticultura (54); pp. 204-205.
- RAPISARDA, C.; TROPEA, G.; CASCOTE, G.; MAZZARELLA, R.; COLOMBO, A. y SERGES, T. (2006): «UV-absorbing plastic films for the control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) and Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD) in protected cultivations in Sicily (South Italy). Proceedings of the international symposium on greenhouse cooling»; en *Acta Horticulturae* (719); pp. 597-604.
- RODRÍGUEZ, E. (2006): *Determinación de la transpiración de un cultivo de pimiento bajo tres sistemas de refrigeración: ventilación forzada, nebulización y blanqueo*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Almería.
- ROSS, D. S. y GILL, S. A. (1994): *Insect Screening for Greenhouses*. Maryland Cooperative Extension, University of Maryland.
- SÁEZ, M. I. (2005): *Refrigeración de invernaderos mediante ventilación forzada y nebulización: efecto sobre clima y producción*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Almería.
- SOLER, A.; VAN DER BLOM, J. Y CABELLO, T. (2005): «Efecto de cubiertos de invernadero UV absorbentes en el comportamiento de polinizadores (*Bombus terrestris* y *Apis mellifera*: Hymenoptera, apidae) en condiciones de bio-ensayo»; en *Actas IV Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Bragança.

- SALMERÓN, A.; ESPÍ, E.; FONTECHA, A. y GARCÍA-ALONSO, Y. (2001): «Fílmes agrícolas avanzados: un campo abierto»; en *Actas del I Simposio Internacional de Plasticultura.*
- TEITEL, M.; BARAK, M.; BERLINGER, M. J. y LEBIUSH-MORDECHI, S. (2000): «Insect-proof screens: Their efect on roof ventilation and insect penetration»; en *Acta Horticulturae* (507); pp. 25-34.
- TEITEL, M. (2001): «The effect of insect-proof screens in roof openings on greenhouse microclimate»; en *Agric. Forest Meteorol*. (110); pp. 13-25.
- TEITEL, M. (2006): «The efeect of sreens on the microclimate of greenhouses and screenhouses: a review. Proceedings of the international symposium on greenhouse cooling»; en *Acta Horticulturae* (719); pp. 575-586.
- VARELA, F. (1974): *Los ojos de los insectos*. Bilbao, Editorial Alhambra.
- VALERA, D. L.; PEÑA, A.; MOLINA, F. D.; ÁLVAREZ, A. J.; LÓPEZ, J. A. y MADUEÑO, A. (2003): «Caracterización geométrica y mecánica de diferentes tipos de agro-textiles utilizados en invernaderos»; en *II Congreso Nacional de Agroingeniería*; pp. 267-268.
- WEISS, H. B. (1943): «Color perception in Insect»; en *J. Econ. Entom*. (36); pp. 1-17.

Tema 5

Técnicas de cultivo y control biológico

Juan C. Gázquez Garrido, Jerónimo J. Pérez-Parra, Juan C. López Hernández, Esteban Baeza Romero, David E. Meca Abad y Corpus Pérez Martínez

1. Introducción

En todo programa de manejo integrado de plagas (IPM o ICM) es necesario integrar todas las técnicas compatibles entre sí (medidas culturales, operaciones de cultivo, etc.) que permitan disminuir el nivel de los patógenos (plagas y enfermedades) y/o potenciar el establecimiento de los enemigos naturales. Durante los últimos años se han evaluado nuevas técnicas de cultivo que interactúan con el complejo plagas-enemigo natural, y por tanto influyen sobre la eficiencia del control biológico.

Una muestra de cómo algunas prácticas culturales pueden afectar al complejo biológico planta-plaga-fauna auxiliar se puede ver en la forma de aplicación del azufre en invernadero, o la forma de introducir los enemigos naturales en los invernaderos, etc.

El cultivo es un elemento primordial en toda estrategia de control de plagas. Su estado fitosanitario va a depender de las prácticas culturales a que esté sometido (riego, fertilización, destallados, podas, etc.) y, a su vez, éstas influirán decisivamente en la gestión de las poblaciones de la fauna auxiliar introducida en el invernadero. Por ello es necesario sincronizar la programación de las medidas culturales (podas, destallados…) con las sueltas de fauna auxiliar para impedir que estas tareas interfieran durante el proceso de instalación de los enemigos naturales. Así, las labores culturales de poda deben realizarse siempre que sea posible antes de cada liberación de enemigos naturales y no volver a realizarlas en dos semanas tras la suelta.

En la selección del material vegetal se deben considerar aquellos caracteres que favorezcan la implantación de los enemigos naturales. Por ejemplo, muchas especies, sobre todo ácaros y chinches depredadores, dependen para su reproducción del polen que producen las flores. Por lo tanto, hay que procurar que la floración de los cultivos se mantenga estable durante todo el ciclo del cultivo, lo que puede implicar un cambio en la poda de las plantas, cambios en el abonado para producir plantas más vegetativas y también en la forma de cosechar, escalonando más las recolecciones.

* Estación Experimental de la Fundación Cajamar.

La gestión de las sueltas de enemigos naturales puede condicionar el éxito de su establecimiento. Las sueltas deben realizarse preferiblemente a última hora del día, o en su defecto a primera hora, para evitar que sufran estrés, debido al gran cambio que supone pasar de las temperaturas recomendadas de conservación a las condiciones que hay dentro de los invernaderos en las horas centrales del día (generalmente elevada temperatura y humedad relativa muy baja).

En el presente capitulo se revisan algunas de las técnicas de cultivo en agricultura intensiva como son la aplicación del azufre para el control de enfermedades, el uso de plantas refugio para facilitar la instalación de los enemigos naturales así como el empleo de plantas trampa o barreras vegetales y su interrelación con el control integrado en base a la experiencias desarrolladas en los últimos años en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar.

2. Aplicación de azufre en control integrado

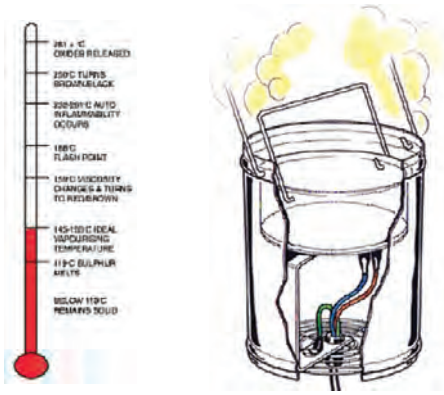
La reducción de forma drástica del número de tratamientos fitosanitarios frente a enfermedades como el oídio (*Leveillula taurica*), derivada de la implantación del control biológico en cultivos como el pimiento, ha convertido a esta enfermedad en el principal problema fúngico en este cultivo. En los invernaderos de Almería, el azufre, por sus propiedades como acaricida y anti-oídio, es uno de los productos más empleados, pudiendo aplicarse de diferentes formas: a) en espolvoreos (azufre en polvo); b) foliar (azufre mojable o líquido); y c) sublimado (azufre en polvo). Actualmente la utilización de sublimadores de

Foto 1. Vista de un sublimador de azufre

Foto 2. Vista de las pastillas de azufre utilizadas en los sublimadores

azufre para prevenir la aparición de oídio es un técnica muy habitual en Holanda y en el campo de Cartagena, en cultivos de pimiento y rosas, no siendo aún en Almería aunque se estima que esta técnica pueda sufrir una gran expansión una vez que se conozca tanto su eficacia como su influencia sobre los enemigos naturales (Gázquez *et al.*, 2009). De hecho, el Reglamento Específico de Producción Integrada de Cultivos Hortícolas Protegidos de la Junta de Andalucía (2007), recomienda el uso de sublimadores como medida preventiva para el control de *Leveillula taurica*.

Figura 1. Esquema de un sublimador y escala de temperatura y procesos que ocurren durante la sublimación



Fuente: Brinkman (Holanda).

El término sublimación proviene del latín *sublimare* y es el proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido. El azufre en estado de vapor penetra en las células del oídio como resultado de la solubilidad en los lípidos de las paredes celulares del hongo (García, 1997). En el interior de la célula el azufre es reducido a sulfuro de hidrógeno interfiriendo en varios procesos metabólicos al bloquear la respiración celular e inhibir la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas. Estos procesos ocurren durante las ocho horas siguientes al tratamiento, con una actividad máxima entorno a la tercera hora.

Un sublimador (o evaporador de azufre) consiste en una caja de acero inoxidable que contiene un plato de vaporación de aluminio, donde se aplica el azufre sólido, debajo del cual hay una resistencia eléctrica (Fotos 1 y 2). El control de la temperatura es un factor muy importante para evitar que se generen óxidos de azufre no deseados (SO_2, SO_4, etc.), por lo que esta debe estar entre 145 ºC y 155 ºC (Figura 1). El consumo eléctrico de cada sublimador es normalmente de 100 W.

Recomendaciones de uso de los sublimadores:

- Emplear pastillas de azufre de riqueza >99,0%; también puede utilizarse azufre micronizado al 98,5% aunque tiene una mayor proporción de impurezas.

- Colocarlos 30 cm por encima de las plantas e ir subiéndolos conforme se vaya desarrollando el cultivo.
- Instalar un sublimador cada 250-300 m^2.
- Vigilar el funcionamiento y retirar los residuos de las cazoletas con frecuencia.
- No sobredosificar sublimadores, porque al licuarse puede derramarse.
- Comenzar con 2-3 horas de funcionamiento al inicio del cultivo e ir aumentando progresivamente hasta un máximo de 6-8 horas, en función de la densidad de sublimadores, condiciones climáticas, sensibilidad de los cultivares a plagas y enfermedades, estructura de los invernaderos, ciclo de cultivo, etc.
- Si funcionan más de 4 horas, establecer varios periodos de 2-3 horas, con periodos de descanso de 0,5 horas.
- Parar los sublimadores 1-2 horas antes de entrar a los invernaderos y ventilar el invernadero a primera hora o dejar un periodo de margen de seguridad de 4 horas si no se ventila.
- Colocar algún dispositivo/protector que impida que se concentre el azufre sublimado en el plástico que hay inmediatamente encima del sublimador.

Figura 2.
Evolución de la incidencia de oídio en un cultivo de pimiento con aplicación de azufre foliar

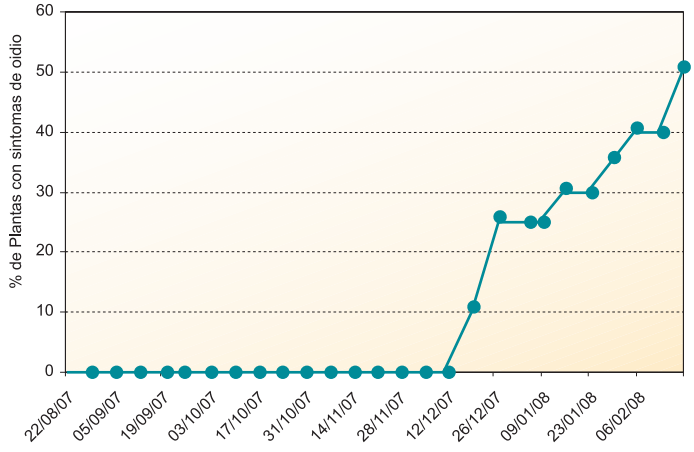
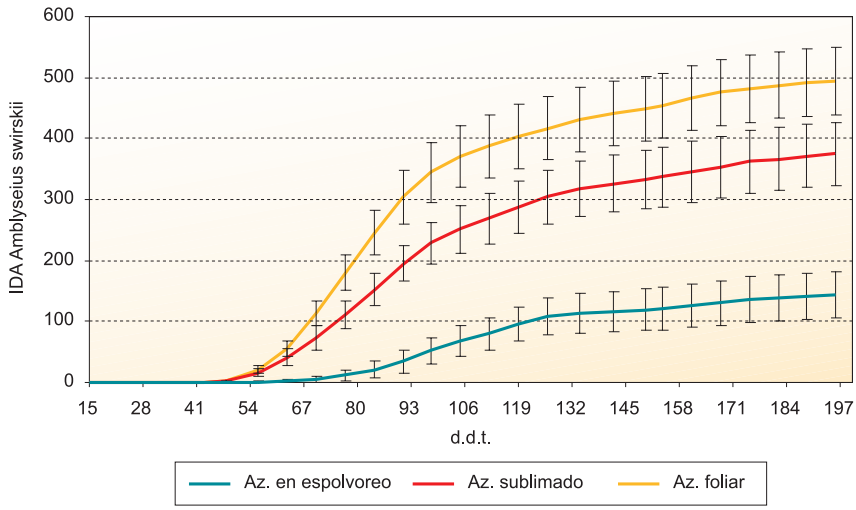


Figura 3.
Evolución de la población de *Amblyseius swirskii* con tres métodos de aplicación de azufre



En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se han realizado ensayos sobre la incidencia de oídio en pimiento bajo tres modos de aplicación de azufre (foliar, en polvo o sublimado), en los que se detectó presencia de oídio únicamente en el invernadero donde se aplicó el azufre foliar (Figura 2), aumentando paulatinamente desde mediados de diciembre y llegando a alcanzar a mediados de febrero al 50% de las plantas de dicho invernadero (Gázquez *et al.*, 2009).

En general, los tres modos de aplicación de azufre no deben afectar a la implantación del control biológico, aunque se ha observado una reducción de las poblaciones de *Amblyseius swirskii* en los tratamientos de azufre en espolvoreo respecto al foliar (Figura 3).

Otra de las ventajas de la sublimación frente a otras formas de aplicación del azufre es que las plantas presentan un mayor desarrollo vegetativo, y su aspecto, especialmente hojas y frutos, es mucho mejor debido a la ausencia visual de depósitos de azufre derivados de las aplicaciones fitosanitarias (Fotos 3, 4 y 5).

La práctica habitual en la zona de Almería, así como en otras zonas de cultivo de pimiento en invernadero es realizar espolvoreos antes de las sueltas de enemigos naturales y posteriormente aplicaciones de azufre foliar. En ensayos recientes, Gázquez *et al.* (2009)

Foto 3. Aspecto de las plantas y frutos con aplicaciones de azufre en polvo

Foto 4. Aspecto de las plantas y frutos con aplicaciones de azufre sublimado

Foto 5. Aspecto de las plantas y frutos con aplicaciones de azufre foliar

compararon esta estrategia con la aplicación de dos dosis diferentes de sublimación (máximo de 5 horas frente a un máximo de 8 horas), poniéndose de manifiesto que la aplicación de azufre sublimado a dosis alta fue el método más eficaz para controlar el oídio (Figura 4; Fotos 6 y 7).

Figura 4. Evolución del porcentaje de plantas con síntomas de oídio en un cultivo de pimiento bajo tres estrategias diferentes de aplicación de azufre

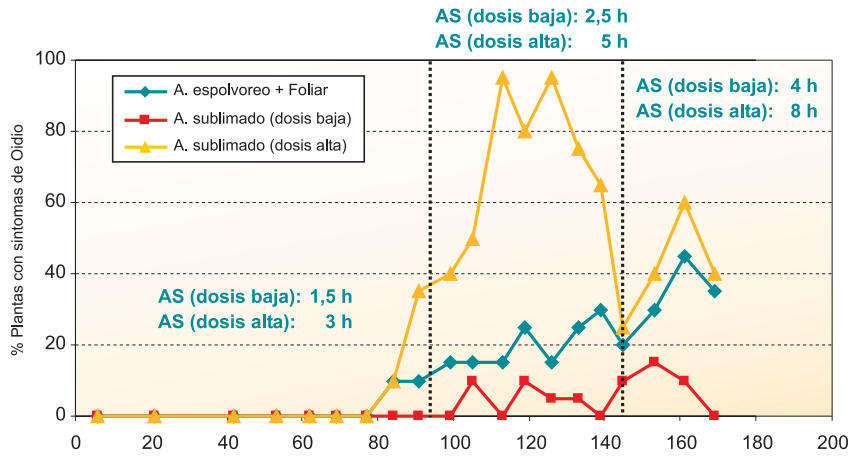


Foto 6. Vista de las plantas de pimiento con problemas de oídio bajo una estrategia de aplicación de azufre sublimado a dosis baja (2,5 horas durante noviembre y diciembre)

Foto 7. Vista de las plantas de pimiento bajo una estrategia de aplicación de azufre sublimado a dosis alta (5 horas durante noviembre y diciembre)

Se han realizado otras experiencias con sublimadores en el cultivo de tomate en ciclos de primavera donde se han obtenidos similares resultados a los obtenidos para el cultivo del pimiento, es decir, su buena eficacia para prevenir el oídio. Además no afectó la implantación del control biológico, en el caso del tomate, al establecimiento de *Nesidiocoris tenuis* (Figura 5), no interfiriendo con los polinizadores (*Bombus terrestris*). Sin embargo, no ejerció un buen control sobre Vasates (*Aculops lycopersici*), siendo aun menos efectivo que el tratamiento con azufre foliar (Foto 8).

Figura 5. Evolución de la incidencia día acumulada de *Nesidiocoris tenuis* en un cultivo de tomate estrategias de aplicación de azufre

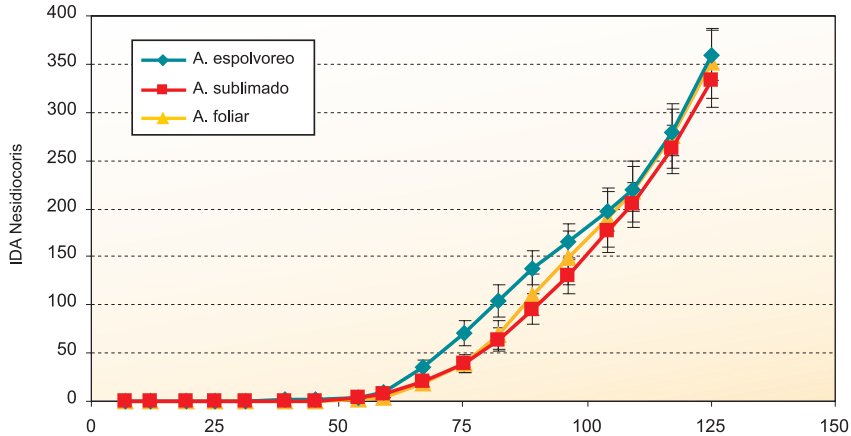


Foto 8. Vista de cultivo de tomate con aplicaciones de azufre foliar afectado por *Aculops lycopersici* (vasates)

El Servicio de Prevención de Coexphal realizó un informe técnico sobre el riesgo por inhalación del dióxido de azufre para los trabajadores. En diversos ensayos con sublimadores, se han medido los niveles máximos de concentración de dióxido de azufre dentro del invernadero tipo «parral» (1,2 mg/m^3 de dióxido de azufre), muy por debajo del máximo admitido (5 mg/m^3). Por lo tanto, no se han medido niveles tóxicos para las personas por riesgo de inhalación de dióxido de azufre en los ensayos con azufre sublimado. Sin embargo, es recomendable parar los sublimadores de azufre entre 1-2 horas antes de entrar a los invernaderos y ventilar el invernadero como mínimo una hora antes de entrar a trabajar.

Podemos afirmar, en vista a los resultados de diversos ensayos de campo, que la utilización de los sublimadores de azufre para prevenir la aparición de oídio (*Leveillula taurica*) es una técnica muy eficaz, aunque es necesario gestionar y optimizar el tiempo de funcionamiento de los sublimadores en función del diseño de la instalación (número de sublimadores/ha), de las condiciones climáticas, la sensibilidad de las variedades al oídio, estructura de los invernaderos y la suelta de enemigos naturales. Presentan el inconveniente de que en las zonas próximas a los sublimadores, se pueden superar los límites permitidos de concentración de azufre en el plástico. En concreto, se midió la concentración de azufre de 628 ppm en el plástico en un invernadero en que los sublimadores funcionaron máximos de 8 horas diarias en tan solo seis meses, y justo por encima del sublimador se llegó a alcanzar una concentración de azufre en el plástico de 1684 ppm, valores muy próximos al límite máximo (2000 ppm) establecido por el Comité Español de Plásticos para la Agricultura (CEPLA) para un plástico de tres campañas. Esto puede suponer un riesgo de degradación prematura del plástico de cubierta, por lo que es recomendable colocar algún tipo de protector/difusor que mitigue este efecto (Foto 9).

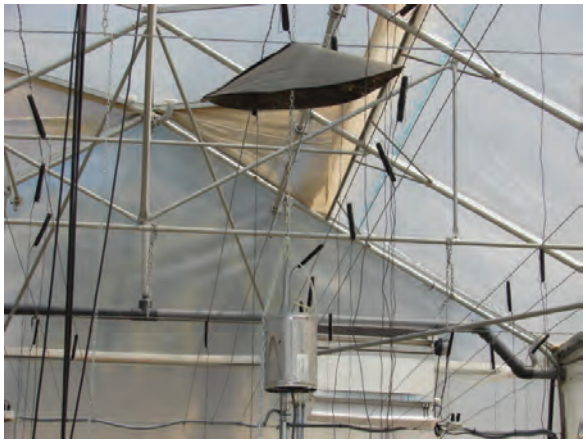


Foto 9. Sublimador de azufre con un dispositivo para proteger el plástico que hay inmediatamente encima

3. Plantas refugio

Las plantas tienen un papel muy importante en la conservación de los insectos auxiliares. En ellas no sólo encuentran refugio, presas y huéspedes alternativos, especialmente cuando hay escasez en los cultivos, sino que muchos también requieren alimentos en forma de néctar (floral o extrafloral), polen, semillas o jugos de la planta. Esta necesidad y beneficio del alimento vegetal está bien documentada para muchos parasitoides. Pero quizás se ha infravalorado en el caso de los depredadores, que también dependen de estos recursos vegetales. En los Sírfidos, por ejemplo, las larvas son depredadoras mientras que los adultos necesitan del néctar y el polen. Varios ácaros fitoseidos pueden usar el polen en sustitución de la presa. En diversas familias de heterópteros, ambos estadios son omnívoros y la dieta mixta de planta y presa favorece la eficacia biológica en comparación con dietas puramente carnívoras. En conjunto, esto les confiere una ventaja frente a otros entomófagos, al poder subsistir e instalarse en el cultivo cuando aún hay poca plaga.

Las plantas reservorio proveen de hábitat, alimento y huéspedes alternativos a los parasitoides y depredadores con lo que permiten un control efectivo y eficaz de las plagas en los cultivos hortícolas en invernadero. Ésta es una estrategia preventiva que permite mantener y multiplicar dentro de los invernaderos una población de enemigos naturales, de manera independiente de la presencia o no de plaga. Las plantas refugio consisten en vegetales taxonómicamente muy diferentes del cultivo, donde se crían poblaciones de enemigos naturales, es decir, que no pueden desarrollarse en el cultivo o sirven como apoyo y favorecen un aumento de la población.

El empleo de las plantas reservorio para facilitar la instalación de los enemigos naturales está muy poco desarrollado. En la actualidad, en Almería ante el aumento masivo de la superficie de cultivos bajo control integrado, es necesario implementar esta técnica para optimizar la instalación de los enemigos naturales.

Existe la necesidad de desarrollar metodologías para usar y mantener a los enemigos naturales en el cultivo y cerca de él. Las plantas refugio pueden mejorar el control biológico. La introducción de plantas refugio en los cultivos es clave, y el entendimiento del comportamiento, movimiento y alimentación de los enemigos naturales es esencial para conseguir el beneficio que se desea. Sobre todo, se deberían desarrollar metodologías orientadas a la conservación de los individuos para apoyar un enfoque de control de plagas

integrado basado en un establecimiento a largo plazo de los enemigos naturales en el ambiente. Por ejemplo, en el caso del *Nesidiocoris tenuis*, se puede alimentar al insecto al principio para facilitarle la instalación con huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (*Lepidoptera: Pyralidae*) (Gerling *et al*., 2001).

El estudio y valoración de aquellas especies vegetales que puedan actuar como refugio de enemigos naturales, puede resultar de gran interés de cara a mejorar las técnicas de control biológico de plagas, ya que el sistema, de ser efectivo, puede suponer una reducción importante en los costes de aplicación debido a la sustitución de sueltas inundativas por inoculativas. Además, la presencia de una cierta población del enemigo natural establecida en el invernadero, previamente a la entrada de las poblaciones de la plaga, puede suponer una mejora en las técnicas de control de las mismas, minimizando los primeros daños en el cultivo.

La abundancia de un depredador en un determinado huésped no es la única condición requerida para que esta planta se pueda considerar «útil» para favorecer la colonización del cultivo. Los refugios no sólo deben asegurar la conservación del entomófago, sino que también deben ser fuente del depredador y «liberarlo» en el momento oportuno. Diversos factores pueden condicionar su retención y/o dispersión desde la planta, así como su posterior establecimiento en el cultivo: el estado fenológico de la planta, una presencia excesiva de presas preferidas, una menor preferencia relativa al cultivo, una adaptación a la planta que retrasa la aceptación del nuevo huésped, etc.

Los estudios realizados por Arnó *et al.* (2000) demuestran que la utilización de plantas de tabaco facilita el establecimiento precoz de los míridos en tomate temprano de invernadero. Sin embargo para aplicar con éxito esta técnica hay que considerar los siguientes aspectos:

- Comprobar su idoneidad como planta reservorio o fuente de alimento para los enemigos naturales, es decir, su eficacia en la conservación de los insectos auxiliares y en asegurar la colonización del cultivo.

- Determinar el riesgo de estas plantas de actuar como inóculo de enfermedades, mayoritariamente virus, bien por ser reservorios o huéspedes importantes de sus vectores.

- Verificar que estas plantas reservorio no sean demasiado buenos hospedantes del mírido puesto que el depredador podría preferir quedarse en la planta reservorio a colonizar el cultivo. Los refugios no sólo deben asegurar la conservación del entomófago, sino que también deben ser fuente del depredador y «liberarlo» en el momento oportuno. Diversos factores pueden condicionar su retención y/o dispersión desde la planta, así como su posterior establecimiento en el cultivo: el estado fenológico de la planta, una presencia excesiva de presas preferidas, una menor preferencia relativa al cultivo, una adaptación a la planta que retrasa la aceptación del nuevo huésped, etc.

- Las plantas reservorio deben distribuirse uniformemente por todo el invernadero e incluso puede ser necesario ir variando su posición para mejorar una colonización más homogénea de la parcela.

- Optimizar su manejo: momento de la introducción, número de plantas por superficie (ha), técnicas culturales, etc.

Actualmente, se está desarrollando un proyecto de investigación industrial llamado CENIT- MEDIODÍA (http://www.cenitmediodia.com), acrónimo de «Multiplicación de Esfuerzos para el Desarrollo, Innovación, Optimización y Diseño de Invernaderos Avanzados». El objetivo general del proyecto es realizar una investigación base de carácter estratégico en el campo de la agricultura bajo plástico, para la obtención de nuevos conocimientos multidisciplinares que permitan el desarrollo de un nuevo concepto de invernadero avanzado: altamente automatizado; eficiente en el consumo de energía y agua; cultivos diversificados y rentables en cualquier época del año en distintos climas españoles mediante una producción integrada; suministro de energía y agua de forma renovable; optimización de la gestión de productos y la valorización de residuos.

Dentro de este proyecto existe un subproyecto liderado por Agrobío SL, en colaboración con el IFAPA-Centro La Mojonera, denominado «Selección de plantas refugio para conservación y aumento de enemigos naturales en cultivos hortícolas». El objetivo es seleccionar especies vegetales autóctonas como refugio de depredadores (míridos y antocóridos) y desarrollar la puesta a punto de su uso en los cultivos hortícolas del Sureste español. Con su introducción en los invernaderos se pretende favorecer la inoculación y dispersión temprana de los organismos beneficiosos, mejorando así los actuales programas de control biológico de plagas. La Estación Experimental de la Fundación Cajamar

está colaborando en la evaluación de la dispersión de *Orius laevigatus* y *Nesidiocoris tenuis* desde las plantas hospedadoras a las especies hortícolas y en el manejo de las plantas refugio: número de plantas y disposición de las mismas dentro del invernadero.

3.1. Utilización de las plantas refugio para la instalación de Aphidius

La gran capacidad de desarrollo de los pulgones hace que la dispersión de la plaga por el cultivo pueda ser muy rápida si no es controlada de forma temprana. Por ello, tradicionalmente se ha aconsejado un estrecho seguimiento de la plaga, así como la realización de sueltas preventivas de enemigos naturales, que tienen el inconveniente de sus costes elevados (Vila, 2008).

El mejor ejemplo de la aplicación de las plantas refugio son las *banker-plants* (Foto 10). Éstas proveen de huéspedes alternativos a los parasitoides de pulgones y permiten un control efectivo y eficaz de los áfidos plaga en los cultivos hortícolas en invernadero. Ésta es una estrategia preventiva que permite mantener y multiplicar dentro de los invernaderos una población de enemigos naturales, como *Aphidius colemani* (Foto 11), de manera independiente de la presencia o no de plaga.

Foto 10. Planta refugio de cereal o *banker-plant*

Foto 11. Detalle de las momias de pulgón parasitadas por *Aphidius colemani*

Las plantas refugio consisten en cultivos, como cereales tipo trigo o cebada, donde se crían poblaciones de pulgones específicos de estas plantas, es decir, que no pueden desarrollarse en el cultivo, como por ejemplo *Ropalosiphum padi* (pulgón específico de cereales, Fotos 12 y 13). Este organismo de sustitución sirve de hospedador de parasitoides como *Aphidius colemani.* Ello permite realizar un control preventivo eficaz de los pulgones con bajas dosis de sueltas de enemigos naturales y con costes moderados (Vila, 2008).

Los resultados de varios ensayos han permitido afinar los protocolos de utilización de las plantas refugio para la introducción y cría de *A. colemani* en los cultivos hortícolas de invernadero del Sureste español. Con sólo 3 plantas se observó que se puede producir en primavera 1 individuo de *A. colemani* por m^2 y semana. *Aphidius colemani* se desplaza muy bien por todo el invernadero y tiene una alta capacidad de búsqueda de pulgones, lo que permite colocar las plantas refugio en cualquier zona del invernadero (E. Vila, comunicación personal).

Actualmente se están utilizando con éxito las plantas refugio en los invernaderos de Almería y del Campo de Cartagena. Se recomienda introducir entre 4 y 6 plantas refugio por hectárea, según el cultivo. Al cabo de una semana de la introducción se debe realizar una suelta de *Aphidius colemani*, a razón de un bote de 500 individuos por cada 4 plantas refugio. Si el parasitoide se desarrolla bien, no se requieren más introducciones. Se puede sustituir la planta refugio cada 3 ó 4 semanas por una nueva si los pulgones del cereal (*Ropalosiphum padi*) se agotan.

Foto 12. Detalle de las poblaciones de *Rophalosipum padi*, que es el huésped sustitutivo que se utiliza para la cría de *Aphidius colemani* dentro del cultivo

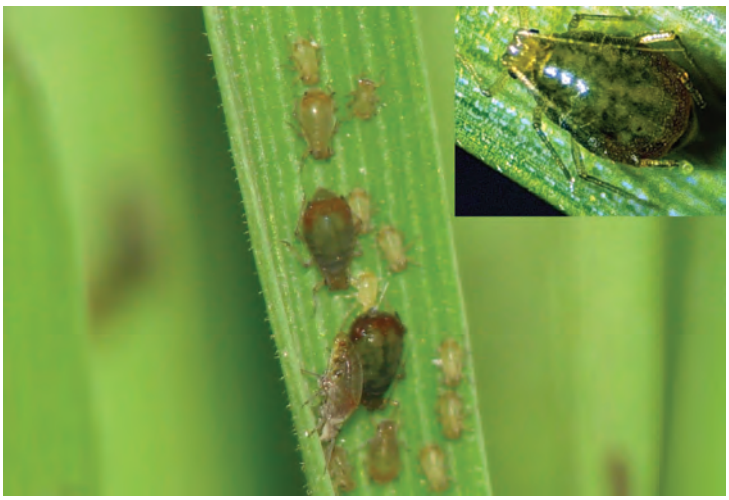


Foto 13. Detalle de las poblaciones de *Rophalosipum padi* (pulgón específico de los cereales)

El manejo de estas plantas refugio es sencillo ya que no requiere de conteos detallados. Simplemente hay que constatar que se encuentran pulgones del cereal en el momento de la suelta del parasitoide y observar que se encuentran momias en la planta al cabo de 2 semanas de las sueltas, vigilando el posible desarrollo de hiperparasitismo, en ese caso, es conveniente realizar también sueltas de depredadores. No obstante, hay que gestionar adecuadamente el riego y colocarlas en un lugar con buena luz, así como evitar la llegada de hormigas (Vila, 2008). Actualmente es necesario reponer estas plantas varias veces a lo largo de un ciclo de cultivo, por lo que sería conveniente seleccionar otras especies más resistentes y de mayor porte, lo que permitiría aumentar la disponibilidad de parasitoides.

3.2. Utilización de las plantas refugio para la instalación de antocóridos (Orius)

Actualmente hay que esperar a que el cultivo del pimiento esté en floración para realizar las introducciones de *Orius laevigatus*, de forma que en ausencia de población de trips este depredador se pueda alimentar de polen y establecerse convenientemente. El uso de las plantas refugio, podría solventar este problema y con ello podríamos mejorar y sobre todo adelantar el establecimiento del Orius.

El mastranzo (*Mentha suaveolens,* Foto 14), es una planta que se puede encontrar de forma natural en el poniente almeriense, siendo un buen refugio durante los meses de verano para *Orius* (Foto 15), y que muchos agricultores recogen del campo para introducirla dentro de invernadero, bien sea aspirando los insectos presentes en esta planta o cortando las inflorescencias y depositándolas sobre el cultivo de pimiento. Además se ha verificado que *M. suaveolens* no presenta riesgo de hospedar los principales virus que afectan a pimiento.

Foto 14. Vista de las plantas de mastranzo (*Menta suaveolens*)

Foto 15. Detalle de la inflorescencia del mastranzo, refugio de Orius

En la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se han realizado experiencias utilizando mastranzo (*Menta suaveolens*) como planta refugio de *Orius,* siendo un buen hospedador del mismo durante la etapa de floración. Sin embargo, se han presentado algunos inconvenientes: a) Esta planta actúa como atrayente de trips, araña roja y especialmente de mosca blanca (Foto 16). También se ha descrito la presencia de otras plagas, como por ejemplo *Nezara viridula* (Foto 17) Por tanto, hay que prestar una especial atención al estado sanitario de estas plantas ya que podemos introduciendo en nuestros cultivos otras plagas. b) Florece únicamente durante el periodo estival (mayo a octubre).

Dentro del marco del Proyecto Cenit-Mediodía se han realizado ensayos de campo en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar para evaluar la dispersión de los depredadores desde las plantas refugio y su establecimiento en el cultivo, con resultados muy exitosos. Se han evaluado "plantas refugio" que pueden favorecer la instalación temprana de míridos y antocóridos en tomate y pimiento. En concreto se evaluaron

Foto 16. Detalle de las plantas de mastrazo como atrayentes de mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

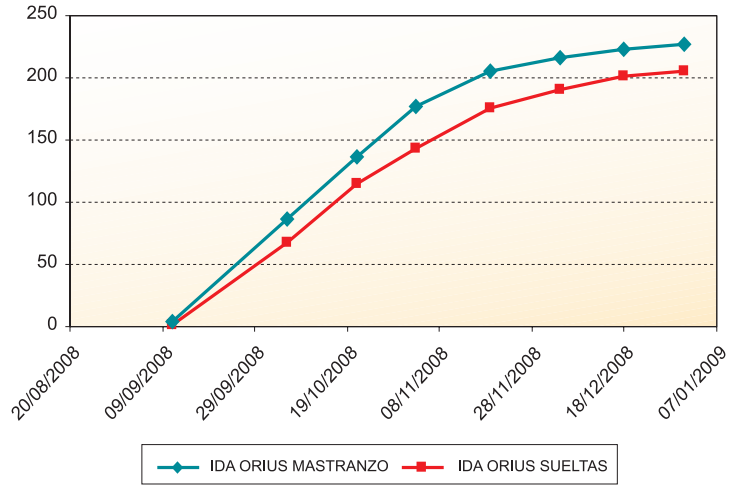
Foto 17. *Nezara viridula* y los daños que provoca en los frutos de pimiento

Foto 18. Vista de la planta de mastranzo (*Menta suaveolens*) en un cultivo de pimiento

plantas refugio de *Dittrichia viscosa* (olivarda) para *Nesidiocoris tenuis*, depredador clave en el control biológico de mosca blanca en cultivo de tomate, y *Mentha suaveolens* (mastranzo) para instalar *Orius laevigatus*, depredador de gran importancia en el control de trips en cultivo de pimiento (Foto 18).

Los resultados obtenidos confirmaron que *Mentha suaveolens* (mastranzo) es un buen hospedador de *Orius laevigatus* (Figura 6), que hay una buena dispersión desde estas plantas al cultivo, que permiten adelantar la instalación del depredador en el cultivo de pimiento respecto a la práctica habitual de la zona (sueltas de 2-4 individuos/m^2 de *Orius laevigatus*).

Figura 6. Evolución de la incidencia día acumulada de *Orius laevigatus* en un cultivo de pimiento con dos estrategias de introducción del Orius: plantas de mastranzo *vs* sueltas



3.3. Utilización de las plantas refugio para la instalación de miridos (*Nesidiocoris tenuis*)

El manejo de los míridos depredadores en los cultivos protegidos del Mediterráneo se basa en principalmente en la colonización natural de los invernaderos a partir de la vegetación circundante. Alomar *et al.* (1994) identificaron varias especies no cultivadas como fuentes importantes de *D. maman* y *M. caliginosus* y se ha demostrado que la cantidad de individuos colonizadores esta influida por la abundancia y proximidad de estas plantas a los campos de tomate, aunque los cultivos también pueden colonizarse desde fuentes relativamente distantes (Alomar, 2003). Más recientemente, Gabarra *et al.* (2004) han llegado a una conclusión similar en un estudio sobre el papel de la vegetación alrededor de los invernaderos en su colonización por los míridos.

El establecimiento de estos míridos en el cultivo es la mayor limitación pues la capacidad de estos míridos para controlar las plagas está estrechamente ligada a su buen establecimiento (Trottin-Caudal y Millot, 1994). Y aun llegando a establecerse en el cultivo, su dispersión y el control de la plaga son generalmente demasiado lentos si las dosis de introducción no son muy elevadas y aumentar dichas dosis no es económicamente factible.

Un conocimiento más profundo de sus hábitos alimentarios, las relaciones que establecen con su hospedantes, de los factores que intervienen en su comportamiento de dispersión y la mejora de diversos aspectos de su cría comercial, como el sustrato de puesta y el uso de dietas artificiales o semiartificiales pueden incidir en su eficacia para el control de las plagas.

También es conocido que las dietas mixtas (planta y presa) en comparación con dietas puramente carnívoras o fitófagas mejoran la tasa de desarrollo, supervivencia, fecundidad y longevidad.

La biología, comportamiento y efectividad de *Eretmocerus mundus* está bien documentada (Stansly *et al.,* 2004 y 2005; Urbaneja y Stansly, 2004), y se realizan sueltas de este parasitoide para el control de *Bemisia tabaci* en cultivos de invernadero (Urbaneja *et al.,* 2003).

Por el contrario, existe muy poca información y se ha investigado levemente el potencial de *Nesidiocoris tenuis* para el control de esta mosca blanca (Calvo *et al.*, 2008). A menudo es citado por su carácter polífago (Goula, 1985; Urbaneja *et al.,* 2005) o su comportamiento zoofitófago (Dolling, 1991). *Nesidiocoris tenuis* ha sido considerado un buen agente de control biológico ya que depreda mosca blanca, trip, minadores, ácaros, y lepidópteros en invernaderos (Arzone *et al.,* 1990; Calvo y Urbaneja, 2003; Carnero *et al.,* 2000; Marcos y Rejesus, 1992; Solsoloy *et al.,* 1994; Torreno, 1994; Trottin-Caudal y Millot, 1997; Vacante y Benuzzi, 2002; Vacante y Grazia, 1994). En los últimos años el heteróptero *Nesidiocoris tenuis* está siendo muy utilizado en programas de control biológico en cultivo de tomate, principalmente en el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) pero su proceso de instalación es a menudo muy lento. Aunque al tratarse de un insecto polífago que se alimenta de diversas plagas (trips...) y polen, savia, el uso de la plantas reservorio puede facilitar su instalación.

Durante la campaña de primavera de 2007 en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se estudió el establecimiento de *Nesidiocoris tenuis* utilizando como planta refugio el geranio (*Pelargonium spp.*) en cultivo de tomate (Gázquez *et al.*, 2007) (Fotos 19, 20, 21 y 22).

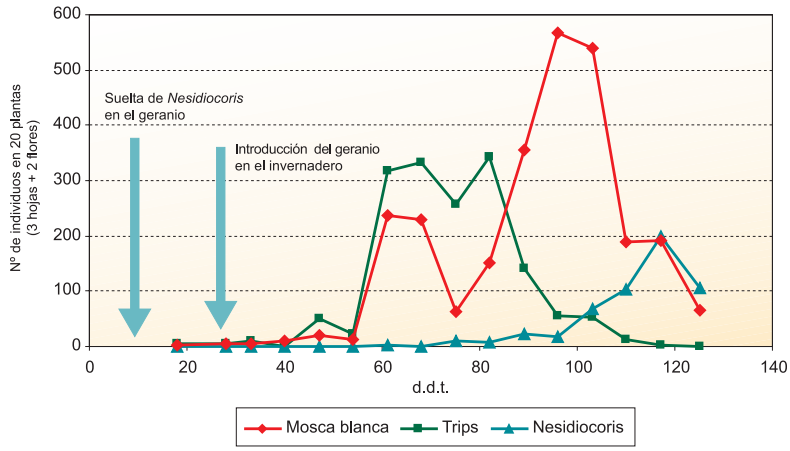
Foto 19. Nesidiocoris en un planta de tomate

Foto 20. Nesidiocoris en el geranio

Foto 21. Situación de los geranios en el invernadero

Foto 22. Vista de los daños de Nesidiocoris en geranio

Figura 7. Evolución de las poblaciones de Nesidiocoris, trips y mosca blanca en un cultivo de tomate de primavera empelando plantas de geranio como refugio de Nesidiocoris



La Figura 7 muestra la evolución de las poblaciones de Nesidiocoris, trips y mosca blanca en un cultivo de tomate de primavera empleando plantas de geranio como refugio de Nesidiocoris. Podemos observar cómo las población de Nesidiocoris tardaron casi 100 días en presentar niveles de establecimiento adecuados, consiguiendo un control adecuado de las poblaciones de mosca y trips a partir de ese momento. Por tanto la utilización del geranio como planta refugio, en cultivo de tomate en primavera, ayudó al establecimiento del Nesidiocoris pero de forma excesivamente lenta (Gázquez *et al.*, 2007). Y posteriormente durante la campaña de otoño-invierno no se consiguió un buen establecimiento del insecto en la planta refugio, por lo que resulta necesario profundizar más en el empleo de las plantas refugio explorando la posibilidad de utilizar otras especies.

En este sentido posteriormente en la Estación Experimental de la Fundación Cajamar se han evaluado plantas refugio de *Dittrichia viscosa* (olivarda) para instalar *Nesidiocoris tenuis* en cultivos de tomate en el marco del Proyecto Cenit-Mediodía (Fotos 23 y 24). Las Figuras 8 y 9 muestran la evolución de las poblaciones de *Nesidiocoris tenuis* y *Bemisia tabaci*, respectivamente, en el invernadero de ensayo, comprobándose como Nesidiocoris tenuis es capaz de completar su ciclo biológico sobre *Dittrichia viscosa,* presentando una gran dispersión desde la planta de olivarda al cultivo a todas las zonas del invernadero, realizando además un buen control de *Bemisia tabaci*.

Foto 23. Introducción de las plantas de *Dittrichia viscosa* (olivarda) en un invernadero con cultivo de tomate

Foto 24. Vista de las plantas de *Dittrichia viscosa* (olivarda) utilizada como refugio de Nesidiocoris

Figura 8. Evolución del número de Nesidiocoris por planta de tomate (zona con olivarda *vs* sin olivarda)

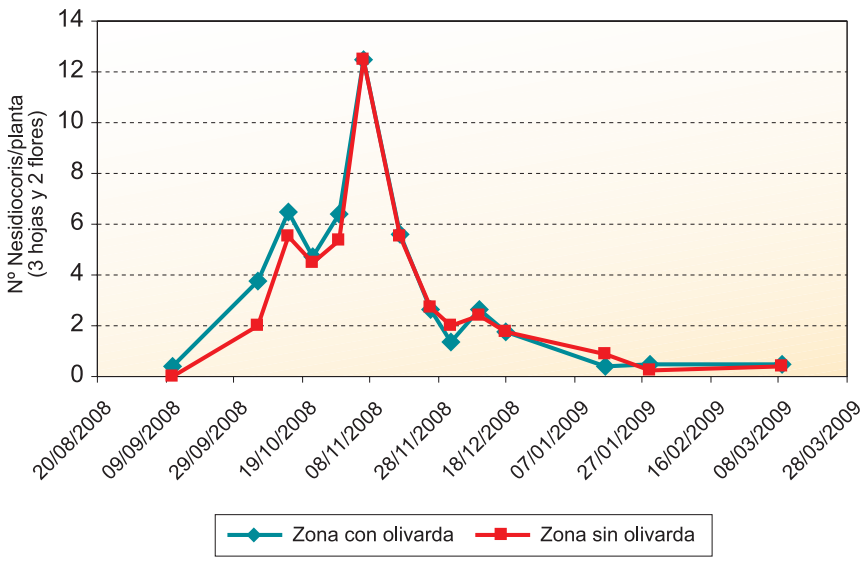
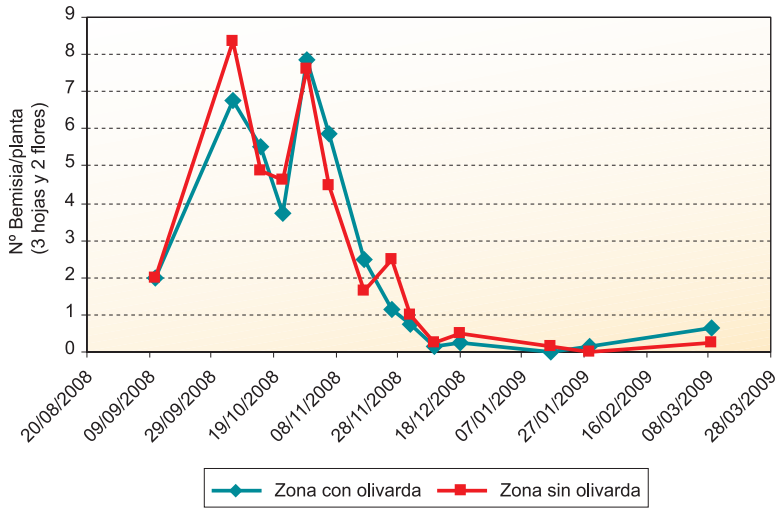


Figura 9. Evolución del número de Bemisia por planta de tomate (zona con olivarda *vs* sin olivarda)



Paralelamente se realizó otra experiencia en un cultivo de tomate de otoño en la que se comparó un invernadero (900 m^2) donde se realizó el protocolo estándar de control biológico en tomate en la zona, con sueltas a dosis de 1 individuo/m^2 frente a otro invernadero (900 m^2) donde no se realizaron sueltas de Nesidiocoris, donde se introdujeron 4 macetas de olivarda (previamente inoculadas 6 semanas antes con 5 parejas de *Nesidiocoris tenuis* que fueron alimentadas con huevos de *Ephestia* sp hasta observar la segunda generación de adultos).

Foto 25. Planta de olivarda en el invernadero

Las Figuras 10 y 11 muestran la evolución de las poblaciones de *Nesidiocoris tenuis* y *Bemisia tabaci*, respectivamente, en estos dos invernaderos, comprobándose como en el invernadero donde se han utilizado las plantas refugio de olivarda *Nesidiocoris tenuis* se ha establecido antes que en el invernadero donde se realizó la suelta estándar de Nesidiocoris y ha ejercido un mejor control de *Bemisia tabaci*. No obstante, hay que ser prudentes a la vista de estos prime-

ros resultados y ser consciente de que es necesario seguir realizando estudios que permitan optimizar esta técnica para poder incorporarla con la máxima garantía a nuestros protocolos de sueltas de enemigos naturales.

Foto 26. Vista de la floración de la olivarda (izquierda) y de un *Nesidiocoris tenuis* en un tallo de olivarda (derecha)

Figura 10. Evolución del número de Nesidiocoris por planta de tomate (invernadero con olivarda *vs* invernaderos sin olivarda - suelta de 1 ind/m²)

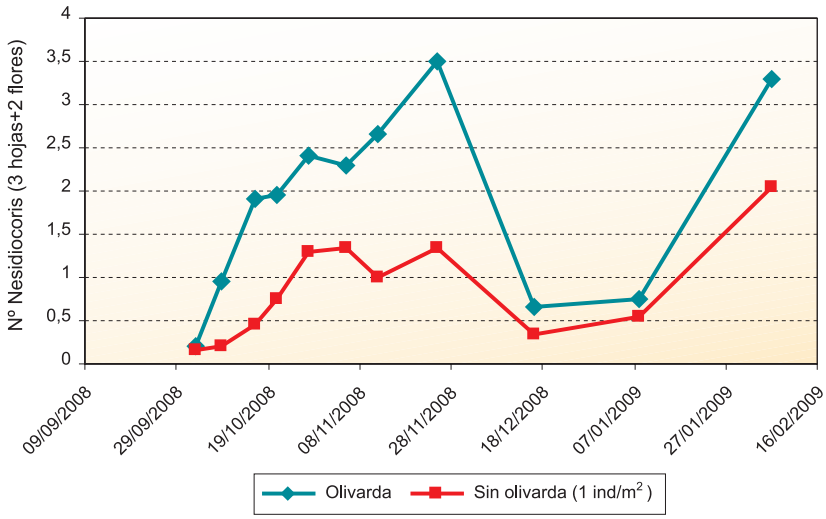
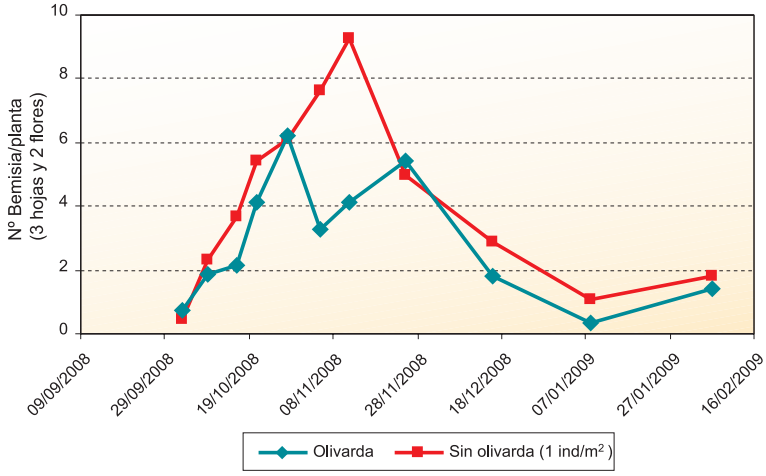


Figura 11. Evolución del número de individuos de Bemisia por planta de tomate (ivernadero con olivarda *vs* invernaderos sin olivarda - suelta de 1 ind/m²)



4. Plantas trampa y barreras vegetales

Las plantas trampa son plantas que se colocan en el invernadero con el objetivo de atraer a la plaga y ejercer el control biológico de la misma. La planta trampa tiene que ser más atractiva para la plaga que el cultivo y tiene que ofrecer buenas posibilidades para la instalación y el mantenimiento de poblaciones de enemigos naturales. Existen algunas plantas trampa que ya están siendo usadas en diferentes cultivos a pequeña escala. El ejemplo más claro es la utilización de plantas de tabaco como "planta trampa" en semillero con *Macrolophus caliginosus* establecido sobre sus hojas, que actúa como trampa de mosca blanca (Gázquez y Soler, 2008).

El uso de cultivos barrera como método de control de virus no persistentes puede ser una estrategia eficaz. Hay experiencias al aire libre que han demostrado que la utilización del sorgo como cultivo barrera ha reducido los niveles de virus CMV y PVY en pimiento. Estos cultivos barrera no actúan como una barrera física que reduzcan los niveles de plagas, sino que reducen la tasa de infección de algunas virosis al inocular el vector el virus en el cultivo barrera antes de llegar a nuestros cultivos.

Foto 27. Vista de la elevada concentración de invernaderos, donde apenas existe espacio físico para ubicar plantas refugio de enemigos naturales

Los cultivos hortícolas en la provincia de Almería forman una enorme y densa extensión de invernaderos prácticamente ininterrumpida por otros tipos de vegetación (Foto 27). Esta densidad hace que los cultivos sean altamente vulnerables a los fitopatógenos que más afectan a la producción y a los virus que se transmiten por insectos. Cuando los insectos salen de un invernadero con un virus, prácticamente no tienen otra opción que entrar en otro cultivo cercano, infectándolo consecuentemente con el virus que están portando (Gázquez y Soler, 2008).

Una medida medioambiental interesante para frenar la dispersión de los fitopatógenos es la creación de barreras vegetales entre los cultivos hortícolas, con el objetivo de atraer y controlar de forma natural las plagas procedentes de los invernaderos (Foto 28). El efecto de barreras vegetales está descrito como efectivo en relación con muchos otros monocultivos tan distintos como los frutales (manzanares y perales), los campos de cereales o lechuga y los cultivos hortícolas al aire libre (Albajes y Alomar, 1999; Alomar, 2003 y Vila, 2004). Para estas plantaciones, se han de seleccionar plantas que sean:

- Atractivas para las plagas.
- Buenos refugios o fuente de alimento para los enemigos naturales.
- También es muy importante determinar el papel que pueden jugar como fuente de inóculo de enfermedades, mayoritariamente virus, que habitualmente afectan a los cultivos de la zona y no incurrir en riesgos innecesarios, bien por ser refugios o huéspedes importantes de sus vectores. Por ello es aconsejable que durante el periodo estival no estén vegetativas, con objeto de que no sirvan de reservorio para las plagas que afectan a nuestros cultivos.

Foto 28. Detalle de las barreras vegetales que se podrian colocar en el exterior de los invernaderos

Los policultivos (cultivos asociados o mixtos, intercalados, en franjas o de relevo) y las rotaciones han demostrado su capacidad para favorecer la presencia de distintos entomófagos. Un ejemplo conocido es el del corte alterno de distintas franjas en un campo de alfalfa que permite retener los depredadores; la cosecha de todo el campo permite liberarlos hacia los cultivos adyacentes (p. ej.: maíz o algodón). Desde hace varios años, en Inglaterra se siembran gramíneas perennes en caballones dentro de campos de cereal (*beetle banks*) para ofrecer refugio y presa a diversos Carábidos durante el invierno. El uso de plantas refugio permite mantener una cría localizada en el invernadero antes de que aparezca la plaga e incluso antes de que se instale el cultivo. El desarrollo de sistemas de conservación de suelos mediante técnicas de laboreo reducido y el uso de cubiertas vegetales vivas (espontáneas o sembradas) en las calles de cultivos perennes (frutales, vid, olivar) también pueden aprovecharse para crear refugios de entomófagos, especialmente cuando se dejan determinadas zonas sin segar.

La flora adventicia de los cultivos requiere una consideración especial. Los resultados de las distintas prospecciones en los cultivos indican claramente que muchos enemigos naturales de sus plagas se encuentran en plantas tradicionalmente consideradas «malas hierbas» (Foto 29 y 30).

Foto 29. Visita de la vegetación espontánea que puede actuar como refugio de enemigos naturales

Foto 30. Detalle de la operación de captura de enemigos naturales en la vegetación espontánea

5. Bibliografía

- ALBAJES, R. y ALOMAR, O. (1999): "Current and potential use of polyphagous predators"; en ALBAJES, R.; GULLINO, M. L.; VAN LENTEREN, J. C. y ELAD, I., eds.: *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- ALOMAR, O.; GOULLA, M. y ALBAJES, R. (1994): "Mirid bugs for biological control: identification, survey in-non-cultivated winter plants and colonisataion of tomato fields"; en *IOBC/WPRS Bulletin* 17(5); pp. 217-223.

- ALOMAR KURZ, O. (2003): "Control biológico por conservación y gestión del habitat"; en DÍAZ FERNÁNDEZ-ZAPATA *et al.*, eds.: *III Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. UC de Ávila; pp 101-106.

- ARNO J.; ARIÑO, J.; ESPAÑOL, R.; MARTÍ, M. y ALBAJES, R. (2000): "Conservation of macrolophus caliginosus Wagner (Het. Miriade) in commercial greenhouses during tomato crop-free periods"; en *IOBC/WPRS Bulletin* 23 (1); pp. 241-246.

- ARZONE, A.; ALMA, A. y TAVELLA, L. (1990): "Roles of mirids (Rhynchota: Heteroptera) in the control of Trialeurodes vaporariorum Wetswood (Rhynchota; Aleyrodidae)"; en *Bull Zool Agraria Bachicoltura* (22); pp. 43-51.

- CALVO, J. y URBANEJA , A. (2003): "*Nesidiocoris tenuis* (Het: Miridae) en tomate: ¿amigo o enemigo?"; en *Almería Verde* (4); pp. 21-23.

- CALVO, J.; BOLCKMANS, K.;. STANSLY, P. A. y URBANEJA, A. (2008): "Predation by Nesidiocoris tenuis on Bemisia tabaci and injury to tomato"; en *BioControl* (54); pp. 237–246.

- CARNERO, A.; DÍAZ, S.; AMADOR, M.; HERNÁNDEZ, M. y HERNÁNDEZ, E. (2000): "Impact of *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) on whitefly populations in protected tomato crops"; en *IOBC/WPRS Bull* (23); p. 259.

- DOLLING, W. R. (1991): *The Hemiptera*. Nueva York, Oxford University Press.

- GABARRA, R.; ALOMAR, O.; CASTAÑÉ, C.; GOULA, M. y ALBAJES, R. (2004): "Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamninii*"; en *Biological Control* (30); pp. 591-597.

- GARCÍA, J. (1997): *Enfermedades del melón causadas por hongos y nematodos. Melones*. Barcelona.

- GÁZQUEZ, J.C.; SÁNCHEZ, J.A.; MECA, D. E.; FERNÁNDEZ, F. J. y LÓPEZ, C. (2007): "Control del trips en pimiento mediante nemátodos entomopatógenos frente al control químico"; en *XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura*. Almería; pp. 939-944.

- GÁZQUEZ, J. C. y SOLER, A. (2008): "Estrategias de control de plagas y enfermedades en pimiento"; en *Pimiento: Cultivo y Comercialización. Situación Actual y Perspectivas desde el punto de vista Técnico y Comercial.* Madrid, MARM; pp. 255-361.

- GÁZQUEZ, J. C.; LÓPEZ, J. C.; BAEZA, E.; PÉREZ-PARRA, J. J.; PÉREZ, C.; MECA, D. y NAVARRO, S. (2009): "Influence of the Sulphur Application Method on Pests, Diseases and Natural Enemies in a Greenhouse Pepper Crop"; en *2009 International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems (GreenSys)*. Quebec (en prensa).

- GERLING, D.; ALOMAR, O. y ARNO, J. (2001): "Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids"; en *Crop Protection* (20); pp. 779–799.

- GOULA, M. (1985): "*Cyrtopeltis (Nesidiocoris) tenuis* Reuter, 1985 (Heteroptera: Miridae), nueva cita para la Peninsula Ibérica"; en *Boletín da Soc Port Ent* (Supl 1); pp. 93–102.

- JUNTA DE ANDALUCÍA (2007): "Reglamento Específico de Producción Integrada de Cultivos Hortícolas Protegidos"; en *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía* (211).

- MARCOS, T. F. y REJESUS, R. S. (1992): "Population dynamics of *Helicoverpa* spp. in tobacco growing areas of Locos Norte and La Uninos"; en *Philipp Entomol* (8); pp. 1.227-1.246.

- STANSLY, P. A.; SÁNCHEZ, P. A.; RODRÍGUEZ, J. M.; CAÑIZARES, F.; NIETO, A.; LÓPEZ, M. J.; FAJARDO, M.; SUÁREZ, V. y URBANEJA, A. (2004): *Prospects for biological control of* Bemisia tabaci *(Homoptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomatoes of Southern Spain*.

- STANSLY, P. A.; CALVO, J. y URBANEJA, A. (2005): "Release rates for control of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) biotype 'Q' with Eretmocerus mundus (Hymenoptera: Aphelinidae) in greenhouse tomato and pepper"; en *Biol Control* (35); pp. 124-133.

- URBANEJA, A.; TAPIA, G.; FERNÁNDEZ, E.; SÁNCHEZ, E.; CONTRERAS, J.; BIELZA, P. y STANSLY, P. A. (2003): "Influence of the prey on the biology of Nesidiocoris tenuis (Hem.; Miridae)"; en *IOBC/WPRS Bull* 26(10).

- URBANEJA, A.; SÁNCHEZ, E. y STANSLY, P. A. (2007): "Life history of *Eretmocerus mundus* Mercet (Hym.: Aphelinidae), a Parasitoid of *Bemisia tabaci* Gennadius (Hem: Aleyrodidae), on Tomato and Sweet pepper"; en *BioControl* (52); pp. 25-39.

- URBANEJA, A.; TAPIA, G. y STANSLY, P. A. (2005): "Influence of host plant and prey availability on the developmental time and survival of Nesidiocoris tenuis Reuter (Het.: Miridae)"; *Biocontrol Sci Technol* (15); pp. 513–518.

- SOLSOLOY, A. D.; DOMINGO, E. O.; BILGERA, B. U.; SOLSOLOY, T. S.; BUGAWAN, H. S. y BARLUADO, Z. D. (1994): "Occurrence, mortality factors y within-plant distribution of bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubn.) on cotton"; en *Philippine J. Sci* (123); pp. 9-20.

- TROTTIN-CAUDAL, Y. y MILLOT, P. (1994): "Lutte integrée contre les ravageurs sur tomate sous abri. Situation et perspectives en France"; en *Bull. IOBC/WPRS* 17(5); pp. 5-13.

- TROTTIN-CAUDAL, Y. y MILLOT, P. (1997): "Etude de deux mirides en culture de tomate"; en *Infos Ctifl* (13); pp. 40-44.

- VACANTE, V. y BENUZZI, M. (2002): "Pomodoro, la difusa biologica e integrata"; en *Colture Protette* (31); pp. 27-33.

- VACANTE, V. y GRAZIA, G. T. (1994): "Indagini sul ruolo ecologico di *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae) nelle serre Freddy di pomodoro del Ragusano"; en *Inf Fitopatol* (44); pp. 45-48.

- VILA, E. (2004): *Refugis vegetals en la conservasió de mirids depredadors*. Tesis Doctoral, Universidad de Lleida.

- VILA, E. (2008): "Enemigos naturales para el control de pulgones en cultivos hortícolas"; en *XXXVII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultur.* Almería.

Tema 6

Manejo de lepidópteros

Luis Miguel Torres-Vila [1]

1. Introducción

Numerosas especies de lepidópteros, mariposas y polillas, son susceptibles de provocar daños de distinta índole en los cultivos de invernadero. Sin embargo, afortunadamente, sólo un número reducido de ellas ocasiona pérdidas económicas lo suficientemente importantes como para requerir actuaciones directas de control. Aquí incidiremos en las especies que actualmente son más relevantes y en las técnicas susceptibles de ser empleadas en control integrado, con especial énfasis en el control biológico.

2. Especies de lepidóteros plaga[2]

La información biológica fundamental que se aporta para las especies de las familias Noctuidae y Pyralidae se ha recopilado fundamentalmente de Cayrol (1972), Guennelon (1972) y CABI (2000). La literatura de la familia Gelechiidae se da en el apartado correspondiente.

[1] Dr. Ingeniero Agrónomo. Jefe de Sección de Protección Integrada, Servicio de Sanidad Vegetal, D.G. de Explotaciones Agrarias y Calidad Alimentaria, Consejería de Agricultura y Desarrollo Rural de la Junta de Extremadura.

[2] Las fotografías que ilustran este tema son de P. del Estal, A. Lacasa, P. Bielza, P. Bueno y L. M. Torres-Vila.

2.1. *Helicoverpa armigera* Hb.

Noctuidae
Nombre común: heliothis, taladro del tomate, oruga verde del tomate.

Descripción

Los huevos son de color amarillento, subesféricos (0,5-0,6 mm) y con estrías longitudinales. Las orugas alcanzan en el último estadio los 40-45 mm de longitud y son de color verde, ornamentadas con líneas longitudinales y tubérculos pardos. Las crisálidas (20-25 mm) son de color pardo oscuro. Los adultos (35-45 mm de envergadura) presentan un marcado dimorfismo sexual, teniendo las alas anteriores de color verde-grisáceo (machos) o pardo claro (hembras) con un punto en el medio y una banda distal más oscura.

Biología y comportamiento

H. armigera desarrolla normalmente tres generaciones anuales en el sur peninsular con vuelos en mayo-junio, agosto y septiembre-octubre. La oviposición dura 1-3 semanas, pudiendo una sola hembra poner más de 3000 huevos (> 400 en 24 h). Los huevos son depositados de forma aislada sobre todo en el envés de las hojas situadas próximas a las flores. El periodo de floración ejerce una fuerte atracción sobre la hembra grávida. La eclosión se produce 3-4 días tras la puesta y las larvas se alimentan inicialmente mordisqueando superficialmente hojas y tallos. Al alcanzar el tercer estadio perforan los frutos (tomate) o los capullos florales (clavel, algodón) a los que se asocian definitivamente, aunque pueden cambiar varias veces de órgano fructífero. Al completar el desarrollo, las orugas descienden al suelo y se entierran para crisalidar, si bien se ha descrito que también pueden pupar en el interior de los frutos de tomate, acondicionándolos convenientemente (Torres-Vila *et al*., 1996). Transcurridas 1-3 semanas, en función de la temperatura, emerge el adulto. En la tercera generación, se induce la diapausa en las orugas por la acción del fotoperiodo y de la temperatura, que se expresará en la crisálida. El insecto pasa el invierno en este estado, completándose el ciclo anual. El rápido desarrollo larvario y la emergencia escalonada de los adultos del primer vuelo, a menudo provocan un solape entre generaciones, pudiéndose observar simultáneamente todos los estados evolutivos del insecto. Esta situación se complica aún más en los años en que se producen inmigraciones, ya que *H. armigera* presenta, además de una gran movilidad en estado adulto, un acusado potencial migratorio (Torres-Vila *et al*., 2002a y 2005; y Torres-Vila 2003).

Foto 1. Adulto y orugas de *Helicoverpa armigera* Hb

Daños

H. armigera ocasiona importantes daños en numerosos cultivos de invernadero (hortícolas y ornamentales), siendo especialmente graves en los aprovechables por sus flores o frutos como el clavel y el tomate. Los daños se manifiestan a dos niveles: reduciendo la producción y disminuyendo la calidad. Las mordeduras y perforaciones producidas por las orugas provocan caída de flores y de frutos jóvenes. Los frutos más desarrollados a menudo no caen de la planta, pero quedan deteriorados e inservibles. Las lesiones favorecen la colonización de diversos microorganismos saprofitos productores de podredumbres que junto con los restos del insecto (exuvias y heces) provocan una importante merma de la calidad sanitaria y comercial. Especialmente grave es este aspecto en cultivos de primor o presentaciones *en rama* en los que no se toleran ni pequeños daños estéticos. La predilección de esta especie por los órganos vegetales comercializables ricos en nitrógeno (brotes, flores y frutos), elevada polifagia, extensión geográfica, poder dispersivo, potencial migratorio, diapausa facultativa, elevada fecundidad, y propensión a desarrollar resistencia insecticida son los principales factores que contribuyen a su estatus de plaga (Fitt, 1989; Zalucki, 1991; CABI, 2000; Torres-Vila *et al*., 2002a y b; y Torres-Vila, 2005).

Foto 2. Daños de *Helicoverpa armigera* Hb

2.2. *Spodoptera exigua* Hb.

Noctuidae
Nombre común: gardama, rosquilla verde.

Descripción

Los huevos son de color pardo-amarillento (0,4 mm) y estriados. Las orugas presentan una coloración muy variable, verdosa a pardo-grisácea, con franjas longitudinales dorso-laterales pardas ribeteadas por líneas amarillentas. Las orugas alcanzan en el último estadio los 30-40 mm de longitud. Cuando se las molesta se protegen enrollándose en forma de rosquilla de donde deriva uno de sus nombres vulgares. La crisálida (20-25 mm) es de color pardo y se ubica en el suelo en una celdilla terrosa aglutinada con seda. En cultivo de pimiento no es infrecuente tampoco encontrar crisálidas en el hueco del interior de los frutos. Los adultos (25-30 mm de envergadura) sin dimorfismo sexual patente tienen las alas anteriores de color gris parduzco jaspeado, con dos manchas anaranjadas características.

Foto 3. Adulto de *Spodoptera exigua* Hb

Foto 4. Orugas de *Spodoptera exigua* Hb

Biología y comportamiento

Usualmente presenta 2-3 generaciones anuales pero en los cultivos protegidos almerienses puede tener incluso seis. La hembra ovoposita preferentemente en el envés de las hojas más maduras, medias y basales, formando a lo largo del periodo de oviposición 2-3 plastones (ooplacas) de 50-250 huevos cada uno (los últimos plastones a menudo más pequeños) protegidos con escamas abdominales blanco-grisáceas. Tras la eclosión, las orugas permanecen agrupadas, manteniéndose este hábito gregario hasta el tercer estadio en el que se dispersan y provocan entonces los mayores daños. *S. exigua* exhibe un apreciable potencial migratorio (Torres-Vila, 2003 y Torres-Vila *et al*., 2005).

Daños

A diferencia de *H. armigera* cuyos daños más graves se producen en los órganos fructíferos, *S. exigua* es una especie mayoritariamente defoliadora, si bien también es susceptible de dañar los frutos jóvenes. En los cultivos ornamentales los daños más graves se producen en brotes y flores. En los primeros estadios las orugas se alimentan de la epidermis foliar respetando la nerviación. Las orugas más desarrolladas consumen las hojas en todo su espesor, ocasionando importantes pérdidas foliares y mermas en la capacidad fotosintética de la planta. Las lesiones larvarias facilitan además la entrada de hongos y bacterias saprofitos y el desarrollo de podredumbres. *S. exigua* es una plaga polífaga que puede atacar a decenas de especies cultivadas y entre los cultivos de invernadero más atacados se encuentran pimiento, tomate, sandía y melón.

Foto 5. Daños de *Spodoptera exigua* Hb

2.3. *Crysodeixis chalcites* Esper

Noctuidae
Nombre común: medidor del tomate

Descripción

Los huevos son blanquecinos, subesféricos (0,5 mm) y con estrías longitudinales. Las orugas alcanzan 35-40 mm en el último estadio, son de color verde vivo con una banda longitudinal blanco-amarillenta a cada lado del cuerpo y líneas dorsales blancas más finas, salpicadas de ocelos. Las orugas sólo poseen tres pares de falsas patas por lo que se desplazan arqueando el cuerpo como los geométridos, de donde les viene el nombre de orugas medidoras. Su morfología es característica, engrosándose el cuerpo progresivamente desde la cabeza hasta la parte posterior. Las crisálidas (20 mm) son verdosas recién formadas y cambian después a color pardo oscuro. Los adultos (35-40 mm de envergadura) tienen las alas anteriores de color pardo oscuro jaspeado de pardo claro y violeta, con dos máculas características de color blanco-nacarado. En reposo presentan un penacho torácico prominente de escamas modificadas.

Foto 6. Adulto y oruga de *Crysodeixis chalcites* Esper

Biología y comportamiento

Esta especie desarrolla dos o tres generaciones anuales, con vuelos entre junio y noviembre. Las hembras disponen los huevos aislados o en pequeños grupos fundamentalmente sobre las hojas, siendo la fecundidad de unos 500 huevos. Las orugas son eminentemente filófagas y completan su desarrollo en 2-3 semanas. Las crisálidas se ubican en la parte aérea del cultivo, protegidas por un ligero capullo sedoso. En invernadero puede presentarse en estado de oruga durante todo el invierno. Los adultos de *C. chalcites* también exhiben hábitos migratorios.

Daños

Es una especie polífaga que se desarrolla sobre numerosos cultivos hortícolas y ornamentales, incluyendo tomate, pimiento, judía, calabacín, pepino, berenjena, melón, sandía, rosa y gerbera. Cuando las orugas son pequeñas sus daños se limitan a pequeñas mordeduras en el parénquima foliar, sobre todo en el envés de la hoja. En los últimos estadios consumen todo el espesor foliar y pueden provocar importantes defoliaciones, especialmente graves en plantaciones recientes. Los daños en frutos suelen ser de escasa consideración.

Foto 7. Daños de *Crysodeixis chalcites* Esper

2.4. *Autographa gamma* L.

Noctuidae
Nombre común: plusia, gamma.

Descripción

Los huevos son muy similares a los de *C. chalcites* pero un poco más grandes en promedio, blanquecinos, subesféricos (0,7 mm) y con estrías longitudinales. Las orugas alcanzan en su último estadio 40 mm de longitud y su morfología es muy similar a las de *C. chalcites*, con cuerpo fusiforme y desplazamiento arqueando el cuerpo al sólo contar con tres pares de falsas patas. El color varía de verde intenso a verde azulado con una línea lateral blanca patente a cada lado y líneas dorsales blancas más delgadas. Las crisálidas (20-25 mm de longitud) son también verdosas recién formadas y cambian después a color pardo oscuro. Los adultos (35-40 mm de envergadura) tienen las alas anteriores pardo-grisáceas, oscurecidas en ciertas zonas, sobre las que resalta una mancha blanca-nacarada reniforme que recuerda la letra griega *gamma*, de donde toma nombre la especie. En reposo presentan un penacho torácico de escamas modificadas.

Foto 8. Adulto de *Autographa gamma* L

Biología y comportamiento

Al igual que *C. chalcites*, desarrolla dos o tres generaciones anuales, pero los adultos de *A. gamma* se encuentran presentes todo el año. La hembra puede llegar a poner 2000 huevos, aislados o en pequeños grupos, dispuestos sobre hojas y brotes. Las orugas consumen sobre todo las hojas y completan su desarrollo en 3-4 semanas, crisalidando sobre las hojas y tallos dentro de un ligero capullo sedoso. Es característica la elevada actividad diurna de los adultos, además de la crepuscular y nocturna que es la habitual en las especies de la familia. La especie presenta un potencial migratorio desmesurado (Torres-Vila, 2003 y Torres-Vila *et al*., 2005) que en ocasiones ha provocado cierta alarma social.

Foto 9. Orugas y daños de *Autographa gamma* L

Daños

A. gamma es una especie polífaga que se desarrolla sobre muchos cultivos hortícolas y ornamentales, prácticamente los mismos que los señalados para *C. chalcites*, siendo los daños por defoliaciones también muy similares. Ocasionalmente, también puede dañar los frutos de tomate.

2.5. *Ostrinia nubilalis* Hb

Pyralidae
Nombre común: piral del maíz, taladro del maíz.

Foto 10. Oruga de *Ostrinia nubilalis* Hb.

Descripción

Los huevos son lenticulares de 1 mm de diámetro y se disponen agrupados en plastones, ligeramente solapados unos con otros. Son de color blanco sucio recién puestos tornándose después amarillentos. Las orugas alcanzan los 20-25 mm en su último estadio y son de color muy variable, de blanco sucio a grisáceo o pardo claro e incluso rosáceo, con la cabeza y el escudo protorácico oscuros. La pupa (20 mm) es pardo oscura, algo más pequeña y afilada en los machos. Los adultos (25-30 mm de envergadura) presentan un ligero dimorfismo sexual, siendo las hembras en general de color pardo-claro y los machos algo más oscuros. Las alas abatidas sobre el cuerpo del imago en reposo recuerdan una punta de flecha que termina formando un pico en los palpos maxilares, muy prominentes en posición prognata.

Biología y comportamiento

Es una especie muy polífaga, habiendo sido descrita sobre un gran número de cultivos y malas hierbas. A nivel mundial presenta varias razas caracterizadas por su mezcla feromonal (razas E , Z o su híbrido E/Z), estando el carácter regulado genéticamente y con variación polimórfica, lo cual es relevante cuando se utilizan feromonas sexuales sintéticas en el manejo de la especie. En España desarrolla normalmente dos generaciones anuales con vuelos en mayo-junio y julio-agosto. La longevidad de los adultos es de 10-15 días. La hembra puede poner casi 1000 huevos (500-600 por término medio) en agrupaciones de 5-50 unidades (20-30 de media) formando ooplacas o plastones. En pimiento los huevos normalmente se depositan directamente sobre los frutos. La eclosión se produce en 4-10 días y las orugas se alimentan excavando galerías en los tallos, o perforando los frutos y alojándose en su interior cuando se desarrollan sobre pimiento. Al alcanzar el último estadio larvario (15-30 días según la temperatura) las orugas pupan entre los restos vegetales y en el caso

del pimiento también en el hueco interior de los frutos. La hibernación tiene lugar con la diapausa inducida en las orugas en este último estadio. Cuando la diapausa se rompe tras el invierno, las orugas tejen un ligero capullo y pupan, emergiendo los adultos usualmente 7-12 días después.

Daños

O. nubilalis es una plaga primaria del maíz y sorgo, pero también había sido citada desde antiguo, a veces casi anecdóticamente, sobre algunos cultivos susceptibles de ser producidos en invernadero, como pimiento, escarola, gladiolo, crisantemo y dalia. En los últimos años, y por causas no bien esclarecidas, su incidencia en pimiento se ha recrudecido sobremanera, incluso en cultivo al aire libre, hasta el punto de constituir ahora en este cultivo una plaga primaria a controlar. Las orugas se introducen en los frutos y, por estar huecos, los síntomas de su actividad no aparecen hasta que los daños están muy avanzados. En ocasiones cambian de fruto dispersando no sólo microorganismos saprofitos causantes de podredumbres, sino también patógenos como la bacteria *Erwinia carotovora* Jones. Los daños larvarios de *O. nubilalis* en pimiento suelen agravarse en los ciclos de cultivo más tardíos.

2.6. *Tuta absoluta* Meyrick

Gelechiidae
Nombre común: polilla del tomate.

Descripción

Los huevos son de color crema o amarillento de forma pseudo-cilíndrica (0,35 x 0,20 mm). Las orugas son de color pardo claro en los primeros estadios y más tarde verdosas o pardo-rosáceas, alcanzando casi los 10 mm de longitud al final de su desarrollo. La pupa (10 mm) es inicialmente pardo-verdosa y se oscurece con el tiempo. Los adultos (10 mm de largo y 15 mm de envergadura alar) tienen las alas anteriores de color pardo-grisáceo con dibujos de color castaño y tres puntos negros en la línea media (Monserrat Delgado, 2009 y EPPO, 2009a).

Biología y comportamiento

T. absoluta presenta un elevado potencial biótico, ya que puede completar más de 10 generaciones por año (aproximadamente una generación por mes) y cada hembra puede poner más de 250 huevos. La hembra ovoposita en las partes más tiernas del vegetal, preferentemente en los brotes y en el envés de las hojas. Los huevos eclosionan en 4-5 días y las orugas se desarrollan rápidamente sobre las hojas y frutos excavando galerías. Al completar el desarrollo larvario pupan en la misma planta o en el suelo. La hibernación puede tener lugar prácticamente en cualquier estado, pero cuando existe alimento disponible y la temperatura no es limitante, el desarrollo se prolonga durante todo el año sin presentar diapausa (Monserrat Delgado, 2009 y EPPO, 2009a).

Foto 11. Adulto, orugas y crisálida de *Tuta absoluta Meyrick*

Daños

Los primeros focos de esta nueva plaga oligófaga de origen sudamericano se detectaron en 2007 en Castellón y en 2008 en Almería, siendo el tomate, con mucha diferencia, el cultivo más atacado. Las orugas, que pueden afectar al cultivo desde el estado de plántula, producen daños principalmente en las hojas y brotes aunque también afectan a los frutos. Ocasionalmente también pueden aparecer galerías en tallos, especialmente en la base de las inserciones foliares y pedunculares. En las hojas, las orugas consumen todo el espesor del mesófilo respetando sólo la epidermis foliar, la cual brinda al insecto cierta protección del medio exterior. Estos daños en forma de galería ancha y de recorrido indiferenciado que acaban necrosándose, se distinguen muy bien de las minas alargadas y sinuosas de *Liriomyza* spp. En las galerías foliares observadas a contraluz se vislumbran claramente la larva y sus deyecciones. En los frutos, los daños se manifiestan en forma de perforaciones y galerías más o menos superficiales. Los daños pueden ubicarse en cualquier parte del fruto, pero a menudo las perforaciones arrancan desde una zona abrigada para la oruga, como por ejemplo la zona de contacto con hojas y otros frutos o bajo los sépalos del cáliz. Las orugas pueden dañar los frutos desde estados fenológicos muy tempranos, incluso en cuajado. Las lesiones en frutos jóvenes, incluso aunque sean pequeñas y hayan cicatrizado posteriormente, pueden derivar en indeseables deformaciones durante su posterior desarrollo vegetativo.

Foto 12. Daños de *Tuta absoluta* Meyrick

Los daños larvarios en hojas y frutos pueden ciertamente disminuir el rendimiento, pero el inconveniente más grave deriva de la merma cualitativa. Los frutos de tomate con destino a mercado en fresco se ven muy depreciados por los daños estéticos que, al igual que en el caso de *H. armigera*, pueden verse todavía agravados por los restos larvarios y la presencia de bacterias y hongos saprofitos. A todo ello se une el importante perjuicio, limitante en determinados mercados, derivado de la comercialización y exportación de fruto fresco, al estar *T. absoluta* actualmente catalogada como una plaga de cuarentena (EPPO, 2009a) y por ello sometida a un marco fitosanitario y legislativo especifico en cada zona geográfica (*cf.* Tema 14).

2.7. *Keiferia lycopersicella* Walsingham

Gelechiidae
Nombre común: minador del tomate

Descripción

Los huevos son de color amarillo pálido cuando se produce la puesta, virando hacia colores anaranjados al aproximarse la eclosión. La oruga llega a medir 10 mm, es de color gris verdoso con manchas rosáceas en la parte dorsal de los segmentos al alcanzar la madurez, por lo que macroscópicamente es muy similar a la oruga de *T. absoluta*. La pupación se produce en un capullo sedoso sobre las hojas de la planta aunque también puede ocurrir en el suelo, estando en este caso protegida la pupa con partículas de tierra. El adulto de entre 5 y 7 mm es de coloración grisácea con moteados más oscuros (Geraud-Pouey y Pérez, 1994). El estudio de la genitalia es imprescindible para evitar errores de identificación entre los geléchidos *K. lycopersicella* y *T. absoluta*.

Biología y comportamiento

La hembra realiza la puesta de forma aislada o en grupos de 2-3 huevos sobre las hojas de la planta. La larva al menos durante los dos primeros estadios larvarios es minadora. Al aumentar de tamaño puede abandonar la mina y alimentarse de la hoja externamente. A lo largo del ciclo del cultivo y al irse incrementando las poblaciones, también aumentan los daños en los frutos (Zimmerman, 1978). En la zona de origen de *K. lycopersicella* se contabilizan a lo largo del año entre 7 y 8 generaciones, solapándose los diferentes estados de desarrollo de la especie.

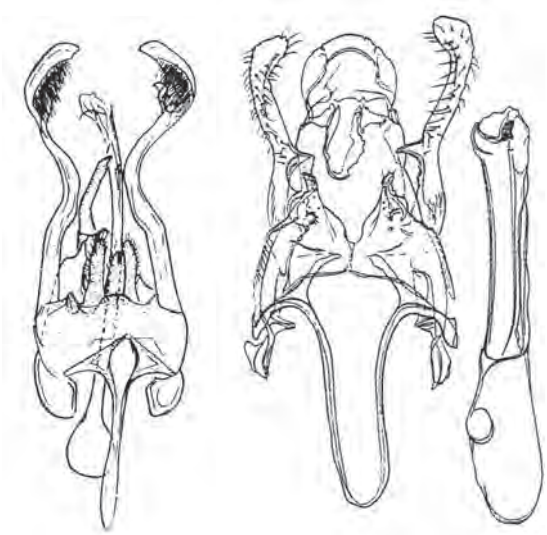


Figura 1. Genitalia de *Keiferia lycopersicella* Walsingham (izquierda) según Zimmerman (1978); y de *Tuta absoluta* Meyrick (con el aedeago extraído) según Povolny (1975)

Daños

Especie de origen americano, fue descrita sobre ejemplares recogidos en la isla caribeña de Saint Croix. En la actualidad se distribuye por el norte de Brasil, Hawai, Cuba, Haití, Bahamas, Colombia, Venezuela, Guayana, México y Sur de Estados Unidos. *K. lycopersicella* ha sido citada por vez primera para Europa en Italia a finales del año 2008 (Sanino y Espinosa, 2009). Constituye por tanto un peligro potencial para el cultivo del tomate en el resto del continente y en particular en la cuenca mediterránea. Esta especie se alimenta de plantas de la familia *Solanaceae*, por lo que además del tomate, entre sus hospedadores más importantes se encuentran la patata y la berenjena. La oruga, al igual que la de *T. absoluta*, es básicamente minadora, produciendo minas traslúcidas en las hojas y en menor medida galerías en los frutos, sobre todo en aquellos en contacto con las hojas atacadas. Los daños más importantes derivan generalmente del ataque a los frutos.

2.8. Otros noctuidos

Tan sólo nombrar en este apartado otras especies de lepidópteros noctuidos que pueden también ocasionar daños en numerosos cultivos hortícolas y ornamentales de invernadero. Los mal denominados *gusanos grises* incluyen varias especies del género *Agrotis* (*A. segetum* Den. y Schiff. y *A. ipsilon* Hufnagel, entre otras) pero también representantes de otros géneros como *Noctua pronuba* L. y *Peridroma saucia* Hb. Las orugas se ocultan durante el día enterradas en el suelo y por la noche pueden ocasionar importantes daños en raíces, cuello y tallos bajos especialmente en las plántulas de semillero y las recién transplantadas al terreno de asiento.

Otras especies como la oruga del tomate (*Lacanobia oleracea* L.), la rosquilla de la col (*Mamestra brassicae* L.), el plúsido *Trichoplusia orichalcea* Fabricius y muy especialmente la rosquilla negra (*Spodoptera littoralis* Boisduval) pueden ocasionar defoliaciones de consideración además de contaminar el cultivo con sus deyecciones.

Foto 13. Entomófagos depredadores de huevos y orugas de lepidópteros: adulto (a) y larva (b) de *Chrysopa* sp.; adulto (c) y larva (d) de *Orius* sp.; adultos de *Podisus maculiventris* Say atacando una oruga de *S. exigua* (e); y adulto de *Nesidiocoris tenuis* Reuter (f)

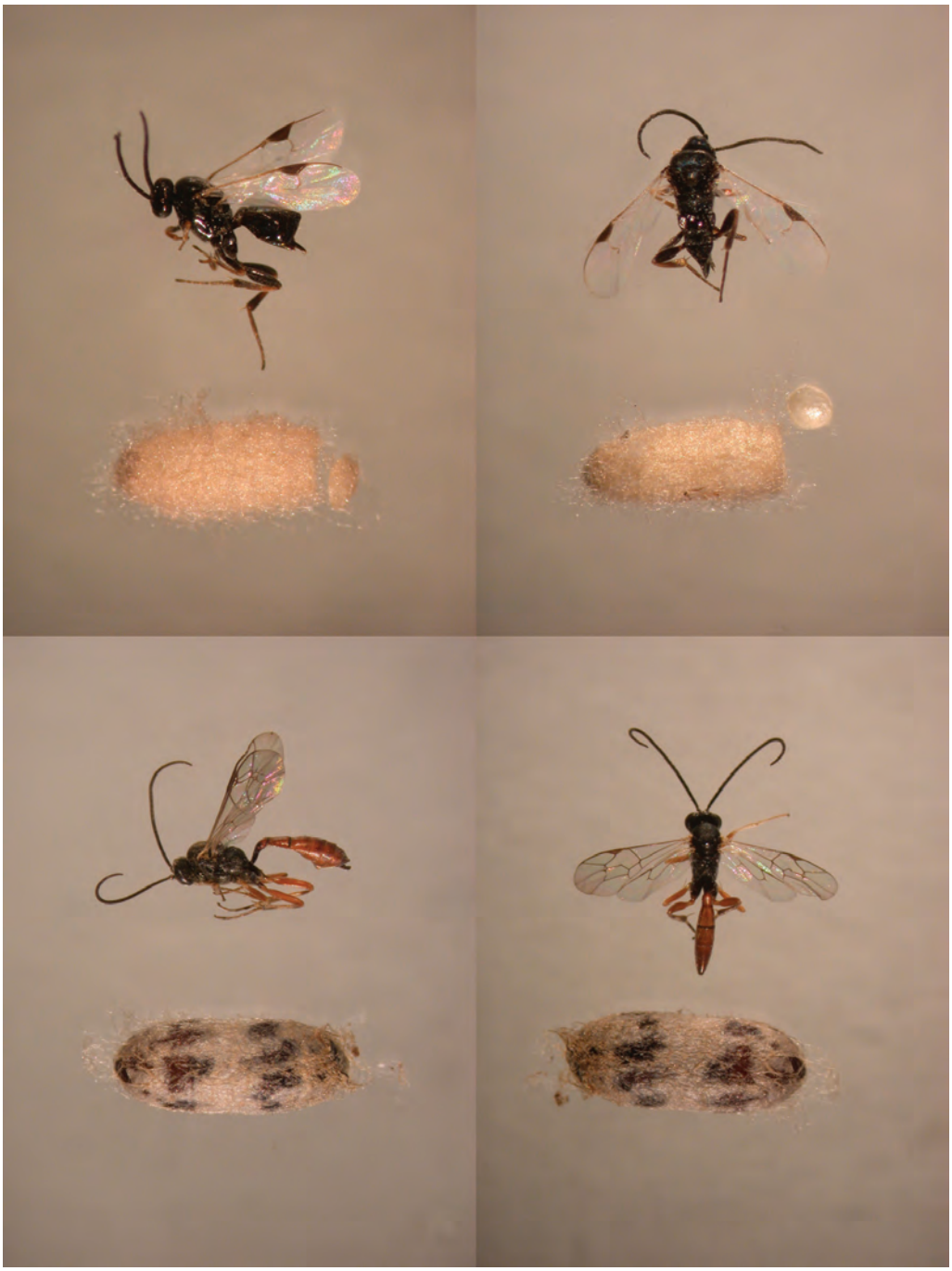


Foto 14. Entomófagos parasitoides de orugas de lepidópteros: Adultos (en posiciones lateral y dorsal) y capullos de *Cotesia kazak* Telenga (arriba) e *Hyposoter didymator* Thunberg (abajo)

Foto 15. Oruga de *S. exigua* muerta por infección de SeNPV

3. Control Integrado de lepidópteros plaga

3.1. Métodos biotécnicos: feromonas sexuales

Las feromonas sexuales de insectos son hormonas exocrinas o semioquímicos que actuando a distancia posibilitan el encuentro entre los sexos. En los lepidópteros son mezclas isoméricas específicas de hidrocarburos de cadena larga mayoritariamente producidas por la hembra. Existen dos modalidades de empleo de las feromonas sexuales de *H. armigera* en protección integrada bien diferenciadas por la finalidad perseguida: el control (trampeo masivo y confusión sexual) y el seguimiento o *monitoring*.

Trampeo masivo

La finalidad del trampeo masivo con feromonas sexuales es atraer, capturar y eliminar a los machos de la zona a proteger. Se evitan así los acoplamientos y en consecuencia la puesta de las hembras no es viable y no se produce descendencia ni daños en el

cultivo. Para tal fin son usuales las trampas tipo embudo o *funnel* para lepidópteros de tamaño medio y las trampas pegajosas tipo delta para las especies más pequeñas. El trampeo masivo presenta las ventajas de ser ecológico y muy específico pero también algunas limitaciones en especies muy poligínicas (en las que los machos se acoplan con numerosas hembras), con gran potencial dispersivo y/o con elevadas densidades poblacionales de adultos (Torres-Vila, 2007). La elevada densidad poblacional que caracteriza a las especies aquí tratadas constituye un inconveniente porque el trampeo masivo tiene mayor posibilidad de éxito con plagas que, aunque causan mucho daño en estado larvario, presentan efectivos imaginales relativamente reducidos (Howse *et al.,* 1998). El trampeo masivo se ha aconsejado para el control de algunas de las especies aquí tratadas, incluyendo a *C. chalcites* y *A. gamma*, manteniendo 8-10 trampas/ha durante todo el ciclo de cultivo, si bien la eficacia debe ser contrastada en cada situación de campo. Las trampas de agua con aceite parecen ser efectivas con *T. absoluta*, para infestaciones iniciales o poblaciones bajas, a una densidad de 20-40 trampas/ha.

Confusión sexual

Al igual que el trampeo masivo, la finalidad del método es evitar los acoplamientos, la descendencia y los daños, pero provocando en este caso la saturación del aire con la feromona sexual de síntesis en la zona de cultivo a proteger. Se pretende que los machos no sean capaces de reconocer el rastro químico de las hembras en llamada, la denominada pluma de feromona. La difusión de la feromona se produce a partir de unos elementos especiales, de arquitectura variable, denominados difusores. En la actualidad existe tecnología adecuada para fabricar difusores que duren toda la campaña sin tener que ser reemplazados, lo que repercute favorablemente en el coste. El método de confusión sexual también es ecológico (no genera residuos si se gestiona correctamente) y muy específico (Torres-Vila, 2007). La estructura del invernadero disminuye en gran medida el barrido reiterado por el viento de la nube de feromona y la consecuente pérdida de eficacia. La capacidad dispersiva de los adultos, especialmente elevada en los noctuidos, promueve la invasión desde el exterior del invernadero (especialmente si existe iluminación interior por la noche), lo que puede ser contrarrestado empleando mallas adecuadas en las ventanas de ventilación, que pueden ser las mismas utilizadas contra trips o moscas blancas, consiguiendo así una protección doble. El asesoramiento técnico y la supervisión constante y cualificada es imprescindible para lograr una buena eficacia del método. Recordar

por último que la confusión sexual en invernadero no sólo ha de suministrar resultados biológicamente significativos sino agronómicamente válidos. Es esta una condición necesaria, aunque no suficiente, para poder pasar en una especie dada de la fase de investigación y desarrollo a la comercial.

Seguimiento

La finalidad del seguimiento o *monitoring* es estimar la curva de vuelo como reflejo de la dinámica poblacional de los adultos (machos si se emplea feromona sexual) para optimizar el momento de las intervenciones fitosanitarias mediante control insecticida, biológico o de otro tipo. Se emplean las trampas tipo embudo o delta ya descritas para el trampeo masivo, en las que a intervalos regulares (1-3 veces por semana) se hace un recuento de los machos capturados. Un diseño estándar para el seguimiento puede establecerse con una densidad de 1-2 trampas/ha, aumentando el número en invernaderos más reducidos. El seguimiento poblacional con trampas de feromona sexual es un método bien contrastado y de uso generalizado entre agricultores, ATRIAs y ADVs. Entre sus ventajas destacar que es un método ecológico (no genera residuos), muy específico y de coste reducido. Varias empresas suministran difusores comerciales con las feromonas sexuales sintéticas de las especies de lepidópteros aquí tratadas.

3.2. Control insecticida

A las familias clásicas de insecticidas de síntesis (carbamatos, organofosforados, piretroides) se han unido en los últimos años otras nuevas con un modo de acción diferente. Se caracterizan por su bajo impacto medioambiental y por su bajo o nulo efecto sobre la fauna auxiliar, por lo que en caso necesario son un valioso recurso en programas de control integrado. Citar como ejemplos de materias activas el flufenoxuron y el teflubenzuron (benzoilureas inhibidoras de la síntesis de quitina), el indoxacarb (oxadiacina que actúa bloqueando el canal del sodio) especialmente recomendado para el control de *T. absoluta*, o la tebufenocida (ecdisoide no esteroidal mimético de la hormona de la muda).

Se incluyen aquí también los denominados *productos naturales*, que incorporan otras materias activas novedosas, a menudo de origen vegetal (*cf*. Tema 3) o microbiano. Su posición no deja de ser problemática porque al no ser productos de síntesis no pueden ser clasificados como insecticidas químicos *sensu estricto*, pero tampoco como bioinsecticidas ya que su modo de acción no es el resultado directo de una patología. Entre los más empleados para el control de lepidópteros y otras plagas señalar la azadiractina (tetraterpenoide de las semillas del árbol del neem, *Azadirachta indica* A. Juss., que actúa como regulador del crecimiento (RCI) afectando al metabolismo de la ecdisona y de la hormona juvenil, pero con un modo de acción incierto) o el spinosad (espinosina antagonista del receptor nicotínico de la acetilcolina obtenida del actinomiceto del suelo *Saccharopolyspora spinosa* Mertz y Yao), también de especial eficacia contra *T. absoluta*. Los insecticidas biológicos o bioinsecticidas se incluyen por su propia naturaleza y modo de acción en el siguiente apartado sobre control biológico.

Para el buen uso tanto de estas materias activas como de las convencionales, y en especial para evitar o limitar al máximo la aparición de resistencia insecticida, es preciso seguir escrupulosamente las buenas prácticas generales con productos fitosanitarios y en particular las recomendaciones de manejo de la resistencia insecticida (IRAC, 2009). La resistencia insecticida es un problema subyacente al empleo de plaguicidas, que se agrava en especies que presentan muchas generaciones al año, especialmente cuando la oferta de materias activas autorizadas se ha venido reduciendo drásticamente en los últimos años. La resistencia insecticida a varias familias químicas, especialmente a los piretroides, se ha demostrado experimentalmente en España en el caso de *H. armigera* (Torres-Vila *et al*., 2002a y b; y Torres-Vila, 2005). El control químico sigue siendo necesario actualmente contra las plagas de lepidópteros en cultivo protegido en la mayoría de las situaciones, aunque se reconozca implícitamente que es imprescindible potenciar otros métodos de control complementarios.

3.3. Control biológico

Las técnicas de control biológico incluyen el uso de enemigos naturales (entomófagos y entomopatógenos) y de bioinsecticidas (preparados comerciales basados en microorganismos y nematodos entomopatógenos). En las Tablas 1, 2 y 3 se indican los agentes de control biológico más relevantes actualmente (o cuyo uso potencial es prome-

tedor), seleccionados por su interés aplicado entre la extensa lista de especies que se han descrito depredando, parasitando o causando patologías en las especies de lepidópteros aquí estudiadas (CABI, 2000; Cherry *et al*., 2001; Jacas y Urbaneja, 2008;, EPPO 2009b, Liñán, 2009; Urbaneja *et al*., 2009 y NHM, 2009).

Las especies de insectos entomófagos (Tabla 1) capaces de depredar a los lepidópteros en sus primeros estados (huevos y larvas) son prioritariamente chinches (Hemiptera: Miridae, Nabidae y Pentatomidae), orius (Hemiptera: Anthocoridae), crisopas (Neuroptera: Chrysopidae) y en menor medida mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae). No obstante, orius, crisopas y mariquitas por ser insectos especializados fundamentalmente en la depredación

Tabla 1. Entomófagos depredadores utilizables en el control biológico de lepidópteros plaga en cultivos de invernadero

Agente de control biológico		Plaga	
Orden / Familia / Especie[a]	**Estatus**[b]	**Especie**[c]	**Estado**[d]
Hem.: Anthocoridae			
Orius sp.	+++	*H. armigera, S. exigua, S. littoralis, C. chalcites, A. gamma, Agrotis* sp., *O. nubilalis*	H O
Hem.: Miridae			
Dicyphus tamaninii Wagner	+	*H. armigera*	H O
Macrolophus caliginosus Wagner	+++	*H. armigera*	H O
Macrolophus pygmaeus Rambur	++	*H. armigera, T. absoluta*	H O
Nesidiocoris tenuis Reuter	+++	*T. absoluta*	H O
Hem.: Nabidae			
Nabis pseudoferus Remane	+++	*H. armigera, S. exigua, C. chalcites, A. gamma, Agrotis* sp., *T. absoluta*	H O
Hem.: Pentatomidae			
Podisus maculiventris Say	+++	*H. armigera, C. chalcites*	H O
Podisus nigrispinus Dallas	+	*C. chalcites. T. absoluta*	H O
Neur.: Chrysopidae			
Chrysopa sp.	+	*H. armigera, S. exigua, C. chalcites, A. gamma*	H O
Chrysoperla carnea Stephens	+++	*H. armigera, S. exigua, C. chalcites, A. gamma Agrotis sp., M. brassicae*	H O

[a] Sólo se indican las especies con un mayor interés aplicado, actual o potencial.
[b] Estatus: investigación: +, desarrollo: ++, o comercial +++. La asignación a cada clase es en ocasiones intuitiva.
[c] Especies en las que se ha comprobado positivamente la relación trófica. Esta lista no exhaustiva es susceptible de ser ampliada por el carácter generalista de los depredadores.
[d] Estado de desarrollo susceptible de ser depredado (H: huevo; O: oruga).

de pulgones, moscas blancas o trips, en la mayor parte de los casos sólo ejercen un control complementario sobre los lepidópteros. En cualquier caso, dado que el manejo de las plagas de lepidópteros en invernadero ha de integrarse además en los programas implementados contra otras plagas, especialmente moscas blancas y trips, la elección adecuada en cada caso de la especie depredadora es muy importante para optimizar el control biológico.

Las especies de entomófagos parasitoides (Tabla 2) más importantes desde el punto de vista aplicado al control biológico de lepidópteros incluyen pequeñas avispas parásitas de huevos (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y de orugas (Hymenoptera: Braconidae e Ichneumonidae). Mención especial por su eficacia merecen *C. oculator* y sobre todo *Trichogramma* spp, sin olvidar las especies nativas y foráneas de *Cotesia* (Torres-Vila *et al*., 2000; Urbaneja *et al*., 2002; Cabello *et al*., 2005). El manejo de los entomófagos puede afrontarse de varias maneras pero, en el caso concreto de los cultivos de invernadero, la estrategia aumentativa (sueltas masivas y dirigidas de la especie entomófaga) es casi imprescindible. Un aspecto práctico muy importante a tener en cuenta es la toxicidad y efectos secundarios de los insecticidas para los entomófagos (*cf*. Tema 13), en particular cuando el control biológico y el químico concurren en una estrategia de control integrado. En estos casos es preciso emplear materias activas en las que se haya constatado experimentalmente su efecto nulo o residual para los auxiliares. También se ha planteado la producción por selección artificial de estirpes de entomófagos resistentes a determinadas materias activas. Un estricto control de calidad genética es exigible a las empresas suministradoras de artrópodos beneficiosos producidos masivamente en laboratorio. El objetivo será minimizar la consanguinidad y la deriva genética por presiones de selección artificial incontrolada, garantizando la máxima eficacia biológica de los entomófagos en el invernadero.

Los insecticidas biológicos o bioinsecticidas (Tabla 3) incluyen especies de microorganismos entomopatógenos de muy diversa posición taxonómica (virus, bacterias y protozoos microsporidia), así como hongos y nematodos. Estas especies pueden estar altamente especializadas como los virus o mostrar un espectro de hospedadores menos específico como las bacterias y hongos. En cualquier caso, el objetivo es conseguir que el bioinsecticida inicie tras ser aplicado un proceso infeccioso y virulento que alcance lo más rápidamente posible el nivel epizoótico necesario para lograr un control efectivo de la plaga. Además de la mortalidad directa así conseguida, es preciso valorar los efectos subletales de los bioinsecticidas (Vargas Osuna, 2001). Por ejemplo, la movilidad reducida y la alimentación disminuida de las orugas enfermas y en consecuencia el menor

Tabla 2. Entomófagos parasitoides utilizables en el control biológico de lepidópteros plaga en cultivos de invernadero

Agente de control biológico		Plaga	
Orden / Familia / Especie[a]	**Estatus[b]**	**Especie[c]**	**Estado[d]**
Hym.: Braconidae			
Chelonus oculator F.	+++	*S. exigua, S. littoralis*	H
Cotesia kazak Telenga	++	*H. armigera, S. exigua, C. chalcites, A. gamma*	O
Cotesia marginiventris Cresson	+++	*H. armigera, S. exigua, S. littoralis, C. chalcites, A. ipsilon*	O
Hym.: Eulophidae			
Eulophus pennicornis Nees	+	*A. gamma, M. brassicae, L. oleracea*	O
Necremnus artynes Walker	+	*T. absoluta*	O
Hym.: Ichneumonidae			
Hyposoter didymator Thunberg	+	*H. armigera, S. exigua, S. littoralis, C. chalcites, A. gamma*	O
Meteorus pulchricornis Wesmael	+	*H. armigera, S. exigua, S. littoralis, C. chalcites, A. gamma*	O
Hym.: Scelionidae			
Telenomus ullyetti Nixon	+	*H. armigera*	H
Hym.: Trichogrammatidae			
Trichogramma achaeae Nagaraja & Nagarkatti	+++	*H. armigera, Spodoptera* sp., *C. chalcites, T. absoluta*	H
Trichogramma brassicae Bezdenko	+++	*H. armigera, C. chalcites, A. gamma, Agrotis* sp., *M. brassicae, O. nubilalis*	H
Trichogramma evanescens Westwood	+++	*H. armigera, S. littoralis, C. chalcites, A. gamma, A. segetum, A. ipsilon., M. brassicae, O. nubilalis*	H
Trichogramma pretiosum Riley	++	*H. armigera, S. exigua, Agrotis* sp., *O. nubilalis, T. absoluta*	H
Dipt.: Tachinidae			
Lydella thompsoni Herting	+	*O. nubilalis*	O

[a] Sólo se indican las especies con un mayor interés aplicado, actual o potencial.
[b] Estatus: investigación: +, desarrollo: ++, o comercial +++. La asignación a cada clase es en ocasiones intuitiva.
[c] Especies en las que se ha comprobado la relación trófica.
[d] Estado de desarrollo susceptible de ser parasitado (H: huevo; O: oruga).

Tabla 3. Entomopatógenos (bioinsecticidas) utilizables en el control biológico de lepidópteros plaga en cultivos de invernadero

Agente de control biológico		**Plaga**	
Taxa / Familia / Especie[a]	**Estatus**[b]	**Especie**[c]	**Estado**[d]
Virus: *Baculoviridae*			
As GV (Granulovirus de *A. segetum*)	+++	*A. segetum*	O
As NPV (Nucleopoliedrovirus de *A. segetum*)	+	*A. segetum*	O
Cc NPV (Nucleopoliedrovirus de *C. chalcites*)	+	*C. chalcites*	O
Ha NPV (Nucleopoliedrovirus de *H. armigera*)	+++	*H. armigera*	O
Mb NPV (Nucleopoliedrovirus de *M. brassicae*)	+++	*M. brassicae*	O
Se NPV (Nucleopoliedrovirus de *S. exigua*)	+++	*S. exigua*	O
Sl NPV (Nucleopoliedrovirus de *S. littoralis*)	+++	*S. littoralis*	O
Ta GV (Granulovirus de *T. absoluta*)	+	*T. absoluta*	O
Bacteria: *Bacillaceae*			
Bacillus thuringiensis Berliner	+++	*H. armigera, S. exigua, C. chalcites, A. gamma, A. segetum., A. ipsilon, M. brassicae, O. nubilalis*	O
Microsporidia: Nosematidae			
Nosema pyrausta Paillot	++	*O. nubilalis*	H O C A
Fungi: *Clavicipitaceae*			
Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin	+++	*H. armigera, S. exigua, C. chalcites, A. gamma, A. segetum, M. brassicae, O. nubilalis*	O
Nematoda: *Steinernematidae*			
Steinernema carpocapsae Weiser	+++	*S. exigua, S. littoralis, Agrotis* sp., *T. absoluta*	O

[a] Sólo se indican las especies con un mayor interés aplicado, actual o potencial.
[b] Estatus: investigación: +, desarrollo: ++, o comercial +++. La asignación a cada clase es en ocasiones intuitiva.
[c] Especies en las que se ha comprobado la relación patogénica.
[d] Estado de desarrollo susceptible de ser infectado, H: huevo; O: oruga; C: crisálida; A: adulto.

tamaño de los adultos que llegan a término puede tener implicaciones muy negativas en el potencial biótico de la plaga y por ello favorables en la protección del cultivo a corto o medio plazo. Entre los insecticidas biológicos el más desarrollado, difundido y ampliamente utilizado desde hace décadas es el bioinsecticida de origen bacteriano *Bacillus thuringiensis* (Balsamo) Vuillemin, cuyas subespecies (serovares) *arzawai* y *kurstaki* incluyen numerosas cepas con elevada actividad patogénica sobre orugas de lepidópteros, especialmente efectivas en los primeros estadios. Esta bacteria gram+ se caracteriza por tener una inclusión proteica cristalina parasporal con propiedades insecticidas. Los genes *Cry* que codifican para la proteína han podido ser incorporados mediante biología molecular desde *B. thuringiensis* al genoma de algunos cultivos que expresan así las propiedades insecticidas de la bacteria, los denominados OGMs.

3.4. Métodos culturales y medidas profilácticas

La gestión razonada de las operaciones de cultivo con potenciales implicaciones fitopatológicas, el empleo de medidas profilácticas y en definitiva, las buenas prácticas agrícolas son fundamentales en cualquier cultivo hortícola y en especial en los de invernadero. El empleo de material vegetal certificado, el control de la vegetación adventicia, las rotaciones apropiadas de cultivos susceptibles y no susceptibles, la eliminación adecuada de los restos de cosechas, el empleo y mantenimiento de mallas y cerramientos adecuados al tamaño y comportamiento de cada plaga... están entre las actuaciones que no deben obviarse en ningún caso.

3.5. Control integrado

La definición de control integrado es tan compleja como su concepto. La FAO lo define como *un sistema de manejo de plagas que, en el contexto del ambiente asociado y de las dinámicas de población de las especies plaga, utiliza todas las técnicas y métodos adecuados de una manera lo más compatible posible, y mantiene las poblaciones de la plaga a niveles inferiores de los que producen pérdidas económica*s. La definición engloba así todos los métodos descritos hasta aquí y lleva además implícito el concepto de seguimiento y el de umbrales de daño.

Sea cual sea el protocolo de actuación contra la plaga, es imprescindible su seguimiento para disponer de información periódica y actualizada (mejor en tiempo real) sobre su estado de desarrollo y, óptimamente sobre su abundancia en cada fase del ciclo de cultivo, para poder así inferir aceptablemente el daño potencial antes de que se produzca y, en su caso, intervenir. Las capturas en trampas de feromona sexual o incluso la modelización matemática del ciclo biológico del insecto permiten optimizar las fechas de intervención contra la plaga. Éste es un aspecto crucial porque el control integrado de lepidópteros demanda actualmente la reducción de los tratamientos insecticidas, convencionales o no, al mínimo imprescindible y el incremento progresivo del control biológico. La modelización choca a menudo con obstáculos biológicos o etológicos insalvables para la validación matemática adecuada de los modelos. Las trampas de feromona también pueden presentar problemas colaterales ya que en ocasiones la curva de vuelo no es un fiel reflejo de la dinámica poblacional de la plaga en el cultivo (Torres-Vila, 2007), y sobre todo no existe una correlación fiable, robusta y generalizable entre la población de adultos de una especie dada (estimada por las capturas en trampas) y la descendencia de orugas o sus daños en la siguiente generación. Maini y Burgio (1993) aportan un buen ejemplo sobre la inconsistencia de la correlación capturas-daños para el caso de *O. nubilalis* sobre pimiento en invernadero. Así, el seguimiento con trampas sólo proporciona un umbral de tratamiento cualitativo y no cuantitativo como sería óptimo, es decir, las capturas indican cuándo se debería intervenir pero no si es realmente necesario hacerlo. La denominada *previsión negativa* es una aproximación semicuantitativa al problema que puede ser muy útil para una prognosis aceptable en determinados supuestos (Torres-Vila, 2007).

El conteo de huevos, orugas o daños por unidad de cultivo, aporta una información mucho más valiosa, si bien más costosa de obtener, ya que posibilita la aplicación de umbrales de daño cuantitativos, imprescindibles en la toma de decisiones sobre intervenciones fitosanitarias de cualquier naturaleza, incluyendo la no intervención. Lamentablemente la determinación experimental y el desarrollo de umbrales cuantitativos de daño con lepidópteros está aún poco desarrollada en España, reduciéndose prácticamente al caso de *H. armigera* en tomate de industria (Torres-Vila *et al*., 2003a y b). En el caso de los cultivos de invernadero, los lepidópteros son especiales candidatos para la determinación y aplicación de los umbrales cuantitativos de daño, especialmente si su ataque se centra en las partes no comercializables del cultivo.

4. Bibliografía

- CABELLO, T.; TORRES-RUIZ, A.; GARCÍA-MARTÍN, M.; GÁMEZ-CÁMARA, M.; DEL PINO, M.; LARA, L. y VAN DER BLOM, J. (2005): "Eficacia de los parasitoides *Chelonus oculator* (F.) y *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.: Braconidae, Trichogrammatidae) como agentes de lucha biológica contra lepidópteros, en cultivos hortícolas en invernaderos"; en *Actas del IV Congreso Nacional de Entomología Aplicada, X Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada (SEEA).* Bragança, SEEA.

- CABI (2000): *Crop protection compendium*. Wallingford-Oxon, Commonwealth Agricultural Bureau-International (edición electrónica).

- CAYROL, R. A. (1972): "Famille des Noctuidae"; en BALACHOWSKY, A. S., ed.: *Entomologie appliquée à l'agriculture* 2(2); París, Masson et Cie.; pp. 1255-1520.

- CHERRY, A. y WILLIAMS, T. (2001): "Control de insectos plaga mediante los baculovirus"; en CABALLERO, P.; LÓPEZ-FERBER, M. y WILLIAMS, T., eds.: *Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas.* Valencia, Phytoma-España; pp. 389-450.

- EPPO (EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION) (2009a): *Data sheets on quarantine pests:* Tuta absoluta. Disponible en http://www.eppo.org/ QUARANTINE/insects/Tuta_absoluta/DS_Tuta_absoluta.pdf (consultado en junio de 2009).

- EPPO (2009b): *List of commercially used biological agents (Appendix I).* Disponible en: http://archives.eppo.org/EPPOStandards/biocontrol_web/bio_list.htm#biolist (consultado en junio de 2009).

- FITT, G. P. (1989): "The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems"; en *Annual Review of Entomology* (34); pp. 17-52.

- GERAUD-POUEY, F. y PÉREZ, G. (1994): "Notas sobre *Keiferia lycopersicella* (Walsingham), Lepidoptera: Gelechiidae, en Venezuela"; en *Boletín de Entomología Venezolana*, NS 9(2); pp. 203-206.

- GUENNELON, G. (1972): "La Pyrale du maïs"; en BALACHOWSKY, A.S., ed.: *Entomologie appliquée à l'agriculture* 2(2). París, Masson et Cie.; pp. 1078-1129.

- HOWSE P., STEVENS I., JONES O. (1998): I*nsect pheromones and their use in pest management*. London, Chapman and Hall.
- IRAC (INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE) (2009): *Resistance management for sustainable agriculture and improved public health*. Disponible en http://www.irac-online.org/IRAC_Spain (consultado en junio de 2009).
- JACAS, J. A. y URBANEJA, A., eds. (2008): *Control biológico de plagas agrícolas*. Valencia, Phytoma-España.
- LIÑÁN, C. De (2009): *Vademecum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Madrid, Ed. Agrotécnicas.
- MAINI, S. y BURGIO, G. (1993): "Relazione fra infestazione e catture di adulti di *Ostrinia nubilalis* (Hb.) in trappole a feromone sessuale e fenilacetaldeide, su peperone sotto tunnel"; en *Bollettino dell'Istituto di Entomologia Guido Grandi della Universita degli Studi di Bologna* (48); pp. 101-107.
- MONSERRAT DELGADO, A. (2009): *La polilla del tomate* Tuta absoluta *en la Región de Murcia: Bases para su control*. Murcia, Consejería de Agricultura y Agua.
- NHM (NATURAL HISTORY MUSEUM) (2009): Universal Chalcidoidea Database. Disponible en: http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/research/projects/chalcidoids/ (consultado en junio de 2009).
- POVOLNY, D. (1975): "On three neotropical species of *Gnorimoschemini* (Lepidoptera, Gelechiidae) mining *Solanaceae*"; en *Acta Universitatis Agriculturae* (23); pp. 379-393.
- SANINO, L. y ESPINOSA, B. (2009): "*Keiferia lycopersicella*, una nuova tignola su pomodoro"; en *L´Informatore Agrario* (4); pp. 69-70.
- TORRES-VILA, L. M. (2003): "Potencial migratorio de algunas especies de lepidópteros (Lepidoptera) en Extremadura: el síndrome de ovogénesis-vuelo"; en *Actas del III Congreso Nacional de Entomología Aplicada, IX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada (SEEA).* Ávila, SEEA.
- TORRES-VILA, L. M. (2005): "La resistencia insecticida de *Helicoverpa armigera* Hübner en España: un enfoque agroecológico"; en *Phytoma España* (173); pp. 51-57.

- TORRES-VILA, L. M. (2007): "Las feromonas sexuales de *Helicoverpa armigera* Hb.: control integrado en tomate de industria"; en *I Jornadas internacionales sobre feromonas y su uso en agricultura*. Murcia, Consejería de Agricultura y Agua; pp. 113-123.

- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C. y LACASA, A. (1996): " An unusual behavior in *Helicoverpa armigera* Hb. (Lepidoptera: Noctuidae): pupation inside tomato fruits"; en *Journal of Insect Behavior* (9); pp. 981-984.

- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; PALO, E.; DEL ESTAL, P. y LACASA, A. (2000): "El complejo parasitario larvario de *Helicoverpa armigera* Hübner sobre tomate en las Vegas del Guadiana (Extremadura)"; en *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* (26); pp. 323-333.

- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; LACASA-PLASENCIA, A. y BIELZA-LINO, P. y RODRÍGUEZ DEL RINCÓN, A. (2002a): "Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* in Spain: current status and agroecological perspective"; en *Agriculture Ecosystems and Environnement* (93); pp. 55-66.

- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C.; LACASA-PLASENCIA, A. y BIELZA-LINO, P. (2002b): "Insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* to endosulfan, carbamates and organophosphates: the Spanish case"; en *Crop Protection* (21); pp. 1003-1013.

- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C. y LACASA-PLASENCIA, A. (2003a): "Impact of *Helicoverpa armigera* larval density and crop phenology on yield and quality losses in processing tomato: developing fruit count-based damage thresholds for IPM decision-making"; en *Crop Protection* (22); pp. 521-532.

- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C. y LACASA-PLASENCIA, A. (2003b): "Testing IPM protocols for *Helicoverpa armigera* in processing tomato: egg-count- vs. fruit-count-based damage thresholds using Bt or chemical insecticides"; en *Crop Protection* (22); pp. 1045-1052.

- TORRES-VILA, L. M.; RODRÍGUEZ-MOLINA, M. C. y PALO NÚÑEZ, E. J. (2005): "Resistencia insecticida de cinco especies de noctuidos (Lepidoptera: Noctuidae) durante la inmigración masiva de 1996"; en *Phytoma España* (173); pp. 145-148.

- URBANEJA, A.; VAN DER BLOM, J.; LARA, L.; TIMMER, R. y BLOCKMANS, K. (2002): "Utilización de *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hym.: Braconidae) para el control biológico de orugas (Lep.: Noctuidae) en el manejo integrado de plagas en pimiento bajo invernadero"; en *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* (28); pp. 239-250.

- URBANEJA, A.; MONTÓN, H. y MOLLA, O. (2009): "Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*"; en *Journal of Applied Entomology* (133); pp. 292-296.

- VARGAS OSUNA, E. (2001): "Efectos de dosis subletales"; en CABALLERO, P.; LÓPEZ-FERBER, M. y WILLIAMS, T., eds.: *Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas*. Valencia, Phytoma-España; pp. 373-387.

- ZALUCKI, M. P. (1991): *Heliothis: Research methods and prospects*. Nueva York, Springer-Verlag.

- ZIMMERMAN, E. (1978): "Insects of Hawaii. Microlepidoptera"; en *Gelechioidea* 9(2). Honolulu, The University Press of Hawaii.

Tema 7 Manejo de moscas blancas

Francisco J. Beitia [1] y Estrella Hernández-Suárez [2]

1. Introducción

Con el nombre vulgar de «moscas blancas» se conoce a un grupo de insectos (*Hemiptera: Aleyrodidae*) que presenta unas 1556 especies descritas (Martin y Mound, 2007), si bien en España se ha citado solamente algo más de una treintena de especies que se incluyen en la Tabla 1 (Martin *et al*., 2000). El origen de este grupo de insectos es muy variado, al igual que su distribución actual. Pero, en general, son organismos de climas cálidos: se han descrito más de 724 especies en áreas tropicales, por unas 420 especies en zonas templadas (Bink-Moenen y Mound, 1990).

Tabla 1. Especies de moscas blancas presentes en España

Subfamila *Aleurodicinae*	
Aleurodicus dispersus Russell, 1965	
Lecanoideus floccissimus Martin *et al*., 1997	
Paraleyrodes minei Iaccarino, 1990	
Subfamilia *Aleyrodinae*	
Acaudaleyrodes rachipora (Singh, 1931)	*Bemisia medinae* Gómez-Menor, 1954
Aleurolobus olivinus (Silvestri, 1911)	*Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)
Aleurothrixus floccosus (Maskell, 1895)	*Bemisia spiraeoides* Mound & Halsey, 1978
Aleurotrachelus atratus Hempel, 1922	*Dialeurodes citri* (Ashmed, 1885)
Aleurotrachelus rhamnicola (Goux,1940)	*Dialeurodes setiger* (Goux, 1939)
Aleurotuba jelinekii (Frauenfeld, 1867)	*Parabemisia myricae* (Kuwana, 1927)
Aleurotulus nephrolepidis (Quaintance, 1900)	*Pealius quercus* (Signoret, 1868)
Aleuroviggianus adrianae Iaccarino, 1982	*Simplaleurodes hemisphaerica* Goux, 1945
Aleuroviggianus polymorphus Bink-Moenen, 1992	*Siphoninus phillyreae* (Haliday, 1835)
Aleyrodes elevatus Silvestri, 1934	*Tetralicia ericae* Harrison, 1917
Aleyrodes proletella (Linnaeus, 1758)	*Tetralicia iberiaca* Bink-Moenen, 1989
Aleyrodes singularis Danzig, 1964	*Trialeurodes ericae* Bink-Moenen, 1976
Asterobemisia carpini (Koch, 1857)	*Trialeurodes ricini* (Misra, 1924)
Asterobemisia paveli (Zahradnik, 1961)	*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856)
Bemisia afer (Priesner y Hosny, 1934) *sens lat.*	

[1] Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Moncada (Valencia).
[2] Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. La Laguna (Tenerife).

En general, los daños debidos a moscas blancas son de dos tipos: directos e indirectos. Los primeros se producen por la alimentación del insecto, tanto de adultos como de estadios ninfales (inmaduros) sobre el vegetal, produciendo la succión de savia que lleva a debilitamiento y reducción de productividad de la planta, y también la inducción de muy diversos desórdenes fisiológicos en las mismas. Los daños indirectos se refieren a todos los problemas derivados de la producción de melaza por los inmaduros de estos insectos y, especialmente, a la capacidad de los adultos de algunas especies en transmitir muy diversos virus vegetales, que pueden llegar a poner en peligro la continuidad de un cultivo en una zona determinada.

2. Especies-plaga de cultivos hortícolas en España

Si bien todas las especies de moscas blancas son fitófagas, es decir que se alimentan de vegetales, de las más de mil quinientas especies descritas, unas pocas pueden ser consideradas realmente como plagas importantes de los cultivos agrícolas.

En el ámbito de este libro, es decir de las plantas hortícolas cultivadas bajo invernadero en España, podemos citar dos especies de moscas blancas que han constituido, y constituyen hoy en día, un serio problema en las hortalizas, especialmente en el cultivo en invernadero: *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856).

Cabe reseñar también la importancia económica de *Aleurothrixus floccosus* (Maskell), *Paraleyrodes minei* Iaccarino, *Dialeurodes citri* (Ashmead) y *Parabemisia myricae* (Kuwana) en cítricos (Soto *et al*., 2001), y de *Aleurodicus dispersus* Russell y *Aleurodicus floccissimus* (Martin *et al*.) en ornamentales y cultivos subtropicales de Canarias (Hernández-Suárez *et al*., 1997). Otra especie que en los últimos años ha aumentado su incidencia en cultivos hortícolas al aire libre, como las crucíferas, es *Aleyrodes proletella* (L.), la mosca blanca de la col (Castañe *et al*., 2008).

T. vaporariorum, conocida con el nombre común de mosca blanca de los invernaderos, ha sido la especie de mosca blanca que generaba mayores problemas, desde que adquirió carácter de plaga de los mismos, en los años setenta (Llorens y Garrido, 1992) hasta los años ochenta y noventa. En este momento se consiguió efectuar un control

bastante efectivo de sus poblaciones, y además, su importancia en cultivos en invernadero fue relevada por *B. tabaci*, conocida como la mosca blanca del algodón o del tabaco; en parte debido a la gran capacidad en generar poblaciones resistentes a fitosanitarios por parte de *B. tabaci* y a la ausencia de un método efectivo para su control, así como a su gran importancia como vector de muy graves virosis vegetales. En los años 90, se detectó la presencia en España de hasta 3 biotipos distintos de *B. tabaci* (biotipos denominados B, Q y S), cada uno de ellos con sus peculiaridades biológicas y, por lo tanto, con su importancia económica sobre los cultivos (Guirao *et al*., 1997; Banks *et al*., 1999; Moya *et al*., 2001; Beitia *et al*., 2001; Baraja *et al*., 2002).

Actualmente ambas especies son consideradas dañinas sobre los cultivos hortícolas en todo nuestro país, si bien puede indicarse que hay un predomino de *T. vaporariorum* en zonas geográficas más templadas (como en Cataluña), por un predominio de *B. tabaci* en zonas más cálidas (como en Andalucía y Canarias). Ambas especies son vectores efectivos de virus vegetales en diversas plantas hortícolas cultivadas (Tabla 2) (Amari *et al.*, 2008; Berdiales *et al*., 1999; Célix *et al*., 1996; Font *et al*., 2003, 2004; García-Andrés *et al*., 2006; Jordá, 2004; Lozano *et al*., 2004, 2009; Monci *et al*., 2002; Navas-Castillo *et al*., 1997, 1999 y 2000; Sanchez-Campos *et al*., 1999; Segundo *et al*., 2004).

Tabla 2.
Virus vegetales transmitidos por las dos especies de mosca blanca en cultivos hortícolas en España

Virus vegetales	Siglas	Vector
Virus del amarilleo del melón (Beet pseudo-yellows virus)	BPYV	Tv
Virus de las venas amarillas del pepino (Cucumber vein yellowing virus)	CVYV	Bt
Virus del amarilleo de las cucurbitáceas (Cucurbit yellow stunting disorder virus)	CYSDV	Bt
Virus del enanismo clorótico de la batata (Sweet potato chlorotic stunt virus)	SPCSV	Bt
Virus del amarilleo del tomate (Tomato chlorosis virus)	ToCV	Bt y Tv
Virus del amarilleo infeccioso del tomate (Tomato infectious chlorosis virus)	TICV	Tv
Virus del desorden amarillo de la judía (Bean yellow disorder virus)	BnYDV	Bt
Virus del rizado amarillo del tomate (Tomato yellow leaf curl virus, Tomato yellow leaf curl Sardinia virus, Tomato yellow leaf curl Málaga virus, Tomato yellow leaf curl Axarquía virus)	TYLCV	Bt
	TYLCSarV	
	TYLCMalV	
	TYLCAxV	
Virus del torrao del tomate (Tomato torrado virus)	ToTV	Bt y Tv
Virus del rizado de la hoja de la batata (Sweet potato leaf curl virus, Sweet potato leaf curl Spain virus, Sweet potato leaf curl Canary virus, Sweet potato leaf curl Lanzarote virus)	SPLCV	Bt
	SPLCESV	
	SPLCCaV	
	SPLCLaV	

Bt: *Bemisia tabaci.*
Tv: *Trialeurodes vaporariorum.*

3. Generalidades de las moscas blancas

Tanto *B. tabaci* como *T. vaporariorum* son especies muy polífagas, que se desarrollan tanto sobre numerosas especies vegetales cultivadas, como sobre plantas herbáceas espontáneas, lo que facilita el mantenimiento de sus poblaciones a lo largo del año. Hay presencia de ambos sexos, con adultos machos haploides y hembras diploides; la reproducción es por partenogénesis arrenotoca, de forma que los huevos fecundados dan lugar a hembras y los no fecundados a machos.

El ciclo biológico de ambas especies es similar y puede resumirse como sigue:

El huevo es de color blanquecino al principio, que se torna caramelo (*B. tabaci*) o negruzco (*T. vaporariorum*) con el desarrollo embrionario. Tiene forma ovalada, arriñonada o alargada y suele estar sujeto al soporte vegetal (generalmente en el envés de las hojas) por un pedicelo de tamaño variable (Fotos 1 y 2).

Con la eclosión del huevo aparece un primer **estadio ninfal**, móvil, que se desplaza por la hoja (fundamentalmente por el envés de la misma) hasta que se fija al vegetal, por medio del estilete de su aparato bucal, y ya no se moverá de allí hasta la emergencia del adulto. A este estadio ninfal siguen otros tres más, que se reconocen por la «muda» que se produce de la vieja cutícula y el consiguiente aumento de tamaño. Todos los estadios ninfales son semejantes entre sí, diferenciándose además de por su tamaño, por la aparición, según los casos, de distintas secreciones céreas, así como por la presencia de sedas o quetas. Los primeros estadios ninfales tienen aspecto aplanado y translúcido, para volverse cada vez más opacos y desarrollar las secreciones céreas y las quetas típicas de cada especie. Al final del 4º estadio ninfal, llega un momento en que la ninfa deja de alimentarse, se empiezan a apreciar claramente (por transparencia) los ojos compuestos típicos del imago, posteriormente también los esbozos alares y se produce, en definitiva, la transformación en adulto dentro de la «envoltura pupal». Durante este proceso, en el cual no ocurre ninguna muda de cutícula, es cuando algunos autores denominan, impropiamente, «pupa» al estado del insecto que se encuentra en la hoja.

Es relativamente sencillo efectuar una identificación de las dos especies, tanto a partir del adulto, como del 4º estadio ninfal:

Foto 1. Huevos de *T. vaporariorum*

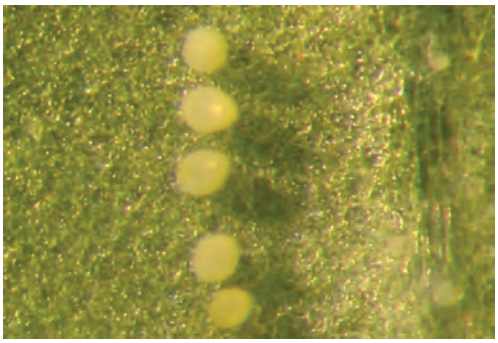


Foto 2. Huevos de *B. tabaci*

Los adultos de ambas especies son similares a primera vista, pero *B tabaci* tiene un color ligeramente más amarillo y el tamaño algo menor. Ambas especies tienen las alas en forma de tejado sobre el dorso, dejando al descubierto cabeza y tórax; pero *B. tabaci* tiene las alas más «en tejadillo» formando un ángulo de 45º con respecto a la superficie foliar, mientras que *T. vaporariorum* las dispone en forma triangular (Fotos 5 y 6).

Otra diferencia bien notable está a nivel de los ojos. En los adultos de moscas blancas, los ojos compuestos están formados por dos grupos de «omatidios» (unidades visuales u ojos simples). En el caso de *B. tabaci*, ambos grupos de omatidios están unidos, mientras que en *T. vaporariorum* están totalmente separados (grupo superior e inferior) (*cfr.* Figura 1 y Foto 7).

A partir del 4º estadio ninfal, también es relativamente sencillo diferenciar ambas especies. En *B. tabaci* la superficie dorsal es convexa y el contorno irregular. Por su parte, *T. vaporariorum* tiene la superficie dorsal totalmente plana y elevada del sustrato vegetal, y a su vez se rodea por unas largas sedas transparentes en todo su perímetro (Fotos 3 y 4).

Los huevos de ambas especies también pueden diferenciarse ya que, como se ha indicado, recién puestos son de color blanco amarillento pero los huevos de *T. vaporariorum* se ennegrecen a medida que maduran, mientras que los huevos de *B. tabaci* se tornan de un color caramelo (Fotos 1 y 2).

Figura 1. Diferencias en los grupos de omatidios en *B. tabaci* (derecha) y *T. vaporariorum* (izquierda)

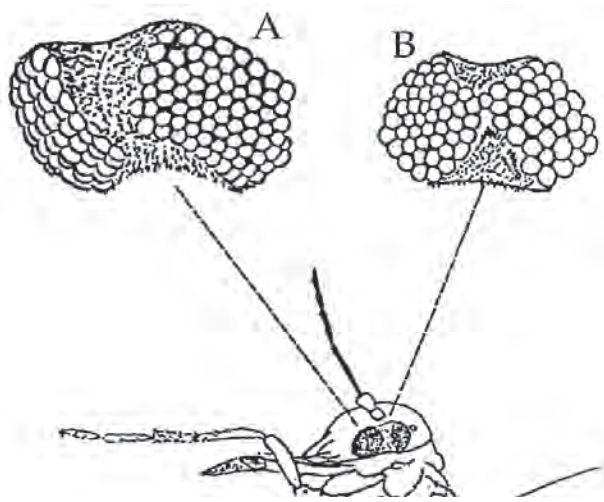


Foto 3. Ninfa de 4º estadio de *B. tabaci*

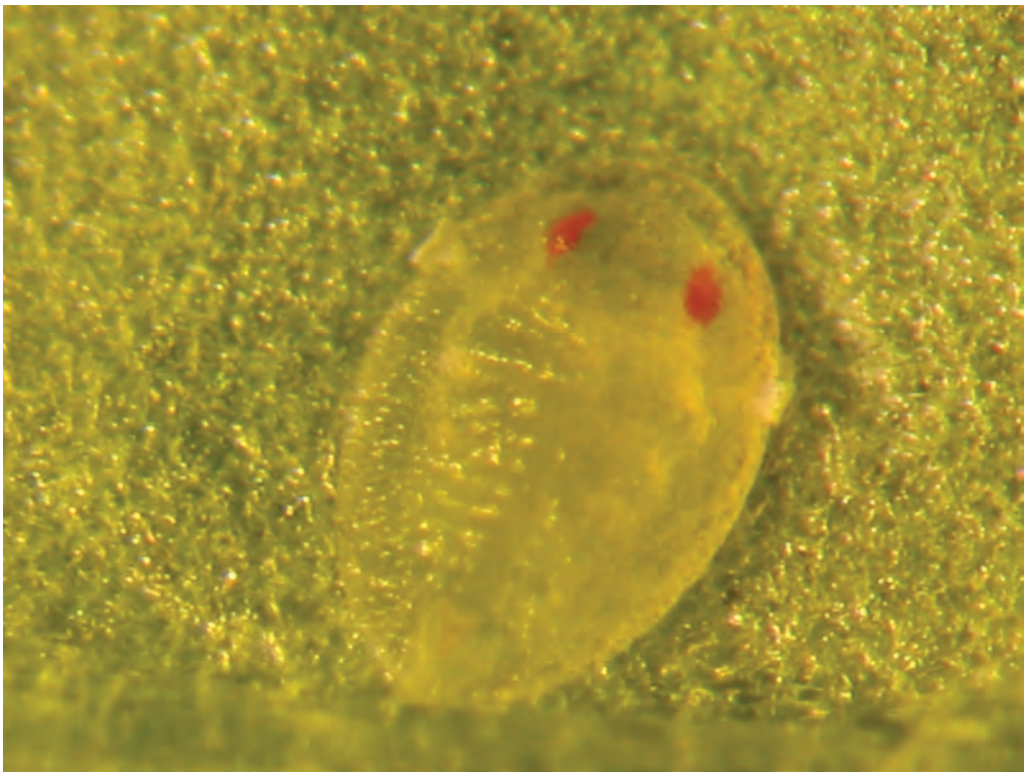


Foto 4. Ninfa de 4º estadio de *T. vaporariorum*

Foto 5. Adulto de *B. tabaci*

Foto 6. Adulto de *T. vaporariorum*

Foto 7. Grupos de omatidios unidos en *B. tabaci*

4. Enemigos naturales de ambas especies

Al igual que otros muchos organismos fitófagos, estas dos especies de moscas blancas cuentan en España con un buen número de enemigos naturales (o auxiliares) que se desarrollan a expensas de ellas, encontrando tanto parasitoides, como depredadores y entomopatógenos. Estos enemigos naturales pueden ser especies autóctonas de la Cuenca Mediterránea, o bien especies exóticas introducidas y adaptadas a nuestra zona geográfica, que ejercen su actividad de control de poblaciones de moscas blancas de forma habitual.

Sólo algunas especies de estos enemigos naturales han llegado a ser considerados como agentes efectivos de control biológico y son comercializadas por empresas especializadas y distribuidas para su empleo en los invernaderos, en el momento y forma adecuados. Lo que ocurre es que no todas las especies de auxiliares son capaces de inducir una mortalidad importante en las poblaciones de moscas blancas, lo que lleva a que no sean capaces de controlar estas plagas por debajo del umbral económico de daño al cultivo y, en ocasiones, pueda incluso pasar desapercibida su presencia.

Las especies de enemigos naturales a las que dedicaremos mayor atención en esta publicación son aquellas disponibles comercialmente; no obstante, y puesto que frecuentemente se observa la presencia de otros auxiliares asociados a las poblaciones de estas dos especies de moscas blancas, hemos considerado conveniente citar estos enemigos naturales no comerciales, para su conocimiento general.

4.1. Parasitoides

Los parasitoides de mosca blanca pertenecen al orden Hymenoptera (es decir, son «avispillas») que se encuadran dentro de las superfamilias *Chalcidoidea* (familias *Aphelinidae, Eulophidae, Pteromalidae, Encyrtidae* y *Signiphoridae*) y *Platygastroidea* (familia *Platygastridae*) (Polaszek, 1997). Particularmente, dentro de la familia *Aphelinidae* existe un gran número de parasitoides de *B. tabaci* y *T. vaporariorum*, siendo los géneros *Encarsia* Föster y *Eretmocerus* Howard los que cuentan con mayor número de especies relacionadas con ambas moscas blancas.

En la Tabla 3 podemos encontrar todas las especies de parasitoides citadas en España sobre las dos especies de mosca blanca *B. tabaci* y *T. vaporariorum* (Hernández-Suárez, 1999; Castañé *et al*., 2009; Natural History Museum, 2009).

Los parasitoides son organismos que, en general, presentan gran especificidad, es decir, que tienen un reducido rango de especies hospedantes sobre las que se desarrollan, que en ocasiones puede limitarse a una única especie.

Tabla 3. Especies de parasitoides citadas en España sobre *B. tabaci* y *T. vaporariorum*

Especie de Parasitoide	Mosca blanca huésped	
	Bemisia tabaci	***Trialeurodes vaporariorum***
Aphelinidae		
Encarsia acaudaleyrodis Hayat	+	+
Encarsia azimi Hayat	+	+
Encarsia formosa Gahan	+	+
Encarsia hispida De Santis	+	+
Encarsia inaron (*E. partenopea*)	+	+
Encarsia lutea (Masi)	+	+
Encarsia melanostoma Polaszek & Hernández	+	+
Encarsia mineoi Viggiani	+	+
Encarsia noahi Polaszek & Hernández	+	+
Encarsia pergandiella Howard	+	+
Encarsia sophia (Girault & Dodd)	+	+
Encarsia protransvena Viggiani	+	
Encarsia tricolor Förster	+	+
Eretmocerus mundus Mercet	+	
Eretmocerus eremicus Zolnerowich & Rose	+	+
Platygastridae		
Amitus fuscipennis MacGown & Nebeker		+

Foto 8. *Encarsia formosa*, pupa

Foto 9. *E. formosa*, adulto

Foto 10. *Encarsia hispida*, pupa

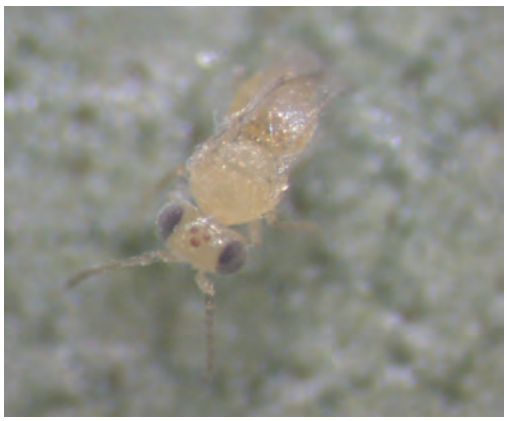


Foto 11. *E. hispida*, adulto

Foto 12. *Encarsia lutea*, pupa

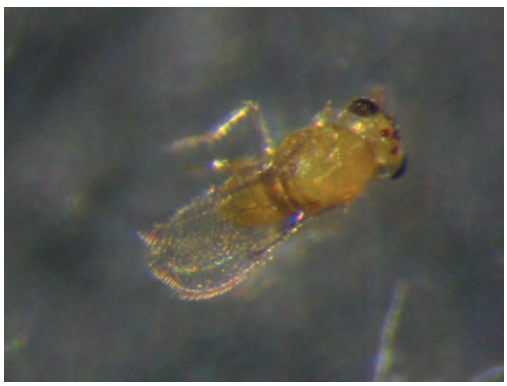
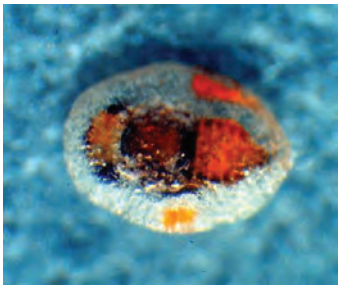


Foto 13. *E. lutea*, adulto

Foto 14. *Encarsia noahi*, pupa

Foto 15. *E. noahi*, adulto

Foto 16. *Encarsia pergandiella*, pupa



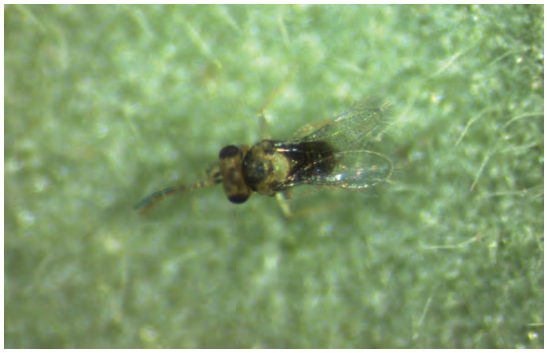


Foto 17. *E. pergandiella*, adulto

Foto 18. *Encarsia sophia*, pupa

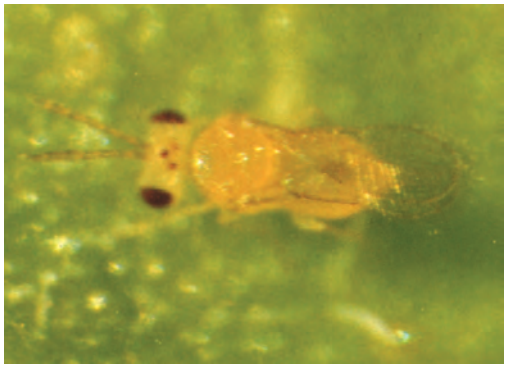


Foto 19. *E. sophia*, adulto

Foto 20. *Encarsia tricolor*, pupa

Foto 21. *E. tricolor,* adulto

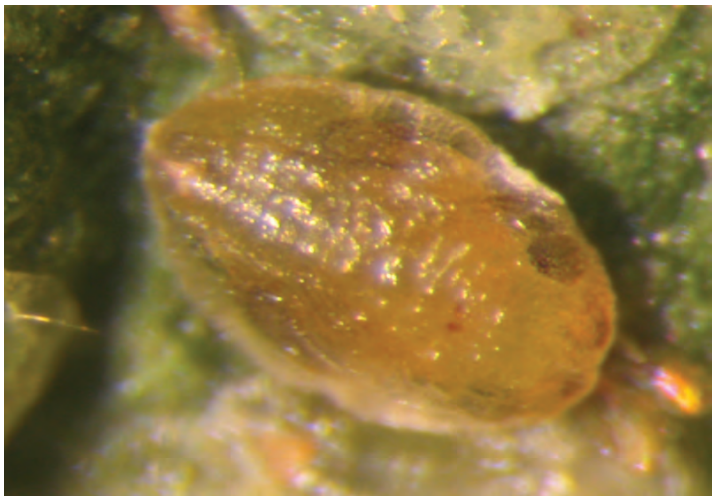


Foto 22. *E. eremicus*, pupa

Foto 23. *Eretmocerus eremicus*, adulto

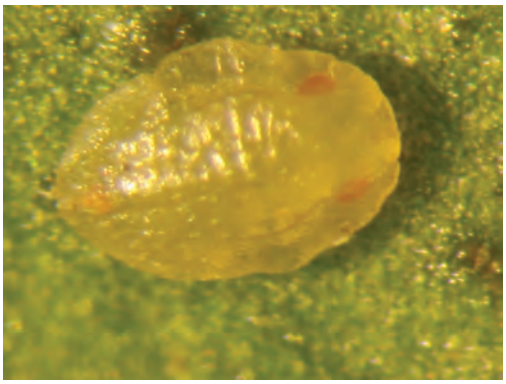


Foto 24. *Eretmocerus mundus*, pupa

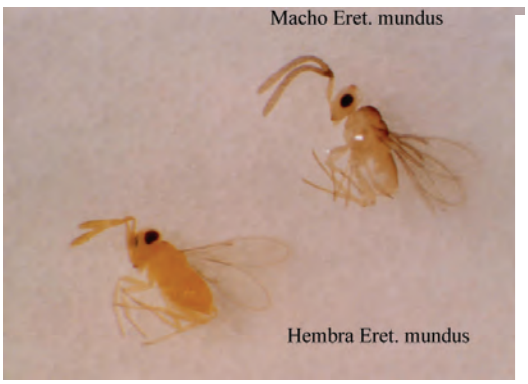


Foto 25. *E. mundus*, adulto

4.2. Depredadores

Entre los depredadores de moscas blancas se encuentran diversos grupos de insectos, como antocóridos y míridos (*Hemiptera*), coccinélidos (*Coleoptera*), crisopas (*Neuroptera*) y drosofílidos, sírfidos y múscidos (*Diptera*), así como también ácaros fitoseidos y estigmeídos (*Acarina*).

Los depredadores son organismos que de forma habitual presentan una gran polifagia, es decir que poseen un amplio rango de especies presa, sobre las que pueden actúar tanto adultos como estados inmaduros.

Dentro de los neurópteros depredadores de las moscas blancas *B. tabaci* y *T. vaporariorum* destacan dos especies en España: *Chrysoperla carnea* (Stephens) y *Conwentzia psociformis* (Curt.).

Dentro de los dípteros, las principales especies depredadoras de aleiródidos se encuentran dentro de las familias *Drosophilidae* (*Acletoxenus formosus* Loew) y *Muscidae* (*Coenosia attenuata* Stein), aunque también se cita la acción de otros dípteros generalistas que ocasionalmente se alimentan de estas moscas blancas como cecidómidos y sirfidos.

Entre los coleópteros, especialmente en la familia *Coccinellidae*, se encuentran algunas de las especies depredadoras con las que se han obtenido los mayores éxitos en control biológico (De Bach y Rosen, 1991). La familia *Coccinellidae* es la más importante en relación con el control biológico de aleiródidos; sobre las dos especies de mosca blanca se han citado en España: *Clitostethus arcuatus* Rossi (Bt y Tv), *Delphastus catalinae* (Horn) (Bt y Tv), y otros cocinélidos depredadores de cochinillas como *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Bt) y *Coccinella undecimpunctata* L. (Bt).

Aunque el orden Hemiptera está compuesto predominantemente por insectos fitófagos, los hemípteros incluyen varias familias con especies depredadoras, destacando sobre *B. tabaci* y *T. vaporariorum*: los míridos *Macrolophus caliginosus* (Wagner), *Nesidiocoris tenuis* (Reuter), *Dicyphus tamaninii* Wagner y *D. errans* (Wolf). También se cita la acción de otros hemípteros como *Nabis pseudoferus ibericus* Remane (Nabidae) y *Orius* laevigatus (Fiebre) y *O. majusculus* (Reuter) (Anthocoridae).

Por último, destacar la utilización del ácaro depredador *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (*Acari: Phytoseiidae*), de origen mediterráneo, en el control biológico de *B. tabaci* en cultivo de pepino y pimiento (Belda y Calvo, 2006).

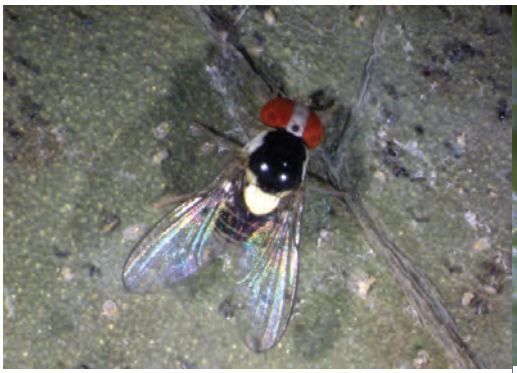


Foto 26. *Acletoxenus formosus*, adulto

Foto 27. *Amblyseius swirskii*, adultos y huevos

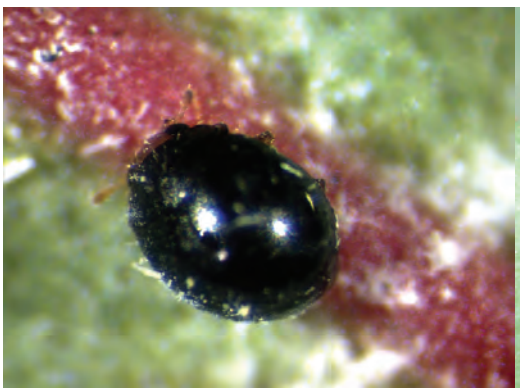


Foto 29. *Delphastus catalinae*, adulto

Foto 28. *Cryptolaemus montrouzieri*, adulto

Foto 30. *Macrolophus caliginosus*, adulto

Foto 31. *Nesidiocoris tenuis*, adulto

4.3. Entomopatógenos

Los entomopatógenos son organismos que producen enfermedades en los insectos, siendo el agente causal muy diverso: virus, bacterias, hongos, protozoos y nemátodos. Los entomopatógenos tienen el inconveniente de que no buscan activamente a sus huéspedes, como hacen parasitoides o depredadores, por lo que su empleo en control biológico está orientado y limitado a una producción masiva y aplicación como un «bioplaguicida». Además, su principal limitación es su dependencia de alta humedad, aunque por otra parte, dentro de sus ventajas están la compatibilidad con el empleo de tratamientos químicos y la facilidad en su manejo (Fransen, 1990).

Entre los entomopatógenos que se ha comprobado que son capaces de atacar mosca blanca destacan los hongos entomopatógenos *Aschersonia aleyrodis* Webber, *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith, *Beauveria bassiana* (Balsamo) y *Lecanicillium* (=*Verticillium*) *lecanii* (Zimm.) Viégas y *L. muscarium* (Petch.). Estos hongos germinan en la cutícula del insecto, la penetran y posteriormente colonizan todo el interior del huésped (Fransen, 1990).

También se ha evaluado a los nematodos *Steinernema feltiae* (Filipjev) (*Nematoda: Steinernematidae*) y *Heterorhabditis bacteriphora* Poinar como posibles agentes de control biológico de *B. tabaci* (Cabello y Ruiz-Platt, 2007).

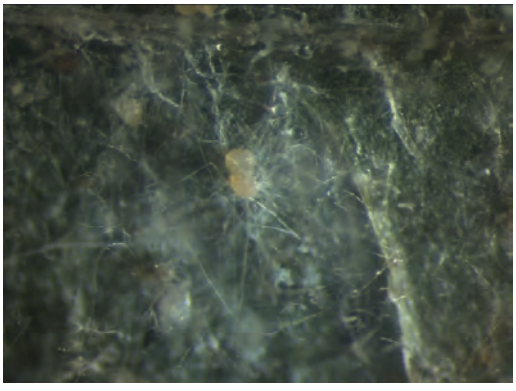


Foto 32. *Paecilomyces fumosoroseus*, sobre huevos de mosca blanca

Foto 33. *Lecanicillium lecanii*, sobre ninfa de *T. vaporariorum*

5. Control biológico de moscas blancas por medio de enemigos naturales

Como se ha indicado anteriormente, para poder efectuar el control biológico de las dos especies de moscas blancas, por medio de enemigos naturales, y dadas las características de los cultivos hortícolas de invernadero, que al ser temporales propician la desaparición de los organismos auxiliares de las diferentes plagas, se debe acudir a la introducción de dichos auxiliares a partir de la cría en masa y comercialización de los mismos por parte de empresas dedicadas a ello.

Para poder referenciar los auxiliares actualmente en uso en España contra *B. tabaci* y *T. vaporariorum*, nada mejor que recurrir a la información del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM, 2009), así como al Vademécum de Productos Fitosanitarios (De Liñán, 2009). Atendiendo a estas dos fuentes, los enemigos naturales comercializados, hoy en día, contra las dos especies de mosca blanca son los que se presentan a continuación.

5.1. *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot,1962

Ácaro fitoseido, eficaz depredador de huevos y ninfas jóvenes de moscas blancas. También es conocido por su elevada actividad sobre larvas del trips, *Frankliniella occidentales* (Pergande).

El origen geográfico de este ácaro se sitúa en el Mediterráneo oriental (Grecia, Israel, Turquía...), lo que permite que sea capaz de subsistir y actuar en las elevadas temperaturas que se registran en el interior de los invernaderos (reduce su efectividad a partir de 40 ºC). Es eficaz en numerosos cultivos hortícolas, pero se ha demostrado que no actúa en cultivo de tomate.

Los adultos son de color blanco-anaranjado, con el cuerpo en forma de pera. Los huevos suelen ubicarse en el envés de las hojas, cerca de las nerviaciones, así como en las flores. El huevo es ovalado y de color blanco, al principio, para tornarse más acaramelado conforme se acerca el momento de la eclosión. Presenta un estado larvario y dos ninfales (protoninfa y deutoninfa), que se diferencian por el número de patas (6 las larvas y 8 las ninfas).

Tanto adulto como ninfas son muy móviles y capaces de consumir gran número de presas: del orden de 15 a 20 huevos o larvas de mosca blanca al día), lo que lo convierte en un eficaz depredador; todo ello unido a su capacidad para alimentarse de polen y néctar, lo que permite su establecimiento en el invernadero en ausencia de presas una vez que se ha iniciado la floración, lo convierte en un eficaz agente de control biológico de moscas blancas.

Destacar también, como se ha señalado antes, que es capaz de establecerse en los cultivos aun cuando las condiciones de humedad y temperatura no sean favorables para otras especies de auxiliares, lo que permite también que, una vez establecido en el invernadero, no sea necesaria su reintroducción.

Modo de uso

Puede emplearse tanto de forma preventiva (en ausencia de la plaga) como de forma curativa.

De forma **preventina** se recomienda la introducción (con polen) de 25-30 individuos/m^2. Y si ya se ha detectado la presencia, aunque mínima, de mosca blanca, esta introducción debe repetirse 1 ó 2 veces con unos 15 días de intervalo.

La suelta **curativa** exige la introducción de 50-100 individuos/m^2, soltando la dosis más elevada en las zonas de mayor presencia de la plaga. Y en caso necesario, se debe repetir esta acción a los 15 días.

Los organismos servidos por las distintas empresas productoras deben usarse en las 24 h después de su recepción y, en todo caso, mantenerlos hasta su uso a una temperatura de 10-15 ºC.

Actualmente está comercializado por dos empresas, Certis y Koppert. La primera lo vende bajo el nombre de AMBSURE, en cilindros de cartón con 1.000, 50000 ó 100000 unidades (adultos y ninfas). Koppert lo comercializa en sobres con 250 individuos mezclados con salvado y en cajas de 100 y 500 sobres (SWIRSKII Mite Plus), y también en botella de 500 cc que contienen 50000 individuos (SWIRSKII Mite). Técnicas de Control Biológico (TCB) lo comercializa con la marca TCB-Swirskii. Los formatos que emplea son: botes de cartón de 25000 individuos y sobres con 250 individuos en cajas de 500 sobres. MIP System Agro (BIOMIP); lo comercializa con los nombres SWIRSKII MIP 25 (botes de cartón con 25000 unidades) y SWIRSKII MIP S en sobres.

5.2. *Encarsia formosa* (Gahan, 1924)

Es un himenóptero afelínido cuyos adultos son de un tamaño aproximado de 1 mm y de color amarillo en el abdomen y negruzco en el tórax. Sus poblaciones se componen casi exclusivamente de hembras (un 98% aproximadamente) puesto que los machos de esta especie son poco frecuentes, presentan una coloración pardo-negruzca y una morfología semejante a la de la hembra.

E. formosa es de origen Neártico (Polaszek *et al*., 1992), aunque su distribución actual es a escala mundial, pues se ha introducido en numerosos países como agente de control biológico de *T. vaporariorum*.

Es un endoparasitoide solitario (sitúa la puesta en el interior de las ninfas de mosca blanca) aunque puede observarse superparasitismo (más de un huevo en una misma ninfa) cuando la población es abundante (Agekyan, 1982). Si bien se sabe que actúa sobre *B. tabaci*, fundamentalmente se emplea en el control de *T. vaporariorum*: en presencia de ambas especies de mosca blanca evidencia una clara preferencia por la segunda; parasita todos los estadios ninfales de esta mosca blanca, aunque prefiere el tercer y cuarto estadios, emergiendo únicamente cuando el hospedador alcanza el cuarto. *E. formosa* es capaz de discriminar las pupas de *T. vaporariorum* parasitadas y no parasitadas, evitando la oviposición en las primeras (Van Lenteren *et al*., 1976).

Existe una clara diferencia en el parasitismo generado sobre *B. tabaci* y *T. vaporariorum*: sobre la primera, el desarrollo del parasitoide vuelve al pupario de color acaramelado, mientras que en la segunda la coloración es negra.

Su rango térmico de acción efectiva se sitúa entre los 18 ºC y los 30 ºC aproximadamente, puesto que por debajo de 18 ºC casi no efectúa el vuelo y por encima de la temperatura superior, la longevidad de los adultos se reduce sensiblemente. Una hembra es capaz de parasitar entre 80 y 100 ejemplares de mosca blanca a lo largo de su vida.

Modo de uso

Como se ha indicado, esta especie está especialmente recomendada para el control de *T. vaporariorum*. La forma de distribución de este insecto es en el estado de pupa, en el interior del pupario de mosca blanca, los cuales se encuentran pegados a tarjetas de cartón, cada una de ellas con 60-100 pupas/tarjeta según cada empresa productora.

Debe usarse con introducciones preventivas de 50 pupas/100 m^2, pero ya en presencia de poblaciones bajas de mosca blanca, debe introducirse del orden de 1-3 pupas/m^2.

Las empresas que lo comercializan en España son: Agrobío (ENCARSIA Formosa), Certis (ENSURE (f)) y Koppert (EN Strip). Esta última empresa comercializa también una mezcla de *E. formosa* y *Eretmocerus eremicus*, con el nombre comercial de ENERMIX, y otra mezcla de *E. formosa* y *Eretmocerus mundus* con el nombre comercial de BETRIMIX.

Tras recepción, los organismos pueden guardarse entre 1 y 2 días a 8-10 ºC de temperatura.

5.3. *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich, 1997

Se trata de un himenóptero de la familia Aphelinidae, parasitoide de diversas especies de aleiródidos, pero que se utiliza en el control biológico de *B. tabaci*. También se le conoció (y comercializó) durante algún tiempo con el nombre de *Eretmocerus californicus*.

Los adultos son avispillas semejantes a las de *E. mundus*, endoparasitoides de ninfas de aleiródidos, pero cuyo huevo es depositado debajo de la ninfa, entre el cuerpo de ésta y la superficie foliar, siendo el primer estadio larvario el que penetra en su interior. Las ninfas parasitadas de mosca blanca siguen su desarrollo hasta que la larva del parasitoide completa el suyo, momento en el que se produce la muerte de la mosca blanca. Las hembras presentan preferencia por parasitar el 2º estadio ninfal de mosca blanca. También destaca la actividad depredadora de las hembras adultas, que se alimentan de ninfas de mosca blanca y lo cual puede implicar una importante mortalidad en sus poblaciones, del orden del 40% de la mortalidad general debida al parasitoide. Los adultos viven una media de 8-10 días, a temperatura media de unos 25 ºC.

Modo de uso

La forma de distribución del insecto es en forma de pupa, dentro de los puparios de mosca, los cuales se colocan pegados en tarjetas, o bien dentro de botes, *blisters* u otros recipientes. Suele haber una cantidad de 50 a 250 pupas/unidad de distribución.

La dosis de empleo recomendada es de 10-12 ninfas parasitadas/m^2, efectuando 3 sueltas con un intervalo de 2 semanas. Conviene efectuar la suelta con temperatura ambiental no muy elevada, es decir temprano por la mañana o al final de la tarde. Debe realizarse la suelta al poco de recibir el envío, pero si no, debe mantenerse el insecto a temperatura entre 8-10 ºC.

Las empresas que comercializan este auxiliar son: Biobest (ERETMOCERUS-SYSTEM), Certis (ERETSURE (e)) y Koppert (ERCAL).

Koppert además comercializa una mezcla de *E. eremicus* y *E. mundus*, con el nombre de BEMIMIX.

5.4. *Eretmocerus mundus* (Mercet, 1931)

Al igual que la especie anterior, se trata de un himenóptero afelínido, parasitoide de diversas especies de moscas blancas, entre ellas *B. tabaci*. Al ser una especie de origen Mediterráneo, está claramente adaptada a las condiciones de nuestros cultivos hortícolas en invernadero.

Se trata de un parasitoide primario y ecto-endo parasitoide, pues al igual que *E. eremicus*, la hembra coloca el huevo fuera del cuerpo de la ninfa de mosca blanca y es el primer estadio larvario del parasitoide el que se introduce en el cuerpo de la ninfa de mosca blanca.

Los adultos son de un tamaño general aproximado de 1 mm. Las hembras son de color amarillo limón, a excepción del extremo del ovipositor, y los machos son más pequeños y algo más oscuros.

El huevo es de forma oval, transparente cuando está recién depositado y oscureciéndose a marrón con el tiempo. Tras la eclosión del huevo se pasa por tres estadios larvarios: el primero de ellos es transparente y de forma aperada, parecida al huevo; el segundo es más bien ovalado y el tercer es casi transparente y con una forma circular. La prepupa es ligeramente amarilla y la pupa, que se localiza en el interior del pupario de la mosca con la superficie ventral dirigida hacia la superficie dorsal del huésped, es de color amarillo oscuro, alcanzando una coloración marrón conforme avanza su desarrollo.

E. mundus distingue las larvas del hospedador que han sido parasitadas colocando huevos únicamente en larvas no parasitadas. Aunque parásita todos los estados larvarios de *B. tabaci* prefiere el segundo y tercer estadios (Urbaneja y Stansly, 2004).

También puede realizar una acción depredadora pues se alimentan de los parasitoides a través de la herida en la depresión vasiforme del aleirodido con su ovipositor (Geling,1983).

La larva parasitada por *E. mundus* adquiere una coloración amarilla-dorada y micetomas desplazados y exuvio más globoso que el de la larva sin parasitar. Por transparencia se puede apreciar antes de la emergencia del adulto, los ojos de color oscuro y los rudimentos alares.

En el momento en que va a emerger del pupario, el adulto del parasitoide corta con sus mandibulas la cubierta del pupario en forma circular, aspecto que permite distinguir la ninfa que ha sido parasitada de la que, pues en este último caso, la salida del adulto de mosca blanca produce una abertura en el pupario en forma de T invertida.

En las condiciones del Sureste español y Canarias se ha podido observar actividad de este parasitoide durante todo el año. En términos generales, el desarrollo de huevo a adulto, a 25 ºC, suele durar unos 18-20 días. Las hembras suelen vivir entre 9-11 días y con una puesta media, a lo largo de toda su vida, de unos 30-50 huevos.

La longevidad de las hembras durante el invierno es alta, siendo capaces de permanecer activas durante esta época, lo que favorece su propagación sobre cualquier huésped vegetal (Gerling, 1983).

Modo de uso

Dado que es eficaz frente a *B. tabaci*, debe introducirse en el cultivo tras identificar la presencia de esta mosca blanca. Se ha comprobado que, aunque es menos efectiva, puede actuar a temperaturas inferiores a 20 ºC y también a temperaturas superiores a 30 ºC.

Se distribuye, al igual que *E. eremicus*, en forma de puparios de mosca blanca parasitados. Puede emplearse una **dosis preventiva** de 1-2 puparios/m^2, **dosis normal** de 2-3 puparios/m^2, y **dosis curativa** de 3-9 puparios/m^2. Las sueltas deben efectuarse

con temperaturas suaves, es decir por la mañana o al final de la tarde, esparciendo entre las hojas los puparios contenidos en el recipiente recibido. Las primeras ninfas parasitadas de mosca blanca podrán empezar a observarse al cabo de 2 semanas.

Si no se utilizan a la recepción, los insectos pueden almacenarse durante 1-2 días, en oscuridad y a temperatura de 8-10 ºC.

El insecto tiene distintas formas de presentación, según la empresa que lo comercializa, pero pueden distinguirse dos formas de envío: pupas del parasitoide sueltas, en botellas o *blisters* junto con serrín o material similar; pupas pegadas a tarjetas de cartón.

Las empresas que lo comercializan actualmente en España: BEMIPAR, Koppert; MUNDUS_SYSTEM, Biobest; ERMUNcontrol, Agrobío; MUNDUSCOLOR, Biocolor; MunduPAK3000, Bioplanet; ERETSURE (m), Certis y MUNDUS-BG, BGreen Biological System, TCB-MUNDUS, Técnicas de Control Biológico y MUNDUS MIP, Mip System Agro (BIOMIP).

5.5. *Macrolophus caliginosus* Wagner, 1951

Es un heteróptero de la familia Miridae, depredador tanto de *B. tabaci* como de *T. vaporariorum*. Es muy voraz, siendo capaz de atacar a la mosca blanca en todos sus estados de desarrollo, si bien prefiere los huevos y las ninfas. Busca a su presa activamente y cuando la encuentra, clava su estilete y succiona completamente su interior.

Los adultos alcanzan una longitud de entre 3 y 3,5 mm, son de color verde claro y aspecto esbelto, ojos rojos, antenas largas, verdes y con la base negra, y patas largas que le permiten desplazarse con facilidad. Además, este depredador presenta la ventaja de que puede alimentarse de otros organismos plaga en cultivos hortícolas como pulgones, araña roja, huevos y orugas de mariposa, larvas de minadores y trips. Por lo tanto, puede ayudar a controlar estas plagas con poblaciones elevadas en el cultivo.

Los adultos viven sobre los brotes de la planta, efectuando la puesta en la hoja, con preferencia en los tejidos de los nervios y del pedúnculo. Tras la eclosión del huevo se pasa por 5 estadios ninfales antes de la aparición del adulto. La longevidad de la hembra es de unos 40 días, con una puesta que oscila entre los 100 y 250 huevos; todo ello en función de las condiciones climáticas ambientales.

Un adulto de este mírido puede consumir hasta más de 30 huevos de mosca blanca por día. Y hay que tener en cuenta que en condiciones especiales, de elevada población del mírido y baja presencia de presas, este insecto puede producir daño al cultivo, pues también tiene alimentación vegetal.

Modo de uso

Se ha empleado en el control de ambas especies de mosca blanca. En el caso concreto del cultivo del tomate, los resultados obtenidos con *M. caliginosus* han sido positivos. Este depredador es capaz de controlar las dos especies de mosca blanca que aparecen en tomate e incluso contribuir al control de otras plagas. Sin embargo, presenta un inconveniente, y es que este tiene un desarrollo poblacional muy lento y, por lo tanto, debe ser introducido tan pronto como sea posible. En general, se suelta durante algunas semanas alrededor de los focos de mosca blanca y así *M. caliginosus* se aprovecha de la presencia de moca blanca para su desarrollo y ayuda a las avispas parásitas a controlar los primeros focos.

El insecto se comercializa en forma de adultos y ninfas, en botes junto con vermiculita u otro material inerte similar. Tras la recepción de los insectos, estos pueden guardarse durante 1-2 días (si no se usan de inmediato), a temperatura entre 10-12 ºC.

Puede distinguirse una dosis normal de uso, de unos 0,5 individuos/m^2 y una dosis curativa, de unos 5 individuos/m^2. Y siempre con 2 introducciones, con 2 semanas de intervalo.

En la actualidad se está trabajando en la posibilidad de liberar este depredador desde el semillero, con el objetivo de que ya se encuentre instalado en el momento del transplante. También es objeto de estudio el uso de plantas reservorio, las llamadas «banker plants», que permitan su presencia en el invernadero, alimentándose sobre otro huésped, antes de que aparezca la población de mosca blanca (Urbaneja *et al*., 2002).

Las empresas comercializadoras del insecto en España son: Certis, MACSURE (c); Biocolor, CALIGICOLOR; Agrobío, MACROcontrol, y Koppert, MIRICAL y MIRICAL-N.

5.6. *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1885)

Es también un heteróptero de la familia Miridae, nativo de la Cuenca Mediterránea.

Es depredador de huevos y ninfas de las dos especies de mosca blanca, y también se alimenta de araña roja, huevos de polillas, trips, e incluso de pulgones y larvas de minadores.

Los adultos tienen unos 6 mm de longitud, con coloración verde, son esbeltos y con patas y antenas largas. Se localizan principalmente en brotes y tallos de la planta. Los huevos son transparentes y las hembras los colocan sobre tallos y hojas; en general, a 25 ºC, la eclosión se produce a los 6-8 días, pasando entonces el insecto por 5 estadios ninfales, de color verde-amarillento y situados principalmente en el envés de las hojas, hasta la aparición del adulto.

Adultos y ninfas son activos depredadores, que buscan sus presas y a las que les insertan el pico de su aparato bucal, absorbiendo el contenido de su cuerpo, de manera que sólo dejan el tegumento de la presa sobre el vegetal.

Pueden llegar a consumir entre 40-50 huevos y 20-25 ninfas de mosca blanca, diariamente. Los adultos pueden alimentarse también del vegetal, en ausencia de presas; de hecho se señala que, en determinadas circunstancias, es difícil determinar si se trata de un auxiliar o de una plaga para el cultivo (Sánchez *et. al*, 2009).

Modo de uso

Este insecto debe introducirse de forma temprana en el cultivo, pues su desarrollo poblacional es algo lento, especialmente con bajas temperaturas.

En general, las dosis recomendadas de empleo son de 0,5-1,5 individuos/m^2, en sueltas semanales, pudiéndose alcanzar hasta el nivel de 2 individuos/m^2 en caso necesario.

Tras la recepción de los insectos, pueden éstos guardarse 1-2 días a 8-10 ºC.

En cultivo de tomate, si se alcanza una elevada población de la chinche, y especialmente con una baja relación presa/depredador, pueden producirse daños en los ápices del vegetal.

Comercializado por las siguientes empresas empresas en España: Agrobío, NESIDIOcontrol; Certis, NESISURE (t), Koppert, NESIBUG, Técnicas de Control Biológico, TCB-NESIDIOCORIS y Mip System Agro (Biomip), NESIDIOCORIS MIP.

5.7. *Beauveria bassiana* Bassi, 1835

B. bassiana es un hongo parásito facultativo, cuyos conidios constituyen la unidad infectiva. Presenta dos fases sobre los insectos: una saprofítica y otra patogénica. La fase de patogénesis ocurre cuando el hongo entra en contacto con el tejido vivo del insecto y la humedad en el microclima alcanza el 85%.

El proceso infectivo que conlleva la muerte del insecto pasa por tres fases: 1) germinación de los conidios y penetración de las hifas en el cuerpo del insecto; 2) invasión de los tejidos internos del insecto; y 3) esporulación e inicio de un nuevo ciclo del hongo.

Habitualmente las colonias crecen lentamente y suelen ser blancas pudiendo adquirir un tono o amarillento o rosáceo con el tiempo.

Es un hongo que presenta un amplio campo de acción; no sólo moscas blancas, sino también cochinillas, pulgones, trips y otros insectos.

Modo de uso

La forma de presentación de este hongo para su empleo frente a moscas blancas es triple: como una suspensión concentrada de esporas, como una dispersión oleosa de esporas y como un concentrado de esporas en forma de polvo mojable.

Cada uno de estos formatos está comercializado por una empresa distinta. El primero por Futrureco, con el nombre de BOTANIGARD SC. Se recomienda una concentración diferente de uso según el cultivo en que vaya a aplicarse. Se recomienda aplicar en pulverización normal, iniciando los tratamientos al comienzo de la infestación. La muerte de los individuos parasitados se produce al cabo de 4-6 días. No es conveniente mezclarlo con productos fungicidas. No debe almacenarse a temperaturas superiores a 30 ºC. A temperatura ambiente, en lugar fresco y seco, permanece estable durante 2 años.

El segundo formulado está comercializado Agrichem, con el nombre de NATURALES L. Independientemente del cultivo se recomienda la aplicación de entre 0,75 y 1 L/ha de preparado; al igual que la aplicación en pulverización foliar al comienzo de la infestación y repetición del tratamiento, si es necesario, cada 7 días. La muerte de los individuos parasitados se produce al cabo de 7 días. No debe mezclarse este producto con fungicidas. Y debe almacenarse a temperatura inferior a 25 ºC y por un periodo inferior a 1 año.

Por último, está el producto comercializado por C.Q. Massó, con el nombre de BASSI WP. Para este compuesto se recomienda una dosis diferente según el cultivo a tratar, recomendándose también la aplicación en pulverización normal y el inicio de tratamientos al comienzo de la ingestación. La muerte de los individuos parasitados se produce al cabo de entre 4 y 6 días. Tampoco debe mezclarse con productos funguicidas y no debe almacenarse a temperaturas superiores a 30 ºC. En un lugar fresco y seco, a temperatura ambiente, el producto permanece estable durante 2 años.

6. Bibliografía

- AGEKYAN, N. G. (1982): "Biological features of Encarsia formosa Gahan (Hymenoptera, Aphelinidae)"; en *Entomol. Rev.*; pp. 90-94.
- AGROBÍO (2009): http://www.agrobio.es
- AMARI, K.; GONZÁLEZ-IBEAS, D.; GÓMEZ, P.; SEMPERE, R. N.; SÁNCHEZ-PINA, M. A.; ARANDA, M. A.; DÍAZ-PENDÓN, J. A.; NAVAS-CASTILLO, J.; MORIONES, E.; BLANCA, J.; HERNÁNDEZ-GALLARDO, M. D. y ANASTASIO, G. (2008): "Tomato torrado virus is transmitted by *Bemisia tabaci* and infects pepper and eggplant in addition to tomato"; en *Plant Disease* (92); p. 1.139.
- BANKS, G.; BEDFORD, I. D.; BEITIA, F.; RODRÍGUEZ-CEREZO, E. y MARKHAM, P. G. (1999): "A novel geminivirus of *Ipomoea indica* (Convolvulaceae) from Southern Spain"; en *Plant disease* 83(5); p. 486.
- BARAJA, M. J.; MANCHÓN, M. A.; NOMBELA, G.; BEITIA, F. y MUÑIZ, M. (2002): "Capacidad de infestación en invernadero de los biotipos B y Q de *Bemisia tabaci* Gennadius en plantas de tomate con y sin el gen *Mi*"; en *Phytoma-ESPAÑA* (137); pp. 33-39.
- BEITIA, F.; HERNÁNDEZ-SUÁREZ, E. y CARNERO, A. (2001): "La mosca blanca del tabaco, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Homoptera, Aleyrodidae). I. Generalidades"; en *Terralia* (22); pp. 60-65.
- BERDIALES, B.; BERNAL, J. J.; CÉLIX, A.; BEITIA, F. y RODRÍGUEZ-CEREZO, E. (1999): "Occurence of cucurbit yellow stunting disorder virus (CYSDV) and beet pseudos-yellows virus in cucurbit crops in Spain and transmisión of CYSDV by two biotypes of *Bemisia tabaci*"; en *Eur. J. Plant Pathol*. (105); pp. 211-215.
- BINK-MOENEN, R. M. y MOUND, L. A. (1990): "Whiteflies: diversity, biosystematics and evolutionary patterns"; en GERLING, D., ed.: *Whiteflies: their Bionomics, Pest status and Management*. Intercept Ltd.
- CASTAÑÉ, C.; ARNÓ, J.; BEITIA, F. y GABARRA, R. (2008): "Capítulo 15. Control biológico de moscas blancas"; en JACAS, J. A. y URBANEJA, A., eds.: Control biológico de plagas agrícolas. Valencia, Phytoma España; pp. 239-253.

- CÉLIX, A.; LÓPEZ-SESÉ, A.; ALMARZA, N.; GÓMEZ-GUILLAMÓN, M. L. y RODRÍGUEZ-CEREZO, E. (1996): "Characterization of cucurbit yellow stunting disorder virus, a Hemisia tabaco-transmitted clsterovirus"; en *Phytopathology* (86); pp. 1.370-1.376.

- CERTIS (2009): http://www.certiseurope.es

- CUTHBERTSON, A.; WALTERS, K.; NORTHING, P. y LUO, W. (2007): "Efficacy of the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae*, against sweetpotato whitefly *B. tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in relation to temperature and host plant: a selective review"; en *Bull. Entomol.Res*. (88); pp. 219-229.

- DE BACH, P. y ROSEN, D. (1991): *Biological control by natural enemies*. Cambridge, Cambridge University Press.

- DE BARRO, P. J.; TRUEMAN, J. y FROHLICH, D. R. (2005): *"Bemisia argentifolii* is a race of *B. tabaci:* the molecular genetic differentiation of *B. tabaci* populations around the world"; en *Bull. Entomol. Res*. (95); pp. 193-203.

- DE LIÑÁN, C. (2009): *Vademécum 2009 de productos fitosanitarios y nutricionales*. Madrid, Ediciones Agrotécnicas.

- FONT, M. I.; VAIRA, A. M.; ACCOTTO, G. P.; LACASA, A.; SERRA, J.; GOMILA, J.; JUÁREZ, M.; ESPINO, A. I. y JORDÁ, C. (2003): "Amarilleos en los cultivos de tomate asociados a Tomato chlorosis virus (ToCV) y Tomato infectious clorosis virus (TICV) en España"; en *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* (29): pp. 109-121.

- FONT, M. I.; JUÁREZ, M.; MARTÍNEZ, O. y JORDÁ, C. (2004): "Current status and newly discovered natural hosts of Tomato infectious chlorosis virus and Tomato chlorosis virus in Spain"; en *Plant Disease* (88).

- FRANSEN, J. J. (1990): "Natural enemies of whiteflies: Fungi"; en GERLING, D., ed.: *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Andover, Intercept; pp: 187-210.

- GARCÍA-ANDRÉS, S.; MONCI, F.; NAVAS-CASTILLO, J. y MORIONES, E. (2006): "Begomovirus genetic diversity in the native plant reservoir *Solanum nigrum*: evidence for the presence of a new virus species of recombinat nature"; en *Virology* 350(2); pp. 433-442.

- GABARRA, R.; ARNÓ, J.; ALOMAR, O. y ALBAJES, R. (1999): "Naturally occurring populations of *Encarsia pergandiella* (Hymenoptera: Aphelinidae) in tomato greenhouses"; en *IOBC/WPRS Bull*. 22 (1); pp. 85-88.

- GERLING, D. (1983): "Observations of the biological interrelationships of parasites attacking the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (West.) in Hawaii"; en *Procc. Hawaii. Entomol. Soc.* (24); pp. 217-226.

- GERLING, D. (1990): "Natural enemies of whiteflies: predators and parasitoids"; en GERLING, D., ed.: *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Andover, Intercept; pp: 147-185.

- GUIRAO, P.; BEITIA, F. y CENIS, J. L. (1997): "Biotype determination of Spanish populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae)"; en *Bull. Entomol. Res*. (87); pp. 587-593.

- HERATY, J. M.; POLASZEK, A. y SCHAUFF, M. (2008): "Systematics and Biology of Encarsia"; en GOULD, J.; HOELMER, K. y GOOLSBY, J., eds.: *Clasical Biological Conttrol of Bemisia tabaci in the United States. A Review of Interagency research and Implementation*. Springer; pp. 71-87.

- HERNÁNDEZ-SUÁREZ, E. (1999): *La familia* Aleyrodidae *y sus enemigos naturales en las Islas Canarias*. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna.

- HERNÁNDEZ SUÁREZ, E.; CARNERO, A.; HERNÁNDEZ, M.; BEITIA, F. y ALONSO, C. (1997): "*Lecanoideus floccissimus* (Homoptera: Aleyrodidae): nueva plaga en las Islas Canarias"; en *Phytoma-España* (91); pp. 35-46.

- HERNÁNDEZ-SUÁREZ, E.; CARNERO-HERNÁNDEZ, A.; FEBLES, J. C.; BRITO, P.; MEDINA, G.; SUÁREZ, J. M. y AMADOR, A. (2002): "Situación actual de las moscas blancas espirales en platanera"; en FERNÁNDEZ GALVÁN, D. y HERNÁNDEZ DELGADO, P. M., eds.: *Actividades del ICIA en platanera.* La Laguna, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias; pp. 83-95.

- HERNÁNDEZ-SUÁREZ, E.; CARNERO, A.; AGUIAR, A.; PRINSLOO, G.; LASALLE, J. y POLASZEK, A. (2003): "Parasitoids of whiteflies (Hymenoptera: Aphelinidae, Eulophidae, Platygastridae; hemiptera: Aleyrodidae) from the maaronesian archipelagos of the Canary Islands, Madeira and the Azores"; en *Syst. Biodivers*. (1); pp. 55-108.

- JORDÁ, C. (2004): "Current status and newly discovered natural hosts of Tomato infectious chlorosis virus and Tomato chlorosis virus in Spain"; en *Plant Disease*, 88:82.

- KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEMS (2009): http://www.koppert.es

- LACEY, L. A.; WRAIGHT, S. P. y KIRK, A. A. (2008): "Entomopathogenic Fungi for Control of bemisia tabaci Biotype B: Foreign Exploration, Research and Implementation"; en GOULD, J.; HOELMER, K. y GOOLSBY, J., eds.: *Clasical Biological Control of Bemisia tabaci in the United States. A Review of Interagency research and Implementation.* Springer; pp: 33-69.

- LA SALLE, J. y SCHAUFF, M. E. (1994): "Systematics of the tribe Euderomphalini (Hymenoptera: Eulophidae): parasitoids of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae)"; en *Systematic Entomology* (19); pp. 235-258.

- LLORENS, J. M. y GARRIDO, A. (1992): *Homoptera III. Moscas blancas y su control biológico*. Alicante, Pisa Ediciones.

- LOZANO, G.; MORIONES, E. y NAVAS-CASTILLO, J. (2004): "First reporto f sweet pepper (*Capsicum annuum*) as a natural host plant for Tomato chlorosis virus"; en *Plant Disease* 88:224.

- LOZANO, G.; TRENADO, H. P.; VALVERDE, R. A. y NAVAS-CASTILLO, J. (2009): "Novel begomovirus species of recombinant nature in sweet potato (*Ipomoea batatas*) and *Ipomoea indica*: taxonomic and phylogenetic implications"; en *Journal of General Virology DOI* 10.1099/vir.0.012542-0.

- MARTIN, J. H. y MOUND, L. A. (2007): " An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae)"; en *Zootaxa* (1.492); pp. 1-84.

- MARTIN, J. H.; MISFUD, D. y RAPISARDA, C. (2000): "The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean basin"; en *Bull. Entomol. Res*. (90); pp. 407-448.

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2009): http://www.marm.es

- MONCI, F.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; NAVAS-CASTILLO, J. y MORIONES, E. (2002): "A natural recombinant between the Geminiviruses Tomato yellow leaf curl Sardinia virus and Tomato yellow leaf curl virus Exhibits a Novel Pathogenic Phenotype and Is Becoming Prevalent in Spanish Populations"; en *Virology* (303); pp. 317-326.

- MOYA, A.; GUIRAO, P.; CIFUENTES, D.; BEITIA, F. y CENIS, J. L. (2001): "Genetic diversity of Iberian populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) based on random amplified polymorphic DNA-polymerase chain reaction"; en *Molecular Ecology* (10); pp. 891-897.

- MUÑIZ, M. y NEBREDA, M. (2003): "Differential variation in host preference of *Aleyrodes proletella* (L.) on some cauliflower cultivars"; en *IOBC/WPRS Bulletin* 26(10); pp. 49-52.
- MYARTSEVA, S. N. y YASNOSH, V. A. (1994): "Parasites of greenhouse and cotton whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in Central Asia"; en *Entomol. Rev.* (73); pp. 1-11.
- NATURAL HISTORY MUSEUM (2009): *Universal Chalcidoidea Database*. Disponible en http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/chalcidoids
- NAVAS-CASTILLO, J.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; DÍAZ, J. A.; SÁEZ-ALONSO, E. y MORIONES, E. (1997): "First report of Tomato yellow leaf curl virus.Is in Spain: Coexistence of two different geminiviruses in the same epidemia outbreak"; en *Plant Disease* 81:1.461.
- NAVAS-CASTILLO, J.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; DÍAZ, J. A.; SÁEZ-ALONSO, E. y MORIONES, E. (1999): "Tomato yellow leaf curl virus-Is causes a novel disease of common bean and severe epidemics in tomato in Spain"; en *Plant Disease* (83); pp. 29-32.
- NAVAS-CASTILLO, J.; CAMERO, R.; BUENO, M. y MORIONES, E. (2000): "Severe yellowing outbreaks in tomato in Spain associated with infections of Tomato clorosis virus"; en *Plant Disease* (84); pp. 835-837.
- PERRING, T. M. (2001): "The *Bemisia tabaci* species complex"; en *Crop Protection* (20); pp. 725-737.
- POLASZEK, A. (1997): "*Amitus Haldeman* (Hymenoptera: Platygasteridae): a genus of whitefly parasitoids new to Britain"; en *Entomologist´s Monthly Magazine* (133); pp. 77-79.
- POLASZEK, A.; EVANS G. A. y BENNETT, F. D. (1992): *"Encarsia* parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hymenoptera: Aphelinidae, Homoptera:Aleyrodidae): a preliminary guide to identification"; en *Bull. Entomol. Res*. (82); pp. 375-392.
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. D. y AGUILERA, A. (2002): "*Coenosia attenuata*, una nueva mosca a considerar en el control biológico de las plagas de hortícolas"; en *PHYTOMA España* (141); pp. 27-34.

- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. D.; MORENO, R.; TÉLLEZ, M. M.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. P. y FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, R. (1994): "*Eretmocerus mundos* (Mercet), *Encarsia lutea* (Masi) y *Encarsia transvena* (Timberlake) (Hym.: Aphelinidae) parasitoides de *Hemisia tabaco* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cultivos hortícolasprotegidos almerienses"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (20); pp. 695-702.

- SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; NAVAS-CASTILLO, J.; MONCI, F.; DÍAZ, J. A. y MORIONES, E. (1999): "Displacement of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)-Sr by TYLCV-Is in tomato epidemics in Spain"; en *Phytopathology* (89); pp. 1.038-1.043.

- SÁNCHEZ, J. A.; LACASA, A.; ARNÓ, J.; CASTAÑÉ, C. y ALOMAR, O. (2009): "Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes"; en *J. Appl. Entomol.* (133); pp. 125-132.

- SEGUNDO, E.; MARTÍN, G.; CUADRADO, I. M. y JANSSEN, D. (2004): " A new yellowing disease in Phaseolus vulgaris associated with a whitefly-transmitted virus"; en *Plant pathology* 53: 517.

- SOTO, A.; OHLENSCHLÄGER, F. y GARCÍA-MARI, F. (2001): "Dinámica poblacional y control biológico de las moscas blancas *Aleurothrixus floccosus, Dialeurodes citri* y *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cítricos valencianos"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (27); pp. 3-20.

- TÉLLEZ-NAVARRO, M. M. y TAPIA-PÉREZ, G. (2005): "Presencia y distribución de Coenosia attenuata (Diptera: Muscidae), en las principales zonas de la provincia de Almería"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (31); pp. 335-341.

- URBANEJA, A.; CAÑIZARES, P.; LÓPEZ, M. J.; SÁNCHEZ, J. A.; NIETO, A.; RODRÍGUEZ, J. M.; FAJARDO, M.; SUÁREZ, T. y STANSLY, P. (2002): "Control biológico de plagas en tomate tolerante al TYLCV"; en *Phytoma España* (141); pp. 60-66.

- URBANEJA, A. y STANSLY, P. (2004): "Host suitability of different instars of the whitefly *Bemisia tabaci* 'biotype Q' for *Eretmocerus mundus"*; en *Biocontrol* (49); pp. 153-161.

- VAN LENTEREN, J. C.; EGGENKAMP-ROTTEVEEL, M. H. y ELLENBROEK, F. (1976): "The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). V. Population dynamics of Trialeurodes vaporariorum and *Encarsia formosa* in a glasshouse"; en *IOBC/WPRS Bulletin* (4); pp. 125-137.

- VAN LENTEREN, J. C.; VAN ROERMUND H. J. y SÜTTERLIN, S. (1996): "Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: how does it work?"; en *Biol. Cont.* (6); pp. 1-10.

- ZOLNEROWICH, G. y ROSE, M. (2008): "The genus Eretmocerus"; en GOULD, J. *et alii*, eds.: *Clasical Biological Control of* Bemisia tabaci *in the United States. A Review of Interagency research and Implementation.*

Tema 8

Manejo de trips

Alfredo Lacasa Plasencia[1], Juan Antonio Sánchez Sánchez[1], Carmen María Lacasa Martínez[2] y Victoriano Martínez Alcaraz[3]

1. Características generales de los trips que ocasionan daños en los cultivos protegidos

1.1. Morfología, biología y ecología

Los trips se agrupan en el orden *Thysanoptera* (insectos con las alas plumosas). Los que se presentan como plagas miden entre 1 y 2 mm, tienen el cuerpo alargado y cilíndrico, la cabeza en forma de pirámide invertida, asimétrica, con la mandíbula izquierda transformada en un estilete macizo y las maxilas transformadas en sendos estiletes, con forma de media caña, que por coacción forman un tubo por el que inyectan la saliva y aspiran el contenido de las células al alimentarse. Las antenas, situadas en lo alto de la cabeza tienen de 6 a 9 artejos. Las alas tienen una parte membranosa, con largos cilios, dispuestos en el borde posterior y, a veces, también en el anterior. En las especies del suborden *Tubulifera* el último segmento de los adultos tiene forma de tubo, mientras en las del suborden *Terebrantia* el extremo del abdomen es cónico, más apuntado en las hembras que en los machos. Las hembras de los *Terebrantia* disponen de un ovipositor falciforme, formado por dos valvas que se articulan en el borde posterior del octavo segmento abdominal y otras dos articuladas en el noveno, lo que le permite incrustar los huevos en los tejidos vegetales. Las valvas están curvadas hacia el abdomen en las especies de la familia *Aeolothripide*, y en sentido contrario en la familia *Thripidae*, permitiendo en todos los casos incrustar los huevos en los tejidos vegetales. En los *Tubulifera* la apertura genital se localiza entre los segmentos noveno y décimo, dejando los huevos sobre la superficie de los hospedantes.

Las especies del suborden *Terebrantia* pasan por cinco estadíos (huevo, dos estadios larvales activos y dos estadios inactivos (prepupa = preninfa y pupa=ninfa) que no se alimentan, y el adulto): mientras que las especies de *Tubulifera*, pasan por seis ya que se produce una muda más que en los *Terebrantia*, entre los dos estadios de pupa (I y II).

---

[1] Investigador del Departamento de Biotecnología y Protección de Cultivos del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia.

[2] Técnico del Departamento anteriormente citado.

[3] Becario del Departamento anteriormente citado.

Los estadios larvarios se diferencian en el tamaño; los dos son activos y se alimenta como los adultos. Cuando la larva completa el desarrollo se desplaza al lugar de pupación o ninfosis entre los restos vegetales del suelo, en los primeros centímetros de la tierra o bien sobre el propio hospedante.

La mayor parte de las especies son haplo (los machos) –diploides (las hembras), algunas son arrenótocas (*F. occidentalis*), presentando una partenogénesis facultativa: las hembras, no fecundadas producen machos mientras las fecundadas producen hembras o machos (de huevos no fertilizados), mientras otras presentan partonogénesis telítoca (*T. tabaci*). En ocasiones la fertilización de los huevos es una acción facultativa de las hembras y puede estar influenciada por las condiciones ambientales, la alimentación y la planta hospedante.

En condiciones naturales la relación entre sexos en la especies con arrenotoquia facultativa se muestra variable según las épocas del año, el hospedante y las densidades poblacionales. En el caso de *F. occidentalis*, la proporción de machos también presenta variaciones estacionales, dependiendo de la temperatura, al influir esta en la longevidad. Así, en los inviernos cálidos del litoral mediterráneo español, la presencia de machos de *F. occidentalis* llega a ser nula, coincidiendo con temperaturas próximas al mínimo de desarrollo, cuando la longevidad de las hembras es alta y la tasa de crecimiento unitario de las poblaciones es muy baja.

La duración del ciclo biológico, las fases de la vida de los adultos, su longevidad, la fecundidad y el potencial reproductivo están muy influenciados por las condiciones ambientales (en particular la temperatura), la cantidad y calidad del alimento, teniendo gran importancia en especies oportunistas como *F. occidentalis* o *T. tabaci*, que son hemodinámicas en áreas cálidas subtropicales.

Las especies asociadas a los cultivos protegidos son preferentemente fitófagas. *F. occidentalis* se comporta, en ocasiones, como un depredador facultativo (de ácaros tetraníquidos), y hay especies depredadoras obligadas (*Scolothrips longicornis* que se alimenta de tetraníquidos) o facultativas como muchas especies de *Aeolothrips*.

El conocimiento de la ecología de muchas especies resulta imprescindible para comprender el comportamiento de las poblaciones lo que resulta de gran importancia para el establecimiento de estrategias de control adaptadas a cada zona, situación, especie y

cultivo. En el caso de las especies que como *F. occidentalis* pupan o ninfosan en el suelo, las condiciones de los microhábitats donde lo hacen limitan o favorecen el crecimiento demográfico en momentos determinados. Algunas especies como *F. occidentalis* o *T. tabaci* se multiplican y se mantienen activas durante todo el año en áreas cálidas del litoral mediterráneo, donde coexisten en cultivos protegidos y al aire libre, mientras se ven obligadas a invernar en zonas templadas o frescas del interior de la Península Ibérica.

Los trips se dispersan de forma activa por el vuelo de los adultos alados, que suele ser de distancias relativamente cortas. Sin embargo, el desplazamiento a larga distancia se produce por arrastre pasivo, por el viento, de individuos en vuelo activo, o bien en el material vegetal contaminado.

En las especies oportunistas, los adultos son marcadamente florícolas y polenófagos, encontrando en el polen un alimento altamente nutritivo, lo que favorece la producción de huevos y el crecimiento de las poblaciones. Estas especies presentan patrones de distribución poblacional correspondientes a modelos agregativos, sobre todo de los estados larvarios, como ocurre con *F. occidentalis*.

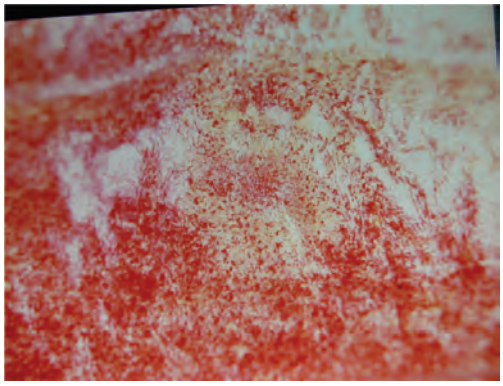
1.2. Tipos de daños

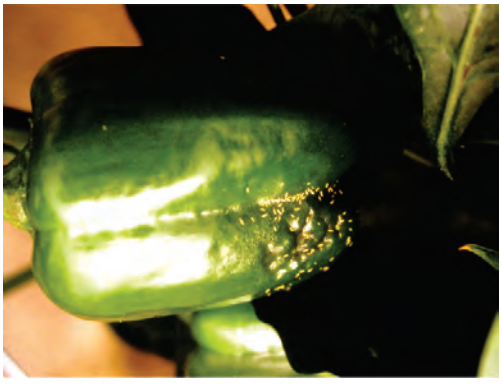
Daños directos

De dos formas ocasionan daños los trips:

a) Al alimentarse:

Los trips son insectos picadores suctores que se alimentan inyectando saliva y absorbiendo el contenido de las células. Los tejidos cuyas células se han vaciado adquieren, al principio, una coloración blanquecina o plateada y más tarde de marrón oscuro. Como consecuencia de la necrosis de las células y los tejidos, los órganos en crecimiento se deforman. En ocasiones la deformación va acompañada de una suberificación externa del tejido.





Fotos 1 a 4. Daños de alimentación de *Frankliniella occidentalis*: plateado necrótico en hoja de pimiento; plateado en pimiento; deformación de pimiento; y plateado en tomate

Foto 5. Punteaduras con halo blanquecino en tomate por daños de puesta de *Frankliniella occidentalis*

b) Al incrustar los huevos:

Las hembras de los *Terebrantia* (fitófagos o carnívoros) al incrustar los huevos realizan heridas que puede servir de punto de instalación de hongos y bacterias productores de podredumbres. Estos daños tienen mayor repercusión durante el proceso de comercialización de las flores. En ocasiones, la sustancia que envuelve al huevo resulta tóxica para las células de los tejidos próximos al punto de inserción de huevo y se produce un halo blanquecino alrededor o una protuberancia o concavidad, llegando a depreciar las cosechas.

Daños indirectos

Los adultos de algunas especies como *T. tabaci* o *F. occidentalis* se hallan implicados en la dispersión directa o indirecta de virus.

a) *Dispersión de virus que contaminan el polen:*

De forma indirecta pueden dispersar algunos Ilarvirus (*Tobacco streak ilarvirus* y *Prunus necrotic ringspot ilarvirus*). Adherido al cuerpo, los adultos pueden transportar polen contaminado por el virus, al tratarse de especies con marcado carácter florícola y polenófago. Al intentar alimentarse del polen contaminado sobre una planta sana, deben perforar el grano de polen para aspirar su contenido, pero al mismo tiempo, el estilete llega a herir el tejido subyacente y al retirarlo se derramaría parte del contenido del grano de polen (incluidas las partículas virales) en la herida, por donde se produciría la infección.

b) *De forma directa transmiten virus del género Tospovirus:*

De la media docena de especies que se hallan implicadas en la transmisión de Tospovirus en la naturaleza, solo *F. occidentalis* y *T. tabaci* se encuentran en España, y de la docena de virus que se conocen de este género sólo se han citado en España el *Tomato spoted wilt virus* (TSWV), el I*mpatiens necrotic spot virus* (INSV) y el *Iris yellow spot virus* (IYSV). Todos se transmiten en la forma persistente, circulativa y propagativa. Las larvas de primer estadio y del segundo poco desarrolladas, adquieren el virus al alimentarse durante unos minutos de tejidos contaminados. Las partículas virales ingeridas pasan del intestino medio a la cavidad general, al tiempo que el insecto evoluciona. De la cavidad general los viriones pasan a las glándulas salivares. A partir de ese momento, cuando el insecto (en estado de larva o adulto) se vuelva a alimentar inyectará saliva contaminada con las partículas virales. El tiempo medio requerido para la inoculación es de unos 30 minutos de alimentación, aumentando la eficacia infectiva al aumentar el tiempo. El periodo de circulación o latencia (desde la adquisición hasta la localización de los viriones en las glándulas salivares) varía con la temperatura y con el virus, oscilando entre 4 y 18 días, para *T. tabaci* y TSWV. Los virus se replican en el cuerpo del insecto, por lo que, tanto las hembras como los machos son infectivos durante toda su vida, pero el virus no se transmite a la descendencia.

Fotos 6 a 9. Daños del virus del bronceado en tomate: reducción del desarrollo y bronceado; muerte de la planta afectada; manchas anulares y necróticas en frutos; y decoloración anular en frutos

Las virosis transmitidas son la principal connotación de los trips en cuanto a su carácter de plaga, ya que, en ocasiones el binomio trips-virus llega a ser un factor limitante del cultivo, siendo *F. occidentalis* y el virus del bronceado del tomate (TSWV) el ejemplo más común.

Fotos 10 a 13. Daños del virus del bronceado en pimiento: manchas anulares en fruto; manchas deprimidas en frutos; manchas necróticas en hoja de variedad resistente; y arabescos en hoja de variedad no sensible

2. Especies plaga más relevantes

Son muchas las especies de trips que pueden aparecer asociadas a los cultivos protegidos, sin embargo son unas pocas las que provocan la mayor parte de los daños. Hasta la llegada de *F. occidentalis*, *T. tabaci* era el principal causante de daños en cultivos como el clavel, el crisantemo o el gladiolo, pudiendo estacionalmente estar acompañado de *T. meridionalis* (en clavel), de *Frankliniella intonsa* (en rosa) o *T. simplex* (en gladiolo). Poco antes de detectarse la presencia de *F. occidentalis* en los cultivos protegidos del Sureste peninsular, se encontraron pequeñas poblaciones de *Frankliniella shultzei* en cultivos de rosa en invernadero, sin que se haya asentado como plaga después de 25 años. En algunos cultivos ornamentales realizados en invernáculos con altas humedades relativas, se han encontrado poblaciones de tres especies de la familia *Panchaetothripine* (*Hercinothrips femoralis*, *H. bicinctus* y *Heliothrips haemorrhoidalis*), ocasionando daños de alguna consideración en plantas de maceta. En cultivos donde no se han realizado tratamientos, pueden aparecer ejemplares de *Scolothrips longicornis*, una especie depredadora de ácaros tetraníquidos que puede tener algún interés, entre finales de la primavera y principios del verano, por su incidencia en las poblaciones de las arañas rojas. En ocasiones, ejemplares de otras especies pueden aparecer en las flores de las hortalizas o de los cultivos de flor cortada, sin que su presencia suponga un daño de importancia para la planta o para el cultivo. Se trata de especies polenófagas que acuden a las flores a alimentarse, pero que no se multiplican en el cultivo. Finalmente, haremos referencia a especies no presentes en España que son plaga en los cultivos protegidos de otras zonas del mundo, siendo motivo de vigilancia en las importaciones de productos hortícolas, florales y plantas ornamentales.

2.1. *Frankliniella occidentalis*: la plaga clave

Se trata de una especie polífaga y cosmopolita con una gran capacidad de adaptación ecológica. En las zonas subtropicales y templadas donde mayor es su repercusión como plaga, debido a su elevada capacidad para multiplicarse y la gran eficiencia en la transmisión de virus, en particular del virus del bronceado del tomate.

En las zonas costeras donde la proliferación es continua a lo largo de todo el año, los adultos invernantes y de las generaciones invernales son de color marrón oscuro, con el protórax y la cabeza más claros que el abdomen. En la primavera y el verano son más

claras que en el invierno, pero se mantienen la cabeza y el protórax más claros que el abdomen. Los individuos jóvenes tienen manchas oscuras sobre los terguitos del abdomen, oscureciéndose todo el segmento a medida que envejecen o maduran. Los machos son claros o por lo menos más claros y más pequeños (0,8 a 0,9 mm) que las hembras (1,2 a 1,6 mm).

Los huevos son blanquecinos. Las larvas de primer y segundo estadio son blanquecinas adquiriendo tonos amarillos a medida que crecen. Al final del desarrollo miden de 1 a 1,1 mm. Los estadios ninfales son de color blanco amarillento y permanecen inmóviles. La proninfa tiene las cortas antenas dirigidas hacia adelante, mientras que la ninfa las tiene plegadas sobre el dorso del cuerpo, en ambos estados son visibles los esbozos alares aunque no son funcionales; tampoco están articuladas las patas.

Fotos 14 y 15. Adulto y larva de *Frankliniella occidentalis*

La actividad y la multiplicación de esta especie son continuas en zonas cálidas, disminuyendo la velocidad de desarrollo y las poblaciones en el invierno. En el verano las altas temperaturas también limitan el crecimiento poblacional. En las zonas templadas o del interior de la península se completan varias generaciones, invernando en estado de adulto, estando constituidas las poblaciones invernales mayoritariamente por hembras, al ser más longevas que los machos.

La incubación dura unos 13 días a 15 ºC, 3 a 25 ºC y 2,5 a 30 ºC. Tan pronto avivan las larvas comienzan a alimentarse de los tejidos o del polen de las flores, necesitando unos 7 días a 15º C, de 2 a 3 a 20º C y de 1 a 2 a 25º C ó a 30º C para pasar al segundo estadio, que dura unos 12 días a 15 ºC, 9 días a 20 ºC de 4 a 5 días a 25 ºC y de 2 a 3 a 30 ºC. Cuando completan el desarrollo las larvas se tiran al suelo para realizar la ninfosis

(pupación), tardando unos 10 días a 15 ºC, 7 días a 20 ºC, de 3 a 4 días a 25 ºC y 2 a 3 días a 30 ºC después de emerger los adultos, y en unos 6 a 10 días a 15 ºC, de 2 a 3 días a 20 ºC, de 1 a 2 días a 25 ºC y 30 ºC inician la puesta.

La temperatura mínima de desarrollo es de 10 ºC, siendo las larvas de primer estadio las más sensibles al efecto de la temperatura. La mortalidad larvaria es muy elevada a 35 ºC, aunque las ninfas pueden soportar similares niveles térmicos en el suelo. Al aumentar la temperatura disminuye la duración del desarrollo y la longevidad. Presenta partenogénesis arrenotóquica, originándose machos a partir de los huevos no fecundados. La fecundidad aumenta con la temperatura hasta un límite (50 huevos/hembra a 15 ºC, 125 a 20 ºC, 135 a 25 ºC, 228 a 27,2 ºC, 40 a 30 ºC y 5 huevos/hembra a 35 ºC) en que disminuye. Las mayores tasas de incremento poblacional se producen a temperaturas próximas a 25-27 ºC y HR del 75%. La longevidad de las hembras varía con la temperatura (46 días a 15 ºC, 75 días a 20 ºC, 31 días a 25 ºC, 12 días a 30 ºC y 9-10 días a 35 ºC).

Las ninfas (pupas) son sensibles a la humedad del suelo, deshidratándose en suelos totalmente secos y muriendo por asfixia cuando permanece inundado más de 3 días seguidos.

Es una especie polífaga multiplicándose en numerosas plantas cultivadas y espontáneas, o simplemente se alimenta en ellas (los adultos son marcadamente florícolas, siendo el polen el alimento más propicio para el desarrollo larvario y para la reproducción).

Los adultos son buenos voladores, desplazándose en vuelo activo unos cuantos metros, mientras son trasladados a largas distancias por las corrientes horizontales de aire. La colonización de los cultivos protegidos se produce por inmigra-

Fotos 16 y 17. Adultos y larvas de *Frankliniella occidentalis* en flores de pimiento. Ninfa en el suelo

ción, apareciendo los primeros ejemplares en los bordes del cultivo, o por contaminación del material de plantación. Cuando el hospedante es adecuado y las condiciones ambientales propicias (temperatura próxima a 25 ºC y HR del 75%) se producen explosiones demográficas que resultan difíciles de controlar.

En nuestras condiciones de cultivo, *F. occidentalis* es el único vector del virus del bronceado del tomate. De todas las especies de este u otros géneros que se encuentran implicadas en la transmisión de virus, *F. occidentalis* se ha mostrado la más eficaz, incluso en plantas que no son buenos hospedantes para el trips, como ocurre con el tomate en el que el potencial multiplicador del insecto en muy bajo. El desencadenamiento de las epidemias de TSWV en los cultivos protegidos depende de las condiciones ambientales y el tipo de virus. Así, por ejemplo, el tiempo mínimo para la adquisición del virus por la larva de primer estadío o de la de segundo recién formada, se calcula en unos 30 minutos, pero cuanto mayor es el tiempo de contacto de la larva con el tejido virosado, mayor es la probabilidad de adquisición. Además, el tiempo de latencia del virus en el cuerpo del insecto (tiempo desde la adquisición de las partículas virales hasta que éstas llegan a las glándulas salivares) varía con la temperatura y el virus (Tabla 1).

Si la duración del periodo de latencia es inferior al tiempo transcurrido entre la adquisición y el inicio de la ninfosis, las larvas pueden transmitir el virus e infectar nuevos tejidos de la misma planta donde adquirió el virus, o los de una nueva planta. Si el periodo de latencia es mayor que la duración del desarrollo larvario, será el adulto quien esté en condiciones de transmitir e infectar, pero no la larva. A temperaturas superiores a 20 ºC la duración del desarrollo larvario (Tabla 2) es superior a la duración del periodo de latencia, por lo que cabe esperar que sea solo el adulto el implicado en la dispersión de la enfermedad en los cultivos.

Tabla 1. Periodo medio de latencia (en horas) del virus en el cuerpo de *Frankliniella occidentalis* a tres temperaturas, según el Tospovirus y el estado en que se realiza la transmisión (larva, adulto)

	INSV		TSWV	
Temperatura (ºC)	Larvas	Adultos	Larvas	Adultos
20	157	169	171	176
24	103	118	109	119
27	82	98	84	103

Fuente: Wijkamp y Peters (1993).

Tabla 2. Duración (en días) de los estados de desarrollo de *Frankliniella occidentalis* a varias temperaturas constantes en rábano

	15º C	20º C	25º C	30º C	35º C
Incubación huevo	10,1	6,6	3,2	2,5	2,4
Estados larvarios	17,1	12,3	6,2	3,4	3,9
Estados ninfales	12,2	7,1	3,6	3,2	2,7
Total desarrollo	39,4	26	13	9,1	10

Fuente: Robb (1989).

Para la modelización de la previsión de epidemias es preciso tener en cuenta que el periodo de ninfosis lo pasa el trips en el suelo y que durante esa fase es portador del virus. Este peculiar aspecto también debe ser tenido en cuenta a la hora de decidir las intervenciones para el control de las poblaciones del insecto.

Reconocimiento de la especie

Algunos caracteres morfológicos permiten reconocer los adultos:

Antenas con 8 artejos, el primero más claro que el segundo. Ángulos anteriores del pronoto con una seda larga y los posteriores con un par. Alas anteriores claras con 20 a 22 sedas en la nervadura anterior. Sedas interocelares largas. Borde posterior del octavo terguito abdominal con un peine continuo de microsedas. Esternitos abdominales III al VII del macho con áreas glandulares alargadas en posición transversal.

2.2. *Thrips tabaci*

Como la anterior, también se trata de una especie polífaga y cosmopolita, con alta capacidad de adaptación a ecologías muy diversas. Un indicativo de esta valencia ecológica es que se ha llegado a diferenciar dos «razas» con diferentes formas de partenogénesis, con cierto grado de especificidad frente a los hospedantes y con diferentes aptitudes para transmitir virus. Por ejemplo, los ecotipos españoles no parecen mostrar aptitudes para la transmisión del virus del bronceado del tomate.

Los adultos de las generaciones invernantes son de color marrón oscuro, mientras que los de las primaverales y estivales son totalmente claros o ligeramente marrones. Las alas son uniformemente claras. Miden de 0,9 a 1 mm las hembras y de 0,7 a 0,8 mm los machos, que siempre son más claros que las hembras.

El huevo es hialino al principio y blanquecino en el momento de la eclosión. Las larvas de ambos estadios son blanquecinas al principio, tomando tonos amarillentos pálidos cuando se desarrollan. Al final de la evolución miden de 0,7 a 0,8 mm. Los estadios ninfales (pupales) son blanquecinos y transcurren sobre el vegetal; la preninfa tiene las antenas hacia delante y las ninfas plegadas sobre el dorso de la cabeza y el tórax. En ambos estadios el insecto se mantiene casi inmóvil por no tener articuladas las patas, y no se alimenta.

Fotos 18 y 19. Hembra y larva de *Thrips tabaci*

En las regiones templadas o frías inverna en estado adulto, mientras en las cálidas pulula y se mantiene activa a lo largo de todo el año.

La hembra incrusta los huevos en los tejidos de las flores y de las hojas. La incubación dura unos 6 días a 25 ºC, al cabo de los cuales emergen las larvas que buscan lugares protegidos para alimentarse (interior de las flores, envés de las hojas, brotes tiernos, etc.). El primer estadio larvario dura de 2 a 3 días a 25 ºC y casi el doble el segundo. Al finalizar el desarrollo la larva busca un lugar protegido (órganos de la flor, cáliz de los frutos, junto a las nervaduras basales de la hoja, etc.), para realizar la ninfosis, que dura de 3 a 6 días a 25 ºC, necesitando de 2 a 3 días para madurar el adulto una vez que se ha formado.

La fecundidad varia con la temperatura entre 20 y 120 huevos/hembra, repartidos a lo largo de un periodo de 20 días (a temperaturas medias o altas) hasta 50 días (a tempera-

turas más bajas). La reproducción es generalmente bisexuada o partenogenética telitóquica, diferenciándose razas por el tipo de reproducción y por la especialización en los hospedantes alimentarios. No se ha descartado la posibilidad de una partenogénesis arrenotóquica en regiones o épocas cálidas al mostrar proporciones de machos del 10-50%, siendo que la longevidad de estos es aproximadamente la mitad que la de las hembras.

Se muestra activo y se desarrolla a temperaturas comprendidas entre 8 ºC y 38º C, situándose el óptimo térmico entre 25 y 30 ºC. En zonas cálidas del litoral levantino y del Sureste la actividad no cesa, manteniendo un buen nivel de multiplicación en los cultivos protegidos donde se suceden varias generaciones.

Las aliáceas son los hospedantes preferidos, pero puede mantener un buen nivel multiplicativo en otros hospedantes como el pepino, el pimiento, el clavel, etc. Además de las plantas cultivadas se puede multiplicar sobre un gran número de especies espontáneas.

Las razas telítocas de países del Este de Europa no parecen capaces de transmitir el virus del bronceado del tomate, mientras algunas de las que presentan arrenotoquia lo llegan a transmitir, aunque con mucha menos eficacia que *F. occidentalis*. Las poblaciones y ecotipos mediterráneos no transmite virosis que afecten a los cultivos protegidos, aunque se considera son transmisores del *Iris yellow spot virus* (IYSV) que afecta al ajo.

Reconocimiento de la especie

Los caracteres que permiten reconocer los adultos de *T. tabaci* son:

Cuerpo uniformemente claro o marrón claro. Antenas con 7 artejos, el primero más claro que el segundo. Ángulos posteriores del pronoto con un par de sedas largas. Alas anteriores claras con 3 a 5 sedas en la parte distal de la nervadura principal. Sin sedas secundarias en los esternitos abdominales. Bordes laterales del terguito del segundo segmento abdominal con 3 sedas. Borde posterior del octavo terguito abdominal con un peine continuo de microsedas. Esternitos III al V del abdomen del macho con áreas glandulares alargadas.

2.3. Otras especies

a) Encontradas en los cultivos protegidos

En raras ocasiones hemos encontrado algunos ejemplares de otras especies de trips en cultivos hortícolas protegidos, sin que se haya asignado un daño de relevancia. Sin embargo, han sido más frecuentes los casos de otras especies asociadas a cultivos florales y, en algunos casos, los daños han revestido importancia, siendo a estas especies a las que nos referiremos.

Frankliniella shultzei

En cultivos de flor cortada en invernaderos se han encontrado daños provocados por ejemplares de la forma clara, la cual no parece ser capaz de transmitir TSWV, lo que le diferencia de la forma oscura.

Los adultos son similares a los de *F. occidentalis*, diferenciándoles el hecho de ser uniformemente más claros. La localización de las sedas interocelares entre los ocelos posteriores, la presencia de sensillas campaniformes en la placa metanotal, le diferencian de las otras especies conocidas en España. Los daños en cultivo de rosa donde se encontró no pasaron de ser anecdóticos, pero en el gladiolo tuvieron más importancia.

Frankliniella intonsa

Esta especie autóctona se ha encontrado provocando daños de cierta consideración en cultivos de rosa realizados en invernaderos del área mediterránea. Los adultos son uniformemente marrones, de 0,8 a 1 mm de longitud. Las poblaciones son elevadas entre mediados de la primavera y principios del verano. El color uniformemente oscuro, la cabeza no prominente, las sedas interocelares en el interior del triángulo ocelar, la placa metanotal estriada y sin sensillas campaniformes le diferencian de las otras especies del género *Frankliniella.* Es frecuente en cultivos de rosáceas, leguminosas y gramíneas y en algunas plantas espontáneas.

Thrips meridionalis

Hasta la llegada de *F. occidentalis*, *T. meridionalis* era, junto a *T. tabaci*, la especie predominante en los cultivos de clavel y gladiolo de los invernaderos del Sureste peninsular y responsable de importantes daños. Su carácter estacional (desde mediados del invierno a finales de la primavera) pone límite a las poblaciones y a los daños. Los adultos son negros, con la base de las alas clara, lo que le concede un aspecto bandeado. Dentro del género *Thrips*, se encuadra en el grupo de especies con 8 artejos antenales. Los adultos miden de 1,4 a 1,8 mm, y poco más de 1 mm la larva completamente desarrollada. Las largas sedas de los ángulos posteriores del pronoto, las tres sedas en la parte distal de la nervadura anterior de las alas anteriores, los esternitos abdominales con sedas secundarias no alineadas y los 8 artejos de las antenas le diferencian de las otras especies del género *Thrips*. Es una especie polífaga que coloniza y se multiplica en cultivos y plantas espontáneas.

Thrips simples

Se trata de una especie con una marcada especificidad por el gladiolo, siendo una de las más importantes plagas de este cultivo en zonas cálidas, provocando manchas blanquecinas en las flores y deformación y aborto de las inflorescencias. Se refugia en las escamas de los cormos por lo que es fácil su dispersión, habida cuenta de que los adultos son capaces de soportar las bajas temperaturas de conservación de los cormos. Los adultos son oscuros de 1,2 a 1,5 mm, con la base de las alas anteriores hialinas, dando la sensación de que tiene una banda más clara a la altura del final del tórax. Las sedas interocelares en el interior del triángulo ocelar, la presencia de 5 a 7 sedas en el extremo de la nervadura principal del ala anterior, las sedas secundarias de los esternitos abdominales alineadas, los 8 artejos de las antenas y las largas sedas en el ángulo posterior del pronoto permiten diferenciarle del resto de las especies del mismo género.

Hercinothrips femorali y H. bicinctus.

Causan daños en las hojas de numerosos plantas ornamentales apreciadas por sus hojas. Las mancha marrones que se originan en las zonas de alimentación están salpicadas de pequeños puntos negros que corresponden a las heces, bajo las cuales suelen

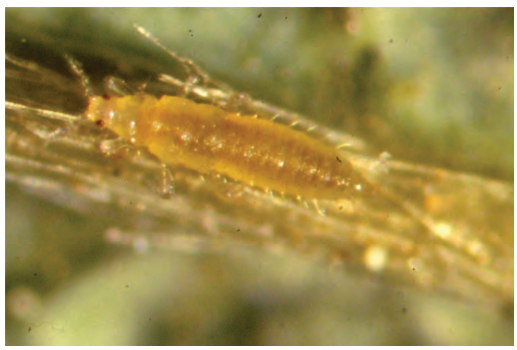
estar incrustados los huevos. Los adultos tienen las antenas terminadas en artejos afilados y largos, el cuerpo tiene la mayor parte de la superficie reticulada y el abdomen es rechoncho. Las alas tienen dos bandas oscuras y dos claras en *H. femoralis* y dos oscuras y tres claras en *H. bicinctus*. Las larvas son blanquecinas y portan, como los adultos, una bola de excrementos en el extremo del abdomen que les sirve de protección ante los depredadores. Son lentos en los movimientos y tienen dificultades para volar. Los estados ninfales transcurren en los lugares donde se desarrollan las larvas, siendo poco móviles y bastante gregarios.

Las bandas de las alas permiten diferenciar las dos especies entre sí de las especies de géneros próximos.

Heliothrips haemorrhoidalis

Es plaga en cultivos ornamentales realizados en ambientes húmedos y templados o cálidos. Los adultos tienen reticulada la mayor parte de la superficie corporal, siendo más patente la en la cabeza y en el tórax. Son de color negro, con las alas hialinas, el abdomen rechoncho y alas anteriores falciformes. Las larvas son blanquecinas al principio y amarillo-ceroso al final del desarrollo, portando, como los adultos, una bola de excrementos sobre las largas sedas del final del abdomen. Los adultos recién formados tienen el abdomen rojo (lo que le da el nombre de *haemorrhoidalis*) y el resto del cuerpo negro. Las ninfas son poco móviles, permaneciendo en el lugar donde se desarrollaron las larvas.

Fotos 20 y 21. Hembra y larva de *Heliothrips haemorrhoidalis*



Fotos 22 y 23. Adulto y larva de *Scolothrips longicornis*, depredador de arañas rojas

El cuerpo reticulado, las alas anteriores falciformes y las antenas terminadas en estiletes le encuadran el los *Panchetothtipinae*, diferenciándose de las especies de *Hercinothrips* por tener las alas uniformemente hialinas.

Scolothrips longicornis

Se trata de una especie depredadora de tetraníquidos. Los adultos son de color marrón claro, con las alas bandeadas (dos bandas oscuras y tres bandas claras). Las larvas son blanquecinas, tomando coloración canela a medida que se van desarrollando, siendo también depredadoras de ácaros. Los estados ninfales son blanquecinos y permanecen en el lugar donde se desarrollaron las larvas. Las poblaciones van creciendo a medida que avanza la primavera y la actividad depende de la presencia de presas, al ser un carnívoro específico y obligado. En los invernaderos donde se practica el control biológico de plagas aparece de forma espontánea a finales de la primavera, llegando a colaborar con otros depredadores (ácaros fitoseidos, cecidómidos, etc.) en el control eficiente de las arañas rojas.

El que las antenas estén formadas por 8 artejos, que las alas sean bandeadas, que sobre el protórax aparezcan largas sedas en los ángulos anteriores y posteriores y también en los bordes laterales y que el cuerpo esté salpicado de fuertes sedas permite diferenciar a *S. longicornis* de las otras especies.

b) Susceptibles de ser introducidas en España

Echinothrips americanus

De origen americano, se ha interceptado en varias ocasiones en plantas ornamentales y se ha llegado a instalar en cultivos de invernadero de países centroeuropeos, siendo el pimiento y la santipaulia unos de los más afectados. Se encuadra en la subfamilia *Panchaetothripinae*. Los adultos son negros con la base de las alas anteriores (falciformes) hialinas, con 8 artejos en las antenas, cabeza y tórax más fuertemente reticulado que el resto del cuerpo. La hembra mide de 1,5 a 1,7 mm, siendo más pequeño y fino el macho. Las larvas recién formadas son blanquecinas, adquiriendo coloración amarillo-anaranjada a medida que se desarrollan. Los estados ninfales son blanquecinos, con un par de sedas largas en cada segmento abdominal. A 20 ºC el desarrollo dura unos 35 días, 15 días a 25 ºC y unos 12 días a 30 ºC. Provoca placas plateadas en el haz de las hojas de numerosas plantas ornamentales y en algunos cultivos.

Las alas oscuras con una banda clara en la base, la superficie del cuerpo reticulada, las largas sedas de la nervadura principal de las alas anteriores que terminan en un ensanchamiento, las largas sedas de los terguitos abdominales y las pequeñas áreas glandulares circulares de los esternitos abdominales de los machos permiten diferenciar a *E. americanus* de las especies autóctonas de Panchaetothripinae.

Scirtothrips dorsalis

Esta especie polífaga ha sido interceptada en algunas partidas de plantas ornamentales, pudiendo resultar plaga en cultivos hortícolas como el pimiento, en cultivos tropicales como el mango o en cultivos de cítricos. Es originario de países del lejano Oriente, pero en los últimos años se asiste a una expansión por países africanos con clima cálido o templado. Aunque se le implicó en la transmisión del virus del bronceado del tomate, se ha podido comprobar que hubo un error en la identificación de ejemplares que en realidad eran de *Frankliniella shultzei*. Los adultos de *S. dorsalis* son claros, pequeños, rechonchos, con 8 artejos en las antenas, un par de sedas largas en los ángulos posteriores del pronoto; las alas son estrechas, transparentes, con dos sedas en la parte apical de la nervadura posterior del las alas anteriores,con placas oscuras en el centro de los esternitos

abdominales. Los machos, frecuentes en las poblaciones interceptadas, son más pequeños que las hembras y más claros. Las alteraciones por alimentación provocadas en el pimiento originan deformaciones muy pronunciadas en las hojas y en las flores, adaptándose muy bien a los sistemas de producción en invernadero.

El tamaño reducido, la coloración clara, la cabeza más ancha que larga, el aspecto rechoncho, el reticulado del metanoto y pequeños detalles de los machos permiten diferenciar a *S. dorsalis* de las otras especies asociadas a los cultivos protegidos.

Thrips palmi

Han sido muy frecuentes las interceptaciones de ejemplares de esta especie en las importaciones de plantas ornamentales, frutos de hortalizas y flor cortada. Los sistemas de erradicación puestos en práctica en los países europeos donde se han detectado han dado buenos resultados en el control de esta especie considerada cuarentenaria, que se ha extendido por todos los continentes a partir de Asia. Es transmisor de algunas especies de Tospovirus como *Watermelon silver mottle virus* (WSMV) o *Melon spotted wilt virus* (MSWV), que afectan a las cucurbitáceas, lo que hace particularmente peligrosa su introducción en nuestro país.

Los adultos miden menos de 1 mm, son claros, con 7 artejos en las antenas, siendo los dos primeros claros, con sendos pares de largas sedas en los ángulos posteriores del pronoto, de 2 a 4 sedas en la parte apical de la nervadura principal del ala anterior y 4 sedas en el borde lateral del segundo terguito abdominal. Las larvas son blanquecinas, adquiriendo coloración amarillenta a medida que se desarrollan. Los estadios ninfales son blanquecinos y transcurren en lugares protegidos próximos a donde se desarrollaron las larvas. El óptimo biótico de desarrollo se sitúa próximo a 25 ºC y la temperatura mínima de desarrollo a 12,6 ºC. Una generación dura unos 80 días a 15 ºC y tan sólo 21 días a 30 ºC. Las hortalizas como la berenjena, la sandía, el pepino y las plantas ornamentales como el clavel, crisantemo y algunas plantas ornamentales de maceta son reputadas hospedantes dentro de los grupos de hortalizas y plantas ornamentales. Los plateados en el envés de las hojas y en los órganos florales, las deformaciones de los brotes y el aborto de flores son daños producidos por la acción alimentaria de larvas y adultos. La transmisión de las virosis se produce en la forma persistente, circulativa, propagativa.

El que los adultos sean totalmente claros, que en el extremo de la nervadura principal del ala anterior hayan de 2 a 4 sedas, que las sedas interocelares se sitúen en el exterior del triángulo ocelar, que los dos artejos basales de las antenas sean claros, que la placa metanotal sea estriada y con un par de sensillas campaniformes, que en el borde lateral del segundo terguito abdominal hayan 4 sedas, que no hayan sedas secundarias en los esternitos abdominales y que en los esternitos abdominales III y IV de los machos hayan áreas glandulares alargadas, permite diferenciar a *T. palmi* de las otras especies de *Thrips* que se asocian a los cultivos protegidos.

3. Los medios de control

3.1. Enemigos naturales autóctonos y exóticos

En los sistemas naturales un buen número de depredadores, parasitoides, hongos y nematodos entomopatógenos regulan las poblaciones de los trips de una forma equilibrada y estable. No sucede lo mismo en los sistemas de los cultivos protegidos, al resultar vulnerables a las prácticas culturales, lo que facilita que los trips alcancen niveles de plaga.

Los avances sobre el uso de enemigos naturales para el control de los trips en cultivos protegidos han sido notorios en los últimos 30 años, debido, fundamentalmente a la búsqueda de antagonistas eficaces, adaptados a las condiciones donde se pretenda aplicarlos, y a la facilidad para multiplicarlos en condiciones semi-artificiales. Han surgido por la necesidad de controlar de forma estable y duradera las especies que afectan a los cultivos protegidos y que son transmisoras de virosis. Se ha recopilado en la Tabla 3 los enemigos naturales más relevantes para el control biológico de los trips en cultivos protegidos.

Tabla 3. Enemigos naturales de los trips y su posible utilización como agentes de biocontrol de especies consideradas como plagas

Enemigo natural	Generalista / Facultativo / Específico	Cultivos	Tipo de manejo	Disponibilidad	Plagas
Parasitoides					
Ceranisus spp.	Específico (larvas)	Varios	Liberación inoculativa/ favorecer instalación	Posible producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
					T. meridionales
					H. haemorrhoidalis
					H. femoralis
Tripobius spp	Específico (larvas)	Ornamentales	Favorecer instalación		*H. femoralis*
					H. haemorrhoidalis
Megaphragma spp	Específico (huevos)	Ornamentales	Favorecer instalación		*H. haemorrhoidalis*
Thripinema ssp.	Específicas (larvas y pupas)	Varios	Favorecer la instalación	NO	*F. occidentalis*
Entomopatógenos					
Beauveria basiana	Generalista	Varios	Liberación masiva	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
					H. haemorrhoidalis
Lecanicillium lecanii	Generalista	Varios	Liberación masiva	Producción comercial	*H. femoralis*
Metarhizium anisopliae	Generalista	Varios	Liberación masiva	¿	*F. occidentales*
					T. tabaci
Paecilomyces spp.	Generalista	Varios	Liberación masiva		*F. occidentales*
					T. tabaci
Depredadores					
Ácaros					
Amblyseius spp	Generalista, Facultativo	Varios	Liberación inoculativa	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
					H. haemorrhoidalis
Neoseilus spp	Generalista, Facultativo	Varios	Liberación inoculativa	Producción comercial	*T. simplex*
Hipoaspis spp.	Específico	Varios	Liberación inoculativa	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
Tisanopteros					
Aeolothrips spp.	Específico	Varios	Facilitar instalación	NO	Varias
Franklinothrips spp.	Específico	Varios	Liberación inoculativa	Posible	*H. haemorrhoidalis*
					F. occidentales
					T. tabaci
					H. femoralis
Heterópteros					
Orius spp.	Generalista	Varios	Liberación inoculativa	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
					T. meridionales
Anthocoris spp.	Generalista	Varios	Liberación inoculativa	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
Geocoris spp.	Generalista	Varios	Facilitar instalación	NO	*F. occidentales*
Nabis spp	Generalista	Varios	Liberación inoculativa	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
Macrolophus spp.	Generalista	Varios	Liberación inoculativa	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
Dicyphus spp.	Generalista	Varios	Facilitar instalación	Producción comercial	*F. occidentales*
					T. tabaci
Dereaocoris spp.	Generalista	Varios (a. libre)	Facilitar instalación	NO	*F. occidentales*
					T. tabaci
Nesidiocoris tenuis	Generalista	Tomate	Liberación inoculativa	Producción comercial	F. occidentales

3.1.1. Depredadores

La actividad y eficacia de los depredadores en el control de los trips está condicionada por el hospedante vegetal y por las condiciones ambientales. Esto explicaría la utilidad de algunos en un cultivo (caso *O. laevigatus* sobre *F. occidentalis* en pimiento), pero no en otro próximo (la misma plaga y el mismo depredador en tomate), debido a que mientras el pimiento es un buen hospedante para la plaga y el depredador, el tomate no lo es para ninguna de los dos, pese a que el trips se considera una de las plagas principales por ser el transmisor del virus del bronceado del tomate.

a) Antocóridos

La mayor parte de los depredadores de trips son generalistas, por lo que la abundancia de presas alternativas, preferibles por el depredador, condiciona la eficacia en el control de los trips. Los Antocóridos se han mostrado muy activos en la regulación de las poblaciones naturales de varias especies de trips, siendo las especies de *Orius,* con hábitos alimentarios carnívoros, las que han mostrado aceptables niveles de control en plantas espontáneas y cultivadas, poniendo de manifiesto cierta predilección por los trips frente a otros artrópodos de similar tamaño. El tamaño de los trips y los órganos de las plantas colonizados pueden ser el motivo de tal preferencia. En comarcas costeras del Sureste peninsular coexisten especies y pueden sucederse sus poblaciones en el tiempo como sucede con *Orius laevigatus* y *O. albidipennis* en los cultivos de pimiento en invernaderos o al aire libre. La producción comercial de estas dos especies permite su utilización en miles de hectáreas de cultivo de pimiento para el control de *F. occidentalis* y del virus del bronceado del tomate (TSWV). También resultan eficaces para el control del «trips occidental de las flores» y del «trips de la cebolla» en cultivos de pepino, fresa, melón y berenjena y en algunos cultivos ornamentales y de flor cortada.

Las poblaciones de *O. laevigatus* en zonas frías presentan diapausia reproductiva inducida por el fotoperiodo corto, mientras que no la presentan las de las áreas mediterráneas, lo que permite utilizar a estas en periodos invernales en los invernaderos de estas zonas, donde la intensidad y gravedad de los ataques de *F. occidentalis* son mayores.

En el tomate, la abundancia de tricomas con sustancias pegajosas dificulta la instalación y la actividad depredadora de los Orius, igual que la de los trips (*F. occidentalis y T. tabaci*). Las pequeñas larvas quedan inmovilizadas al acumularse en las patas las

sustancias pegajosas de los tricomas y terminan muriendo por inanición, siendo deficiente el control de los trips y de las virosis que propaga *F. occidentalis*. En cultivos de rosa, la liberación de *Orius spp.* no ha resultado eficaz para el control de los trips (*F. occidentalis, F. intonsa)* debido a las características de la planta y a la no disponibilidad de polen, que sirve como alimento sustitutivo y de supervivencia para el depredador.

b) Míridos

Los trips forman parte de las presas de los Míridos, como depredadores generalistas, limitando sus poblaciones en condiciones naturales; sin embargo no muestran preferencia por esta presa en los cultivos y plantas hospedantes espontáneas, siendo limitado su uso en el control específico de los trips como plagas de los cultivos. En aquellos cultivos como el tomate, en los que el resto de los depredadores tienen dificultades para instalarse y sobrevivir, especies de Míridos bien adaptadas a esos hospedantes como *Macrolophus caliginosus*, *Dyciphus* spp., o *Nesidiocoris tenuis*, merman las poblaciones *F. occidentalis*. En algunas áreas mediterráneas, *Dereacoris punctulatus* está frecuentemente asociado a las poblaciones de trips, particularmente de *F. occidentalis* en la vegetación espontánea, siendo de interés para reducir las poblaciones del trips en el sistema.

En la vegetación espontánea, los Nábidos (*Nabis pseudoferus*) tienen un papel relevante en el control de las poblaciones de trips, aunque prefieran presas de mayor tamaño. Los *Geocoris* (*atricolor, palles*) son bastante menos frecuentes en los sistemas naturales y por tanto menor su incidencia sobre las poblaciones de los trips de los cultivos protegidos.

c) Fitoseidos

Los ácaros depredadores generalistas fueron estudiados y utilizados como la primera opción para el control de trips (*T. tabaci*) en cultivos protegidos (pepino y tomate), antes de la introducción de *F. occidentalis* en Europa. *Neoseiulus* (*Amblyseius*) *cucumeris* y *N. barkeri* fueron los primeros producidos comercialmente, siendo utilizados en el control de *T. tabaci* en cultivos de pimiento en invernadero de forma eficaz, y más tarde de *F. occidentalis*. En cultivos de pepino el control de *F. occidentalis* y de *T. tabaci* por parte de *N. cucumeris* era insuficiente, lo mismo que en los invernaderos de pimiento cuando hay infección de TSWV. Estos ácaros consumen larvas poco desarrolladas de trips, mostrándose poco activos sobre las larvas desarrolladas de segundo estadio o sobre los adultos.

Foto 24 a 27. Huevo de *Neosiulus californicus*; huevo de *Amblyseius swirskii*; adulto de *Amblyseius swirskii*; ninfa de *Orius laevigatus* depredando un adulto de *N. californicus*

Otras especies de fitoseidos como *Iphiseius degenerans* son más efectivos como depredadores de *F. occidentalis* en cultivos de pimiento y pepino, pero su multiplicación es costosa.

Se ha podido comprobar que otras especies, eficaces depredadoras de ácaros (*Neoseiulus californicus)* o de moscas blancas (*Amblyseius swirskii*), y que se utilizan para el control de esas plagas en los cultivos de pimiento y pepino en invernadero, pueden ocasionalmente consumir larvas de trips, sin que lleguen a ejercer un buen control por si solos, pero contribuyendo a reducir las poblaciones de los trips. En algunos cultivos *Hypoaspis milles* se muestra activo sobre larvas de *F. occidentalis*, aunque su preferencia ecológica es el suelo o los sustratos y la presa más común en los sistemas protegidos son las larvas de Sciáridos y Fóridos.

La combinación de *N. cucumeris* y *O. laevigatus* se ha mostrado como una eficaz opción para el control de *F. occidentalis* en cultivos de pimiento de invernadero en el área mediterránea y centroeuropea. Los fitoseidos ejercen un aceptable nivel de control del trips en las fases iniciales del cultivo de pimiento, sirviendo de alimento para *O. laevigatus*, lo que facilita la instalación del antocórido cuando las densidades de trips son bajas.

3.1.2. Parasitoides

Los parasitoides muestran un alto grado de especificidad y su eficacia está supeditada a las características de la planta hospedante y de la especie de trips.

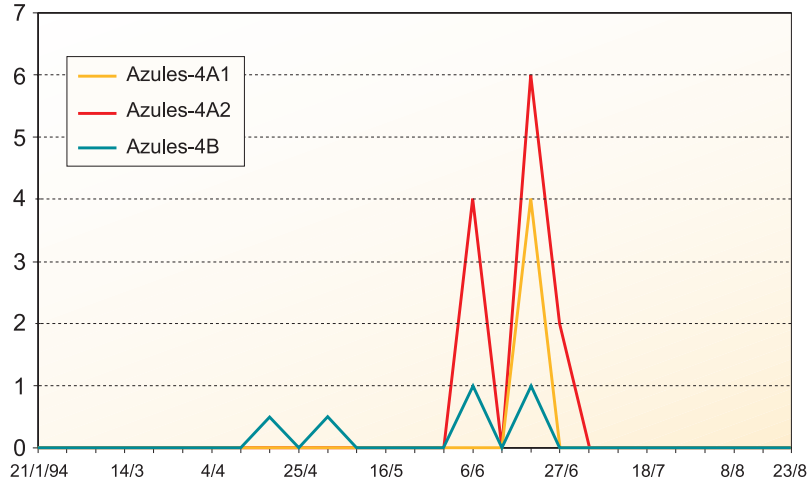
a) Parasitoides de larvas

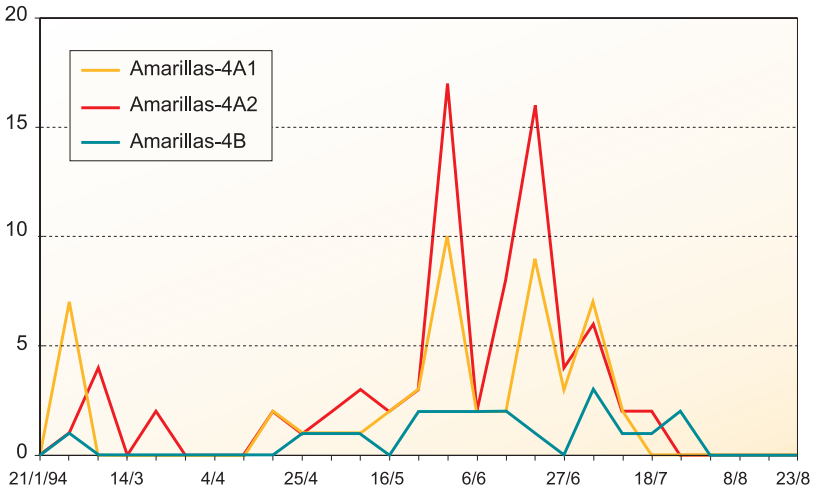
En algunos cultivos ornamentales *Tripobius semilutens* parasita larvas de *H. haemorroidalis*, aunque la incidencia sobre las poblaciones es insuficiente para obtener un buen nivel de control de la plaga.

Las cuatro especies de *Ceranisus* (*menes, lepidotus, platinianus* y *ruselli*) censados en Europa, parasitan larvas de varias especies de la familia *Thripidae*. Son frecuentes en algunos agrosistemas donde prolifera *F. occidentales*, pero son poco abundantes (Figuras 1 y 2), por lo que participan poco en la regulación natural de las poblaciones del «trips occidental de las flores», ya que la duración del ciclo biológico es más del doble que la de algunas especies como *F. occidentalis* o *T. tabaci*. La captura en placas coloreadas hace recomendable no utilizarlas en los invernaderos en el caso de que se pretenda aprovechar la actividad de estos parasitoides (Figuras 1 y 2). La introducción en Europa de *C. americensis*, procedente de Norteamérica, como posible agente de biocontrol de *F. occidentales*, no ha satisfecho las expectativas, a pesar de ponerse a punto un método de producción comercial.

Es preciso tener en cuenta las posibles interacciones depredador/parasitoide que pueden tener en común la misma diana (presa/hospedante), incluso en el mismo estado de desarrollo, a la hora de establecer estrategias mixtas de control de la plaga.

Figuras 1 y 2. Evolución de las capturas de *Ceranisus menes* en placas cromotrópicas azules (1) o amarillas (2) en invernaderos de pimiento del Campo de Cartagena (Murcia). 4B: Control químico contra trips y mallas en las aperturas laterales; 4A1: Control químico contra trips sin malla en las aperturas; 4A2: Sin tratamientos específicos contra trips





b) Parasitoides de huevos

Varias especies de los géneros *Megaphragma* y *Polynema* se han encontrado parasitando huevos de especies de la subfamilia Panchaetothripinae, así como a especies como *Thrips tabaci*, o *T. palmi*. Son poco frecuentes y abundantes por lo que su incidencia en el control de los trips plaga es muy escasa.

3.1.3. Entomopatógenos

La actividad y eficacia de los entomopatógenos está influenciada por las condiciones ambientales. Las condiciones favorables para los hongos entomopatógenos lo son también para hongos fitopatógenos de evolución aérea, que se controlan por medios químicos incompatibles con los entomopátogenos. La utilización de estos agentes de biocontrol resulta asequible en cultivos que no requieren de tratamientos fungicidas, para cultivos realizados en zonas templadas y húmedas, y, en todos los casos, para los estados de desarrollo de los trips que transcurren en el suelo.

Diferentes aislados de *B. bassiana*, *Lecanicillium lecanii, Metarhizium anisopliae o Paecilomyces fumosoroseus* proporcionan altas mortalidades de larvas de *F. occidentalis* y *T. tabaci* en condiciones controladas. Los preparados comerciales de *L. lecanii* y *B. bassiana* aplicados a la planta y al suelo en cultivos de invernadero del litoral mediterráneo español redujeron las poblaciones de *F. occidentalis* puntualmente, pero su efecto perduró poco tiempo.

La mayor parte de los hongos que presentan actividad sobre trips son compatibles con los otros enemigos naturales, pudiendo ser utilizados en estrategias integradas de control.

Son escasas las referencias sobre parasitismo de trips por nematodos. Tan sólo dos especies de *Thripinema* (*nicklewoodii* y *remiran*) se citan como parásitos de larvas de *F. occidentalis*, siendo escasa su incidencia. Sin embargo, se han ensayado preparados comerciales de *Steinernema* spp. y *Heterorhabditis* spp. para el control del «trips occidental de las flores» en cultivos protegidos con escaso éxito.

3.2. Métodos culturales

En los cultivos realizados en invernaderos, las estrategias de control o manejo de las poblaciones de los trips, se amparan en la integración armónica de todos los medios disponibles, después de evaluar su eficacia y la compatibilidad con el control biológico de otras plagas de los cultivos.

3.2.1. Medidas preventivas y culturales

a) Material de plantación libre de trips

Se adoptan precauciones para evitar la contaminación, tanto a nivel de cultivo como de zonas de producción. La utilización de material vegetal libre de insectos, la instalación del cultivo en épocas poco propicias para la actividad y el desarrollo de la especie concreta, las medidas higiénicas preventivas como la eliminación de malas hierbas o cultivos que sirven de reservorio, resultan de gran utilidad en el control de especies polífagas (*F. occidentalis, T. tabaci*.) o específicas (*H. femoralis*), en cultivos protegidos, tanto de hortalizas como de plantas ornamentales o de flor cortada.

b) Barreras de exclusión o de disuasión

Las barreras de exclusión (mallas densas) o de disuasión (cubiertas de plásticos fotoselectivos o acolchados con plásticos repelentes) se han utilizado como medidas de protección de cultivos sensibles a Tospovirus transmitidos por *F. occidentalis*. En la actualidad, la instalación de mallas en las aperturas de ventilación y acceso a los invernaderos en una práctica habitual en zonas de alta incidencia de las virosis. La combinación de mallas de 16 x 10 hilos por centímetro en las aperturas laterales y de 6 x 10 hilos por centímetro en las aperturas cenitales, proporciona un retraso en la inmigración de adultos de *F. occidentalis* al cultivo de pimiento de unas 4 a 6 semanas en los ciclos de invierno a verano y un retraso, del mismo tiempo de duración, en la introducción del virus, por lo que la incidencia epidémica de la virosis se reduce considerablemente.

Fotos 28 a 31. Mallas en aperturas cenitales y laterales de ventilación y placas coloreadas en los puntos de posible entrada de trips; placas amarillas y azules para el seguimiento de poblaciones

c) Manejo de la flora espontánea

El manejo de la flora espontánea en los alrededores de los invernaderos tiene gran trascendencia en el control de los trips en los cultivos protegidos, aunque la eliminación de las malas hierbas conviene que sea selectiva. Como hemos indicado, bastantes especies de malas hierbas son multiplicadoras del trips, pero también de sus enemigos naturales, por lo que se ha de tener en cuenta cuando se establecen estrategias de conservación de los auxiliares autóctonos o del establecimiento de los liberados en el conjunto del sistema de producción. Es decir, favoreciendo la flora espontánea se puede llegar a disponer de poblaciones de enemigos naturales fuera de los invernaderos que controlarían las poblaciones de trips y reducirían las inmigraciones hacia los cultivos cuando se instalan. Sin embargo, un gran número de las plantas espontáneas son portadoras sintomáticas o asintomáticas del virus del bronceado del tomate, al mismo tiempo que multiplicadoras

del trips y, en ocasiones, de sus enemigos naturales. Dado que la transmisión del virus es el aspecto de riesgo más peligroso, estas especies deberían ser eliminadas antes de implantar el cultivo con el objeto de reducir el inóculo inicial del virus y de los riesgos que ello comporta, independientemente de la abundancia de trips y de sus enemigos naturales. Entre 4 y 6 semanas antes de iniciar el cultivo se estima que se deberían haber eliminado las malas hierbas del invernadero o de los alrededores del mismo, dependiendo de las temperaturas.

El arranque y eliminación de las plantas afectadas por TSWV reduce considerablemente la incidencia de la virosis, al reducir el riesgo de multiplicación del trips en el sustrato vegetal contaminado y por tanto la densidad de inóculo, expresado como número de adultos del trips portadores del virus por unidad de superficie o por órgano de la planta. Al arrancar las plantas afectadas se reduce la población de trips virosantes y con ello la incidencia de la virosis (Figuras 3 y 4).

Figura 3. Evolución de la poblaciones de adultos y larvas de *F. occidentalis* en un invernadero donde en la mitad se arrancaron las plantas virosadas por TSWV

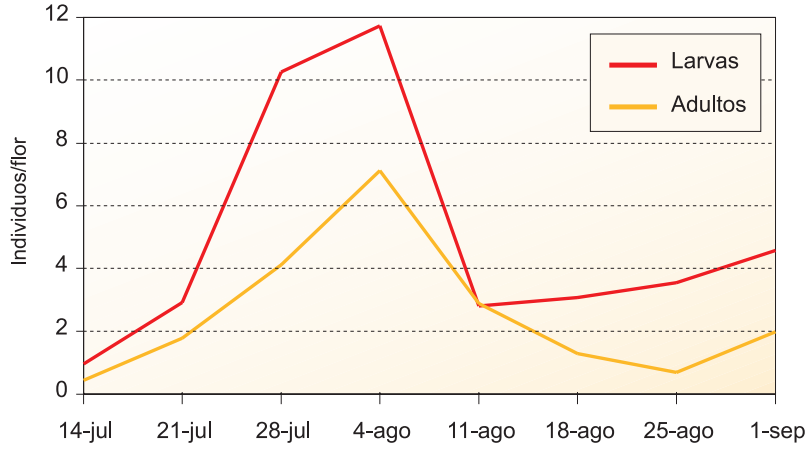
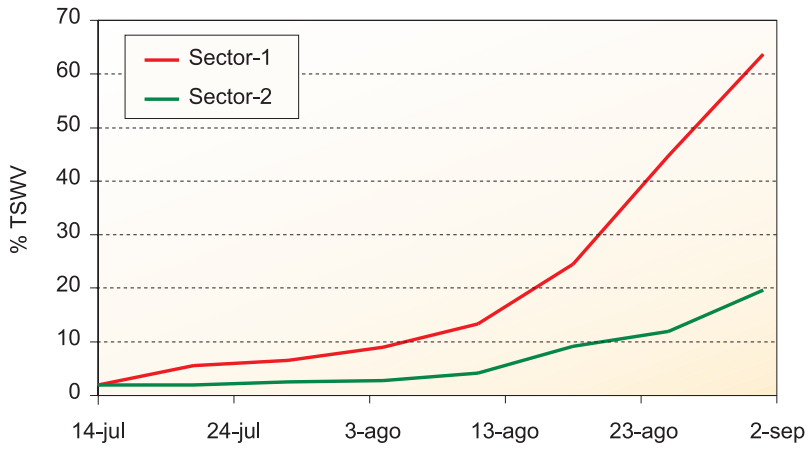


Figura 4. Evolución del % de plantas afectadas de TSWV en una mitad del invernadero donde se arrancaron las plantas con síntomas (trazo verde) y en otra donde no se arrancaron



d) Gestión de los restos del cultivo precedente

Al finalizar el cultivo, sobre todo si se había advertido la presencia de trips y plantas afectadas por el TSWV, las normas de Sanidad Vegetal obligan a no abandonar el cultivo, por el riesgo que supone para los cultivos vecinos la emigración masiva de adultos virosantes. En tales circunstancias se requieren de intervenciones químicas o por medios biotécnicos o biológicos antes de arrancar el cultivo, de forma que se minimicen los riesgos de emigraciones de trips portadores del virus. El enterrado de los restos y la inmediata solarización o biosolarización del suelo reduce de forma muy notable la población de trips remanente en el invernadero entre dos cultivos. La solarizacción debe durar unas 4 ó 6 semanas, dependiendo de la época del año, ya que las ninfas que quedan en el suelo al enterrar los restos de plantas pueden sobrevivir a temperaturas próximas o superiores a 30 ºC, mientras se muestran muy sensibles a la inundación del suelo durante 2 ó 3 días.

En épocas invernales los tiempos de cobertura con el plástico de solarización se alargan, ya que la longevidad de los adultos también lo hace, así como la duración del desarrollo larvario y ninfal.

3.3. Métodos biotécnicos y genéticos

a) Biotécnicos

La captura de adultos en trampas cromotrópicas amarillas, azules (caso de *F. occidentalis*) o blancas (caso de *T. tabaci*) se ha utilizado como una forma de reducir las poblaciones inmigrantes que llegan a los cultivos de los invernaderos, una vez que han sorteado las mallas de exclusión. Se consideran son útiles cuando las poblaciones son bajas, siendo su efecto poco eficaz cuando se producen vuelos masivos por arrastre de los vientos dominantes.

Las trampas coloreadas se utilizan como medio de advertir las inmigraciones en los invernaderos y para el seguimiento de las evoluciones de los vuelos de los trips. Para *F. occidentalis* se utilizan las de color azul, aunque se puede detectar la presencia de la plaga con las amarillas. En las placas coloreadas también se capturan enemigos naturales de los trips, por lo que se desaconseja mantenerlas cuando se realizan sueltas de depredadores o cuando se utilizan estrategias de conservación y establecimiento de enemigos naturales autóctonos.

Cuando se utilizan las placas coloreadas azules como medio de control de *F. occidentalis*, se ha ensayado con éxito la disposición de difusores de feromonas en estas, obteniéndose un aumento significativo en los niveles de capturas, aunque no se ha contrastado ésto con la disminución de las poblaciones en las plantas.

b) Genéticos

El comportamiento de las variedades en cuanto a su resistencia o sensibilidad a los trips ha sido explorado en cultivos hortícolas (pimiento, tomate, pepino) y ornamentales (crisantemo, gerbera, estátice), como medio de control, interpretándose la respuesta como debida a mecanismos de tolerancia, no preferencia o antibiosis. Aunque se sabe que la coloración y la estructura de la flor puede resultar más o menos atractiva para las poblaciones de los trips y que la respuesta depende de la especie de trips, no se aprecian diferencias muy notables en los cultivos hortícolas, aunque si en algunos de flor cortada. Así, en las variedades rojas de *Gerbera* las poblaciones de *F. occidentalis* son mayores que en las blancas, aunque la incidencia del virus del bronceado del tomate no se corresponda con el nivel poblacional del trips.

La resistencia a la virosis se ha puesto de manifiesto en cultivos hortícolas como el tomate o el pimiento y en algunos ornamentales como el *Limonium*. Se han estudiado los mecanismos de resistencia y los genes implicados en la expresión. En el caso de las dos hortalizas el comportamiento de las resistencias ha sido débil, al ser remontadas por razas virulentas del virus que se han seleccionado en los cultivos industriales al poco tiempo del cultivo de variedades resistentes en la mayor parte de la superficie. La escasa durabilidad de la resistencia se debería a la debilidad en la expresión de las potencialidades de los genes, cuando se dan condiciones adversas: altas densidades de inóculo (= altas densidades de adultos de *F. occidentalis* portadores infectivos del virus), altas temperaturas, o condiciones de estrés para las plantas que induzcan a una senescencia acelerada o sostenida.

3.4. Control químico

Es preciso tener en cuenta las características generales de los trips y en particular de cada especie en el momento de elaborar estrategias de control de las poblaciones y los daños por medios químicos: los huevos se encuentran incrustados en los tejidos y protegidos de la acción de los insecticidas; las poblaciones son gregarias y se localizan en lugares protegidos de hojas (en el envés), flores (en el interior) y frutos (zonas de contacto entre frutos o entre estos y las hojas, debajo de los sépalos); son insectos con una alta velocidad de desarrollo y elevada tasa de crecimiento poblacional; las fases ninfales o pupales transcurren en el suelo para algunas especies (*F. occidentalis*) mientras para otras se desarrollan en lugares protegidos de la planta; algunas especies como *F. occidentalis* presentan una especial eficacia en la transmisión de virus y en esos casos los umbrales de intervención son muy bajos, requiriendo de tratamiento muy frecuentes, lo que comporta riesgos de aparición de residuos plaguicidas en los frutos. En algunos cultivos sensibles a TSWV, el control de *F. occidentalis* es responsable de la mayor parte de los tratamientos realizados al cultivo, sin que la respuesta sea satisfactoria y la incidencia de la virosis termina siendo un factor limitante del cultivo.

Algunas especies han desarrollado mecanismos de resistencia a la mayor parte de los productos. *F. occidentalis* es un ejemplo de esta situación, siendo muy reducida la gama de productos utilizable en algunos cultivos. No se conocen bien los mecanismos de la resistencia en *F. occidentalis* para todos los productos. En los casos en que son cono-

cidos, la resistencia de *F. occidentalis* a los insecticidas, es polifactorial, implicándose mecanismos de reducción de la penetración, aumento de la detoxificación o secuestro por esterasas, detoxificación por glutatión s-transferasas o insensibilización o incremento de la actividad acetil-colinesterasa, siendo común el incremento de la actividad detoxificante por P450 monoxigenasas, para la mayor parte de los grupos químicos de insecticidas desarrollados por las poblaciones de *F. occidentalis* en el Sureste peninsular. En muchas ocasiones se presentan resistencias cruzadas entre grupos químicos de insecticidas (carbamatos y piretroides en el caso de *F. occidentalis),* al tener el mismo mecanismo de detoxificación.

La alternancia en el uso de materias activas con diferentes mecanismos de actuación, en generaciones distintas, es una práctica recomendada para evitar la selección de poblaciones de *F. occidentalis* resistentes. El aislamiento de poblaciones y la reiteración en el uso de la misma materia activa acelera el proceso de aparición de resistencias.

4. Estrategias de control en los principales cultivos protegidos

Los sistemas para la producción de hortalizas en invernaderos se caracterizan por el relativo aislamiento; por ser desequilibrados, al darse condiciones ventajosas para el desarrollo de las plantas, pero también para el desarrollo de las plagas. La pretensión de alcanzar equilibrios estables es la meta de las estrategias de control de las plagas y en particular de los trips, sobre todo al considerar su aspecto de vectores de virosis

Equilibrios estables en las poblaciones de trips en los cultivos a los que ocasionan daños, raramente se alcanzan por medios químicos y con muchas dificultades a base de prácticas culturales. Tres tipos de situaciones se presentan que inducen a recurrir al uso o manejo de los enemigos naturales para el control de los trips plaga, en particular de *F. occidentalis* que es considerada como la plaga principal o clave en algunos cultivos.

a) El control químico presenta deficiencias en la eficacia o dificultades para su uso. Tales deficiencias vienen motivadas por:

- Al carácter oportunista de los trips, presentar altas tasas de crecimiento poblacional en cortos periodos de tiempo, tener un ciclo de vida muy corto cuando las condiciones son óptimas.

- A que las poblaciones son gregarias, acumulándose en órganos o estratos de las plantas no accesibles a los productos, y por realizar una parte del ciclo biológico en el suelo.

- A la facilidad con que se produce la selección de poblaciones resistentes a las materias activas en ambientes confinados o aislados.

En ocasiones se presentan dificultades para el uso de los productos o formulados considerados eficaces en sistemas concretos por las connotaciones medioambientales, por incompatibilidad con agentes de biocontrol utilizados para el control de otras plagas, limitaciones de uso por residuos de cosecha, incompatibilidad con polinizadores, o restricciones en el uso de los formulados en ambientes confinados como los de los invernaderos.

b) El control químico es eficaz, pero se presentan dificultades para mantener las poblaciones de los trips a niveles aceptables durante largos periodos de tiempo, como sucede con *F. occidentalis* en cultivos sensibles al virus del bronceado del tomate en cultivos protegidos de regiones cálidas.

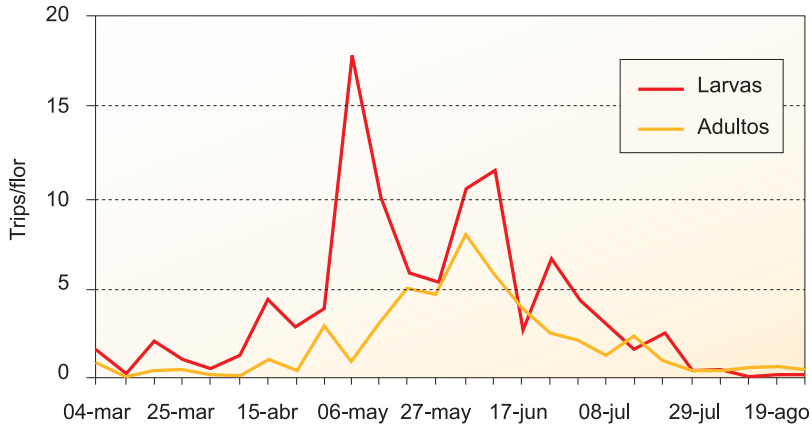
c) En cultivos ecológicos en los que los trips son plagas principales o clave, por ser vector de virus o porque los daños alimentarios alteran el valor comercial de las cosechas.

4.1. Pimiento

La suelta y la elección de los enemigos naturales a utilizar para el control del trips están ligadas a la fenología del cultivo, a las condiciones ambientales, a la evolución de las poblaciones del trips y de la disponibilidad de los enemigos.

En las condiciones del Sureste español, el control se plantea utilizando depredadores. Las estrategias pretenden alcanzar equilibrios presa/depredador que permitan mantener las poblaciones del trips (habida cuenta de que se trata de un cultivo susceptible a TSWV, al haberse detectado poblaciones del virus que remontan la resistencia conferida por el gen Tsw) a niveles bajos, antes de llegar al periodo de riesgo de explosiones demográficas del trips que resultan incontrolables y que desatan epidemias virales devastadoras.

Figura 5. Distribución media de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* en invernaderos de pimiento del Campo de Cartagena (Murcia)



Entre mediados de abril y principios de julio se considera el periodo crítico de riesgos de explosiones demográficas

Para el seguimiento de las poblaciones del trips y de los depredadores, con el fin de tomar las decisiones de intervención, se realizan muestreos semanales de presencia/ausencia en flores y hojas del estrato superior de la planta, determinando el porcentaje de colonización de los órganos observados y estimando la densidad poblacional (Figura 5).

Las estrategias de control biológico de los trips en el cultivo de pimiento en invernaderos se dirigen a la especie *F. occidentalis*, ya que raramente se encuentran ejemplares de *T. tabaci* en estos sistemas, y se basan en la liberación de dos enemigos naturales seleccionados por su eficacia y adaptación a las condiciones de los cultivos como:

a) Fitoseidos

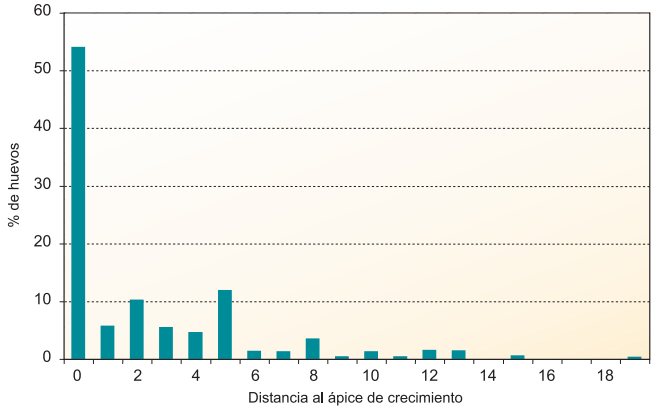
Neoseiulus (*Amblyseius*) *cucumeris*

Los adultos son piriformes, casi transparentes o de color canela. Es capaz de alimentarse de larvas de pequeño tamaño de varias especies de trips en varios hospedantes. El ciclo completo de desarrollo, dura unos 11 días a 20 ºC, entre 8 y 9 días a 25 ºC y de 6 a 7 días a 30 ºC cuando se alimenta de larvas de *F. occidentalis*. La fecundidad a 20 ºC es de unos 15 huevos, puestos en los pelos de las hojas junto a las nervaduras basales del envés, durante 10 días. Las condiciones óptimas para el desarrollo, supervivencia y crecimiento poblacional unitario se sitúan entre 20 y 25 ºC y HR próxima al 75 %, con mínimos

de 8 ºC y máximos de 35 ºC, ya que a esta temperatura más del 50% de los huevos no eclosionan y de éstos, más del 90% de las larvas mueren en los dos primeros días. Con humedades relativas inferiores al 65% sólo el 50% de los huevos sobreviven, siendo más elevada la mortalidad total si, además, la temperatura es elevada (30 a 35 ºC). El consumo medio diario es de 2,5 a 6 larvas de primer estadio del trips por adulto y día. Algunas estirpes o razas presentan diapausia reproductiva cuando el fotoperiodo es inferior a 12 horas de luz y la temperatura diurna es de 22 ºC y la nocturna de 17 ºC, aunque se conocen también estirpes no diapausantes, que son utilizables durante el periodo invernal. En ausencia de presas o de polen disponibles para alimentarse se llega a producir canibalismo. Se multiplica de forma comercial y se liberan en sobres en los que sobrevive y se multiplica alimentándose de especies de Acarididos (*Tyrophagus* spp., *Acarus* spp.) que se multiplican en salvado.

Se libera en sobres de 500 ó 1000 individuos, colgándolos en el pedúnculo de una hoja de una de cada 5 plantas de la línea, cuando hay abierta al menos una flor por planta y se han puesto y amarrado los hilos basales del entutorado (que sirven de vía de desplazamiento de una planta a otra, cuando todavía no hay contacto entre hojas de dos plantas consecutivas) y cuando las temperaturas son superiores a 10 ºC durante la mayor parte de la jornada y la HR se mantiene por encima del 50%. La instalación y proliferación son buenas si se mantiene la floración y las condiciones ambientales se encuentran en torno al óptimo, aunque exploran las proximidades de las flores que es donde se concentra la puesta (Figura 6) de las que emergen las pequeñas larvas.

Figura 6. Distribución de la puesta de *Frankliniella occidentalis* en plantas de pimiento en los invernaderos del Campo de Cartagena (Murcia)



Al alargarse el día, elevarse las temperaturas máximas diurnas y reducirse la humedad en el ambiente, la supervivencia se reduce y también los niveles de control del trips, pese a que las poblaciones se localizan mayoritariamente en las flores. La presencia de este ácaro en las plantas facilita la instalación de los *Orius*, al servir de alimento del antocórido cuando las poblaciones del trips son bajas, lo que sucede al inicio del cultivo.

Otros fitoseidos

Otras especies de fitoseidos como *N. californicus* o *A. swirskii* pueden alimentarse de larvas de *F. occidentalis*, si bien no es un alimento preferido, mostrando el primero preferencias por los ácaros tetraniquidos y muy eficaz el segundo para el control de moscas blancas. *N. californicus* es autóctono y se asocia de forma espontánea al pimiento en los invernaderos del Sureste español, mientras *A. swirskii* es una especie exótica, introducida en España que proporciona buenos niveles de control del trips y de *Bemisia tabaci* en sueltas inoculativas a razón de 50 a 75 ácaros/m^2 , mostrando mejor sus potencialidades cuando las condiciones son cálidas y las temperaturas mínimas están por encima de 12-15 ºC.

Otros ácaros

En algunos cultivos se ha utilizado *Hypoaspis miles* y *H. aculeifer* (familia *Laelapidae*) al mostrar aptitudes para depredar los estados pupales del trips en el suelo o en el sustrato. Depredan también ácaros y larvas de sciáridos. La duración del ciclo biológico es de 17 días a 20 ºC, alimentándose de *Tyrophagus spp.* y la fecundidad en esas condiciones de unos 69 huevos/hembra. Los adultos pueden sobrevivir de 3 a 4 semanas sin alimento. Los trips no parecen ser el alimento preferido, siendo útiles cuando se combina su actividad con la de otros depredadores que exploran y ocupan las hojas y flores de las plantas. La placa dorsal de color marrón claro y su cuerpo en forma de limón, permite diferenciar estas especies de las de los fitoseidos.

b) *Antocóridos*

Dos especies son particularmente interesantes en las regiones mediterráneas.

Orius laevigatus

Los adultos tienen la cabeza y el tórax negros, con una seda en cada uno de los ángulos del protórax, los hemiélitros tienen manchas oscuras y el extremo oscurecido en ambos. Incrusta los huevos en el tejido vegetal quedando fuera un trozo y el opérculo; este es plano, ligeramente punteado y con los bordes hendidos. Las larvas neonatas son blanquecinas, adquiriendo pronto tonalidades amarillas o anaranjadas. Las ninfas desarrolladas se mantienen de la misma coloración y los esbozos alares van tornándose oscuros.

Fotos 32 y 33, Adultos y ninfas de *Orius laevigatus* en flores de pimiento, donde mantiene la mayor parte de la actividad depredadora de trips

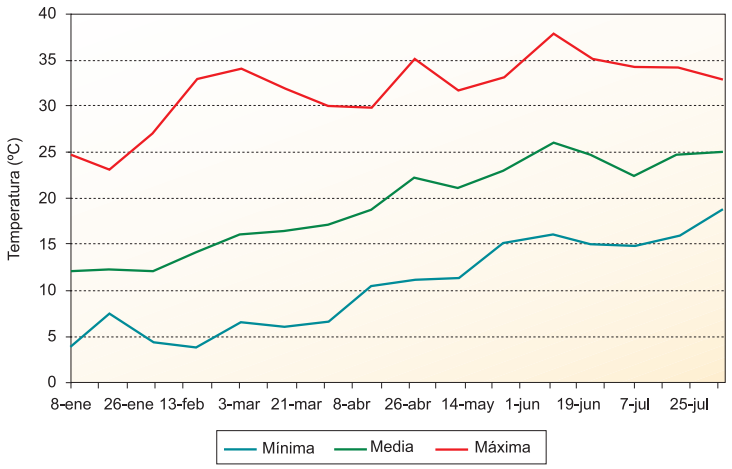
El ciclo biológico dura unos 55 días a 15 ºC; 31-37 días a 20 ºC; 19-21 días a 25 ºC; 14-16 días a 30 ºC; 11-13 días a 35 ºC. A esas temperaturas y alimentándose las hembras de *Ephestia küenhiella* la fecundidad es de 62; 134-166; 119-147; 74-92 y 15-22 huevos/hembra, respectivamente, con una fertilidad del 78, 75, 87, 85 y 31%, siendo la longevidad de las hembras de 78; 66-74; 30-35; 20-23 y 7-9 días. La temperatura mínima de desarrollo es de 11-12 ºC y por encima de 30 ºC la mortalidad de las larvas es muy elevada, estimándose que es entre 20-30 ºC cuando la actividad del depredador alcanza los mayores niveles de eficacia. Las poblaciones del área mediterránea no presentan diapausia reproductiva invernal, lo que permite su utilización cuando la duración del periodo iluminado del día es corto y las temperaturas bajas.

La capacidad de búsqueda y depredación, tanto de los estados inmaduros como de los adultos, es elevada, consumiendo cada larva unos 44 adultos de *F. occidentalis* para completar el desarrollo. El consumo diario de una larva de *O. laevigatus* es de más de 2,5 larvas ó 2 adultos del trips, similar al consumo de los adultos. El polen es un alimento alternativo que permite sobrevivir a los adultos y desarrollarse a las larvas, aunque disminuye la velocidad de desarrollo, la fecundidad de las hembras, la longevidad de los adultos y la supervivencia, es decir la tasa de crecimiento poblacional.

Se multiplica en condiciones artificiales utilizando habitualmente huevos de *E. küehniella* y polen como alimento y vainas de judía como soporte vegetal de nutrición hídrica y de puesta. Es habitual comercializarlos en botes de 500 individuos (adultos solos o mezcla de adultos y ninfas del último estadio) en un soporte inerte (vermiculita o cubiertas de semillas).

La liberación se realiza cuando las plantas tienen varias flores abiertas, hay algunas presas (dentro de la polifagia muestra cierta preferencia por los trips) y las temperaturas son propicias para mantener la actividad depredadora, reproductiva y de desarrollo. Conviene tener conocimiento de la evolución temporal de las temperaturas a la hora de tomar la decisión de las sueltas, procurando que la media de la mínimas esté por encima de 10 ºC (Figura 7).

Figura 7. Evolución de la temperaturas medias en invernaderos de pimiento del Campo de Cartagena (Murcia)



Orius albidipennis

Los adultos son ligeramente más pequeños (1,7 a 2 mm de longitud) que los de *O. laevigatus*, con la cabeza y el tórax oscuros, carecen de sedas en los ángulos del protórax y el extremo de los hemiélitros es claro. Los huevos tienen el opérculo cóncavo, ligeramente reticulado, con los bordes poco prominentes y hendiduras poco marcadas. Las larvas y ninfas son parecidas a las de *O. laevigatus*.

El ciclo biológico y los parámetros bióticos son similares a los de *O. laevigatus*, si bien la temperatura mínima de desarrollo es mayor (13-15 ºC). A 35 ºC la supervivencia de *O. albidipennis* es mayor que la de *O. laevigatus* así como la fecundidad de las hembras (80-100 huevos/hembra, frente a 15-23 huevos/hembra de *O. laevigatus*) y la fertilidad (49 a 31% de *O. laevigatus*). La temperatura máxima de multiplicación está en torno a 40 ºC.

También es parecida a *O. laevigatus* su capacidad de depredación, de búsqueda, de niveles de consumo unitario de presas, de polifagia y de hospedantes en los que se mantiene activo o se asocia de forma natural. En los agrosistemas del Sureste peninsular español, durante una parte de la primavera y del verano comparte hospedantes y presas con *O. laevigatus*, pero remplaza a éste en algunos cultivos al aire libre y en invernadero, así como en la vegetación espontánea en los periodos más cálidos del verano.

Foto 34. Adulto de *Orius albidipennis*

Foto 35. Ninfa de *Orius albidipennis*

Los métodos de multiplicación, de suelta y de manejo son similares a los indicados para *O. laevigatus* pudiendo ser utilizado de forma escalonada en cultivos de primavera-verano y de larga duración como el pimiento.

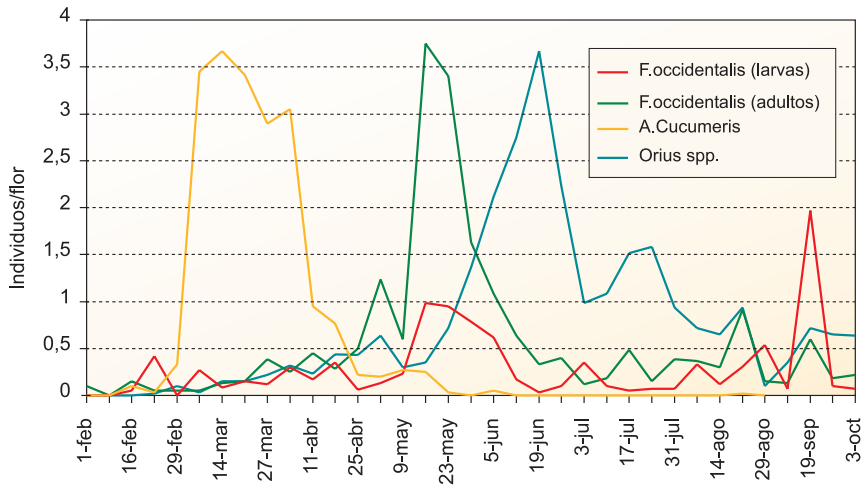
Los requerimientos térmicos y nutritivos de los *Orius* son mayores que los de los fitoseidos, que en los sobres de suelta disponen de una pequeña despensa. De las dos especies, *O. laevigatus* tiene menores exigencias térmicas, por lo que se liberan en las fases iniciales del cultivo, cuando la floración es más abundante y las temperaturas medias de las mínimas en el invernadero están próximas a la temperatura mínima de desarrollo (11-12 ºC) que es un poco superior a la del trips (10 ºC). La liberación se realiza esparciendo los adultos, junto al sustrato inerte en el que se comercializan, sobre las hojas de las plantas. Las dosis de suelta varia entre 1,5 y 3 individuos/m^2, realizándose en una o dos veces, ya que en el periodo en que se ha de hacer se pueden dar variaciones climáticas muy grandes, lo que afecta a la supervivencia y a la instalación de este depredador. La primera suelta se realiza cuando hay de 2 a 3 flores abiertas/planta a razón de 1 a 1,5 individuos/m^2 repitiéndola 2 ó 3 semanas después a razón de 0,5 a 1,5 individuos/ m^2, siendo conveniente que las temperaturas mínimas estén por encima de las mínimas de desarrollo. La primera suelta tarda unas 3 semanas en instalarse (en el ciclo de cultivo de diciembre a septiembre) para que sean activos los individuos de la primera generación. Como se ha indicado anteriormente, la instalación y la proliferación de las poblaciones de *O. laevigatus* se ve favorecida por la presencia de poblaciones, instaladas, de *N. cucumeris* que sirven de alimento a los *Orius* en momentos en que escasean las presas en el cultivo, en particular los trips. En ocasiones, para facilitar la instalación de los Orius se esparcen huevos de *Ephestia küehniella* sobre las plantas, para que los adultos dispongan de un alimento altamente nutritivo (el polen es un alimento alternativo o de supervivencia que no proporciona las mejores tasas de multiplicación de este predador).

El periodo de instalación es el momento más delicado, pues cualquier perturbación provoca retrasos en el crecimiento demográfico, que suele traducirse en un deficiente control de la plaga, teniendo la deficiencia mayor repercusión cuando hay plantas infectadas de TSWV. Tras la instalación, el crecimiento demográfico de las poblaciones de *Orius* va ligado a las densidades de trips. Conviene que cuando se den en el invernadero condiciones óptimas para el desarrollo del trips (floración abundante, temperatura mínima permanentemente por encima de 10 ºC, temperatura media próxima a 25 ºC y temperaturas máximas no superiores a 35 ºC), que proporcionan explosiones

demográficas en corto periodo de tiempo (periodo de riesgo, como es considerado desde el punto de vista epidémico), las poblaciones de *Orius* se encuentren instaladas y en fase de crecimiento demográfico.

Al principio del periodo con condiciones óptimas para la plaga las densidades de trips pueden ser puntualmente elevadas, pero en corto espacio de tiempo crecen las del *Orius*, limitándolas a niveles admisibles (Figura 8). A partir de ese momento las densidades de la plaga se mantienen estables y por debajo de los niveles máximos admisibles (Figura 8). En algunos invernaderos las temperaturas desde el inicio del verano son elevadas, superando los límites admitidos por *O. laevigatus* (Figura 8). En esos casos las deficiencias que se pueden producir en el control del trips se pueden evitar haciendo sueltas de *O. albidipennis* a finales de la primavera, ya que las tasas de crecimiento demográfico de esta especie se mantienen altas a temperaturas de 30-35 ºC.

Figura 8. Dinámica poblacional de *F. occidentalis*, *A. cucumeris* y *Orius* spp. en un cultivo de pimiento en invernadero en el Campo de Cartagena (Murcia)



La instalación de Orius laevigatus *fue buena pero tardía (después de las fechas propicias para que se produzcan explosiones demográficas del trips: a partir de finales de abril).*

4.2. Berenjena

En las berenjenas los daños directos de *F. occidentalis* se deben tanto a las heridas de puesta que provocan pequeños halos amarillos en los frutos, como a los efectos de la acción alimentaria en el envés de las hojas y en los sépalos de los frutos. Además, la berenjena es sensible al virus del bronceado del tomate (TSWV), aunque los daños no son tan devastadores como en otras solanáceas y la frecuencia de epidemias de alguna consideración, bastante menor.

Como en el pimiento el control de los trips se puede realizar por medios biológicos, aunque la densidad de tricomas de algunas variedades dificulta la instalación y la actividad de los depredadores. Así ocurre con los *Orius*, que tiene dificultades para instalarse en los cultivos, incluso cuando las flores son abundantes, la plaga está presente y la temperatura no condiciona el desarrollo o la actividad. El control biológico se basa en la realización de sueltas inoculativas del mírido *Nesidiocoris tenuis* a razón de 0,75 individuos adultos por metro cuadrado de cultivo, en el momento de detección de los primeros daños en hojas. Los fitoseidos *A. swirskii* y *N. cucumeris* pueden ser utilizados, en periodos cálidos el primero y en periodos templados o fríos el segundo, siempre que la humedad ambiental no sea baja. Al abrirse las primeras flores se realiza la introducción de *N. cucumeris* colgando un sobre conteniendo 500 -1000 individuos en pedúnculo de las hojas superiores de una cada 3 -5 plantas dentro de la fila, después de haber puesto el primer hilo del entutorado, o bien sobre monodosis con 100 individuos, colocando uno por planta. En el caso de *A. swirskii* las dosis son bastante más reducidas, resultando más efectiva la suelta individualizada de un sobre monodosis por planta, conteniendo menor cantidad que en el caso de *N. cucumeris*.

4.3. Tomate

Si el tomate es un mal hospedante para *F. occidentalis*, también lo es para sus enemigos naturales que ven mermada su actividad y supervivencia, debido a las características propias de la planta.

Los enemigos naturales que son efectivos para el control del trips en otras solanáceas no lo son tanto en el tomate, por lo que el control del trips, en tanto que productor de daños

directos (puntos blanquecinos en los frutos por las heridas de la puesta, plateado en el envés de las hojas y en los frutos coloreados por la picaduras alimentarias) y transmisor del TSWV, enfermedad virótica que se comporta como destructiva, requiere de la conjunción de medidas preventivas y métodos biotecnológicos, ayudados por el control químico en casos de elevadas poblaciones e importantes infecciones del virus. Ni los fitoseidos ni los *Orius* (en ocasiones frecuentes en las hojas más bajas de la planta), llegan a paliar los efectos del trips de forma sostenible. Los míridos generalistas (*Macrolophus* spp., *Nesidiocoris tenuis*, etc.) pueden reducir las poblaciones del trips cuando no disponen de presas preferidas (moscas blancas, etc.), resultando deficientes para evitar las epidemias del virus.

En estaciones más frescas y en cultivos en suelo *Hypoaspis miles* ayuda a reducir las poblaciones del trips de una forma significativa. Sin que sea una solución total, se ha visto puede mermar en un 50% en relación al testigo sin el ácaro, liberándolo a dosis de unos 200-300 individuos/m^2 en la línea del cultivo.

Con la utilización de trampas cromotrópicas a las que se asocia un emisor de la feromona de agregación se han obtenidos buenos resultados en condiciones apropiadas. Se requerirían unas 8 trampas por invernaderos de unos 3.000 m^2.

Foto 36.
Nesidiocoris tenuis
en hoja de tomate

Foto 37. Daños en racimos florales de tomate cuando las poblaciones son muy elevadas

4.4. Pepino

El pepino no es sensible a los Tospovirus conocidos en Europa, pero en variedades de tipo holandés, los daños del trips en los frutos tienen gran repercusión comercial al deformarlos, siendo menos importantes en las variedades de fruto corto o semilargo.

Las características de los sistemas de producción de pepino resultan más propicios para *N. cucumeris* que en el caso del pimiento, por los que la actividad a lo largo del ciclo de cultivo es más prolongada, siendo más importante su participación en el control de la plaga, sucediendo algo similar con *A swirskii*.

Para el seguimiento de las poblaciones del trips y de los depredadores se utilizan los mismos procedimientos que en el pimiento. Las estrategias de control también son parecidas, sin embargo, raramente se combina la actividad de *N. cucumeris* y *O. laevigatus / O. albidipennis*, por la dificultad de instalación de ambas especies en la mayor parte de las variedades, al menos en determinados ciclos de cultivo.

N. cucumeris se libera en dos momentos, a razón de 1 sobre/m^2, la mitad cuando las plantas tienen de 6 a 8 hojas y la otra mitad cuando la planta ha alcanzado el alambre del entutorado. Se reiteran las sueltas en aquellos momentos en que las poblaciones del trips sean superiores a 3 individuos/hoja. Los niveles de suelta dependen del tipo de variedad y del número de plantas por unidad de superficie. Si las temperaturas son muy elevadas y la humedad ambiental baja, pueden presentarse dificultades para la supervivencia de estados inmaduros y producirse deficiencias en el control del trips.

En aquellos casos que se está en condiciones de utilizar *Orius* se liberan de 1 a 1,5 individuos/m^2, aplicados en dos sueltas separadas entre si 2-3 semanas, siendo la primera de 0,75 a 1 individuos/m^2 y de 0,25 a 0,5 individuos/m^2 la segunda. El déficit de alimento por escasez de presas se compensa, en ocasiones, esparciendo huevos de *E. küheniella* sobre las hojas.

Se suple *N. cucumeris* por *A. swirskii* por su doble utilidad de éste último, en el control de moscas blancas y trips, cuando las temperaturas mínimas están próximas a 12-13 ºC, liberando unos 65-70 individuos/m^2. La suelta en sobres monodosis con pequeñas cantidades puestos en cada planta parece proporciona mejores resultados por la homogeneidad en la colonización de las plantas.

En cultivos en sustratos orgánicos con presencia de sciáridos se utiliza *H. miles*, al mostrar aptitudes y eficacia para el control de las moscas de la turba y del trips. La dosis de aplicación es de 300 individuos/m^2, liberándolos en el sustrato, poco después del trasplante.

4.5. Otras cucurbitáceas

El melón, la sandía o el calabacín tampoco son sensibles a los Tospovirus presentes en España, por lo que las connotaciones de *F. occidentalis* en el cultivo se deben a los daños directos por picaduras alimentarias, localizados preferentemente en le envés de las hojas o en la superficie del fruto (caso de la sandía) cuando ha alcanzado un determinado grado de madurez. No es frecuente que en estos cultivos se realice control integrado, sin embargo, en situaciones muy concretas se ha ensayado el uso de fitoseidos y *Orius*. En la actualidad las estrategias se orientan hacia el uso de *A. swirskii* por facilidad en la

instalación y en la adaptación cuando las condiciones ambientales son propicias. En melón de tipo Galia se hacen sueltas de *Orius laevigatus* a razón de 1 individuo/m^2. La combinación del *Orius* con *A. swirskii* a 40-50 individuos/m^2 proporciona mejoras resultados, ya que la distribución de depredadores en la planta es mejor, ya que los *Orius* tienden a colonizar las flores, mientras el fitoseido explora más las hojas, donde los daños tienen mayores repercusiones.

5. Bibliografía

- BERTAUX, F. y MARRO, J. P. (1997): «Bilan des introductions d´auxiliaires dans les serres tropicales du Parc Phoenix â Nice»; en *Bulletin OILB/wprs* 20(4); pp. 1-7.
- BERLINGER, M. J.; LEBIUSH-MORDECHI, S.; FRIDJA, D. y MOR, N. (1993): «The effect of types of greenhouse screens on the presence of western flower thrips. A preliminary study»; en *Bulletin OILB-SROP* 16 (21); pp. 13-16.
- BOURNIER, A.; LACASA, A. y PIVOT, Y. (1979): «Régime alimentaire d'un thrips prédateur *Aeolothrips intermedius* (Thys.: Aeolothripidae)»; en *Entomophaga* 24 (4); pp. 353-361.
- BRODSGAARD, H. F. (1994): «Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residue on glass test»; en *J. Econ. Entomol*. (87); pp. 1.141-1.146.
- BROWN, S. L. y BROWN, J. E. (1992): «Effect of plastic mulch color and insecticides on thrips population and damage to tomato»; en *Hort. Technology* 2 (2); pp. 208-211.
- CALVO, J. y BELDA, J. E. (2007): «Control biológico de mosca blanca y trips en pepino mediante el empleo del depredador *Amblyseiu swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae)». Resúmenes del *V Congreso Nacional de Entomología Aplicada*, Cartagena 22-26 de octubre.
- CALVO, J.; FERNÁNDEZ, P.; HERNÁNDEZ, E. y BELDA, J. E. (2007): *«Ambkyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae), un depredador polivalente para el control biológico en cultivos hortícolas protegidos». Resúmenes del *V Congreso Nacional de Entomología Aplicada*, Cartagena 22-26 de octubre.
- CHYZIK, R.; PLACER, I. y KLEIN, M. (1996): «Susceptibility of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) to different entomopathogenic nematode species»; en *Folia Entomologica Hungarica* LVII (Supl.); pp. 27-32.
- CONTRERAS, J.; LACASA, A.; LORCA, M.; SÁNCHEZ, J. A. y MARTÍNEZ, M. C. (1996): «Localización de la ninfosis de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en los cultivos de habas de verdeo»; en *Bol. San. Veg. Plagas*, 22 (1); pp. 351-360.

- CONTRERAS, J.; LACASA, A.; SÁNCHEZ, J. A. y LORCA, M. (1999): «Periodo de máximos incrementos poblacionales de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de pimiento en invernadero de la Región de Murcia»; en *Actas de Horticultura* (26); pp. 301-307.

- CÓRDOBA, M. C.; CEBRIÁN, M. C.; ALFARO-FERNÁNDEZ, A.; MUÑOZ. R. M.; ESPINO. A. y JORDÁ, C. (2006): «Iris yellow spot virus (IYSV): un nuevo Tospovirus»; en *XIII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología*. Murcia, 21-25 de septiembre.

- DE KLERK, M. L. y RAMAKERS, P. (1986): «Monitoring population densities of the phytoseiid predators *Amblyseius cucumeris* and is prey after large scale introduction to the control *Thrips tabaci* on sweet pepper»; en *Med. Fac. Landouww*, RUG. 51(3a); pp. 1.045-1.048.

- ESPINOSA, P.; BIELZA, P.; CONTRERAS, J. y LACASA, P. (2002): «Insecticide resistance in field populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in Murcia (Southeast Spain)»; en *Pest Management Science* (58); pp. 967-971.

- ESPINOSA, P.; CONTRERAS, J.; QUINTO, V.; GRÁVALOS, C.; FERNÁNDEZ, E. y BIELZA, P. (2005): «Metabolic mechanisms of insecticide resistance in western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande)»; en *Pest Management Science* (61); pp. 1.009-1.015.

- FERY, R. L. y SCHALK, J. M. (1991): «Resistance in pepper (*Capsicum annuum* L.) to western flower thrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande))»; en *Hortscience* (26); pp. 1.073-1.074.

- FRANSEN, J. J.; BROODGAARD, M. y TOLSMA, J. (1993): «The minute pirate bug, *Orius insidiosus*, as a predator of western flower thrips, in chrysanthemum, rose and santipaulia»; *Bulletin OILB/srop* 16(8); pp. 73-77.

- GILLESPIE, D. R. (1989): «Biological control of thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouses cucumber by *Amblyseius cucumeris*»; en *Entomophaga* 34(2); pp. 185-192.

- GINDIN, G.; BARASH, I.; RACCAN, B.; BEN ZAAV, I. S. y KLEIN, M. (199): «The potential of some entomo-pathogenic fungi on the control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande)»; en *Folia Entomologica Hungarica* LVII (supl.); pp. 37-42.

- GREENE, I. D. y PARRELLA, M. D. (1993): «An entomophilic nematode *Thripinema nicklowoodii* and a endoparasitic wasp *Ceranisus* sp. parasitizing *Frankliniella occidentalis* in California»; en *OILB/srop Bulletin* 16 (2): pp. 47-50.

- HELYER, N. L. y BROBYN, P. J. (1992): «Chemical control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*, Pergande)»; en *Ann. Appl. Biol.* (121); pp. 219-231.

- JENSEN, S. E. (1998): «Acetylcholinesterase activity associated with methiocarb resistence in a strain of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande)»; *Pestic. Biochem Physiol.* 61(3); pp. 191-200.

- JENSEN, S. E. (2000): «Mechanisms associated methiocarb resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)»; en *J. Econo. Entomol.* 93(2); pp. 464-471.

- JENSER, G., R.; GABORJANYI, A.; SZENASI; ALMASI, A. y GRASELLY, M. (2003): «Significance of hibernate *Thrips tabaci* Lindeman (Thysan. Thripidae) adults in the epidemic of tomato spotted wilt virus»; en *J. Appl. Entomol* (127); pp. 7-11.

- JENSER, G.; LIPCSEI, S.; SZENASI, A. y HUDAK, K. (2006): «Host range of the arrhenotokous populations of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae)»; en *Acta Phytopatologica et Entomologica Hungarica* (41); pp. 297-303.

- LACASA, A. (1993): «Importancia de los trips (Insecta, Thysanoptera) en la agricultura española»; en *Journal of Pure and Applied Zoology*, 4: 267-285.

- LACASA, A. (1994): «The Thysanoptera (Insecta) associated with the current crops of Southeast Spain»; en *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* , 179: 9-13,

- LACASA, A. y CARNERO, A. (1979): «Daños en los gladiolos de las Islas Canarias, causados por *Taeniothrips simplex* MOR. (Thysanoptera, Thripidae)»; en *XOBA* 3(2); pp. 95-100.

- LACASA, A. y CONTRERAS, J. (1993): «Comportamiento de *Frankliniella occidentalis* en la transmisión del virus del bronceado del tomate. Planteamientos para su control en cultivos hortícolas»; en *Phytoma España* (50); pp. 33-39.

- LACASA, A. y LLORÉNS, J. M. (1996): *Trips y su control biológico I*. Alicante, Ed. Pisa.

- LACASA, A. y LLORÉNS, J. M. (1998): *Trips y su control biológico II*. Alicante, Ed. Pisa.

- LACASA, A. y MARTÍNEZ, M. C. (1988): «Notas sobre la biografía de *Hercinothrips femoralis* (Reuter) (Thys.:Thripidae), potencial plaga en las plantas ornamentales»; en *Bol. San. Veg. Plagas* (14); pp. 67-75.

- LACASA, A.; TELLO, J. C. y MARTÍNEZ, M. C. (1988): «Los tisanópteros asociados al cultivo del clavel en el Sureste español»; en *Bol. San. Veg. Plagas* (14); pp. 77-88.

- LACASA, A.; SÁNCHEZ, J. A. y LORCA, M. (1996): «Aspectos ecológicos de los parásitos de los Tisanópteros en España»; en *San. Veg. Plagas* 22(2); pp. 339-349.

- LACASA, A.; CONTRERAS, J.; SÁNCHEZ, J. A.; MARTÍNEZ, M. C. y TORRES, J. (1994): «Aspectos epidemiológicos del bronceado del tomate (TSWV) y de su vector *Frankliniella occidentalis* en los cultivos murcianos: caso de las habas»; en *Agrícola Vergel* (149); pp. 248-253.

- LACASA, A.; CONTRERAS, J.; SANCHEZ, J. A.; LORCA, M. y GARCÍA, F. (1996): «Ecology and natural enemies of *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) in South-east Spain»; en *Folia Entomologica Hungarica* (LVII); pp. 67-74.

- LACASA, A.; GONZÁLEZ, A.; MARTÍNEZ, M. C.; TORRES, J. y FERNÁNDEZ, J. (1993c): «Implicaciones parasitarias de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de gerbera»; en *Bol. San. Veg. Plagas* (19); pp. 193-209.

- LACASA, A.; TORRES, J.; GONZÁLEZ, A.; MARTÍNEZ, M. C. y CONTRERAS, J. (1993a): «Comportamiento de algunos *Limonium* en relación al virus del 'bronceado del tomate' (TSWV) y a *Frankliniella occidentalis»;* en *Agrícola Vergel* (137); pp. 263-269.

- LACASA, A.; CONTRERAS, J.; TORRES, J.; GONZÁLEZ, A.; MARTÍNEZ, M. C.; GARCÍA, F. y HERNÁNDEZ, A. (1994): «Utilización de mallas en el control de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y el virus del bronceado del tomate (TSWV) en pimiento en invernadero»; en *Bol. San. Veg. Plagas* (20); pp. 561-580.

- LEWIS, T. (1997): *Thrips as crop pest.* Oxon, CAB International Wallingford.

- LOOMANS, A. J. y VAN LENTEREN, J. C. (1995): «Biological control of thrips pests: a review on thrips parasitoids»; en *Wageningen Agricultural University Papers* 91.I; pp. 43-89.

- MOLLEMA, C.; STEENHUIS, G. y IMGGAMER, H. (1995): «Genotypic effects of cucumber responses to infestation bay Western Flower Thrips»; en PARKER, B. L.; SKINER, M. y LEWIS, T., eds.: *Thrips biology and management*. Actas de la *1993 International Conference on Thysanoptera*. 21-30 sep. Plenum Publ. Corp. Nueva York; pp. 397-401.

- MOUND, L. A. y TEULON, D. N. (1995): «Thrips as opportunists»; en PARKER, B. L.; SKINER, M. y LEWIS, T., eds.: *Thrips biology and management*. Actas de la *1993 International Conference on Thysanoptera*. 21-30 sep. Plenum Publ. Corp. Nueva York; pp. 3-19.

- RAMAKERS, P. M. (1978): «Posibilities for biological control of *Thrips tabaci* Lind. (Thyanoptera: Thripidae) in glasshouses»; en *Med. Fac. Landbouww.* RUG: 43/2; pp. 463-469.

- RAMAKERS, P. M. (1980): «Biological control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) with *Amblyseius spp*. (Acari: Phytoseiidae)»; en *Bulletin OILB/srop* (3); pp. 203-207.

- RAMAKERS, P. M. (1988): «Populations dynamics of the thrips predators *Amlyseius mckenziei* and *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseidae) on sweet pepper»; en *Neth Agric. Sc.* 36(3); pp. 247-252.

- RAMAKERS, P. M. (1988): «Population dynamics of the thrips with phytosiid predators *Amblyseius mckenziei* and *A. cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) on sweet pepper»; en *Neth. J. Agric.Sc.* 36(3); pp. 247-252.

- RAMAKERS, P. M. (1990): «Control del Western Flower Thrips *F. occidentalis*, mediante depredadores»; en *Cuadernos Phytoma-España* (9); pp. 41-45.

- RAMAKERS, P. M. (1993): «Coexistance of two thrips predators, the Anthocorid *Orius insidiosus* and the Phytoseiid *Amblyseius cucumeris* on sweet pepper»; en *Bulletin OILB/srop* 16 (2); pp. 133-136.

- RAMAKERS, P. M. y ALTENA, K. (1987): «Recent development in the control of thrips in sweet pepper and cucumber»; en *Bulletin OILB/srop* (X/2); pp. 160-164.

- REDDY, D. V. y WIGHTMAN, J. A. (1988): «Tomato spotted wilt virus: Thrips transmission and control»; en *Advances in Diseases Vector Research,* Vol. 5. Nueva York, Springer-Verlag; pp. 203-219.

- RIUDAVETS, J. (1995): «Predators of *Frankliniella occidentalis* (Perg.) and *Thrips tabaci* Lind.: a review»; en *Wageningen Agricultural University Papers* 91.I; pp. 43-89.

- ROBB, K. L. (1989): *Analysis of* Frankliniella occidentalis *(Pergande) as a pest of Floricultural crops in California greenhouse*. Tesis Doctoral, Universidad de California Riverside.

- ROBB, K. y PARRELLA, M. P. (1995): «IPM of western flower thrips»; en PARKER, B. L.; SKINER, M. y LEWIS, T., eds.: *Thrips biology and management*. Actas de la *1993 International Conference on Thysanoptera*. 21-30 sep. Plenum Publ. Corp. Nueva York; pp. 365-390.

- SÁNCHEZ, J. A. y LACASA, A. (2002): «Modelling population dynamic of *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* (Hemiptera: Anthocoridae) to optimize their use as biological control agents of Frankliniella occidentalis (Thysanoptera:Thripidae)»; en *Bull. of Entol. Research* (92); pp. 77-88.

- SÁNCHEZ, J. A. y LACASA, A. (2006): «A biological pest control story»; en *Bulletin OILB/srpo*. 29(4); pp. 19-24.

- SÁNCHEZ, J. A.; CONTRERAS, J.; LACASA, A. y LORCA, M. (1995): «Datos preliminares sobre la utilización de *Orius laevigatus* (Fieber) en el control de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en pimiento en invernadero»; en *Phytoma España* (68); pp. 32-38.

- SANCHEZ, J. A.; LACASA, A.; GUTTIFÈRE, L. y CONTRERAS, J. (1997): «Distribution pattern and binomial sampling for *Frankliniella occidentalis* and *Orius* spp. in sweet peppers crops»; en *Bulletin OILB/srop*. 20 (4); pp. 186-195.

- SÁNCHEZ, J. A.; ALCÁZAR, A.; LACASA, A.; LLAMAS, A. y BIELZA, P. (2000): «Integrated pest management strategies in sweet pepper plastic houses in the Southeast of Spain»; en *Bulletin OILB/srpo* 23; pp. 21-30.

- SÁNCHEZ, J. A.; GARCÍA, F.; LACASA, A.; GUTIÉRREZ, L.; ONCINA, M.; CONTRERAS, J. y GÓMEZ, Y. J. (1997): «Response of the anthocorids *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* and phytoseiid *Amblyseius cucumeris* for the control of *Frankliniella occidentalis* in commercial crops of sweet pepper in plastic houses in Murcia (Spain)»; en *Bulletin OILB/srpo* 20(4); pp. 177-185.

- SÁNCHEZ, J. A.; LACASA, A.; GUTTIFÈRE, L. y CONTRERAS, J. (1998): «Comparación de procedimientos de muestreo de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) y *Orius spp*. Wolff (Hemip.: Anthocoridae) en pimiento»; en *Bol. San. Veg., Plagas* (21, 1); pp. 183-192.

- TAVELLA, L.; ALMA, A. y ARZONE, A. (1994): «Attività predatrice di *Orius* spp. (*Anthocoridae*) su *Frankliniella occidentalis* (Perg.) (Thripidae) in coltura protetta»; en *Informatore Fitopatologico* (1); pp. 40-43.

- TOMMASINI, T. S. y NICOLI, G. (1993): «Adult activity of four *Orius* species reared on two preys»; en *Bulletin OILB/srop* 16(2); pp. 181-184.

- TOMMASINI, T. S. y NICOLI, G. (1994): «Preimaginal activity of four *Orius* species reared on tow preys»; en *Bulletin OILB/srop* 17(5); pp. 237-241.

- TOMMASINI, T. S. y NICOLI, G. (1996): «Evaluation of *Orius spp*. as biological control agents of thrips pests. Further experiments on the existence of diapause in *Orius laevigatus*»; en *Bulletin OILB/srop* 19(1); pp. 183-186.

- TRICHILLO, P. y LEIGHT, T. F. (1986): «Predation on spider mite eggs by the western flower thrips *Frankliniella occidentalis (*Thys.: Thripidae) an opportunist in cotton agroecosystem»; en *Environ. Entomol.* (15); pp. 821-825.

- ULLMAN, D. E.; CHO, J. J.; MAU, R. F.; WESTCOT, D. M. y CUSTER, D. M. (1992): «A midgut barrier to tomato spotted wilt virus acquisition by adult western flower thrips»; en *Phytopathology* (82); pp. 1.333-1.342.

- VACANTE, V. y TROPEA, G. (1993): «Richerche di laboratorio sulla biologia di *Orius laevigatus* (Fieber)»; en *Colture Protette* (1 supl.); pp. 33-36.

- VAN DE VEIRE, M. y DEGHEELE, D. (1993): «Control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* with the predator *Orius insidiosus»*; en *OILB-SROP Bulletin* 16 (2); pp. 185-188.

- VAN HOUTEN, Y. M. y VAN STRATUM, P. (1993): «Biological control of western flower thrips in greenhouses sweet pepper using nondiapausing predatory mites»; en *Bulletin OILB/srop* 16 (2); pp. 77-82.

- VAN HOUTEN, Y. M.; VAN RIJN, P. C.; TANIGOSHI, L. K. y VAN STRATUM, P. (1992): «Potential of some phytoseiid species to control *Frankliniella occidentalis* in greenhouses crops»; en *Bulletin OILB/srpo* 16 (2); pp. 75-79.

- VAN RIJN, P. C. y SABELIS, M. W. (2005): «Impact of plant-provided food on hebivore-carnivore dynamics»; en WACKERS, F. L.; VAN RIJN, P. C. y BRUIN, J., eds.: *Plant-Provided Food Herbivore-Carnivore Interactions.* Cambridge, Cambridge University Press; pp. 223-266.

- WIJKAMP, I. y PETERS, D. (1993): «Determination of the median latent period of two Tospoviruses in *Frankliniella occidentalis*, using a novel leaf disk assay»; en *Phytopathology* (83); pp. 986-991.

- WIJKAMP, I.; ALMARZA, N.; GOLDBACH, R. y PETERS, D. (1995): «Distinct levels of specificity in thrips transmision of Tospoviruses»; en *Phytopatology* (85); pp. 1.069-1.074.

- ZAWIRSKA, I. (1976): «Untersuchungen über zwei biologische Typen von *Thrips tabaci* Lind. (*Thysanoptera*, *Thripidae*) inder VR Polen»; en *Arch. Phytopathol. Pflanzensh*. (12); pp. 411-422.

- ZHAO, G.; LIU, W. y KNOWLES, C. O. (1994): «Mechanism associated with diazinon resistance in western flower thrips»; en *Pesticide Biochemestry and Phisiology* (49); pp. 13-23.

- ZHAO, G.; LIU, W. y KNOWLES, C. O. (1995a): «Femvalerate resistance mechanisms in western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae)»; en *J. Econ. Entomol*. 88(3); pp. 531-535.

- ZHAO, G.; LIU, W. y KNOWLES, C. O. (1995b): «Mechanism conferring resistance of western flower thrips to bendiocarb»; en *Pest Sci*. (44); pp. 293-297.

- ZHAO, G.; LIU, W.; BROWN, J. M. y KNOWLES, C. O. (1995): «Insecticide resistance in field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae)»; en *J. Econ. Entomol*. 88(6); pp. 1.164-1.170.

Tema 9 Manejo de pulgones

Alfonso Hermoso de Mendoza[1], Belén Belliure[2], José Manuel Llorens[3], María Ángeles Marcos[2] y José Manuel Michelena[4]

1. Generalidades sobre los pulgones

Los áfidos o pulgones son insectos hemípteros de la superfamilia *Aphidoidea*, muchas de cuyas especies causan daños económicos en la mayoría de las plantas cultivadas, bien sean de tipo directo al debilitar el vegetal cuando succionan su savia, bien de tipo indirecto principalmente por transmitirles diversas enfermedades, sobre todo de tipo viral.

Los pulgones causan estos daños en las plantas gracias a su aparato bucal, de tipo picador-chupador como el de todos los hemípteros (Miyazaki, 1987b). En él se ha modificado el labio, adoptando la forma de un ancho canal llamado rostro o pico que acoge cuatro finos estiletes, a su vez evolución de las dos maxilas y las dos mandíbulas, que se acoplan formando un prolongado filamento, el cual alberga en su interior dos conductos a lo largo de toda su longitud. De estos conductos, uno de ellos (el canal salival) sirve para que el insecto, tras picar en la planta introduciéndole los estiletes, le inyecte la saliva que disolverá la savia, mientras que el otro (el canal alimenticio) es utilizado para absorber la savia así disuelta. Este sistema de alimentación explica la capacidad de los hemípteros (y concretamente de los pulgones) de transmitir virus u otro tipo de patógenos: al absorber los jugos de una planta enferma, el insecto adquiere el virus y, al inyectar posteriormente la saliva en una planta sana, la infecta con el virus adquirido.

Dentro de los hemípteros, los pulgones constituyen un grupo con unas características morfológicas y biológicas muy peculiares. En la Figura 1 se representa un esquema de un pulgón adulto (una hembra partenogenética alada, sin las alas de la izquierda para poder ver algunos detalles), sobre el que se indican los principales caracteres de los áfidos. Una formación exclusiva de los pulgones son los sifones o cornículos (S), que no son propios de todas las especies afídicas pero sí que se dan en la inmensa mayoría de

[1] Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Montcada (Valencia).
[2] Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, Universidad de Alicante. Unidad Asociada IPAB CSIC-UA.
[3] Área de Protección Vegetal, Alicante.
[4] Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia.

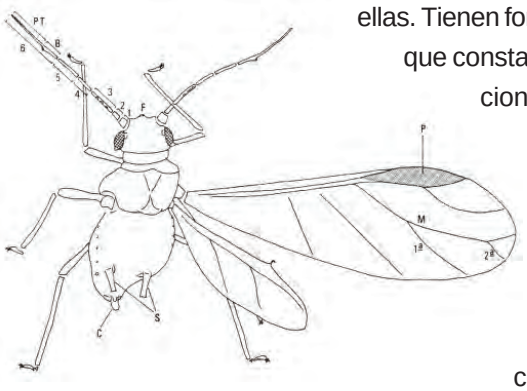


Figura. 1. Hembra partenogenética alada de pulgón (sin las alas de la izquierda)

ellas. Tienen formas, tamaños y colores muy variados (aunque constantes para cada especie) y con distintas funciones, entre otras la defensiva, al poder expulsar por ellos directamente al exterior la hemolinfa rica en sustancias céreas del pulgón, que al solidificarse puede englobar las mandíbulas de un depredador. También es muy típica de los pulgones la cauda o cola (C), situada al final del abdomen y con características morfológicas propias para cada especie, así como la mancha o pterostigma (P) del ala anterior en las formas aladas y el número de bifurcaciones (1ª, 2ª) de la vena media (M) de esta ala. Finalmente, resulta útil para la clasificación de los áfidos la forma de la frente (F) y el número, color, proporciones y características de los segmentos o artejos antenales (1 a 6), sobre todo del último, dividido en una base (B) y un proceso terminal (PT).

En cuanto a la biología de los pulgones, presentan una curiosa alternancia entre generaciones anfigónicas (hembras y machos) y partenogénesis (sólo hembras), con diferentes formas adultas ápteras y aladas, además de los distintos estados ninfales necesarios para llegar al de adulto (Miyazaki, 1987a). El ciclo completo típico de la familia *Aphididae* comienza con el huevo de invierno, del que eclosiona en primavera la ninfa que tras varias mudas originará una hembra fundadora, áptera. Ésta se reproduce por partenogénesis (sin intervención de macho) y viviparidad (no poniendo huevos sino pariendo ninfas), dando lugar a varias generaciones de hembras ápteras (también partenogenéticas y vivíparas) hasta que aparece una de hembras aladas (pero siempre partenogenéticas y vivíparas), que emigran a otras plantas de la misma especie (si el ciclo es monoico) o de especies diferentes (si el ciclo es dioico, llamándose entonces huésped primario a la especie vegetal de origen y huésped secundario a la especie o especies de destino). En las plantas a donde han emigrado se siguen reproduciendo las hembras por partenogénesis y viviparidad, dando lugar a diversas generaciones de hembras ápteras (que permanecen en cada planta) y aladas (que infestan otras plantas) durante el buen tiempo, hasta que en otoño aparecen las hembras denominadas sexúparas porque originan hembras y machos, generalmente alados, que retornan al huésped primario, donde copulan y ponen las hembras el huevo de invierno.

Sin embargo, este ciclo completo sólo se da en las especies afídicas llamadas holocíclicas, ya que en bastantes especies, denominadas anholocíclicas, no tiene lugar la generación anfigónica del ciclo sino que se reproducen partenogenéticamente durante todo el año, con lo que los únicos adultos que aparecen son hembras partenogenéticas, bien sean ápteras o aladas. Además, hay especies holocíclicas que en determinadas circunstancias (por ejemplo, en climas cálidos) pueden llegar a reproducirse continuamente como anholocíclicas, sin fase anfigónica. Y de todas formas, como aún dándose esta fase anfigónica sólo ocurre en una época muy corta del año y con muchos menos individuos, sucede que tanto en las especies holocíclicas como indudablemente en las anholocíclicas son las hembras partenogenéticas las que se observan normalmente.

En cuanto a la distinción entre adultos y ninfas, resulta fácil cuando éstas van a originar individuos alados, pues se distinguen perfectamente en ellas los esbozos alares, pero cuando van a dar adultos ápteros puede ser complicado distinguir éstos de los últimos estados ninfales, si no es considerando características como que la cauda de las ninfas está menos desarrollada que la de los adultos. Hay que tener en cuenta, además, que los caracteres morfológicos de los adultos ápteros pueden ser diferentes de los de los adultos alados, lo que podría llevar al error de considerar como especies diferentes lo que no son más que distintas formas de la misma especie afídica.

2. Los pulgones de los cultivos protegidos

Se han considerado como principales cultivos protegidos los siguientes: de plantas cucurbitáceas, el melón (*Cucumis melo*), la sandía (*Citrullus vulgaris*) y el calabacín (*Cucurbita pepo*, v. *oblonga*); de solanáceas, el pimiento (*Capsicum annuum*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*) y la berenjena (*Solanum melongena*); y de papilionáceas, la judía (*Phaseolus vulgaris*). Estas plantas son atacadas por diversas especies de pulgones, las más importantes de las cuales se indican en la Tabla 1 (Blackman y Eastop, 1985, modificado). Como se ve, los pulgones más extendidos son *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, que se alimentan de todos los cultivos considerados, y después vienen *Aphis fabae* y *Macrosiphum euphorbiae*, que atacan a cinco de ellos, y *Aulacorthum solani* (a tres). A continuación se profundizará en cada una de estas especies (Holman, 1974; Nieto *et al*.,1984 y 2005; Blackman y Eastop, 1985; Belliure *et al*., 2009).

Aphis fabae Scopoli

Se trata de un pulgón cosmopolita y polífago que vive sobre una gran cantidad de plantas, cultivadas o no, y que se comporta en principio como holocíclico dioico aunque puede mantenerse como anholocíclico. La hembra partenogenética áptera (Foto 1) es de un color oscuro mate (negro intenso o pardo negruzco, pero a veces con manchas blanquecinas de cera), con los sifones también negros y la cauda del mismo color y con bastantes setas.

Foto 1. Hembra partenogenética áptera de *Aphis fabae*

Además de a los cultivos citados en la Tabla 1, ataca a bastantes plantas de interés agrícola: aguacate, chirimoyo, apio, nabo, col, zanahoria, hinojo, perejil, alcachofa, lechuga, borraja, rábano, cáñamo, lúpulo, garbanzo, lenteja, alfalfa, guisante, haba, cebolla, puerro, algodón, higuera, cebada, maíz, remolacha, espinaca, fresa, manzano, cerezo, ciruelo, peral, granado, naranjo, naranjo amargo, limonero, mandarino, tabaco, patata y vid.

Junto a los daños directos que causa en estas plantas están los ocasionados por su capacidad de transmitirles más de treinta virus diferentes, algunos con efectos bastante más dañinos que los simplemente físicos.

Tabla 1.
Pulgones más importantes que atacan a los principales cultivos protegidos

Pulgón	Melón	Sandía	Calabacín	Pimiento	Tomate	Berenjena	Judía
Aphis fabae			X	X	X	X	X
Aphis gossypii	X	X	X	X	X	X	X
Myzus persicae	X	X	X	X	X	X	X
Aulacorthum solani				X	X	X	
Macrosiphum euphorbiae			X	X	X	X	X

Aphis gossypii Glover

Especie también muy polífaga y cosmopolita, y especialmente dañina en invernaderos, que se reproduce habitualmente de forma anholocíclica aunque se han dado citas puntuales de comportamiento holocíclico. El color de las hembras partenogenéticas ápteras es muy variable, desde casi blanco hasta casi negro, con una amplia gama de colores intermedios (amarillo pálido, parduzco, verde claro o verde oscuro) (Foto 2), lo que puede llevar a complicar su identificación, aunque siempre tienen los sifones oscuros y la cauda del color del cuerpo (clara en ejemplares pálidos y negra en los más oscuros) y con un número reducido de setas (siete como máximo) en ella.

Se ha citado este pulgón en muchos cultivos además de los estudiados aquí: aguacate, chirimoyo, espárrago, zanahoria, escarola, cáñamo, lúpulo, pepino, calabaza, algodón, maíz, granado, remolacha, níspero, fresa, manzano, ciruelo, almendro, peral, naranjo, naranjo amargo, mandarino, limonero, pomelo, satsumo, clementino, tabaco, patata y vid.

Esta especie transmite más de cincuenta virus de plantas, y no sólo de hortícolas sino también de leñosas: la gran epidemia del virus de la tristeza de los cítricos que a partir de 1957 eliminó gran parte de las plantaciones citrícolas españolas fue propagada básicamente por este pulgón. Y, por otro lado, esta especie desarrolló hacia 1985 resistencia a determinados insecticidas (Melià y Blasco, 1990), lo que complicó su control y reactivó su presencia en los cultivos, causando entre otras cosas nuevas epidemias de enfermedades víricas.

Foto 2. Hembras partenogenéticas ápteras de *Aphis gossypii*

Myzus persicae (Sulzer)

Como los anteriores, este pulgón también es cosmopolita y polífago, comportándose generalmente de manera holocíclica dioica, en varias plantas del género *Prunus* (melocotonero sobre todo) como huéspedes primarios donde pasa el invierno en estado de huevo, y muchas otras plantas, bastantes de ellas cultivadas, como huéspedes secundarios. Sin embargo, en ausencia de melocotoneros o bien en climas cálidos, puede reproducirse partenogenéticamente de forma continua como anholocíclico.

Las hembras partenogenéticas ápteras son normalmente de color amarillento o verde (Foto 3), aunque también pueden ser rosadas o rojizas. Tienen en la frente un entrante muy pronunciado, de lados convergentes, y sus sifones son un poco más alargados que los de las especies de *Aphis* citadas anteriormente y, a diferencia de ellas, de color claro y generalmente algo hinchados hacia el final, mientras que la cauda es clara también.

Entre las plantas cultivadas a las que ataca, además de las aquí consideradas, se encuentran las siguientes: nabo, col, papaya, alcachofa, zanahoria, batata, lechuga, rábano, patata, cebolla, apio, remolacha, naranjo, naranjo amargo, mandarino, limonero, satsumo, calabaza, níspero, fresa, manzano, tabaco, guisante, albaricoque, cerezo, ciruelo, almendro, melocotonero, peral, trigo, haba y maíz.

Foto 3. Hembra partenogenética áptera de *Myzus persicae*

Este pulgón está considerado como la especie más importante entre los vectores de virus de plantas, ya que transmite más de 100 virosis que afectan a un elevado número de cultivos. Y además, como en el caso de la anterior especie afídica, ha desarrollado resistencia a determinados insecticidas.

Aulacorthum solani (Kaltenbach)

Se trata de una especie de origen europeo, aunque actualmente tiene una distribución casi cosmopolita, y es bastante polífaga (Foto 4), pudiendo reproducirse tanto de manera holocíclica como anholocíclica. La hembra partenogenética áptera puede presentar color amarillento, verdoso o amarronado y, como *M. persicae*, tiene un entrante en la frente pero no de lados convergentes sino paralelos; el tamaño de esta hembra es algo mayor que el de las anteriores especies, como también son un poco más largos sus sifones y su cauda, que presentan un color claro.

Foto 4. Colonia de *Aulacorthum solani*

Además de en los cultivos citados al principio del apartado, *A. solani* se da en otros como lechuga, patata, pepino y fresa, y puede transmitir unas 40 virosis.

Macrosiphum euphorbiae (Thomas)

Aunque es un pulgón de origen norteamericano se halla distribuido por casi todo el mundo, y es muy polífago. En los Estados Unidos se comporta como holocíclico dioico, con plantas del género *Rosa* como huéspedes primarios, mientras que en Europa es mayoritariamente anholocíclico (aunque ocasionalmente se observan individuos sexuados).

Las hembras partenogenéticas ápteras son bastante grandes, las mayores de todas las especies aquí tratadas, generalmente de color verde pero a veces amarillento o rosa (Foto 5), con el entrante de la frente de lados divergentes, y la cauda y los sifones también más largos que los de las otras especies y del mismo color claro que el cuerpo. Además, y a diferencia de todas ellas, los sifones de los adultos de *M. euphorbiae* presentan los ápices reticulados.

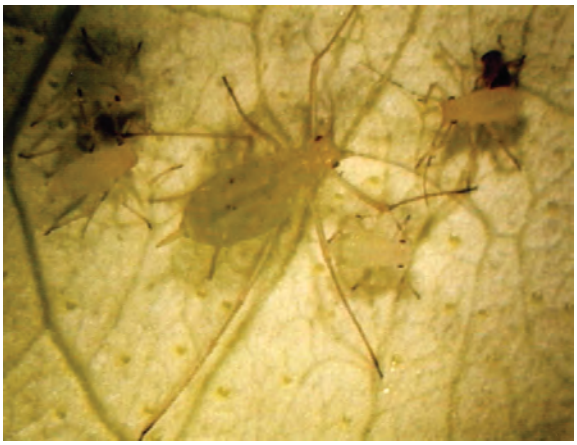


Foto 5. Hembra partenogenética áptera y ninfas de *Macrosiphum euphorbiae*

Esta especie ataca, además de a los cultivos considerados aquí, a los siguientes: garbanzo, chirimoyo, remolacha, col, naranjo, naranjo amargo, mandarino, limonero, satsumo, calabaza, alcachofa, lechuga, lenteja, manzano, níspero, tabaco, guisante, peral, rábano, patata y maíz.

También es importante como vector de virosis, ya que es responsable de la transmisión de más de 40 enfermedades de este tipo.

3. Control biológico de pulgones en cultivos protegidos

Todas estas especies afídicas son controladas, bien de manera espontánea, bien de forma artificial, por una amplia gama de enemigos naturales, tanto parasitoides como depredadores o incluso agentes patógenos. Belliure *et al*. (2009) han expuesto las relaciones entre enemigos y pulgones encontradas en España, en base a una serie de referencias bibliográficas, entre las que destacan Baixeras y Michelena (1983); González y Michelena (1987); Michelena y González (1987); Michelena y Oltra (1987); Rossmann y Fortmann (1989); Llorens (1990); Bennison (1992); Ben Halima-Kamel y Ben Hamouda (1993); Laubscher y Von Wechmar (1993); Kazda (1994); Marcos-García y Rojo (1994); Michelena *et a*l. (1994 y 2004); Alomar *et al*. (1997); Alvarado *et al.* (1997); Castañé *et al*. (1997); Ehler *et al*. (1997); Michelena y Sanchis (1997); Orlandini y Martelucci (1997); Asin y Pons (1998); Völkl y Stechmann (1998); Winiarska (1998); Askary *et al*. (1999); Wojciechowicz-Zytko (1999); El-Arnaouty *et al*. (2000); Hunter *et al.* (2001); Alvis *et al*. (2002); Belliure (2002);García-Marí y Ferragut (2002); Soler *et al*. (2003); Bird *et al*. (2004); Kavallieratos *et al*. (2004); Snyder *et al*. (2004); Deligeorgidis *et al*. (2005); Jansen (2005); Nebreda *et al.* (2005); Van Munster *et al.* (2005); Pascual-Villalobos *et al*. (2006); Kim *et al*. (2007); Sastre-Vega (2007); Zarpas *et al*. (2007); Hermoso de Mendoza *et al.* (2008a y 2008b); Pineda y Marcos-García (2008b); Roditakis *et al*. (2008).

3.1. Parasitoides

En la Tabla 2 se indican los parasitoides descritos en España sobre cada una de las especies de pulgones citadas anteriormente. Todos ellos son himenópteros y, aunque hay una especie de la familia *Aphelinidae*, la mayoría pertenecen a la subfamilia *Aphidiinae* de la familia *Braconidae*. La hembra pone dentro de cada pulgón un huevo, del que sale una larva que se va alimentando de los tejidos internos del áfido hasta que no queda de éste más que la cubierta externa, denominada momia. Finalmente, el parasitoide realiza la pupación en un capullo que puede ser interno a la momia del pulgón (caso de los géneros *Aphidius*, *Diaeretiella*, *Lysiphlebus* o *Trioxys*), o bien externo a ella (como en el género *Praon*, Foto 6). El color de estas momias puede caracterizar a cada género: en *Ephedrus* son negras (Foto 7), mientras que en *Aphidius*, *Diaeretiella* o *Trioxys* son de color castaño. Por último, de la momia del pulgón sale el adulto del parasitoide (Foto 8) tras haber cortado la cutícula con sus mandíbulas, formando un círculo en ella.

Tabla 2. Parasitoides (*Hymenoptera*) citados en España sobre los principales pulgones de cultivos protegidos

Parasitoides	*Aphis fabae*	*Aphis gossypii*	*Myzus persicae*	*Aulacorthum solani*	*Macrosiphum euphorbiae*
Aphelinidae					
Aphelinus abdominalis			X		X
Braconidae Aphidiinae					
Aphidius colemani		X	X		
Aphidius ervi			X	X	X
Aphidius matricariae	X	X	X	X	X
Diaeretiella rapae		X	X		X
Ephedrus persicae			X		
Lysiphlebus confusus	X	X			
Lysiphlebus fabarum	X	X			
Lysiphlebus testaceipes	X	X			
Praon volucre	X	X	X		X
Trioxys acalephae	X	X			
Trioxys angelicae	X	X	X		

Foto 6. Momia de pulgón parasitado por *Praon volucre*

De entre estos parasitoides destaca *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Foto 9), originario probablemente de América del Norte y Central e introducido en Europa en la década de 1960 y en España en la de 1970, confirmándose su aclimatación en la de 1980. Desde entonces se ha difundido ampliamente en la cuenca mediterránea, de manera que actualmente es uno de los parasitoides más abundantes sobre varias especies de pulgones.

Varios de los parasitoides citados se comercializan para el control de áfidos en invernadero. Así, *Aphelinus abdominalis* (Dalman), *Aphidius colemani* Viereck y *Aphidius ervi* Haliday se utilizan contra pulgones como *Myzus persicae* o *Aphis gossypii*, distribuyéndose en el cultivo mediante el uso de plantas reservorio, normalmente trigo o cebada infestadas con los pulgones *Rhopalosiphum padi* (L.) o *Sitobion avenae* (Fabricius) parasitados por el himenóptero en cuestión que, al eclosionar, atacará a los áfidos que se encuentren sobre el cultivo del invernadero.

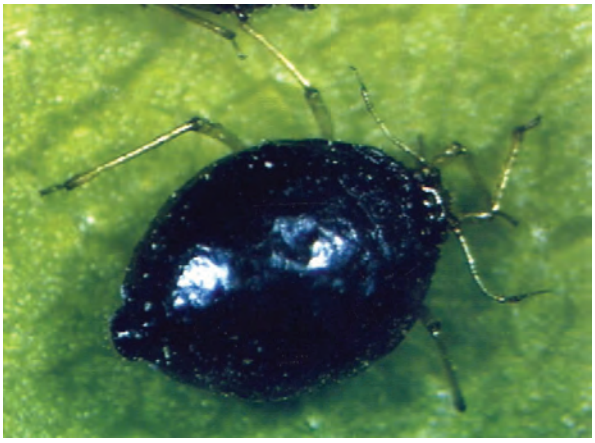


Foto 7. Pulgón parasitado por *Ephedrus* sp.

Foto 8. Adulto de *Trioxys angelicae*.

Foto 9. Adulto de *Lysiphlebus testaceipes* parasitando pulgones

3.2. Depredadores

En las Tablas 3, 4 y parte de la 5 figuran los principales depredadores citados en España sobre los pulgones más importantes de los cultivos protegidos. En la Tabla 3 están los dípteros, en la 4 los otros insectos y en la 5 los ácaros.

Entre los dípteros se contemplan dos familias, los cecidómidos y los sírfidos. De los cecidómidos está *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Foto 10), cuyas larvas se alimentan de los pulgones succionándoles los jugos internos y son muy abundantes de manera natural en determinados cultivos, utilizándose también de manera comercial en invernaderos de pimiento y de tomate.

De sírfidos hay una larga lista de depredadores de áfidos. Estos dípteros presentan tres estados larvarios, que se alimentan de los pulgones atravesando con las mandíbulas su pared corporal y levantándolos de la superficie de la planta mientras extraen su contenido en fluidos. Los adultos (Fotos 11 y 12) se alimentan de néctar y de polen (Foto 13); las hembras realizan la puesta en la proximidad de las colonias incipientes de pulgones y, tras eclosionar los huevos, las larvas comienzan a alimentarse de los áfidos hasta su pupación. A causa de la necesidad de néctar y polen de los sírfidos adultos, el acceso a plantas en flor en los

Tabla 3. Depredadores citados en España sobre los principales pulgones de cultivos protegidos. I: Diptera

Dípteros depredadores	*Aphis fabae*	*Aphis gossypii*	*Myzus persicae*	*Aulacorthum solani*	*Macrosiphum euphorbiae*
Cecidomyiidae					
Aphidoletes aphidimyza	X	X	X		X
Syrphidae					
Episyrphus balteatus	X	X	X	X	X
Epistrophe eligans	X				
Eupeodes corollae	X	X	X	X	X
Eupeodes flaviceps	X		X		
Eupeodes lucasi	X				
Eupeodes luniger	X				
Meliscaeva auricollis	X				
Paragus haemorrhous	X	X	X		X
Paragus tibialis	X				
Platycheirus scutatus	X				
Scaeva albomaculata	X				
Scaeva pyrastri	X		X		X
Sphaerophoria rueppellii	X	X	X	X	X
Sphaerophoria scripta	X		X		X
Syrphus ribesii	X		X		X
Syrphus vitripennis			X		X

Tabla 4. Depredadores citados en España sobre los principales pulgones de cultivos protegidos. II: Otros insectos

Depredadores	*Aphis fabae*	*Aphis gossypii*	*Myzus persicae*	*Aulacorthum solani*	*Macrosiphum euphorbiae*
Coleoptera Coccinellidae					
Adalia bipunctata			X		
Coccinella septempunctata	X	X	X		X
Harmonia axyridis		X			X
Hippodamia convergens	X	X			
Propylea quatuordecimpunctata			X		
Scymnus spp.		X			
Neuroptera Chrysopidae					
Chrysoperla carnea	X	X	X	X	
Hemiptera Anthocoridae					
Orius laevigatus		X			X
Orius majusculus		X			X
Hemiptera Miridae					
Dicyphus tamaninii		X			X
Macrolophus caliginosus		X			X
Dermaptera					
Forficula auricularia				X	

Tabla 5. Ácaros y agentes patógenos citados en España sobre los principales pulgones de cultivos protegidos

Agentes	*Aphis fabae*	*Aphis gossypii*	*Myzus persicae*	*Aulacorthum solani*	*Macrosiphum euphorbiae*
Ácaros					
Erythraeidae	X				
Hongos					
Lecanicillium attenuatum			X		X
Lecanicillium longisporum			X		X
Lecanicillium lecanii	X	X	X		X
Virus					
Parvovirus			X		

Foto 10. Adulto de *Aphidoletes aphidimyza*

Foto 11. Macho adulto de *Paragus tibialis*

Foto 12. Macho adulto de *Scaeva albomaculata*

cultivos o cerca de ellos es un factor importante en la eficacia de estos dípteros como agentes de control biológico de pulgones: las flores de determinadas plantas aumentan la atracción de sírfidos en diversos tipos de cultivos, tanto de exterior como de invernadero. Por otro lado, la condición de semiapertura, característica de los invernaderos del área mediterránea, es muy favorable para la entrada de sírfidos que se encuentran de manera natural en el exterior de los invernaderos (Pineda y Marcos-García, 2008). En cuanto a especies comercializadas, *Episyrphus balteatus* De Geer está disponible como pupas para su suelta contra pulgones.

Con respecto a los coleópteros, son los coccinélidos o mariquitas los depredadores más conocidos de los pulgones, y además en sus dos estados: tanto los adultos como las larvas de bastantes especies de coccinélidos devoran pulgones. Como en el caso de otros depredadores, hacen la puesta junto a las colonias afídicas no demasiado avanzadas. Entre las especies más abundantes en forma natural están *Adalia bipunctata* (L.) (Foto 14), *Coccinella septempunctata* L. (Foto 15), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville (Foto 16), *Propylea quatuordecimpunctata* (L.) (Foto 17) y *Scymnus* spp. (Foto 18). Como especies comercializadas contra pulgones están *A. bipunctata* y *Harmonia axyridis* Pallas, esta última introducida.

Foto 13. Adulto de *Episyrphus balteatus*

Foto 14. Adulto de *Adalia bipunctata*

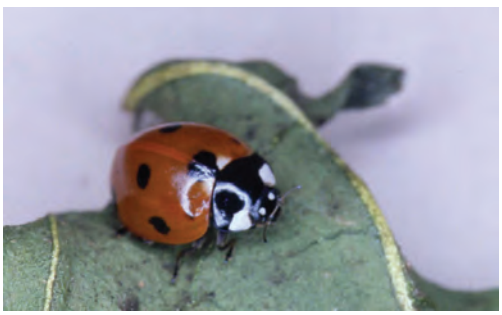


Foto 15. Adulto de *Coccinella septempunctata*

Foto 16. Adulto de *Hippodamia convergens*

Foto 17. Adulto de *Propylea quatuordecimpunctata*

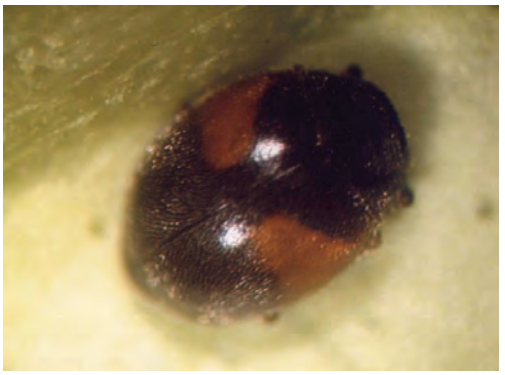


Fig. 18. Adulto de *Scymnus sp*.

Foto 19. Adulto de *Chrysoperla carnea* junto a una colonia de pulgones

Foto 20. Adulto de *Orius* sp.

Entre los neurópteros crisópidos destaca *Chrysoperla carnea* Stephens (Foto 19), cuyas larvas se alimentan activamente de áfidos y de otros artrópodos. Su puesta es muy característica, con cada huevo en el ápice de un largo filamento y generalmente agrupados cerca de las colonias de pulgones. Esta especie también se comercializa para la lucha biológica en invernaderos.

De hemípteros están por un lado los antocóridos, básicamente del género *Orius* (Foto 20), que son muy polífagos puesto que se alimentan no solo de áfidos sino también de trips, huevos y larvas de lepidópteros, ácaros y otros. Como además también pueden alimentarse de plantas o de polen, son fáciles de mantener en cultivos con baja densidad de plantas. *Orius laevigatus* (Fieber) y *O. majusculus* (Reuter) se comercializan para su suelta en invernaderos.

Otra familia de hemípteros con especies que depredan a los pulgones es la de los míridos, en la que destacan los géneros *Dicyphus* y *Macrolophus* (Foto 21), utilizados comercialmente también contra otras plagas en hortícolas al aire libre y en invernadero.

Entre los dermápteros o tijeretas, *Forficula auricularia* L. se alimenta de pulgones, entre otros tipos de presas, controlándolos principalmente a nivel de suelo.

Finalmente, dentro de los ácaros hay varias familias del orden Prostigmata, como los eritreidos y los trombídidos (Foto 22), que atacan a los pulgones de diferente manera según su grado de evolución: en los estados ninfales de los ácaros actúan como parásitos de los áfidos, y en los estados adultos lo hacen como depredadores de vida libre.

Foto 21. Ninfa de *Macrolophus* sp.

3.3. Agentes patógenos

Existen diversas especies de hongos entomopatógenos de la familia de los entomoftoráceos que combaten a los áfidos (Foto 23), pertenecientes en el caso de los pulgones que nos ocupan al género *Lecanicillium*, como se ve en la Tabla 5.

Foto 22. Ácaro trombídido atacando a un pulgón

Algunos de estos hongos, como *L. longisporum*, son transportados por las hormigas de un pulgón a otro, transmitiendo así la infección. Y también los hay, como por ejemplo *L. lecanii*, que se comercializan para su utilización en los cultivos, teniendo en cuenta que los distintos aislados de este hongo pueden mostrar especificidad diferente según la especie de pulgón de que se trate (por ejemplo, según sea *Aphis fabae* o *Aphis gossypii*).

Foto 23. Pulgón atacado por hongos.

En cuanto a los virus entomopatógenos, algunos de estos áfidos son atacados por parvovirus (Tabla 5), con la particulari-

dad de que las plantas invadidas por pulgones infectados con el virus pueden transportarlo a través del floema, infectando así a otros áfidos sin necesidad de que estén en contacto con los pulgones enfermos. Es decir, que la planta puede actuar como vector del virus entomopatógeno utilizándolo para defenderse.

4. Control integrado de pulgones en cultivos protegidos: nivel de daño económico

El control integrado de plagas, considerando el hábitat y la dinámica poblacional del fitófago, utiliza diversos métodos de lucha (particularmente la biológica), evitando usar la lucha química para combatirlo por encima del nivel de plaga que origine daño económico. Así pues, el punto clave de este sistema es averiguar cuál es el nivel de daño económico (EIL), es decir, el nivel de plaga por encima del cual hay que tratar si no se quiere tener pérdidas económicas (o, lo que es lo mismo, la cantidad de plaga en la cual las pérdidas que ocasiona se igualan con el gasto del tratamiento).

En el caso de los cultivos y los pulgones aquí considerados, se ha obtenido la fórmula del nivel de daño económico para pimiento en dos especies afídicas: *Aulacorthum solani* (Hermoso de Mendoza *et al.*, 2006) y *Myzus persicae* (La Spina *et al.*, 2008). Estas fórmulas son:

$$\text{EIL (}\textit{A. solani}\text{)}: \quad \frac{88{,}98 \cdot VP_o K + 3750{,}36 \cdot C}{58{,}16 \cdot VP_o K - 100 \cdot C}$$

$$\text{EIL (}\textit{M. persicae}\text{)}: \quad \frac{1{,}05 \cdot VP_o K + 359{,}79 \cdot C}{21{,}05 \cdot VP_o K - 100 \cdot C}$$

En ambas fórmulas el nivel de daño económico (EIL) viene expresado en número de pulgones por hoja, y los parámetros que intervienen en ellas son:

V: precio del fruto (euros/kg)

P_o: producción de un cultivo con nivel mínimo de plaga (kg/ha)

K: eficacia del insecticida en tanto por uno (si es del 100%, K=1)

C: coste total del insecticida (producto + aplicación) (euros/ha)

En las actuales condiciones económicas del cultivo de pimiento en invernadero, su rentabilidad (consecuencia del elevado precio y producción del pimiento) es tan alta comparada con el coste del tratamiento, que el nivel de daño económico resulta muy bajo para estas dos especies afídicas, tanto que prácticamente habría que tratar en cuanto se detectara pulgón. Sin embargo, si cambiaran las circunstancias de rentabilidad del cultivo del pimiento, también cambiaría el nivel de daño económico de ambas especies, aunque se calcularía de la misma forma porque las fórmulas citadas son válidas para cualquier tipo de condiciones económicas; bastaría con aplicar los parámetros (V, K, C y P_o) correspondientes a cada situación.

Por otro lado, estas fórmulas para el cálculo del nivel de daño económico son aplicables a todo tipo de insecticidas, no sólo químicos sino también biológicos, es decir, que también son válidas cuando los pulgones se combaten con parasitoides o depredadores. Lo que hace falta conocer en este último caso es el valor de K, o sea, la eficacia del enemigo natural en cuestión contra el pulgón de que se trate, así como su coste (C).

5. Bibliografía

- ALOMAR, O.; GABARRA, R. y CASTAÑÉ, C. (1997): "The aphid parasitoid Aphelinus abdominalis (Hym.: Aphelinidae) for biological control of Macrosiphum euphorbiae on tomatoes grown in unheated plastic greenhouses"; en *Bulletin OILB/SROP*, 20 (4); pp. 203-205.
- ALVARADO, P.; BALTA, O. y ALOMAR, O. (1997): "Efficiency of four heteroptera as predators of *Aphis gossypii* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hom.: Aphididae)"; en *Entomophaga*, 42 (1-2); pp. 215-226.
- ALVIS, L.; RAIMUNDO, A.; VILLALBA, M. y GARCÍA-MARÍ, F. (2002): "Identificación y abundancia de coleópteros coccinélidos en los cultivos de cítricos valencianos"; en *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 28 (4); pp. 479-491.
- ASIN, L. y PONS, X. (1998): "Role of predators on maize aphid populations"; en *Proceedings 5th International Symposium on Aphids, León, Spain, 15-19-Sept. 1997*; pp. 505-511.
- ASKARY, H.; BENHAMOU, N. y BRODEUR, J. (1999): "Ultrastructural and cytochemical characterization of aphid invasion by the hyphomycete *Verticillium lecanii*"; en *Journal of Invertebrate Pathology*, 74 (1); pp. 1-13.
- BAIXERAS, J. y MICHELENA, J. M. (1983): "Aparición de Lysiphlebus testaceipes (Cre., 1880) (Hym., Aphidiidae) en España"; en *Actas I Congreso Ibérico de Entomología*, 1; pp. 69-73.
- BELLIURE, B. (2002): *Variables implicadas en el manejo integrado de áfidos (Hemiptera: Aphididae) en cítricos*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia.
- BELLIURE, B.; PÉREZ, P.; MARCOS, M. A.; MICHELENA, J. M. y HERMOSO DE MENDOZA, A. (2009): "Control biológico de pulgones"; en JACAS, J. A. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícoas.* Valencia, Phytoma España; pp. 209-238.
- BEN HALIMA-KAMEL, M. y BEN HAMOUDA, M. H. (1993): "Les pucerons des cultures protegées et leurs ennemis en Tunisie"; en *Tropicultura* 11 (2); pp. 50-53.
- BENNISON, J. A.; (1992): "Biological control of aphids on cucumbers: use of open rearing systems or 'banker plants' to aid establishment of *Aphidius matricariae* and *Aphidoletes aphidimyza*"; en *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Universiteit Gent* 57 (2b); pp. 457-466.

- BIRD, A. E.; HESKETH, H.; CROSS, J. V. y COPLAND, M. (2004): "The common black ant, Lasius niger (Hymenoptera: Formicidae), as a vector of the entomopathogen *Lecanicillium longisporum* to rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Homoptera: Aphididae)"; en *Biocontrol Science and Technology* 14 (8); pp. 757-767.
- BLACKMAN, R. L. y EASTOP, V. F. (1985): *Aphids on the world's crops. An identification guide.* Chichester, John Wiley & Sons.
- CASTAÑÉ, C.; ALOMAR, O. y RIUDAVETS, J. (1997): "Biological control of greenhouse cucumber pests with the mirid bug *Dicyphus tamaninii*"; en *Bulletin OILB/SROP*, 20 (4); pp. 237-240.
- DELIGEORGIDIS, P. N.; IPSILANDIS, C. G.; KALTSOUDAS, G. y SIDIROPOULOS, G. (2005): "An index model on predatory effect of female adults of *Coccinella septempunctata* L. on *Macrosiphum euphorbiae* Thomas; en *Journal of Applied Entomology* 129 (1); pp. 1-5.
- EHLER, L. E.; LONG, R. F.; KINSEY, M. G. y KELLEY, S. K. (1997): "Potential for augmentative biological control of black bean aphid in California sugarbeet"; en *Entomophaga* 42 (1/2); pp. 241-256.
- EL-ARNAOUTY, S. A.; GABER, N. y TAWFIK, M. F. (2000): "Biological control of the green peach aphid Myzus persicae by *Chrysoperla carnea* (Stephens) sensu lato (Neuroptera: Chrysopidae) on green pepper in greenhouses in Egypt"; en *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 10 (1/2); pp. 109-116.
- GARCÍA-MARÍ, F. y FERRAGUT, F. (2002): *Plagas agrícolas*. Valencia, Phytoma España.
- GONZÁLEZ, P. y MICHELENA, J. M. (1987): "Relaciones parasitoide-pulgón (Hymenoptera: Aphidiidae; Homoptera: Aphididae) en la provincia de Alicante"; en *Boletín de la Asociación Española de Entomología* (11); pp. 249-258.
- HERMOSO DE MENDOZA, A.; LA SPINA, M.; MARCO, F.; TABANERA, S.; VINACHES, P.; CARBONELL, E. A. y PÉREZ-PANADÉS, J. (2006): "Nivel de daño económico para Aulacorthum solani (Hemiptera, Aphididae) sobre pimiento en invernadero comercial"; en *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* (32); pp. 181-187.
- HERMOSO DE MENDOZA, A.; ÁLVAREZ, A.; MICHELENA, J. M.; GONZÁLEZ, P. y CAMBRA, M. (2008a): "Dispersión, biología y enemigos naturales de *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Hemiptera, Aphididae) en España"; en *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 34 (1); pp. 77-87.

- HERMOSO DE MENDOZA, A.; ÁLVAREZ, A.; MICHELENA, J. M.; GONZÁLEZ, P. y CAMBRA, M. (2008b): "Toxoptera citricida (Kirkaldy) (Hemiptera, Aphididae) and its natural enemies in Spain"; en *IOBC wprs Bulletin* (38); pp. 225-232.

- HOLMAN, J. (1974): *Los áfidos de Cuba*. La Habana, Editorial Organismos.

- HUNTER, W. B.; SINISTERRA, X. H.; McKENZIE, C. L. y SHATTERS, J. R. (2001): "Iridovirus infection and vertical transmission in citrus aphids"; en *Proceedings Annual Meeting Florida State Horticultural Society* (114); pp. 70-72.

- JANSEN, J. P. (2005): "Aphid parasitoid complex in potato in the context of IPM in Belgium"; en *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 70 (4); pp. 539-546.

- KAVALLIERATOS, N. G.; ATHANASSIOU, C. G.; TOMANOVIC, Z.; PAPADOPOULOS, G. D. y VAYIAS, B. J. (2004): "Seasonal abundance and effect of predators (Coleoptera, Coccinellidae) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiidae) on *Myzus persicae* (Hemiptera, Aphidoidea) densities on tobacco: a two-year study from Central Greece"; en *Biologia* 59 (5); pp. 613-619.

- KAZDA, J. (1994): "Influence of the fungus Verticillium lecanii on Aphis fabae"; en *Sbornik Vysoke Skoly Zemedelske v Praze, Fakulta Agronomicka Rada A, Rostlinna Vyroba* (56); pp. 141-148.

- KIM, J. J.; GOETTEL, M. S. y GILLESPIE, D. R. (2007): "Potential of Lecanicillium species for dual microbial control of aphids and the cucumber powdery mildew fungus, *Sphaerotheca fuliginea*": en *Biological Control* 40 (3); pp. 327-332.

- LA SPINA, M.; HERMOSO DE MENDOZA, A.; CARBONELL, E. A. y PÉREZ-PANADÉS, J. (2008): "Umbrales económicos de *Myzus persicae* (Hemiptera, Aphididae) sobre pimiento en invernadero comercial"; en *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* (34); pp. 485-491.

- LAUBSCHER, J. M. y VON WECHMAR, M. B. (1993): "Assessment of aphid lethal paralysis virus as an apparent population growth-limiting factor in grain aphids in the presence of other natural enemies"; en *Biocontrol Science and Technology* 3 (4); pp. 455-466.

- LLORENS, J. M. (1990): *Pulgones de los cítricos y su control biológico*. Alicante, Pisa Ediciones.

- MARCOS-GARCÍA, M. A. y ROJO, S. (1994): "*Paragus hyalopteri* n. sp., an aphidophagous hoverfly (Dipt.: Syrphidae) attacking the mealy plum aphid (Hom.: Aphididae)"; en *Entomophaga* 39 (1); pp. 99-106.

- MELIÀ, A. y BLASCO, J. (1990): "Resistencia de *Aphis frangulae gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) a insecticidas en el cultivo de los cítricos"; en *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* (16); pp. 189-193.

- MICHELENA, J. M. y GONZÁLEZ, P. (1987): "Contribución al conocimiento de la familia Aphidiidae (Hymenoptera) en España. I. *Aphidius* Nees"; en *Eos* (63); pp. 115-131.

- MICHELENA, J. M. y OLTRA, M. T. (1987): "Contribución al conocimiento de la familia Aphidiidae (Hymenoptera) en España. II. Géneros: Ephedrus, Praon, Adyalitus, Lysiphlebus, Diaeretiella, Lipolexis, Trioxys"; en *Boletín de la Asociación Española de Entomología* (11); pp. 61-67.

- MICHELENA, J. M. y SANCHIS, A. (1997): "Evolución del parasitismo y fauna útil sobre pulgones en una parcela de cítricos"; en *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* (23); pp. 241-255.

- MICHELENA, J. M.; SANCHIS, A. y GONZÁLEZ, P. (1994): " Afidiinos sobre pulgones de frutales en la Comunidad Valenciana"; en *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* (20): pp. 465-470.

- MICHELENA, J. M.; GONZÁLEZ, P. y SOLER, E. (2004): "Parasitoides afidiinos (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) de pulgones de cultivos agrícolas en la Comunidad Valenciana"; en *Boletín de sanidad vegetal, Plagas* (30); pp. 317-326.

- MIYAZAKI, M. (1987a): "Forms and morphs of aphids"; en MINKS, A. K. y HARREWIJN, P., eds.: *Aphids. Their biology, natural enemies and control (A).* Ámsterdam, Elsevier; pp. 27-50.

- MIYAZAKI, M. (1987b): "Morphology of aphids"; en MINKS, A. K. y HARREWIJN, P., eds.: *Aphids. Their biology, natural enemies and control (A).* Ámsterdam, Elsevier; pp. 1-25.

- NEBREDA, M.; MICHELENA, J. M. y FERERES, A. (2005): "Seasonal abundance of aphid species on lettuce crops in Central Spain and identification of their main parasitoids"; en *Journal of Plant Diseases and Protection* 112 (4); pp. 405-415.

- NIETO, J. M.; DÍAZ, T. E. y MIER, M. P. (1984): *Catálogo de los pulgones (Homoptera Aphidoidea) de España y de sus plantas hospedadoras*. Universidad de León.
- NIETO, J. M.; MIER, M. P.; GARCÍA, F. y PÉREZ, N. (2005): *Hemiptera, Aphididae III*. Madrid, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC.
- ORLANDINI, G. y MARTELLUCCI, R. (1997): "Melon: biological control of *Aphis gossypii*"; en *Colture Protette* 26 (6); pp. 33-36.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M. J.; LACASA, A.; GONZÁLEZ, A.; VARÓ, P. y GARCÍA, M. J. (2006): "Effect of flowering plant strips on aphid and syrphid populations in lettuce"; en *European Journal of Agronomy* (24), pp. 182-185.
- PINEDA, A. y MARCOS-GARCÍA, M. A. (2008a): "Evaluation of several strategies to increase the residence time of *Episyrphus balteatus* (Diptera, Syrphidae) releases in sweet-pepper greenhouses"; en *Annals of Applied Biology* (152); pp. 271-276.
- PINEDA, A. y MARCOS-GARCÍA, M. A. (2008b): "Seasonal abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) and their populational levels in and outside of Mediterranean sweet-pepper greenhouses"; en *Annals of the Entomological Society of America* 101 (2); pp. 384-391.
- RODITAKIS, E.; COUZIN, I.D.; FRANKS, N. R. y CHARNLEY, A. K. (2008): "Effects of *Lecanicillium longisporum* infection on the behaviour of the green peach aphid *Myzus persicae*"; en *Journal of Insect Physiology* (54); pp. 128-136.
- ROSSMANN, F. y FORTMANN, M. (1989): "Investigations on the use of the predator *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera, Chrysopidae) for the control of aphids in the garden"; en *Mitteilngen der Deutschen Gesellschaft fur Allgemeine und Angewandte Entomologie* 7 (1-3); pp. 295-297.
- SASTRE-VEGA, M. (2007); *Influencia del manejo de la cubierta vegetal en la población de áfidos y su fauna auxiliar asociada en cítricos*. Trabajo Fin de Carrera, Universidad Miguel Hernández.
- SNYDER, W. E.; BALLARD, S. N.; YANG, S.; CLEVENGER, G. M.; MILLER, T. D.; AHN, J. J.; HATTEN, T. D. y BERRYMAN, A. A. (2004): "Complementary biocontrol of aphids by the ladybird beetle *Harmonia axyridis* and the parasitoid *Aphelinus asychis* on greenhouse roses"; en *Biological Control* 30 (2); pp. 229-235.

- SOLER, E.; JUAN, N. y TOLEDO, J. (2003): "Biological aphid control in loquat orchards"; en *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens* (58); pp. 139-141.
- VAN MUNSTER, M.; JANSSEN, A.; CLÉRIVET, A. y VAN DEN HEUVEL, J. (2005): "Can plants use an entomopathogenic virus as a defense against herbivores?"; en *Oecologia* 143 (3); pp. 396-401.
- VÖLKL, W. y STECHMANN, D. H. (1998): "Parasitism of the black bean aphid (*Aphis fabae*) by *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Aphidiidae): the influence of host plant and habitat"; en *Journal of Applied Entomology* 122 (5); pp. 201-206.
- WINIARSKA, W. (1998): "Parasitic larvae of erythraeid mites associated with Aphis fabae colonies"; en *Polskie Pismo Entomologiczne* 67 (1/2); pp. 151-153.
- WOJCIECHOWICZ-ZYTKO, E. (1999): "Predatory insects occurring in *Aphis fabae* Scop. (Homoptera: Aphididae) colonies on broad bean (*Vicia faba* L.)"; en *Sodininkyste ir Darzininkyste* 18 (3); pp. 276-284.
- ZARPAS, K. D.; MARGARITOPOULOS, J. T. y TSITSIPIS, J. A. (2007): "Life histories of generalist predatory species, control agents of the cotton aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae)"; en *Entomologia Generalis* 30 (1); pp. 85-101.

Tema 10

Manejo de minadores de hoja

María Dolores Alcázar Alba[1]

1. Introducción

Los minadores o submarinos de hojas pertenecen al orden *Díptera*, familia *Agromyzidae*, de las cuales 300 especies pertenecen al género *Liriomyza*, y de éstas, 23 especies tienen importancia económica como plaga en cultivos agrícolas y ornamentales en las regiones templadas (Parrella, 1987). De estas especies, 5 presentan una gran importancia económica ya que se trata de especies muy polífagas (Spencer, 1973; Parrella, 1987; Cabello *et al.*, 1994).

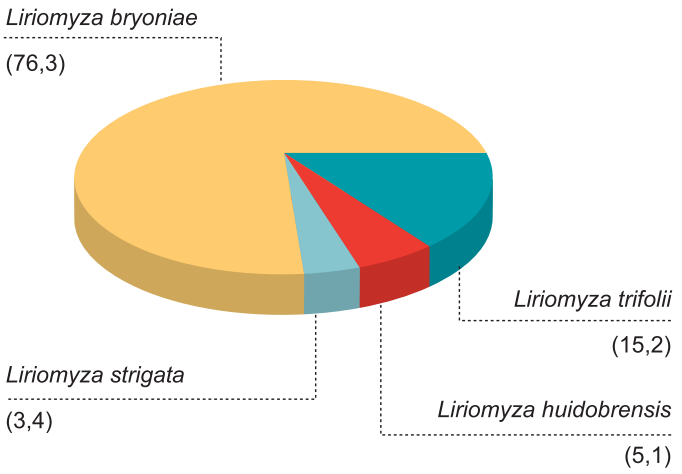
En el caso de los cultivos hortícolas protegidos en Almeria, se han encontrado 4 de estas especies; *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach); *Liriomyza trifolii* (Burguess); *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) y *Liriomyza strigata* (Meigen).

Inicialmente en los cultivos hortícolas de Almería, las especies autóctonas presentes eran *Liriomyza bryoniae* y *Liriomyza strigata*, las cuales no provocaban daños de importancia económica, sin embargo con la introducción en 1982 del minador americano *Liriomyza trifolii* y posteriormente de *Liriomyza huidobresis* (minador suramericano) en 1991 (Cabello y Belda, 1992) se produjo el desplazamiento de las dos especies autóctonas y la aparición de daños importantes en los cultivos así como problemas para su control (Cabello *et al.,* 1990). El uso de insecticidas químicos no selectivos es considerado una de las causas más importantes en cuanto a las dificultades en el control de los minadores de hojas y el incremento de los daños, las aparición de resistencias y la disminución de la fauna auxiliar, ya que los parasitoides son muy susceptibles a estos insecticidas.

Entre 1988 y 1991 la especie predominante en los cultivos en invenardero de Almería, fue *Liriomyza trifolii*, desplazando a las especies autóctonas, observándose una disminución de la incidencia de *Liriomyza bryoniae* centrada en cultivos de judía, tomate, melón y

[1] Unidad de Entomología del Laboratorio de Producción y Sanidad Vegetal de Almería. Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Figura 1. Porcentaje de especies durante los años 1999-2001



Fuente: Belda (2002).

sandía de otoño con respecto a una mayor incidencia de *Liriomyza trifolii*, mientras que en el caso de *Liriomyza strigata* su importancia con respecto a *Liriomyza trifolii*, fue algo mayor sobre todo en cultivos de melón y sandía de primavera (Cabello *et al*., 1994). Esta situación se alteró con la aparición en 1992 de la especie *Liriomyza huidobrensis* que adquirió mucha importancia en cultivos de judía, tomate, pimiento y melón sobre todo en los meses de otoño-invierno (Cabello y Belda, 1992; Pascual *et al*., 1992; Cabello *et al*., 1993).

Actualmente las especies presentes con incidencia en los cultivos horticolas en invernadero son *Liriomyza bryoniae* y *Liriomyza trifolii*, apareciendo como especie predominante *Liriomyza bryoniae*, en todos los cultivos hortícolas, mientras que *Liriomyza trifolii* aparece fundamentalmente en cultivo de tomate y judía (Belda *et al*., 1999; Alcázar *et al*., 2002; Belda, 2002; Téllez, 2003 y Téllez *et al*., 2004).

2. Descripción de las especies de *Liriomyza*. Distribucion y plantas huésped

2.1. *Liriomyza trifolii* (Burgués, 1880)

Sinonimias: *Liriomyza allivora*, *Liriomyza pusilla* y *Oscinis trifolii*. Se le conoce comúnmente como minador, submarino americano, o minador del crisantemo (Sánchez, 1986 y Sánchez, 1994).

Se trata de una especie de origen neártico y neotropical. Su origen de distribución se considera el Estado de Florida de donde inicialmente se extendió a través de esquejes de crisantemo. Se extendió por varias regiones tropicales y subtropicales de América y África y llegó a Europa en 1975, extendiéndose por diferentes países europeos debido a la exportación de esquejes de crisantemos y gerbera infectados (Spencer, 1973; Mikenberg, 1988; Sánchez, 1994). En España se detecta por primera vez en Canarias en 1975 y en 1982 en la Península (Sánchez, 1986).

Liriomyza trifolii es una especie polífaga que afecta a numerosas especies huésped, aunque su nombre le viene de la relación con la familia de las leguminosas, los ataque más importantes las produce sobre las compuestas.

En cuanto a las especies hortícolas más sensibles al ataque de esta especie son: apio, berenjena, judía, melón y sandía. Otras especies hortícolas atacadas son acelga, alcachofas, patata, calabacín, calabaza, cebolla, coles, espinacas, guisante, habas, lechuga, pepino, pimiento, puerro, remolacha y tomate, y entre los cultivos ornamentales afectados encontramos la caléndula, centáurea, cineraria, crisantemos, dalia, gerbera, gypsophila, zinnia etc., (Spencer, 1973 y Sánchez, 1994).

En invernaderos de Almería esta especie ha afectado a los principales cultivos hortícolas; judía, tomate, pepino, pimiento, berenjena, melón, y sandía; así como a cultivos de plantas ornamentales de gerbera (Cabello *et al*., 1994 y Belda *et al*., 1999).

2.2. *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach)

Sinonimias: *Agromyza bryoniae*, *Liriomyza citrulli*, *Liriomyza hydrocotylae*, *Liriomyza mercurialis* y *Agromyza solana*. Se le conoce vulgarmente como minador del tomate.

Se trata de una especie de origen Paleártico, que afecta a diversos cultivos de numerosas zonas de Europa, incluyendo el Norte de África (Marruecos, Egipto, etc.). En el Sur de Europa es una especie muy activa afectando a cultivos tanto en invernadero como al aire libre, mientras que en el resto del continente aparece tan sólo en cultivos en invernadero.

Los principales cultivos afectados por esta especie son: tomate, sandía, melón, pepino y lechuga (Spencer, 1973).

En cultivos en invernadero del Sur de España se ha citado en cultivos de judía, tomate, melón y sandía (Cabello *et al*., 1994; Belda *et al*., 1999, Alcázar *et al*., 2000 y Téllez, 2003).

2.3. *Liriomyza strigata* (Meigen)

Sinonimias: *Agromyza strigata, Agromyza pumila y Agromyza violae*.

Se trata de una especie de origen Paleártico, muy frecuente en Europa Occidental, sin embargo, en Europa Oriental su presencia no está muy documentada (Spencer, 1973).

Se trata de una especie muy polífaga, se ha encontrado en cultivos de remolacha, lechuga y guisante (Spencer, 1973). Este mismo autor cita la presencia de esta especie en 187 géneros de 31 familias de plantas, entre ellas las Cucurbitáceas, Leguminosas, Solanáceas, Labiadas, Chenopodiaceas, Euforbiáceas, Malváceas, etc.

En España ha sido citada en cultivos en invernadero de melón y sandía (Cabello *et al*., 1994).

2.4. *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926)

Sinonimias: *Agromyza huidobrensis*, *Liriomyza langei*, *Liriomyza decora*, *Liriomyza cucmifoliae* y *Liriomyza dianthi*. Se le conoce vulgarmente como minador suramericano.

Se trata de una especie de distribución Neártica y Neotropical. Su origen de distribución se cita en Argentina, Brasil, Chile, Perú, Colombia, Venezuela y Estados Unidos. En Europa se detectó por primera vez en Gran Bretaña en plantas de guisante procedentes de Estados Unidos, así como en crisantemos de Perú y Colombia. Se ha observado en otros países europeos como Francia, Holanda, Dinamarca, Italia y Portugal, En España se detecta por primera vez en 1992 (Cabello y Belda, 1992).

3. Morfología de las especies de *Liriomyza*

Los agromícidos, y por tanto las especies del género *Liriomyza*, presentan un desarrollo postembrionario holometábolo con cuatro estados de desarrollo: adulto, huevo, larva y pupa.

3.1. Adulto

Se trata de una mosca de tamaño pequeño de entre 1,4-2,3 mm de largo, con tonalidades negras y amarillas. Las hembras de todas las especies suelen ser de mayor tamaño que los machos.

Foto 1. Adulto de *Liriomyza trifolii*

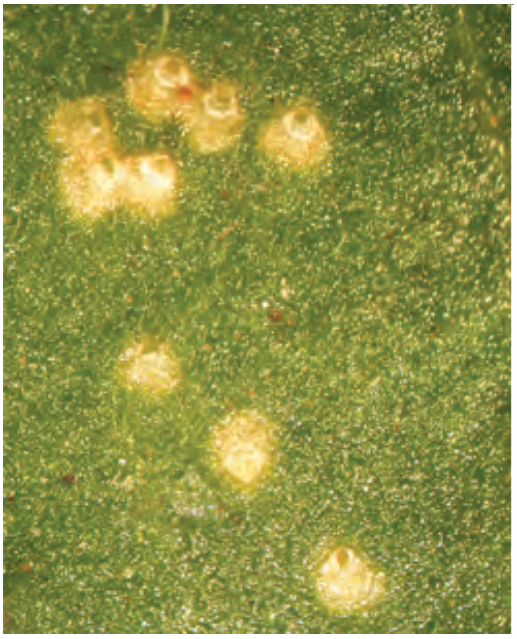


Foto 2. Picaduras de alimentación de *Liriomyza* sp.

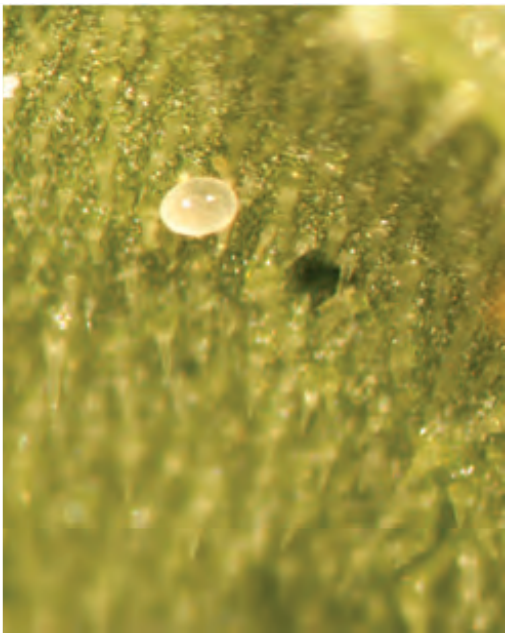


Foto 3. Huevo de *Liriomyza* sp.

3.2. Huevo

Los huevos son depositados por las hembras en «galerías de puesta» que practica con el ovipositor, son de forma arriñonada, con una longitud y anchura media de 0,25 mm y 0,1 mm respectivamente (Sánchez, 1994). Su color es blanco opaco con la superficie lisa y brillante con el desarrollo del embrión toma un color blanco transparente.

3.3. Larva

El estado larvario presenta tres estadios. Las larvas son cilíndricas, alargadas sin segmentación aparente, ápodas y acéfalas. Las larvas neonatas presentan una longitud de 0,5 mm, llegando a alcanzar 3,25 mm al final del tercer estadio; en cuanto al diámetro oscila entre 0,3-0,6 mm. Presentan un par de ganchos aserrados como piezas bucales. En cuanto a la coloración es verde en la mayoría de las especies, mientras que *Liriomyza trifolii* es de color amarillo.

Foto 4. Galerías de *Liriomyza* sp.

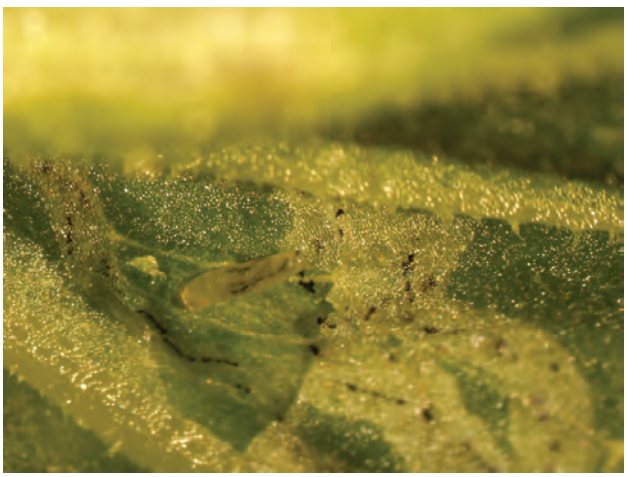


Foto 5. Larva de *Liriomyza* sp.

Foto 6. Pupa de *Liriomyza bryoniae*

Los agromícidos presentan una fase de prepupa que tiene lugar en el exterior de la galería, en el suelo o en la superficie de la hoja (Sánchez, 1994).

3.4. Pupa

Presenta forma de «tonelillo», mide entre 1,5 y 2,3 mm de largo y 0,5-0,8 mm de diámetro. Suelen presentar inicialmente una coloración amarillenta volviéndose marrón con su maduración. Presentan las paredes fuertemente quitinizadas.

4. Daños e importancia económica

Los daños producidos por los minadores de hoja son de dos tipos, por un lado los que produce la hembra con su ovipositor para alimentarse y realizar la puesta y por otro lado el que producen las larvas durante su alimentación que corresponde a las llamadas galerías. Según la especie, planta huésped y número de larvas por hoja, las galerías varían en su forma, aunque suelen presentar un forma característica, así en el caso de *Liriomyza trifolii* y *Liriomyza bryoniae* suelen ser alargadas y tortuosas respetando los nervios, sin embargo *Liriomyza strigata* suele hacer las galerías siguiendo los nervios principales de las hojas con cortas prolongaciones laterales. *Liriomyza huidobrensis* produce galerías en el nervio central y secundarios, así como en la base de la hoja y en el envés provocando daños importantes (Cabello y Belda, 1992).

Foto 7. Galerías en hoja de tomate y berenjena

La importancia de los daños que producen los agromícidos depende fundamentalmente del tamaño de la población, de la especie en sí, ya que esta va a influir en el modo de alimentación de la larva, del estado de desarrollo de la planta y de la parte de la planta que ataque, de modo que si el ataque es muy elevado tras el transplante o la siembra del cultivo esta puede convertirse en un problema grave. En general el daño provoca una disminución de la capacidad fotosintética de la planta lo que puede propiciar la desecación, necrosis e incluso la caída prematura de las hojas. Además pueden propiciar daños secundarios por infecciones fúngicas (Broadbent y Matteoni, 1990), e incluso pueden ser vectores de virus como el del mosaico del apio, tabaco, soja y sandía (Mikenberg y Van Lenteren, 1986 y Sánchez,1994).

5. Biología y ecología

Los minadores de hoja del género *Liriomyza* son insectos polivoltinos, esto significa que podemos observar en cualquier momento del cultivo ejemplares de todos los estados de desarrollo. Sin embargo la localización de estos estados en la planta varía, en las hojas viejas se suelen localizar larvas de tercer estadio y pupas, mientras que en hojas jóvenes vamos a localizar los adultos, las picaduras y puestas y las larvas de primeros estadíos.

Los hembras de *Liriomyza* efectúan las puestas en el haz de las hojas, aunque en ocasiones pueden hacerlo también en el envés, esta puesta es característica, ya que la hembra realiza un pequeño orificio con su ovipositor para dejar el huevo en el parénquima de la hoja. El número de huevos que puede depositar un hembra depende de la especie; en el caso de *L. bryoniae* esta puede llegar a depositar hasta 163 huevos con una media de 7 huevos diarios, mientras que *L. trifolii* puede llegar a depositar hasta 389 huevos, con una media de 19 huevos/día, en el caso de *L. huidobrensis* el número máximo de huevos que puede depositar una hembra de de 131 (Parrella, 1983). Esta fertilidad está relacionada con la temperatura y la alimentación, siendo mayor la puesta con el aumento de la temperatura, respecto a la alimentación; dependiendo de si existe o no una fuente de hidratos de carbono, néctar o melaza, las hembras pueden llegar a duplicar el número de huevos depositados (Peña, 1986 y Zoebisch y Schuster, 1987). Otros factores abióticos que influyen en la fecundidad son la luminosidad y la humedad relativa, en el caso de la luminosidad cuando esta disminuye las hembras son menos activas y depositan menor número de huevos. En cuanto a la humedad relativa, según Malais y Ravensberg (2006), si se encuentra entre el 80-90%, se produce una estimulación de la puesta.

Del huevo eclosiona una larva aproximadamente en 4-8 días, la cual comienza ha alimentarse produciendo una galería o mina que aumenta de tamaño conforme la larva pasa por sus 3 estadíos de desarrollo. El estado larvario tiene una duración entre 7-13 días. La larva justo antes de pupar efectúa una abertura semicircular en la epidermis, emergiendo de la hoja para pupar. La pupación puede llevarse a cabo en el suelo, o bien sobre la superficie de la hoja. La duración del estado de pupa varía según la estación, en primavera y verano los adultos tardan aproximadamente 3 semanas en emerger, mientras que en invierno la emergencia puede tardar entre 5-9 semanas.

En las tablas adjuntas se recogen distintos parámetros de la biología de las especies de *Liriomyza* en relación con la temperatura.

Tabla 1. Duración de los estados de desarrollo de tres especies de Liriomyza a distintas temperaturas y sus temperaturas umbrales

Estado	Temperatura	*L. huidobrensis*	*L. trifolii*	*L. bryoniae*
HUEVO	15-25 °C	–	4,0-7,7	3,0-6,1
	25-27 °C	2,1-3,0	–	–
LARVA	20-25 °C	5,8-6,7	–	–
	15-25 °C	–	4,3-9,1	5,0-12,3
PUPA	15-25 °C	–	10,0-26,6	9,2-22,2
	20-27 °C	9-12,6	–	–
Umbrales				
Mínimo	–	7,3 °C	10,0 °C	15,0 °C
Óptimo	–	20,0 °C	30,0 °C	25,0 °C
Máximo	–	30,0 °C	37,0 °C	35,0 °C
Longevidad	19 °C	11,42 días	–	–
	15-38 °C	–	3,1-16,7 días	–
	15-25 °C	–	–	6,6-13,6 días

Fuente: Barranco (1993).

6. Métodos de control

6.1. Métodos preventivos y culturales

Las medidas preventivas no llevan a la eliminación de la plaga, pero si pueden constituir un mecanismo para retardar la presencia de la plaga y disminuir las poblaciones.

Dentro de las medidas o métodos físicos es recomendable colocar mallas con un mínimo de 10 x 20 hilos/cm^2, tanto en las aberturas laterales, cenitales y puertas, se aconseja, igualmente, colocar esta malla en la doble puerta, y realizar un control de su estado, sobre todo en aquellas partes en las que se producen los vientos dominantes.

La colocación de trampas cromotrópicas adhesivas amarillas desde los inicios del cultivo, nos sirve además de cómo método de monitoreo para detectar las primeras infecciones, para la captura de un gran número de adultos.

Se debe utilizar material vegetal sano procedente de viveros o semilleros autorizados.

Es aconsejable en ataques muy severos eliminar y destruir las hojas de la parte baja de la planta.

Se deben eliminar las malas hierbas tanto del invernadero como de las zonas próximas a la parcela, así como los restos de cosecha anteriores que pudiesen actuar como reservorio. También es aconsejable realizar barridos de suelo entre los cultivos para eliminar pupas.

6.2. Métodos biológicos

6.2.1. Depredadores

Los minadores tienen como enemigos naturales algunos insectos depredadores que ejercen un discreto control, entre ellos encontramos especies de hormigas, un mírido, *Cyrtopeltis modestus*, que depreda larvas (Parrella *et al*., 1982). Se citan también especies de dípteros como *Drapetis subaenescens* (Collin), *Tachydromia annulata* Fallen y *Coenosia atenuata* (Zetterstedt) (Freidberg Gijswijt, 1983). Esta última especie se ha detectado de forma abundante en cultivos protegidos en invernadero en Almería, ejerciendo un papel de control sobre ejemplares de *Liriomyza* sp. (Rodríguez-Rodríguez *et al*., 2002).

6.2.2. Parasitoides

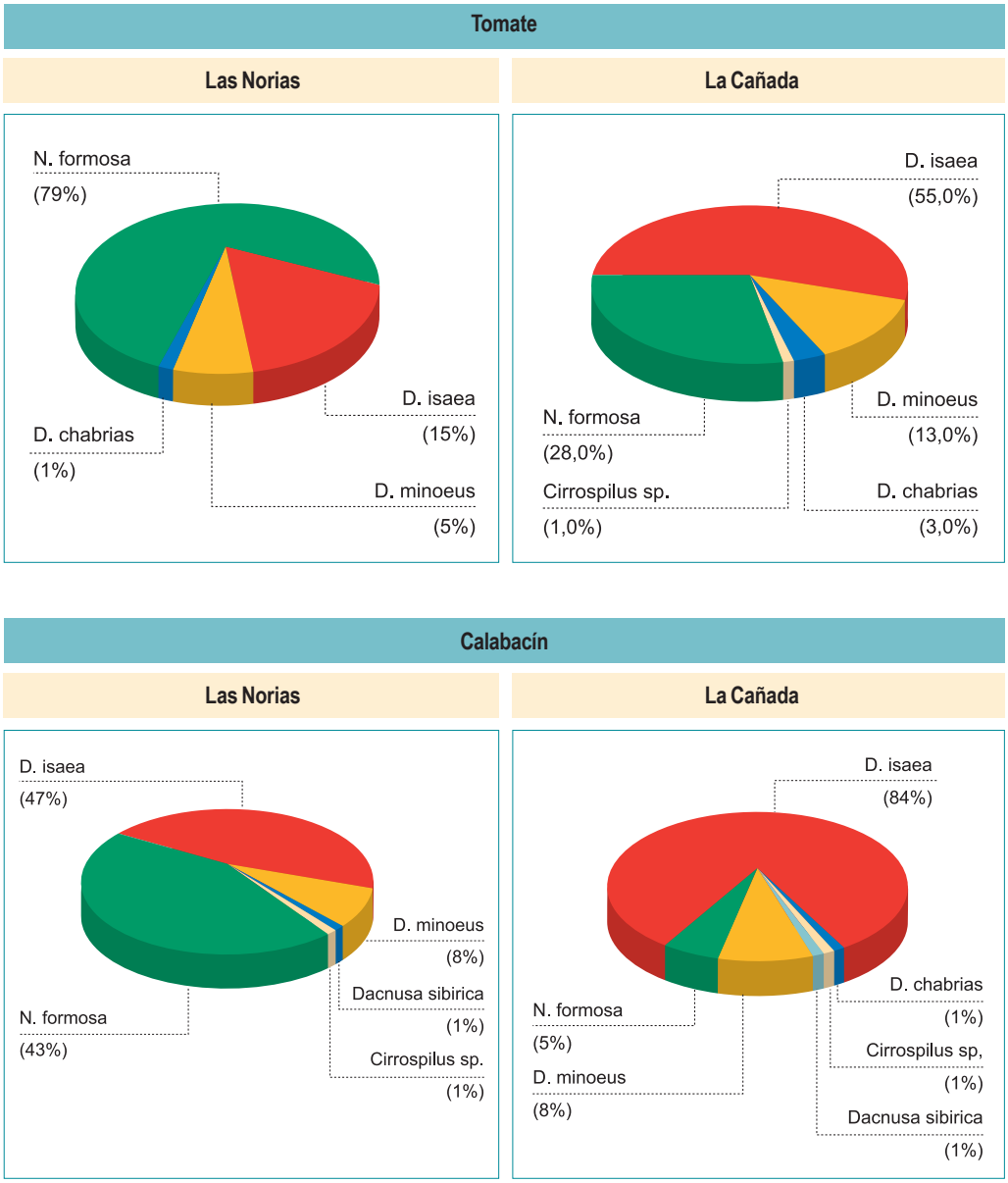
Son los parasitoides los enemigos naturales que ejercen un mejor control de las distintas especies de minadores presentes en cultivos hortícolas, tanto por su eficacia como por la abundancia. Todos estos parasitoides pertenecen al orden *Himenóptera*. Según Peña (1986) a nivel mundial se han citado hasta 33 especies de parasitoides que actúan sobre especies de agromícidos pertenecientes al género *Liriomyza.* Téllez (2003) y Barranco (2003), han realizado sendas revisiones de todas las especies de parasitoides detectadas por diferentes autores sobre las distintas especies de *Liriomyza*, habiéndose catalogado hasta 71 especies de himenópteros parasitoides, pertenecientes a 6 familias diferentes.

Tabla 2. Lista de especies de parasitoides autóctonos en cultivos hortícolas en invernaderos de Almería

Familia	Especie de parasitoide	Huésped	Cultivos
Eulophidae	*Diglyphus isaea* (Walker)	*Liriomyza* spp.	Tomate, judía, calabacín, sandía, melón, pepino, berenjena y pimiento.
	Diglyphus chabrias (Walker)	"	Tomate, calabacín, judía, melón y sandía.
	Diglyphus minoeus (Walker)	"	Tomate, judía, calabacín, sandia, melón, pepino, berenjena y pimiento.
	Diglyphus crassinervis Erdös	"	Tomate, melón y calabacín.
	Diglyphus poppoea Walker	"	Calabacín, melón, sandía y tomate.
	Chrysonotomyia (= Neochrysocharis) formosa (Westwood)	"	Tomate, judía calabacín, sandía, melón, pepino y berenjena.
	Cirrospilus vittatus. Walker	"	Judía, sandía y tomate
	Hemiptarsenus varicornis	"	Judía
	Hemiptarsenus zilahisebessi Erdos	"	Tomate, judía, melón y sandía.
Eucoilidae	*Kleidotoma sp.*	"	Calabacín, pepino, berenjena, melón y sandía
Braconidae	*Dacnusa sibirica* Haliday	"	Tomate, calabacín, sandía, melón y pepino.
	Opius concolor Szépligeti	"	Melón y pepino
	Opius pallipes Wesmael (1)	"	Calabacín, tomate, melón y sandía.

(1) *Opius pallipes* no actúa como parasitoide de *Liriomyza trifolii,* ya que las larvas parasitadas encapsulan los huevos evitando su desarrollo.

Figura 2. Representación de porcentajes de parasitoides en cultivos de tomate y calabacín en Las Norias y La Cañada (Almería)



Fuente: Alcázar *et al.* (2000).

En cultivos hortícolas protegidos en Almería, se han detectado un total de 13 especies de parasitoides autóctonos, que vienen recogidas en la Tabla 2 (Cabello *et al*., 1994 y Alcázar *et al*., 2002).

De estas 13 especies existen dos especies que destacan especialmente por la frecuencia en la que aparecen en los diferentes cultivos así como por los índices de parasitismo que alcanzan, se trata de *Neochrysocharis formosa* (=*Chrysonotomyia formosa*) y *Diglyphus isaea*. En cuanto al resto de especies su aparición y los índices de parasitismo que presentan son menores, detectándose en épocas determinadas de forma puntual, además también se observan diferencias en cuanto a la distribución de especies por zonas de producción y cultivos (Figura 2). (Cabello *et. al*., 1994 y Alcázar *et. al*., 2000 y 2002).

La gran diversidad de especies de parasitoides presentes, permite que en determinadas épocas y condiciones se consiga un control de la plaga, incluso sin tratamientos químicos. Además en aquellos en los que se han realizado tratamientos químicos, los índices de parasitismo también han ayudado al control, sobre todo en las fincas en las que aparece de forma abundante *Neochrysocharis formosa*; por lo que parece indicar mayor resistencia de este parasitoide a los tratamientos tradicionales realizados en nuestros cultivos (Cabello *et al*., 1994)

Neochrysocharis formosa en un endoparasitoide, mientras que *Diglyphus isaea* y el resto de Eulofidos son ectoparasitoides que actúan sobre el estado de larva.

Neochrysocharis formosa y *Diglyphus isaea,* presentan preferencia por los estadios 1º y 2º para alimentarse, mientras eligen el 3er estadio para la parasitación. Los bracónidos *Dacnusa sibrica* y *Opius pallipes* son endoparasitoides que hacen la puesta en el interior de las larvas preferentemente de 3er estadío, y se desarrollan durante este estadío emergiendo posteriormente de la pupa de *Liriomyza*.

En el caso de *Neochrysocharis*, suele ser más complicado observar las larvas parasitadas por este himenóptero en campo, aunque se pueden observar larvas oscuras como las de la Foto 8.

En el caso de *Diglyphus* suele ser más fácil observar si las larvas están parasitadas por este parasitoide ya que al lado de la larva de *Liriomyza* aparece la larva o la pupa de *Diglyphus* (Foto 9).

Foto 8. Aspecto de la larva de *Liriomyza* sp., parasitada por *Neochrysocharis formosa*

Los *Bracónidos* por su parte al ser endoparasitoides de larvas, resulta difícil detectar el parasitismo ejercido por estas especies, y sólo se puede determinar diseccionando las pupas, por tanto para su establecimiento es necesario recoger las pupas y evolucionarlas en el laboratorio.

Además de los parasitoides que aparecen de forma natural, existen en el mercado dos especies que se producen comercialmente para el control de las especies de *Liriomyza*. En las tablas adjuntas se recoge la información de las distintas casas comerciales de enemigos naturales, sobre los productos y formulados que presentan de estos dos parasitioides, así como las dosis y los intervalos de aplicación.

Tabla 3. Productos comerciales del parasitoide *Dacnusa sibirica*

Agente biológico	Nombre comercial	Empresa comercial	Envase	Contenido	Dosis
Dacnusa sibirica Telenga	Dacline s.	Syngenta Bioline.	Bote 250 ml	250 adultos +alimento	-
	Dacnuplan	Plan Protect S.L.	Bote 100 ml	250 adultos	-
	Dacnusa-System.	Biobest Sistemas Biológicos, S.L.	Bote	250 adultos	Al observar las primeras galerías. Suelta cada semana 0,25 ind/m^2 hasta observar parasitismo suficiente
	Dacnusa-Mix-System			225 adultos *Dacnusa* +25 adultos *Diglyphus*	
	Diminex	Koppert Sistemas Biológicos S.L.	Botella 100 ml	125 adultos de *Dacnusa* +125 adultos *Diglyphus*	Curativa baja: <1 larva/10 plantas 0,25 ind/m2 por semana
					Curativa alta:
	Minex			225 adultos *Dacnusa* +25 adultos *Diglyphus*	> 1larva/10 plantas tratar con Miglyphus.
	Minusa			250 adultos Dacnusa	Mínimo 3 tratamientos

Tabla 4. Productos comerciales del parasitoide *Diglyphus isaea*

Agente biológico	Nombre comercial	Empresa comercial	Envase	Contenido	Dosis y aplicación
Diglyphus isaea (Walker)	DIGLY control	Agrobio, S.L.	Botella 100 ml	250 insectos	Suelta aparición primeros minadores 0,5-1 ind/m^2 2 introducciones en semanas consecutivas
	DigliPAK	Bioplanet	Botella 100 ml	250 adultos	-
	Digline i.	Syngenta Bioline	Bote 250 ml	250 adultos+fuente alimento	Suelta observación primeras minas/primeras capturas adultos en placas 0,5 ind/m^2, 2 introducciones en semanas consecutivas
	Diglyphus-System	Biobest Sistemas Biológicos, S.L.	Tubo	250 adultos	0,15 ind/m^2 Tratar con infestaciones altas y con mayor temperatura
	Diglyplan.	Plan Protect S.L.	Botella 100 ml	250 adultos	-
	Digsure (i)	Certis Europe B.V. Suc España	Tubo 30 ml	250 adultos	-
	Miglyphus.	Koppert Sistemas Biológicos S.L.	Botella 100 ml	250 adultos Diglyphus	Curativa baja: (<1 larva/10plantas) 0,1 ind/m^2 Curativa alta: (>1 larva/10 plantas)

6.2.3. Entomopatógenos

Se han realizado diversos ensayos para determinar la eficacia que presentan algunas especies de nemátodos para el control de las especies de *Liriomyza* (Harris *et al*., 1990; Lebeck *et al.*, 1993 y Sher *et al*., 2000).

En algunos casos se han obtenido mortalidades elevadas, sin embargo la efectividad de estos organismos depende de la existencia de un elevado grado de humedad (Hara *et al*., 1996).

Existen también ensayos en las que se evalúa la eficacia de hongos entomopatógenos sobre *L. huidobrensis* (Solís *et al*., 1998).

En cuanto a la utilización de nemátodos en cultivos hortícolas en invernadero de Almería, *Heterorhabditis bacteriophora* está incluida en los métodos de control integrado, dentro de los Reglamentos de Producción Integrada de la Junta de Andalucía (BOJA núm. 211, 2007).

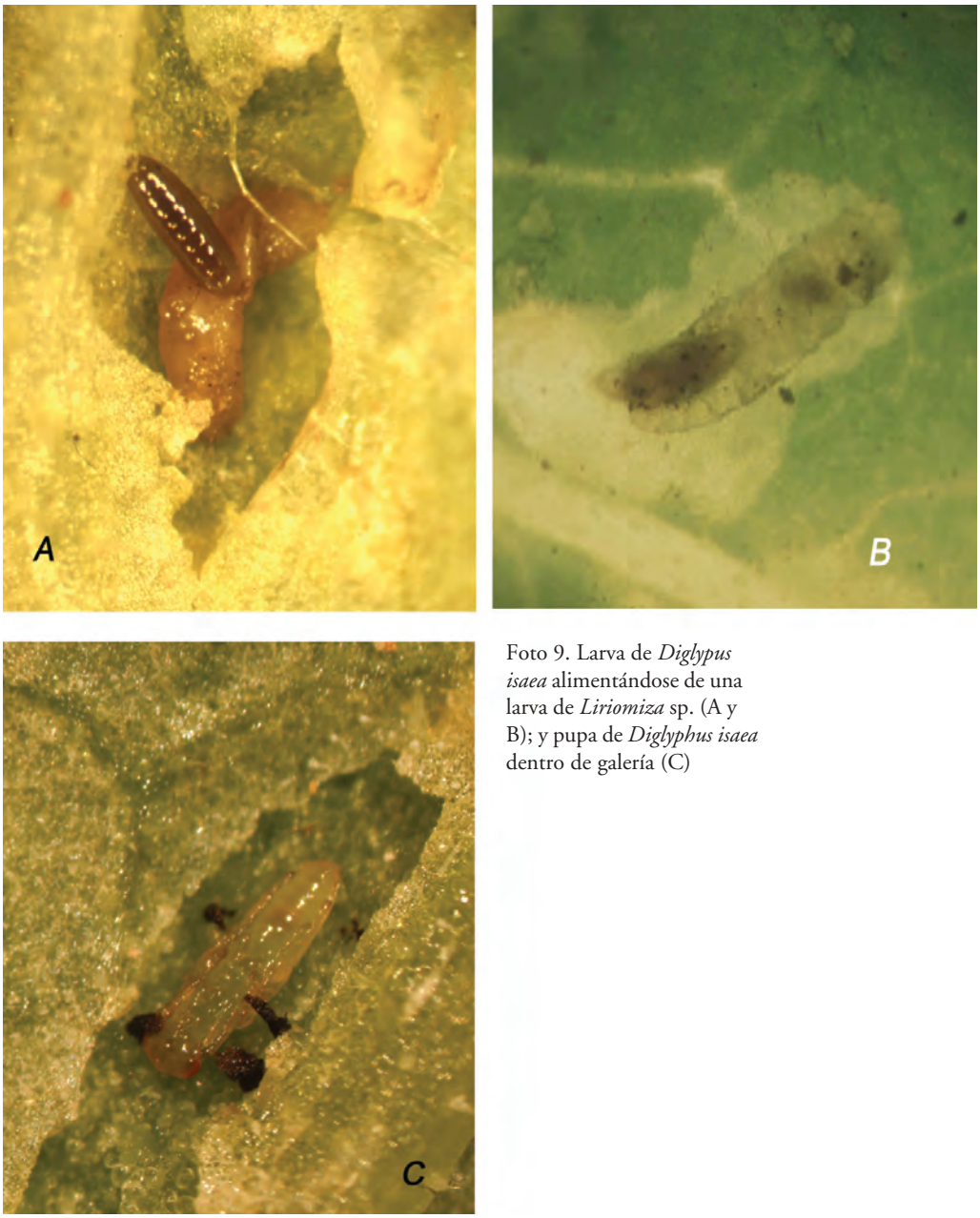


Foto 9. Larva de *Diglypus isaea* alimentándose de una larva de *Liriomiza* sp. (A y B); y pupa de *Diglyphus isaea* dentro de galería (C)

6.3. Métodos químicos

La utilización de productos químicos de amplio espectro en el control de los minadores de hoja del género *Liriomyza* ha provocado importantes problemas no solo por la aparición de resistencias (Peña, 1986), sino también por el efecto que estos han tenido sobre la fauna auxiliar. Como ya hemos visto estos tiene gran importancia como elementos de control de estas plagas, por ello se deben utilizar insecticidas selectivos que disminuyan las resistencias y el efecto negativo sobre los auxiliares.

La Tabla 3 incluye la lista de productos químicos autorizados para el control especies de minador (lista actualizada a 21 de mayo de 2009 por la Dirección General Producción Agrícola y Ganadera de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía).

La abamectina es un insecticida-acaricida natural procedente de *Streptomyces avermitilys*, es un producto que presenta un movimiento translaminar alto con lo que pasa rápidamente al interior de la hoja pudiendo actuar tanto por contacto como por ingestión. Inhibe la oviposición de la hembra y afecta a las larvas durante su eclosión y desarrollo.

La Azadiractina resulta bastante efectivo en el control de distintos estados de desarrollo de *Liriomyza*, ejerce un efecto sobre la oviposición en el caso de *Liriomyza trifolii*, al igual que actúa sobre la mortalidad de larvas, llegando en algunos casos hasta el 100% sobre larvas de *Liriomyza trifolii* y al 98,2% sobre larvas de *Liriomyza sativae* (Spencer, 1973); aplicado sobre el suelo en cultivo de crisantemo, presenta una mortalidad del 98% de pupas de *L. trifolii* (Spencer, 1973 y Mikenberg y Van Lenteren, 1996). Sin embargo parece tener un cierto efecto tóxico sobre algunas especies de parasitoides como *Hemiptarsenus semialviclava*.

Existe otro grupo de insecticidas bastante importante, los reguladores de crecimiento de insectos (IGRs) tienen un efecto más selectivo, de ellos la Ciromazina actúa como regulador del crecimiento de las larvas inhibiendo la síntesis de quitina por contacto e ingestión y no presenta efecto directo sobre los adultos aunque disminuye su fertilidad.

El Oxamilo es un insecticida sistemico, que se aplica en riego, actuando sobre las larvas. Su aplicación en riego no tiene efecto sobre los adultos de parasitoides.

Es importante tener en cuenta el efecto que estos productos presentan sobre la fauna auxiliar, para ello, se puede consultar los datos publicados por algunas casas comerciales de enemigos naturales y la Consejería de Agricultura y Pesca (Junta de Andalucía), a través de sus paginas web, en las que se recogen todas las sustancias activas autorizadas y el efecto según el tipo de aplicación, que éstas producen sobre los enemigos naturales comercializados.

6.4. Métodos genéticos y biotecnológicos

Actualmente los métodos genéticos aplicados al control de especies de minadores se centra en el estudio de variedades resistentes a los daños de Liriomyza, Dogimont (1999) ha realizado estudios en melón y también existen estudios sobre variedades resistentes de tomate.

6.5. Métodos de lucha integrada

La Lucha Integrada contra las especies de minador se ha revelado como un método eficaz, en Andalucía existen los Reglamentos Específicos de Producción Integrada para cultivos hortícolas, desde el año 1998, los cuales han sido actualizados posteriormente en 2001 y 2007 (BOJA núm. 211, 2007). Estos Reglamentos establecen una serie de medidas o prácticas obligatorias que se resumen a continuación.

- Se antepondrá siempre que sea posible los métodos biológicos, culturales, físicos y genéticos a los métodos químicos.

- Se deberá respetar y proteger la fauna auxiliar autóctona. Si se realizan sueltas de organismos de control biológico, estos deberán tener comercialización regulada.

- Se colocarán trampas cromotrópicas amarillas y azules para captura y monitoreo, incluso antes de la implantación del cultivo.

- Se realizarán controles del estado de las plagas y de la fauna útil con una periodicidad de 10-15 días.

- En el caso de que los métodos descritos anteriormente no sean efectivos se podrán usar de forma adecuada las sustancias activas indicadas para cada cultivo según las recomendaciones del fabricante, respetando las dosis, plazos de seguridad, etc. Además se alternarán sustancias activas de diferentes grupos químicos y mecanismos de acción.

Además de estas medidas generales, los Reglamentos Específicos de Producción Integrada en cultivos hortícolas establecen los criterios y recomendaciones a seguir para cada cultivo. En la Tabla 4, se resumen los concernientes con el control de minadores de hoja del género *Liriomyza*.

6. Bibliografía

- ALCÁZAR, M. D.; BELDA, J. E.; BARRANCO, P. y CABELLO, T. (2000): «Lucha integrada en cultivos hortícolas bajo plástico en Almería»; en *Vida Rural* (118); pp. 51-55.

- ALCAZAR, M. D.; BELDA, J. E.; BARRANCO, P. y CABELLO, T. (2002): *Parasitoides de especies plaga en hortícolas de invernaderos de Almería*. Sevilla, Servicio de Publicaciones y Divulgación de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

- BARRANCO, P. (2003): «Dípteros de interés agronómico. Agromícidos plaga de cultivos hortícolas intensivos»; en *Bol. SEA* (33); pp. 293-307.

- BELDA, J. E.; RODRÍGUEZ, M. P.; MANZANARES, C.; GARCÍA, M. M.; URRUTIA, T.; SÁNCHEZ, A.; RAPALLO, S. y ALCÁZAR, M. D. (1999): «Parasitismo de minadores de hoja en cultivos hortícolas. Aplicación en cultivo bajo plástico en Almería»; en *Agrícola Vergel* (809); pp. 1.014-1.016.

- BELDA, J. E. (2002): «El Control Integrado de lepidópteros y minadores de hoja en cultivos hortícolas protegidos»; en *Phytoma España* (135); pp. 77-81.

- CABELLO, T. y BELDA, J. E. (1992); «*Liriomyza huidoubrensis* (Blanchard,1926) (Diptera: Agromyzidae) nueva especie plaga en cultivos hortícolas en invernaderos de España», en *Phytoma* (42); pp. 37-43.

- CABELLO, T.; JAIMEZ, R. y PASCUAL, F. (1994): «Distribución espacial y temporal de *Liriomyza* spp. Y sus parasitoides en cultivos hortícolas en invernaderos del sur de España (Dip., Agromyzidae)»; en *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas* (20); pp. 445-455.

- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA JUNTA DE ANDALUCÍA. http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/

- DOGIMONT, C.; BORDAT, D.; PAGES, C; BOISSOT, N. y PITRAT, M. (1999): «One dominant gene conferring the resistance to the leafminer *Liriomyza trifolii* (Burguess) Diptera, Agromyzidae in melon (*Cucumis melo* L.)»; en *Euphytica* (105); pp. 63-67.

- FREIDBERG, A. y GIJSSWIJT, M. J. (1983): «A list and preliminary observations on natural enemies of the leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burguess) (Diptera: Agromizydae) in Israel»; en *Israel J. Entomol*. (27); pp. 115-116.

- HARA, A. H.; KAYA, H. K.; GAUGLER, R.; LEBECK, L. M. y MELLO, C. L. (1996): «Entomopathogenic nematodes for biological control of leafminer, *Liriomyza trifolii* (Dipt.: Agromyzidae)»; en *Entomophaga* 38(3); pp. 359-369.

- HARRIS, M. A.; BEGLEY, J. W. y WARKENTIN, D. L. (1990): «*Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) suppression with foliar applications of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) and abamectin»; en *J. Econ. Entomol*. (83); pp. 2.380-2.384.

- LEBECK, L. M.; GAUGLER, R.; KAYA, H. K.; HARA, A. H. y JOHNSON, M. W. (1993): «Host stage suitability of the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera, Agromyzidae) to the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida, Steinernematidae)»; en *J. Invert. Pathol*. (62); pp. 58-63.

- MALAIS, M. H. y RAVENSBERG, W. J. (2006): *Conocer y reconocer. Las plagas de cultivos protegidos y sus enemigos naturales*. Berkel en Rodenrijs, Koppert Biological Systems.

- MINKENBERG, O. y VAN LENTEREN, J. (1986): «The leafminers *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: a review»; en *Agricultural University Wageningen Paper* 86-2.

- MINKENBERG, O. P. (1988): «Dispersal of *Liriomyza trifolii*»; en *Bulletin EPPO* (18); pp. 173-182.

- PEÑA, M. A. (1986): «Biología y control de *Liriomyza trifolii* (Burguess, 1880) (Diptera, Agromyzidae)»; en *Cuadernos de Fitopatología* (8); pp. 105-129.

- PEÑA, M. A. (1988): «Primeras experiencias de lucha biológica contra *Liriomyza trifolii* (Burg.) (Dipt.: Agromyzidae) con *Diglyphus isaea* (Walk.) (Hym.: Eulophidae) en las Islas Canarias»; *Bol. San. Veg. Plagas* (14); pp. 439-445.

- PARRELLA, M. P. (1983): «Intraspecific competition among larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae): effects on colony production»; en *Environ. Entomol*. (12), pp. 1.412-1.414.

- PARRELLA, M. P. (1987): «Biology of *Liriomyza*»; en *Ann. L. Rev. Entomol.* (32); pp. 201-224.

- PARRELLA, M. P.; ROBB, K. L.; CHRISTIE, G. D. y BETHKE, J. (1982): «Control of *Liriomyza trifolii* with biological agents and insect growth regulators»; en *California Agriculture* (nov.-dec.); pp. 17-19.

- PASCUAL, F.; BELDA, J. E. y CABELLO, T. (1992): «*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) nueva especie para España (Diptera: Agromyzidae)»; en *Zoologica Baetica* (3); pp. 159-165.

- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. D. y AGUILERA, A. (2002): «*Coenosia attenuata*, unas nueva mosca a considerar en el control biológico de hortícolas»; en *Phytoma* (141); pp. 27-34.

- SÁNCHEZ, J. M. (1986): «Contribución al conocimiento de minadores de hojas in *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) en Hortalizas»; en *II Simposium Nacional de Agroquímicos.* Sevilla.

- SÁNCHEZ, J. M. (1994): «Agromícidos minadores en hojas»; en MORENO, R., ed.: *Sanidad vegetal en horticultura protegida*. Sevilla, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía; pp. 223-240.

- SHER, R. B.; PARRELLA, M. P. y KAYA, H. K.(2000): «Biological Control of the Leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess): Implications for Intraguild Predtion between *Diglyphus begini* Ashmead and *Steinernema carpocapsae* (Weiser)»; en *Biological Control* (17); pp. 155-163.

- SPENCER, K. A. (1973): *Agromyzidae (Diptera) of economic importance*. Series Entomologica. Vol. 9. The Hague, Junk Ed.

- SOLÍS, F. S.; DARDÓN, D. y WELLER, S. (1998): «Evaluación de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* para el control biológico de la mosca minadora (Diptera: Agromyzidae: *Liriomyza huidobrensis*) en el cultivo de la arveja china (*Pisum sativum*)»; en *IPM CRSP* (sept.-oct).

- TÉLLEZ, M. M. (2003): *Contribución a la mejora del control fitosanitario de dos especies de minadores, Liriomyza trifolii (Burgess) y Liriomyza bryoniae (Kaltenbach), (Diptera: Agromyzidae) en los cultivos de melón y tomate bajo plástico de la provincia de Almería.* Tesis Doctoral, Universidad de Granada. Almería. Bol. San. Veg. Plagas. 30: 563-571.

- ZOEBISCH, T.G. Y D. J. SCHUTER 1987. Longevity and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) exposed to tomato foliage and honeydew in laboratory. Environ. Entomol., 16: 1001-1003.

Tema 11 Control biológico de ácaros en horticultura protegida

*Francisco Ferragut**

1. Arañas rojas: *Tetranychus urticae* Koch; *T. turkestani* Ugarov y Nikolski; *T. evansi* Baker y Pritchard y *T. ludeni* Zacher

1.1. Especies de arañas rojas en cultivos hortícolas

Los ácaros del género *Tetranychus* son conocidos con el nombre de arañas rojas y constituyen algunas de las plagas más importantes de la producción de hortalizas en las zonas cálidas del territorio español, tanto en invernaderos como al aire libre. En estos cultivos se encuentran cuatro especies de aspecto similar, *Tetranychus urticae* Koch, *Tetranychus turkestani* Ugarov y Nikolski, *Tetranychus evansi* Baker y Pritchard y *Tetranychus ludeni* Zacher, que pueden aparecer juntas sobre las plantas y desarrollar poblaciones elevadas en cualquier época del año (Escudero y Ferragut, 1998 y Ferragut y Escudero, 1999). Esta situación es diferente a la de otros países europeos, donde los daños en hortalizas son causados casi exclusivamente por *T. urticae*.

Estas especies se caracterizan por una serie de atributos propios de su biología y distribución geográfica. En primer lugar son, en la mayoría de casos, especies nativas, no introducidas, que probablemente han colonizado los cultivos desde hace muchos años, y que por tanto muestran una gran adaptación, tanto a las condiciones climáticas de la zona como a las prácticas culturales y a la vegetación cultivada o espontánea que les sirve de alimento. En segundo lugar, son capaces de alimentarse y reproducirse sobre una gran variedad de especies vegetales diferentes, de modo que sus poblaciones en las áreas agrícolas son muy dinámicas e inestables. Aprovechando las condiciones climáticas, que en toda el área suele ser favorable, se reproducen activamente durante todo el año, dispersándose de unas plantas a otras con rapidez y eficacia, dando lugar a nuevas colonias que alcanzan un elevado número de individuos en poco tiempo hasta agotar el alimento y dispersarse en busca de nuevas fuentes nutritivas. Finalmente, muestran un comportamiento gregario que favorece la formación de colonias y agregados. Todas estas especies disponen de glándulas para la producción de seda con las que construyen estructuras densas a las que llamamos «tela» y que cubren el espacio físico donde se ubican los miembros de la colonia.

* Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad Politécnica de Valencia.

T. urticae y *T. turkestani* son, por este orden, las especies más frecuentes y abundantes en los cultivos hortícolas y en la vegetación no cultivada presente en las áreas agrícolas. Las dos son conocidas desde que se iniciaron estudios sobre estas plagas y se encuentran en todas las regiones españolas, incluidas las islas Baleares y Canarias y están presentes tanto en las comarcas litorales como en las del interior de la Península. *T. ludeni* es mucho menos común y su área de distribución se limita a las comarcas litorales más cálidas y húmedas. Es más común en la vegetación espontánea que en los cultivos, probablemente por su elevada sensibilidad a los plaguicidas y es, seguramente, una especie introducida de origen tropical y subtropical, aunque se desconoce el momento de su llegada. Por último, *T. evansi* es una especie invasora que se detectó en España en 1995 (Ferragut y Escudero, 1999). Desde entonces se ha extendido con rapidez y actualmente se puede encontrar en las comarcas costeras de todo el litoral Mediterráneo y en las Islas Baleares y Canarias. Tiene preferencia por plantas de la familia de las solanáceas, desarrollándose con rapidez en cultivos de tomate, berenjena y patata al aire libre, aunque es mucha más escasa en invernadero, especialmente si estos son tratados, ya que por el momento es muy sensible a acaricidas y otros plaguicidas. De esta especie cabe destacar dos características. La primera es que es muy común en la vegetación espontánea. Son llamativas sus colonias sobre la hierba mora *Solanum nigrum* L. (Solanaceae), donde desarrolla elevadas poblaciones que llegan a matar la planta (Foto 1), pero es, también, frecuente sobre especies de los géneros *Amaranthus*, *Chenopodium, Convolvulus, Diplotaxis, Lavatera* y *Sonchus*. Sobre todas estas plantas se encuentran huevos e inmaduros a lo largo del año, lo que demuestra que se alimenta y reproduce en estas plantas. Estudios realizados estos últimos años demostraron que en las parcelas de cítricos es la especie de araña roja predominante en las hierbas de la cubierta vegetal (Aucejo *et al*., 2003 y Pascual, 2007). También existen datos que indican que es capaz de competir con y desplazar a la especie nativa *T. urticae* en la vegetación arvense de las áreas agrícolas (Ferragut *et al*., 2007). La segunda característica es que, a diferencia de las otras arañas rojas, no es una presa adecuada para los principales depredadores de las arañas rojas, los ácaros fitoseidos. Es sorprendente la ausencia de fitoseidos en las colonias de *T. evansi*, a pesar de ser abundantes en otras plantas cercanas con otras especies de arañas rojas. Los únicos depredadores que se encuentran habitualmente en estas colonias son larvas del cecidómido *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) y del coccinélido *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae), aunque en pequeño número. Los escasos fitoseidos que se observan en el interior de las colonias muestran una coloración blanquecina, lo que demuestra que no se alimentan de la araña roja, a pesar de que las plantas presentan elevadas poblaciones de

Foto 1. Planta de *Solanum nigrum* afectada por la araña roja del tomate *Tetranychus evansi*. Los ácaros han secado la planta y se disponen en su parte superior formando agregados de numerosos individuos.

la presa. La ausencia de los fitoseidos en el campo confirma que esta araña roja no es una presa adecuada y que cuando los depredadores alcanzan las colonias de *T. evansi* se dispersan rápidamente en busca de otras presas que les permitan expresar todo su potencial biótico con mayor eficacia.

1.2. Características morfológicas y diagnóstico

El aspecto externo de las cuatro especies de arañas rojas es muy parecido. La coloración de los individuos depende de la edad, siendo los más jóvenes de color más claro o casi incoloro y los adultos de color rojizo con tonalidades diferentes, según las especies. Estas especies son distintas genéticamente, sus comportamientos diferentes y no tienen la misma sensibilidad a los plaguicidas ni todas pueden ser controladas por enemigos naturales. Por ello, desde el punto de vista práctico sería ideal poder distinguir

a estas especies en campo por su aspecto externo. Eso permitiría realizar un control más orientado de la plaga, eligiendo los productos más adecuados o los enemigos naturales más eficaces.

Aunque no es un criterio totalmente riguroso desde el punto de vista científico, a nivel práctico las cuatro especies se pueden separar por la coloración de las hembras adultas, el estado de desarrollo de mayor tamaño entre los que forman parte de la población. Por la experiencia, hemos visto que este criterio se cumple en la mayoría de los casos, y puede ser utilizado en campo a la hora de tomar una decisión respecto al control de la plaga.

Las hembras de *T. urticae* son de color marrón rojizo, parecido al de un ladrillo, a veces más intenso y otras más apagado u oscuro, en un tono mate; las de *T. turkestani* son de color miel, acaramelado o incluso grisáceo, en un tono pálido y siempre apagado;

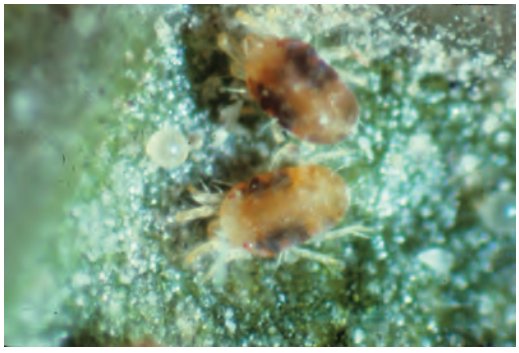


Foto 2. Hembras de la araña roja común *Tetranychus urticae*

Foto 3. Aspecto externo y coloración en la hembra de *Tetranychus turkestani*

Foto 4. Hembra (izquierda) y macho de *Tetranychus ludeni*

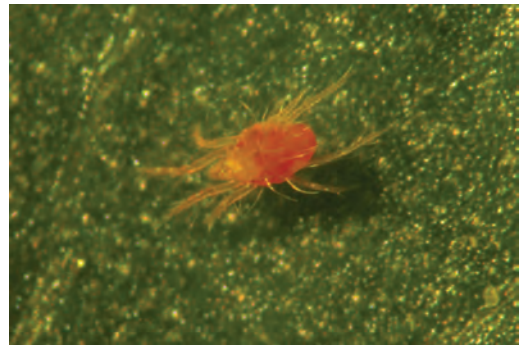


Foto 5. Aspecto externo y coloración de la hembra de T*etranychus evansi*

las de *T. ludeni* de color rojo intenso, un color parecido al que presenta el ácaro rojo *Panonychus citri* en cítricos y las de *T. evansi* de color anaranjado. En comparación a las otras especies esta última tiene el primer par de patas de mayor longitud (Fotos 2-5). Hay que tener en cuenta, también, que en algunos cultivos, como el fresón, es habitual la existencia de individuos de *T. urticae* en diapausa en invierno; es decir, individuos que detienen su actividad reproductiva en esa época. Estas formas se distinguen fácilmente por ser de coloración rojo anaranjada brillante. Generalmente, sólo una parte de la población entra en la zona mediterránea en diapausa, por lo que en las mismas colonias se mezclan individuos de coloración normal con otros de la típica de diapausa.

1.3. Síntomas y daños

Otra posibilidad es distinguir a las especies por los síntomas y daños que producen en las plantas. Aparentemente todas ellas causan un daño similar, decoloraciones difusas que a mayor aumento son, en realidad, pequeñas manchas blanquecinas que corresponden a las células epidérmicas succionadas en las hojas y producción de seda que cubre las colonias. Sin embargo, un estudio más detallado en *T. urticae* y *T. turkestani* en judía ha demostrado que los síntomas son diferentes y pueden utilizarse para diagnosticar la especie que los causa (Soler-Salcedo *et al*., 2006).

Los resultados obtenidos en ese trabajo indican que un número similar de individuos de cada especie, en el mismo periodo de tiempo, da lugar a manifestaciones distintas del daño. Esto es así por la distinta distribución que los ácaros presentan en las hojas. *T. urticae* se distribuye de forma dispersa, no mostrando predilección por ninguna zona concreta de la superficie del haz o el envés. Por este motivo, las picaduras se encuentran repartidas de forma más o menos uniforme por la hoja, o concentradas en los lugares en que se ubica la colonia, pero sin mostrar un patrón que se repita de forma característica. En cambio, *T. turkestani* se localiza preferentemente junto a los nervios de la hoja, bien sean laterales o el nervio central. La alimentación tiene lugar allí y la decoloración se manifiesta a los lados de los nervios. Además, se ha observado que las hojas de judía atacadas por *T. turkestani* se deforman con frecuencia, pudiendo aparecer en el interior de estas deformaciones manchas de color pardo o amarillento. Las deformaciones se producen en los márgenes de las hojas, haciendo que éstas se plieguen y formen estructuras cóncavas que son ocupadas por la colonia y cubiertas con hilos de seda.

Estas deformaciones pueden ser pequeñas o alterar enormemente el desarrollo de la hoja y algunas de ellas se manifiestan en hojas muy pequeñas y con un escaso número de ácaros. Aparentemente, esta especie introduce en la planta con la saliva alguna sustancia que modifica el desarrollo de la hoja, dando lugar a estas alteraciones.

1.4. Control biológico

Generalmente estos ácaros son controlados por medios químicos, lo que representa costes significativos en términos económicos y ecológicos y no siempre se garantiza la supresión de la plaga. Otra alternativa viable es el control biológico mediante liberaciones de ácaros fitoseidos que se distribuyen sobre las plantas, donde se alimentan de la araña roja. Esta técnica de control biológico se ha empleado desde hace décadas en otros países europeos y ha demostrado su eficacia, especialmente en cultivos protegidos sobre *T. urticae* (Scopes, 1985; Van Lenteren y Woets, 1988; Gerson *et al*., 2003 y Zhang, 2003). Sin embargo, existe mucha menos información de la capacidad de los depredadores para controlar a las otras especies de arañas rojas que se encuentran en España.

Los cultivos hortícolas españoles se caracterizan por poseer una fauna rica y, en ocasiones, abundante de fitoseidos, siendo las especies más representativas *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Escudero y Ferragut, 1998). Estos son particularmente comunes en cultivos al aire libre y abundan, también, en la vegetación arvense encontrándose generalmente sobre plantas con colonias de araña roja. Ambas especies son nativas, o al menos conocidas desde siempre en los cultivos españoles y son las mismas que se comercializan para su empleo en sueltas inoculativas en cultivos protegidos (Fotos 6 y 7).

Sería deseable que estos ácaros depredadores fueran capaces de controlar a todas las especies de *Tetranychus*, ya que la presencia de estas plagas en el campo es fácil de detectar, pero nunca se realiza la identificación de la especie responsable de los daños antes de aplicar las medidas de control. En una serie de estudios se ha evaluado la eficacia de estos depredadores sobre cada una de las arañas rojas en condiciones de laboratorio. Los resultados obtenidos indican que ambas especies de fitoseidos son capaces de alimentarse e incrementar su abundancia de forma óptima cuando consumen *T. urticae*, *T. turkestani* y *T. ludeni*, lo que sugiere que pueden ser eficaces, también,

Foto 6. *Phytoseiulus persimilis* capturando una hembra de araña roja

Foto 7. Hembra del fitoseido *Neoseiulus californicus* (izquierda) junto a una hembra de araña roja

en campo. Sin embargo, cuando se alimentan de *T. evansi* su desarrollo es muy lento y la puesta de huevos escasa, lo que justifica su ineficacia en el control de esta plaga en parcelas comerciales (Escudero y Ferragut, 2005 y Escudero *et al*., 2005).

Estos resultados, obtenidos sobre fragmentos de hojas en condiciones controladas y óptimas para los depredadores, se han visto confirmados en ensayos de semicampo realizados sobre plantas enteras en invernadero (Gómez-Moya y Ferragut, 2009). Las Figuras 1 y 2 muestran la respuesta de *N. californicus* y *P. persimilis* cuando son liberados en plantas con *T. urticae* y *T. evansi*.

Los resultados obtenidos son ilustrativos de la eficacia de estos depredadores a distintas dosis de suelta medidas como relación entre el número de depredadores y presas. *P. persimilis* resultó muy eficaz al eliminar completamente las poblaciones de *T. urticae y T. turkestani* en todas las dosis de suelta, reduciendo considerablemente su número a partir de la primera o segunda semana tras la suelta. En cambio, *N. californicus* no es capaz de eliminar completamente estas presas, y solo reduce su número de forma significativa respecto al testigo en la relación 1:4. Las diferencias en eficacia son debidas a la movilidad de los depredadores. Las arañas rojas se desplazan hacia las partes altas de la planta en busca de hojas nuevas. Los fitoseidos siguen a las poblaciones de sus

Figura 1.- Eficacia de los fitoseidos *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en el control de la araña roja *Tetranychus urticae* en plantas de judía. Datos de las relaciones depredador-presa 1:12, 1:8 y 1:4. *T. urticae* ratio = plantas con fitoseidos; *T. urticae* control = plantas sin fitoseidos

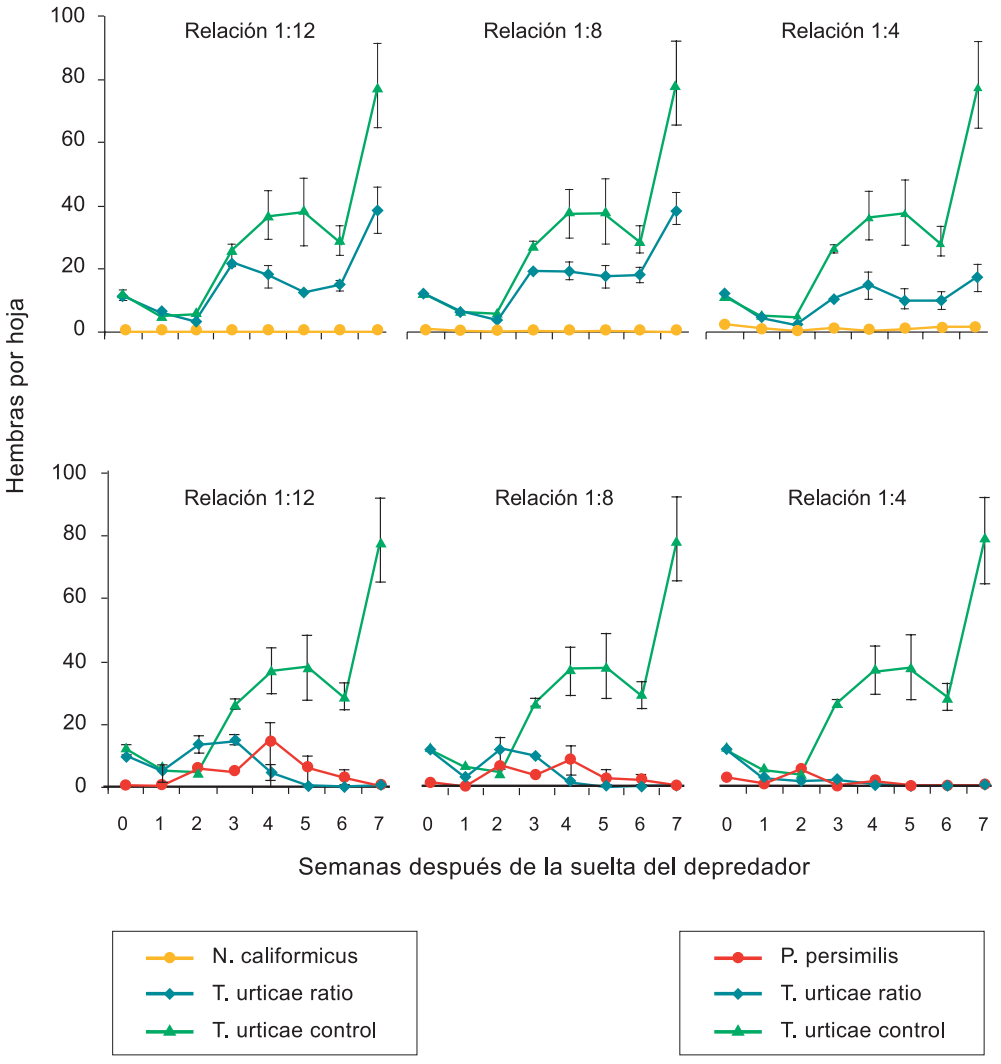
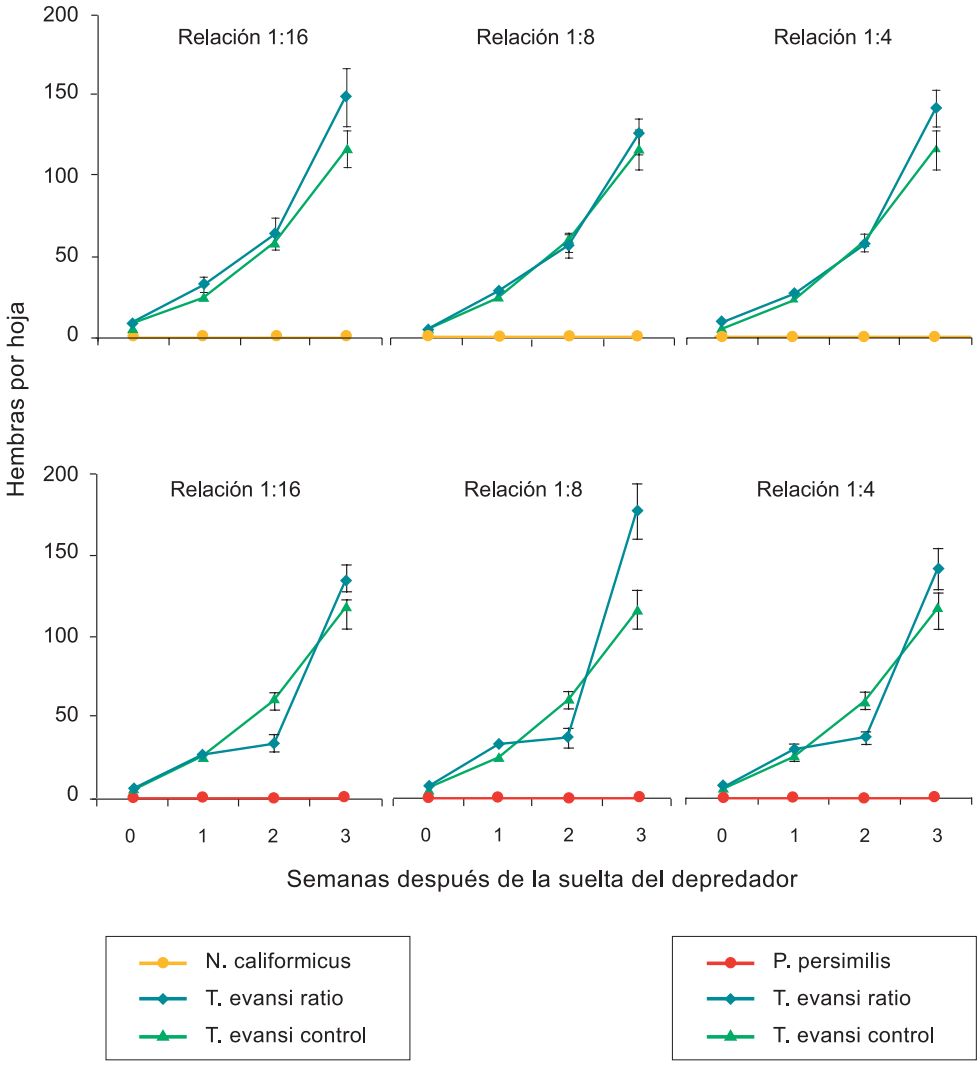


Figura 2.- Eficacia de los fitoseidos *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en el control de la araña roja *Tetranychus evansi* en plantas de patata. Datos de las relaciones depredador-presa 1:16, 1:8 y 1:4. *T. evansi* ratio = plantas con fitoseidos; *T. evansi* control = plantas sin fitoseidos



presas y este comportamiento determina su capacidad para reducir su número o eliminarlas. En este estudio *P. persimilis* se movió con rapidez a la parte superior de la planta, más de la mitad de las hembras ya estaban en este nivel en la tercera semana, mientras que *N. californicus* lo hizo de forma lenta e incompleta, ya que en ese momento entre el 80 y el 100% de las hembras permanecían aún en la parte inferior de las plantas. En plantas de porte bajo, como las hortícolas, la eficacia de estos depredadores depende de su habilidad para distribuirse espacialmente de acuerdo con su presa, agrupándose en las hojas o partes de la planta donde la población de la araña roja es mayor.

Cuando la presa fue *T. evansi* los fitoseidos son incapaces de controlar o reducir sus poblaciones, ya que su abundancia final de los ensayos y en las tres dosis de suelta fue superior a la encontrada en las plantas testigo. Se ha especulado mucho sobre las razones por las que *T. evansi* no es una presa adecuada para los fitoseidos que se utilizan en el control biológico de *T. urticae*. Ya en los años 80 Moraes y McMurtry (1986) sugirieron que esta presa debe contener alguna sustancia con efecto inhibidor de la alimentación de los fitoseidos. Recientemente, Koller *et al*. (2007) han lanzado la hipótesis de que la relación *T. evansi*-fitoseidos está condicionada por la planta que consume la araña roja. Sus experiencias con *N. californicus* demuestran que el fitoseido es afectado negativamente cuando se alimenta de *T. evansi* criado sobre tomate, pero no sobre judía. Aparentemente, esta araña roja acumula en su interior sustancias tóxicas sintetizadas por el tomate y otras solanáceas que afectan a sus depredadores.

En los últimos años *T. evansi* se ha extendido por los países de la cuenca Mediterránea y existe el temor de que pueda llegar a las producciones hortícolas de invernadero del centro y norte de Europa, donde las arañas rojas son mayoritariamente controladas con fitoseidos. Resultados prometedores para el control biológico de *T. evansi* se han obtenido recientemente con el descubrimiento de una población del fitoseido *Phytoseiulus longipes* Evans en el sur de Brasil que se alimenta de *T. evansi* en solanáceas (Furtado *et al*., 2007). Los primeros estudios indican que su desarrollo y fecundidad es muy elevada al alimentarse de *T. evansi* sobre tomate, lo que permitiría su utilización como agente de control biológico en Europa y África (Furtado *et al*., 2007y Ferrero *et al*., 2007).

1.5. Utilización practica de los fitoseidos en el control biológico de las arañas rojas

De lo comentado en los puntos anteriores se deduce que los fitoseidos comercializados para el control de araña roja en cultivos hortícolas son eficaces contra *T. urticae*, *T. turkestani* y *T. ludeni*, pero no contra *T. evansi*. Por el momento no existe ningún fitoseido producido y comercializado que sea eficaz para esta plaga.

En el caso de las restantes especies de araña roja, el control biológico está basado en la suelta de los fitoseidos *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* (éste último comercializado por diferentes empresas productoras con el nombre de *Amblyseius californicus*). Estos dos depredadores tienen características y comportamientos depredadores diferentes y, en ocasiones, se recomienda su liberación conjunta, a fin de aprovechar las ventajas de cada uno de ellos. *P. persimilis* se alimenta exclusivamente de arañas rojas, tiene mayor tamaño y su capacidad de consumo de presas es alto en comparación a *N. californicus*. Por su parte, *N. californicus* puede alimentarse de otros ácaros diferentes a la araña roja, de pequeños insectos e incluso de polen, su tamaño y movilidad son menores y su capacidad de consumo diario de presas inferior a la de *P. persimilis*. Como consecuencia de esto, *N. californicus* puede introducirse de forma preventiva en los cultivos, antes de la aparición de la araña roja o cuando ésta se encuentra a niveles muy bajos. Las sueltas de *P. persimilis* solo se hacen en presencia de la plaga, liberándose este depredador sólo o junto a *N. californicus* o el cecidómido *Feltiella acarisuga*, especialmente cuando las poblaciones de araña roja ya son importantes. En general, la liberación conjunta de estos depredadores pretende aprovechar sus características para un mejor control de la plaga, *P. persimilis* es más voraz y su capacidad de crecimiento mayor, por lo que produce un efecto de choque; *N. californicus*, en cambio, es capaz de mantenerse en las plantas un mayor tiempo, a densidades de la plaga muy bajas, lo que garantiza un control más duradero de ésta. Además, *N. californicus* es más tolerante a algunos plaguicidas y resiste mejor que *P. persimilis* condiciones ambientales de temperaturas altas y humedad baja.

2. Araña blanca de invernaderos: *Polyphagotarsonemus latus* (Banks)

Esta especie es conocida con el nombre de araña blanca de invernaderos y es una plaga muy importante a nivel mundial, especialmente en regiones tropicales, donde afecta a numerosos cultivos, como algodón, té, cítricos, solanáceas cultivadas y muchas ornamentales. El ácaro ataca órganos vegetales jóvenes y generalmente se localiza en el envés de las hojas, cuyos bordes se vuelven rígidos y deforman a consecuencia de su actividad alimenticia. En nuestra región afecta a diversos cultivos, especialmente al pimiento. En plantas de pimiento produce debilidad y un escaso desarrollo debido a la continua producción de brotes y botones florales que son afectados por el ácaro. Los síntomas son muy característicos y consisten en deformaciones, enrollamientos y necrosis de las hojas jóvenes, que llegan a secarse en caso de fuertes ataques.

Distribuido en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo es común al aire libre en cultivos mediterráneos y en invernaderos en regiones templadas de clima más frio. Como su nombre genérico indica es una especie muy polífaga que ha sido citada en más de 90 familias de plantas. En España puede encontrarse en varios cultivos hortícolas, entre los que destaca el pimiento, tomate, berenjena y pepino, siendo también una especie plaga en cultivos florales y ornamentales y también ocasionalmente en los cítricos, donde afecta, sobre todo, a plantones en los que, además de los síntomas citados, puede también producir gemación múltiple.

2.1. Aspecto físico y comportamiento dispersivo

La araña blanca es de tamaño pequeño y difícil de detectar en campo. Su tamaño se sitúa entre el de las arañas rojas, considerablemente más voluminosas, y los eriófidos, todavía más pequeños. Para su correcta observación es necesario el uso de un cuentahílos de calidad o de lupas binoculares. La coloración es variable dependiendo de la planta donde se alimenta, pero generalmente es blanquecina, ámbar o verdosa. Los huevos son de forma oval, alargados y trasparentes y los machos, algo más pequeños que las hembras, trasportan a las ninfas hembras sobre su cuerpo hasta que estas completan su desarrollo y pueden realizar la cópula.

Hace algunos años se demostró que la dispersión de la araña blanca se realiza por medio de insectos que actúan como vectores al trasportar al ácaro en sus patas o sobre su cuerpo. La especie más implicada en la distribución del ácaro en las zonas de cultivo es la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius), por lo que una vez la araña blanca entra en un invernadero con mosca blanca puede extenderse rápidamente y producir un daño importante. Todas las medidas de control que resulten eficaces contra la mosca blanca favorecen, también, bajos niveles poblacionales de *P. latus*.

2.2. Control biológico

Para el control de esta plaga se dispone de varios acaricidas e insecticidas con acción acaricida. Además, en algunos países se aplican tratamientos con agua caliente a 43-49 ºC mojando bien las plantas durante varios minutos para eliminar las poblaciones del ácaro.

La búsqueda de enemigos naturales eficaces de la araña blanca se inició hace algunos años buscando fitoseidos que garantizaran su control en cultivos de invernadero. Las especies más prometedoras para su utilización son las del género *Neoseiulus*, especialmente *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) y *N. californicus*. En estudios realizados en Israel *N. cucumeris* controló de forma eficaz a la araña blanca en dos variedades de pimiento en invernadero, siendo su efecto similar al producido por tratamientos con azufre (Weintraub *et al*., 2003). También *N. californicus* ha demostrado su habilidad para reducir poblaciones de la araña blanca en cultivos comerciales. Castagnoli y Falchini (1993) observaron que este fitoseido es capaz de alimentarse, desarrollarse y reproducirse con una dieta exclusiva de *P. latus*. Cuando se alimenta de la araña blanca su velocidad de desarrollo es similar a cuando come araña roja y su capacidad de crecimiento poblacional, aunque algo menor, es suficiente para incrementar su abundancia en poco tiempo.

A nivel práctico, *N. californicus* es comercializado por algunas empresas para su utilización contra la araña blanca en cultivos protegidos. Asimismo, *N. cucumeris* e, incluso, *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot empleado sobre todo como agente de control biológico de moscas blancas y trips, pueden realizar un buen control de *P. latus*.

3. Eriófidos del tomate*: Aculops lycopersici* (Massee) *y Aceria lycopersici* (Wolffenstein)

El cultivo de tomate cuenta en España y en otros países productores con dos especies de eriófidos que son difíciles de distinguir en campo y que pueden afectar seriamente el vigor de las plantas y la producción. Una de ellas es conocida desde hace muchos años por los productores, ya que fue citada en España en los años 40 del siglo pasado. Se trata de *Aculops lycopersici* (Massee), conocido también como «vasates», porque anteriormente esta especie estaba incluida en el género *Vasates*. La otra es *Aceria lycopersici* (Wolffenstein), mucho menos conocida y extendida que la anterior, pero que también se encuentra ampliamente distribuida por toda la Península y las Islas Canarias, aunque frecuentemente es confundida en campo con *Aculops lycopersici*.

Aculops lycopersici es una plaga común del tomate en todo el mundo que en los últimos años ha incrementado sus daños en muchos países europeos. Se desarrolla preferentemente sobre plantas de la familia de las solanáceas, tanto cultivadas como espontáneas y es muy polífaga, característica que no es muy común entre los eriófidos. También, a diferencia de otros eriófidos, es de vida libre (no vive protegido en agallas o erineas) y es tolerante a bajas humedades relativas, por debajo del 50%, por lo que los mayores daños se producen en verano, cuando las condiciones de altas temperaturas y baja humedad son más favorables para su desarrollo.

Los daños son, también, muy característicos. El daño empieza en la parte baja de las plantas, las hojas inferiores se curvan y adquieren un tono plateado. Luego se vuelven más oscuras y con aspecto de pergamino. Las poblaciones aumentan y ascienden a la parte superior de la planta afectando también a las hojas superiores. Los tallos se vuelven de color marrón y su superficie se agrieta longitudinalmente, tomando un aspecto característico. Si el daño continúa se produce una defoliación que afecta a la producción de frutos.

Estudios de dinámica poblacional realizados en cultivos de tomate de la Ribera de Navarra indican que las infestaciones en esa zona se inician a finales de abril o principios de mayo. A partir de ese momento las poblaciones crecen hasta alcanzar los valores más elevados al final del cultivo, hacia el final de julio o principio de agosto (García-González, 2003).

Aceria lycopersici es, también, una especie polífaga que se alimenta preferentemente de solanáceas cultivadas y silvestres. Es un ácaro común en regiones tropicales y se encuentra en invernaderos en zonas templadas. En el tomate produce hipertrofia de pelos en tallos y hojas, síntoma que se conoce con el nombre de eríneas. Los ácaros se encuentran entre la masa de pelos protegidos de los depredadores y en unas condiciones climáticas más favorables para su desarrollo. Por tanto, el síntoma producido por esta especie es claramente distinto del daño de *Aculops*. Las eríneas en tallos y hojas proporcionan a la planta un aspecto plateado y blanquecino, por lo que este ácaro ha sido popularmente denominado con el nombre de «ceniza».

García-González (2003) ha discutido el efecto de tratamientos de azufre sobre las dos especies. Aparentemente, *Aculops* y *Aceria* compiten cuando se encuentran sobre las mismas plantas, siendo la primera especie un competidor superior y por tanto más abundante en el cultivo. Los tratamientos con azufre podrían alterar esta relación. Las poblaciones de *Aceria lycopersici* parecen recuperarse antes del tratamiento que las de *Aculops lycopersici*, siendo predominantes durante un tiempo, hasta que las de *Aculops* se van recuperando, a su vez, y vuelven a ser mayoritarias.

3.1. Separación microscópica de *Aculops* y *Aceria*

Los eriófidos son los artrópodos más pequeños que se conocen y, desde luego, los ácaros más pequeños que viven en los cultivos hortícolas, siendo su longitud de 150 a 200 micrómetros (0,15 – 0,20 mm). Por este motivo su detección, reconocimiento y diagnóstico es difícil y generalmente precisa de una preparación previa y una observación microscópica. Sin embargo, la separación entre *Aculops* y *Aceria lycopersici* puede hacerse con una sencilla preparación entre porta y cubreobjetos y observación con un microscopio. Los eriófidos tienen el cuerpo alargado y cubierto de anillos transversales. En *Aculops lycopersici* la parte dorsal y ventral de los anillos es diferente. En la parte dorsal del ácaro los anillos (terguitos) son gruesos, de modo que tiene sólo 27 terguitos, mientras que en la parte ventral

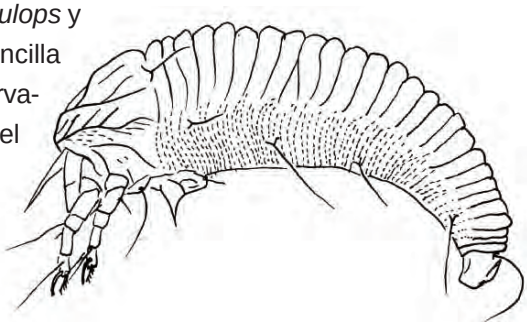
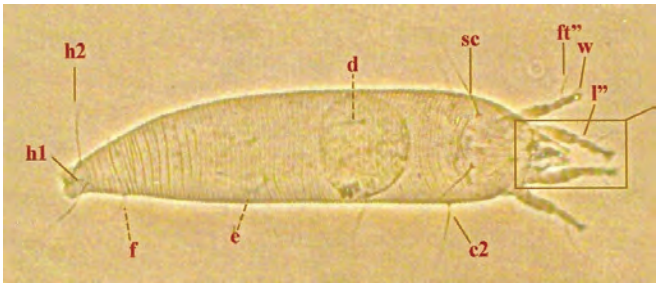


Figura 3. Aspecto externo del eriófido A*culops lycopersici*

Foto 8.
Aspecto externo de *Aceria lycopersici*
(foto de María Lourdes Moraza)



los anillos (esternitos) son delgados, por lo que tiene alrededor de 60 esternitos (Figura 3). En cambio, en *Aceria lycopersici*, los anillos transversales tienen el mismo grosor en la parte dorsal y ventral del cuerpo, por lo que el aspecto del ácaro es diferente (Foto 8).

3.2. Posibilidades de control biológico

Se conocen algunos depredadores de los eriófidos del tomate, sobre todo de *Aculops lycopersici*; sin embargo, ninguna especie está disponible en estos momentos para su utilización en parcelas comerciales. Se han realizado estudios para conocer la eficacia de varias especies de fitoseidos. Algunas se alimentan de la plaga, pero no pueden completar o alcanzar el estado adulto, o no realizan la puesta de huevos cuando se alimentan sólo de esta presa. Únicamente *Neoseiulus fallacis* (Garman) parece ser un buen agente de control biológico con posibilidades de dar buenos resultados en cultivos comerciales (Zhang, 2003).

En la comarca de la Ribera navarra *Aculops lycopersici* está asociado al tideido *Homeopronematus anconai* (Baker) un ácaro depredador al que García-González (2003) considera un buen agente de control biológico de la plaga, aunque estudios de laboratorio han demostrado que no puede completar su desarrollo cuando se alimenta exclusivamente de *Aculops* (Zhang, 2003). Los tratamientos con azufre resultan muy tóxicos para este depredador.

4. Desafíos a corto plazo

La investigación básica realizada sobre los ácaros plaga de cultivos hortícolas protegidos y sus depredadores ha avanzado mucho en los últimos años y los resultados se han manifestado en un mejor conocimiento del comportamiento de estos enemigos naturales y de su eficacia práctica. Sin embargo, todavía quedan pendientes algunas cuestiones que merecerán una atención y un esfuerzo especial a corto plazo. Estas son algunas de ellas.

La distribución, preferencias alimenticias e importancia económica de algunas plagas no son todavía bien conocidas. Es el caso de las especies de arañas rojas, ya que en estos momentos no se conoce con detalle las plantas hospedantes de cada una de ellas, su preferencia por cultivos o los daños que cada una de ellas ocasiona. Tampoco se conoce bien la extensión e impacto económico de *T. evansi*, aunque las observaciones realizadas hasta ahora sugieren que no es un problema importante en cultivos de invernadero. Asimismo, la presencia e importancia de *Aceria lycopersici* no está suficientemente establecida, ya que a menudo pasa desapercibida o se confunde con el otro eriófido del tomate.

El control biológico de ácaros en tomate está lejos de ser una cuestión resuelta. El tomate, como otras solanáceas, produce compuestos tóxicos para defenderse de los fitófagos que lo atacan y también cuenta con estructuras defensivas en hojas y tallos en forma de pelos agudos y glandulares que producen sustancias pegajosas o tóxicas. Estas barreras defensivas frente a los fitófagos afectan, también, a los enemigos naturales que, en estas condiciones, no pueden ejercer su función de control. Es el caso de los depredadores de araña roja, como *P. persimilis*, de la que existe una raza especial comercializada adaptada al tomate, o de *Amblyseius swirskii*, muy eficaz en el control de moscas blancas y trips en otros cultivos, pero que no llega a establecerse en tomate. Es necesario realizar una búsqueda de otros depredadores que vivan en solanáceas y que, por tanto, se encuentren bien adaptados a desarrollarse en este medio. El control biológico de los eriófidos del tomate es, también, un problema pendiente de resolver, ya que en estos momentos no hay posibilidades para su control por depredadores.

Por último, queda pendiente la elaboración a nivel internacional de un protocolo de evaluación de impacto ambiental para la introducción de ácaros depredadores exóticos en nuestros cultivos. Esta es una exigencia de las normativas europeas que, en un plazo breve de tiempo, solicitaran la realización de una serie de pruebas que garanticen que depredadores exóticos que sean introducidos o liberados en los cultivos no van a ocasio-

nar problemas medioambientales; como, por ejemplo, la depredación sobre especies nativas o la invasión de ecosistemas naturales, como los ocurridos recientemente en Norteamérica y Europa en el caso de la mariquita depredadora de pulgones *Harmonia axyridis* (Pallas).

5. Bibliografía

- AUCEJO, S.; FOO, M.; GIMENO, E.; GÓMEZ-CADENAS, A.; MONFORT, R.; OBIOL, F.; PRADOS, E.; RAMIS, M.; RIPOLLÉS, J. L.; TIRADO, V.; ZARAGOZÁ, L.; JACAS, J. y MARTÍNEZ-FERRER, M. T. (2003): "Management of *Tetranychus urticae* in citrus in Spain: acarofauna associated to weeds"; en *IOBC Bull., Integrated Control in Citrus Crops*, vol. 26 (6); pp. 213-220.

- CASTAGNOLI, M. y FALCHINI, L. (1993): "Suitability of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) as prey for *Amblyseius californicus* (McGregor) (Acari Phytoseiidae)"; en *Redia* (76); pp. 273-279.

- ESCUDERO, L. A. y FERRAGUT, F. (1998): "Comunidades de ácaros del ecosistema hortícola mediterráneo: composición y distribución geográfica"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (24); pp. 749-762.

- ESCUDERO, L. A. y FERRAGUT, F. (2005): "Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae)"; en *Biol. Control* (32); pp. 378-384.

- ESCUDERO, L. A.; BALDÓ-GOSÁLVEZ, M. y FERRAGUT, F. (2005): "Eficacia de los fitoseidos como depredadores de las arañas rojas de cultivos hortícolas *Tetranychus urticae, T. turkestani, T. ludeni* y *T. evansi* (Acari: Tetranychidae)"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (31); pp. 377-383.

- FERRAGUT, F. y ESCUDERO, L. A. (1999): "*Tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae), una nueva araña roja en los cultivos hortícolas españoles"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (25); pp. 157-164.

- FERRAGUT, F.; GARZÓN-LUQUE, E. y ESCUDERO, A. (2007): "Changes in a spider mite community after the introduction of the invasive pest *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae)"; en *Proceedings XVI International Plant Protection Congress*. Vol. 2; pp. 554-555.

- FERRERO, M.; MORAES DE, G. J.; KREITER, S.; TIXIER, M. S. y KNAPP, M. (2007): "Life tables of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* feeding on *Tetranychus evansi* at four temperatures (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)"; en *Exp. & Applied Acarology* (41); pp. 45-53.

- FURTADO, I. P.; MORAES DE, G. J.; KREITER, S.; TIXIER, M. S. y KNAPP, M. (2007): "Potential of a Brazilian population of the predatory mite *Phytoseiulus longipes* as a biological control agent of *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)"; en *Exp. & Applied Acarology* (42); pp. 139-147.

- GARCÍA-GONZÁLEZ, S. (2003): *Catalogación, biología y ecología de los artrópodos asociados al cultivo de tomate en la Ribera Navarra*. Tesis Doctoral, Universidad de Navarra.

- GERSON, U.; SMILEY, R. L. y OCHOA, R. (2003): *Mites (Acari) for pest control*. Oxford, Blackwell.

- GÓMEZ-MOYA, C. A. y FERRAGUT, F. (2009): "Distribución en la planta y eficacia de *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) en el control de las arañas rojas de cultivos hortícolas en condiciones de semicampo"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (aceptado para publicación).

- KOLLER, M.; KNAPP, M. y SCHAUSBERGER, P. (2007): "Direct and indirect adverse effects of tomato on the predatory mite *Neoseiulus californicus* feeding on the spider mite *Tetranychus evansi"*; en *Entomol. Exp. et Appl*. 125 (3); pp. 297-305.

- LENTEREN, J. C. y WOETS, J. (1988): "Biological and integrated pest control in greenhouses"; en *Ann. Rev. Entomol*. (33); pp. 239-269.

- MORAES, G. J. y MCMURTRY, J. A. (1986): "Suitability of the spider mite *Tetranychus evansi* as prey for *Phytoseiulus persimilis*"; en *Entomol. Exp. et Appl.* (40); pp. 109-115.

- PASCUAL, A. (2007): *Acarofauna de los cítricos en Alicante. Dinámica espacial y temporal de la araña roja Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae).* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

- SCOPES, N. E. (1985): "Red spider mite and the predator *Phytoseiulus persimilis*"; en HUSSEY, N. W. y SCOPES, N., eds.: *Biological pest control. The glasshouse experience.* Poole, Blandford Press; pp: 43-52.

- SOLER-SALCEDO, E.; RODRIGO, E. y FERRAGUT, F. (2006): "Colonización, comportamiento alimenticio y producción de daños en las arañas rojas *Tetranychus urticae* y *T. turkestani* (Acari, Tetranychidae)"; en *Bol. San. Veg. Plagas* (32); pp. 523-534.

- WEINTRAUB, P. G.; KLEITMAN, S.; MORI, R.; SHAPIRA, N. y PALEVSKY, E. (2003): "Control of the broad mite (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)) on organic greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum*, L) with the predatory mite *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans)"; en *Biol. Control* (27); pp. 300-309.

- ZHANG, Z. Q. (2003): *Mites of greenhouses: identification, biology and control*. Wallingford, CABI Publishing.

Tema 12

Artrópodos depredadores en agroecosistemas de Almería

*Marta Goula y Luis Mata**

1. Introducción

Almería es el principal exportador de hortalizas extratempranas (Rodríguez-Rodríguez, 1988), lo que da a la zona características especiales en cuanto los ciclos de cultivo. La implementación del control biológico en Almería ha sido más difícil que en otras zonas porque el cultivo principal (pimiento, del que Almería produce alrededor del 50% del total de España según INE, 2009 y Junta, 2009) se inicia en verano, de modo que las plantas pequeñas tienen que soportar una gran presión por parte de las plagas. Otros elementos desfavorables de la zona a tener en cuenta son la proximidad de los invernaderos y el solapamiento de los distintos cultivos (Blom, 2008a). Por otra parte, la implementación del control biológico depende, entre otros (Castañé, 2002), de la creciente demanda de un producto libre de residuos fitosanitarios, la creciente ineficacia de los tratamientos con productos químicos de síntesis, y la mejora en el establecimiento de protocolos técnicos. El cambio de estrategia en el control de plagas en las zonas de cultivo protegido del Sur de España se ha visto propiciado por todas estas razones y por el deseo de los agricultores de adoptar métodos de control más apropiados (Sánchez *et al*., 2000). Por todas estas razones, para la campaña 2007-2008, se estima que el control biológico ha alcanzado el 36% de los cultivos de Almería de promedio, siendo en particular del 90% en pimiento, 27% en berenjena y 15-20% en tomate-pepino (Blom, 2008a), y se prevé que la implementación vaya en aumento en años sucesivos. El interés del Departamento de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía por el control biológico se ve reflejada en su página web. A través de la Red de Alertas e Informaciones Fitosanitarias (RAIF, 2009), se puede conocer la información sobre el estado fitosanitario de los distintos cultivos y las plagas que los atacan, así como los auxiliares más apropiados para cada uno de ellos y las plagas que los atacan. Las estrategias se resumen en los correspondientes informes, siendo el último disponible el de González García (2009) relativo a los cultivos almerienses de pimiento, tomate, pepino, berenjena, judía, melón y sandía.

* Departamento de Biologia Animal. Facultad de Biologia de la Universidad de Barcelona.

El objetivo de este trabajo es recopilar las especies depredadoras presentes en los agroecosistemas almerienses y flora adyacente, así como los huéspedes vegetales en los que viven, para conocer cuál es la biodiversidad de estos auxiliares y su uso potencial.

2. Artrópodos depredadores de plagas en España

Los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España se comentan en Urbaneja *et al*. (2005) y Jacas *et al*. (2008). Según estos últimos autores, se trata de 7 órdenes y 25 familias de insectos, y 2 órdenes y 13 familias de arácnidos (Jacas *et al*., 2008; Tabla 4.1., p. 44). En las dos publicaciones mencionadas se comentan con detalle las características biológicas, las limitaciones en el uso, y las estrategias de control biológico para estos depredadores. En Jacas y Urbaneja (2008), se recopilan los depredadores exóticos introducidos en España (Tabla 1.2, p. 11) y los grupos de invertebrados depredadores importantes en nuestros agroecosistemas (Tabla 2.1, p. 17, con indicación de géneros y especies). Albajes y Alomar (2008) reflexionan sobre aspectos relacionados con la ecología de los enemigos naturales en general, aplicables a los depredadores en particular, como son el control biológico a escala de paisaje (metapoblaciones y refugios), la omnivoría, la depredación intragremial, o el riesgo de impacto al introducir enemigos naturales en los agroecosistema.

2.1. Artrópodos depredadores de plagas en Almería

La información para al elaboración de este trabajo se ha obtenido en primer lugar del inventario de artrópodos presentes en agroecosistemas almerienses (Rodríguez-Rodríguez, 1988). En esta publicación se incluyeron artrópodos útiles y perjudiciales capturados en cultivos hortícolas, ornamentales o en flora silvestre adyacente. Esta lista base se completa con las aportaciones relativas a agroecosistemas almerienses: Urbaneja *et al*. (2001) con referencia a *Creontiades pallidus*, Rodríguez-Rodríguez y Aguilera-Lirola (2002) con referencia a la «mosca trigre» *Coenosia attenuata*, Lara y Urbaneja (2002) con respecto al díptero sírfido *Episyrphus balteatus*, el díptero cecidómido *Aphidoletes aphidimidyza* y el ácaro fitoseido *Neoseiulus cucumeris* Rodríguez-Rodríguez y Gómez-Ramos (2005) con

respecto a cuatro especies de dípteros hibótidos, Calvo *et al*. (2006) con respecto al fitoseido *Amblyseius swirskii*, y González-García (2009) con referencia a los depredadores utilizados en pimiento, tomate, pepino, berenjena, judía, melón y sandía.

El estudio realizado por los presentes autores de 62 muestras y unos 400 ejemplares de heterópteros recolectadas quincenalmente entre noviembre de 2003 y diciembre de 2006 en parcelas comerciales de cultivos hortícolas (tomate, pimiento, berenjena, calabacín, pepino, sandia, melón y judía) y vegetación asociada a los mismos, en diversos municipios de la provincia de Almería, como parte de un proyecto desarrollado por el CIFA La Mojonera (actual IFAPA), permite añadir los heterópteros míridos *Dicyphus hyalinipennis* (Burmeister, 1835) y *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839) y el heteróptero ligeido *Geocoris megacephalus* (Rossi, 1970).

Con todos estos documentos, en la Tabla 1 se consignan los huéspedes vegetales donde estos depredadores han sido citados en Almería. Como se puede ver, en total se recopilan 34 especies o géneros: 7 ácaros, 3 tisanópteros, 8 heterópteros, 7 dípteros, 2 neurópteros, 7 coleópteros, y una familia de himenópteros. La presencia en los cultivos y la importancia en el control biológico de plagas son muy distintas de unas especies a otras. A continuación se hacen algunos comentarios de los 9 depredadores reseñados en González-García (2009), que entendemos que son los más abundantes, frecuentes y útiles: los ácaros *Amblyseius swirskii*, *Amblyseius andersoni*, *Neoseiulus cucumeris*, *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis*; los heterópteros *Nesidiocoris tenuis* y *Orius laevigatus*; el neuróptero *Chrysoperla carnea*; y el díptero *Coenosia attenuata*. Sin embargo, queremos dedicar también algún comentario a los restantes depredadores reseñados en la Tabla 1, que en algunos casos son de gran importancia como agentes controladores de plagas en otras regiones hortícolas.

Nicoli y Burgio (1997) hacen un repaso de la importancia de la biodiversidad mediterránea y sus especies de interés como auxiliares en cultivos protegidos incluso más allá de su área geográfica nativa. Muchos de los comentarios que siguen proceden de los trabajos recopilatorios de Urbaneja *et al*. (2005) y Jacas *et al*. (2008).

Tabla 1.
Principales artrópodos depredadores en los agroecosistemas almerienses

			Cheliceromorpha							Hexapoda																											
			Acari							Thysanoptera			Hemiptera								Diptera							Neuroptera		Coleoptera							Hymenoptera
			Argestidae	Phytoseiidae						Aeolothripidae		Thripidae	Anthocoridae		Miridae					Lygaeidae	Cecidomyiidae	Hybotidae				Muscidae	Syrphidae	Chrysopidae		Carabidae			Coccinellidae				Formicidae
			Agistemus cyprius Gonzalez	*Amblyseius andersonii* (Chant)	*Amblyseius swirskii* Athias-Henriot	*Euseius stipulatus* (Athias-Henriot)	*Neoseiulus californicus* (McGregor)	*Neoseiulus cucumeris* (Oudemans)	*Phythoseiulus persimilis* Athias-Henriot	*Aeolothrips intermedius* Bagnall	*Aeolothrips tenuicornis* Bagnall	*Scolothrips longicornis* Priesner	*Orius albidipennis* (Reuter)	*Orius laevigatus* (Fieber)	*Creontiades pallidus* (Rambur)	*Deraeocoris serenus* (Douglas & Scott)	*Dicyphus hyalinipennis* (Burmesiter)	*Macrolophus pygmaeus* (Rambur)	*Nesidiocoris tenuis* (Reuter)	*Geocoris megacephalus* (Rossi)	*Aphidoletes aphidimyza* (Rondani)	*Platypalpus cf. annulitarsis* Kovaler	*Platypalpus morgei* Chvála	*Platypalpus ostiorum* (Becker)	*Platypalpus pallidiventris* (Meigen)	*Coenosia atenuata* Stein	*Episyrphus balteatus* (De Geer)	*Chrysoperla carnea* (Stephens)	*Chrysopa formosa* Brauer	*Amara fulva* (Mueller)	*Lionychus albonotatus* (Dejean)	*Syntomus fuscomaculatus* (Motschulsky)	*Coccinella septempunctata* L.	*Hippodamia variegata* (Goeze)	*Scymnus sp.*	*Stethorus sp.*	
Asteraceae	*Chrysanthemum sp.*	Crisantemo									1																										
Asteraceae	Varias spp.	Cardos									1																										
Caryophyllaceae	*Dianthus sp.*	Clavel											1																								
Caricaceae	*Carica papaya* L.	Papaya					1					1																									
Cucurbitaceae	*Citrullus lanatus* (Thunberg.)	Sandía			7		7		1, 7										7							3, 7		1					1	1			
Cucurbitaceae	*Cucumis melo* L.	Melón			6, 7														7							7			1								1
Cucurbitaceae	*Cucumis sativus* L.	Pepino			6, 7			7	7				1	7					7																		
Cucurbitaceae	*Cucurbita pepo* L.	Calabacín															8		8					5					1								
Cucurbitaceae	*Cucurbita maxima* Duchesne	Calabaza																	8																		
Fabaceae	*Phaseolus vulgaris* L.	Judía			6, 7		1		7				1	1		1, 8						5		5		3		1							1		
Fabaceae	*Pisum sativum* L.	Guisante																								3											
Fabaceae	*Vicia faba* L.	Haba																					5	5													
Geraniaceae	*Pelargonium zonale* (L.)	Geranio											8																								
Lamiaceae	*Vitex agnus-castus* L.	Pimiento de los Monjes												8																							
Lamiaceae	*Mentha sp.*	Menta												8						8																	
Malvaceae	*Malva sp.*	Malva																						5													
Marantaceae	*Calathea sp.*	Maranta	1																																		
Moraceae	*Ficus retusa* L.	Laurel de Indias					1					1																									
Pittosporaceae	*Pittosporum tobira* (Thunberg)	Pitósporo												8																							
Rosaceae	*Prunus persica* (L.)	Melocotonero									1																										
Rosaceae	*Rosa sp.*	Rosal								1				1														1	1								

(1) Rodriguez, (1988)
(2) Urbaneja *et al.*, (2001)
(3) Rodriguez y Aguilera. (2002)
(4) Lara & Urbaneja, (2002)
(5) Rodriguez *et al.*, (2005)
(6) Calvo *et al.*, (2007)
(7) González Garcia, (2009)
(8) Este trabajo (datos inéditos hasta la fecha)

2.1.1. Ácaros

La información que se presenta a continuación se ha extraído de Abad-Moyano *et al.* (2008) y de la Red de Alertas e Información Fitosanitarias (RAIF, 2009). Las especies más frecuentes y eficaces en Almería pertenecen todas a la familia de los fitoseidos, y en McMurtry y Croft (1997) se encuentra una completa información sobre esta familia. Como ocurre con otros ácaros, la distinción entre especies no se puede realizar a simple vista, y requiere el estudio microscópico de la espermateca y la placa ventrianal de la hembra. Los ácaros pueden ser depredadores polífagos, alimentándose de tetraníquidos, huevos y larvas de trips, cochinillas y moscas blancas, aunque los hay también muy específicos (Jacas *et al*., 2008). Pueden alimentarse también de néctar, lo que influye en el establecimiento y permanencia de sus poblaciones en la planta huésped. La revisión de Gerson y Weintraub (2007) da detalles sobre las especies principales de ácaros depredadores en cultivos protegidos, sus presas y los cultivos en que se encuentran, así como comentarios sobre su interacción con otros auxiliares, o la influencia de las nuevas tecnologías.

Amblyseius swirskii Athias-Henriot. Depreda diversas especies de trips, así como huevos y larvas de *T. vaporariorum* y *B. tacaci*, y la araña blanca *Polyphagotarsonemus latus* (Blom, 2008b). Su temperatura óptima está entre los 25 y los 28 ºC, y por debajo de los 15 ºC se muestra inactivo. Es un auxiliar de gran eficacia en diversos cultivos hortícolas (berenjena, pimiento, pepino, melón, judía) y ornamentales, donde ha mostrado ser capaz de contribuir significativamente al control de *B. tabaci* (Calvo y Belda, 2007), o ácaros (Castañé *et al.*, 2008). Con respecto a trips, su acción debe combinarse con la de *Orius laevigatus* (Calvo y Belda, 2007), y con respecto a la mosca blanca, es complementaria con la de *Eretmocerus mundus* (Belda y Calvo, 2006). Puede comer polen. Por el amplio espectro de presas sobre las que depreda, incluyendo el trips *F. occidentalis* (Houten *et al*., 2005) y el de cultivos en que puede vivir, *A. swirskii* es un agente de control biológico totalmente polivalente (Calvo y Belda, 2007), que por su polenofagia puede introducirse preventivamente en los cultivos (Calvo *et al*., 2006).

Amblyseius andersonii (Chant). Especie generalista (depreda sobre araña roja, araña blanca, vasates, trips, eriófidos, etc.) con capacidad de desarrollar resistencia a distintos plaguicidas. Soporta la inanición y las temperaturas extremas, es muy móvil, y es útil tanto al aire libre como en cultivo protegido. Puede comer polen. Se han citado numerosos huéspedes vegetales para esta especie, incluyendo coníferas, ornamentales, frutales, hortícolas, adventicias, etc. Houten *et al*. (2005) estudian su capacidad depredadora sobre el trips *F. occidentalis*.

Neosieulus cucumeris (Oudemans). Las sueltas de este ácaro polífago, en combinación con las del antocórido *Orius laevigatus*, controlan las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* en pimiento (Urbaneja *et al*., 2001; Houten *et al*., 2005; Lacasa-Plasencia *et al*., 2008). Las condiciones óptimas para su desarrollo son 18-20 ºC y 50% humedad. A diferencia de otras especies del género, entra en diapausa a fotoperiodos cortos. Depreda particularmente huevos eclosionados y larvas del primer estadio del trips (*T. tabaci*, *F. occidentalis*) (Lacasa-Plasencia *et al*., 2008), y también *Polyphagotarsonemus latus*, la araña blanca (Blom, 2008b).

Neoseiulus californicus (McGregor). Depreda sobre diversas especies de tetraníquidos (particularmente del género *Tetranychus*), aunque ocasionalmente también se alimenta de *Frankliniella occidentalis* y de la araña blanca *Polyphagotarsonemus latus* (Blom, 2008b). Es el fitoseido más extendido en cultivos y flora silvestre de Almería. Por su capacidad de alimentarse de polen, puede introducirse preventivamente en el cultivo y se mantiene en él por más tiempo. Tolera algunos acaricidas, y resiste condiciones cálidas y secas. Es especialmente eficaz en colaboración con otros auxiliares. Convendría prospectar detenidamente la flora silvestre para conocer donde se refugia.

Phytoseiulus persimilis Athias-Henriot. Especie nativa y monófaga, que depreda sobre el género *Tetranychus*. Sus condiciones preferidas son de humedad (> 60%) y menores temperaturas (15-25 ºC) que otros fitoseidos, por los que se ve desplazado cuando las condiciones se tornan más secas y cálidas. Como *N. californicus*, es frecuente en las hortícolas y las ornamentales bajo plástico (Jacas *et al*., 2008). Se multiplica con facilidad y es muy voraz y móvil.

Fig. 1. *Phytoseiulus persimilis* (donación personal de Mike Pser)

2.2.2. Heterópteros

Míridos

En la cuenca mediterránea, la biodiversidad de los agroecosistemas favorece la presencia de míridos, que pueden instalarse tanto en cultivos como en vegetación silvestre incluso en invierno (Alomar *et al*., 1994). Algunas especies son conocidos y eficaces depredadores de araña roja, trips y moscas blancas (Jacas *et al*., 2008).

Nesidiocoris tenuis (Reuter, 1895). Este mírido se comporta como una especie útil o perjudicial según el área geográfica y el momento de colonización del cultivo (Malausa, 1989; Calvo y Urbaneja, 2003; Vacante y Garzia, 1994), debido a su comportamiento zoofitófago (Sánchez, 2008). Calvo *et al*. (2009) estudian el papel de *N. tenuis* en el control de *B. tabaci* en cultivo de tomate en la región de Murcia, señalando cuál es la proporción óptima depredador/ presa para evitar daños en el cultivo. Sánchez y Lacasa (2008) señalan pérdidas de cosecha causadas en cultivo de tomate si el aborto floral generado por las picadas de *N. tenuis* es superior al 27%, cuando el mírido alcanzaba niveles de 32.11 individuos acumulados/hoja. Aunque puede colonizar diferentes cultivos, la supervivencia y desarrollo son distintos, y dependen de la presencia de presa (Urbaneja *et al*., 2005b). Sánchez *et al*. (2009) estudian la influencia de la temperatura en el ciclo vital de esta especie, y concluyen que el rango óptimo se halla entre los 20 y los 30 ºC, siendo el mírido dicifino más termófilo en los cultivos hortícolas del área mediterránea. Puede depredar diversas plagas, entre las cuales se encuentran aleiródidos (*Trialeurodes vaporariorum*,

Fig. 2. *Nesidiocoris tenuis* (Donación personal de WonGun Kim)

Bemisia tabaci), agromícidos (*Liriomyza trifolii*), tisanópteros (*Frankliniella occidentalis*), pulgones pequeños como *Myzus persicae*, arañas rojas, huevos de lepidópteros y la recientemente introducida polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Urbaneja *et al*., 2008). Puede incluso mostrar canibalismo o carroñeo (Wheeler, 2000b). Sus daños, que se producen ante la escasez de presa y según parece también por las necesidades de agua del insecto y en función de las condiciones ambientales (Sánchez, 2008), se han constatado generalmente en solanáceas (Wheeler, 2000a).

Orius laevigatus (Fieber, 1860): Este antocórido es muy polífago, y puede alimentarse de ácaros, tisanópteros, áfidos, aleiródidos y noctuidos (por ejemplo *Spodopera exigua*) (Lattin, 2000, Cabello, 2008). Como otras especies del género, puede alimentarse de polen. Sin embargo, hay que gestionar adecuadamente el número de frutos cuajados para asegurar este aporte de polen (Blom, 2008b). Se produce masivamente desde 1993 para el control de *Frankliniella occidentalis* (Nicoli y Burgio, 1997) en diversas hortícolas protegidas tales como pimiento (Riudavets y Castañé, 1994, Sánchez *et al*., 2000), o pepino (Riudavets y Castañé, 1994) entre otras. Se utiliza también sistemáticamente en el control de *Trips tabaci*. Sánchez *et al*. (2000) y Lara *et al*. (2002) evalúan la eficacia de esta especie y la comparan con la de *O. albidipennis* en cultivo protegido de pimiento, concluyendo que *O. laevigatus* es muy útil en los estadios iniciales del cultivo, y su acción puede completarse con la de *O. albidipennis*, más termófila. En pimiento el ácaro *Neoseiulus cucumeris*, que puede controlar las poblaciones iniciales de trips, puede pasar a continuación a ser la presa de *O. laevigatus*, facilitando el establecimiento del antocórido, sobre

Fig. 3. *Orius* sp. (Eduardo Mateos; Departamento Biologia Animal de la Universidad de Barcelona)

todo en ausencia de otras presas (Urbaneja *et al*., 2003b). Ocurre una situación parecida si el fitoseido es *A. swirskii* (Blom, 2008b). Las temperaturas óptimas para la actividad depreadora de este antocórido se encuentran entre los 20 ºC y los 30 ºC y una HR entre el 45-50%. Las características para identificar *O. laevigatus* pueden encontrarse en Ferragut y González Zamora (1994). El control de trips es efectivo cuando los recuentos de flores indican que más del 25% están ocupadas por *O. laevigatus* (Blom, 2008b).

2.2.3. Neurópteros

Chrysoperla carnea (Stephens). Voraz depredador polífago, que se mantiene activo entre los 12 ºC y los 35 ºC. Entre sus presas se encuentran pulgones, larvas minadoras, huevos, cochinillas, trips, moscas blancas, pequeños lepidópteros (incluída *Spodoptera exigua*) y ácaros (Jacas *et al*., 2008; Belliure *et al*., 2008 y Cabello, 2008). Los tres estadios larvarios son muy eficaces depredadores de pulgones, y responden a las feromonas (kairomonas) emitidas por su presa. El amplio rango de presas facilita que se mantenga en el cultivo.

Fig. 4. *Chrysoperla carnea* (Fritz Geller-Grimm, Creative Commons ASA)

2.2.4. Dípteros

Coenosia attenuata Stein. Los adultos de este múscido, muy parecidos a las moscas domésticas, aunque de menor tamaño, son depredadores eficaces de los adultos de las moscas blancas (*T. vaporariorum*, *B. tabaci*) en cultivos protegidos hortícolas y ornamentales, a los que caza en vuelo (Castañé *et al*., 2008), ejerciendo así una acción complementaria a otros auxiliares que se alimentan de las moscas blancas (Rodríguez-Rodríguez, 2002). También depredan sobre agromícidos (*Liriomyza*, *Chromatomyia*), y sobre muchas otras famílias de dípteros (Rodríguez-Rodríguez y Aguilera-Lirola, 2002). Los estadios larvarios de *C.attenuata* , que viven en el suelo, se alimentan de larvas de mosquitos esciáridos (Jacas *et al*., 2008). Se cría masivamente, y se usa como auxiliar en invernaderos en Alemania desde 1996, donde se combina con la acción de dípteros, hibótidos depredadores. En Italia también se estudian esta y otras especies de *Coenossia* para su posible aplicación (Rodríguez-Rodríguez y Aguilera-Lirola, 2002). También se ha hallado sobre distintas hortícolas en Francia y Portugal (Téllez Navarro y Tapia Pérez, 2005). Persisten en el invernadero durante todo el año. La puesta se realiza sobre distintos sustratos incluyendo el suelo, y los adultos se encuentran en las hojas del cultivo.

Fig. 5. *Coenosia atenuata* (Muhammad Mahdi Karim, Creative Commons ASA)

3. Otros depredadores presentes en los agroecosistemas de Almería

3.1. Ácaros

Rodríguez-Rodríguez (1988) cita el fitoseido *Euseius stipulatus* en naranjo, y el estigmeido *Agistemus cyprius* González en maranta (*Calathea* sp.). *E. stipulatus* depreda diversas plagas de ácaros e insectos, y puede alimentarse también de polen. Es de gran interés en cítricos, vid y frutales (Abad-Moyano *et al*., 2008 y Jacas *et al*., 2008). Los estigmeidos son menos móviles que los fitoseidos. *A. cyprius* ha sido estudiada con detalle, y se ha visto que puede alimentarse de todos los estadios de *Panonychus citri*, o bien de polen de la planta del hielo *Malephora crocea* (Goldarazena *et al*., 2004).

3.2. Tisanópteros

Aunque los tisanópteros son más conocidos por sus efectos perjudiciales que no por sus efectos beneficiosos en los cultivos, diversas especies del género *Aeolothrips* y otros (hasta 23 géneros en total) son depredadores (Trdan *et al*., 2005). En Almería se encontraron tres especies. *Aeolothrips intermedius* Barnall se recolectó en rosal, y depreda trips (44 especies; Riudavets, 1995) y otros pequeños artrópodos (ácaros, huevos y larvas de psílidos, moscas blancas, áfidos), aunque también come polen y puede completar su ciclo exclusivamente con alimento vegetal (Trdan *et al*., 2005). *Aeolothrips tenuicornis* Bagnall se encontró en crisantemo, melocotonero, naranjo, cardos y plantas adventicias en general; y *Scolothrips longicornis* Priesner, llamado vulgarmente «trips de las seis manchas» (Lacasa-Plasencia *et al*., 2008), en papaya y pimiento, y depreda con cierta especificidad ácaros tetraníquidos en cualquier estadio de desarrollo (Jacas *et al*., 2008). El género *Aelothrips* spp. es también polenófago.

3.3. Heterópteros

El antocórido *Orius albidipennis* (Reuter, 1884) es un depredador polífago sobre áfidos, cicadélidos, aleiródidos, ácaros, tisanópteros, y los primeros estadios de polillas (incluída *Spodoptera exigua*) (Lattin, 2000 y Cabello, 2008). En el sureste de España, *O. albidipennis* puede tener un papel beneficioso complementario al de *O.laevigatus* (Lara *et al*., 2002 y Urbaneja *et al*., 2003a), cuando éste no coloniza espontáneamente los invernaderos o disminuyen sus poblaciones por tolerar peor que *O. albidipennis* las altas temperaturas (Sánchez *et al*., 2000). Las características para identificar *O. albidipennis* puede encontrarse en Ferragut y González Zamora (1994).

Entre los míridos, además de *N. tenuis*, se encontraron otras cuatro especies. *Deraeocoris serenus* (Douglas & Scott, 1868) es una especie mediterránea que junto con otras del género (Wheeler Jr., 2000b), tiene hábitos depredadores generalistas (Urbaneja *et al*., 2005). Rodríguez-Rodríguez (1988) cita la especie eurosiberiana *D. punctulatus* (Fallén, 1807), que no vive en la Península Ibérica y que se confunde fácilmente con *D. serenus*. *Dicyphus hyalinipennis* (Burmeister, 1835) se recolectó en cucurbitáceas, sobre todo calabacín, y algo menos en tomate. Esta especie parece potencialmente útil en Hungría para el control de *Trialeurodes vaporariorum* y *Helicoverpa armigera*,

tanto en cultivos protegidos como al aire libre (Dormanns-Simon *et al*., 1997). Ceglarska (1999 y 2003) estudia la biología de *D. hyalinipennis* y valora su posible uso como auxiliar. *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839) es un depredador polífago que se encuentra en tomate, pepino, judía y berenjena (Perdikis y Lykouressis, 1997). Sus presas habituales son las moscas blancas (*T. vaporariorum*, *B. tabaci*), pero también sobrevive a costa de larvas y adultos de trips, ácaros, pulgones o huevos de lepidópteros. *M. pygmaeus* se comercializa desde 1992 para el control de plagas en cultivos protegidos. Lefant *et al*. (2000) indican las condiciones más idóneas para la biopropagación (sumplementación alimenticia con huevos de *E. kuehniella*) de *M. pygmaeus*. A diferencia de otros míridos, en condiciones mediterráneas no causa daños económicos cuando la presa disminuye (Nicoli y Burgio, 1997). La dificultad para separar *M. pygmaeus* de *M. melanotoma* (= *M. caliginosus*) a nivel morfológico (Goula y Alomar, 1994) ha llevado a estudiarlas con técnicas moleculares, que confirman la existencia de las dos especies (Martínez-Cascales *et al*., 2006). Esta dificultad puede llevar a citar una especie por otra, contribuyendo a la falta de concordancia de los resultados obtenidos por autores distintos. Martínez-Cascales *et al.* (2006) tratan ampliamente la biología, la taxonomía y la importancia económica de *M. pygmaeus*, *M. melanotoma* (A. Costa, 1853) y *M. costalis* Fieber, 1858. El cuarto mírido, *Creontiades pallidus* (Rambur, 1839). se encuentra en cultivo de pimiento protegido (Urbaneja *et al*., 2001). Es omnívoro, y puede alimentarse de *Bemisia tabaci*, aunque no puede completar su ciclo con una dieta monófaga de este aleiródido. Puede causar daños en pimiento tanto por alimentarse del fruto como por hacer la puesta en él. Las cicatrices resultantes deforman el fruto (Blom, 2008b). La escasez de presa puede hacer que *C. pallidus*, potencial auxiliar en el control de *B. tabaci*, cause perjuicios económicos. En general se le conoce como plaga menor del algodón, y también infeuda el sorgo y el maíz (Wheeler, 2000a).

El heteróptero ligeido *Geocoris megacephalus* (Rossi, 1790), como todas las especies del género *Geocoris*, es un depredador generalista, y puede presentar canibalismo, aunque dependen de la planta huésped para su reproducción y desarrollo (Sweet, 2000). Las especies del género *Geocoris* son incompatibles con pesticidas de amplio espectro.

3.4. Dípteros

En los agroecosistemas almerienses se han econtrado algunas especies de hibótidos. Rodríguez-Rodríguez y Gómez-Ramos (2005) dan cumplida información con respecto a ellos, y aquí resumimos la información de mayor interés. Esta família de moscas tiene

hábitos depredadores. En fase larvaria, capturan pequeños animales y larvas de otros insectos. En fase adulta, caza otros insectos y arácnidos, y puede darse canibalismo. En los cultivos hortícolas de Almería se han encontrado las siguientes especies y géneros: *Platypalpus ostiorum* (Becker, 1902), *P. pallidiventris* (Meigen, 1822), *P. morgei* (Chvála, 1981), *P. cf annulitarsis* Kovalev, 1978 y *Crossopalpus* sp., que pueden reconocerse a partir de las descripciones e ilustraciones en Rodríguez- Rodríguez y Gómez-Ramos (2005). Su presencia aumenta cuando se realiza un control racional de plaguicidas, y cuando la cubierta vegetal les permite completar el ciclo, que precisa de diversos hábitats. Por estas razones, los hibótidos pueden utilizarse como parámetro de calidad ecológica. *Platypalpus* spp. depreda sobre *Liriomyza trifolii*, *Liriomyza bryoniae* y otras minadoras del mismo género, así como dípteros drosofílidos y trips. Al ser activos depredadores en todo su ciclo, pueden alcanzar niveles poblacionales altos, y por su capacidad partenogenética. pueden ejercer, potencialmente, el control biológico en cultivos tanto de invernadero como al aire libre. Además, estas características facilitarían su cría masiva, que se ha obtenido ya para algunas especies.

Fig. 6. *Platypalpus sp*. (Sareto Creative Commons ASA)

Entre los sírfidos, Lara y Urbanjea (2002) citan *Episyrphus balteatus* (De Geer) en cultivos de pimiento. Los adultos se alimentan de néctar y líquidos, mientras que las larvas son muy eficaces por su depredación de pulgones, aunque no rechazan otras presas.

Con respecto a los cecidómidos, se ha encontrado *Aphydoletes aphydimyza* (Rondani) en cultivo de pimiento (Lara y Urbaneja, 2002). Es uno de los pocos cecidómidos con hábitos depredadores, que se alimenta de pulgones y otras presas. Utiliza las telas de araña para copular, y responde positivamente a la melaza segregada por los pulgones. Si hay exceso de presa, mata más pulgones de los que se alimenta (Belliure *et al*., 2008).

3.5. Neurópteros

Chrysopa formosa Brauer. En Almería, este crisópido se ha encontrado en melón, calabacín y rosal, pero la información sobre esta especie en los agroecosistemas es escasa en la zona mediterránea (Duelli, 2001). Se ha citado de judía, haba y amaranto (Szentkirályi, 2001). Como los demás crisópidos, es un reconocido depredador, e incluye *Spodoptera exigua* entre sus presas (Cabello, 2008).

3.6. Coleópteros

Rodríguez-Rodríguez (1988) recoge la cita de algunos coccinélidos y carábidos. En conjunto los coccinélidos son reconocidos depredadores de plagas, que además pueden alimentarse de polen y néctar. En Almería (Rodríguez-Rodríguez, 1988) se encontraron *Coccinella septempunctata* L., *Hippodamia variegata* (Goeze) y *Scymnus* sp., que depredan sobre pulgones. En una ocasión se recolectó *Sthetorus* sp sobre ave del paraíso (Strelitzia). Este género es conocido por su capacidad de depredar sobre tetraníquidos (Chazeau, 1985), aunque requiere densidades elevadas de la presa para que colonice el cultivo (Urbaneja *et al*., 2008).

En cuanto a los carábidos, que viven en el suelo, pueden ser depredadores estrictos o facultativos. Sus presas son artrópodos que viven bajo el suelo, muy a menudo en estadio larvario o pupal. En Almería (Rodríguez-Rodríguez, 1988) se han encontrado *Lyonychus albonotatus* (Dejean) sobre adventicias, y *Amara fulva* (Mueller) y *Syntomus fuscomaculatus* (Motschulsky) sobre hortícolas.

Fig. 7. *Symnus* sp. Entomart (Green Copyright)

3.7. Himenópteros

Urbaneja *et al*. (2005) cita la importancia de la hormiga *Formica rufa* en el control de algunas plagas en ambientes forestales. Rodríguez-Rodríguez (1988) menciona la presencia de formícidos en algunos agroecosistemas almerienses, sin precisar la especie. Algunos autores consideran que el papel protector de los formícidos sobre los pulgones puede ser perjudicial (Jacas *et al*., 2008).

4. Conclusiones

El control biológico es un sistema abierto, dinámico, donde las plagas y los auxiliares se suceden en el tiempo y en el espacio en función de los cultivos, las condiciones abióticas y las prácticas agronómicas (Blom, 2007). En este trabajo se pone de manifiesto que la fauna auxiliar depredadora es muy diversa en los agroecosistemas almerienses. Es oportuno conocer esta riqueza, por si en el futuro algunas de las especies ahora con menor papel controlador pudieran pasar a ser auxiliares de importancia, incluso contemplando cambios adaptativos en su biología. A modo de ejemplo, *A. swirskii*, en principio propio de frutales, se ha adaptado a las hortícolas, y su efecto es muy remarcable por su amplio espectro de presas y cultivos. La posibilidad de utilizar alguna de estas especies auxiliares, ahora no contempladas, precisa, entre otros factores, del éxito en la instala-

ción temprana de los insectos beneficiosos, la reducción de los tratamientos antes de las sueltas, o costos reducidos (Lefant *et al*., 2000). Blom (2007) incide en que los temas a investigar para el desarrollo biológico son la selección de las especies adecuadas, las relaciones entre planta, plaga y auxiliar, y la conservación de auxiliares por medio de plantas que produzcan néctar. Es previsible que el control biológico de plagas en Almería vaya en aumento, extendiéndose a los diferentes cultivos, y se consiga así satisfacer las exigencias de la horticultura moderna.

5. Bibliografía

- ABAD-MOYANO, R.; AGUILAR-FENOLLOSA, E. y PASCUAL-RUIZ, S. (2008): «Control biológico de ácaros»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma; pp. 151-164.

- ALBAJES, R. y ALOMAR, O. (2008): «Regulación de poblaciones por enemigos naturales y su aplicación en el control biológico de plagas»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma; pp. 25-37.

- ALOMAR, O.; GOULA, M. y ALBAJES, R. (1994): «Mirid bugs for biological control: identification, survey in non-cultivated winter plants, and colonization of tomato fields»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 17 (5); pp. 217-223.

- BELDA, J. E. y CALVO, J. (2006): «Eficacia de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acara: Phytoseiidae) en el control biológico de *Bemisia tabaci* (Genn.)(Hom.: Aleyrodidae) y *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.: Thripidae) en pimiento en condiciones de semicampo»; en *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 32; pp. 283-296.

- BELLIURE, B.; PÉREZ, P.; MARCOS, M. A.; MICHELENA, J. M. y HERMOSOS DE MENDOZA, A. (2008): «Control biológico de pulgones»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma; pp. 209-237.

- BLOM, J. Van der (2007): «Control de plagas en hortícolas protegidas: Almería, el año de transición»; en *Horticultura* (200); pp. 36-43.

- BLOM, J. Van der (2008a): «Control biológico de plagas en Almería: revolución verde después de dos décadas»; en *Phytoma* (198); pp. 42-48.

- BLOM, J. Van der (2008b): «Pimiento bajo abrigo»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*; en *Phytoma*; pp. 399-409.

- CABELLO, T. (2008): «Control biológico de Noctuidos y otros lepidópteros»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*; en *Phytoma*; pp. 279-291.

- CALVO, J. y BELDA, J. E. (2007): «*Amblyseius swirskii*, un depredador para el control de la mosca blanca y trips en cultivos hortícolas»; en *Phytoma* (190); pp. 58-63.

- CALVO, J.; BOLCKMANS, K.; STANSLY, P. A. y URBANEJA, A. (2009): «Predation by *Nesidicoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato»; en *BioControl* (54); pp. 237-246.

- CALVO, J.; FERNÁNDEZ, P. y BELDA, J. E. (2006): «Primeros resultado de establecimineto y eficacia de *Amblyseius swirskii* sobre *Bemisia tabaci* en invernaderos de pimiento del sureste español»; en *Phytoma* (180); pp. 61-66.

- CALVO, J. y URBANEJA, A. (2003): «*Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae) en tomate: ¿amigo o enemigo?»; en *Almería Verde* (4); pp. 21-23.

- CASTAÑÉ, C. (2002): «Status of biological and integrated control in greenhouses vegetables in Spain: successes and challenges»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 25 (1); pp. 49-52.

- CASTAÑÉ, C.; ARNÓ, J.; BEITIA, F. y GABARRA, R. (2008): «Control biológico de moscas blancas»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*; en *Phytoma*; pp. 239-253.

- CEGLARSKA, E. B. (1999): «*Dicyphus hyalinipennis* Burm. (Heteroptera: Miridae): a potential biological control agent for glasshouse pests in Hungary»; en *OILB/SROP Bulletin* 22(1); pp. 33-36.

- CEGLARSKA, E. B. (2003): "Role of beneficial mirid bugs in control of tomato pests in open fields"; en *OILB/SROP Bulletin* 26(3); pp. 121-126.

- CHAZEAU, J. (1985): «Predaceous Insects»; en HELLE, W. y SABELIS, M.W., eds.: *Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Control*. Volumen 1B. Ámsterdam, Elsevier Science Publishers B.V.

- DORMANNS-SIMON, E.; BUDAI, C. y ILOVAI, Z. (1997): «Biological control in Hungary: present situation and possibilities»; en *OEPP/EPPO Bulletin* (27); pp. 49-52.
- DUELLI, P. (2001): «Lacewings in field crops»; en MCEWEN, P.; NEW, T. R. y WHITTINGTON, A. E., eds.: *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge, Cambridge University Press; pp. 158-165.
- FERRAGUT, F. y GONZÁLEZ ZAMORA, J. E. (1994): «Diagnóstico y distribución de las especies de *Orius* Wolff 1811, peninsulares (Heteroptera, Anthocoridae)»; en *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* (20); pp. 89-101.
- GERSON, U. y WEINTRAUB, P. G. (2007): «Mites for the control of pests in protected cultivation»; en *Pest Management Science* (63); pp. 658-676.
- GOLDARAZENA, A.; AGUILAR, H.; KUTUT, H. y CHILEDERS, C. (2004): «Biology of three species of *Agistemus* (Acari: Stigmaeidae): life table parameters using eggs of *Panonychus citri* or pollen of *Malephora crocea* as food»; en *Experimental and applied acarology* 32(4); pp. 281-291.
- GONZÁLEZ GARCÍA, J. (2009): «Incidencia de plagas y enfermedades en las Comunidades Autónomas en 2008»; en *Phytoma* (207); pp. 14-52.
- GOULA, M. y ALOMAR, O. (1994): «Míridos (Heteroptera: Miridae) de interés en el control integrado de plagas en el tomate. Guía para su identificación»; en *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 20 (1); pp. 131-143.
- HOUTEN VAN, Y. M.; OSTLIE, M. L.; HOOGERBRUGGE, H. y BOLCKMANS, K. (2005): «Biological Control of Western Flower Thrips on Sweet Pepper using the Predatory Mites *Amblyseius cucumeris*, *Iphiseius degenerans*, *A. andersoni* and *A. swirskii*»; en *Bulletin IOBC/WPRS* (28); pp. 283-286.
- INE (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA) (2009): «Producción agrícola. Producción de hortalizas». Disponible en http://www.ine.es/jaxi/tabla.do
- JACAS, J. y URBANEJA, A. (2008): «Origen de las plagas e historia del control biológico»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma; pp. 3-14.
- JACAS, J.; URBANEJA, A. y GARCÍA-MARÍ, F. (2008): «Artrópodos depredadores»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma; pp. 39-56.

- JUNTA DE ANDALUCÍA (2009): Estadísticas de la Consejería de Agricultura y Pesca. Disponible en http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms/portal/estadistica?entrada=servicios&servicio=201

- LACASA PLASENCIA, A.; SÁNCHEZ SÁNCHEZ, J. A. y LACASA MARTÍNEZ, C. M. (2008): «Control biológico de trips»; en JACAS, J. y URBANEJA, A., eds.: *Control biológico de plagas agrícolas*. Phytoma; pp. 179-198.

- LARA, L.; BLOM., J. y URBANEJA, A. (2002): «Instalación, distribución y eficacia de *Orius laevigatus* (Fieber) y *O. albidipennis* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae), en invernaderos de pimiento en Almería»; en *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* (28); pp. 251-261.

- LARA, L. y URBANEJA, A. (2002): «Control biológico de plagas en pimineto en Almería»; en *Horticultura* (165); pp. 86-90.

- LATTIN, J. D. (2000): «Minute pirate bugs (Anthocoridae)»; en SCHAEFER, C. W. y PANIZZI, A. R., eds.: *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press. Boca Raton; pp. 607-638.

- LEFANT, C.; RIDRAY, G. y SCHOEN, L. (2000): «Biopropagationof Macrolophus caliginosus Wagner for a quicker establishment in southern tomato greenhouses»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 23 (1); pp. 247-251.

- MALAUSA, J. C. (1989): «Lutte intégrée sous serre: les punaises prédatrices Mirides dans les cultures de Solanacées du sud-est de la France»; en *PHM-Revue hort*. (298); pp. 39-43.

- MARTÍNEZ-CASCALES, J. I.; CENIS, J. L.; CASSIS, G. y SÁNCHEZ, J. A. (2006): «Species identity of *Macrolophus melanotoma* (Costa 1853) and *Macrolophus pygmaeus* (Rambur 1839) (Insecta: Heteroptera: Miridae) based on morphological and molecular data and bionomic implications»; en *Insect Systematics and Evolution* (37); pp. 385-404.

- MCMURTRY, J. A. y CROFT, B. A. (1997): «Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control»; en *Annual Review of Entomol* (42); pp. 291-321.

- NICOLI, G. y BURGIO, G. (1997): «Mediterranean biodiversity as source of new entomophagous species for biological control in protected crops»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 20 (4); pp. 27-38.

- PERDIKIS, D. C. y LYCOURESSIS, D. P. (1997): «Rate of development and mortality of nymphal stages of the predator *Macrolophus pygmaeus* Rambur feeding on various preys and host plants»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 20 (4); pp. 241-284.

- RAIF (RED DE ALERTAS E INFORMACIÓN FITOSANITARIAS) (2009): *Organismos de control biológico en Andalucía.* Sevilla, Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Disponible en http://dgpa.besana.es/ocb/listadoGeneral.do

- RIUDAVETS, J. (1995): «Predators of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci»;* en LOOMANS, A. J. M. (ed.): *Biological control of thrips pests*. Wageningen Agr. Univ. Press; pp. 43-87.

- RIUDAVETS, J. y CASTAÑÉ, C. (1994): «Abundance and host plant preferences for oviposition of *Orius* spp. along the Mediterranean coast of Spain»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 17 (5); pp. 230-236.

- RODRÍGUEZ- RODRÍGUEZ, M. D. (1988): «Inventario de artrópodos recogidos e identificados en Almería»; en *Phytoma* (4); pp. 40-57.

- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. D. y AGUILERA-LIROLA, A. M. (2002): «*Coenossia attenuata*, una nueva mosca a considerar en el control biológico de las plagas hortícolas»; en *Phytoma* (141); pp. 27-34.

- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. D. y GÓMEZ-RAMOS, M. M. (2005): «La familia Hybotidae (Diptera: Empidoidea), dípteros de la entomofauna hortícola almeriense»; en *Phytoma* (174); pp. 29-38.

- SÁNCHEZ, J. A. (2008): «Zoophytophagy in the plantbug *Nesidiocoris tenuis*»; en *Agricultural and Forest Entomology* (10); pp. 75-80.

- SÁNCHEZ, J. A.; ALCÁZAR, A.; LACASA, A.; LLAMAS, A. y BIELZA, P. (2000): «Integrated pest management strategies in sweet pepper plastic houses in the Southeast of Spain»; en *IOBC/WPRS Bulletin* 23 (2); pp. 21-31.

- SÁNCHEZ, J. A. y LACASA, A. (2008): «Impact of the zoophytophagous plant bug *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera: Miridae) on tomato yield»; en *Journal of Economic Entomology* 101(6); pp. 1.864-1.870.

- SÁNCHEZ, J. A., LACASA, A., ARNÓ, J., CASTAÑÉ, C. Y ALOMAR, O. 2009. Life history parameters for *Nesidicoris tenuis* (Reuter)(Het., Miridae) under different temperatures regimes. Journal of Applied Entomology, 133: 125-132.

- SWEET, M. H. (2000): «Seed and chinch bugs (Lygaeoidea)»; en SCHAEFER, C. W. y PANIZZI, A. R., eds.: *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press, Boca Raton; pp. 143-264.

- SZENTAKIRÁLYI, F. (2001): Lacewings in vegetables, forests and other crops. En: McEwen, P., NEW, T. R y WHITTINGTON, A. E. (eds.) (2001): *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge University Press, Cambridge, UK; pp.172-238.

- TÉLLEZ NAVARRO, M. M. y TAPIA PÉREZ, G. (2005): «Presencia y distribución de *Coenosia attenuata* (Díptera: Muscidae) en las principales zonas invernadas de la provincia de Almería»; en *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* (31); pp. 335-341.

- TRDAN, S.; ANDJUS, L.; RASPUDIC, E. y MILICA, K. (2005): «Distribution of *Aeolothrips intermedius* Bagnall (Thysanoptera: Aeolothripidae) and its potential prey Thysanoptera species on different cultivated host plants»; en *Journal of Pest Science* (78); pp. 217-226.

- URBANEJA, A.; ARÁN, E.; LEÓN, P. y GALLEGO, A. (2003a): «Efecto combinado de altas temperaturas y de humedades en la supervivencia, fecundidad y fertilidad de *Orius laevigatus* y *Orius albidipennis* (Hem.: Anthocoridae)»; en *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* (29); pp. 27-34.

- URBANEJA, A.; ARÁN, E.; SQUIRES, P.; LARA, L. y BLOM, J. (2001): «Aparición del chinche *Creontiades pallidus* Ramb. (Hemiptera: Miridae) como depredador de mosca blanca y posible csausante de daños en los cultivos de pimiento en invernadero»; en *Agrícola Vergel* (235); pp. 386-401.

- URBANEJA, A.; LEÓN, F. J.; GIMÉNEZ, A.; ARÁN, E. y BLOM, J. (2003b): «Interacción de Neoseiulus (Amblyseius) cucumeris (Oudemans) (Aca.: Phytoseiidae) en la instalación de *Orius laevigatus* (Fieber) (Hem.: Anthocoridae) en invernaderos de pimiento»; en *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* (29); pp. 347-357.

- URBANEJA, A.; MONTÓN, H. y MOLLÁ, O. (2008): «Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*»; en *Journal of Applied Entomology* (133); pp. 292-296.

- URBANEJA, A.; RIPOLLÉS, J. L.; ABAD, R.; CALVO, J.; VANACLOCHA, P.; TORTOSA, D.; JACAS, J. A. y CASTAÑERA, P. (2005): «Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España»; en *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* (31); pp. 209-223.

- URBANEJA, A.; TAPIA, G. y STANSLY, P. (2005): «Influence of host plant and prey availability on developmental time and survivorship of *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae)»; en *Biocontrol Science and Technology* 15(5); pp. 513-518.

- VACANTE, V. y GARZIA, G. T. (1994): «*Nesidiocoris tenuis*: antagonista naturale di aleurodidi»; en *Informatore fitopatologico* (4); pp. 23-28.

- WHEELER, A. G. (2000a): «Plant Bugs (Miridae) as plant pests»; en SCHAEFER, C.W. y PANIZZI, A.R., eds.: *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press. Boca Raton; pp. 37-84.

- WHEELER, A. G. (2000b): «Predacious plant Bugs (Miridae)»; en SCHAEFER, C.W. y PANIZZI, A.R., eds.: *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press. Boca Raton; pp. 657-694.

Tema 13

La toxicidad de los fitosanitarios sobre insectos polinizadores y sobre artrópodos útiles

Pablo Bielza[1] *y Alfredo Lacasa*[2]

1. Introducción

El concepto de Control Integrado de Plagas, IPM de sus siglas en inglés *Integrated Pest Management*, fue definido hace 50 años (Stern *et al*., 1959). Sin embargo no ha perdido nada de su elegancia y agudeza inicial: la utilización de manera armoniosa de los distintos métodos de control. La principal novedad del concepto fue la sustitución de la eliminación de las plagas como objetivo final, por el manejo de las poblaciones. Es decir, no se trata ya de «limpiar» los cultivos de plagas, sino de mantener sus poblaciones por debajo de unos niveles que son económicamente asumibles (umbral económico de daño). Esto requiere un seguimiento de la variación de las poblaciones mediante distintas técnicas (muestreos, trampas, etc.), pero aporta dos grandes ventajas: existe una disponibilidad continua de alimento (las plagas como presas) para mantener poblaciones de enemigos naturales, y la presión de control no tiene que ser tan elevada, lo que permite utilizar de manera mucho más racional los plaguicidas. Por tanto, es precisamente una mayor compatibilidad de los métodos de control biológico y químico lo que aporta el control integrado, pero a su vez quizás el punto peor entendido. No hay, no debe haber, opciones a priori mejores ni peores, es la ciencia y la técnica las que marcan la oportunidad y la efectividad de un tipo de control en cada caso. Algunas características de los cultivos y zonas influyen en gran medida en el desarrollo y la evolución de las poblaciones de insectos y ácaros, determinando el éxito de un tipo de control o su fracaso. La incidencia sobre los ciclos y la reproducción de las plagas de las prácticas culturales, las características de las variedades utilizadas, los ciclos de cultivos, entre otros, hacen que los protocolos de control tengan que implementarse en cada zona y para cada cultivo.

[1] Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Producción Vegetal de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena.

[2] Investigador del Departamento de Biotecnología y Protección de Cultivos del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia.

El control integrado basado en el control biológico se está utilizando con gran éxito en la horticultura intensiva del sureste de España. Sin embargo, ni en todos los cultivos, ni en todos los periodos, ni en todas las áreas, es posible realizar un control de las plagas recurriendo sólo a agentes de control biológico, siendo necesario intervenir con aplicaciones insecticidas sobre alguna o algunas plagas, bien a lo largo del cultivo o en determinados momentos claves.

Además, incluso en los sistemas bien establecidos y que funcionan correctamente es posible que algún cambio pueda desestabilizar el sistema. Alguna nueva plaga introducida, o algún nuevo virus transmitido por insectos, o un cambio en la incidencia de alguna de las plagas secundarias o potenciales, podrían romper el equilibrio del sistema. De esta forma se podría tener que recurrir a aplicaciones fitosanitarias selectivas para estabilizar el sistema.

Por todo lo anterior, es de crucial importancia para el futuro del Control Integrado conocer en profundidad la compatibilidad de los plaguicidas con los enemigos naturales y polinizadores.

2. Tipos de efectos

La influencia de los plaguicidas sobre las poblaciones de insectos auxiliares se denomina genéricamente efectos secundarios (*side-effects* en inglés). Por fauna auxiliar, o también organismos beneficiosos, se entiende fundamentalmente los enemigos naturales de las plagas (depredadores y parasitoides), y los polinizadores.

La mayoría de los estudios sobre efectos secundarios de los plaguicidas se han enfocado sobre su efecto letal, estimando la mortalidad producida. Sin embargo, en ocasiones los efectos de los plaguicidas no son letales, pero pueden producir los denominados efectos subletales. En una reciente revisión sobre los efectos subletales de los plaguicidas en los artrópodos beneficiosos (Desneux *et al*., 2007), se han clasificado estos efectos en fisiológicos y de comportamiento. Nos referiremos en adelante a esta revisión y a las citas contenidas en él.

Dentro de los efectos en la fisiología del insecto o ácaro podemos clasificarlos en los efectos sobre la bioquímica general y neurofisiología, sobre el desarrollo, la longevidad, la inmunología, la fecundidad y la razón sexual. Los plaguicidas, especialmente los insecticidas, pueden afectar de manera no letal pero sí significativa sobre el metabolismo general del insecto. Igualmente, los enzimas producidos por el insecto para detoxificar los plaguicidas, pueden tener un efecto en otras rutas bioquímicas, pudiendo provocar disfunciones fisiológicas. Estos efectos sobre la bioquímica general del insecto son difíciles de estudiar aisladamente. Más claros son los efectos subletales que pueden tener los insecticidas sobre el desarrollo, la longevidad y la fecundidad. Estos efectos suelen ser más marcados en los denominados insecticidas biorracionales (IGR de sus siglas en inglés de *Insect Growth Regulator*) que en los denominados convencionales neurotóxicos.

Otro efecto subletal, dentro aún de los fisiológicos, más desconocido y menos estudiado es el efecto sobre la capacidad inmunológica del organismo beneficioso. Los plaguicidas pueden incrementar o deprimir la capacidad inmunológica del insecto, haciéndolo menos o más sensible a los entomopatógenos. Este efecto puede utilizarse para sinergizar la acción de algunos patógenos de insectos plaga, mediante la utilización de dosis subletales de algunos plaguicidas.

En el otro grupo de efectos subletales, denominado de comportamiento, podemos remarcar los efectos sobre la movilidad, la orientación, la alimentación, la oviposición, y el aprendizaje. Tanto en los depredadores como en los parasitoides la capacidad de moverse y encontrar a sus presas en fundamental para el éxito del control biológico, especialmente a densidades bajas de la plaga. Sin embargo, el efecto subletal de los plaguicidas no siempre es negativo, pudiendo incrementar la movilidad y la búsqueda de presas de los enemigos naturales.

Los efectos de repelencia, incluso a dosis muy bajas, de algunos plaguicidas también pueden tener efectos importantes en la capacidad depredadora o parasitaria de los organismos beneficiosos. Sin embargo, esta cualidad puede ser utilizada para no exponer a los enemigos naturales (más móviles), a tratamientos localizados contra alguna plaga (menos móvil).

3. Medida de los efectos

Se ha realizado un gran esfuerzo por normalizar los ensayos de evaluación de los efectos de los plaguicidas sobre los organismos beneficiosos. Esta normalización es muy necesaria ya que en algunos casos los resultados varían mucho dependiendo de la metodología de ensayo, consiguiendo que los resultados sean más estables y repetibles. Sin embargo, esta normalización ha ido en el sentido de minimizar los riesgos, reflejando los «peores casos» posibles. De esta forma, se garantiza la compatibilidad de los productos considerados como inocuos, pero se pueden rechazar productos que podrían ser una herramienta muy útil en algún caso, pero que en el «peor caso» no resulta compatible.

Se han desarrollado mucho los métodos de ensayos y se ha conseguido un esquema básico de evaluación de la compatibilidad bastante sólido, aunque restrictivo en exceso. El esquema de evaluación es el siguiente (Sterk *et al*., 1999):

En una primera fase de laboratorio se evalúa la incidencia de la máxima dosis de un producto sobre el estadio de desarrollo más susceptible del organismo beneficioso. Las metodologías de bioensayo son diversas, pero básicamente consisten en la exposición del organismo al residuo fresco del producto sobre un sustrato (hoja, cristal, suelo, etc.). Después de un período adecuado (generalmente 24-48 horas) se estima la mortalidad, y en algunos casos la capacidad beneficiosa (huevos puestos, parasitismo, etc.). Los resultados se clasifican en una de las siguientes categoría: 1 = inocuo (<30% de mortalidad); 2 = ligeramente tóxico (30-79%); 3 = moderadamente tóxico (80-99%); y 4 = tóxico (>99%).

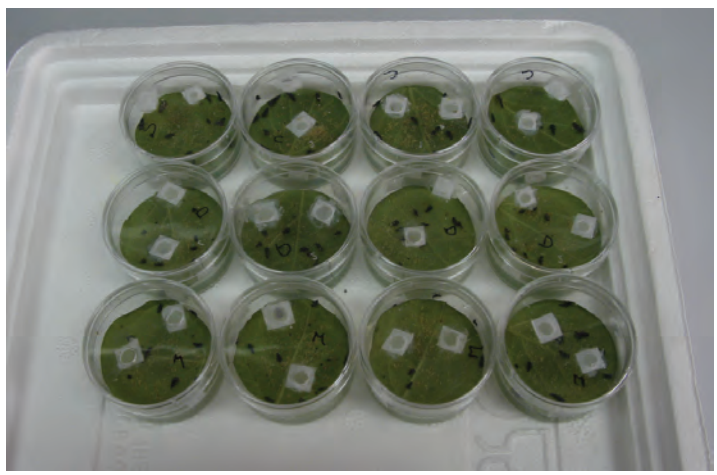


Foto 1. Bioensayo de laboratorio para determinar la compatibilidad de un plaguicida con larvas del coccinélido *Adalia bipunctata*

Dado que se estudia el peor caso posible (dosis máxima y estadio más sensible) y que se considera que la exposición al producto en el laboratorio es más constante que en el campo, se estima que los productos clasificados como 1 (inocuos), van a ser perfectamente compatibles en el campo, y no se realizan más estudios.

En esta primera fase de laboratorio también se pueden realizar estudios sobre otros estadios de desarrollo menos sensibles, o simular condiciones más parecidas al campo, o estimar la persistencia de la actividad tóxica del producto. En este último caso se clasifican los productos como: A = no persistente (<5 días); B = ligeramente persistente (5-15 días); C = moderadamente persistente (16-30 días); y D = persistente (>30 días). Se supone que la persistencia de la acción tóxica del producto sobre el organismo beneficioso da información sobre el riesgo de utilización del producto. Además se estima que los productos no persistentes, aunque inicialmente tóxicos, pueden ser utilizados en control integrado de plagas. Esta persistencia nos puede indicar el plazo de seguridad entre un tratamiento y la introducción de un enemigo natural, o bien la capacidad de recuperación de una población de un organismo beneficioso tras una aplicación fitosanitaria.

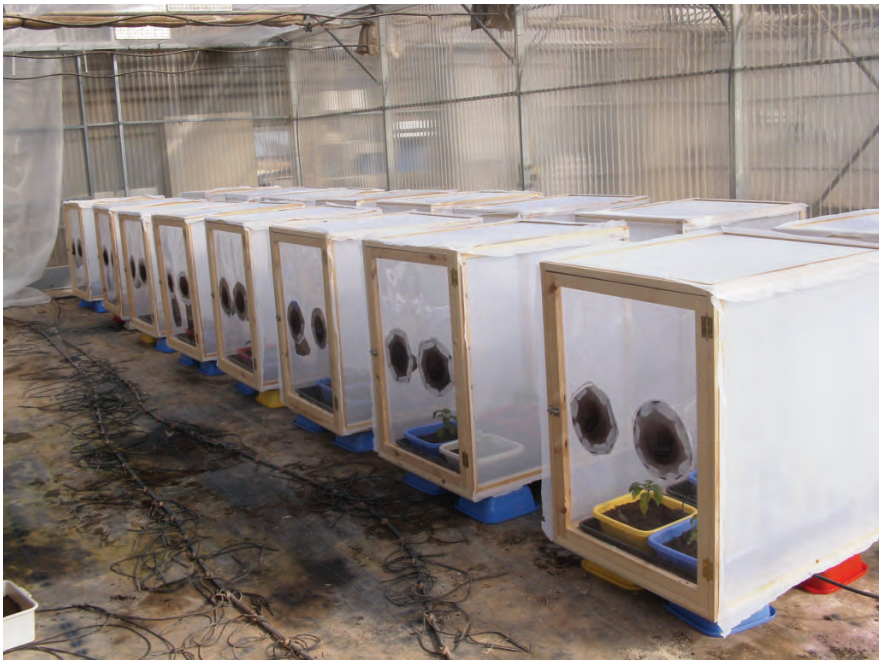


Foto 2. Ensayo de semicampo para evaluar el efecto de un plaguicida sobre el parasitoide *Eretmocerus mundus*

En una segunda fase se realizan estudios en semi-campo, tratando de mantener las mismas condiciones climáticas (excepto la lluvia) que en el cultivo, pero aplicando también el «peor caso». En esta fase se trata de estimar de forma más realista los riesgos y obtener información práctica, pero procurando mantener controladas algunas variables y, especialmente, estimar con precisión la mortalidad y/o los efectos sobre la capacidad beneficiosa del organismo (oviposición, parasitismo, consumo de presas, etc.).

En la tercera fase de campo se realizan estudios directamente en los cultivos y se repiten en varias localidades. Estos estudios no sólo reflejan las condiciones reales en las que se va a aplicar el producto fitosanitario, sino que, principalmente, se van a estudiar poblaciones naturales (o las que se van introducir en la práctica) de los organismos beneficiosos. Esto último es una diferencia crucial en el esquema de evaluación. Son bien conocidas las diferencias de susceptibilidad o tolerancia a un tóxico que existen entre diferentes poblaciones de una misma especie de insecto. Esto está bien estudiado en las poblaciones de plaga, en diferentes estudios sobre resistencias a insecticidas, pero ocurre también con los organismos beneficiosos.

En las fases de semi-campo y campo, se clasifican los productos según cuatro categorías: 1 = inocuo (<25% de mortalidad); 2 = ligeramente tóxico (25-50%); 3 = moderadamente tóxico (51-75%); y 4 = tóxico (>75%).

Foto 3. Ensayo de campo para evaluar la compatibilidad de un plaguicida sobre fitoseidos

4. Efectos poblacionales

Los efectos tóxicos de los plaguicidas siempre se han considerado a nivel de individuo, es decir, los plaguicidas se clasifican, como se ha descrito en el apartado anterior, según su toxicidad provocada (mortalidad) en los individuos del organismo beneficioso considerado. Sin embargo, el manejo integrado de las plagas es una cuestión de poblaciones, y es, por tanto, el efecto sobre la población del organismo beneficioso lo que realmente hay que considerar. Es más, será el efecto final sobre la acción beneficiosa (control de la población de una plaga o la polinización) la que determinará si la variación de la población de un enemigo natural o un polinizador provocada por un plaguicida es perjudicial o no.

En el control biológico se manejan poblaciones de enemigos naturales, bien mediante su suelta controlada o bien favoreciendo sus poblaciones naturales, que serán las que controlen mediante su acción depredadora o parasitaria a las poblaciones de plagas. Todo el control biológico consiste, por tanto, en la dinámica relativa de las poblaciones del agente beneficioso y de la plaga. Al fin y al cabo es su acción global controladora de la población plaga la que nos interesa, al igual que en los polinizadores nos interesa la actividad global polinizadora sobre el cultivo. Por consiguiente, el efecto de los plaguicidas sobre los agentes de control biológico no debe considerarse a nivel individual, sino a nivel poblacional.

De esta forma es necesario distinguir el estado de la población del agente beneficioso en el momento del tratamiento en campo, y el efecto de este tratamiento sobre la población del organismo en función de la población de la plaga. Por tanto, podemos distinguir tres diferentes períodos:

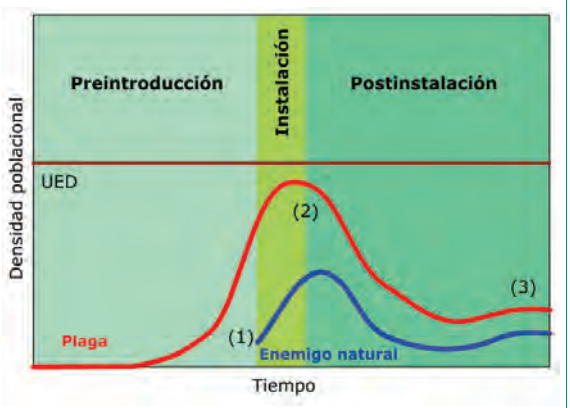
1. Preintroducción: antes de la introducción del agente de control biológico.

2. Instalación: después de la introducción del agente de control biológico y durante su instalación en el cultivo.

3. Postinstalación: una vez que la población del agente de control biológico está bien establecida en el cultivo.

En la *fase de preintroducción* el organismo beneficioso no está presente, por tanto no existirá una toxicidad directa del producto por la aplicación. Sin embargo, aquí hay que considerar la persistencia del plaguicida aplicado, es decir, el tiempo que hay que esperar desde el tratamiento para que se pueda introducir un organismo beneficioso sin que exista ningún efecto tóxico, letal o subletal. Este plazo de seguridad, que llamaremos «plazo de introducción», o tiempo que hay que esperar para la introducción desde el tratamiento, estará modulado por diversos factores, además de la materia activa en sí, como la dosis, el volumen de caldo aplicado, la formulación del producto, la forma de aplicación, la temperatura, y la radiación solar. Aunque esta persistencia estará relacionada con la persistencia en términos de su eficacia sobre la plaga, y con la persistencia o plazo de seguridad en cuanto a los residuos, no es exactamente el mismo concepto. Un insecticida aplicado podría haberse degradado en un tiempo dado, de manera que el residuo sobre la planta ya no tuviera eficacia suficiente sobre la plaga. Sin embargo sí podría tener un efecto tóxico letal o subletal sobre un agente de control biológico que fuera más sensible a ese insecticida que la propia plaga. Por tanto, este plazo de introducción hay que determinarlo específicamente para cada producto y formulado y para cada agente de control biológico y para cada polinizador.

Figura 1.
Fases de desarrollo del control biológico



A) Preintroducción. No está presente el enemigo natural. La población de la plaga es muy baja. B) Instalación. La población de la plaga empieza a aumentar acercándose al Umbral Económico de Daño (UED), y se realiza la suelta del enemigo natural (1). C) Postinstalación. La población de la plaga empieza a disminuir al ser controlada por el enemigo natural (2). La población del enemigo natural está establecida. Disminuye la población de la plaga por el control ejercido y la del enemigo natural por la menor población de presa, hasta equilibrarse el sistema (3).

Respetando este plazo de introducción se podrían utilizar algunos productos que pudieran ser muy tóxicos en una aplicación directa, pero que tienen una persistencia reducida. Este plazo de introducción se puede también utilizar para estimar el tiempo de espera para una reintroducción cuando se ha tenido que realizar un tratamiento con el organismo beneficioso presente, y se ha visto afectada la población. También se puede

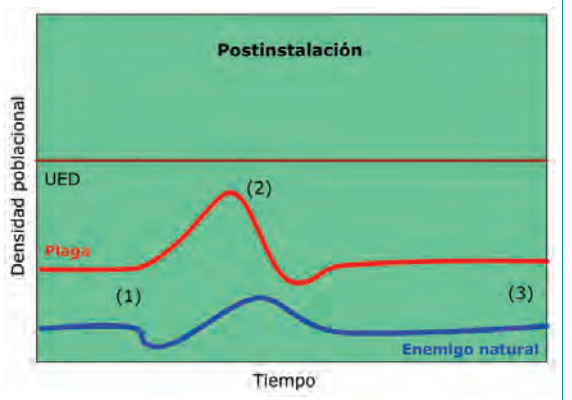
utilizar este plazo de introducción a la hora de escoger entre varios productos cuando se tiene que realizar un tratamiento. Si todos tienen una toxicidad parecida para el organismo beneficioso, se podrá elegir el producto con un menor plazo de introducción, ya que nos indicará el plazo que necesitará la población del organismo beneficioso para empezar a recuperarse.

La *fase de instalación* es la más delicada, y se puede considerar que dura desde la introducción del enemigo natural hasta que se ha instalado exitosamente sobre el cultivo. El agente de control biológico se podrá considerar ya instalado cuando se ha reproducido al menos una generación en el cultivo, y existe una población suficiente para controlar la población de la plaga. Esta fase de instalación puede durar varias semanas, pero un plazo de 4 a 6 semanas es lo más común.

En la fase de instalación es cuando se define el éxito de la suelta o introducción del enemigo natural. Es el momento más crítico, ya que la población introducida llega tras un periodo de transporte y es liberada en un ambiente distinto a donde ha sido criada. Por tanto en esa fase la población presentará unas condiciones de debilidad, más o menos acusada en función de la calidad del proceso de reproducción y distribución. Además normalmente la población introducida no será suficiente para controlar la población de la plaga, sino que será la población que se derive de ella, normalmente en una o dos generaciones, la que estará en condiciones de mantener las poblaciones de la plaga bajo control durante un tiempo considerable. Por tanto, es imprescindible que esta instalación sobre el cultivo y la consiguiente reproducción de la población del organismo beneficioso sea lo más eficiente posible, lo que implica un cuidado mayor con los tratamientos químicos que se realizan. En esta fase es cuando son especialmente perjudiciales los efectos subletales sobre los enemigos naturales, ya que podrán afectar negativamente en su reproducción, de manera que se ralentice la formación de una población suficiente en el cultivo. En esta fase de instalación pequeños efectos subletales, como una reducción de la fecundidad (número de huevos) o de la fertilidad (número de larvas emergidas), o incluso un incremento de la duración del ciclo de huevo a adulto, puede comprometer seriamente el éxito del control. Hay que tener en cuenta que en esta fase de instalación la población del agente de control biológico no será muy elevada, por lo que pequeños efectos subletales sobre la reproducción o sobre la capacidad de depredación o de búsqueda de presas, pueden reducir significativamente la capacidad de control del enemigo natural.

La *fase de postinstalación* es cuando se puede considerar que la población del organismo beneficioso está ya establecida. En esta fase habrá una población del enemigo natural más que suficiente para el control de la plaga, con generaciones adaptadas al cultivo y a la plaga, y en plena expansión poblacional. Por tanto, se podrán tolerar tratamientos con un cierto porcentaje de mortalidad, ya que la reducción de la población del organismo beneficioso no afectará a la eficacia de su control. Además la población de la plaga ya estará bajo control, incluso muy por debajo del umbral económico de daño, por lo que probablemente incluso un pequeño incremento de la población de la plaga no repercutirá negativamente en el cultivo.

Figura 2.
Fases de postinstalación



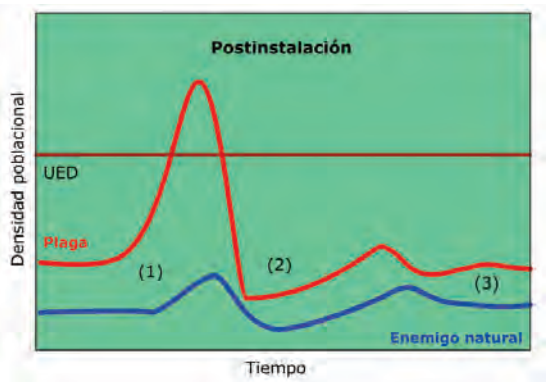
En la fase de postinstalación, con la población establecida, se puede tolerar una reducción de la población del enemigo natural (1) debido a un tratamiento con un plaguicida, necesario contra otra plaga o enfermedad. La población de la plaga puede que experimente un repunte, pero debido a que estaba por debajo del Umbral Económico de Daño (UED), no afecta de manera significativa al cultivo (2). La población del enemigo natural vuelve a controlar la plaga y se reequilibra el sistema (3).

En esta fase de postinstalación, con la población ya establecida y la plaga controlada, no serán de tanta repercusión los efectos subletales de los plaguicidas. Es fácil de entender que, en esas condiciones y dentro de unos límites, la reducción de la reproducción o un incremento de la duración del ciclo del organismo beneficioso no tendrán un efecto significativo sobre su capacidad de control de la plaga. No debemos olvidar, como ya se ha apuntado, que la compatibilidad de los plaguicidas con la fauna auxiliar no se debe medir por su efecto sobre la reducción de la población auxiliar, sino por su efecto sobre la reducción de su acción beneficiosa, capacidad depredadora o parasitaria para los agentes de control biológico, o capacidad polinizadora para los polinizadores. Se podría definir un «umbral poblacional de acción», como la población mínima del organismo beneficioso necesaria para realizar satisfactoriamente su acción beneficiosa. Así el umbral poblacional de acción de un polinizador dependerá del número de flores por unidad de superficie, por lo que podrá variar a lo largo de un cultivo. El umbral poblacional de acción de un agente de control biológico será la densidad poblacional mínima para ejercer su

acción depredadora o parasitaria con suficiente eficacia para controlar la densidad poblacional de la plaga. Por tanto, dependerá de la densidad de población de la plaga, es decir, lo que importa es la relación entre la población del enemigo natural y la población de la plaga. En los momentos con una presión de plaga mayor, con mayores poblaciones de la plaga, el umbral poblacional de acción del agente de control biológico será mayor. Sin embargo, con una población establecida del organismo beneficioso y una población de plaga controlada, se estará por encima del umbral poblacional de acción. Por tanto, una limitada disminución de la población del organismo beneficioso debido a un tratamiento fitosanitario en esta fase no afectará a su acción beneficiosa.

Otra consideración que también hay que hacer es que se debe tener en cuenta el efecto final de todos los métodos de control sobre la plaga. El objetivo del control integrado es el mantenimiento de la población de la plaga por debajo del umbral económico de daño. Por tanto, toda acción de control se debe considerar en función de su eficacia sobre la población de la plaga, y los efectos a largo plazo. Cuando se realiza un tratamiento sobre una plaga, su población será reducida. Por tanto también se podrá reducir la población de su enemigo natural como consecuencia de la reducción de la población de su presa, es decir, de su fuente de alimento. Pero es el equilibrio entre la plaga (presa u hospedante) y el enemigo natural (depredador o parasitoide) lo que interesa mantener. Así una reducción de la población del enemigo natural no será negativa si se mantiene la proporción con la población de la plaga. De esta manera al considerar los efectos de un fitosanitario, dirigido a una cierta plaga, sobre el enemigo natural que depreda o parasita esa misma plaga, será más importante asegurarse de que se mantiene la relación plaga/

Figura 3.
Repunte de la plaga en la fase de postinstalación



En la fase de postinstalación se puede presentar un repunte de la plaga por diferentes causas (inmigración de la plaga, emigración del enemigo natural, reducción de su población, etc.), alcanzando el umbral económico de daño (UED). Un tratamiento fitosanitario puede resolver el problema reduciendo la población de la plaga (2). La consiguiente reducción de la población del enemigo natural, por la disminución de su fuente de alimento, no es un problema si se mantiene la relación plaga/enemigo natural, volviéndose a reequilibrar el sistema (3).

enemigo natural, que la posible reducción de la población del enemigo natural, ya sea ésta provocada directamente por un efecto tóxico del plaguicida o indirectamente por una reducción de la población de su presa. Así el objetivo final será un buen control sobre la población de la plaga manteniendo a un nivel suficiente la población del enemigo natural, es decir, manteniendo el umbral poblacional de acción.

Como se puede fácilmente deducir de los párrafos anteriores, no se puede reducir la compatibilidad entre los plaguicidas y los enemigos naturales a unas tablas sobre sus propiedades tóxicas intrínsecas, independientemente de su efecto sobre el equilibrio entre las poblaciones de la plaga y del enemigo natural. Por tanto se debe demandar una información de mucha mayor calidad, incidiendo en los efectos globales en campo sobre la eficacia del control efectivo de la plaga. Se necesita conocer la compatibilidad de los productos en función de los períodos por los que pasa el desarrollo del control biológico, es decir, sus efectos en las fases de preintroducción, instalación, y postinstalación.

5. Compatibilidad proactiva

Como ya se ha comentado, es de crucial importancia para el futuro del Control Integrado estudiar en profundidad la compatibilidad de los plaguicidas con los enemigos naturales y polinizadores. Pero este estudio no debe limitarse a un conocimiento descriptivo de la incidencia de los distintos plaguicidas y sus formulados sobre las poblaciones de cada especie de fauna auxiliar y sobre su acción beneficiosa. Quedarse en esa posición pasiva estaría muy alejado del desarrollo tecnológico que exige una agricultura moderna. La ciencia y la técnica deben responder al reto de conseguir una agricultura respetuosa con la naturaleza, económicamente viable y que suministre alimentos seguros y saludables a la población. La ciencia y la técnica deben trabajar para buscar activamente un Control Integrado eficaz en todos los cultivos y zonas, y esto implica desarrollar técnicas y métodos que hagan más compatibles los plaguicidas con los enemigos naturales y polinizadores.

Como hemos reseñado anteriormente, el control integrado de plagas no puede quedarse en una descripción de la toxicidad intrínseca de los plaguicidas sobre los individuos de los organismos beneficiosos. En párrafos anteriores se han explicado las bases para pasar del simple estudio de la mortalidad producida, al estudio más completo y práctico de los efectos poblacionales, que considera los efectos letales y subletales, y de los

efectos sobre la acción beneficiosa. El siguiente reto es estudiar cómo abordar una compatibilidad activa, mediante técnicas que permitan un uso más versátil tanto de fauna auxiliar como de los plaguicidas. Es decir, tener una actitud proactiva para conseguir una mayor posibilidad de utilización de los plaguicidas en compatibilidad con los enemigos naturales, que redundará en una mayor posibilidad de aplicación del control biológico, extendiéndolo a cultivos o zonas con problemas de implementación. Además, de esta forma los protocolos de actuación serán más equilibrados y estables, al permitir tener protocolos de control biológico menos vulnerables a los cambios en la incidencia de las plagas y enfermedades, o a los cambios en las estructuras productivas.

La compatibilidad activa puede conseguirse mediante diversas estrategias, tanto de utilización de los plaguicidas como de los organismos beneficiosos.

Dentro de las estrategias de utilización de los plaguicidas, es ya utilizada la táctica de los tratamientos por el sistema de riego, conocida como quimigación (por similitud con fertirrigación). Al no realizar el tratamiento sobre el cultivo, los enemigos naturales no están expuestos a un contacto directo con el plaguicida, ni directamente durante la aplicación, ni al residuo que quedaría sobre las plantas. Esto disminuye en gran medida la exposición de los organismos beneficiosos al plaguicida. En el caso de plaguicidas sistémicos este modo de aplicación se podría realizar para el control de muchas plagas, disminuyendo su incidencia sobre muchos enemigos naturales. Por ejemplo, mientras que la utilización del imidacloprid en pulverización puede resultar muy tóxica, si se aplica por el riego por goteo es completamente compatible con los abejorros en cultivos de tomate (*Bombus terrestris*) (Bielza *et al.*, 2001 y 2005). Sin embargo, los productos sistémicos podrían seguir afectando a algunos enemigos naturales. Algunos depredadores, como la mayoría de los hemípteros depredadores (antocóridos como *Orius*, y míridos como *Macrolophus*) suelen alimentarse o al menos tomar líquido de las plantas, por lo que un producto sistémico aplicado al suelo podría afectarles igualmente. De igual modo, de forma indirecta, la adquisición del insecticida por la plaga al alimentarse de la planta, podría afectar al enemigo natural que la depredara o parasitara.

La quimigación podría utilizarse también con productos no sistémicos, pero sobre plagas que tengan algún ciclo de su desarrollo en el suelo, como los tisanópteros o algunos lepidópteros (muchos noctuidos como *Spodoptera* o *Helicoverpa*, o de otras familias como *Tuta absoluta*). Éste es el caso del trips *Frankliniella occidentalis*, que realiza las últimas fases ninfales en el suelo. Algunos productos aplicados por el riego, reducen

significativamente la emergencia de adultos, lo que contribuye a reducir sus poblaciones. Este tipo de tratamiento quizás no consiga una elevada eficacia, pero al ser compatible con los enemigos naturales puede ser un magnífico complemento de lucha. Otra posible opción, siguiendo la búsqueda activa de la compatibilidad, sería adicionar atrayentes para una plaga a algún insecticida aplicado por el riego, de manera que pudiera afectar más a la plaga que al enemigo natural o al polinizador.

Otra táctica para reforzar la compatibilidad de los plaguicidas podría ser el utilizar el efecto repelente de un producto para alejar de la zona tratada a los enemigos naturales. De esta forma, si se tiene que dar un tratamiento localizado para controlar una plaga poco móvil, se podría añadir dosis muy bajas de un producto repelente, que impidiera o redujese el contacto con el tóxico a los enemigos naturales o polinizadores más móviles.

Otra táctica clásica, que convendría recuperar, es la utilización de cebos que atrajeran diferencialmente a las plagas y a los enemigos naturales. De esta forma se maximizaría el efecto sobre la plaga y se minimizaría sobre el organismo beneficioso.

Los tratamientos localizados por zonas del cultivo, o dirigidos expresamente a algunas partes de la planta, podrían tener un efecto significativo en la reducción de los efectos secundarios de los plaguicidas.

Los efectos secundarios de algunos formulados pueden no estar provocados directamente por la materia activa sino por los disolventes, coadyuvantes, etc. Así se pueden desarrollar nuevas formulaciones que reduzcan o eliminen estos efectos.

Entre las estrategias de manejo de los organismos beneficiosos para buscar la compatibilidad activa con los plaguicidas, se podrían establecer poblaciones de auxiliares más tolerantes a los plaguicidas. Se han descrito poblaciones de enemigos naturales con una susceptibilidad significativamente menor a los plaguicidas (Hoy, 2003). Si utilizamos la tecnología en la agricultura, recurriendo a la mejora vegetal para conseguir variedades con mejores características, es lícito pensar en la mejora de los enemigos naturales buscando mejores cualidades, entre las que podría estar una mayor resistencia a los plaguicidas. Esta mejora, que podría desarrollarse mediante sistemas clásicos o mediante ingeniería genética, podría conseguir una extensión significativa en la aplicación del control biológico (Hoy, 2003). Los estudios sobre resistencia a insecticidas en las plagas nos dan las bases científicas para realizar esta adaptación de la fauna auxiliar hacia la compatibilidad con los plaguicidas.

En determinados casos, esta mejora genética puede no ser posible, o bien plantear problemas medioambientales. En estas situaciones se puede utilizar la táctica de la resistencia inducida. Es un fenómeno bien conocido en la resistencia a tóxicos, que algunos compuestos inducen la producción de enzimas de detoxificación. Esta sobreproducción de enzimas provocará una resistencia inducida a los tóxicos que se apliquen posteriormente. Esta resistencia inducida podrá ser más o menos duradera, en función del tiempo de exposición, estadio de desarrollo, enzimas involucrados, etc. Así en determinados situaciones donde una suelta de enemigos naturales fracasaría por una exposición a residuos de plaguicidas o contaminaciones exteriores, la introducción de enemigos naturales con resistencia inducida podría significar la diferencia entre el éxito o el fracaso.

6. Efectos sobre grupos

6.1. Fitoseidos

Los fitoseidos depredadores, como *Amblyseius californicus*, *A. cucumeris*, *A. swirskii* y *Phytoseiulus persimilis*, son en general muy susceptibles a los piretroides. De igual modo los carbamatos y los organofosforados son bastante tóxicos para estos ácaros beneficiosos. Sin embargo, algunos carbamatos, como el pirimicarb, muestran una compatibilidad mucho mejor, al igual que algún fosforado como el metil clorpirifos. Los neonicotinoides (imidacloprid, acetamiprid, tiametoxam, tiacloprid) tienen una compatibilidad diversa con los fitoseidos, con algunos productos algo más compatibles, como el tiacloprid y el tiametoxam, que otros. Sin embargo su compatibilidad mejora sustancialmente cuando se realizan aplicaciones al suelo, buscando su efecto sistémico.

Los insecticidas reguladores del crecimiento, como las benzoilureas (diflubenzurón, hexaflumurón, lufenurón, etc.), o los inhibidores de las síntesis de quitina (buprofecín), o los análogos de la hormona juvenil (piriproxifén), o productos con un modo de acción múltiple como la azadiractina, tienen en general una buena compatibilidad con los ácaros fitoseidos.

Nuevos grupos de insecticidas que están llegando al mercado como los derivados del ácido tetrónico (espiromesifén) tienen también buena compatibilidad con los fitoseidos.

Dentro de los acaricidas, aunque pudiera parecer lo contrario, hay algunos productos con muy buena compatibilidad con los ácaros fitoseidos, como es el caso del hexitiazox o el tetradifón, entre otros.

6.2. Insectos depredadores

En este grupo incluiremos los principales depredadores, como *Chrysoperla carnea*, los coccinélidos (*Coccinella septempunctata*, *Harmonia axyridis*), y los hemípteros (*Macrolophus caliginosus*, *Orius laevigatus*).

En general, tanto los piretroides, como los fosforados y carbamatos, presentan una elevada toxicidad directa sobre la mayoría de los depredadores. Incluso el pirimicarb, aún siendo menos tóxico que el resto, es más tóxico para los insectos depredadores que para los ácaros depredadores.

Los neonicotinoides también son tóxicos para este grupo de insectos depredadores, sin embargo presentan una persistencia mucho menor. Las aplicaciones de estos productos al suelo son mucho más compatibles, aunque se debe de tener cuidado con los hemípteros depredadores (*Macrolophus*, *Orius*) ya que succionan savia de las plantas en mayor o menor medida.

Los insecticidas reguladores del crecimiento y similares, por su propio modo de acción, muestran en general una buena compatibilidad con los adultos pero peor con los estados larvarios o ninfales.

Los nuevos productos que llegan al mercado muestran excelentes propiedades de compatibilidad, como es el caso del espiromesifén, con muy buena compatibilidad sobre *Orius* (Bielza *et al*., 2009).

Los acaricidas son bastante compatibles con los insectos depredadores, excepto aquellos con conocida acción insecticida, como el piridabén, que muestra una menor compatibilidad.

6.3. Parasitoides

En el grupo de parasitoides consideramos a himenópteros como *Aphidius colemani*, *Diglyphus isaea*, *Eretmocerus mundus, Encarsia formosa*, o *Trichogramma brassicae*.

Como en los anteriores grupos de enemigos naturales, los piretroides, fosforados y carbamatos resultan bastante tóxicos para estos insectos, excepción hecha del carbamato pirimicarb, reputado aficida, que es especialmente compatible con el parasitoide de pulgones *A. colemani*.

Los neonicotinoides tienen un efecto tóxico sobre los parasitoides, aunque hay diferencias entre ellos. Por ejemplo, el tiametoxam parece resultar menos tóxico que el imidacloprid al ectoparasitoide *D. isaea*. Sin embargo, todos los neonicotinoides aplicados al suelo son mucho más compatibles con los parasotoides.

Los insecticidas reguladores del crecimiento son bastante compatibles con los parasitoides, a excepción del diafentiurón, que es tóxico para alguno de ellos.

Entre los acaricidas, sólo los que tienen acción insecticida, como el piridabén, pueden tener efectos tóxicos significativos sobre los parasitoides.

De manera similar a todos los organismos beneficiosos, los nuevos productos que se desarrollan suelen presentar como una de sus principales características una baja toxicidad para la fauna auxiliar, y en concreto para los parasitoides. Por ejemplo, el espiromisifén presenta muy buena compatibilidad con *Eretmocerus mundus* (Bielza *et al*., 2009). Es un ejemplo típico de la importancia de mantener la proporción entre la plaga y el enemigo natural, más que de mantener la población del parasitoide. Debido a la eficacia sobre la mosca blanca del tratamiento con espiromesifén, la población del parasitoide se puede reducir ya que disminuye su fuente de alimento. Sin embargo, el porcentaje de parasitismo no se ve afectado, manteniendo el nivel de la acción beneficiosa, haciendo sostenible en el tiempo la eficacia del tratamiento insecticida y su compatibilidad con el enemigo natural.

7. Informes sobre efectos

Como ya se ha comentado, los efectos letales y subletales hay que definirlos para cada especie de organismo beneficioso y para cada plaguicida. Es más, distintos formulados de un mismo plaguicida pueden tener efectos muy distintos sobre las poblaciones de enemigos naturales y polinizadores, por lo que habría que estudiar cada formulado comercial. Además, resaltar lo ya explicado sobre la importancia de considerar los efectos sobre la acción beneficiosa, o sea, sobre la relación entre la población de la plaga y la población del enemigo natural, más que la toxicidad intrínseca de cada plaguicida sobre los individuos. Por todo ello se escapa al alcance de este capítulo una relación detallada de los efectos de los plaguicidas sobre las distintas especies de organismos beneficiosos.

Como fuente de información sobre los efectos secundarios se facilitan a continuación algunas direcciones de Internet:

- Biobest Biological Systems: http://www.biobest.be/v1/sp/index.htm
- Koppert Biological Systems: http://efectos-secundarios.koppert.nl/

8. Bibliografía

- BIELZA, P.; CONTRERAS, J.; GUERRERO, M. M.; IZQUIERDO, J.; LACASA, A. y MANSANET, V. (2001): «Effects of Confidor 20 LS and Nemacur CS on bumblebees pollinating greenhouse tomatoes»; en *IOBC/wprs Bulletin* (24); pp. 83-88.

- BIELZA, P.; CONTRERAS, J.; QUINTO, V.; IZQUIERDO, J.; MANSANET, V. y ELBERT, A. (2005): «Effects of Oberon® 240 SC on bumblebees pollinating greenhouse tomatoes»; en *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* (58); pp. 469-484.

- BIELZA, P.; FERNÁNDEZ, E.; GRÁVALOS, C. y IZQUIERDO, J. (2009): «Testing for non-target effects of spiromesifen on *Eretmocerus mundus* and *Orius laevigatus* under greenhouse conditions»; en *BioControl* (54); pp. 229-236.

- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. y DELPUECH J. M. (2007): «The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods»; en *Annual Reviews of Entomology* (52); pp. 81-106.

- HOY, M. A. (2003): *Insect molecular genetics. An introduction to principles and applications*. Academic Press.

- STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J. J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E. y VOGT, H. (1999): «Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'»; en *BioControl* (44); pp. 99-117.

- STERN, V. M.; SMITH, R. F.; VAN DEN BOSCH, R. y HAGEN, K. S. (1959): «The Integrated Control Concept»; en *Hilgardia* (29); pp. 81-101.

Tema 14

Biodesinfección del suelo para el control de micosis de origen edáfico, corrección de la "fatiga" y efecto sobre las propiedades físico-químicas del suelo

Julio César Tello Marqina[1], Daniel Palmero Llamas[2], Aurora García Ruíz[3] y Miguel de Cara García[1]

1. Introducción

El propósito de este capítulo es presentar la biodesinfección como remedio para resolver algunos problemas del suelo, que inciden directamente en la producción final agrícola, actuando como factores limitantes. Problemas, como indica el título, que pueden agruparse en los siguientes epígrafes: a) fenómenos de «fatiga» o «tierras cansadas»; b) control satisfactorio de dos grupos de enfermedades bien distintas: la podredumbre de raíces y cuello de las plantas de pimiento causadas por *Phytophthora capsici*, y la fusariosis vascular del clavel cuyo incitante es *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*; c) la mejora de las propiedades físico-químicas del suelo propiciada por la biodesinfección utilizando materia orgánica fresca.

Hace no muchos años hubiese sido poco creíble que un mismo procedimiento de desinfección del suelo, sirviese para tantas cosas y tan aparentemente diferentes. Gracias al Protocolo de Montreal se puso en marcha la retira del bromuro de metilo como fumigante de suelos agrícolas. Retirada –aceptada por la práctica totalidad de los países del mundo– que se justificó por haberse demostrado el papel del bromo en la destrucción de la capa de ozono de la estratosfera próxima y los consiguientes problemas de salud (cataratas, melanomas, etc.). Los países más desarrollados retiraron el uso del fumigante en 2005, el resto deberán eliminarlo en enero de 2015. El extendido uso de este biocida no fue casual, se debió a haberse comportado como el mejor desinfectante químico del suelo durante los casi 50 años de aplicación generalizada. Capacidad antimicrobiana que permitió ampliar sus beneficios a bodegas de barcos, graneros, museos, etc.

España fue uno de los países pioneros en ensayar alternativas para sustituir al bromuro de metilo, gracias a un proyecto de investigación nacional que agrupó a numerosos expertos y que lleva activado unos 14 años. Este capítulo es deudor de algunos de los trabajos desarrollados en nuestro país y de la experiencia adquirida en diferentes países del mundo por alguno de los autores del trabajo.

[1] Universidad de Almería. Grupo de investigación AGR200. La Cañada de San Urbano s/n. 04120 Almería
[2] Universidad Politécnica. EUIT Agrícolas. Ciudad Universitaria s/n. 28040 Madrid.
[3] IFAPA. Centro de Chipiona. Camino de la Esparragosa s/n. 11540 Chipiona (Cádiz).

Parece procedente por mor de la claridad, hacer una aproximación al término biodesinfección, que parece empieza a ser aceptado en numerosas obras técnicas y científicas: diversos tipos de materias orgánicas (restos de cosecha, estiércoles poco hechos, y otros residuos vegetales) al descomponerse en el suelo húmedo liberan moléculas tóxicas para artrópodos, nematodos, hongos, bacterias, virus. Las mencionadas moléculas pueden ejercer un doble efecto, por un lado sobre los microorganismos patógenos y por otro favoreciendo poblaciones microbianas antagonistas.

Dentro de ese concepto de biodensinfección, dos técnicas han sido desarrolladas, por una parte la biofumigación y por otra la biosolarización. Se diferencian en la aplicación de solarización. Es decir, mientras que en la biofumigación se produce el compostado de la materia orgánica poco descompuesta enterrada en presencia de humedad permanente a capacidad de campo, en la biosolarización dicho compostado se acompaña de 4 semanas de solarización. Bien es cierto que existen variantes. Así, en ausencia de fuerte radiación solar, el suelo se ha cubierto de plástico (transparente u opaco), o se ha acolchado con restos vegetales y el efecto ha sido equiparable al de una biosolarización, en la cual, como se sabe, se suma el efecto desinfectante de la solarización.

Hay que reconocerle un valor añadido a estas técnicas, aparte de su probada eficacia: su utilización sin intermediarios. Cualquiera puede practicarlas y si se trata de un agricultor aseado, con costo cero. Pero, además, son muy respetuosas con el entorno al limpiar el campo de restos vegetales y evitar una potente fuente de inóculos patógenos para las nuevas plantaciones, las antiguas, las propias y las del vecino. Hasta donde sabemos, y no es poco, los restos de cosecha enfermos utilizados para biodesinfectar, quedan limpios de patógenos al ser eliminados por el proceso en el suelo.

2. Corrección de la fatiga del suelo

Hace no muchos años, Tello y Lacasa (2004) publicaron una retrospectiva histórica (sexenio 1979-1985) sobre sus trabajos experimentales para controlar *Phytophthora capsici*, agente causal de la seca o tristeza del pimiento. Las conclusiones se ajustan a lo que se pretende en este apartado, y podrían resumirse de la siguiente manera: si bien es cierto que cualquiera de los tratamientos de desinfección evaluados no permitían un control completo del parásito, recomendaban el uso de bromuro de metilo por incrementar, de

manera muy notable, la producción. A este efecto se le conoce entre los agricultores y técnicos de la zona como el «efecto bromuro». Esa relación entre la desinfección de un suelo y el incremento de la producción, ha sido puesta en evidencia en los pimentonales murcianos por el equipo del Dr. Lacasa. La evaluación de las mermas de producción en un invernadero con 12 años de monocultivo, en ausencia de enfermedades edáficas que justificase la desinfección, arrojaba valores de un orden superior al 60%. Cuando se valoraba la cosecha en un invernadero con 2 años de monocultivo, dicha disminución estaba en torno al 25%. Cuando se procedía a desinfectar el suelo, con bromuro de metilo la producción se incrementaba en las proporciones medidas para las pérdidas. El «efecto bromuro» no era otra cosa que un enmascaramiento de la «fatiga» del suelo. El fenómeno fue reproducido en condiciones controladas, llegándose a unos resultados sumamente interesantes: 1) el fenómeno de fatiga era específico para el cultivo de pimiento y parecía tener un origen microbiológico; 2) cuando en dichos suelos se cultivaba apio, cebolla y lechuga el fenómeno de fatiga no se expresaba; y 3) las plantas de apio, cebolla y lechuga eran menos vigorosas y productivas cuando el suelo se desinfectaba con bromuro de metilo o con vapor de agua (autoclave, 120 ºC, 30 min.).

En el mismo sentido pueden interpretarse los resultados obtenidos en los ensayos para buscar alternativas al uso del bromuro de metilo en el cultivo de fresón en Huelva.

En la Tabla 1 se presentan los resultados referentes a la aplicación de diferentes fumigantes en suelos cultivados con fresón. Debe tenerse presente que los autores declaran que durante los años de experimentación, las plantaciones tuvieron una sanidad envidiable, sin presencia de los patógenos telúricos que se pretendían controlar (*Phytophthora cactorum, Verticillium dahliae, Colletotrichum acutatum* y nematodos).

En ausencia de parásitos del cultivo de fresa, es evidente que el incremento de producción por parte de algunos fumigantes podría explicarse por el fenómeno de fatiga. Fatiga que también fue puesta de manifiesto para el mismo cultivo, en la misma zona durante las campañas 2001-2002 y 2002-2003 por Castillo y López Bellido (2003). Este tema fue ampliamente comentado por Tello *et al.* (2006) en un trabajo anterior. La corrección del fenómeno de las «tierras cansadas» mediante la desinfección del suelo ha sido propuesta por Cebolla Rosell y Maroto Borrego (2004).

El fenómeno de fatiga del suelo ha sido corregido por la aplicación de la biofumigación y de la biosolarización en los cultivos de pimiento de Murcia.

Tabla 1. Producción total acumulada (g/planta) y relativa de plantas de fresón, como respuesta a diferentes técnicas de desinfección del suelo

	Producción acumulada			
	Finca Occifresa		Finca Cumbres Malvinas	
Tratamientos ensayados	Total	Relativo (*)	Total	Relativo (*)
Telopic VIF	1081 a	104,3 a	1038 a	97,0 a
BM-pic (50-50)	1036 ab	100 ab	1070 a	100,0 a
Cloropicrina VIF	1008 ab	97,3 ab	1068 a	99,8 a
BM-pic (33-67) VIF	1009 ab	97,4 ab	1062 a	99,3 a
Dazomet-dir VIF	965 ab	93,2 ab	1084 a	101,3 a
Dazomet rot VIF	994 ab	96 ab	1034 a	96,6 a
DMSD VIF	930 abcd	89,7 abcd	1071 a	100,1 a
Propozone	916 bcd	88,4 bcd	1055 a	98,6 a
DMSD PE	812 cd	78,3 cd	986 a	92,2 a
Testigo	791 d	76,4 d	989 a	92,4 a

** EL 100 para comparar es el tratamiento generalizado en la zona (BM-pic(50-50))*
PE=polietileno; VIF= plástico virtualmente impermeable
Las cifras con la misma letra en cada cuadrícula no son significativamente diferentes (P>0,05)

Fuente: Tomado de López-Aranda *et al.* (2004).

Los tratados de Fitopatología y de Patología Vegetal dan muy poca información, por no decir ninguna, sobre este fenómeno de la fatiga del suelo. Deficiencia que se aprecia, igualmente, en la publicaciones periódicas. Sólamente se ha podido consultar una recopilación sobre el tema del III Coloquio de la Sociedad Francesa de Fitopatología celebrado hace casi 30 años, cuyo título es: *La fatigue des sols. Diagnostic de la fertilité dans les systémes culturaux*, y que se celebró en Versalles (Francia) durante el año 1982. Los expertos allí reunidos no supieron dar una definición única del fenómeno, quizás las más aceptada sea la dada por Bouhot en el mencionado coloquio: *la perturbación de la fertilidad de los suelos debida a causas múltiples que pueden ser en el campo acumulativas, sucesivas o simultáneas*. Bouhot, reflexionaba de la siguiente manera refiriéndose a las tierras cansadas: *Actualmente el hombre de campo observa que sus rendimientos no se materializan en lo esperado y nadie sabe por qué.*

Casos de fatiga han sido referidos para diversos cultivos: remolacha azucarera, trigo, espárrago, fresa, tomate, apio, coliflor, escarola, perejil, alcachofa, escorzonera o salsifí de España, patata, manzanos y cítricos.

Tres tipos de fatiga han sido descritos:

1. Fatiga física debida a una mala o defectuosa estructura del suelo.

2. Fatiga química debida a una fitotoxina.

3. Fatiga microbiológica debida al «parasitismo de debilidad».

La biodesinfección del suelo incide corrigiendo las tres al actuar sobre la fracción microbiológica y sobre las propiedades físico-químicas del suelo.

3. Control de enfermedades de origen edáfico

Las enfermedades telúricas, del suelo, o edáficas, producidas por hongos son limitadas entre otros procedimientos, mediante la desinfección del suelo usando, de manera más común, fumigantes químicos. En este apartado se van a presentar los datos concernientes a dos patógenos reputados en los cultivos intensivos bajo plástico. El primer modelo se refiere a la fusariosis vascular del clavel, cuyo agente causal es el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* y que puede servir de modelo para otras fusariosis vasculares. El segundo modelo se refiere al patosistema del oomiceto (para algunos ha dejado de encuadrarse en el reino de los hongos) *Phytophthora capsici* en cultivos de pimiento y puede servir para otros modelos donde los ficomicetos del género provocan podredumbres radiculares y muerte consiguiente de las plantas.

3.1. Control de la fusariosis vascular del clavel

El modelo estudiado se ha desarrollado en los cultivos de clavel para flor cortada bajo invernaderos en la Costa Noroeste de la provincia de Cádiz, donde se concentra la mayor superficie de este cultivo (unas 700 ha) en nuestro país y se reparte entre los términos municipales de Sanlúcar de Barrameda, Chipiona y Rota. Las evaluaciones realizadas recientemente por García Ruíz (2008) pusieron en evidencia que la micosis estuvo presente en todos los invernaderos muestreados (un 6% del total de superficie cultivada). La totalidad de las explotaciones agrícolas se desinfectaban antes de plantar usando fumigantes químicos (bromuro de metilo, metam sodio y 1-3 dicloropropeno) y entre ellos

el bromuro de metilo se aplicaba en el 28,97% de los predios agrícolas. Un total de 94 variedades de clavel son utilizadas, 44 de ellas tenían el grado máximo de resistencia al patógeno, y en todas se encontraron plantas enfermas. Estos resultados son comparables con los presentados por Tello Marquina y Lacasa Plasencia (1990) para el Sureste de España y por Andrés Ares (1995) para Galicia. En resumen la fusariosis vascular del clavel es una enfermedad de difícil e imperfecto control cuando se utilizan de manera combinada, la resistencia varietal y la fumigación química del suelo. Tanto más imperfecto cuando se tiene presente que para que tenga una rentabilidad aceptable debe mantenerse dos años como mínimo sobre el mismo suelo.

La comparación de la desinfección del suelo con fumigantes químicos y con diferentes materias orgánicas poco descompuestas se presenta en la Tabla 2, pasados 641 días desde que se hizo la plantación, es decir finalizado, prácticamente, el cultivo.

Tabla 2. Gravedad de la fusariosis vascular del clavel y producción de tallos de flor a los 641 días después del transplante (campaña 2004-2006)

TRATAMIENTO	% Plantas enfermas/muertas	PT (tallos·m^{-2})	PC (tallos·m^{-2})	PNC (tallos·m^{-2})
TESTIGO	86,46 a	252,18 a	213,73 a	38,46 a
ALP+BIOF	50,00 ab	299,53 a	277,89 a	21,64 ab
ALP+BIOS	54,17 ab	313,83 a	284,65 a	29,18 ab
CL+CR+BIOF	100,00 a	214,50 a	198,46 a	16,04 b
CL+CR+BIOS	89,58 a	276,53 a	255,86 a	20,68 ab
CL+CR+GALL+BIOF	98,96 a	229,38 a	206,77 a	22,61 ab
CL+CR+GALL+BIOS	13,54 b	370,26 a	351,90 a	18,36 b
DICL+CL	54,17 ab	327,16 a	295,47 a	31,69 ab
DICL+CL+T34	85,42 a	330,45 a	310,16 a	20,29 ab
METANSODIO+SOLA	72,92 a	313,06 a	286,97 a	26,09 ab
METANSODIO+SOLA+T34	70,83 a	255,08 a	226,10 a	28,99 ab
BM	47,92 ab	334,12 a	320,01 a	14,11 b
p-valor	0,0002	0,0561	0,0671	0,0044

Las medias seguidas de distintas letras, difieren significativamente (P < 0,05), análisis de la varianza seguido del test de Tukey para los grupos homogéneos. Los análisis de varianza se han realizado con los datos transformados del arcoseno de la raíz cuadrada del porcentaje de plantas enfermas en tanto por uno. % plantas enfermas y/o muertas: expresan la severidad del progreso de la enfermedad de los distintos tratamientos de desinfección desde la plantación hasta el final de la segunda campaña. AL+BIOF: compost de alperujo (12 kg·m^{-2}) + biofumigación; ALP+BIOS: compost de alperujo (12 kg·m^{-2}) + bisolarización; CL+CR+BIOF: compost de clavel + crisantemo (12 kg·m^{-2}) + biofumigación; CL+CR+BIOS: compost de clavel + crisantemo (12 kg·m^{-2}) + biosolarización; CL+CR+GALL+BIOF: compost de clavel + crisantemo (5 kg·m^{-2}) + gallinaza (5Kg·m^{-2}) + biofumigación; CL+CR+GALL+BIOS: compost de clavel + crisantemo (5 kg·m^{-2}) + gallinaza (5 kg·m^{-2}) + biosolarización; DICL+CL: dicloropropeno + cloropicrina (50 g·m^{-2}); DICL+CL+T34: dicloropropeno + cloropicrina (50 g·m^{-2}) + Trichoderma T34; MET+SOL: metamsodio (120 cc·m^{-2}) + 4 semanas solarización; MET+SOL+T34: metamsodio (120 cc·m^{-2}) + 4 semanas solarización + Trichoderma T34; TEST: testigo sin tratar; BM: bromuro de metilo (30 g·m^{-2}). PC: producción comercial nº tallos·m^{2}; PNC: producción no comercial nº tallos·m^{2} . PT= PC+PNC.

La Tabla 2 permite algunas precisiones. Los materiales vegetales utilizados estaban poco descompuestos cuando se añadieron al suelo, así para los restos de crisantemo la relación C/N fue de 31,78 y para los de clavel dicho coeficiente tuvo el valor de 30,71. Es necesario tener en cuenta que los restos de plantas de clavel contenían un mínimo del 30% de plantas enfermas con fusariosis vascular. El antagonista *Trichoderma asperellum* (cepa T34) fue añadido a razón de $24 \cdot 10^9$ UFC por parcela de ensayo antes de plantar y en 5 ocasiones al pie de las plantas a lo largo de los dos años que duró el cultivo. Finalmente, la solarización se aplicó durante 4 semanas.

Los resultados evidencian que el mejor tratamiento fue la combinación de los restos de cultivo de crisantemo y clavel con gallinaza y solarización (CL+CR+GALL+BIOS) que estuvo, en lo concerniente al control de la micosis, por encima del bromuro de metilo. Dos apuntes con respecto a este tratamiento son necesarios: 1) Si se compara dicho tratamiento con el que utilizó los mismo ingredientes, pero no hubo solarización (fue una biofumigación), codificada como CL+CR+GALL+BIOF, la diferencia es sustancial. Cabría aquí plantearse que la solarización determina la eficacia; sin embargo, las temperaturas del suelo no difirieron significativamente de las medidas en el aire, por lo que podría sugerirse que ha sido la «retención» de moléculas fungicidas por el plástico quien ha marcado la diferencia. Esta observación puede apoyarse con la Figura 1 y la Tabla 3 que recogen las temperaturas del aire y del suelo. 2) El ingrediente que parece necesario en el proceso es la gallinaza. Así lo sugieren los resultados obtenidos cuando este ingrediente es el único que falta en el tratamiento codificado como CL+CR+BIOS.

En los tratamientos donde se aplicó *Trichoderma asperellum* no se exteriorizó ningún efecto beneficioso sobre el control de la fusariosis vascular. Su presencia en el suelo estuvo evaluada a lo largo de todo el cultivo en el suelo; y, si bien estuvo presente en todos los muestreos la densidad de inóculo fue mucho menor que la tasada para las inoculaciones iniciales.

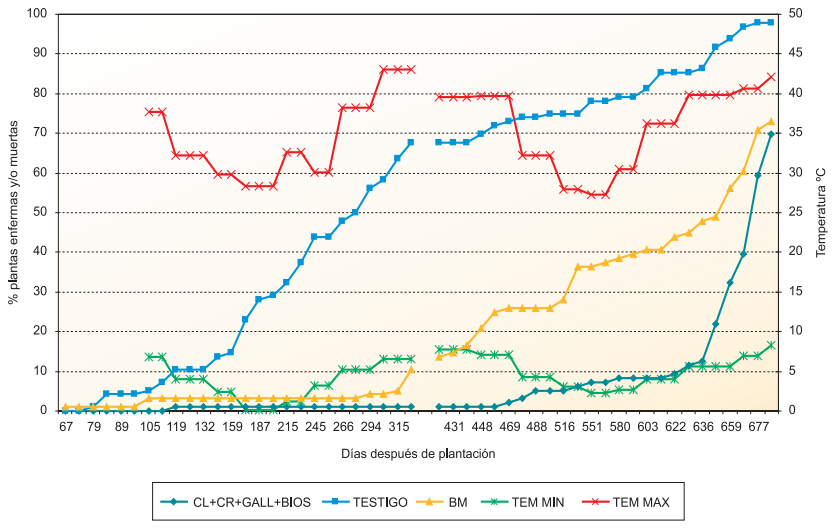
En lo concerniente a la producción de tallos, que es la acumulada a lo largo de todo el cultivo, el tratamiento estadístico solo muestra diferencias significativas para las varas de flor no comerciales entre el testigo, el bromuro de metilo y la biosolarización con clavel, crisantemo y gallinaza. La producción comercial y la total no muestran diferencias estadísticas significativas. Este hecho desde el punto de vista del agricultor puede ser irrelevante, cuando a efectos de ventas hay más de 120 tallos de diferencia. Al final del cultivo el programa estadístico si arrojó diferencias significativas a favor del tratamiento de

Tabla 3. Temperaturas (ºC) del suelo tomadas a la misma hora solar a 20 cm de profundidad a intervalos de días durante los 31 días que duró la solarización.

	Días después de desinfección								
Tratamiento	**3**	**8**	**12**	**15**	**20**	**25**	**29**	**31**	**Media**
ALP+BIOF	21,7 b	22,9 b	22,9 a	25,6 b	32,0 b	32,9 b	28,4 a	28,5 b	26,9 a
ALP+BIOS	23,0 a	23,6 ab	23,6 a	28,1 a	36,8 a	38,7 a	31,7 a	30,8 a	29,5 a
CL+CR+BIOF	21,7 b	23,0 b	23,0 a	25,6 b	31,8 b	32,4 b	28,0 a	27,8 b	26,7 a
CL+CR+BIOS	23,3 a	23,8 ab	23,8 a	28,5 a	36,8 a	38,7 a	28,9 a	31,3 a	29,4 a
CL+CR+GALL+BIOF	23,5 a	23,6 ab	23,6 a	26,1 b	32,6 b	33,2 b	28,4 a	28,1 b	27,4 a
CL+CR+GALL+BIOS	23,2 a	24,3 a	23,8 a	28,9 a	37,3 a	39,2 a	32,5 a	32,1 a	30,2 a
p-valor	0,0001	0,0035	0,0439	0	0	0	0,0333	0	0,01

Las medias seguidas de distintas letras, difieren significativamente (P < 0,05), análisis de la varianza seguido del test de Tukey para los grupos homogéneos. Los datos expresan la temperatura registrada durante el proceso de desinfección de los tratamientos con aporte de materia orgánica. AL+BIOF: compost de alperujo (12 kg·m^{-2}) + biofumigación; ALP+BIOS: compost de alperujo (12 kg·m^{-2}) + bisolarización; CL+CR+BIOF: compost de clavel + crisantemo (12 kg·m^{-2}) + biofumigación; CL+CR+BIOS: compost de clavel + crisantemo (12 kg·m^{-2}) + biosolarización; CL+CR+GALL+BIOF: compost de clavel + crisantemo (5 kg·m^{-2}) + gallinaza (5 kg·m^{-2}) + biofumigación; CL+CR+GALL+BIOS: compost de clavel + crisantemo (5 kg·m^{-2}) + gallinaza (5 kg·m^{-2}) + biosolarización; DICL+CL: dicloropropeno + cloropicrina (50 g·m^{-2}); DICL+CL+T34: dicloropropeno + cloropicrina (50 g·m^{-2}) + Trichoderma T34; MET+SOL: metamsodio (120 cc·m^{-2}) + 4 semanas solarización; MET+SOL+T34: metamsodio (120 cc·m^{-2}) + 4 semanas solarización + Trichoderma T34; TEST: testigo sin tratar; BM: bromuro de metilo (30 g·m^{-2}).

Figura 1: Curva de progresión de la epidemia de la fusariosis vascular del clavel para el testigo sin tratamiento y temperatura máximas y mínimas del aire del invernadero (campañas 2004-2005 y 2005-2006)



CL+CR+GALL+BIOS: compost de clavel + crisantemo (5 kg·m^{-2}) + gallinaza (5 kg·m^{-2}) + biosolarización;
TEST: testigo sin tratar; BM: bromuro de metilo (30 g·m^{-2}).

biosolarización que mas controló la micosis (CL+CR+GALL+BIOS). Finalmente indicar que la cantidad de materia orgánica utilizada es muy elevada, en la actualidad los ensayos en marcha ponen de manifiesto que la biosolarización podrá ser igual de efectiva utilizando la cuarta parte de la usada en este experimento. Este procedimiento ha sido adoptado por numerosos agricultores de la zona.

Finalmente, los tratamientos químicos con solarización y sin ella no proporcionaron una protección suficiente para el sostén del ejercicio económico. En este punto es conveniente reseñar que los costos comparados entre tratamientos pusieron en evidencia que el mejor tratamiento con biosolarización tuvo un costo de 0,27 euros/m^2, mientras que para el bromuro de metilo fue de 0,47 euros/m^2.

3.2. Control de la seca o tristeza del pimiento

Como se evocaba anteriormente, la micosis causada por *Phytophthora capsici* y *P. parasitica*, se erige como un factor limitante para los cultivos de pimiento. Hecho estudiado desde hace años en las plantaciones de Murcia y Extremadura. Se tomará aquí el modelo desarrollado en Murcia, en los pimentonales del Campo de Cartagena, desde hace casi catorce años. Modelo que va a permitir comprobar las cantidades mínimas de materia orgánica poco descompuesta que son necesarias para realizar la biosolarización y que puede reiterarse todos los años sobre el mismo suelo. El ejemplo seleccionado se encuadra en un monocultivo desde hace 30 años, con una duración de 7 a 9 meses cada año. El procedimiento de desinfección generalizada fue, hasta hace 3 años, la fumigación con bromuro de metilo, todos los años, antes de plantar. Los datos utilizados fueron publicados por Guerrero *et al.* (2004) y comentadas posteriormente por Tello *et al.* (2006).

Una primera aproximación se hizo utilizando elevadas cantidades de materia orgánica poco descompuesta, tal y como aparece en la Tabla 4, donde se comparan los resultados para dos invernaderos diferentes.

Como siempre ocurre cuando se ensaya en el campo, hay ligeras desviaciones de un invernadero a otro. Pese a ello el control de *P. capsici* es bueno y también lo es la producción, cuando se compara con el testigo, conformado por el bromuro de metilo que era el fumigante a sustituir. Una objeción podría ponerse a estos resultados: la elevada cantidad

de materia orgánica a utilizar, unas 100 t/ha, lo cual es insostenible desde dos puntos de vista, uno el balance económico y otro una posible contaminación por nitratos en las aguas freáticas. Esta investigación previa fue completada con un ensayo para evaluar como la biosolarización fue capaz de controlar la seca o tristeza, utilizando en el proceso como material biofumigante los restos de cosecha conteniendo plantas enfermas por *Phytophthora capsici*. La Tabla 5 muestra los resultados.

Como se indicó en el módulo presentado para el control de la fusariosis vascular del clavel, aquí se vuelve a reiterar como el uso de restos de cosecha con plantas enfermas no representa ningún incremento de la gravedad de la micosis. No se escapa la gran transcendencia de estas observaciones que, en contra de la opinión generalizada entre especialistas, los restos de cosecha pueden dejar de ser una fuente de inóculo por acción del mismo medio donde se expresa el patógeno. Trascendencia que abarca a esa necesidad en los cultivos intensivos protegidos que se denomina «limpieza del campo».

Tabla 4. Efectos del primer año de biosolarización con materias orgánicas diferentes sobre el control de *Phytophthora capsici* en cultivos de pimiento

Tratamiento	Dosis	% plantas con *P. capsici*	Altura de plantas vigor (cm)	Producción comercial	Código invernadero
Bromuro de metilo (98:2)	30 g·m^{-2} VIF	0,0 a	133, 2 a	9,6 a	C
Biosolarización	7 kg·m^{-2}EO+3 kg·m^{-2} GA	0,8 b	94,5 b	8,7 ab	
Biosolarización	7 kg·m^{-2}EO+0,5 kg·m^{-2} HS	0,4 ab	93,2 b	8,1 b	
Bromuro de metilo (98:2)	30 g·m^{-2} VIF	0,0 a	108,0 a	9,8 a	J
Biosolarización	7 kg·m^{-2}EO+3 kg·m^{-2} GA	3,1 b	92,5 b	8,6 b	
Biosolarización	7 kg·m^{-2}EO+0,5 kg·m^{-2} HS	0,0 a	89	9,7 a	

VIF=plástico virtualmente impermeable; EO=estiércol fresco de oveja; HS=harina de soja; GA=gallinaza.
Fuente: Adaptado de Guerrero *et al.* (2004).

Tabla 5. Efecto de la biosolarización aplicada en el mes de julio en el control del inóculo en el suelo de *Phytophthora capsici* y de la gravedad de la micosis al final del cultivo.

Tratamiento ensayado	Antes de tratar	Después de tratar	%Plantas muertas al final del cultivo
Biosolarización sin restos de plantas de pimiento enfermas. Tratamiento en julio	0,028 a	0	9,9 a
Biosolarización con restos de plantas de pimiento enfermas. Tratamiento en julio	0,013 a	0	9,8 a
Testigo (ningún tratamiento)	0,034 a	0	72,1 b

Fuente: Adaptado de Guerrero *et al.* (2004).

Tabla 6. Efecto de la biosolarización aplicada reiteradamente en cultivo de pimiento en el Campo de Cartagena (Murcia)

Tratamiento	Dosis	Índice de malas hierbas	*Meloidogyne incognita*		Altura de plantas: vigor	Producción comercial
			% plantas enfermas	Índice de nodulación		
Bromuro de metilo (98:2)	30 $g \cdot m^{-2}$	0,04 a	0,00 a	0,00 a	142,0 a	9,4 a
Biosolarización 2º año	5$kg \cdot m^{-2}$EO+2,5$kg \cdot m^{-2}$ GA	0,71 b	53,33 b	2,7 c	144,0 a	8,8 a
Biosolarización 4º año	3$kg \cdot m^{-2}$EO+1,5$kg \cdot m^{-2}$ GA	0,33 b	20,00 ab	0,7 ab	155,0 a	8,9 a
Biosolarización 5º año	2$kg \cdot m^{-2}$EO+0,5$kg \cdot m^{-2}$ GA	0,17 a	33,33 ab	1,0 b	141,0 a	9,1 a
Biosolarización 6º año	2$kg \cdot m^{-2}$EO+0,5$kg \cdot m^{-2}$ GA	0,37 ab	13,30 ab	0,3 a	144,0 a	9,6 a
Testigo		1,68 c	100	3,8 d	125,0 b	7,2 b

EO=estiércol fresco de oveja; GA=gallinaza; nivel de significación P<0,05.
Fuente: Guerrero *et al.* (2004).

Por ello, el equipo de investigación encabezado por el Dr. Lacasa, ensayó la reducción de dosis y la reiteración sobre el mismo suelo. Un resumen de sus resultados se presentan en la Tabla 6.

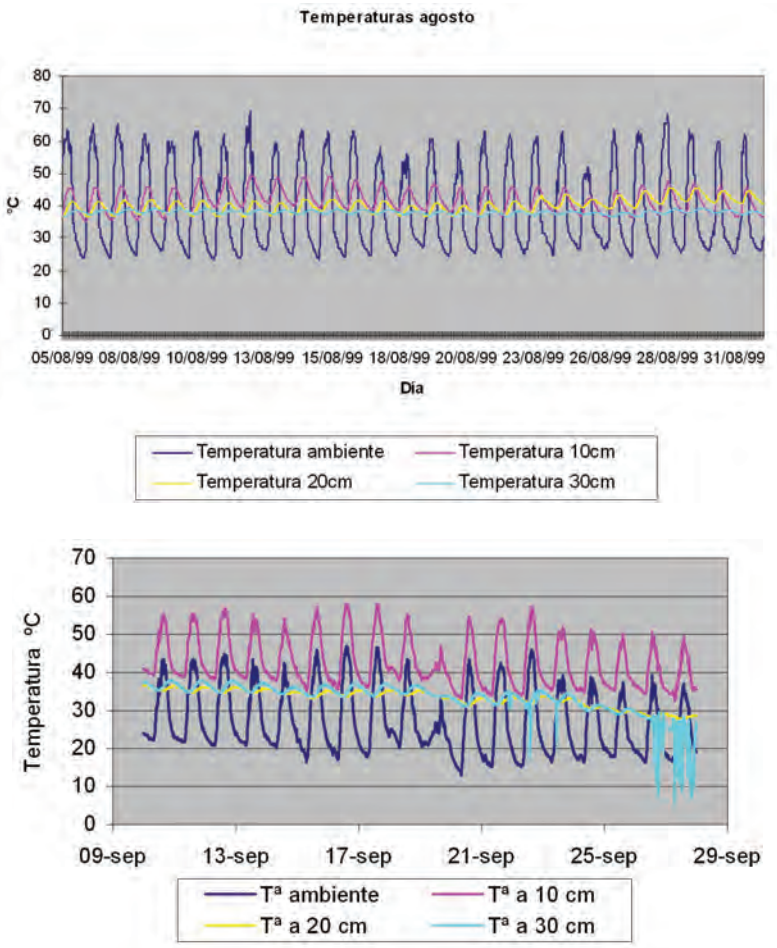
La primera consecuencia que puede extraerse de la Tabla 6 es que el efecto producido por 25000 kg/ha de materia orgánica poco descompuesta es comparable al conseguido con 100 t. Obsérvese, como ya se dijo para el modelo de la fusariosis vascular, la presencia continua de gallinaza. Su papel es poco conocido pero su eficacia es patente. Se sabe que produce, entre otras cosas, amoniaco que es tóxico para numerosos microorganismos, nematodos incluidos. También enjuga el «hambre de nitrógeno» observado en las plantas cuando se hace biofumigación, carencia de nitrógeno propiciada por el consumo que realizan las comunidades microbianas del suelo que parece ser que transforman mayoritariamente en compuestos celulares. Con respecto al consumo de estiércol fresco de oveja, aclarar que la estercoladura con 20 t/ha en este cultivo se practica todos los años, como una labor obligada.

Una segunda consecuencia, no menos importante, es el papel herbicida de la biosolarización. Otra es el vigor de las plantas y la producción comercial, equiparable a la obtenida con el fumigante a sustituir.

Interesa subrayar que el control de nematodos es bastante eficiente y una nota práctica importante: mas que el número de plantas con nódulos interesa evaluar el índice de nodulación de las raíces, que es la manifestación que más influye en el vigor y en la producción comercial.

Es importante conocer el efecto de la biosolarización practicada en los pimentonales murcianos y la microbiota residual después de aplicarla. En este sentido, Martínez Francés (2008) estudió y comparó la microbiota fúngica general y de manera especial la conformada por los hongos del género *Fusarium*. No encontró diferencias reseñables entre las aplicaciones con químicos (bromuro de metilo, 1,3 dicloropropeno+cloropicrina) y biosolarización (2 kg/m^2 de estiércol fresco de oveja + 0,5 kg/m^2 de gallinaza). En este modelo, la biosolarización sí elevó de manera sostenida las temperaturas del suelo. Véase a tal efecto la Figura 2.

Figura 2. Temperaturas del suelo a diferentes profundidades y del ambiente aéreo de un invernadero del Campo de Cartagena (Murcia), durante el proceso de biosolarización en los meses de agosto y setiembre



Fuente: Guerrero *et al.* (2004).

4. Efectos sobre las propiedades físico-químicas del suelo

Este apartado ha sido redactado en base a los resultados presentados por Fernández *et al.* (2004). El experimento se planteó en dos invernaderos situados en el Campo de Cartagena y dedicados al cultivo de pimiento. En un invernadero era la primera vez que se plantaba pimiento, en el otro se había practicado un monocultivo durante 20 años. En un invernadero, el más antiguo, se aplicó biosolarización utilizando estiércol de ovino (7 kg/m^2) + gallinaza (3 kg/m^2). En el otro, se aplicó estiércol de oveja (3 kg/m^2). Los resultados fueron los siguientes:

a) Densidad aparente del suelo

El espacio poroso en el suelo se evalúa con este parámetro. El aumento de dicho espacio poroso tiene como consecuencia, una dinámica mayor del agua, lo cual es sustancial en el desarrollo radicular y en la disminución de la asfixia radicular a la que tan sensible es el pimiento. Como es sabido tanto *Phytophthora* como *Meloidogyne* son organismos acuáticos. La aplicación de la biosolarización mejoró la densidad aparente del suelo, incrementando la velocidad de infiltración del agua.

b) pH

Conocido es este parámetro por su papel indicador de las reacciones químicas que ocurren en el suelo. Desde antiguo se ha referido el papel del pH en la microbiota de los suelos. Es por lo tanto un índice importante. La biosolarización hizo que disminuyese levemente al final del cultivo.

c) Conductividad eléctrica

Este parámetro permitía conocer el incremento de sales en el suelo que ha sido referido especialmente cuando se aportan estiércoles frescos. Los resultados mostraron que no hubo una modificación significativa, antes al contrario se notó una tendencia a disminuir con la biosolarización.

d) Sodio y Cloruros

Iones que tienen una estrecha relación con la conductividad eléctrica. No hubo incrementos significativos en el suelo con mayor concentración, pero sí lo hubo en el suelo donde cloruros y sodio estaban en una concentración menor.

e) Materia orgánica

Importante por su papel para formar agregados estables y en la mejora de las condiciones físicas del suelo. Este parámetro está en estrecha concordancia con la relación C/N de los estiércoles añadidos. En los suelos estudiados se incrementó.

f) Relación C/N

Aporta información sobre el estado de mineralización de la materia orgánica. Valores por encima de 20, indican un bajo proceso de mineralización. Valores por debajo de 10 son testimonio de una elevada velocidad de mineralización. Parece importante elevar el carbono como fuente primaria de transformación del nitrógeno a forma nítrica. En el caso de la biofumigación se alcanzan al final del cultivo valores en torno a 8, lo que indica un rápido proceso de mineralización. Este resultado debería ser estudiado más detalladamente con objeto de conocer la proporción de nitratos presentes.

g) Nitrógeno

La actividad biológica del suelo propicia una transformación permanente del nitrógeno orgánico a otras formas, amoniacal primero y finalmente nítrica (nitrificación). La velocidad de estos procesos depende principalmente de la disponibilidad de carbono (de ahí la importancia de la relación C/N). Con la biosolarización ensayada se incrementó la cantidad de nitrógeno al final del cultivo.

h) Calcio y Magnesio

Los ensayos se realizaron en suelos con elevado contenido de calcio y magnesio, debido a los orígenes de la roca madre que los generó. Tanto el calcio como el

magnesio son cationes floculadores de la materia orgánica y facilitan los enlaces entre ésta y la fracción arcillosa dando lugar al complejo arcillo-húmico, fundamentalmente para el mantenimiento de las propiedades físico-químicas y químicas de los suelos.

Ambos cationes incrementan su presencia con los tratamientos de biosolarización influyendo positivamente en el desarrollo del cultivo.

i) Potasio

La biosolarización incrementa considerablemente la presencia de potasio.

j) Fósforo

Dadas las características de los suelos donde se realizaron los ensayos, con elevado contenido en carbonato cálcico y caliza activa, la mayor parte del fósforo está de manera insoluble, fundamentalmente como fosfato tricálcico.

Los tratamientos de biosolarización aumentaron de forma significativa el fósforo soluble en el suelo. Se ha sugerido que el efecto es debido a los microorganismos y su actividad enzimática multiplicados por la materia orgánica, que intervienen en la formación de fosfatos orgánicos (actividad fosfatasa) de elevado peso molecular que no se precipitan como fosfato tricálcico.

k) Hierro

Los tratamientos de biosolarización incrementan considerablemente el contenido de hierro soluble en el suelo (forma ferrosa), incremento que se mantiene a lo largo de todo el cultivo. Se han sugerido dos causas complementarias para explicar estas observaciones analíticas: por un lado el incremento de la temperatura del suelo parece influir en la solubilización, por otro las posibles condiciones de aplicación en lo concerniente a la humedad y el plástico que la retiene pueden favorecer un ambiente reductor ante las dificultades generadas para el intercambio gaseoso. No pueden excluirse fenómenos de quelación del estiércol con respecto al hierro inorgánico.

l) Manganeso

Se observó un fenómeno análogo al del hierro. Las altas temperaturas y la materia orgánica de la biosolarización aumentan significativamente el contenido de manganeso en la forma manganosa (Mn^{++}). Toda vez que termina el tratamiento de biosolarización el manganeso en forma asimilable se insolubiliza a la forma mangánica (Mn^{+4}), participando en este proceso los microorganismos del suelo.

m) Cobre y zinc

Como para el hierro y el manganeso, el tratamiento de bisolarización incrementan su presencia, alcanzando sus valores normales cuando finaliza la aplicación del tratamiento.

n) Boro

Su presencia no se vio afectada por la aplicación de la solarización.

5. Bibliografía

- ANDRÉS ARÉS, J. L. (1995): *La fusariosis vascular del clavel en Galicia. Estudio crítico acerca de los patotipos de Fusarium oxysporum f. sp. dianthi en las Comunidades de Galicia y Murcia*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

- CASTILLO, J. E. y LÓPEZ-BELLIDO, J. (2003): "Utilización del bromuro de metilo en el cultivo de fresa. Evolución histórica"; en *Terralia* (36); pp. 68-71.

- CEBOLLA ROSELL, V. y MAROTO BORREGO, J. V. (2004): "La desinfección como medio de control de la fatiga del suelo"; en *Comunitat Valenciana Agraria. Revista d'Informació Técnica* (26); pp. 21-26

- FERNÁNDEZ, P.; GUIRAO, P.; ROS, C.; GUERRERO, M. M.; QUINTO, V. y LACASA, A. (2004): "Efectos de la biofumigación con solarización sobre las características físicas y químicas del suelo"; en *Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. II Jornadas sobre alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia; pp. 259-277.

- GARCÍA-RUIZ, A. (2008): *Etiología, epidemiología y control no químico de las enfermedades edáficas del cultivo del clavel en invernaderos de la costa noroeste de Cádiz*. Tesis Doctoral, Universidad de Almería.

- GUERRERO, M. M.; LACASA, A.; ROS, C.; MARTÍNEZ, M. A.; LÓPEZ, J. A.; GUIRAO, P.; BELLO, A.; TORRES, J.; MARTÍNEZ, M. C. y GONZÁLEZ, A. (2004): "La reiteración de la biofumigación con solarización en la desinfección de suelos de invernaderos de pimiento"; en *Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. II Jornadas sobre alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia; pp. 239-258.

- GUERRERO, M. M.; LACASA, A.; ROS, C.; MARTÍNEZ, M. C.; TORRES, J. y FERNÁNDEZ, P. (2004): "Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y la producción. Fechas de desinfección y enmiendas. In: Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento"; en *II Jornadas sobre alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero*. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia; pp. 209-238.

- LÓPEZ-ARANDA, J. M.; MIRANDA, L.; ROMERO, F.; DE LOS SANTOS, B.; MONTES, F.; VEGA, J. M.; PÁEZ, J. I.; SORIA, J.; SORIA, C. y MEDINA, J. J. (2004): "Nuevas alternativas químicas al bromuro de metilo en el cultivo de fresa. Resultados de la campaña 2003"; en *Terralia* (41); pp. 72-81

- MARTÍNEZ FRANCÉS, M. A. (2008): *La microbiota fúngica de los suelos de los invernaderos de pimiento.* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena.

- TELLO MARQUINA, J. C. y LACASA PLASENCIA, A. (1990): "*Fusarium oxysporum* en los cultivos intensivos del litoral mediterráneo de España. Fases parasitaria (Fusariosis vascular del tomate y del clavel) y no parasitaria"; en *Bol. San. Veg*. (19); pp. 1-190.

- TELLO, J. y LACASA, A. (2004): "Las enfermedades de origen edáfico y su control en los pimentonales del Campo de Cartagena. Un interpretación retrospectiva del sexenio 1979-1985"; en *Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento*. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia; pp. 11-26.

- TELLO, J. C.; DE CARA, M.; PALMERO, D.; GARCÍA, A. y SANTOS, M. (2006): "La desinfección del suelo en cultivos protegidos"; en CAMACHO FERRE, F. y TELLO MARQUINA, J. C., coords.: *Control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas intensivos*. Madrid, Ediciones Agrotécnicas; pp. 11-63.

Tema 15

Alternativas no químicas para el manejo de nematodos fitoparásitos

M. A. Díez Rojo[1], J. A. López Pérez[2], J. M. Torres Nieto[3], J. López Cepero[4], L. Robertson[5] y A. Bello[1]

1. Introducción

La protección vegetal ha sido enfocada tradicionalmente bajo el concepto de lucha y control, haciendo uso de «arsenales» químicos o biológicos y en estos momentos, biotecnológicos. La aplicación de criterios ecológicos en protección vegetal ha permitido desarrollar procesos como la **biofumigación o biodesinfección de suelos**, que están fundamentados en la utilización de los gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica para el manejo de organismos patógenos de los vegetales. Es de esperar que en el futuro la agricultura muestre una mayor preocupación por el ambiente, la conservación de los recursos naturales, el desarrollo de los agrocombustibles, la salud de las personas y por ser un modelo agrario solidario (Bello *et al*., 2003 y 2008).

Las alternativas no químicas para la desinfección de suelos basadas en la utilización de materia orgánica, se están volviendo recientemente más viables para los productores y han sido especialmente analizadas por el Methyl Bromide Technical Options Committe (MBTOC, 1995, 2007 y 2009). Al revisar la bibliografía sobre el manejo de nematodos fitoparásitos mediante el uso de materia orgánica, encontramos que algunos autores no diferencian si la materia orgánica actúa como enmienda o como supresor de las enfermedades (Cook y Baker, 1983; Hoitink, 1988 y D´Adabbo, 1995). El efecto nematicida tiene lugar a través de distintos mecanismos, Stirling (1991) señala que puede estar causado por la liberación de compuestos biocidas o biostáticos, o porque al favorecer el desarrollo de la microflora y microfauna edáfica se incrementan los microorganismos antagonistas.

[1] Departamento de Agroecología. Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), Madrid.
[2] Centro Agrario de Marchamalo. Junta de Comunidades de Castilla La Mancha (Guadalajara).
[3] Departamento Técnico de la SAT Costa de Níjar. San Isidro, Níjar, Almería.
[4] Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ETSIA), Universidad de La Laguna.
[5] Museo de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid.

2. Los nematodos fitoparásitos y su manejo

La **biodesinfección de suelos**, así como la biofumigación se basan en la inducción de procesos para la producción de sustancias volátiles que actúan como fumigantes en el control de los organismos patógenos de vegetales, mediante la descomposición de las enmiendas orgánicas y residuos agroindustriales (Kirkegaard *et al.,* 1993; Bello, 1998; Bello *et al.*, 2003 y Díez Rojo *et al*., 2008). El efecto de la biodesinfección sobre la actividad microbiana es selectivo, favoreciendo a los antagonistas y disminuyendo el nivel de las poblaciones de nematodos fitoparásitos. Por una parte la susceptibilidad de los patógenos a los compuestos volátiles que se desprenden durante la descomposición de la materia orgánica aumenta al elevarse la temperatura del suelo. Por otra, la incorporación de materia orgánica puede incrementar 2-3 ºC la temperatura del suelo, así como la profundidad del suelo a la cual llega el efecto de la desinfección (Bello *et al*., 2000, 2001 y 2003). La biodesinfección con solarización (**biosolarización**) ha demostrado ser un método eficaz para regular las poblaciones de nematodos, patógenos fúngicos y malas hierbas. Ros *et al.* (2002) señalan que la biofumigación con solarización realizada en forma reiterada no sólo no tiene efectos negativos sobre el suelo, sino que, en comparación con suelos sin aporte de materia orgánica, mejora los valores nutricionales del suelo, aumenta los contenidos de materia orgánica, revitaliza la actividad microbiana y los ciclos biogeoquímicos. Todo ello, es especialmente eficaz cuando se incluye dentro de un programa de manejo integrado de los sistemas de producción en lugar de ser aplicada en forma aislada (Bello, 1998 y León *et al.,* 2002).

Los nematodos fitoparásitos se caracterizan por poseer un **estilete**, que es una especie de aguja hipodérmica, provista de un conducto interior, y una musculatura que permite que el órgano sea retráctil y se pueda introducir dentro de la raíz y los tejidos de las plantas, para su alimentación. Dentro de **los fitoparásitos** hay dos grandes grupos: **los ectoparásitos**, de éstos hay unos que se alimentan en los pelos radiculares y en las células epidérmicas de la raíz, con un estilete muy débil (*Tylenchus*), y otros que se alimentan de las células profundas de los tejidos, como son **los transmisores de virus**, que poseen un estilete muy largo (*Longidorus* y *Xiphinema*); otros son **endoparásitos**, dentro de estos unos son sedentarios, principalmente los de forma esférica (*Heterodera* y *Meloidogyne*), y otros como los *Pratylenchus* son móviles (Figura 1; Siddiqi, 2000).

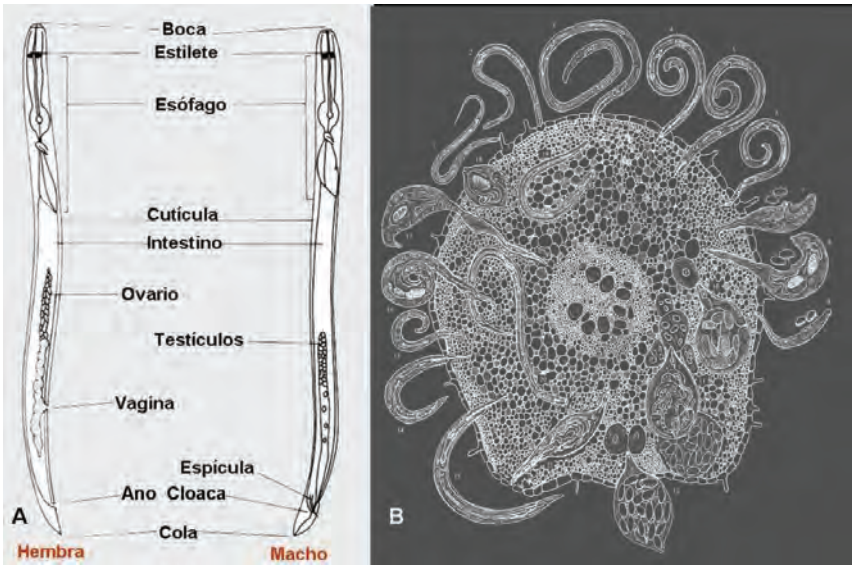


Figura 1. Esquema morfológico general de nematodos (A) y hábitos de vida y parasitismo de nematodos (B). Tomado de Siddiqi (2000)

En épocas pasadas los nematicidas de síntesis, fueron la principal técnica de manejo de estos parásitos, particularmente en los casos de desarrollo de la enfermedad de modo severo. Por otro lado, la mayoría de los nematicidas de síntesis han sido eliminados o el uso limitado a determinadas áreas geográficas y características de cultivo (invernadero, riego por goteo…) por su impactos sobre la salud de las personas o el ambiente. Ante la gravedad de los problemas fitonematológicos planteados y la dificultad de su control con alternativas químicas, es necesario encontrar alternativas no químicas que se adapten a las características agroecológicas de cada área y cultivo. En la actualidad los consumidores exigen una agricultura respetuosa con el ambiente y la salud de los ciudadanos, lo que está derivando a un cambio en el enfoque de la producción agraria hacia nuevos modelos de cultivo, y en especial para el manejo de plagas y enfermedades. Por ello, se analizan las alternativas disponibles para el manejo de los problemas que causan en los cultivos los nematodos, principalmente del género *Meloidogyne* (MBTOC, 1995, 2007 y 2009).

Se presentan ciertas dificultades para el manejo de los nematodos que han sido analizadas por Bello (1983), quien señala en primer lugar el hecho de que los nematodos parásitos de plantas, especialmente los que se encuentran en el suelo no se ven con facilidad. Un problema importante en el estudio de los nematodos del suelo es que las muestras seleccionadas puedan ser o no representativas del cultivo y de los problemas

que se pretenden estudiar, por tanto los muestreos deben planificarse teniendo en cuenta las características biológicas y ecológicas de los nematodos fitoparásitos, que permita una valoración de la población con un nivel aceptable de precisión. Uno de los factores más importantes a tener en cuenta en la planificación de un muestreo es el modelo de distribución espacio-temporal que presentan los nematodos. Aunque teóricamente los nematodos pueden presentar una distribución regular, al azar o en agregados, la distribución espacial típica de los nematodos fitoparásitos es de tipo agregado o contagiosa, como consecuencia de las pautas de micro y macro distribución relacionadas con la biología y fuente de alimento. El análisis nematológico, las determinaciones con base a la morfología del aparato digestivo, el estudio preciso de la morfometría, biología y biotecnología, las características de la planta hospedadora, el estudio de la distribución espacial y temporal de los nematodos, teniendo en cuenta además el estado fenológico del cultivo y la estación del año cuando tiene lugar el muestreo, así como sus fluctuaciones, deben ser labor de expertos. Los nematodos del suelo se encuentran en ocasiones distribuidos en focos y la localización de los mismos, así como su caracterización, no resultan siempre fáciles, por lo que incluso las fases previas de muestreo podrían inducir a errores, si no son realizadas por expertos y de conformidad con normas de muestreo que, tengan muy en cuenta las características del cultivo y la época de muestreo.

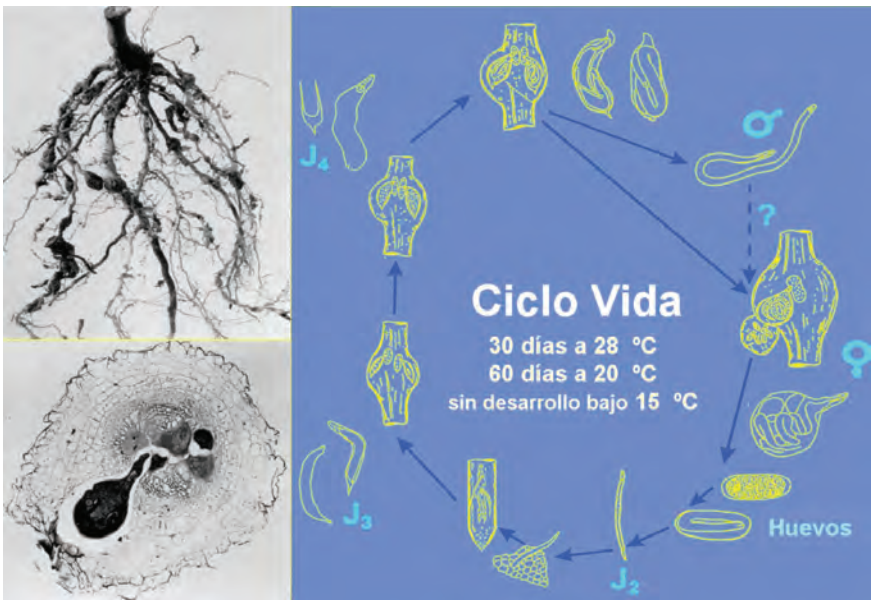


Figura 2. Ciclo de vida de los nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne*

La distribución temporal y las fluctuaciones estacionales de las poblaciones de nematodos parásitos de plantas están determinadas por la biología, ciclo de vida y dinámica de población de las especies objeto de estudio, así como por las relaciones huésped-parásito y las interacciones con el ambiente. El conocimiento básico de su biología es imprescindible para poder considerar los resultados de un muestreo representativo de la población, siendo necesario en ocasiones realizar muestreos en diferentes épocas del año para determinar las fluctuaciones estacionales (Figura 2; Bello *et al.,* 2003). El conocimiento de las relaciones huésped-parásito es también fundamental para localizar y estimar correctamente la densidad de población de muchas especies.

2.1. Los síntomas que producen los nematodos

En las plantas en las etapas iniciales del parasitismo se pueden confundir con los asociados a otros problemas, por lo que los diagnósticos pueden ser en ocasiones erróneos o difíciles de establecer. Así, por ejemplo, las plantas afectadas por nematodos fitopatógenos del sistema radicular de las plantas suelen mostrar en su parte aérea una sintomatología similar a la causada por estados nutricionales carenciales. Dependiendo de la especie de nematodo que parasite la planta, en las raíces se pueden observar síntomas específicos, como la formación de nódulos, cuando están parasitadas por *Meloidogyne*; pequeños engrosamientos en los ápices radicales, en el caso de nematodos vectores de virus de los géneros *Xiphinema, Longidorus* y *Trichodorus*; pequeños engrosamientos en las raíces secundarías, en el caso de parasitismo por *Tylenchulus semipenetrans* (nematodo de los cítricos); proliferación excesiva y crecimiento anormal de las raíces secundarias, por la presencia de patógenos de los géneros *Heterodera* y *Meloidogyne*; por último necrosis en el punto de alimentación, con carácter general en el caso de nematodos ectoparásitos; y putrefacción, en situaciones de interacciones de nematodos con bacterias u hongos (Figura 3).

Una vez verificada la correcta identidad de las especies, es necesario un buen conocimiento del ciclo de vida de estos organismos y su dinámica, nivel de presencia, ecología, síntomas, cultivos y flora arvense que parasitan, así como de las técnicas de manejo disponibles. Este conocimiento es imprescindible para adecuar en cada caso las alternativas de prevención sanitaria y manejo, sin afectar a las poblaciones de otros organismos beneficiosos para los cultivos (Barres *et al*., 2006).

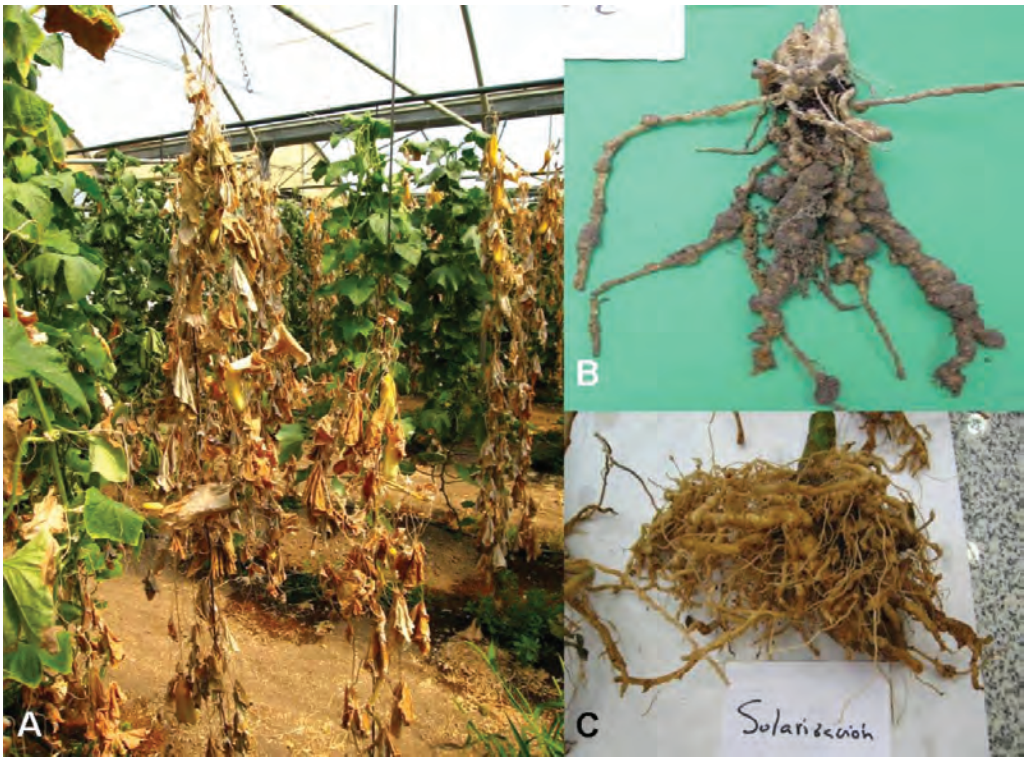


Figura 3. Síntomas de *Meloidogyne* en cultivos. A: vista aérea de un cultivo de pepino afectado por *M. incognita*; B: raíz de tomate parasitada por *Meloidogyne* en suelo arenoso; C: raíz de tomate parasitada por *Meloidogyne* en suelo arcilloso

Un aspecto fundamental para una correcta utilización de **las alternativas de manejo, está relacionado con el tipo de acción de los nematodos sobre las plantas.** Las características biológicas y ecológicas de nematodos migratorios o sedentarios, así como de ectoparásitos o de endoparásitos, resultan esenciales para la selección de los métodos de muestreo y manejo más adecuados en cada caso. Los nematodos ectoparásitos y los endoparásitos migratorios en general pueden controlarse con sistemas alternativos a los tratamientos químicos. Por el contrario, el manejo de los nematodos endoparásitos sedentarios requiere una adecuada armonización de técnicas que deben ser contrastadas para cada situación concreta (Barres *et al*., 2006). Además, se debe tener en cuenta que existe la posibilidad de la presencia simultánea en el cultivo de diferentes especies en ciertas circunstancias, por lo que conviene conocer las interacciones entre el conjunto de nematodos, puesto que ello puede afectar a la eficacia de la técnica de manejo (Noling, 2000).

3. Alternativas no químicas

Ante la gravedad de los problemas fitonematológicos planteados y la dificultad de su control con alternativas químicas, es necesario encontrar alternativas no químicas que se adapten a las características agroecológicas de cada área. Por ello, a continuación se analizan las alternativas no químicas actualmente disponibles para el manejo de los problemas que causan los nematodos, especialmente del género *Meloidogyne* en los cultivos, teniendo en cuenta las propuestas por MBTOC (1995, 2007 y 2009).

3.1. Medidas sanitarias

La primera medida es la valoración del estado fitonematológico del cultivo anterior, para poder prevenir los posibles daños causados por nematodos en el próximo cultivo. Es necesario tener en cuenta especialmente los síntomas de clorosis en rodales irregulares, que con frecuencia indican la presencia de nematodos patógenos. En caso de duda frente a un problema fitonematológico potencial, debe acudirse a un laboratorio especializado para hacer un análisis de suelo y raíz que permita un conocimiento más exacto de las características del problema. Una vez caracterizado un problema fitonematológico grave se debe ser sumamente cuidadoso, para impedir la propagación de los nematodos a través de personas, animales, aperos o el agua, procurando sobre todo no realizar movimientos de tierra contaminada.

Cuando se trate de cultivos destinados a la producción de **materiales de propagación** (semillas, bulbos, plántulas, etc.) estos **deben estar libres de patógenos** para evitar su posible incorporación al suelo que se va a cultivar. Se deben establecer inspecciones sanitarias y medidas cuarentenarias, que deben de estar perfectamente normalizadas. En algunos casos las características se pueden observar a simple vista, pero en la mayoría es necesario un análisis de laboratorio para confirmarlo (Díez Rojo *et al.,* 2006). Además, para los patógenos de cuarentena, los análisis y certificaciones fitosanitarias deben acreditar previamente que estas especies no existen en los lugares donde se multiplicó el material de propagación, que la semilla o partes de plantas usadas para su cultivo se encontraban libres del patógeno, y que el material vegetal se protegió mediante protocolos de sanidad vegetal normalizados. Estas medidas deben complementarse con otras para evitar la dispersión del nematodo y reducir en lo posible la propagación del parásito (Barres *et al*., 2006).

3.2. Tratamientos con agua caliente

Los tratamientos del material vegetal de propagación con agua caliente son una práctica común y antigua en diversos cultivos. Heald (1987) los propone para el control de nematodos en material vegetal infectado y en sustratos. Westerdahl *et al.* (2003) han destacado el interés del manejo de *Pratylenchus penetrans* en bulbos en viveros para ornamentales, mediante su tratamiento con agua caliente a 49 °C durante 35 minutos o a 46 °C durante 90 minutos, para reducir las poblaciones del nematodo. También se ha utilizado para control de nematodos formadores de nódulos en patrones de vid. Esta práctica se puede complementar con la adición de productos de síntesis, como el hipoclorito sódico (Barres *et al*., 2006), siempre que estén autorizados por la normativa correspondiente. **Los tratamientos con agua caliente tienen una función importante para el control de nematodos en medidas de cuarentena**. Por otro lado, Runia y Greenberger (2004) han propuesto el uso de aire caliente como método de desinfección de suelos, estando aún en etapa de ensayo.

Esta alternativa se está utilizando en cultivos protegidos en Japón (Kuniyasu y Takeuchi, 1986), sobre todo para el control de *Monosporascus* en las raíces del melón, el cual no se puede controlar con solarización (Sakai *et al.,* 1998). La técnica consiste en incorporar 250 L/m^2 de agua caliente a 70-75 ºC, produciéndose mejoras en la producción en muchos casos superiores al 30% debido al cambio en las condiciones físicas o químicas del suelo como pueden ser la eliminación de sales, la mineralización del nitrógeno procedente de los microorganismos del suelo muertos (Nishi, 2002).

3.3. Vapor de agua

Este tratamiento consiste en la incorporación de vapor de agua en el suelo por la acción letal sobre los patógenos mediante el calor liberado cuando el vapor se condensa. Para que sea eficaz, es necesario mantener una temperatura de 70 ºC durante al menos media hora para controlar enfermedades de planta y semillas de flora arvense, aunque algunos tratamientos pueden realizarse entre 60-80 ºC durante aproximadamente una hora (Runia, 1983). La temperatura del suelo y la duración de tratamiento determinan si la eliminación de patógenos del suelo es completa (esterilización) o parcial (pasteurización). La pasteurización con vapor a 70-80 ºC es tan efectiva para el control de patógenos como

el bromuro de metilo (BM), con la ventaja de que mantiene una parte significativa de la microflora, la cual actúa como «barrera biológica» frente a la posible reinfectación por organismos patógenos (Runia, 1983). Si se supera esta temperatura se produce una esterilización del suelo, que da como resultado un «vacío biológico» donde cualquier organismo, incluidos los patógenos, puede recolonizarlo. Para corregir el «vacío biológico» que genera, inmediatamente después de la aplicación de vapor, hay que añadir compost o algún organismo beneficioso (*Trichoderma*, bacterias benéficas) (Pizano, 2004).

Por otro lado, si el tratamiento bajo alta temperatura (80-120 ºC) es prolongado puede afectar negativamente a la estructura del suelo, así como la liberación de metales pesados, acumulación de sales solubles (particularmente Mn), toxicidad por amonio, así como la aparición de sustancias fitotóxicas de la materia orgánica del suelo. Sin embargo, si se controlan los parámetros de temperatura del vapor y el tiempo del tratamiento, es una alternativa que puede utilizarse de modo eficaz para el control de los patógenos, sin efectos fitotóxicos secundarios, por lo cual no es necesario esperar un determinado período de tiempo para efectuar la plantación del cultivo. Desde el punto de vista económico es un tratamiento costoso, tanto por el gasto de energía requerida como por la inversión de capital necesaria y por las limitaciones de aplicación que se presentan en algunos tipos de suelos. Estas limitaciones nos llevan a que no suela justificarse su uso en suelos, excepto en algunos países como Holanda donde sí es rentable. Su uso es más habitual en la desinfección de semillas, bulbos o sustratos (MBTOC 1995 y Pizano 2004).

3.4. Solarización

La solarización, es una alternativa no química de control de patógenos del suelo de los vegetales y de la flora arvense que ha sido descrita por Katan (1981). Consiste en captar la radiación solar para aumentar la temperatura del suelo previamente humedecido y cubierto con una lámina de plástico transparente de polietileno por períodos prolongados (ej.: 4 semanas), hasta un nivel que permita eliminar a las poblaciones de patógenos (Katan, 1993). Su modo de acción se relaciona tanto con el efecto directo que tiene el aumento de la temperatura sobre los patógenos como con el estímulo que ejerce sobre microorganismos benéficos (MBTOC, 1995). Por otro lado, han puesto de relieve que los cambios ocasionados en la microbiota edáfica propician el incremento del crecimiento y la producción en las plantas (Stapleton y DeVay, 1984 y Medina, 2002). Su eficacia en el

control de patógenos de origen edáfico mejora cuando se combina con otras alternativas. Las ventajas de combinar solarización + biofumigación son principalmente que reduce el tiempo necesario para la solarización, incrementa su eficacia y la consistencia de la solarización para el control de patógenos, ampliando su espectro de acción a nematodos fitoparásitos y permitiendo su utilización en condiciones de menor temperatura, pudiéndose aplicar incluso con cultivos perennes o de larga duración, como se ha visto en olivo (Tjamos, 1998), tomate cherry, almendra y pistacho (Piedra Buena, 2004), viñedo (Díez Rojo, 2006).

La solarización por sí sola, puede ser una alternativa de manejo en aquellos lugares donde el clima es cálido y las horas de radiación solar son altas. En un principio esta técnica se realizaba en las zonas áridas y semiáridas con alta radiación solar y pocas precipitaciones (MBTOC, 2007), sin embargo se han desarrollado nuevas tecnologías que se puedan aplicar en otras regiones donde parecía una alternativa imposible de realizar (Horiuchi, 1991; Chellemi *et al*., 1997a y b; Lamberti *et al*., 2001 y Ozturk *et al.* 2002). Además su eficacia puede aumentar utilizando doble lámina de un polímero plástico e impermeable de color negro (Arbel *et al.,* 2003), doble cubierta de plástico o plástico VIF (*virtually impermeable film*). Actualmente se están desarrollando nuevas tecnología como son la utilización de plásticos que se pueden aplicar al suelo mediante pulverización o nuevas formulaciones de plásticos con el fin de aumentar la temperatura del suelo (Chellemi *et al.,* 1997a y b; Tjamos, 1998; Stapleton, 2000; Gamliel *et al.,* 2001 y Cebolla, 2002). En el caso de los nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne*, juncia (*Cyperus* spp.), *Monosporascus* y *Macrophomina* spp. se han obtenido resultados inconsistentes en algunos casos.

La **solarización es un método que por sí solo no siempre es eficaz, especialmente en el control de organismos móviles como pueden ser los nematodos.** Escuer *et al.* (2004) señalan que la solarización tiene limitaciones en las formas móviles de nematodos, puesto que al calentarse el suelo se desplazan en profundidad y el tratamiento no tiene eficacia. Con carácter general la solarización mejorada con técnicas complementarias (plásticos, fumigantes o plaguicidas químicos, antagonistas biológicos, enmiendas orgánicas, prácticas de cultivo adecuadas, etc.) puede ser una alternativa potencial a los fumigantes químicos, no así la solarización utilizada de forma aislada (Barres *et al*., 2006).

3.5. Cultivares resistentes e injerto

El uso de cultivares con genes de resistencia presenta como ventaja el ser una práctica eficaz, ambientalmente segura y no costosa. Permite mantener bajas las poblaciones de nematodos y reducir los períodos de rotación de cultivos, además de no necesitar técnicas especiales para su aplicación y pueden ser obtenidos con técnicas de mejora tradicional. Para los nematodos del género *Meloidogyne* existen actualmente cultivares resistentes de tomate y pimiento disponibles a nivel comercial. Entre sus desventajas principales está la susceptibilidad frente a poblaciones virulentas, generalmente seleccionadas por el uso reiterado de variedades o patrones resistentes. Por tanto, el uso de variedades resistentes sería eficaz en suelos donde las poblaciones de nematodos no son virulentas, pues de otro modo, en un mayor o menor periodo de tiempo pueden seleccionarse poblaciones virulentas y afectar a la resistencia de las plantas (Lacasa *et al*., 2002 y Ros *et al*., 2004). Por otro lado, Trudgill (1991) y León (2002) observaron que la resistencia se perdía cuando la temperatura del suelo era elevada y cuando las raíces estaban parasitadas por hongos.

Las principales limitaciones del empleo de cultivares y patrones resistentes se deben a que no es posible producir plantas resistentes para la amplia gama de patógenos y las distintas poblaciones o biotipos. Las características agronómicas de las variedades resistentes suelen ser, con frecuencia, inferiores a las de las variedades tradicionales, si bien esto último puede subsanarse realizando un injerto, donde se utilice el cultivar resistente como patrón, injertando sobre él la variedad con las características agronómicas deseadas. Tello y Lacasa (1997) encontraron que al tercer año de utilizar patrones de pimiento sobre el mismo suelo la presión de selección estableció poblaciones virulentas. Ornat *et al*. (1999) señalaban las desventajas en el empleo de tomates resistentes relacionadas con la calidad del fruto y a la estabilidad de la resistencia frente a temperaturas altas del suelo (>28 ºC). Por tanto el empleo de variedades con genes de resistencia debe hacerse siempre y cuando las poblaciones sean lo suficientemente bajas para que, no se seleccionen poblaciones virulentas (MBTOC, 2007).

3.6. Resistencia inducida

La resistencia sistémica adquirida (SAR: *Systemic acquired resistance*) es un mecanismo natural de defensa de las plantas, mediante la activación de sus defensas en respuesta al ataque de un patógeno o de un parásito. Una planta que expresa SAR puede ser protegida contra una gama amplia de patógenos durante semanas a varios meses. Sin embargo contra algunos patógenos, estos mecanismos tienen poco efecto (Walters *et al.,* 2005). Existen una serie de organismos del suelo que actúan induciendo resistencia en las plantas por diferentes mecanismos.

Las bacterias del **género *Rhizobium*** en leguminosas establecen mecanismos de competencia entre *Rhizobium* y *Meloidogyne* por zonas de la raíz, permitiendo soportar mayor nivel poblacional y disminuyendo los índices de nodulación por nematodos. Las **micorrizas** son asociaciones simbióticas generalmente beneficiosas entre ciertos hongos especializados y las raíces de algunas plantas. Las micorrizas vesículo-arbusculares (VAM, *Vesicular Arbuscular Micorriza*) son las más estudiadas, puesto que mejoran la captación del fósforo y otros nutrientes desde el suelo, facilitando la nodulación por rizobacterias en leguminosas y el crecimiento de las plantas en general. A su vez establece una barrera física que dificulta el acceso de los nematodos a la raíz y confiere a las plantas cierta tolerancia frente a *Meloidogyne.* En cualquier caso el incremento de fósforo en el suelo disminuye la colonización y producción de esporas. Los **endófitos** son organismos que se desarrollan normalmente en el interior de la mayoría de las especies de plantas induciéndoles resistencia. El uso de endófitos elimina la dependencia de condiciones ambientales propias de los organismos de control biológico, ampliando el rango de condiciones a aquellas que sean adecuadas para la planta (MBTOC, 1995). En ensayos de campo con plantas de pepino se ha encontrado que las plantas inoculadas con endófitos eran resistentes a varios fitopatógenos y tenían mayores rendimientos que las plantas no inoculadas (Ryder *et al.,* 1994).

3.7. Agentes de control biológico

El control biológico consiste en el uso de organismos antagonistas, tales como hongos, actinomicetos, otros nematodos o microartrópodos que reducen las poblaciones de nematodos. Los mecanismos son múltiples e incluyen la antibiosis a través de metabolitos,

específicos o no, de origen microbiano, parasitismo, predación y competencia. En condiciones de equilibrio, el control biológico de nematodos se produciría de manera natural. En situaciones en las que tal equilibrio está alterado, posiblemente el fin último de las técnicas de control biológico es modificar tales condiciones, hasta conseguir otras nuevas en las que los nematodos no llegan a causar problemas para el cultivo (Barres *et al*., 2006).

Se conocen diversos organismos predadores, parásitos y patógenos que son enemigos naturales de los nematodos, pudiendo reducir las poblaciones de éstos. Generalmente los agentes de control biológico tienen un espectro de actividad estrecho y una especificidad alta con respecto al hospedador, y su eficacia varía bajo diferentes condiciones del cultivo (MBTOC, 1995). En condiciones de equilibrio en el suelo, el control biológico de nematodos se produciría de manera natural. En situaciones en las que tal equilibrio está alterado, posiblemente el fin último de las técnicas de control biológico es modificar tales condiciones, hasta conseguir otras nuevas en las que los nematodos no constituyan un problema para el cultivo (Barres *et al*., 2006). La efectividad de la aplicación de agentes de biocontrol no ha sido muy satisfactoria en suelos con alta biodiversidad, pero su uso se considera de interés para la recuperación de aquellos suelos afectados por el empleo intensivo de agroquímicos que tienen baja o nula biodiversidad. Se considera que en lugar de introducir agentes de control biológico, lo mejor es favorecer su presencia y el incremento de sus poblaciones, utilizando criterios ecológicos que permitan incrementar la capacidad autorreguladora del sistema edáfico.

En la actualidad los agentes de control biológico existentes en el mercado no suelen ser considerados alternativas de control de nematodos y de acuerdo con la experiencia actual no es previsible a corto plazo la sustitución de los nematicidas de síntesis por los agentes de control biológicos, pero éstos sí pueden tener una función en las alternativas de control integrado o ecológico, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. Con carácter general, el control biológico con agentes nematicidas o nematostáticos es menos consistente y efectivo, resultando más lento en su acción que los nematicidas de síntesis (Barres *et al*., 2006).El MBTOC (1995) realizó una revisión de los agentes biológicos más eficaces para el control de los nematodos del género *Meloidogyne*, señalando los siguientes organismos:

- ***Paecilomyces lilacinus.*** Actinomiceto antagonista de los nematodos del género *Meloidogyne*. Su modo de acción es la penetración de la hifa en el nematodo. Este organismo actúa como parásito eficiente de huevos y juveniles dentro del huevo, disminuyendo las poblaciones del nematodo (Hewlett *et al*., 1990), así

como también parasita a las hembras, aunque en menor proporción (40% *vs* 70%). El parasitismo de huevos y juveniles comienza con el crecimiento de hifas del hongo en la matriz gelatinosa en que están envueltos los huevos, mientras que las hembras son parasitadas a través del ano (Gautam *et al.,* 1995). Para que su acción sea efectiva, necesita elevadas temperaturas en el suelo y un número elevado de propágulos. Es capaz de multiplicarse en los restos de hojas (Siddiqi *et al*., 1995), por lo que los restos de cultivo favorecen su desarrollo. Presenta el problema de que que algunos aislados resultan patógenos para seres humanos.

- **Bacterias del grupo *Pasteuria penetrans.*** Se trata de bacterias gram negativas, formadoras de endosporas, lo cual les proporciona resistencia a condiciones adversas como el calor, la desecación o a algunos tratamientos del suelo como la solarización. Las bacterias del grupo *Pasteuria* son parásitos obligados de los nematodos fitoparásitos, siendo importantes agentes potenciales de control biológico para los principales nematodos causantes de enfermedades, dada su capacidad para evitar la reproducción y eventualmente tienen efecto letal sobre los nematodos formadores de nódulos y otros nematodos parásitos. Actúa mediante su adhesión a la cutícula de juveniles de segundo estadio (J_2) y de hembras del género *Meloidogyne* (Davies y Danks, 1993), reduciendo la infectividad y fecundidad de los nematodos. Su rango de hospederos alcanza 102 géneros y 236 especies de nematodos (Ciancio *et al*., 1994), pero su campo de acción es muy específico, por lo que ante una eventual diversidad de fitoparásitos algunos de éstos pueden escapar a tal acción nematicida por ser altamente especifica. Además, no son capaces de proliferar en el suelo en ausencia de nematodos (Barres *et al*., 2006).

- ***Pochonia chlamydosporia* (sin= *Verticillium chlamidosporum*).** Hongo antagonista de nematodos, que actúa como parásito de distintas especies de *Globodera, Heterodera* y *Meloidogyne*. En ausencia de sus hospederos puede sobrevivir como saprófito sobre restos orgánicos. *P. chlamydosporia* necesita suelos aireados y disponibilidad de nutrientes, por lo cual en suelos pobres deben agregarse nutrientes o aumentarse el nivel de inóculo. A temperaturas altas (30 ºC) el desarrollo del hongo es más lento que el de los juveniles dentro del huevo del nematodo, que de esa forma escapan del antagonista (Leij de *et al*., 1993). La eficacia de *P. chlamydosporia* como agente de control biológico de nematodos formadores de nódulos se ve afectada por la cantidad de hongo en la rizosfera, el tamaño de los nódulos en los que se desarrollan las hembras del nematodo, así

como la tasa de desarrollo de los huevos. *P. chlamydosporia* resulta menos efectivo en el control de nematodos en suelos muy infestados porque los nódulos de los nematodos del género *Meloidogyne* son grandes y muchos huevos escapan al parasitismo del hongo.

- **Bacterias promotoras del crecimiento vegetal** (PGPR)**.** Son rizobacterias, o sea, bacterias que se desarrollan en la rizosfera, las cuales actúan como antagonistas de patógenos del suelo o, al colonizar las raíces, establecen «barreras biológicas» para eludir su invasión por nematodos y otros patógenos. Otro efecto beneficioso observado frecuentemente es el estímulo del crecimiento en las plantas que están en contacto con las bacterias, por eso se las llama **bacterias promotoras del crecimiento vegetal** (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, PGPR) (Suslow, 1982). Actualmente existen preparados comerciales de rizobacterias que se vienen utilizando con éxito, utilizándose generalmente como cobertura de semillas, de modo que cuando la planta germina la bacteria coloniza a la raíz y la protege desde las primeras etapas del crecimiento, que suele ser el período más crítico (MBTOC, 1995).

- ***Bacillus subtilis*.** Bacteria gram negativas, formadoras de endosporas, lo cual le proporciona resistencia a condiciones adversas. Su acción puede mejorar el crecimiento de las plantas al suprimir patógenos no parásitos de las raíces, o mediante la producción de sustancias biológicamente activas (Broadbent *et al*., 1977).

- ***Muscodor albus*.** Hongo endofito que posee la capacidad de producir una mezcla de compuestos orgánicos volátiles capaces de controlar un amplio rango de hongos y bacterias patógenos de las plantas y de los humanos (Strobel *et al*., 2001), entre ellos los de origen edáfico (Riga *et al*., 2008).

- **Monónquidos.** Por último no se debe olvidar la existencia de nematodos depredadores, especialmente del grupo de los monónquidos, aunque estos no son frecuentes en los cultivos convencionales por la acción de los agroquímicos sobre el suelo (Thorne, 1927 y 1961).

3.8. Biodesinfección de suelos y manejo de la materia orgánica

El aporte de materia orgánica al suelo para aumentar la fertilidad y manejar los patógenos es una práctica que se ha venido realizando desde el inicio de la agricultura, con efectos beneficiosos tanto sobre los parámetros físicos como químicos y biológicos. Se ha probado una amplia gama de materiales para ser utilizados como enmiendas orgánicas en el manejo de nematodos fitoparásitos, hongos fitopatógenos y plantas arvenses. En suelos infestados con nematodos fitoparásitos el aporte de materiales orgánicos ha mostrado ser un método de control satisfactorio para varios de ellos, con una eficacia dependiente de la composición química y las propiedades físicas del material, que determinan el tipo de microorganismos involucrados en su descomposición en el suelo y los productos que se generen de esta descomposición. Para evitar los efectos fitotóxicos sobre el cultivo sin perder actividad biocida, Rodríguez-Kábana (1986 y 1996) recomienda que las enmiendas orgánicas tengan una relación C/N entre 8-20.

El efecto nematicida de la materia orgánica se produce a través de diversos mecanismos. Los estudios realizados indican que el efecto nematicida de las enmiendas puede provenir de la liberación de compuestos tóxicos para los nematodos, así como la función que la materia orgánica tiene en el suelo, por ser un sustrato que favorece el desarrollo de la microfauna y microflora, e incluso puede introducir microorganismos antagonistas. El principal problema en el uso de la materia orgánica es la variabilidad en la composición de los materiales utilizados (Stirling, 1991). Otro aspecto negativo de las enmiendas orgánicas es que algunas pueden provocar acumulación de compuestos perjudiciales o aumentar el inóculo de algunos patógenos de suelo (Cook y Baker, 1983 y Rodríguez-Kábana, 1996). El uso de la materia orgánica combinada con otras alternativas (como por ejemplo la solarización) puede incrementar su eficacia, pudiendo utilizarse menores cantidades de materia orgánica sin perder efectividad y reduciendo los costes (Bello *et al*., 2000, 2001 y 2003).

La biodesinfección de suelos se diferencia del uso de enmiendas orgánicas por las características especiales que deben tener los materiales utilizados como biofumigantes, por la dosis y por el método de aplicación. En primer lugar, para que un material orgánico tenga función biofumigante debe estar en vías de descomposición, lo cual no sucede con la materia orgánica que se suele agregar normalmente como abono (Bello *et al*., 2003), que es materia orgánica estabilizada (composts o estiércoles «maduros»). Además, el método de aplicación debe tratar de favorecer los procesos, de producción de gases durante la descomposición de la materia orgánica y su retención. Esto debe lograrse por un

período mínimo de dos semanas, ya que el efecto de los gases es en la mayoría de los casos bioestático, lo que hace necesario prolongar en el tiempo su acción sobre los patógenos (García Álvarez *et al*., 2004).

La biodesinfección y biofumigación de suelos se basan en los procesos o sustancias volátiles resultantes de la descomposición de las enmiendas orgánicas y residuos agroindustriales como fumigantes para el control de los organismos patógenos de vegetales, Kirkegaard *et al.* (1993b), Bello (1998), Díez Rojo *et al.* (2008) y Bello *et al*. (2000 y 2001). La biofumigación con solarización (biosolarización) realizada en forma reiterada no sólo no tiene efectos negativos sobre el suelo, sino que, en comparación con suelos sin aporte de materia orgánica, mejora el estado nutricional del suelo, aumenta los contenidos de materia orgánica, revitaliza la actividad microbiana y los ciclos biogeoquímicos (Ros *et al*., 2002). Es especialmente eficaz cuando es incluida dentro de un programa de manejo integrado de los sistemas hortícolas en lugar de ser aplicada en forma aislada (Bello, 1998 y León *et al.,* 2002).

La biofumigación permite el empleo de restos de cultivo contaminados por hongos, bacterias o virus que causan enfermedad en los cultivos. El empleo de restos de pimiento con *Phytophthora capsici* o virus del bronceado (TSWV) mezclado con estiércol fresco de oveja y gallinaza no repercutieron en el cultivo (Guerrero *et al*., 2004). En tomate, Zanón *et al.* (2004) realizaron un ensayo en laboratorio con plantas infectadas con el virus ToMV y la bacteria *C. michiganensis,* concluyendo que si en la biofumigación se utilizan restos de tomate, éstos no constituyen un riesgo como fuente de inóculo para el cultivo siguiente dadas las condiciones térmicas que se dan en el invernadero.

La utilización de restos orgánicos como material biofumigante o como materia prima para composts no sólo son alternativas de menor coste y menor impacto ambiental que su uso para sustituir combustibles fósiles u otros usos industriales, sino que además valorizan estos materiales, que ya no serían «desechos» sino «subproductos» del sistema, capaces de aportar mejoras sobre la fertilidad del suelo y el control de patógenos (Piedra Buena, 2004). La biofumigación no tiene efectos negativos sobre el medio ambiente ni sobre la salud de los consumidores, y no presenta limitaciones para ser utilizada en producción integrada e incluso en agricultura ecológica (León de *et al*., 2002), aunque se debe tener en cuenta el contenido en nitrógeno de los materiales empleados.

3.9. Prácticas culturales

Las técnicas de control de nematodos fitoparásitos asociadas a prácticas de cultivo incluyen los «cultivos trampa», las rotaciones, asociaciones de cultivos, el barbecho y el manejo de malas hierbas, la poda y eliminación de raíces enfermas, la elección de la época de plantación, laboreo profundo, uso de cubiertas y manejo de la nutrición de las plantas, las medidas sanitarias de higiene y limpieza, el manejo del agua y del riego, así como el cultivo en sustratos y sin suelo, posibilitan la regulación de las poblaciones de nematodos mediante el conocimiento de sus características agroecológicas y a través de un manejo adaptado a las condiciones que los favorecen en cada caso. Su eficacia varía según el sistema de cultivo y las condiciones ambientales de la zona, por lo cual es necesario realizar adaptaciones a nivel local. Se puede afirmar que para la mayoría de los problemas de enfermedades se puede diseñar un sistema de cultivos para su manejo (MBTOC, 1995). Las técnicas agronómicas de manejo de la humedad, temperatura, pH y otros parámetros del suelo pueden contribuir favorablemente al control de estos patógenos, en algunos de sus estadios sensibles a condiciones específicas de humedad, temperatura, pH u otros parámetros. La dificultad reside en que no en todos los casos existe el suficiente conocimiento sobre cuáles son esas condiciones (Torres *et al*., 2007).

• **Rotación de cultivos.** Estas alternativas son especialmente válidas para el control de los nematodos formadores de quistes como *Heterodera* y *Globodera* que son nematodos específicos (Cooke, 1993 y Dimov, 1997). La rotación de cultivos suele ser de valor limitado para nematodos con un rango amplio de hospedadores como *Meloidogyne* (Trudgill, 1997). Para las distintas especies de nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne* es necesario conocer el comportamiento en relación con los hospedadores para poder planificar las rotaciones de cultivo, así por ejemplo las poblaciones de *M. javanica,* procedentes de las zonas hortícolas más representativas de España, no parasitan a nuestros cultivares de pimientos (Robertson *et al*., 2006). Sin embargo, es posible aumentar la supresividad del sistema incluyendo cultivos que inhiban su desarrollo (MBTOC, 2007). Algunas plantas son malas hospedadoras, como los cereales (maíz, sorgo), los forrajes (*Crotalaria* spp., *Eragrostis curvula*), las crucíferas (repollo, coliflor), y otro cultivos tales como sésamo, tagetes, ajo, cebolla, fresa, cacahuete (al menos para *M. incognita* y *M. javanica*), perejil, mandioca, rábano y otros cultivos locales (Atherton y Rudich, 1986). Además, las brasicas producen metil-isotiocianato y compuestos relacionados que poseen actividades nematicidas y fungicidas. El sésamo y algunas especies de *Tagetes* también han mostrado efectos nematicidas, pudiéndose plantar como cultivo supresor único, o entre las filas de un cultivo principal como **cultivos asociados**.

• **Cultivos asociados y extractos de plantas.** Algunas plantas contienen compuestos alelopáticos, es decir, sustancias capaces de inhibir o ser tóxicas para el desarrollo de otras plantas, de patógenos o de nematodos. Estos compuestos vegetales pueden llegar al suelo al incorporar dichas plantas como enmienda orgánica o como extractos vegetales, o ser liberados al mismo mientras la planta sigue su ciclo de cultivo, cualidad que se puede aprovechar incluyendo dichas plantas en rotaciones o asociaciones de cultivos (MBTOC, 2007). Las plantas más estudiadas ha sido el neem (*Azadirachta indica*), sésamo (*Sesamum orientale*), diferentes especies de *Tagetes*, ricino (*Ricinus communis*) y mostaza (*Brassica campestris*).

• **Barbechos.** Tienen por objeto disminuir las poblaciones al no encontrar el nematodo un hospedador adecuado (MBTOC, 2007). La principal limitación se debe a la presencia de plantas adventicias que actúan como plantas hospedadoras, haciendo que la alternativa pierda su efectividad. Las plantas adventicias deben ser eliminadas, de forma inmediata para que el nematodo no encuentre un hospedador adecuado, o cuando *Meloidogyne* ya ha comenzado a parasitarlas pero aún no aparecen masas de huevos, utilizando las plantas como «trampa» para el nematodo. Su uso está limitado en invernaderos donde la superficie de cultivo es escasa (Piedra Buena, 2004). No obstante, se han descrito técnicas mixtas de barbecho y biofumigación cuyo efecto conjunto en viñedo es altamente positivo (Bello *et al.* 2004). Las prácticas que incluyen la destrucción o eliminación de las raíces parasitadas o susceptibles de parasitar por los nematodos, detener la reproducción de los parásitos, reducir las poblaciones de éstos y eliminar, en su caso, la parte aérea, constituyen actuaciones favorables al control de nematodos.

• **Época de plantación.** La fecha de plantación debe coincidir con épocas donde las condiciones ambientales son desfavorables para la actividad del nematodo, como son las temperaturas inferiores a 15 ºC en el caso de las especies termófilas, así como cuando la densidad poblacional es baja, para prevenir daños en los cultivos. Esta práctica puede tener limitaciones en aquellos cultivos o zonas donde el período de producción está muy definido, ya sea por condicionantes climáticas como comerciales (MBTOC, 1995).

• **Laboreo.** El laboreo profundo puede reducir las poblaciones de nematodos al transportarlas a capas profundas del suelo donde no llegan las raíces, a la vez que estimula a la microflora antagonista del suelo y contribuye a la pérdida de humedad del suelo (MBTOC, 1995).

• **Manejo de agua.** En algunas áreas donde la disponibilidad de agua y de suelo no son factores limitantes se pueden realizar períodos de inundación como medida de manejo de las poblaciones de nematodos. El efecto de esta práctica proviene de la anaerobiosis que causa, la cual actúa sobre los nematodos tanto de forma directa, disminuyendo el oxígeno disponible para su respiración, como de forma indirecta, por la producción de metabolitos por parte de los microorganismos anaerobios del suelo, los cuales son tóxicos para varios patógenos edáficos (Cook y Baker, 1983). La efectividad de la inundación aumenta con la incorporación previa de materia orgánica al suelo (MBTOC, 1995). Además, se debe destacar que la lluvia y el agua de riego favorecen la propagación y dispersión de los nematodos. Un manejo adecuado del riego puede ayudar a prevenir algunos casos de propagación. Las técnicas de riego localizado pueden impedir su dispersión (Barres *et al*., 2006). Se ha destacado el impacto sobre la propagación de nematodos, de la puesta en riego de áreas de viñedo que tradicionalmente se han cultivado en secano en la Península Ibérica, fenómeno que se debe tener muy en cuenta en la reconversión en otros cultivos (Bello *et al.*, 1996).

• **Cubiertas.** Son cultivos no comerciales que se siegan en cierto estadio de madurez, dejándolos sobre el suelo como cubiertas verdes o secas lo cual permite regular la temperatura del suelo, influyendo en la duración del ciclo de los nematodos. Por otra parte, su descomposición estimula la actividad de los microorganismos antagonistas de los patógenos de suelo (MBTOC, 1995). También se pueden utilizar como cubiertas otros materiales, como cáscara de arroz, o serrines provenientes de la industria forestal o los propios restos del cultivo.

• **Cultivos trampa.** Son una técnica que puede contribuir favorablemente al control de las poblaciones de nematodos endoparásitos sedentarios, como los formadores de nódulos del género *Meloidogyne* o los formadores de quistes del género *Heterodera.* Su empleo consiste en cultivar plantas que tengan un crecimiento rápido pero sobre todo con un elevado desarrollo radicular y eliminarlas en el momento oportuno, antes de que los nematodos adultos realicen la puesta de huevos, es decir completen un ciclo de vida. Resulta esencial en esta técnica destruir las raíces del cultivo trampa, para al interrumpir el cultivo, y al mismo tiempo también se impide el desarrollo de nematodos. **Los cultivos trampa no resultarían eficaces en el caso de nematodos migratorios, sean ectoparásitos o endoparásitos,** puesto que los estadios juveniles y adultos se desplazan continuamente de unas raíces a otras, sin que les impida su alimentación y desarrollo. Convendría desarrollar protocolos o recomendaciones, que sinteticen los modos de

actuación más adecuados para la consecución de los fines del cultivo trampa en el manejo de nematodos (Barres *et al*., 2006).

• **Fertilización de suelos y nutrición de la planta.** La resistencia de las plantas a los patógenos, cuando se realiza una fertilización para la correcta nutrición de la planta es bien conocida en agricultura. Por otro lado, hay que tener en cuenta que se ha demostrado que la excesiva fertilización nitrogenada puede tener efectos negativos sobre los nematodos fitoparásitos y, sobre todo, su empleo por exceso puede repercutir negativamente en la capacidad de autorregulación de los suelos al reducir también los nematodos saprófagos y depredadores, al mismo tiempo que se ha observado un efecto negativo sobre la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa*,* observando una disminución de la nodulación producida por esta bacteria en los suelos tratados con dosis altas de nitrógeno (Bello *et al*., 1994). Además una correcta fertilización puede estimular a los microorganismos antagonistas, o aumentar la resistencia del hospedador (**resistencia inducida**) o a través de otros mecanismos. La fertilización afecta tanto a la planta como a los patógenos, un ejemplo de lo cual es el efecto perjudicial que tiene la incorporación de urea o fuentes de nitrógeno amoniacal sobre los nematodos fitoparásitos (Spiegel y Netzer, 1984). Este efecto puede deberse a cambios en la actividad de los microorganismos del suelo o a los gases liberados por la descomposición biológica de estos fertilizantes en el suelo (MBTOC, 1995).

• **Sustratos.** Los sustratos son una alternativa muy utilizada como medio de cultivo, sobre todo en determinadas formas de producción y cultivos donde no es posible o efectivo el control de los patógenos. Su uso tiene como desventajas los problemas que puedan producirse por el manejo de sus residuos y prevención de vertidos, tanto de los propios sustratos como de las soluciones nutritivas (Barres *et al*., 2006). Algunos sustratos (restos forestales compostados o no compostados) pueden tener un efecto supresivo sobre patógenos del suelo, especialmente hongos tales como *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* y varias formas especiales de *Fusarium oxysporum*. Su uso suele estar limitado a plantas ornamentales en maceta, pero tienen potencial para ser utilizados como fuentes de microorganismos antagonistas inductores de supresividad (Diánez *et al*., 2003).

• **Manejo integrado.** El manejo integrado consiste en la utilización de técnicas de monitorización de plagas y enfermedades, así como en la combinación de alternativas de manejo que sean respetuosas con el medio ambiente y viables desde el punto de vista económico (Torres *et al*., 2007). Los programas de tratamientos incluyen diferentes métodos biológicos, culturales, físicos, químicos y mecánicos, pero deben estar basados en

criterios ecológicos. En los sistemas en los cuales se venía utilizando BM, es necesario sustituir su uso por sistemas de manejo integrado con criterios ecológicos, tanto por las ventajas que presentan estos sistemas, como por el hecho de que no existe una alternativa única que tenga la misma eficacia de este agroquímico (Bello *et al*., 1996 y Rodríguez-Kábana, 1996).

4. Bibliografía

- ARBEL, A.; SITI, M.; KATAN, J. y GAMLIEL, A. (2003): «Innovative plastic films enhance solarization eficacy and pest control»; en *2003 Annual International Research Conference on MB Alternatives and Emissions Reductions*. San Diego, California, 3-6 noviembre; pp. 41-42.

- ATHERTON, J. G. y RUDICH, J. (1986): «The biology and control of some important pests. Nematodes, roundworms»; en ATHERTON, J. G. y RUDICH, J., eds.: *The tomato crop. A scientific basis for improvement.* Cambridge, Universisty Press; pp. 404-409.

- BARRES, M. T.; BELLO, A.; JORDÁ, C. y TELLO, J. C. (2006): *La eliminación del bromuro de metilo en la protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente.* Madrid, MAPA.

- BELLO, A. (1983): «Nematodos patógenos de los árboles frutales»; en *Boletín del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica* (9); pp. 133-165.

- BELLO, A. (1998): «Biofumigation and integrated pest management»; en BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A; ARIAS, M. y RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., eds.: *Alternatives to methyl bromide for the Southern Euripean countries.* International Workshop, 9-12 de abril, Arona, Tenerife; pp. 99-126.

- BELLO, A.; ARIAS, M.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A.; FRESNO, J.; ESCUER, M.; ARCOS, S. C.; LACASA, A.; SANZ, R.; GÓMEZ, P.; DÍEZ-ROJO, M. A.; PIEDRA BUENA, A.; GOITIA, C.; DE LA HORRA, J. L. y MARTÍNEZ, C. (2004): «Biofumigation, fallow, and nematode management in vineyard replant»; en *Nematropica* (34); pp. 56-64.

- BELLO, A.; ESCUER, M. y PASTRANA, M. A. (1994): «Nematodos fitoparásitos y su control en ambientes mediterráneos»; en LLÁCER, G.; LÓPEZ, M. M.; TRAPERO, A. y BELLO, A., eds.: *Patología vegetal*. Valencia, Sociedad Española de Fitopatología; vol. 2, pp. 1.039-1.069.

- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; ARIAS, M.; LACASA, A.; ROS, C.; HERRERO, M. y FERNÁNDEZ, P. (2001): «Biofumigation and grafting in pepper as alternative to MB»; en *Proceedings 2001 Annual Internacional Research Conference on MB Alternatives and Emissions Reductions,* San Diego, California.

- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; DÍEZ-ROJO, M. A.; LÓPEZ-CEPERO, J. y GARCÍA-ÁLVAREZ, A. (2008): «Principios ecológicos en la gestión de los agrosistemas»; en *Arbor* (729); pp. 19-29.

- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A. y GARCÍA ÁLVAREZ, A. (2003): *Biofumigación en agricultura extensiva de regadío. Producción integrada de hortícolas.* Madrid, CSIC-Caja Rural de Alicante-Mundi-Prensa.

- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; SANZ, R.; ESCUER, M. y HERRERO, J. (2000): «Biofumigation and organic amendments»; en *Regional Workshop on Methyl Bromide Alternatives for North Africa and Southern European Countries*, United Nations Environment Programme (UNEP), Francia; pp. 113-141.

- BELLO, A.; REY, J. M.; ARIAS, M. y GONZÁLEZ, J. A. (1996): «Valores agroambientales de los viñedos de La Mancha y protección de cultivos»; en *La vid y el vino en Castilla La Mancha.* Junta de Comunidades de Castilla La Mancha.

- BROADBENT, P.; BAKER, K. F.; FRANKS, N. y HOLLAND, J. (1977): «Effect of *Bacillus* spp. on increased growth of seedling in steamed and in non treated soil»; en *Phytopathology* (67); pp. 1.027-1.034.

- CHELLEMI, D. O.; MCSORLEY, R. M.; RICH, J. R. y OLSON, S. M. (1997a): «Field validation of soil solarisation for fall production of tomato»; en *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (110); pp. 330-332.

- CHELLEMI, D. O.; MCSORLEY, R. M.; RICH, J. R. y OLSON, S. M. (1997b): «Adaptation of soil solarization to the Integrated Management of soil-borne pests of tomato *cas de control.* MAPA, Madrid, 254 pp.

- DÍEZ ROJO, M. A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; ARCOS, S. C.; GONZÁLEZ LÓPEZ, M. R.; ROBERTSON, L.; GUERRERO, M. M.; ROS, C.; LACASA, A.; TORRES, J. M.; DE CARA, M.; TELLO, J. C. y BELLO, A. (2008): «Soil biodisinfection as an alternative to soil fumigants»; en *Proceceeding of Fifth Internacional Congress of Nematology*, Brisbane, Australia.

- DIMOV, I. (1997): «Long term investigations of crops rotations involving sugarbeet»; en *Rastenievdni Nauki* (34); pp. 65-68.

- ESCUER, M.; CANO, A. y BELLO, A. (2004): «Nematodos fitoparásitos de la Región de Murcia y alternativas de control»; en *Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. II Jornadas sobre alternativas viables al BM en pimiento de invernadero*. Murcia, Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente; pp. 27-57.

- GARCÍA ÁLVAREZ, A.; BELLO, A.; SANZ, R.; PIEDRA BUENA, A. y DIEZ-ROJO, M. A. (2004): «Biofumigation as an alternative to methyl bromide for the production of tomatoes and other vegetables»; en BATCHELOR, T. A. y ALFARROBA, F., eds.: *Proceedings of the Fifth International Conference on Alternatives to Methyl Bromide*; pp. 171-175.

- GAMLIEL, A.; SKUTELSKY, Y.; PERETZ-ALON, Y. y BECKER, E. (2001): «Soil solarisation using sprayable plastic polymers to control soilborne pathogens in field crops»; en *Proc. 2001 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*. San Diego, CA. Paper 10.

- GAUTAM, A.; SIDDIQI, Z. A. y MAHMOOD, I. (1995): «Integrated management of *Meloidogyne incognita* on tomato»; en *Nematologia mediterranea* (23); pp. 245-247.

- GUERRERO, M. M.; GUIRAO, P.; LACASA, A.; ROS, C.; TORRES, J.; MARTÍNEZ, M. C.; ONCINA, M.; BIELZA, P. y CONTRERAS, J. (2004): «La mezcla de dicloropropeno y cloropicrina, una alternativa al BM en la desinfección de suelos para pimiento. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento»; en *II Jornadas sobre alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero.* Murcia, Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente; pp. 99-125.

- HEALD, C. (1987): «Classical nematode management practices»; en VEECH, J. y DICKSON, D., eds.: *Vistas on Nematology*. Hyattsville, Society of Nematologists; pp. 100-104.

- HEWLETT, T. E.; DICKINSON, D. W.; MITCHELL, D. J. y KANNWISCHKER, M. K. (1990): «Evaluation of *Paecilomyces lilacinus* as a biological control agent of *Meloidogyne javanica* in tobacco»; en *Journal of Nematology* (20); pp. 578-584.

- HOITKINK, H. A. (1988): «Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost»; en *Ann. Rev. Phytopathology* (24); pp. 93-114.

- HORIUCHI, S. (1991): «Soil solarisation in Japan»; en KATAN, J. y DE VAY, J. J., eds.: *Soil Solarisation.* CRC Press, Boca Raton; pp. 216-225.

- KATAN, J. (1981): «Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests»; en *Annual Review of Phytopathology* (19); pp. 211-236.

- KATAN, J. (1993): «Replacing pesticides with nonchemical tools for the control of soilborne pathogens: A realistic goal?»; en *Phytoparasitica* (21); pp. 95-99.

- KIRKEGAARD, J. A.; GARDNER, J.; DESMARCHELIER, J. M. y ANGUS, J. F. (1993): «Biofumigation using *Brassica* species to control pest and diseases in horticulture and agriculture»; en WRATHER, N. y MAILES, R. J., eds.: *Proc. 9th Australian Research Assembly on Brassicas* (*Wagga Wagga*); pp. 77-82.

- KUNIYASU, K. y TAKEUCHI, S. (1986): «Control of fusarium wilt of tomato by soil sterilization with hot water»; en *Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station Japan, Ser. A.* 14; pp. 141-148.

- LACASA, A.; GUERRERO, M. M.; GUIRAO, P. y ROS, C. (2002): «Alternatives to methyl bromide in sweet pepper crops in Spain»; en BATCHELOR, T. y BOLIVAR, J. M., eds.: *Proceedings of International Conference on Alternatives to MB. The remaining challenges, European Commission, Sevilla, 5-8 marzo*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo; pp. 187-192.

- LAMBERTI, F.; SASANELLI, N.; D'ÁDDABBO, T. y CARELLA, A. (2001): «Combination of soil solarisation and chemical treatments for the control of root-knot nematodes in southern Italy»; en *Proc. 2001 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*, San Diego, CA. Paper 11.

- LEIJ DE, F.; KERRY, B. y DENNEHY, J. (1993): «*Verticillium chlamydosporium* as a biological agent for *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* in pot and microplot tests»; en *Nematologica* (39); pp. 115-126.

- LEÓN DE, L.; ACOSTA, P. y BELLO, A. (2002): «Investigación participativa y compromiso social para una gestión ecológica en horticultura»; en *V Congreso de la SEAE. I Congreso Iberoamericano de Agroecología*. Gijón, España, 16 al 21 de septiembre de 2002, Tomo I; pp. 389-397.

- MBTOC (1995): *1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. 1995 Assessment.* Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. UNEP, Nairobi, Kenia.

- MBTOC (2007): *2006 Report of the methyl bromide technical options committee. 2006 assessment 2006 MBTOC Assessment Report*. UNEP, Nairobi, Kenia.

- MBTOC (2009): *Report of the technology and economic assessment panel. Final Report.* Ozone Secretariat UNEP, UNON, Nairobi, Kenia.

- MEDINA, J. J. (2002): «Soil solarization and biofumigation in strawberry in Spain»; en BATCHELOR, T. y BOLÍVAR, J. M., eds.: *Proceedings of International Conference on Alternatives to MB «The remaining challenges».* European Commission, Sevilla, 5-8 marzo. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo; pp. 123-125.

- NISHI, K.. ed. (2002): *Hot water soil sterilization: Theories and records of application*. Tokyo, Japan Greenhouse Horticulture Association.

- NOLING, J. (2000): «Impacts of alternative fumigants on soil pest control and tomato yield»; en *Annual International Research Conference on MB Alternatives and Emissions Reductions*. Orlando, Florida, 6-9 noviembre.

- ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, F. J. y SANTERO, I. (1999): «El nematodo *Meloidogyne* en los cultivos hortícolas de los invernaderos de Almería»; en *Phytoma-España* (106); pp. 27-34.

- OZTURK, A.; YILMAZ, S.; KECECI, M.; UNLU, A.; DEVIREN, A.; OZCELIK, A.; CETINKAYA, S.; CEVRI, H.; AKKAYA, F. y OZKAN, C. F. (2002): «Alternatives to methyl bromide for tomato and cucumber production in Turkey»; en BATCHELOR, T. A. y BOLÍVAR, J. M., eds.: *Proceedings of the International Conference on Alternatives to Methyl Bromide*; 5-8 March 2002; Sevilla, Spain. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo; pp. 209- 214.

- PIEDRA BUENA, A. (2004): *Agroecología de* Meloidogyne *Göldi, 1892 (Nematodo: Heteroderidae) en cultivos hortícolas protegidos*. Tesis Doctoral, Universidad de Almería.

- PIZANO, M. (2004): «Overview of alternatives to methyl bromide for cut flower production in industrialized countries»; en BATCHELOR, T. A. y ALFARROBA, F., eds.: *Proceedings of the Fifth International Conference on Alternatives to Methyl Bromide*; 27-30 September 2004; Lisboa, Portugal.

- RIGA, E.; LACEY, L. A. y GUERRA, N. (2008): «*Muscodor albus*, a potential biocontrol agent against plant-parasitic nematodes of economically important vegetable crops in Washington State, USA»; en *Biological Control* (45); pp. 380-385.

- ROBERTSON L.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; BELLO, A.; DÍEZ-ROJO, M. A.; ESCUER, M.; PIEDRA BUENA, A.; ROS, C. y MARTÍNEZ, C. (2006): «Characterization of *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and *M. hapla* populations from Spain and Uruguay on resistant pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars»; en *Crop Protection* (25); pp. 440- 445.

- RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. (1986): «Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants»; en *J. Nematol.* (18); pp. 129-135.

- RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. (1996): «Alternatives to MB soil fumigation»; en BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A.; ARIAS, M.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., eds.: *Alternatives to MB for the Southern European Countries*. Valencia, Gráficas Papallona; pp. 17-34.

- ROS M.; PASCUAL, J. A.; GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T.; GUERRERO, M. M.; LACASA, A.; FERNÁNDEZ, D.; ROS, C. y GUIRAO, P. (2002): «Efectos de la biofumigación con solarización sobre las propiedades de los suelos para cultivos de pimiento en agricultura ecológica»; en *V Congreso de la SEAE. I Congreso Iberoamericano de Agroecología.* Gijón, Asturias–España, 16-21 de septiembre de 2002. Tomo II.

- ROS, C.; GUERRERO, M. M.; LACASA, A.; GUIRAO, P.; GONZÁLEZ, A.; BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A. y MARTÍNEZ, M. A. (2004): «El injerto en pimiento. Comportamiento de patrones frente a hongos y nematodos. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento»; en *II Jornadas sobre alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero.* Murcia, Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente; pp. 279-311.

- RUNIA, W. (1983): «A recent development in steam sterilisation»; en *Acta Hortic*. (152); pp. 195-199.

- RUNIA, W. y GREENBERGER, A. (2004): «Dutch approach on alternatives to MB including a new development: hot air treatment»; en BATCHELOR, T. y ALFARROBA, F. eds.: *Proceedings of Fifth International Conference on Alternatives to MB*, Lisboa, Portugal, 27-30 septiembre. European Commission, Brussels, Belgium; pp. 183-186.

- RYDER, M. H.; STEPHENS, P. M. y BOWEN, G. D. (1994): *Improving plant productivity with rhizosphere bacteria.* Proceedings Third International Workshop on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, 7-11 May, 1994. CSIRO Division of Soils, Glen Osmond, South Australia.

- SAKAI, H.; SHIRAISHI, T.; HAGIWARA, H.; TAKEHARA, T.; NAKAYAMA, H.; SAITOH, H.; URUSHIBARA, T. y TADENUMA, M. (1998): «Control of monosporascus root rot of watermelon by hot water injection and chemicals»; en *Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society* (45); pp. 77-79.

- SIDDIQI, M. R. (2000): *Tylenchida parasites of plants and insects.* CABI.

- SIDDIQI, Z. A.; MAHMOOD, I. y ANSARI, M. A. (1995): «Effect of different inoculum levels of *Meloidogyne incognita* on the growth of pea in the presence and absence of *Rhizobium*»; en *Nematologia Mediterranea* (23); pp. 249-251.

- SPIEGEL Y. y NETZER, D. (1984): «Effect of nitrogen form at various levels of potassium, on the *Meloidogyne-Fusarium* wilt complex in muskmelon»; en *Plant and Soil* (81); pp. 85-92.

- STAPLETON, J. J. (2000): «Soil solarization in various agricultural production systems»; en *Crop Protection* (19); pp. 837-841.

- STAPLETON, J. y DE VAY, J. (1984): «Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response»; en *Phytopathology* (74); pp. 255-259.

- STIRLING, G. R., ed. (1991): *Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects*. CAB International, Wallingford, Oxon.

- STROBEL, G. A.; DIRSKE, E.; SEARS, J. y MARKWORTH, C. (2001): «Volatile antimicrobials from *Muscodor albus*, a novel endophytic fungus»; en *Microbiology* (147); pp. 2.943-2.950.

- SUSLOW, T. V. (1982): «Role of root-colonizing bacteria on plant growth»; en MOUNT, M. S. y LACEY, G. H., eds.: *Phytopathogenic prokaryotes*. Nueva York, Academic Press; pp. 187-223.

- TELLO, J. C. y LACASA, A. (1997): «Problemática fitosanitaria del suelo en el cultivo del pimiento en el campo de Cartagena»; en LÓPEZ GARCÍA, A. y MORA GONZALO, J. A., eds.: *Posibilidad de Alternativas Viables al BM en Pimiento de Invernadero.* Murcia, Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua; pp. 11-18.

- THORNE, G. (1927): «The life history, habits and economic importance of some mononchs»; en *Journal of Agricutural Research* (34); pp. 265-286.

- THORNE, G. (1961): *Principles of nematology.* Nueva York, McGraw-Hill Book.

- TJAMOS, E. C. (1998): «Solarization as an alternative to MB for the Southern European countries»; en BELLO, A; GONZÁLEZ, J. A.; ARIAS, M. y RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., eds.: «Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European countries»; en *International Workshop. Arona, Tenerife (Canary Islands, Spain), 9-12 April, 1997*; pp. 127-150.

- TRUDGILL, D. (1991): «Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants»; en *Annual Review of Phytopathology* (29); pp. 167-192.

- TRUDGILL, D. (1997): «Parthenogenetic root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): how can these biotrophic endoparasites have such enormous host range?»; en *Plant Pathology* (46); pp. 26-32.

- TORRES J. M.; DÍEZ ROJO, M. A.; ROBERTSON, L.; LÓPEZ PÉREZ, J. A.; DE CARA, M.; TELLO, J. y BELLO, A. (2007): *Nematodos fitoparásitos del género Meloidogyne Goeldi, 1892 y su manejo ecológico en cultivos enarenados de Almería*. Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

- WALTERS D.; WALSH, D.; NEWTON, A. y LYON, G. (2005): «Induced resistance for plant disease control: Maximizing the efficacy of resistance elicitors»; en *Phytopathology* (95); pp. 1.368-1.373.

- WESTERDAHL, B.; GIRAUD, D.; RIDDLE, L.; ANDERSON, C. y PRYOR, A. (2003): «Managing nematodes in nursery stock with hot water and ozone»; en *Annual International Research Conference on MB Alternatives and Emissions Reductions*. San Diego, California, 3-6 de noviembre.

- ZANÓN, M. J.; VILASECA, J. C.; RODRÍGUEZ, J. M.; HELIODORO, J. S. y JORDÁ, C. (2004): «La biofumigación como alternativa ecológica para el control de virus y bacerias fitopatógenas»; en *Comunicaciones del VI Congreso de la SEAE*. 27 Septiembre-2 Octubre de 2004. Almería; pp. 691-699.

Tema 16

Manejo no químico de bacteriosis y virosis

María Jesús Zanón Alonso[1], María Isabel Font San Ambrosio[2] y Concepción Jordá Gutiérrez[3]

1. Introducción

La desinfección de suelos se considera un tipo de intervención en los sistemas agrarios cuyo principal objetivo es mejorar la calidad de los productos obtenidos. En referencia a la importancia del suelo en los sistemas de cultivo, se busca la optimización de su manejo, reduciendo el impacto ambiental de las prácticas agrícolas disminuyendo la contaminación provocada por el uso de agroquímicos, así como la buena gestión de los residuos agrarios.

La desinfección de suelos y substratos puede lograrse mediante la aplicación de diferentes técnicas debiendo realizar la elección de los métodos de desinfección de acuerdo con las condiciones de cada sistema de cultivo. En función a su actividad, los diferentes tratamientos desinfectantes pueden tener una acción biocida total o ser biostáticos o tener poca actividad biocida.

Las técnicas de desinfección de suelos se pueden clasificar como químicas o no químicas, existiendo la posibilidad de combinarlas con la finalidad de aprovechar y mejorar al máximo los efectos beneficiosos que estas ofrecen y, en algunas ocasiones, la combinación de técnicas químicas con otros métodos de control garantiza un buen resultado (Rodríguez-Kábana, 1998). No obstante, lo más frecuente es recurrir al uso de productos químicos debido, principalmente, a sus sencillez de aplicación (Barres, 2006).

[1] Profesora Asociada a la Facultad de Veterinaria de la Universidad CEU-Cardenal Herrera, Edificio Seminario, 46113, Moncada, Valencia, España.

[2] Profesora Contratada Doctor de la ETSI Agrónomos de la Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España.

[3] Catedrática de Universidad de la ETSI Agrónomos de la Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, España.

Como es conocido, el incremento de la presión social y legislativa para restringir el uso de fumigantes químicos ha creado un interés en evaluar las alternativas para el manejo de enfermedades del suelo (Chellemi *et al*.,1994) despuntando, entre estas, las distintas técnicas de desinfección no químicas.

Son dos las técnicas de desinfección no química que interesan en este capítulo: la **solarización** y la **biofumigación**, así como las posibilidades de combinación entre ellas.

Acerca de la solarización, se describe por primera vez por Katan *et al*. (1976) en Israel donde se observó que al cubrir el suelo con láminas de polietileno transparente (0,03 mm de espesor), durante las estaciones cálidas se incrementó su temperatura debido al calentamiento solar, lográndose una gran reducción en las poblaciones de determinados patógenos (principalmente hongos) que repercutía en la reducción de plantas afectadas por las enfermedades asociadas a los mismos. El método de control de enfermedades es similar al calentamiento artificial por vapor u otros medios, los cuales alcanzan temperaturas entre 60 y 100 ºC, pero con importantes diferencias biológicas y tecnológicas.

La solarización supera a la fumigación química en que resulta más barata, más segura, no implica ni toxicidad ni la presencia de residuos de pesticidas y no requiere maquinaria sofisticada, por lo tanto, se puede resumir como un método simple, que no conlleva riesgos y no implica materiales tóxicos (Mansoori y Jaliani, 1996).

En determinadas zonas, la solarización es capaz de reducir el número de microorganismos fitopatógenos del suelo por debajo del punto en el que se convierten en factores limitantes para el crecimiento de las plantas (Stapleton y DeVay, 1984). Otros microorganismos con efectos positivos como las bacterias Gram positivas *Bacillus* spp. son capaces de sobrevivir a la solarización del suelo, mostrando su efecto beneficioso en el crecimiento de las plantas (Stapleton y DeVay, 1984). No hay que olvidar los importantes cambios biológicos ocasionados y que se asocian a la destrucción de importantes microorganismos mesófilos y que crean un «vacío biológico» parcial donde substrato y nutrientes quedan disponibles para una recolonización, una vez finalizado el tratamiento. Muchos parásitos de las plantas que habitan el suelo y patógenos, no son capaces de competir con otros microorganismos adaptados a sobrevivir en el suelo, incluyendo a muchos antagonistas de plagas de plantas que recolonizarán más fácilmente el substrato sobreviviendo a la solarización. Este grupo incluye a las bacterias *Bacillus* y *Pseudomonas* spp., hongos como *Trichoderma* y algunos nemátodos (Stapleton, 2000).

El término **biofumigación** fue propuesto por J.A. Kirkegaard *et al*. en 1993 para hacer referencia a los efectos supresivos asociados a la liberación de isotiocianatos durante la hidrólisis de los glucosinolatos presentes en las brassicas. Considerando esta definición, se acentúa el interés por el aprovechamiento de dichos gases para el control de plagas y enfermedades del suelo (Matthiessen y Kirkegaard, 2006).

Desde esta primera acepción, el adjetivo «biofumigante» ha entrado a formar parte del léxico empleado para el manejo de plagas ya que el concepto se amplia y se aplica al efecto beneficioso de los compuestos volátiles liberados en el suelo a partir de la descomposición de la materia orgánica y de los residuos agroindustriales (Bello, 1998; Bello *et al*., 2002 y Stapleton, 2000).

De esta forma, la biofumigación se considera una alternativa no química al bromuro de metilo (MBOTC, 1997) que regula la presencia de patógenos del suelo a través de los procesos de degradación de la materia orgánica (Bello *et al*., 1997a y b). Los gases obtenidos son el resultado de la biodescomposición de esta materia orgánica mediante el efecto biomejorador de los organismos del suelo o de aquellos que se encuentran asociados a las enmiendas orgánicas sin conocerse efectos negativos sobre el ambiente y la salud (Bello *et al.,* 2000).

Bello *et al*. (2002) catalogan la biofumigación como una técnica fácil para agricultores y técnicos. Este método debe considerar la necesidad de retener, por lo menos durante dos semanas los gases producidos, ya que su efecto, en la mayoría de los casos, no es biocida, sino biostático. Por esta razón se precisará prolongar su tiempo de acción sobre los patógenos. Se ha demostrado que cualquier residuo agroindustrial o aquellas combinaciones con una relación C/N entre 8-20 pueden tener un efecto biofumigante, evitando efectos fitotóxicos sobre los cultivos sin perder actividad biocida (Rodríguez-Kábana, 1998).

La biofumigación surge como variante de la adición de enmiendas orgánicas al suelo (Piedra-Buena *et al.*, 2007). La técnica se diferencia del uso de estas enmiendas por las características de los materiales utilizados, dosis y método de aplicación (Tello, 2002). Para que un material orgánico tenga función biofumigante debe estar en las primeras fases de descomposición, lo que no sucede con la materia orgánica que se agrega normalmente como abono (García-Álvarez y Bello, 2004) que se trata de materia orgánica estabilizada (compost o estiércoles maduros) (Piedra-Buena *et al*., 2006).

Combinando enmiendas del suelo con la solarización se incrementa la efectividad contra patógenos y se reduce la cantidad de materia orgánica aplicada por hectárea (Bello *et al.,* 1998 y Gamliel y Stapleton, 1993).

Existen numerosos trabajos en los que se combinan las técnicas de desinfección química con la solarización y con el aporte de materias orgánicas, principalmente con materiales con actividad biofumigante, combinación que se puede denominar «**biosolarización**» o «**biodesinfección**». Entre los beneficios de combinar enmiendas orgánicas y solarización se encuentra la reducción de las temperaturas necesarias para el control de las poblaciones de patógenos, ventaja especialmente importante en aquellas zonas donde la aplicación de la técnica quedaba restringida debido a condiciones ambientales adversas (Keinath, 1996).

1.2. Efectos de la biofumigación: problemática de los restos de cosechas

La biofumigación se ha establecido como una práctica habitual que permite la utilización de recursos locales en el control de patógenos de las plantas, disminuyendo los costes de producción y transformando a la agricultura en una alternativa para resolver problemas de impacto ambiental, como los creados por los residuos de cosechas y de la agroindustria (Bello *et al*., 2003).

En los últimos años son múltiples los trabajos dedicados al estudio del control de enfermedades transmitidas por el suelo con el manejo adecuado de restos de cultivos (Bailey y Lazarovits, 2003). Los restos de cosecha considerados como desperdicios sin ningún valor y que son catalogados como fuente de contaminación pueden usarse como materiales biofumigantes (Piedra-Buena *et al.,* 2007).

Los restos de cosecha son, a menudo, portadores de insectos, ácaros y diversos patógenos de naturaleza fúngica, vírica o bacteriana, siendo más que conocida la capacidad de permanencia viable de algunos de estos patógenos sobre los restos vegetales, que pueden permanecer infectivos durante años, como ocurre con el caso de algunos virus como el virus de mosaico del tomate (ToMV) (Vilaseca, 2007), o de algunas bacterias de los géneros *Clavibacter*, *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Ralstonia* (Vidaver y Lambrecht, 2004 y Biosca *et al.,* 2003). Estos restos infectados con agentes fitopatógenos,

también pueden servir de fuente de inóculo para los cultivos colindantes (Aguilar, 2002). La eliminación de los restos vegetales de las inmediaciones de los invernaderos se considera un método preventivo de luchar contra plagas y enfermedades de los cultivos hortícolas, tanto en fitopatología como en los sistemas de producción integrada (Aparicio *et al.,* 1995) ya que, incluso a cierta distancia, los patógenos presentes en los residuos pueden constituir el inóculo primario para ocasionar enfermedad al cultivo.

El presente trabajo se planteó tratando de obtener resultados sobre la eficacia de la aplicación de las técnicas de biofumigación y de su combinación con solarización en el control de virosis y bacteriosis. Para ello se seleccionaron dos de las bacterias fitopatógenas cuya presencia supondría elevados riesgos en los cultivos, principalmente hortícolas, y que podrían ver mermado su rendimiento. Las bacterias seleccionadas fueron *Ralstonia solanacearum* y *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. La selección se realizó considerando dos criterios: el primero de ellos es la inclusión de ambas bacterias en la lista A2 de patógenos de cuarentena por la EPPO por lo que su presencia se hace potencialmente peligrosa exigiendo tratamientos drásticos y soluciones rápidas. El segundo de los criterios seguidos se basó en la ineficacia de los tratamientos químicos empleados en su control, en especial del BM, y ante la necesidad de búsqueda de alternativas menos nocivas para el medioambiente. En este trabajo se recogen los resultados obtenidos con *C. m. michiganensis*.

Del mismo modo este trabajo aborda el estudio preliminar de la influencia de la biofumigación/biosolarización sobre uno de los virus más estables, de fácil transmisión mecánica y de gran permanencia en el suelo como es el virus del mosaico del tomate (*Tomato mosaic virus*, ToMV), ya que este virus se encuentra entre los que más han afectado al cultivo del tomate hasta la aparición de variedades resistentes, resistencia que ha hecho olvidar a los productores de esta hortícola los problemas que esta entidad viral ha causado durante años en el cultivo. Aún hoy en día sigue siendo uno de los virus más importantes debido a sus continuas apariciones y produciendo grandes pérdidas en este cultivo al que afecta tanto en las variedades autóctonas, al no poseer genes de resistencia, como a los tomates tipo «cherry» cuyo cultivo y comercialización se ha incrementado en los últimos años. Últimamente el riesgo de superación de la resistencia en las variedades comerciales, debido a la detección de una nueva cepa del virus (Tm-2^2) (Aramburu y Galipienso, 2005), amenaza de nuevo el futuro sanitario de esta hortícola. Restos de material infectado con ToMV pueden permanecer infectivos durante largos periodos de tiempo incluso varios años en caso de hojas secas y restos de cosecha.

En España y mayoritariamente en el Sureste peninsular, se generan toneladas de restos hortícolas, principalmente de pimiento y tomate, que podrían tener actividad biofumigante. Su incorporación en el suelo, para su empleo en biofumigación/biosolarización, no sólo supondría una solución a la contaminación ambiental, sino que permitiría eliminar una de las principales fuentes de reinfectación de los nuevos cultivos si se consiguiera así la degradación de los patógenos.

Sobre el manejo no químico de los microorganismos abordados en el presente estudio existen pocas referencias bibliográficas siendo este trabajo uno de los pionero en este tema.

2. Material y métodos

2.1. Biofumigación y biosolarización en condiciones controladas

Se prepararon semilleros para la obtención de plantas sanas para su utilización posterior tanto como testigo negativo, para la multiplicación de virosis y bacteriosis en condiciones controladas, así como para el posterior transplante sobre el sustrato sometido a los tratamientos de biofumigación y biosolarización. Para ello se emplearon semillas de tomate de las variedades Marmande y Money-Make, previamente termotratadas (24h a 80 ºC) y que una vez pre-germinadas se transplantaron a bandejas de alvéolos que contenían sustrato (mezcla de turba y arena de sílice). Durante todo el ensayo las plantas de tomate se mantuvieron en invernadero bajo condiciones de aislamiento fitosanitario. Transcurridos 14 días tras la siembra, las plántulas ya habían alcanzado el tamaño adecuado (4 hojas verdaderas) para su transplante (3-4 hojas verdaderas) y/o para su inoculación con ToMV o *C. m*. michiganensis.

Las plantas que posteriormente serían utilizadas como testigo negativo (plantas sanas) permanecieron aproximadamente un mes en estas condiciones de aislamiento hasta obtener una cantidad de masa vegetal suficiente para su troceado y posterior mezclado con el sustrato estéril. Antes de su troceado e incorporación al sustrato, estas plantas de tomate, fueron analizadas para garantizar su buen estado fitosanitario. Para ello se empleó la técnica serológica DAS-ELISA con los correspondientes antisueros comerciales (Loewe Biochemica Sauerlach, Germany Nº 07047S/500 para ToMV y No. 07063 para *C. m. michiganensis*).

2.1.1. Obtención de material vegetal infectado con los ToMV y *C. m. michiganensis*

Para la obtención de material vegetal infectado con ToMV se realizó una transmisión mecánica artificial a plántulas de tomate,anteriormente obtenidas, con un estado de desarrollo de 3-4 hojas verdaderas. Para obtener suficiente material vegetal infectado para los ensayos propuestos se inocularon un total de 60 plántulas sanas crecidas en condiciones de aislamiento como se ha descrito anteriormente. La solución inóculo para realizar dicha inoculación se preparó a partir de material infectado y homogeneizado con tampón de inoculación (1g/4 ml; tampón fosfato Na/K, pH: 7,2 0,01M + Bisulfito sódico 0,5% + EDTA 0,5%) Las plantas fueron espolvoreadas previamente con un abrasivo (Carborundum de 600 mesh) frotando suavemente la lámina foliar de las plántulas a inocular. Posteriormente las plántulas se lavaron con agua destilada. Tras su inoculación se mantuvieron en invernadero bajo las condiciones anteriormente descritas y transcurridos 15 días, se confirmó la presencia del virus en las plantas mediante diagnóstico serológico empleando la técnica DAS-ELISA.

En el caso de la bacteria las plántulas se dejaban crecer en condiciones semicontroladas de invernadero hasta llegar al estadío de 4 hojas verdaderas. Una vez preparadas, se procedía al ajuste de las soluciones bacterianas a 10^8 UFC ml^{-1} según el estandard 0,5 de McFarland. Con ayuda de agujas y jeringuillas estériles, conteniendo unos 30 µl de solución bacteriana, se procedió a realizar microheridas en las axilas de las hojas (hasta 3 heridas por plántula). Posteriormente se depositó una gota de solución en la zona dañada y se cubrió con algodón estéril, a su vez impregnado con la solución bacteriana. A continuación se tapó con parafilm impidiendo la desecación y permitiendo el desarrollo de una infección sistémica. Las plántulas inoculadas se mantuvieron en invernadero bajo condiciones controladas a temperaturas comprendidas entre 18-30 ºC. La evolución de síntomas se evaluó transcurridos 15 días tras la inoculación. La presencia de la bacteria se confirmó mediante observación visual de síntomas (marchitamientos y chancros) y mediante el empleo de la técnica serológica DAS-ELISA utilizando un antisuero específico para la bacteria en estudio.

2.1.2. Ensayo de biofumigación y biosolarización para el control de bacteriosis y virosis, en condiciones controladas

Estos ensayos se llevaron a cabo en macetas (de 15 cm de diámetro y 15 cm de altura) que contenían 500 g de substrato preparado mezclando turba y arena gruesa de sílice en una proporción 4:1 (v/v) para favorecer el drenaje. A las macetas se incorporaron restos de tomate infectados artificialmente (ver Apartado 2.1.1.). Respecto a las características de la turba empleada, se trataba de un substrato de cultivo a base de turbas de la marca comercial Gramoflor (Gramoflor Vertriebs gmbH and Co., Alemania): enmienda orgánico natural, turba neutra *bruna di sfagno*, con un contenido en carbono orgánico de origen biológico del 35%, nitrógeno orgánico 0,3%, sustancia orgánica 60% y con pH de 6,0.

El substrato se desinfectaba en autoclave, previamente a su uso, durante 1h a 121 ºC y se disponía en las macetas.

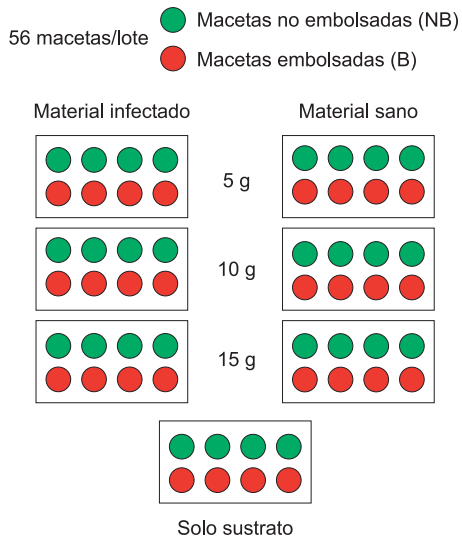
Las plantas de tomate artificialmente infectadas con los patógenos en estudio, se trocearon y posteriormente se mezclaron con el substrato ensayándose tres dosis diferentes de material vegetal: 5, 10 y 15 g por cada 500 g de substrato y con cuatro repeticiones por ensayo. Del mismo modo se prepararon los controles negativos, de modo idéntico pero empleando material vegetal sano, o sólo el substrato sin adición de material vegetal y que se consideraba como dosis 0.

Estas dosis fueron elegidas en relación con la biomasa de las plantas de tomate, de modo que trasladando el ensayo a campo los 5, 10 y 15 g por cada 500 g de substrato corresponderían con 25, 50 y 100 t de material vegetal por hectárea, respectivamente, ajustando las cantidades a las indicadas por Bello *et al*. (2003).

Se diseñaron 7 grupos de macetas, formado cada uno por 56 macetas, coincidiendo con las semanas de tratamiento térmico al que iban a someterse (desde 0 hasta 6). En cada uno de los ensayos la mitad de las macetas (12 macetas que contenían material vegetal infectado, 12 macetas con material vegetal sano y 4 macetas sin material vegetal añadido) se encerraban en bolsas de plástico en condiciones herméticas para evitar la salida de las sustancias volátiles generadas durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. Estas bolsas eran de polietileno térmico transparente, de 300 galgas de espesor y de un tamaño de 25 x 40 cm. Las macetas dispuestas en bolsas se identificaron con una B (macetas embolsadas) mientras que las que permanecían abiertas

se identificaron como NB (macetas no embolsadas). El esquema de preparación y distribución de macetas se recoge en la Figura 1.

Figura 1. Preparación de los lotes de macetas para ser sometidas a los tratamientos térmicos



Las temperaturas ensayadas a las que se sometieron los lotes de macetas para estudiar la supervivencia de los agentes patógenos, fueron 25 ºC y 45 ºC (Basu, 1970). Estas temperaturas se seleccionaron ya que una temperatura media de 25 ºC se puede alcanzar fácilmente en condiciones de campo debido a la climatología en España. Además, la técnica de biofumigación aplicada en campo puede combinarse con otras, como con la solarización, cubriendo la superficie del terreno con una lámina plástica y, en este caso, las temperaturas del suelo en condiciones de campo podrían alcanzar, e incluso superar, los 45 ºC.

Una vez preparadas, todas las macetas (56 por cada lote o «semana de tratamiento») se colocaron en estufas a las temperaturas experimentales. Transcurridos los periodos de tratamiento de 0 a 6 semanas, el lote se sacaba de la estufa y todas las macetas se trasladaban al invernadero transplantando una plántula de tomate sana *cv* Money-Maker de dos semanas de edad por maceta. Estas plántulas se obtuvieron sobre substrato desinfectado para su empleo como trampa biológica a lo largo del ensayo. Posteriormente, las macetas se regaron hasta la saturación.

Una vez en invernadero y durante el resto del ensayo, las plantas permanecieron en condiciones controladas de humedad y temperatura (18-30 ºC). El efecto de los tratamientos y la posible transmisión de los agentes patógenos en estudio se evaluó transcurridos entre 30 y 40 días desde el transplante. Para ello todas las plantas, con y sin síntomas de enfermedad, se analizaban mediante la técnica serológica DAS-ELISA, como se ha descrito en el apartado anterior, con el empleo de antisueros específicos. Cuando los análisis mostraban resultados negativos para todas las plantas a la presencia del patógeno correspondiente, se consideraba que el patógeno no había infectado las plantas y que, por lo

tanto, las poblaciones habían sido reducidas, al menos, por debajo del límite de detección de la técnica de diagnóstico empleada. Sin embargo, bajos niveles patogénicos podrían permanecer todavía en asociación con el substrato (Noble y Roberts, 2004).

2.2. Análisis estadísticos

La incidencia de la enfermedad, expresada como porcentaje de plantas con resultado positivo a la técnica DAS-ELISA, se evaluaba mediante el análisis factorial ANOVA utilizando el programa *Statgraphics Plus Software 4.1* (Manugistics Inc., Rockville, MD, EEUU). Los datos comparando los controles con las macetas conteniendo restos infectados se analizaron considerando como factores fijos dosis (5, 10 y 15 g), semanas de duración de tratamiento térmico (de 0 a 6 semanas a 25 y 45 ºC) y tratamiento de macetas (embolsadas o no embolsadas).

Las diferencias significativas se analizaron comparando medias mediante el test LSD (del ingles *Least Significance Difference*) de Fisher ($P< 0,05$). Los análisis de regresión se llevaron a cabo mediante el programa *Excel* (incluido en el paquete *Microsoft Office 2003*).

2.3. Introducción y recuperación de cepas bacterianas en substratos infectados artificialmente y determinación de la supervivencia de los patógenos baterianos en asociación con tejidos vegetales

Estos ensayos están basados en trabajos realizados por Trevors y Finnen (1990) y por Basu (1970) con modificaciones en la metodología que quedan recogidas en la Figura 2.

Se realizaban conteos de las diferentes colonias observadas en las placas, identificando la bact eria *C. m. michiganensis* por evaluación visual de la morfología (forma, tamaño, coloración, bordes, etc.) y mediante análisis serológico de cultivos puros. Cuando el resultado era positivo, se procedía a la inoculación en hojas de tabaco como test de patogenicidad tras los tratamientos térmicos. Algunas de las colonias seleccionadas en este ensayo fueron identificadas mediante la secuenciación del gen ribosómico 16S

amplificado con los cebadores pA-pH (Edwards *et al.*, 1989) estudiándose también la longevidad de las bacterias en asociación directa con los restos vegetales (Zanón y Jordá, 2008).

Figura 2.a: Esquema de la introducción y recuperación semanal de cepas bacterianas en substratos infectados artificialmente (AFE: agua fisiológica estéril)

Figura 2.b: Esquema de la supervivencia de los patógenos en asociación con tejidos vegetales

3. Resultados y discusión

3.1. Efecto de las técnicas ensayadas contra *C. m. michiganensis*

Una vez tratadas a 25 ºC, los porcentajes de plantas que mostraron resultado positivo a la presencia de *C.m. michiganensis* tras ser analizadas por la técnica serológica DAS-ELISA transcurridas las correspondientes semanas de tratamiento en macetas, embolsadas o no embolsadas, se recogen en las Tablas 1 y 2 considerando la «semana 0» o «semana sin ningún tipo de tratamiento térmico» como el máximo nivel de infección del que se partía.

De los resultados expuestos se deduce que tras cuatro semanas de tratamiento a 25 ºC no se detecta la bacteria en plantas crecidas sobre macetas conteniendo restos de tomate infectados que habían permanecido embolsadas durante los tratamientos.

En cambio, tras las seis semanas de tratamiento a 25 ºC en macetas no embolsadas, todavía se detectó la presencia de la bacteria en las plantas, sin resultar un método efectivo.

La principal diferencia entre macetas se encuentra en que en las embolsadas no se permitía la liberación de las sustancias generadas durante la descomposición del material vegetal, reteniendo los gases con posibles efectos bactericidas. El hecho de que tras la primera semana de tratamiento el porcentaje de infección fuera mayor en las plantas crecidas sobre macetas embolsadas se relaciona con las condiciones favorables de humedad, ya que no hay que olvidar que el sustrato se lleva a capacidad de campo una vez incorporado el material vegetal y previamente a los tratamientos térmicos. Condición esta, junto con la temperatura, favorable para el desarrollo bacteriano. Por tanto, los efectos asociados a la biofumigación en relación con la disminución de la incidencia de la enfermedad se observan tras dos semanas de tratamiento a 25 ºC.

Las plantas sanas trasplantadas que mostraron síntomas de infección sistémica transcurridas 6 semanas de tratamiento a 25 ºC implican la presencia e importancia del inóculo bacteriano que queda asociado tanto al suelo como a los restos de cosecha.

Tabla 1. Incidencia de la enfermedad, expresada en porcentaje de plantas mostrando resultado positivo por DAS-ELISA a la presencia de *C.m. michiganensis* tras las semanas de tratamiento a 25 ºC

	Tipo de macetas[a]	
Semana	NB	B
0 [b]	50	58,3
1	8,3	16,6
2	25	16,6
3	25	8,3
4	0	0
5	8,3	0
6	8,3	0

[a] NB: macetas no encerradas en bolsas de plástico; B: macetas encerradas herméticamente en bolsas de plástico.
[b] Semana 0 sin tratamiento térmico: máximo nivel de infección de partida.

Los análisis de varianza para la incidencia de la enfermedad mostraron que tanto las semanas de tratamiento como la dosis de material infectado incorporado en macetas resultaron ser factores significativos, con P<0,05, pero no sus interacciones (Tabla 2).

En la Tabla 3, se puede observar el resultado obtenido mediante el test LSD de Fisher (P< 0,05) para los distintos factores considerados.

Aún así, cabe destacar que la no existencia de diferencias significativas a nivel estadístico, se debe a un análisis de comparaciones numéricas equivalentes a diferencias entre el número de macetas con incidencia de la enfermedad. Pero, a nivel práctico, la desaparición de la enfermedad tras cuatro semanas de tratamiento a 25 ºC para las macetas embolsadas resulta muy interesante si lo que se tiene en cuenta es la presencia/ausencia de la bacteria en asociación con los restos vegetales infectados que

Tabla 2. Resultados obtenidos del análisis de la varianza de los valores medios de la incidencia de la enfermedad para los factores dosis de material infectado, semanas de duración del tratamiento térmico y tipo de macetas (abiertas o cerradas), así como para sus interacciones, para los tratamientos a 25 ºC

Efectos	G.L.	Valores de P[a]
Dosis	2	0,042
Semanas	6	0,002
Macetas	1	0,509
Interacciones		
Dosis*semanas	12	0,132
Dosis*macetas	2	0,641
Semanas*macetas	6	0,823

[a] Valores de P<0,05 implican diferencias significativas.

entran en contacto con plantas sanas y su capacidad de infectarlas. Habrá que considerar que los resultados se han obtenido en condiciones controladas, mediante el diseño de un modelo que reduce el manejo de material que sería requerido en condiciones de campo.

Los resultados obtenidos también ponen de manifiesto la diferencia que supondría el cubrir el suelo (o compactar las capas superiores) en el momento de aplicar los materiales biofumigantes, acción recomendada por distintos autores (Tello y Bello, 2002 y Bello *et al*., 2002) favoreciendo, en este caso, los efectos asociados a la descomposición de los restos de tomate como los recogidos por Kim y Kil (2008) o por Ríos *et al*. (2008).

Tabla 3. Resultados obtenidos mediante la realización de la prueba de Fisher (LSD con P<0,05) para los diferentes factores considerados en los tratamientos a 25 ºC: dosis, tipo de macetas (NB=sin bolsa y B=con bolsa) y semanas de tratamiento, transcurridos 40 días tras el trasplante

Temperatura	Macetas	LS media[z]	Dosis (g)	LS media	Semana	LS media
25 ºC	B[x]	14.28 a[y]	10[x]	10,71 a	4	0 a
	NB	17.85 a	5	10,71 a	6	4.46 a
			15	26,78 b	5	4.46 a
					1	12.5 a
					3	16.66 a
					2	20.83 a
					0	54.16 b

[x] Cuatro repeticiones por dosis y tratamiento.
[y] Los valores de cada columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente de acuerdo con el método LSD.
[z] Incidencia de la infección expresada como porcentaje de plantas afectadas por la bacteria transcurridos 40 días tras el trasplante empleando la técnica DAS-ELISA.
Las medias representan la incidencia de la enfermedad según el porcentaje de plantas afectado por *C.m. michiganensis.*

Por otra parte, si que existen diferencias significativas respecto a las dosis de material vegetal infectado que fue mezclado con el substrato, de modo que a mayor dosis, mayor infección.

Sin duda, uno de los resultados más importantes se desprende de las diferencias observadas comparando la duración del tratamiento térmico ya que el máximo nivel de infección obtenido para la semana 0 o «sin tratamiento» disminuye con los tratamientos desde la primera semana. Aunque no se observen diferencias significativas entre las semanas de tratamiento si que disminuye la incidencia de la enfermedad conforme estas avanzan, de modo que la menor incidencia se obtiene tras la quinta y sexta semanas de exposición a 25 ºC. Como dato anómalo se considera la no infección observada tras cuatro semanas de tratamiento. Pero el hecho de que de nuevo aparezcan plantas afectadas en semanas posteriores implica que la bacteria nunca se controló a 25 ºC tras 6 semanas de tratamiento, interpretando los análisis estadísticos recordando que no se consideran diferencias significativas entre el tipo de macetas, embolsadas y no embolsadas.

Respecto a los tratamientos a 45 ºC, en la Tabla 4 se recogen los porcentajes de plantas con resultado positivo a la presencia de *C. m. michiganensis*. De nuevo se observa que el efecto de control de la enfermedad, a partir de las técnicas de detección empleadas, es más rápido en las macetas que permanecieron encerradas de forma hermética en bolsas de plástico y reteniendo las sustancias volátiles procedentes de la descomposición del material vegetal añadido, que en el caso de las macetas que permanecieron abiertas. En este caso, dos semanas de tratamiento a 45 ºC para macetas encerradas y cuatro semanas de tratamiento a 45 ºC para las macetas que permanecieron abiertas, son suficientes para controlar la enfermedad causada por *C. m. michiganensis*.

Los análisis de varianza para la incidencia de la enfermedad mostraron, al igual que para los tratamientos a 25 ºC, que tanto las semanas de tratamiento como la dosis de material infectado añadido en las macetas resultaron factores significativo con $P<0,05$, pero no así ninguna de las interacciones (Tabla 5). En la Tabla 6, se recoge el resultado obtenido mediante el test LSD de Fisher ($P<0,05$) para los distintos factores considerados.

Al igual que en el caso de tratamientos a 25 ºC, el estudio estadístico de la incidencia de la enfermedad en relación con las semanas de duración de los tratamientos, indica que se observan reducciones significativas ya desde la primera semana a 45 ºC. Este resultado concuerda con estudios previos que señalan a las elevadas temperaturas

Tabla 4. Incidencia de la enfermedad, expresada en porcentaje de plantas mostrando resultado positivo por DAS-ELISA a la presencia de *C. m. michiganensis* tras las semanas de tratamiento a 45 ºC

	Tipo de macetas[a]	
Semana	NB	B
0[b]	83	75
1	0	8,3
2	16,6	0
3	25	0
4	0	0
5	0	0

[a] NB: macetas no encerradas en bolsas de plástico y B: macetas encerradas herméticamente en bolsas de plástico.
[b] Semana 0 sin tratamiento térmico: máximo nivel de infección de partida.

Tabla 5. Resultados obtenidos del análisis de la varianza de los valores medios de la incidencia de la enfermedad para los factores dosis de material infectado, semanas de duración del tratamiento térmico y tipo de macetas (abiertas o cerradas), así como para sus interacciones para los tratamientos a 45 ºC

Efectos	G.L.	Valores de P[a]
Dosis	2	0,016
Semanas	5	0,000
Macetas	1	0,064
Interacciones		
Dosis*semanas	10	0,109
Dosis*macetas	2	0,339
Semanas*macetas	5	0,129

[a] Valores de P<0,05 implican diferencias significativas.

alcanzadas en el suelo como el factor que ejerce el efecto adverso más importante sobre el inóculo de *C. m. michiganensis* (Gleason *et al*., 1991; Antoniou *et al.,* 1995 y Basu, 1970).

El número de plantas enfermas se reduce hasta alcanzar las semanas 4 y 5 donde ya no se detecta ninguna. De nuevo, aunque estadísticamente los estudios numéricos no muestren diferencias significativas entre la duración de tratamientos, a nivel práctico si que resulta interesante, puesto que entre la ausencia o presencia de plantas enfermas si que hay claras diferencias.

Tras cuatro semanas de tratamiento a 45 ºC, se controla la incidencia de la enfermedad causada en plantas p or *C. m. michiganensis* y transmitida a través de restos de material vegetal infectados que se incorporan al substrato.

Tras los tratamientos a 25 ºC (Tabla 7), las poblaciones de la bacteria patógena en el medio de crecimiento general YDA decrecieron bruscamente identificándose hasta la segunda semana de tratamiento. Sin embargo, en el caso del medio selectivo D2 se observaba una disminución gradual de la densidad poblacional de *C. m. michiganensis* hasta la tercera semana, ya que tras cuatro semanas de tratamiento a 25 ºC ya no se detecta su crecimiento en las placas.

Tabla 6. Resultados obtenidos mediante la realización de la prueba de Fisher (LSD con P<0,05) para los diferentes factores considerados en los tratamientos a 45 ºC: dosis, tipo de macetas (NB=sin bolsa y B=con bolsa) y semanas de tratamiento, transcurridos 40 días tras el trasplante. Las medias representan la incidencia de la enfermedad según el porcentaje de plantas afectadas por *C. m. michiganensis*

Temperatura	Macetas	LS media[z]	Dosis (g)	LS media	Semana	LS media
45 ºC	BX	13.88 a[y]	5[x]	8,33 a	5	0 a
	NB	20.83 a	15	20,83 b	4	0 a
			10	22,91 b	1	4,16 a
					2	8,33 a
					3	12,5 a
					0	79,16 b

[x] Cuatro repeticiones por dosis y tratamiento.
[y] Los valores de cada columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente de acuerdo con el método LSD.
[z] Incidencia de la infección expresada como porcentaje de plantas afectadas por la bacteria transcurridos 40 días tras el trasplante empleando la técnica DAS-ELISA.

Tabla 7. Promedio del conteo de colonias de *C. m. michiganensis* procedentes del substrato tratado tras un periodo de 6 semanas a 25 ºC

	Log cfu g^{-1} substrato [a] Sem. tratam. 25 ºC						
Medio nutritivo	0	1	2	3	4	5	6
YDA	5,316	0	4,39	0	0	0	0
D2	4,748	5,819	3,867	3,238	0	0	0

[a] Promedio del conteo de ufc g^{-1} de substrato en placas Petri a partir del método de las diluciones seriadas, con 5 diluciones y 2 repeticiones por medio nutritivo ensayado (5 x 2 x 2).

La identificación y conteo de las colonias se realizaba de forma visual, obteniéndose cultivos puros que se analizaban por DAS-ELISA caracterizándose las colonias correspondientes a *C. m. michiganensis* por su coloración amarilla, en los dos medios de crecimiento ensayados.

Las soluciones bacterianas preparadas a partir de los cultivos puros con resultado positivo a la técnica ELISA e inoculadas en hojas de tabaco dieron reacciones de fitopatogenicidad positivas, por lo que se deduce que tras tres semanas de tratamiento a 25 ºC, las células de *C. m. michiganensis* introducidas en el substrato como células libres mediante la adición directa de la solución bacteriana al substrato, permanecen infectivas.

Tras los tratamientos a 45 ºC nunca se detectaron colonias de *C. m. michiganensis* en las placas. (Tabla 7)

Al haberse realizado el seguimiento semanal de los distintos tipos de colonias que se observaron en las placas, se evaluó el efecto de los tratamientos térmicos también sobre estas. Así, el número de otras colonias que crecieron tras los tratamientos en el medio de cultivo selectivo D2, como cabía esperar, era inferior al observado en el medio para un crecimiento general YDA (Figura 3), observando que tras las semanas de tratamiento, a ambas temperaturas, los niveles de presencia de determinadas bacterias se mantienen en altas densidades poblacionales.

Algunos de los cultivos puros de estas bacterias se identificaron como *Paenibacillus* sp. y *Brevibacillus* sp. por secuenciación del gen ribosómico 16S (Edwards *et al*., 1989), y cuyas secuencias fueron depositadas en el GenBank NCBI (Accessions No. EU857426 y No. EU857427, respectivamente). Estas bacterias han sido citadas en diferentes estudios por mostrar actividad antibiótica (antibiosis) frente algunos organismos fitopatógenos.

El efecto de los tratamientos térmicos en la dinámica poblacional de *C. m. michiganensis* y del resto de colonias evaluadas a 25 ºC (Figura 4) implica diferencias entre estas colonias, especialmente respecto a su comportamiento en función del medio nutritivo del que dispongan. Los análisis de regresión para estos resultados (siguiendo un modelo polinomial), muestran un descenso brusco en las colonias patógenas en ambos medios nutritivos, mientras que las poblaciones de colonias saprofitas permanecieron prácticamente constantes tras las semanas de tratamiento a 25 ºC.

Los resultados de las siembras en placa de las soluciones bacterianas obtenidas a partir de estos residuos vegetales y siguiendo el método de las diluciones seriadas, mostraron reacciones de antibiosis. Las bacterias implicadas en estas reacciones se identificaron mediante secuenciación del gen ribosómico 16S (Edwards *et al*., 1989) como diferentes cepas de *Bacillus subtilis* (GenBank Accesión No. EU857428) mostrando un efecto bacteriostático y no bactericida puesto que se frena el crecimiento de las bacterias permaneciendo intactas, sin destrucción pero sin avance.

En función de todos los resultados expuestos y según Trevors y Finnen (1990), la supervivencia de las bacterias en el suelo es muy difícil de determinar de modo que los resultados obtenidos se han de considerar como aproximaciones, aportando una valiosa información ecológica para un adecuado manejo agrario.

Figura 3. Crecimiento de colonias bacterianas diferentes a *C. m. michiganensis* en los medios de crecimiento tras los tratamientos térmicos a 25 ºC y 45 ºC

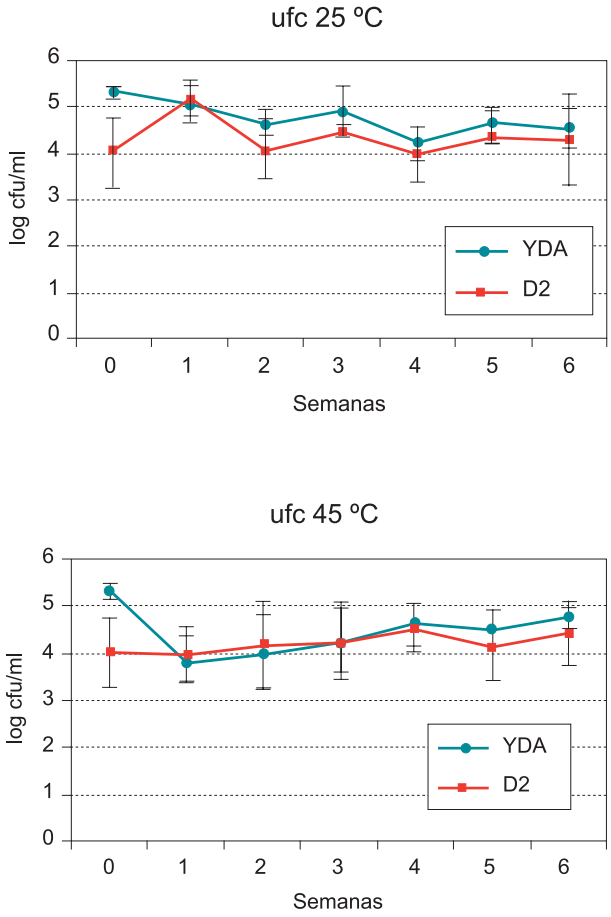
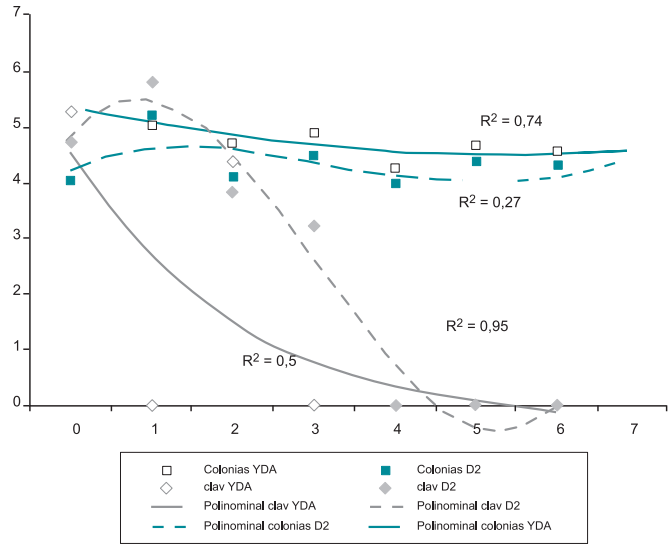


Figura 4. Efecto del tratamiento térmico a 25 ºC en la dinámica poblacional de *C. m. michiganensis* y otras colonias de bacterias en los medios nutritivos ensayados (YDA y D2)



3.2. Efecto de las técnicas ensayadas contra ToMV

Tras la aplicación de los ensayos expuestos de biofumigación y biosolarización, se sigue detectando infección de plantas por ToMV tras 6 semanas de tratamiento para macetas que permanecieron embolsadas de forma hermética tanto a 25 como a 45 ºC y con las tres dosis de material vegetal ensayadas, quedando pendiente un estudio más exhaustivo de los efectos observados en las condiciones de ensayo. Actualmente se están llevando a cabo los ensayos correspondientes a 7 y 8 semanas de tratamientos térmicos pudiendo adelantar la importancia de las condiciones de humedad, puesto que en macetas que permanecieron no embolsadas a 45 ºC, el virus no se ha detectado en asociación con el substrato ni con el material vegetal.

4. Discusión general

Los resultados obtenidos en este trabajo ponen de manifiesto el efecto que puede ejercer la combinación de las técnicas de solarización y biofumigación en el control de las enfermedades bacterianas transmitidas por los agentes fitopatógenos ensayados.

A partir del bioensayo en macetas se demuestra el efecto de las temperaturas, superiores a 40 ºC, en la erradicación de las bacterias patógenas asociadas al substrato, corroborando los resultados de Pullman *et al.* (1981a y 1981b). En este caso conviene señalar que se ha utilizado la combinación de los métodos de detección aconsejados por Noble y Roberts (2004) y Graham y Lloyd (1978), autores que emplean, respectivamente, la técnica serológica ELISA al ser la técnica más comúnmente empleada para la detección de patógenos en suelos y composts, mientras que los segundos apoyan el empleo de plantas sanas de tomate como trampa biológica que detectan fácilmente la presencia de las bacterias patógenas capaces de invadir las plantas por contacto directo con el sistema radicular, proporcionando además una información sobre su capacidad de instalación y multiplicación en la planta.

Las infecciones asociadas al inóculo bacteriano que es capaz de sobrevivir en suelos y substratos, libremente o en asociación con restos de cultivo, resultan problemáticas, causando la aparición de síntomas severos que son responsables de importantes pérdidas en el rendimiento. A partir de los resultados obtenidos, también se demuestra la importancia del inóculo con alta capacidad infectiva y que lo convierte en focos de infección, habiendo comprobado la transmisión de enfermedades bacterianas a partir de restos de cultivo como indican numerosos autores (McCarter, 1976; Graham y Lloyd, 1979; Leben, 1981; Nesmith y Jenkins, 1983; Noble y Roberts, 2004 y Ji *et al*., 2005) y que se demuestra a partir de los altos niveles de infección alcanzados en las plantas que crecieron sobre macetas enmendadas con restos de cultivo altamente infectivos que no se sometieron a ningún tipo de tratamiento (correspondientes a las semanas 0).

Considerando los niveles de infección anteriormente referidos, respecto a la presencia de patógenos en los substratos en asociación con material vegetal, sí que se observan efectos positivos tras los tratamientos a 25 ºC, para las distintas dosis de restos adicionados, técnica considerada como biofumigación. Estos efectos supondrán una disminución en el nivel de infección de la enfermedad bacteriana en las plántulas crecidas sobre substratos tratados, pero, al manejar bacterias de cuarentena, no se pueden considerar

como resultados favorables, puesto que una disminución no implica la erradicación del patógeno, con el riesgo potencial que supondrá la presencia bacteriana en campo. Aún así, si que se obtiene información interesante acerca del comportamiento de los patógenos, en las condiciones de ensayo, y que se pueden considerar en caso de detectarse un foco de infección, adicionándose a los resultados obtenidos por el resto de autores, en sus condiciones.

Además, se ha estudiado el comportamiento de las bacterias saprofitas presentes en los substratos tras los distintos tratamientos térmicos, observándose reacciones de antibiosis, aunque sólo se han obtenido en condiciones *in vitro*, y con resultados positivos contra la bacteria *C. m. michiganensis*. También resulta especialmente interesante, el aislamiento de diferentes bacterias empleadas para el control biológico de determinados patógenos, sobre todo en la búsqueda de alternativas para el control químico.

Todos los resultados apoyan la efectividad de adicionar los restos de cosecha al suelo (pero enterrados) con altos niveles de humedad, obteniéndose un doble beneficio: el aprovechamiento de las sustancias volátiles liberadas de su descomposición así como la eliminación de los restos vegetales que se abandonan tras la cosecha y que pueden actuar como importante fuente de infección. Además, la incorporación de estos restos en el suelo, supondrán un aporte extra de material orgánico, lo que permitirá una disminución en la adición de estiércoles, aporte que favorece el nivel de nutrientes en el suelo así como las características del suelo, principalmente, de su estructura.

Como conclusión general, se ha obtenido que la combinación de las técnicas de biofumigación empleando restos de cultivo de tomate junto con la solarización, que permite alcanzar temperaturas elevadas en el suelo, puede ensayarse en campo como alternativa al empleo de bromuro de metilo en España para el control de las enfermedades ocasionadas por *C. m. michiganensis;* y con resultados preliminares favorables para el control del virus ToMV (basados en los ensayos de Vilaseca *et al.,* 2006), efecto favorecido con las condiciones climáticas del país, combinación que se asocia con un incremento de rendimiento y mejora de productividad de los cultivos.

5. Bibliografía

- AGUILAR, M. I. (2002): *Efectos del compostaje de residuos de plantas hortícolas infectadas sobre la viabilidad de hongos y virus fitopatógenos*. Tesis Doctoral, Universidad de Almería.

- ANTONIOU, P. P.; TJAMOS, E. C. y PANAGOPOULOS, G. G. (1995): «Use of solarization for controlling bacterial canker of tomato in plastic houses in Greece»; en *Plant Pathology* (44); pp. 438-447.

- APARICIO, V.; RODRÍGEZ, M. D.; GÓMEZ, V.; SÁEZ, E.; BELDA, J. E.; CASADO, E. y LASTRES, J. (1995): *Plagas y enfermedades de los principales cultivos hortícolas de la provincia de Almería: control racional*. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

- ARAMBURU, J. y GALIPIENSO, L. (2005): «First report in Spain of a variante of Tomato Mosaic Virus (ToMV) overcoming the Tm-2^2 resistence gene in tomato (*Lycopersicum esculentum*)»; en *Plant Pathology* (54).

- BAILEY, K. L. y LAZAROVITS, G. (2003): «Supressing soilborne diseases with residue management and organic amendments»; en *Soil Tillage Res*. (72); pp. 169-180.

- BARRES, M. T. (2006): *La eliminación del bromuro de metilo en protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

- BASU, P. K. (1970): «Temperature, an important factor determining survival of *Corynebacterium michiganense* in soil»; en *Phytopathology* (60); pp. 825-827.

- BELLO, A. (1998): «Biofumigation and integrated pest management»; en BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A.; ARIAS, A. y RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., eds.: *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries.* Valencia, CSIC; pp. 99-126.

- BELLO, A.; ESCUER, M.; SANZ, R.; LÓPEZ, J. A. y GUIRAO, P. (1997a): «Biofumigación, nematodos y bromuro de metilo en el cultivo del pimiento»; en LÓPEZ, A. y MORA, J. A., eds.: *Posibilidad de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero.* Murcia, Consejería de Medioambiente, Agricultura y Agua; pp. 67-108.

- BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A. y TELLO, J. C. (1997b): «La biofumigación como alternativa a la desinfección el suelo»; en *Horticultura Internacional* (17); pp. 41-43.

- BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A.; ARIAS, M. y RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., eds. (1998): *Alternatives to methyl bromide for the Southern European countries.* Valencia, CSIC.

- BELLO, A.; LÓPEZ, J. A.; SANZ, R.; ESCUER, M. y HERRERO, J. (2000): «Biofumigation and organic amendments»; en *Methyl bromide alternatives for North African ans Southern European countries.* UNEP; pp. 113-141.

- BELLO A., LÓPEZ-PÉREZ J. A., GARCÍA-ÁLVAREZ A. 2002. Biofumigation as an alternative to methyl bromide. Proceedings of international conference on alternatives to methyl bromide. Sevilla, Spain 5-8 Marzo 2002. pp. 221-225.

- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A. y GARCÍA-ÁLVAREZ, A. (2003): «Biofumigación y control de los patógenos de las plantas»; en *Biofumigación en agricultura extensiva de regadío*. Alicante, Mundi-Prensa; pp. 343-369.

- BIOSCA, E. G.; PEÑALVER, R.; MARCO-NOALES, E. y LÓPEZ, M. (2003): «Resumen de detección de bacterias fitopatógenas del suelo: *Agrobacterium tumefaciens* y *Ralstonia solanacearum* biovar 2»; en *Phytoma España* (149); pp. 18-23.

- CHELLEMI, D. O.; OLSON, S. M. y MITCHELL, D. J. (1994): «Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in Northern Florida» en *Plant Disease* (78); pp. 1.167-1.172.

- EDWARDS, U.; ROGALL, T.; BLÖCKER, H.; EMDE, M. y BÖTTGER, E. C. (1989): «Isolation and direct complete nucleotide determination of entire genes. Characterization of a gene coding for 16S ribisomal RNA»; en *Nucleic Acids Res* (17); pp. 7.843-7.857.

- GARCÍA-ÁLVAREZ, A. y BELLO, A. (2004): «Diversidad de los organismos de suelo y transformaciones de la materia orgánica»; en AGRÍCOLA ESPAÑOLA, ed.: *Conference Book. I Internacional Conference on Soil and Compost Eco-Biology*. León, 15-17 de septiembre; pp. 211-212.

- GAMBIEL, A. y STAPLETON, J. J. (1993): «Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues»; en *Phytopathology* (83); pp. 899-905.

- GLEASON, M. L.; BRAUN, E. J.; CARLTON, W. M. y PETERSON, R. H. (1991): «Survival and dissemination of *Clavibacter michiganensis* subs. *michiganensi* in tomatoes»; en *Phytopathology* (81); pp. 1.519-1.523.

- GRAHAM, J. y LLOYD, B. (1978): «An improved indicator plant method for the detection of *Pseudomonas solanacearum* race 3 in soil»; en *Plant Disease Reporter* (62); pp. 35-37.

- GRAHAM, J. y LLOYD, B. (1979): «Survival of potato strain (race 3) of *Pseudomonas solanacearum* in the deeper soil layers»; en *Aust. J. Agric*. (30); pp. 489-496.

- JI, P.; MOMOL, M. T.; OLSON, S. M. y PRADHANANG, P. M. (2005): «Evaluation of thymol as biofumigant for control of bacterial wilt of tomato under field conditions»; en *Plant Disease* (89); pp. 497-500.

- KATAN, J.; GREENBERGER, A.; ALON, H. y GRINSTEIN, A. (1976): «Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens»; en *Phytopathology* (66); pp. 683-688.

- KEINATH, A. P. (1996): «Soil amendment with cabbage residue and crop rotation to reduce gummy stem bligth and increase growth and yield of watermelon»; en *Plant Disease* (80); pp. 564-570.

- KIM, Y. S. y KIL, B. S. (2001): «Allelopathic effects of some volatile substances from the tomato plant»; en *Journal of Crop Production* (4); pp. 313-321.

- KIRKEGAARD, J. A.; GARDNER, P. A.; DESMARCHELIER, J. M. y ANGUS, J. F. (1993): «Biofumigation-using *Brassica* species to control pests and diseases in horticulture and agriculture»; en *Proceedings 9th Australian Research Assembly on* Brassicas; pp. 77-82.

- LEBEN, C. (1981): «How plant-pathogenic bacteria survive»; en *Plant Disease* (65); pp. 633-637.

- MANSOORI, B. y JALIANI, N. K. (1996): «Control of soilborne pathogens of watermelon by solar heating»; en *Crop Protection* (15); pp. 423-424.

- MATTHIESSEN, J. N. y KIRKEGAARD, J. A. (2006): «Biofumigation and enhaced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management»; en *Critical Reviews in Plant Sciences* (25); pp. 235-265.

- MBTOC (1997): *Report of the Technology and Economic Assessment Panel*. Nairobi, UNEP.

- McCARTER, S. M. (1976): «Persistence of *Pseudomonas solanacearum* in artificially infested soils»; en *Phytopathology* (66); pp. 998-1.000.

- NESMITH, W. C. y JENKINS, S. F. (1983): «Survival of *Pseudomonas solanacearum* in selected North Carolina soils»; en *Phytopathology* (73); pp. 1.300-1.304.

- NOBLE, R. y ROBERTS, S. J. (2004): «Eradication of plants pathogens and nematodes during composting: a review»; en *Plant Pathology* (53); pp. 548-568.

- PIEDRA BUENA , A.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A.; DÍEZ-ROJO, M. A. y BELLO, A. (2006): «Use of crop residues for the control of *Meloidogyne incognita* under laboratory conditions»; en *Pest Management Science* (62); pp. 919-926.

- PIEDRA BUENA, A.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A.; DÍEZ-ROJO, M. A.; ROS, C.; FERNÁNDEZ, P.; LACASA, A. y BELLO, A. (2007): «Use of pepper crop residues for the cntrol of root-knot nematodes»; en *Bioresource Technology* (98); pp. 2.846-2.851.

- PULLMAN, G. S.; DE VAY, J. E.; GARBER, R. H. y WEINHOLD, A. R. (1981a): «Soil solarization: Effects on Vertillicium wilt of cotton and soilborne populations of *Verticillium dahliae*, *Phytium* spp., *Rhizoctonia solani* and *Thielaviopsis basicola*»; en *Phytopathology* (71); pp. 954-959.

- PULLMAN, G. S.; DE VAY, J. E. y GARBER, R. H. (1981b): «Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens»; en *Phutopathology* (71); pp. 959-964.

- RÍOS, J. J.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, E.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I. y PÉREZ-GÁLVEZ, A. (2008): «Description of volatile compounds geneated by the degradation of carotenoids in paprika, tomato and marigold oleoresins»; en *Food Chemistry* (106); pp. 1.145-1.153.

- RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. (1998): «Alternatives to MB soil fumigation»; en BELLO, A.; GONZÁLEZ, J. A.; ARIAS, M. y RODRÍGUEZ-KÁBANA, R., eds.: *Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries*. Valencia, CSIC; pp. 17-34.

- STAPLETON, J. J. (2000): «Soil solarization in various agricultural production systems»; en *Crop Protection* (19); pp. 837-841.

- STAPLETON, J. J. y DE VAY, J. E. (1984): «Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response»; en *Phytopathology* (74); pp. 255-259.

- TELLO, J. C. (2002): «Tomato production in Spain without methyl bromide»; en *Proceedings of international conference on alternatives to methyl bromide*. Sevilla, 5-8 de marzo; pp. 169-175.

- TELLO, J. C. y BELLO, A. (2002): «Plastics in the disinfection of agriculture land»; en *Plasticulture* (121); pp. 50-71.

- TREVORS, J. T. y FINNEN, R. L. (1990): «Introduction and recovery of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* from agricultural soil»; en *Plant and Soil* (126); pp. 141-143.

- VIDAVER, A. K. y LAMBRECHT, P. A. (2004): «Las bacterias como patógenos vegetales»; en *The plant Health Instructor*. Disponible en http://www.apsnet.org (consultado el 31 de enero de 2007).

- VILASECA, J. C. (2007): *Papel biofumigante de los restos de cosecha en el control de ToMV, PepMV y* O. brassicae*.* Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

- VILASECA, J. C.; FONT, M. I. y JORDÁ, C. (2006): «Biofumigación y biosolarización en el control del ToMV: una buena alternativa al bromuro de metilo»; en *Agroecología* (1); pp. 105-115.

- ZANÓN, M. J. y JORDÁ, C. (2008): «Eradication of *C. m. michiganensis* subsp. *michiganensis* by incorporating fresh crop debris into soil: preliminary evaluations under controlled conditions»; en *Crop Protection* (27); pp. 1.511-1.518.

Tema 17 El injerto en hortícolas como técnica para el control de los patógenos del suelo

Alfredo Miguel Gómez[1] *y Francisco Camacho Ferre*[2]

1. Conceptos sobre injerto en especies herbáceas

1.1. Introducción y evolución histórica del injerto herbáceo

El injerto herbáceo constituye una técnica de cultivo de gran actualidad en horticultura. Su origen es oriental. Tal y como señala Janick (1986), el injerto de especies herbáceas ya fue descrito en el siglo V dC en China. En el siglo XVII en Corea, en un tratado escrito por Hong (1643-1715), se recoge una técnica de injerto por aproximación uniendo cuatro portainjertos, en dos etapas, a un único tallo de calabaza, en el que además se realizaba aclareo de frutos, permitiendo sólo uno o dos por planta, para así poder obtener calabazas de grandes dimensiones que sirvieran para el almacenamiento de granos de arroz (Janick, 1986 y Lee y Oda, 2003).

Otras referencias históricas, ya en el siglo XX, acerca del empleo del injerto en cucurbitáceas señalan su interés. Durante la década de 1920 la calabaza (*Lagenaria siceraria* Standl.) se empleó como portainjertos de sandía (*Citrullus lanatus* Matsum et Nakai) para combatir los descensos de rendimientos debidos a la incidencia de patógenos de suelo asociados a la repetición de cultivos en las rotaciones (Lee, 1994). En el año 1947 el injerto de plantas de pepino y melón sobre *Cucurbita ficifolia* comenzó a practicarse en Holanda. En Francia la primera referencia acerca del injerto en melón, señala el empleo de *Benincasa cerifera* como portainjertos, y data de 1959.

El desarrollo y utilización de los plásticos en agricultura condujo a un incremento de la producción de plantas en semilleros especializados y permitió la producción y distribución de plantas injertadas en países como Corea o Japón. En la década de 1960 el injerto se introdujo en la producción comercial de pepino y tomate en estos países. A finales de los 80 - principios de los 90 del siglo pasado, esta técnica se extendía a especies hortícolas como sandía, pepino, melón, tomate y berenjena (Oda, 1993).

[1] Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).
[2] Departamento de Producción Vegetal de la Universidad de Almería.

El desarrollo de esta tecnología en España se inició en Valencia, a finales de los 70 y se desarrolló, en Valencia y Almería a lo largo de los 80. Actualmente, en Almería, más del 95 % de la superficie cultivada de sandía se injerta (Camacho y Fernández-Rodríguez, 2000), siendo cada vez mayor el número de hectáreas que recurren a esta técnica de cultivo, para garantizar la producción de especies como tomate, melón, o pepino.

En la siguiente tabla, se expone un resumen de los datos obtenidos sobre el porcentaje de planta injertada que se produce, en condiciones de horticultura protegida en diferentes países, según datos obtenidos de: Traka-Mavrona *et al.*, 2000; Oda, 1993; Lee y Oda, 2003; Miguel *et al.,* 2007; Diánez *et al.,* 2008 y Huitrón y Camacho, 2008. Así como datos no publicados por la Organización de Naciones Unidas para el desarrollo Industrial, en la ejecución de proyectos «Alternativas al Bromuro de Metilo» que esta Agencia de la ONU está desarrollando en diversos países en vías de desarrollo, al amparo del Protocolo de Montreal.

Tabla 1. Porcentaje de planta injertada en horticultura protegida por países

País	Sandía	Melón	Pepino	Tomate	Pimiento	Berenjena
Japón	93-98	30-42	72-96	32-48	*	50-94
Corea	98	83-95	95	5	5	2
Grecia	100	40-50	5-10	2-3	*	*
España	98	3	I	10	I	I
Italia	30	*	*	*	*	*
Chipre	80	*	*	*	*	*
Francia	*	I	3	30	*	*
Holanda	*	*	I	50	*	*
Israel	40-70	*	*	*	*	*
Egipto	I	I	*	*	I	*
Jordania	25	*	*	*	*	*
Túnez	*	I	*	*	*	*
Marruecos	25-50	*	*	*	*	*
México	I	I	*	I	*	*
Guatemala	I	*	*	*	*	*
Honduras	20	I	*	*	*	*

I Inicia la técnica a nivel comercial. Sin datos comparativos.
* No se tienen datos.

Foto 1. Sandía injertada en Colima (México)

En Japón se injertan anualmente 500 millones de plantas. De ellas, un 10% (40% en la sandía) se injertan mecánicamente (Hassell *et al.,* 2008). En EEUU se injertan 40 millones de plantas de tomate, para cultivo hidropónico y apenas 400000 plantas de sandía. En México hay actualmente 1000 ha de tomate al aire libre con planta injertada, para evitar Fol raza 3, además de 1000 ha de sandía y 100 ha de melón (Davis *et al.,* 2008).

1.2. Finalidad del injerto

En horticultura, el principal objetivo que se persigue con la utilización del injerto, es la posibilidad de cultivar plantas sensibles a determinadas enfermedades en un suelo contaminado. El sistema consiste en emplear un portainjertos que pertenece a otra variedad, otra especie, incluso otro género de la misma familia de cultivo. El portainjertos debe ser resistente a la enfermedad que se desea evitar (Louvet, 1974).

El portainjertos o patrón permanece sano con lo cual le puede proporcionar la solución nutritiva a la planta, a la vez este se desarrolla y le proporciona los fotoasimilados necesarios, que se preparan en la parte aérea (cultivar). En la utilización de esta tecnología para prevenir patógenos de suelo, normalmente se deja solo el sistema radicular del portainjertos y la parte aérea correspondiente a la variedad. La interacción patrón-variedad

modifica, en la mayoría de las ocasiones, el comportamiento de la misma como consecuencia de diversas reacciones tales como la incompatibilidad, cambio en la tolerancia a ciertos factores de clima y suelo, hábitos de crecimiento, floración, tamaño del fruto, contenido de sólidos solubles en el mismo, dureza de la pulpa, etc.

Como se ha comentado anteriormente, la principal aplicación que se le está dando al injerto en hortícolas es el control de enfermedades y la «fatiga» de suelo (Yu-Jin Quan, 2000 y 2001); pero esta tecnología se puede utilizar con otras finalidades tales como alargar el ciclo de cultivo y otros procedimientos en disciplinas tales como: propagación vegetal, mejora vegetal, fitopatología, fisiología vegetal y fitotecnia especial.

En el cultivo de especies herbáceas mediante el injerto se pretende aprovechar características útiles del portainjertos, cuyos resultados se relacionan con:

- Incremento del vigor y posibilidad de cultivar en un ciclo más largo (Louvet, 1974; Choi *et al*., 1980; Ogbuji, 1981; Buitelaar, 1987; Vergniaud, 1990 y Miguel *et al*., 2007).

- Incremento de la producción (Miguel, 1993; Miguel *et al.,* 2007; Alexandre *et al.,* 1997b; Gamayo y Aguilar, 1998; Sánchez, 2000; Trionfetti *et al.,* 2002 y Davis *et al.,* 2008).

- Resistencia y/o tolerancia a enfermedades y plagas de suelo (Louvet y Peyriere, 1962; Buitelaar, 1987; Messiaen *et al.,* 1991; Gómez, 1993; Miguel *et al.,* 2007; Cohen *et al.,* 2000; Trionfetti *et al.,* 2002; Lee y Oda, 2003; González, *et. al.;* 2008; King *et al.,* 2008; Davis *et al.,* 2008 y Kubota *et al.,* 2008).

- Tolerancia a estreses abióticos. Por ejemplo, el melón injertado sobre RS-841 (*C. maxima x C. moschata*) soporta mejor las bajas temperaturas de suelo, permitiendo plantaciones más tempranas (Buitelaar, 1987; Vergniaud, 1990; Yu-XianChang *et al.,* 1997 y Lee, 2003). Algunos patrones permiten mejorar la tolerancia a salinidad del tomate (Estan *et al.,* 2005) o de melón (Colla *et al.,* 2006) o a encharcamiento. (Liao-ChungTa y Lin-ChinHo, 1996).

- Incremento del calibre del fruto (Miguel, 1993; Miguel *et al.,* 2007; Camacho, 1999; Sánchez, 2000; Traka-Mavrona *et al.,* 2000 y Trionfetti *et al.,* 2002).

- Modificación de los atributos de calidad del fruto (Choi *et al.,* 1980; Lee, 1989 y Davis *et al*., 2008).

- Combinación de materiales de valor ornamental como ocurre en cactus de la especie *Gymnocalicium mihanovichii* var. friedichii Werd. Hort. cuya demanda mundial se estima en 10 millones de plantas anuales (Lee y Oda, 2003).

1.3. Fisiología del injerto

Los cambios que se producen al injertar una especie vegetal, en aspectos tales como el crecimiento y desarrollo, son los siguientes:

a) Unión del injerto

En especies herbáceas, Andrews y Márquez (1993) estudiaron los cambios estructurales que se producían al realizar la labor de injertada: en la zona del injerto, las células rotas se colapsan desarrollándose una capa necrótica que desaparece en los momentos subsiguientes. A continuación las células vivas de patrón y la variedad se desarrollan sobre la zona necrosada. Mediante la división celular se forma un callo constituido por células parenquimáticas que ocasiona la ruptura e invasión de toda la capa necrótica. En el proceso, la resistencia a la tracción del punto del injerto aumenta debido a la cohesión física entre ambos materiales vegetales (portainjertos-variedad). A partir de las células parenquimáticas se genera un nuevo cambium, diferenciándose tanto un xilema como floema secundario que permiten la conexión vascular entre los materiales injertados.

La unión del portainjertos y variedad está formada por células que se han desarrollado tras la realización del injerto. Estas células las producen los dos materiales vegetales que injertamos y conservan su propia identidad, de modo que en ningún momento mezclan sus contenidos celulares.

En el proceso de unión se pueden distinguir dos fases. La primera, es una reacción de compatibilidad cuyo proceso más característico es una activa división celular en los tejidos adyacentes, produciéndose un aumento de traqueidas. La segunda fase completa la unión ya que se restaura la continuidad vascular por diferenciación de las traqueidas, que se han formado en la fase anterior, en elementos vasculares (Lindsay *et al.,* 1974). En tiempo, la diferenciación de ambas fases pueden ser 3-4 días cada una de ellas.

En algunas especies hortícolas, especialmente en cucurbitáceas, el tallo en el hipocotilo y epicotilo presenta una cavidad interna y en la mayoría de los casos seis haces vasculares en una posición definida. La unión completa de esos seis haces vasculares es a menudo imposible, dependiendo de la técnica de injerto que empleemos, pero el fin que se persigue es la consecución de una unión vascular rápida y completa (Oda *et al.,* 1993).

b) Compatibilidad del injerto

Se define la compatibilidad, como la capacidad que tienen dos plantas diferentes para unirse y desarrollarse satisfactoriamente a lo largo de todo el ciclo como una planta compuesta (Miguel, 1993).

No existe una distinción clara ente lo que es un injerto compatible e incompatible, pues se puede abarcar desde especies con una estrecha relación morfológica y fisiológica y por tanto que unen con suma facilidad, hasta especies que son totalmente incompatibles; pero entre ambas se podría determinar una graduación intermedia de plantas que sueldan, pero que con el paso del tiempo muestran desarreglos, bien en la unión o en el hábito de crecimiento (Hartmann y Kester, 1991). En general la compatibilidad se encuentra relacionada con la afinidad taxonómica, pero tiene significativas excepciones. Normalmente, los síntomas de incompatibilidad no aparecen hasta que la planta está bien desarrollada. Los más evidentes son (Hartmann y Kester, 1991):

- Alto porcentaje de fallos en el injerto.
- Desarrollo excesivo de la unión (miriñaque), arriba o debajo de ella.
- Amarilleamiento, enrollamiento y falta de crecimiento del follaje.
- Muerte prematura de plantas.
- Diferencias marcadas en la tasa de crecimiento entre patrón y variedad.
- Ruptura por la unión del injerto.

Aún con la aparición de algunos de estos síntomas, no significa necesariamente que la unión sea incompatible, sino que pueden ser consecuencia de condiciones ambientales desfavorables, presencia de enfermedades o mala técnica de injerto.

La incompatibilidad fisiológica puede deberse, entre otras, a la ausencia de reconocimiento celular, respuestas a la herida, el papel de los fitorreguladores en caso de haberlos empleado, o toxinas incompatibles (Lee y Oda, 2003).

En las cucurbitáceas parece haber un mecanismo de reconocimiento celular en el que intervienen sustancias tales como fitohormonas, liberadas por los tejidos lesionados y que afectan a la actividad del cambium en la zona del injerto. Así, en la unión Cucumis-Cucumis el desarrollo del floema en la zona del injerto es mayor que en la combinación Cucumis-Cucurbita (Tiedermann, 1989).

En cualquier caso, es especialmente importante señalar cómo la incompatibilidad puede cambiar dependiendo de las técnicas de injerto y los ambientes de cultivo, tal y como ha sido referido por Lee (1994).

Aún más, el tipo de cultivar dentro de una determinada especie, como ocurre en melón, puede hacer que un portainjertos sea compatible con unos tipos e incompatible con otros.

2. El control de patógenos de suelo con la utilización del injerto

El injerto es una técnica eco compatible, que no genera residuos y es generadora de empleo allá donde se realiza. La justificación de la misma desde el punto de vista fitosanitario y de acuerdo a la bibliografía y experimentos realizados, en solanáceas, (tomate, pimiento y berenjena) y en cucurbitáceas (sandía, melón y pepino), la técnica del injerto controla la incidencia y desarrollo de las enfermedades que se relacionan: (Tanto ahora, al referirnos a solanáceas, como posteriormente en cucurbitáceas, se iniciará el apartado con una serie de reseñas bibliográficas que justifican la utilización de la técnica del injerto como defensa de estas especies contra enfermedades del suelo).

2.1. Solanáceas

(Lacasa *et al.,* 2008; García Jiménez *et al.,* 2007; Tello *et al.,* 1998; Besri M, 2004; Black *et al.,* 2003; Miguel A, 2002; Romano and Paratore, 2001; Camacho y Fernández, 2000 y Bradley J. 1968).

2.1.1. Tomate

a) Fusariosis vascular: provocada por *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici

Este hongo, que se conserva en el suelo, produce una enfermedad vascular. Penetra en la planta a través de las raíces y se extiende rápidamente a través del xilema, ocasionando una coloración marrón en los vasos conductores, desde las raíces hasta los pecíolos de las hojas. Los síntomas iniciales son el aclareo de nervios y aspecto caído de los pecíolos. Las hojas bajas amarillean (a veces solo la mitad de la hoja) y después se marchitan secándose, aunque permanecen adheridas a la planta. La enfermedad no afecta por igual a toda la planta, pudiendo aparecer ramas enfermas mientras que otras permanecen sanas. Las raíces principales y la base del tallo presentan necrosis vascular (García-Jiménez, 2007). El crecimiento de la planta se paliza, los frutos maduran prematuramente y la planta puede llegar a morir. Existen tres razas identificadas de este patógeno y hay numerosas variedades comerciales con resistencia a una o dos de ellas, las más frecuentes.

Foto 2.
Fusarium en tomate
cv Pitenza

b) Fusariosis: causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. radicis lycopersici

Es importante, sobre todo, en invernadero y en cultivos sin suelo. Produce la podredumbre del parénquima cortical de las raíces y progresa por los vasos conductores de las mismas, hasta la base del tallo. En el cuello de las plantas atacadas aparece un chancro necrótico que se extiende en punta hacia lo alto (Tello y Lacasa, 1988). En la planta se produce una marchitez general y amarilleamiento de hojas, que comienza en la base extendiéndose hacia el ápice (García-Jiménez 2007). Hay algunas variedades comerciales con resistencia a este patógeno (Messiaen *et al.,* 1991).

Foto 3. Tomate injertado afectado por Fusarium por franqueamiento de la variedad

c) Raíz acorchada *(corky root)*: causada por el hongo *Pyrenochaeta lycopersici*

Ataca al sistema radicular y, a veces, a la base del tallo. Se produce una pérdida temprana de raicillas y se suberifican de modo severo las raíces principales, con grietas en sentido longitudinal. Como consecuencia de lo anterior las plantas presentan poco desarrollo, la planta se marchita y se produce el desecamiento de las hojas basales. La producción queda fuertemente reducida. Hay variedades con una cierta tolerancia, pero una verdadera protección sólo la proporciona el injerto sobre algunos patrones (García-Jiménez, 2007).

d) Virus del mosaico del pepino dulce (*Pepino mosaic virus*, PepMV)

Parece ser responsable de la alteración conocida como «colapso del tomate». En los frutos de las plantas afectadas por la enfermedad se aprecian unos jaspeados y en las hojas mosaicos de distintas tonalidades de verde. La marchitez y muerte de plantas que recibe este nombre de «colapso» o «muerte súbita», sólo se ha detectado cuando se encuentra asociado el virus en la parte aérea de la planta y *Olpidium brassicae* en las raíces, bajo determinadas condiciones ambientales, teniendo mucha menor incidencia e incluso no se presenta en invernaderos con temperatura controlada. La solución a este problema se ha encontrado en la utilización del injerto sobre patrones muy vigorosos. Como sucede con otras enfermedades, el franqueamiento de la planta injertada invalida la eficacia del injerto. No se conocen variedades resistentes al «colapso». (Jordá, M. C., 2007 y Lacasa *et al.*, 2008).

Foto 4. Inicio de colapso en tomate

2.1.2. Pimiento

a) Tristeza: enfermedad producida por el hongo *Phytophtora capsici*

El ataque de este hongo a la planta de pimiento puede presentarse en cualquier estado vegetativo de la misma, siendo el estado fenológico más crítico el inicio de la fructificación. Al principio de la afección es imperceptible debido a que la planta se muestra asintomática, observándose posteriormente unas manchas oscuras a nivel de cuello de planta, cuando éstas afectan a la totalidad del mismo, se produce una desorganización vascular que impide el tránsito de savia. En sus últimos estados la planta muestra marchitez sin defoliación y maduración anticipada de los frutos (García-Jiménez, 2007).

2.1.3. Tomate, pimiento y berenjena

a) Verticilosis: enfermedad provocada por *Verticillium dahliae*

Al inicio de la enfermedad, los síntomas observables en hojas son clorosis internervial en hojas basales iniciando un amarilleo en el ápice de los foliolos que terminan secándose. Al igual que pasa con la fusariosis, descrita para el tomate, en horas centrales del día se observa una deshidratación de la parte aérea de la planta, con recuperación nocturna hasta que se produce la marchitez permanente. Estos síntomas suelen aparecer unilateralmente, en una parte de la planta, aunque posteriormente se extienden a toda ella. El sistema vascular presenta una coloración pardo rojiza que se ve avanzar desde la base al ápice en la planta. El ataque se produce con temperaturas suaves 20-25 ºC. Es un hongo que puede vivir por mucho tiempo en el suelo y en multitud de especies tanto cultivadas como adventicias. El monocultivo continuado provoca ataques agresivos a las plantaciones (García-Jiménez, 2007). En tomate el gen Ve proporciona una buena resistencia pero en berenjena no se conoce ninguna variedad resistente.

b) Marchitez bacteriana: causada por *Ralstonia solanacearum*

Causa una enfermedad sistémica, que es el principal problema bacteriano de estos cultivos en zonas templadas y tropicales, pero que aún no está muy extendida por Europa, donde está considerado como patógeno de cuarentena. En los últimos diez años se

han descrito focos de esta bacteriosis en la mayoría de los países europeos, entre ellos España. (López, M. M., 2007). En principio se aprecian marchitamientos unilaterales de las hojas y aparición de raíces en el tallo. La planta no tarda en morir. El sistema vascular toma una coloración marrón. Si se hacen cortes transversales del tallo, se puede ver un exudado lechoso, que no aparece cuando la enfermedad vascular es causada por hongos.

R. solanacearum se puede conservar durante años en el suelo y también en malas hierbas, plantas acuáticas y cursos de agua (López y Biosca, 2005). Hay algunas variedades de tomate resistentes. *Ralstonia* tiene pocas alternativas de control. El Bromuro de Metilo no es eficaz y la combinación 1,3 Dicloropropeno + Cloropicrina tampoco es muy efectiva, en cambio, el injerto sí lo es (Grimault y Prior, 1994, citados por King *et al.,* 2008).

2.2. Cucurbitáceas

(García Jiménez *et al.,* 2007; Fernández-Rodríguez *et al.,* 2002; Hirai *et al.,* 2002; Trionfetti *et al.,* 2002; Cohen *et al.,* 2000; Miguel *et al.,* 2007; Eldelstein *et al.,*1999; Baixauli *et al.,* 1999; Alexandre *et al.,* 1997a y b; Morra, 1997; Pivonia *et al.,* 1996; Gómez, 1993; Messiaen *et al.,* 1991; García Jiménez *et al.,*1990, 1991; Vergniaud, 1990; Yoshida *et al.,* 1987; Buitelaar, 1987; Alabouvette *et al.,* 1974; Louvet, 1974; Chavagnat *et al.,* 1972; Suzuki, 1972; Louvet y Peyriere, 1962 y Gronewegen, 1953).

2.2.1. Sandía

a) Fusariosis vascular: causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum (Fon)

Este hongo es causante de la muerte masiva de plantas en la mayoría de las zonas productoras del mundo. Se conocen tres razas del patógeno. El FON penetra por las raíces y se localiza en los vasos leñosos de la planta. Al producirse su obturación y necrosis se dificulta el transporte de agua y nutrientes provocando el marchitamiento de brotes y hojas. Al principio se producen amarilleamientos y marchitamientos laterales en la planta, a veces solo de un brote. Las lesiones en los vasos conductores son observables como manchas que se extienden desde la base de la guía hacia el ápice. Posteriormente se ve una difusión de la enfermedad al resto de las guías terminando con la afección

Foto 5. Experimentos de sandía injertada frente a no injertada en terrenos infestados por MNSV y *Olpidium bornovanus*. En primer plano sandías no injertadas.

al resto de la planta que muere. En las raíces son apreciables manchas pardas a lo largo de los haces vasculares y secreciones de goma de color rojizo, junto al cuello de la planta. En suelos fuertemente infestados con el patógeno, las plantas pueden marchitarse y morir antes de llegar al estado adulto. El hongo puede permanecer en el suelo durante más de diez años sin cultivo de sandía, en forma de órganos resistentes (clamidosporas) o colonizando raíces de plantas adventicias o de otros cultivos a los que no causa ningún perjuicio (García-Jiménez, 2007).

2.2.2. Melón

a) Fusariosis vascular en melón, cuyo patógeno responsable es *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*

Se considera en muchos países el principal patógeno de suelo del melón. Como el de la sandía, este Fusarium es vascular. Hasta la fecha se conocen cuatro razas de este patógeno, 0, 1, 2 y 1-2. En el año 2000 Gómez y Tello, citan por primera vez la presencia en España de la raza fisiológica 1-2, y la detección de aislados pertenecientes a las razas 0 y 1 del patógeno asociadas a síntomas de «tipo Wilt» que supone una novedad mundial. El síndrome de la enfermedad incluye dos complejos sintomatológicos: «Tipo Yellows»: caracterizado por el amarilleamiento de las nerviaciones al que sigue la amarillez generalizada del limbo, unido a estrías necróticas en tallos y peciolos, exudaciones gomosas y posterior muerte de la planta. «Tipo Wilt»: caracterizado por un marchitamiento de la planta sin amarilleamiento, que se desarrolla desde el ápice de los tallos hacia la base de la planta (Mas y Risser, 1966). Existen variedades comerciales de melón con resistencia a una o varias de ellas (González-Torres *et al.,* 1994).

Foto 6. Experimentos de melón injertado frente a no injertado en terrenos infestados por Fom. Se pueden apreciar las parcelas no injertadas por la gran mortandad de plantas y las diferencias en el desarrollo.

Foto 7. Detalle del Fom en los haces conductores de melón

2.2.3. Pepino

a) Fusariosis vascular del pepino, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*

Esta enfermedad se manifiesta en todos los estados de desarrollo del pepino incluido la fase de plántula. Al inicio los síntomas se manifiestan en hojas basales que empiezan a marchitarse. También es frecuente el amarilleamiento de las hojas, con marchitez y desecación progresiva del limbo. En los vasos se puede apreciar una coloración parda. Los tejidos adyacentes a los mismos se necrosan y se aprecia en el exterior exudados gomosos con tonalidades que oscilan entre rosáceo y rojizo, cuando la enfermedad afecta a todo el sistema vascular le produce la muerte (García-Jiménez, 2007).

b) Podredumbre de las raíces y base del tallo: están producidas por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*

Los primeros síntomas en la cuenca mediterránea se observan en otoño. Se desarrolla una podredumbre del cuello, normalmente a un lado del tallo que varía en color desde el verde claro al ámbar o marrón. A medida que el desarrollo de la podredumbre es mayor se puede apreciar un crecimiento fúngico blanquecino en los tejidos afectados. Las plantas que poseen estos síntomas reducen su crecimiento, se marchitan y mueren a las pocas semanas de presentarse la sintomatología. (García-Jiménez, 2007).

c) Virus de la hoja manchada del pepino: enfermedad causada por el virus *Cucumber Leaf Spot Virus* (CLSV)

Su comportamiento es similar al que presenta en virus del cribado que veremos posteriormente. En las hojas de las plantas afectadas por esta enfermedad, se observan manchas cloróticas cuya parte central es de color marrón que se necrosa. A la planta en general le provoca enanismo y retraso en la floración. Su transmisión es por semilla y a través del hongo *Olpidium bornovanus* (Jordá, M. C., 2007).

2.2.4. Sandía y melón

a) Colapso o muerte súbita de melonares y sandiares

Son varios los patógenos implicados en procesos que terminan con la marchitez y muerte de plantas en cultivos de melón y sandía. Bajo los ambiguos términos «colapso» o «muerte súbita» se engloban una serie de afecciones cuya expresión final es la muerte rápida de la planta, generalmente en estados avanzados de su desarrollo, provocada por un fuerte desequilibrio entre las necesidades hídricas de la parte aérea y la cantidad real de agua que llega hasta ella.

En el inventario de enfermedades de suelo realizado en Almería entre los años 1987 y 1992 por Gómez, se determinó que los principales responsables de la muerte de plantaciones de melón eran dos patógenos de origen telúrico: la fusariosis vascular (agente causal *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) fue la más frecuente con una presencia del 45,1% de los invernaderos muestreados, seguida del virus del cribado MNSV con una presencia del 34,3% (Gómez, 1993).

Virus del cribado del melón (MNSV). La asociación de muerte súbita al virus del cribado del melón (MNSV), ha sido descrita en varios trabajos (Gómez y Velasco, 1991 y Gómez *et al.,* 1993a y b). Su principal vector es el hongo *Olpidium bornovanus* el cual, ha sido encontrado en un porcentaje elevado de invernaderos en Almería. Aunque en principio se asoció la enfermedad al cultivo protegido del melón, ahora también afecta al melón de aire libre y a la sandía, pepino y otras cucurbitáceas. (Jordá, M. C., 2007)

El cribado comienza con la aparición de pequeñas lesiones cloróticas de aproximadamente 1-2 mm de diámetro, en las hojas, que luego evolucionan a necrosis, pudiendo llegar a perforarse. Es muy característica la aparición de necrosis de los nervios de las hojas formando como un enrejado. Produce estrías sobre el tallo y cuello de la planta y, finalmente, una marchitez súbita y posterior muerte de la misma (muerte súbita). En el fruto se aprecia la piel rugosa, picoteada de manchas leñosas y jaspeado interno. Se transmite también por semilla.

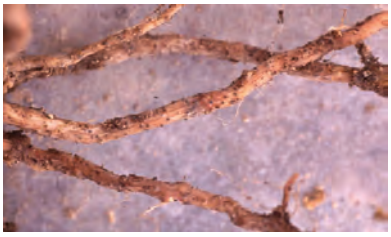
b) *Monosporascus cannonballus* y *Acremonium cucurbitacearum*

Con el mismo efecto, de «colapso o muerte súbita» en la Comunidad Valenciana, como en otras áreas de cultivo de melón (Texas, Arizona, California, Corea, Israel) se atribuye a hongos del género Monosporascus (Lobo, 1990; García-Jiménez *et al.,* 2007 y Beltrán *et al.,* 2008), posiblemente asociado a otros del género Acremonium .Estos son los de mayor incidencia e importancia en España y es muy frecuente que se presenten conjuntamente en las parcelas afectadas. *M. cannonballus* ha sido descrito en numerosos países, principalmente de zonas áridas y cálidas. La sintomatología característica del Monosporascus viene dada por la presencia de puntos negros redondos, algo emergentes observables a simple vista y que corresponden a la fructificación (peritecios) del hongo. En las observaciones realizadas en España, estos puntos negros sólo se presentan en plantas prácticamente muertas. Anteriormente se produce un decaimiento de la planta que va avanzando hacia las hojas más jóvenes y las ramas y las plantas afectadas decaen y mueren prematuramente (García Jiménez, 2007). Todas las cucurbitáceas son susceptibles a Monosporascus, pero mientras que el hongo se aísla fácilmente de las raíces de melón y sandía, es difícil encontrarlo en las de Cucúrbita. (Beltrán *et al.,* 2008). Otras plantas silvestres de su misma o distinta familia le pueden servir de hospedantes, aunque sólo melón y sandía son afectadas por el hongo. Las ascosporas se consideran el inóculo primario. La solarización no es eficaz para su control, puesto que se trata de un organismo termófilo (Martyn, 2007).

A. cucurbitacearum fue descrito originalmente en España y posteriormente se ha detectado en Estados Unidos (California, Oklahoma y Texas) e Italia. Es un patógeno específico de cucurbitáceas a las que puede afectar en diversos grados, dependiendo de la especie (Armengol *et al.,* 1998). Actúa provocando necrosis de raicillas y pardeamiento de raíces en un proceso ininterrumpido que comienza en los primeros estados de desarrollo de la planta (Alfaro-García *et al.,* 1996).

Foto 8. Raíz de calabaza infectada por *Rhizoctonia* sp.

Foto 9. Raíz de calabaza infecta primeramente por *Rhizoctonia* sp, luego *Monosporascus cannoballus* como saprofito



2.3. Solanáceas y cucurbitáceas

2.3.1. Tomate, pimiento, berenjena, sandía, melón y pepino

a) Nematodos: fundamentalmente en España del género *Meloidogyne*

Son gusanos microscópicos transparentes de forma y tamaño variable, unos son alargados y cilíndricos y otros globosos en forma de pera o limón. Generalmente están presentes en el suelo y afectan a la raíz de diversas especies vegetales. De los distintos géneros de nematodos descritos, Meloidogyne es prácticamente el único que afecta a cucurbitáceas (Verdejo y Sorribas, 1994).

En campo, las plantas afectadas por nematodos suelen aparecer agrupadas formando rodales en los que las plantas pueden morir en sus primeros estados de desarrollo o presentar un desarrollo raquítico con tendencia a marchitarse fácilmente por desequilibrios hídricos. Cuando se arrancan estas plantas se pueden apreciar sobre las raíces unos abultamientos de forma y tamaño irregular denominados agallas o nódulos que aparecen por hipertrofia e hiperplasia de los tejidos en la zona de alimentación de los nematodos. En estados avanzados de ataque se produce el pardeamiento y podredumbre de las zonas afectadas. El agua de riego y los aperos suelen ser los medios habituales de difusión de esta afección. Numerosas variedades e híbridos de tomate tienen un gen, el Mi; que proporciona resistencia a *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica*, pero está resistencia salta y deja de ser efectiva cuando la temperatura del suelo es superior a 29 ºC (Kubota *et al.,* 2008). También se han identificado razas de Meloidogyne capaces de sobrepasar la resistencia del gen Mi. Posiblemente el gen Mi 3 sea resistente a temperaturas mayores de 30ºC (King *et al.,* 2008). Los nematodos no son un problema en el cultivo de sandía sin injertar, puesto que esta especie muestra cierta resistencia. Sin embargo, en sandía injertada sobre calabaza, a veces llegan a causar daños de importancia.

Los ataques de nematodos en pimiento no son tan aparentes como en tomate o calabaza, sin embargo este es uno de los problemas fitopatológicos más importante donde se repite el cultivo con frecuencia. Hay variedades y portainjertos de pimiento con resistencia a nematodos, pero ésta es fácilmente remontada si se cultivan repetidamente, sin mediar desinfestación de suelo.

b) Fatiga de suelo

La repetición del mismo cultivo da lugar a una disminución de los rendimientos y a una falta de vigor de las plantas, aún cuando no hay una causa patológica evidente. Este fenómeno conocido como «fatiga del suelo» es más acusado en algunas especies y probablemente es debido al exudado por la raíz de sustancias tóxicas para la misma especie. Además de la rotación de cultivos y la desinfección de suelo, otro método de evitar este efecto es el injerto sobre especies menos sensibles (Yu-JingQuan, 2001).

Hay grandes diferencias en el potencial autotóxico de las distintas cucurbitáceas, siendo las más sensibles, sandía, melón y pepino y mucho menos, *Cucurbita moschata*, *Lagenaria leucantha* y *Luffa cilíndrica* (Yu-JingQuan, 2000).

Entre las solanáceas, el pimiento es probablemente el cultivo más sensible a «fatiga de suelo», pero en este caso el injerto puede no ser tan eficaz como en las cucurbitáceas, puesto que, necesariamente, debe injertarse sobre su misma especie.

3. Resistencia a enfermedades de suelo

La resistencia a Fusarium, se localiza en el conjunto raíz-hipocótilo. Cuando hay en el suelo un patógeno vascular, éste puede contaminar la planta injertada, si esta ha emitido raíces adventicias. En otros casos, la resistencia se debe a la síntesis de diversas sustancias que producen tolerancia a Fusarium y una vez sintetizadas en las raíces del portainjertos son traslocadas a la variedad, vía xilema (Biles *et al.,* 1989); este hecho podría justificar el que plantas con dos sistemas radiculares (bien por franqueo, bien por la propia concepción del injerto) ofrecen, en ciertas ocasiones, resistencia comparable a la de la planta injertada que tiene sólo el sistema radicular del portainjertos. Por encima del injerto, los vasos conductores procedentes de la raíz de la variedad se necrosan, pero la continuación de los del patrón es suficiente para asegurar un suministro de agua y nutrientes adecuados para las necesidades de la planta. Cuando se dejan los dos sistemas radiculares o se ha producido el franqueamiento de la variedad, aunque el injerto proporcione resistencia a un patógeno, puede penetrar otro al que el patrón no garantice la resistencia por encima del injerto. Tal es el caso de la sandía injertada a la que no se le ha cortado la raíz de la variedad (Miguel *et al.,* 2007); permanece la resistencia a Fusariosis, pero la inmuni-

dad frente a patógenos como el MNSV no está garantizada. La actividad de las sustancias relacionadas con la resistencia a enfermedades, puede variar durante los diferentes estados de desarrollo de las plantas injertadas (Padgett y Morrison, 1990).

La tolerancia a Monosporascus de los híbridos *C. maxima x C. moschata* se debe a que sus raíces no estimulan la germinación de las esporas del hongo (Beltrán *et al.,* 2008). Parece que la resistencia se debe a una falta de reconocimiento entre el huésped y el patógeno. La población de ascosporas en suelo cultivado con sandía injertada, se mantiene o decrece.

La resistencia a *Ralstonia* parece que se debe a la dificultad de difusión de la bacteria en la parte baja del tallo de la planta resistente (Grimault y Prior, 1994).

En otros casos, tal como sucede con el virus del pepino (PepMV), en tomate, la resistencia o tolerancia, más bien, se debe al mayor vigor (mayor tasa de flujo de savia) del portainjertos (Escudero *et al.,* 2003).

4. Portainjertos para solanáceas

4.1. Tomate y berenjena

La compatibilidad entre diferentes especies de solanáceas viene reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 2. Compatibilidad entre especies de solanáceas

Especie	Tomate	Berenjena	Pimiento
Tomate	++++	++++	+
Pimiento	+	+	++++
Berenjena	++++	++++	+
Nicotiana xanthi	+++	++	+
Datura stramonium	+++	+++	+
Solanum torvum	++	++++	+
S. integri-folium	+++	++++	+
S. Stramoni florum	+++	++	+
S. Sessi florum	+	+	+

Tabla 3. Portainjertos de tomate y berenjena comercializados en España

	K	V	F 0.1	Fr	N	Ps.	Tm
L.esculentum x L. hirsutum							
Aegis	R	R	R	R	R		R
AR 9704	R	R	R	R	R		R
Beaufort (De Ruiter)	R	R	R	R	R		R
Maxifort (De Ruiter)	R	R	R	R	R		R
Multifort (De Ruiter)	R	R	R0,1,2	R	R		R
Unifort (De Ruiter)	R	R	R	R	R		R
Brigeor (Gautier)	R	R	R	R	R		R
King Kong (Rijk Zwaan)	R	R	R	R	R		R
Big Power (Rijk Zwaan)	R	R	R	R	R		R
Emperador (Rijk Zwaan)	R	R	R	R	R		R
Jedi (Rijk Zwaan)	R	R	R	R	R		R
Eldorado (Enza Zaden)	R	R	R	R	R		R
Triton (Western Seeds)	R	R	R	R	R		R
Monstro (Western Seeds)	R	R	R	R	R		R
He-Man (Syngenta)	R	R	R	R	R		R
He-Wolf (Syngenta)	R	R	R	R	R		R
AR 97009 (R. Arnedo)	R	R	R	R	R		R
Huron (Intersemillas)	R	R	R	R	R		R
Javato (Intersemillas)	R	R	R	R	R		R
Jedi	R	R	R	R	R		R
(*L. esculentum x L.hirsutun*) x *L. esculentum*							
Resistar (Hazera)	++	R	R	R	R		R
L. esculentum x L. pimpinellifolium							
Spirit (Nunhems)	?	R	R	R	R		R
L. esculentum							
TM 00089 (Sakata)		R	R	R	R	++	
Suketto (Agriset)		R	R	R	R	++	R
Monstro (Western Seed)							
Solanum melongena							
Java (Takii)		R					
Red Scorpion (Takii)							
Solanum torvum							
Torvum vigor (Ramiro Arnedo)		R	R	?	R	R	

El injerto de tomate en España, hasta hace unos pocos años era más bien reducido. La mayoría de los híbridos cuenta con una gama de resistencias a enfermedades de suelo (V,F,N) que lo hacía innecesario. La espectacular expansión del injerto se ha debido a la importancia que ha adquirido el «colapso». Las plantas injertadas sobre híbridos interespecíficos (*L. esculentum x L. hirsutum*), bastante más vigorosas que el tomate sin injertar, han soportado, sin daños prácticamente, los efectos del mismo, cuanto las plantas sin injertar han sido arrasadas. El vigor de las plantas injertadas permite, además, emplear una menor densidad de plantación y soportan mejor las condiciones climáticas adversas, principalmente frío.

Para tomate se utilizan principalmente híbridos interespecíficos de *Lycopersicum esculentum x L. hirsutum*, Algunos híbridos interespecíficos tienen en su composición líneas de *L. pimpinellifolium*, que son resistentes o tolerantes a *Ralstonia* (Obrero *et al.,*1971).

También se emplea *Lycopersicum esculentum*, aunque no son tan vigorosos como los híbridos interespecíficos pero si tienen una cierta tolerancia a bacteriosis, se pueden utilizar en tomate, en países donde este tipo de enfermedades es importante.

En berenjena se utilizan portainjertos de los tipos anteriores, se recomiendan en suelos no muy fértiles o muy contaminados de *Pyrenochaeta*. En suelos muy fértiles contaminados con *Pyrenochaeta* es preferible emplear *S. torvum* (Ginoux *et al.,* 1991). Este portainjertos se ha utilizado como patrón de solanáceas en Japón (Kubota *et al*., 2008). Es resistente a *Fusarium, Verticillium*, Nematodos y *Ralstonia solanacearum*. La resistencia a nematodos se mantiene con altas temperaturas del suelo. Otro de los portainjertos empleado para este cultivo es *Solanum sysimbrifolium,* (Porcelli *et al.*,1990) este patrón es tolerante a *Ralstonia* y nematodos aunque no tan resistente a *Verticillium* (Bletsos *et al.*, 2003).

Los portainjertos de *Solanum melongena* se utilizan exclusivamente para berenjenas a la que confiere mayor vigor.

4.2. Pimiento

El pimiento sólo es compatible con otros Capsicum. Presenta mala afinidad con otras solanáceas e incluso con algunos taxones de su misma especie. Los portainjertos actuales de pimiento tienen un buen comportamiento frente a «fatiga de suelo» y asfixia radicular presentando un buen vigor.

Tabla 4.
Portainjertos para utilizar en el cultivo de pimiento con indicación de resistencias

Portainjertos	Material vegetal	Empresa	TMV	ToMV	PVY	BPeMV	Pc	Ma	Mi	Mj
Atlante	¿?	Ramiro Arnedo	R, 0							
Brutus	F1	Gautier		R, 0,1	R, 0, 2		IR	R	R	R
Tresor	F1	Nunhems	R	R	IR, 0, 1	R				
WS 2004	F1	Western		R,0			R		IR	

IR: Resistencia intermedia.
R, seguida de números, razas del patógeno al que tienen resistencia.
TMV: Virus del mosaico del tabaco.
ToMV: Virus del mosaico del tomate.
PVY: Virus Y de la patata.
BPeMV: Virus del moteado del pimiento.
Pc: Phytophtora capsici.
Ma: Meloidogyne arenaria.
Mi: Meloidogyne incognita.
Mj: Meloidogyne javanica.

5. Portainjertos para cucurbitáceas

5.1. Sandía

Los portainjertos que normalmente se utilizan pertenecen a alguno de estos grupos:

- **Híbridos de Cucurbita (*C. maxima x C. moschata*).** Son los más utilizados. Estos patrones son también tolerantes a Monosporascus, al virus del cribado del melón MNSV, a *Verticillium*, *Pythium* y Nematodos, aunque en condiciones de alta densidad de inóculo son bastante afectados por éstos últimos. Los híbridos interespecíficos transmite mucho vigor a la sandía injertada sobre ellos.

- ***Cucurbita* sp.** También se puede utilizar como portainjertos de sandía otras especies y variedades de Cucurbita, tal como la calabaza de violín (*C. moschata*) así como algunas variedades de *C. máxima*. Todas ellas son resistentes a Fon, pero su afinidad con la sandía debe ser comprobada previamente, ya que no todas las variedades y líneas son compatibles con ella.

Tabla 5.
Resistencia de los distintos portainjertos empleados en cucurbitáceas

	Fon	Fom	Phom	Mon	V.d	MNSV	Nem
Cucurbita híbrida	+++	+++	++	+++	+++	+++	+
Lagenaria siceraria	+++		?	?	-	?	+
Citrullus sp.	+++		-	-	-	-	+++
Cucurbita moschata	+++	+++	?	?	?	?	++
Cucumis melo		+++	-	-	-	-	-

Tabla 6. Portainjertos para cucurbitáceas

Portainjertos	Empresa	Especie	Cultivos recomendados empresa
Azman RZ	Rijk Zwaan	C.maxima x C. moschata	Pepino/Sandía
Brava	SéminisPetoseed	«	Sandía
Carnivor	Syngenta	«	——
Ercole	Nunhens	«	——
F-33	Fitó	«	Sandía
F-90	Fitó	«	Sandía
Ferro RZ	RijkZwaan	«	Melón/Sandía
Hércules	RamiroArnedo	«	Sandía/Melón
Patrón	Clause	«	Sandía
RS-841	SéminisRoyal Sluis	«	Sandía/Melón
Shintosacamelforce	Nunhems	«	Melón
Shintoza	Intersemillas	«	Sandía
Squash nº 3	Sakata	«	Sandía
Strong Tosa	Syngenta	«	Melón/Sandía
Titán	Ramiro Arnedo	«	Sandía
Ulises	RamiroArnedo	«	Sandía/Melón
Accent	Nunhems	Cucumis melo	Melón
Robusta	Intersemillas	Citrullus sp	Sandía
T-158	Takii	¿	Sandía

Fom: *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*
V: Verticillium (sin especificar)
N: Nematodos (sin especificar)
Pt: *Pythium* (Sin especificar)
Va: *Verticillium albo-atrum*
Mi: *Meloidogyne incognita*
Ps: *Phomopsis sclerotioides*
Vd: *Verticillium dahliae*
Mj: *Meloidogyne javanica*

- ***Lagenaria siceraria***. Se utiliza poco en España, aunque seguramente es la más utilizada como portainjertos de sandía en los países orientales. Es resistente a Fon, aunque susceptible a *F.oxysporum* f.sp *lagenariae* (se están seleccionando líneas resistentes) y *Monosporascus*. Se ve menos afectada por nematodos que los híbridos interespecíficos. Normalmente es un pie menos vigoroso que los híbridos de Cucurbita y menos productivo. Los frutos hacen menos de tamaño. Las diferencias son pequeñas en ambos casos.

- ***Citrullus lanatus***. Se trata de algunas líneas de *Citrullus lanatus* o de *Citrullus citroides* o de híbridos entre ambas (Heo, 2000; citado por Lee, 2003). Son resistentes a las tres razas conocidas de Fon. Su principal ventaja es que tienen mucha más resistencia a nematodos (Meloidogyne) que los otros portainjertos. No tiene resistencia a Monosporascus y a MNSV. Los frutos de sandía injertados sobre este pie dan mejor calidad que los procedentes de plantas injertadas sobre Cucurbita.

5.2. Melón

Los portainjertos más extendidos son los híbridos de Cucurbita. Con variedades del tipo Galia y Cantaloup y también con alficoz (*C. melo* var *flexuosus*), la afinidad de estos portainjertos es normalmente buena, aunque con otros tipos de melón, (amarillos, honey y verdes españoles) a veces, se produce un abultamiento en la zona superior al injerto o pudrición, que termina con la muerte de un brazo o de toda la planta. Estos patrones proporcionan buen vigor y, normalmente, un aumento de la producción, aunque no de forma tan acusada como en la sandía.

Cucumis melo. Donde el problema del melón es el Fusarium (Fom) pueden utilizarse portainjertos de esta especie, resistentes a las razas de Fom 0,1 y 2 y tolerantes a la raza 1-2. Aunque hay variedades de melón con resistencia a MNSV, ésta no es comparable a la de Cucurbita hibrida.

Se citan también como posibles portainjertos de melón otros cucurbitas, tales como *C. ficifolius, C. metuliferus, C.zeyheri,* y *C.anguria* (Buzi *et al*., 2004). Es especialmente interesante *C. metuliferus*, resistente o tolerante a *Meloidogyne incognita* (Sigüenza *et al.*, 2005).

Foto 10. Incompatibilidad de melón tipo «verde español» sobre híbrido de Cucurbita

Foto 11. Incompatibilidad de melón tipo «honey» sobre híbrido de Cucurbita

5.3. Pepino

El injerto de pepino está extendiéndose con gran rapidez. Se emplean como portainjertos híbridos interespecíficos de *C. máxima* x *C. moschata* y *C. ficifolia*; similares a los utilizados en los cultivos de sandía y melón. Estos patrones son resistentes a *F.o. radicis-cucumerinum* (Pavlou, 2002).

El injerto sobre *C. ficifolia* permite cultivar en suelo contaminado por *Phomopsis sclerotioides*, donde las plantas sin injertar son gravemente afectadas (Dufour y Taillens, 1994).

Sycios angulatus tiene un comportamiento similar a los híbridos interespecíficos (*C.maxima x C. moschata*) o a *Cucurbita ficifolia* (Lee *et al.,* 1994) y es, además, resistente a nematodos.

6. Injerto, trasplante y densidad de plantación

Cuando se trasplanta una planta injertada se debe de tener cuidado en no cubrir la zona del injerto y asegurar un buen contacto entre cepellón y suelo. Con ello evitamos el riesgo de franqueamiento. Como recomendaciones, en plantaciones tempranas al aire libre, resulta conveniente emplear tunelillos para mantener la humedad relativa alta y evitar roturas del injerto por viento (Miguel, 1994). En plantaciones efectuadas en época cálida, sobre suelos acolchados, se prestará especial atención al tamaño del orificio

practicado sobre el plástico, al objeto de evitar un efecto chimenea si el tamaño de éste es muy reducido (Koren, 2003), (Ricárdez *et al.*, 2006). Transcurridos unos días después del trasplante se realizará un pase para eliminar los rebrotes de portainjertos que se hayan podido producir.

El principal inconveniente que plantea el empleo de plantas injertadas suele ser su coste. El ajuste de la densidad de plantación resulta esencial para una optimización de esta técnica de cultivo. Experimentos realizados por el grupo de Investigación AGR 200 de la Universidad de Almería, dentro de su trabajo para el proyecto de Alternativas al bromuro de metilo promovido por ONUDI, a lo largo de cuatro años en diversos Países de Centro y Norteamérica, han concluido que densidades de 50%-60% con respecto a las que se hacen en los diversos lugares utilizando planta sin injertar, han aumentado la producción y ha mantenido la calidad en diversos cultivares de sandía, melón y tomate. Miguel (1993) cuantifica, para melón y sandía injertados, un descenso del 30%-40% en la densidad con respecto a planta sin injertar y un 20% específicamente para el melón piel de sapo. En este experimento, la planta injertada, en cualquiera de sus densidades se tradujo significativamente en una mayor producción y aportó frutos de mayor tamaño que las plantas sin injertar.

7. Conclusión

El injerto sobre patrones resistentes es un recurso que permite, en muchas ocasiones hacer frente a los patógenos de suelo de forma eficaz y ecológica, sin contaminar el producto ni el medio ambiente. No debe emplearse de manera exclusiva, sino que se debe combinar, en una buena práctica agronómica, con otras técnicas destinadas al mismo fin. Cuando se utiliza el injerto, es conveniente emplear estrategias adicionales destinadas a reducir el nivel de inóculo en el suelo (Davis *et al.,* 2008).

8. Bibliografía

- ALABOUVETTE, C.; ROUXEL, F.; LOUVET, J.; BREMEERSCH, P. y MENTION, M. (1974): *Recherche d'un porte greffe resistant au* Phomopsis esclerotinioides *et au Verticillium daliae pour la culture du melon et du concombre en serre*. PHM núm. 152.

- ALEXANDRE, B. M.; MARREIROS, A. y DÍAS, J. S. (1997a): «Estudo de técnicas de enxertia no melao Galia»; *II Congresso Iberoamericano-III Congreso Ibérico em Ciencias Hortícolas*. Vilamoura Algarve. *Actas de Horticultura* (16); pp. 138-146.

- ALEXANDRE, B. M.; MARREIROS, A. y DÍAS, J. S. (1997b): «Influencia do tipo de enxertia e do porta-enxerto, na produtividade, precocidade e qualidade do melâo Galia em estufa, no Algarve»; *II Congresso Iberoamericano-III Congreso Ibérico em Ciencias Hortícolas*. Vilamoura Algarve. *Actas de Horticultura* (16); pp. 147-152.

- ALFARO-GARCÍA, A.; ARMENGOL, J.; BRUTON, B. D.; GAMS, W.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. y MARTÍNEZ FERRER, G. (1996): «The taxonomic position of the causal agent of Acremonium collapse of muskmelon»; en *Mycologia* (88); pp. 804-808.

- ANDREWS, K. P. y MÁRQUEZ, C. S. (1993): «Graft incompatibility»; en *Hort. Rev.* (15); pp. 183-232.

- ARMENGOL, J.; SANZ, E.; MARTÍNEZ-FERRER, G.; SALES, R.; BRUTON, B. D. y GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (1998): «Host range of *Acremonium cucurbitacearum,* cause of Acremonium collapse of muskmelon»; en *Plant Pathology* (47); pp. 29-35.

- BAIXAULI, C.; GARCÍA, M. J. y AGUILAR, J. M. (1999): *Ensayo de comportamiento frente a cribado de variedades de melón. Memoria de Actividades*. Fundación Caja Rural de Valencia; pp. 445-448.

- BELTRÁN, R.; VICENT, A.; GARCÍA-JIMÉNEZ, J. y ARMENGOL, J. (2008): «Comparative epidemiology of Monosporascus Root Rot and Vine decline in muskmelon, watermelon and grafted watermelon crops»; en *Plant Dis.* 92 (1); pp. 158-163.

- BESRI, M. (2004): *Tomato grafting as an alternative to methyl bromide in Morocco*. Disponible en http://www.mbao.org

- BILES, C. L.; MARTYN, R. D. y WILSON, H. D. (1989): «Isozymes and general proteins from various watermelon cultivars and tissue types»; en *Hortscience* 24(5); pp. 810-812.

- BLACK, L. L.; WU, D. L.; WANG, J. F.; KALB, T.; ABBASS, D. y CHEN, J. H. (2003): «Grafting tomatoes for production in the hot-wet season»; en *Asian Vegetables Research and Development Center* (3, 551); pp. 7-11.
- BRADLEY, J. (1968): «Tomato grafting to control root diseases»; en *New Zealand Journal of Agriculture* (116); pp. 26-27.
- BLETSOS, F.; THANASSOULOPOULOS, C. y ROUPAKIAS, D. (2003): «Effect of grafting on growth, yield and *Verticillium* wilt of eggplant»; en *Hort. Sci*. 38 (2); pp. 183-186.
- BUITELAAR, K. (1987): «Cultivars for the very early culture of melon»; en *Groenten en Fruit* (42); pp. 26-29.
- BUZI, A; CHILOSI, G.; REDA, R. y MAGRO, P. (2004): «Il colalasso da Monosporascus cannonballus; emergenza fitopatologicasu melone e cocomero»; en *Cot. Prot.* (12); pp. 85-87.
- CAMACHO, F. (1999): *Influencia del portainjertos, cultivar y ambiente sobre la producción y la calidad de sandía triploide tipo Crimson bajo invernadero*. Tesis Doctoral, Universidad de Almería.
- CAMACHO, F. y FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, E. J. (2000): *El cultivo de sandía apirena injertada bajo invernadero en el litoral mediterráneo español*. Almería, Caja Rural de Almería.
- CHAVAGNAT, A., J. F. MAILLET, Y J. C. LAURY.1972. Le greffage du melons dans l´Ouest de la France». PHM Nº 123.
- CHOI, K. S.; OM, H.; PARKS, D. Y.; LEE. S. S. y LEE, C. H. (1980): «The interspecific hybrid Weonkio 601 as a rootstock for cucurbits»; en *Res Rep of the Office of Rural Development, Hort. and Sericiculture*. Suwon 22.
- COHEN, R.; PIVONIA, S.; BURGER, Y.; EDELSTEIN, M. y KATAN, J. (2000): «Toward integrand management o Monosporascus wilt of melons in Israel»; en *Plant Disease* vol. 84 (5).
- COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; MASSA, D.; SALERNO, A. y REA, E. (2006): «Yield, fruit quality and mineral composition of grafted melón plants grown under saline conditions»; en *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81 (1); pp. 146-152.

- DAVIS, A. R; PERKINS-VEAZIE, P.; SAKATA, Y.; LÓPEZ-GALARZA, S.; MAROTA, J. V.; LEE, S.G; HUH, Y.; SUN, Z.; MIGUEL, A.; KING, S. R. y COHEN, R. (2008): «Cucurbit Grafting»; en *Crit. Rev. Plant Sci.* (27); pp. 50-74.

- DIÁNEZ, F.; DÍAZ, M.; SANTOS, M.; HUITRÓN, V.; RICÁRDEZ, M. y CAMACHO, F. (2008): «The use of grafting in Spain»; en FAO: *Workshop on non-chemical alternatives to replace methyl bromide as a soil fumigant*.

- DUFOUR, L. y TAILLENS, J. (1994): «Le greffage: une method de lute efficace contre la fusariose vasculaire de la tomate et la pourriture noire du concombre»; en *Rev. Suisse Vit Arbor Hort*. 26 (2); pp. 85-88.

- ESCUDERO, M. C.; MAYOR, P.; GOMÁRIZ, J.; CATALÁ, M. S.; COSTA, J. (2003): «Medida de la tasa de flujo de savia en plantas de tomate injertadas»; en *Acta Horticultura* (39). *X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*. Pontevedra; pp. 366-368.

- EDELSTEIN, M. R.; COHEN, Y.; BURGER, S.; SHRAIBER, S.; PIVONIA, S. y SHTEINBERG, D. (1999): «Integrated management of sudden wilt in melons caused by *Monosporascus cannonballus* using grafting and reduced rates of methyl bromide»; en *Plant Disease* (83); pp. 1.142-1.145.

- ESTAN, M. T.; MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, M. M.; PÉREZ ALFOCEA, F.; FLOWER, T. J. y BOLARÍN, M. C. (2005): «Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot»; en *Jour. Exp. Bot*. 56 (412); pp. 703-712.

- FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, E. J.; TELLO, J. C.; TRABANINO, E.; CALDERÓN, L. F.; DUBON, R. y CABRERA, E. (2002): «Respuesta al injerto en melón Cantaloup como alternativa a bromuro de metilo en Guatemala»; en *I Congreso Iberoamericano de Agroecología*. SEAE. Gijón.

- GAMAYO, J. D. y AGUILAR, A. (1998): *Ensayo sobre la influencia del injerto en melón Cantalupo bajo invernadero. Memoria de Actividades*. Fundación Caja Rural de Valencia.

- GARCÍA-JIMÉNEZ, J. M.; GARCÍA, M. T.; VELÁQUEZ y ALFARO, A. (1990): «Ensayos preliminares de control de la muerte súbita del melón mediante la utilización de portainjertos resistentes»; en *Bol. San. Veg. Plag*. (16); pp. 709-715.

- GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; VELÁZQUEZ M. T. y ALFARO, A. (1991): «Influencia de diversas prácticas agronómicas sobre la incidencia de la muerte súbita del melón en condiciones de subirrigación»; en *Bol. San. Veg. Plagas* 17 (2).
- GARCÍA-JIMÉNEZ, J.; VELÁZQUEZ, T. y JORDÁ, C. (1994): «Acremonium species as the causal agent as muskmelon collapse in Spain»; en *Plant Dis*. (78); pp. 416-419.
- GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (2007): *Enfermedades más importantes que previene el injerto Injerto de hortalizas.* Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- GÓMEZ, J. y VELASCO, V. (1991): «Presencia de Olpidium radicale en los embalses de riego en Almería»; en *Phytoma España* (33); pp. 23-27.
- GÓMEZ J. (1993): *Enfermedades del melón en los cultivos sin suelo de la provincia de Almería*. Comunicación I+D Agroalimentaria 3/93. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.
- GÓMEZ, J.; CUADRADO, I. y VELASCO, V. (1993a): «El virus de las manchas necróticas del melón (MNSV) en Almería II. Eficacia de la desinfección del suelo frente a MNSV»; en *Bol. San. Veg. Plagas* (19); pp. 179-186.
- GÓMEZ, J.; CUADRADO, I. y VELASCO, V. (1993b): «El virus de las manchas necróticas del melón (MNSV) en Almería. III. Eficacia de la desinfección del suelo frente a MNSV»; en *Bol. San. Veg. Plagas* (19); pp. 187-192.
- GONZÁLEZ-TORRES, R.; MELERO, J. M.; GÓMEZ-VÁZQUEZ, J. y JIMÉNEZ-DÍAZ, R. M. (1994): «Fusariosis vasculares del melón y de la sandía (*Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* y *F. Oxysporum* f. sp. *niveum*)»; en DÍAZ-RUÍZ, J. R. y GARCÍA JIMÉNEZ, J., ed.: *Enfermedades de las cucurbitáceas en España.* Phytoma España; pp. 47-50.
- GRIMAULT, V. y PRIOR, P. (1994): «Grafting tomato cultivars resistant or susceptible to bacterial wilt: analysis of resistance mechanisms»; en *Jour Phytop*. 141 (3); pp. 330-334.
- GRONEWEGEN, J. H. (1953): «Het enten van komkommers en meloenen»; en *Medebel. Direct. Tuinbow* (16); pp. 169-183 (Cit. en LOUVET, 1974).
- GONZÁLEZ, F. M.; HERNÁNDEZ, A.; CASANOVA, A.; DEPESTRE, T.; GÓMEZ, L. y RODRÍGUEZ, M. G. (2008): ; en *Rev. Protección Veg*. 23-2; pp. 69-74.

- HARTMANN, H. T. y KESTER, D. E. (1991): *Propagación de plantas*. México, Ed. Continental.
- HASSELL, R. L.; MEMMOTT, F. y LIERE, D. G. (2008): «Grafting methods for watermelon production»; en *Hort. Sci*. 43 (6); pp. 1.677-1.679.
- HIRAI, G.; NAKAZUMI, H.; YAGI, R. y NAKANO, M. (2002): «Fusarium wilt (race 1,2y) resistant melon (Cucumis melo) rootstock cultivars Dodai No.1 and Dodai No.2»; en *Acta Horticulturae* (588); pp. 155-159.
- HUITRÓN, V. y CAMACHO, F. (2008): «El injerto de melón y sandía en Colima como alternativa al bromuro de metilo». Unidad de Protección de la capa de ozono. SEMARNAT/ ONUDI. II Megaconvención Internacional en Sistemas de Producción y Fitosanidad de Hortalizas. Mazatlán–Sinaloa–México.
- JANICK, J. (1986): *Horticultural Science*. Nueva York, W. H. Freeman & Co.
- JORDÁ, M. C. (2007): *Enfermedades más importantes que previene el injerto Injerto de hortalizas.* Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- KING, S. R.; DAVIS, A. R.; LIN, W.; LEVI, A. (2008): «Grafting for disease resistance»; en *Hort. Sci*. 43 (6); pp. 1.673-1.676.
- KOREN, A. (2003): *Injerto de melón en Israel como alternativa a la fumigación del suelo en producción de melón.* Conferencia. Choluteca, Honduras, 6 de mayo de 2003. En SERNA, República de Honduras. CD Rom de Presentaciones.
- KUBOTA, C.; McLURE, M.; KOKALIS-BURELLE, N.; BANSHER, M. G. y ROSSKOPF, E. N. (2008): «Vegetable grafting: History, use and current technology status in North America»; en *Hort. Sci.* 43 (6); pp. 1.664-1.669
- LACASA, A.; GUERRERO, M. M. y MARTÍNEZ, M. A. (2008): «El injerto frente a las enfermedades del suelo y el colapso»; en IMIDA: *Jornadas Técnicas sobre el injerto en horticultura*. De Ruiter Seeds, abril de 2008.
- LEE, J. M. (1989): «On the cultivation of grafted plants of cucurbitaceous vegetables»; en *J. Kor. Soc. Hort. Sci*. (30); pp.169-179 (en coreano con resumen en inglés).
- LEE, J. M. (1994): «Cultivation of grafted vegetables. I. Current status, grafting methods, and benefits»; en *HortScience* (29); pp. 235-239.

- LEE, J. M. y ODA, M. (2003): «Grafting of herbaceous vegetables and ornamental crops»; en *Horticultural Reviews* (28); pp. 61-124.
- LIAO TA y HO LIN (1996): «Photosynthetic responses of grafted bitter melon seedlings to flooding stress»; en *Environment and Experimental Botany* 36(2); pp.167-172.
- LINDSAY, D. W.; YEOMAN, M. M. y BROWN, R. (1974): «An Analysis of the Development of the graft Union in Lycopersicon esculentum»; en *Ann. Bot.* (38).
- LOBO, M. (1990): «Colapso del melón producido por hongos del género Monosporascus»; en *Bol. San. Veg. Plagas* (16); pp. 701-707.
- LÓPEZ, M. M. y BIOSCA, E. G. (2005): «Potato bacterial wilt management: new prospects for an on problem»; en ALLEN, C.; PRIOR, P. y HAYWARD, A. C., eds.: *Bacterial wilt and the* Ralstonia solanacearum *species complex*. St. Paul, APS Press; pp. 205-224.
- LÓPEZ, M. M. (2007): *Enfermedades más importantes que previene el injerto de hortalizas.* Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- LOUVET, J. y PEYRIERE, J. (1962): «Intérêt du greffage du melon sur Benincasa cerifera»; *XVI Congrès Internat. Hortic. Bruxelles* 2; pp. 167-171.
- LOUVET, J. (1974): *Le utilisation du freffage en culture matichere*. PHM 152.
- MARTYN, R. D. (2007): «Late-season vinedeclines of melons: Pathological, cultural or both?»; en *Acta Hort.* (731); pp. 345-356.
- MAROTO, J. V.; PASCUAL, B.; MIGUEL, A.; SAN BAUTISTA, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; BAIXAULI, C.; AGUILAR, J. M. (2003): «Influence of different rootstocks and cycles on serpent melon (Cucumis melo var flexuosus) production in soiless cultivation»; en *Acta Hort.* 614 (1); pp. 319-322.
- MAS, P. y RISSER, G. (1966): «Caracterisation, symptômes et virulence de diverses races de *Fusarium oxysporum* f.sp. melonis»; en *Actas del Primer Congreso de la Union Phytopatologique Mediterranéenne*.
- MESSIAEN C.; BLANCARD, D.; ROUXEL, F. y LAFON, E. (1991): *Les maladies des plantes maraìchères*. París, INRA.

- MIGUEL, A. (1993): *El injerto herbáceo como método alternativo de control de enfermedades telúricas y sus implicaciones agronómicas*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.

- MIGUEL, A. (1994): «El injerto como método de control de enfermedades del suelo en cucurbitáceas»; en DÍAZ, J. R. y GARCÍA JIMÉNEZ, J., eds.: *Enfermedades de las cucurbitáceas en España*; pp. 135-140.

- MIGUEL, A. (2002): «El injerto como método de prevención de enfermedades de hortalizas»; en *Phytoma 12 Symposium Internacional*. MV Phytoma España; pp. 166-171.

- MIGUEL, A.; DE LA TORE, F.; BAIXAULI, C.; MAROTO, J. V.; JORDÁ, M. C.; LÓPEZ, M. M. y GARCÍA-JIMÉNEZ, J. (2007): *Injerto de hortalizas*. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

- MORRA, L. (1997): «L´innesto erbaceo coltura per coltura»; en *Colture Protette* (5); pp. 17-22.

- ODA, M. (1993): «Present state of vegetable production using grafted plants in Japan»; en *Agr. Hort.* (68); pp. 442-446.

- OGBUJI, R. O. (1981): «Root size as a factor in the tolerance of six cucurbits to Meloidogyne javanica infection»; en *East African. and Foresty. Jour.* 43 (4).

- PADGETT, M. y MORRISON, J. C. (1990): «Changes in grape berry exudates during fruit development and their effect on mycelial growth of *Botrytis cinerea*»; en *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (115); pp. 256-257.

- PAVLOU, G. C. (2002): «Control of root and stem rot of cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis cucumerinum,* by grafting onto resistant rootstocks»; en *Plant Dis*. 86 (4); pp. 379-382.

- PIVONIA, S.; COHEN, R.; KATAN, J. y BURGER, Y. (1996): «Sudden wilt of melons in southern Israel»; en *VI Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding*. Málaga, European Association for Research on Plant Breeding; pp. 285-290.

- PORCELLI, S.; MORRA, L.; DEL PIANO, L. y D´AMORE, R. (1990): «Osservacini sull´affinitá ed il comportamento vegeto-produttivo di innesti tra melanzana ed altre Solanaceae»; en *Colt. Prot.* (11); pp. 75-80.

- RICÁRDEZ, M.; CAMACHO, F. y TELLO, J. C. (2006): *Informe de proyecto de demostración de alternativas al uso de bromuro de metilo como fumigante en la horticultura*. SEMARNAT/ONUDI. México.
- ROMANO, D. y PARATORE, A. (2001): «Effects of grafting on tomato and eggplant»; en *Acta Horticulturae* (559); pp. 149-153.
- SÁNCHEZ, D. (2000): *Efectos de la densidad de plantación sobre la producción y calidad de melón Piel de Sapo injertado bajo invernadero*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Almería.
- SIGÜENZA, C.; SCHOCHOW, M.; TURINI, T. y PLOEG, A. (2005): «Use of Cucumis metuliferus as a rootstock for melon to manage Meloidogyne incognita»; en *Jour. Nemat.* 37 (3); pp. 276-280.
- SUZUKI, E. (1972): *Sandía de Yamato*.
- TELLO, J. C. (1998): *Las fusariosis vasculares en tomate y clavel: epidemiología y control.* Trabajo de Investigación, Universidad de Almería.
- TIEDEMANN, R. (1989): «Graft union development and symplastic phloem contact in the heterograft Cucumis sativus on Cucurbita ficifolia»; en *Journal of Plant Physiology* (134).
- TRAKA-MAVRONA, E.; KOUTSIKA-SOTIRIOU, M. y PRITSA, T. (2000): «Response of squash (Cucurbita spp.) as rootstock for melon (Cucumis melo L.)»; en *Scientia Horticulturae* (83); pp. 353-362.
- TRIONFETTI, N. P.; COLLA, G.; GRANATI, E.; TEMPERINI, O.; CRINO, P. y SACCARDO, F. (2002): «Rootstock resistance to Fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of to muskmelon cultivars»; en *Scientia Horticulturae* (93); pp. 281-288.
- VERDEJO, S. y SORRIBAS, F. J. (1994): «Agallas de las raíces (*Meloydogine* spp.)»; en DÍAZ-RUÍZ, J. R. y GARCÍA JIMÉNEZ, J., ed.: *Enfermedades de las cucurbitáceas en España.* Phytoma-España; pp. 93-98.
- VERGINAUD, P. (1990): *Le melon, vendre et produire*. PHM 303.

- YOSHIDA, K. y GOTO, J. (1987): «Development of practical methods for control of disease caused by Melon Necrotic Spot Virus»; en *Res. Bull. Of the Hokkaido Nat. Agr. Exp. Stat.* (6).

- YU-JINGQUAN; SHOU-SENYANG; QIAN-YARONG; ZHU-ZHUJUN y HU-WENHAI (2000): «Autotoxic potential of cucurbit crops»; en *Plant and Soil* 223 (1/2); pp. 147-151.

- YU-JINGQUAN (2001): «Autotoxic potential of cucurbit crops: phenomenon, chemicals, mechanisms and means to overcome»; en *Journal of Crop Production* 4 (2); pp. 335-348.

- YU-XIANCHANG; XING-YUXIAN; MA-HONG; WEI-MING y FENG-XIN (1997): «Study on low temperature tolerance in grafted cucumber seedlings»; en *Acta Horticulturae Sinica* 24 (4); pp. 348-352.

Tema 18

Los antagonistas microbianos en el manejo de micosis de la parte aérea de la planta

Milagrosa Santos Hernández [1] y Fernando Diánez Martínez [1]

La utilización de productos fitosanitarios en el control de enfermedades de plantas es un elemento clave en la agricultura intensiva, a pesar de que la tendencia es la reducción de su aplicación por diversos motivos tales como una disminución en los niveles de residuos en los productos cosechados, una escasa eficacia de los fitosanitarios frente a los patógenos, y como no, una menor incidencia en el medio ambiente. Por ello, la aplicación de agentes de control biológico (ACB) puede considerarse como una alternativa o un complemento al control químico.

Uno de los grandes problemas que resulta de la aplicación de antagonistas microbianos es que son microorganismos vivos y como tales, se ven perjudicados por la aplicación de plaguicidas, por lo que su efectividad queda en entredicho.

En la naturaleza, las plantas están en continua interacción con poblaciones de microorganismos. Tomemos, como ejemplo, poblaciones del orden de $4{,}5 \times 10^6$ microorganismos en un 1 g de suelo rizosférico o 10^7 microorganismos viviendo epifiticamente por gramo de hoja (Lindow y Brandl, 2003).

En general, los microorganismos actúan de forma beneficiosa en la planta, y tan sólo una mínima proporción de microorganismos actúa de forma negativa sobre la misma, causándoles enfermedad. En la naturaleza, lo normal es que las plantas estén sanas debido a un mecanismo de autorregulación de poblaciones. A esa autorregulación se le denomina control biológico (Mondino y Vero, 2006).

El conocimiento de las interacciones entre los propios microorganismos y de éstos con las plantas nos puede permitir diseñar estrategias para frenar o controlar el desarrollo de una enfermedad.

[1] Departamento de Producción Vegetal. Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Almería.

La selección de aislados que han mostrado antagonismo microbiano, e incluso, han dado lugar un mayor desarrollo de la planta ha permitido desarrollar formulados comerciales cuyo ingrediente activo son hongos, levaduras, o bacterias o mezcla de componentes. En la Tabla 1 se muestra alguno de los organismos de control biológico para el control de enfermedades registrados como Otros Medios de Defensa Fitosanitaria Conforme Orden APA/1470/2007 de 24 de mayo. En la Figura 1, se muestran diferentes antagonismos microbianos como resultados de ensayos para la búsqueda de estos ACB.

Wilson y Wisniewski (1994) definen de un forma más amplia el control biológico (CB), el cual no se reduce sólo al empleo de microorganismos antagonistas, e indican que el CB, es toda forma de control que no implica el uso de plaguicidas de síntesis química; incluyendo, por tanto, el uso de sustancias naturales, como son los extractos vegetales y la inducción de resistencia en las plantas por diferentes mecanismos.

Tabla 1. Ejemplo de algunos de los productos formulados a base de microorganismos

Nombre Comercial	Identificación medio de defensa	Nº de registro
NITROBACTER	Microorganismo fijador de nitrógeno: *Azotobacter vinelandii* 10(8) UFC/ml; líquido soluble	OMDF 0023
MICOCEL	Extracto hidrolizado de levadura *Sacharomyces cerevisiae*	OMDF 0021
PROMYC	Hongos ectomicorrícicos	OMDF 0033
GLOMYGEL	Hongos endomicorrícicos	OMDF 0034
ALGACAN BASE	Selección de algas pardas.	OMDF 0007
ALGACAN TOMATE	Selección de algas pardas, rojas y microalga.	OMDF 0010
CITOQUIN MIX	Extracto natural de algas Ascophyllum nodosum	OMDF 0030

Sustancias activas incluidas en Anexo I de la Directiva 91/414/CEE (297)

Sustancia activa	Función	Inclusión
Ampelomyces quisqualis	Fungicida	1/4/05-31/3/15
Bacillus subtilis Cepa: QST 713 = AQ 713	Fungicida	1/2/07-31/1/17
Coniothyrium minitans Cepa: CON/M/91-08 (DSM 9660)	Fungicida	1/1/04-31/12/13
Gliocladium catenulatum cepa: j1446	Fungicida	1/4/05-31/3/15
Paecilomyces lilacinus	Nematicida	08/44 1/8/08-31/7/18

Fuente: http://www.mapa.es/agricultura/pags/fitos/registro/fichas

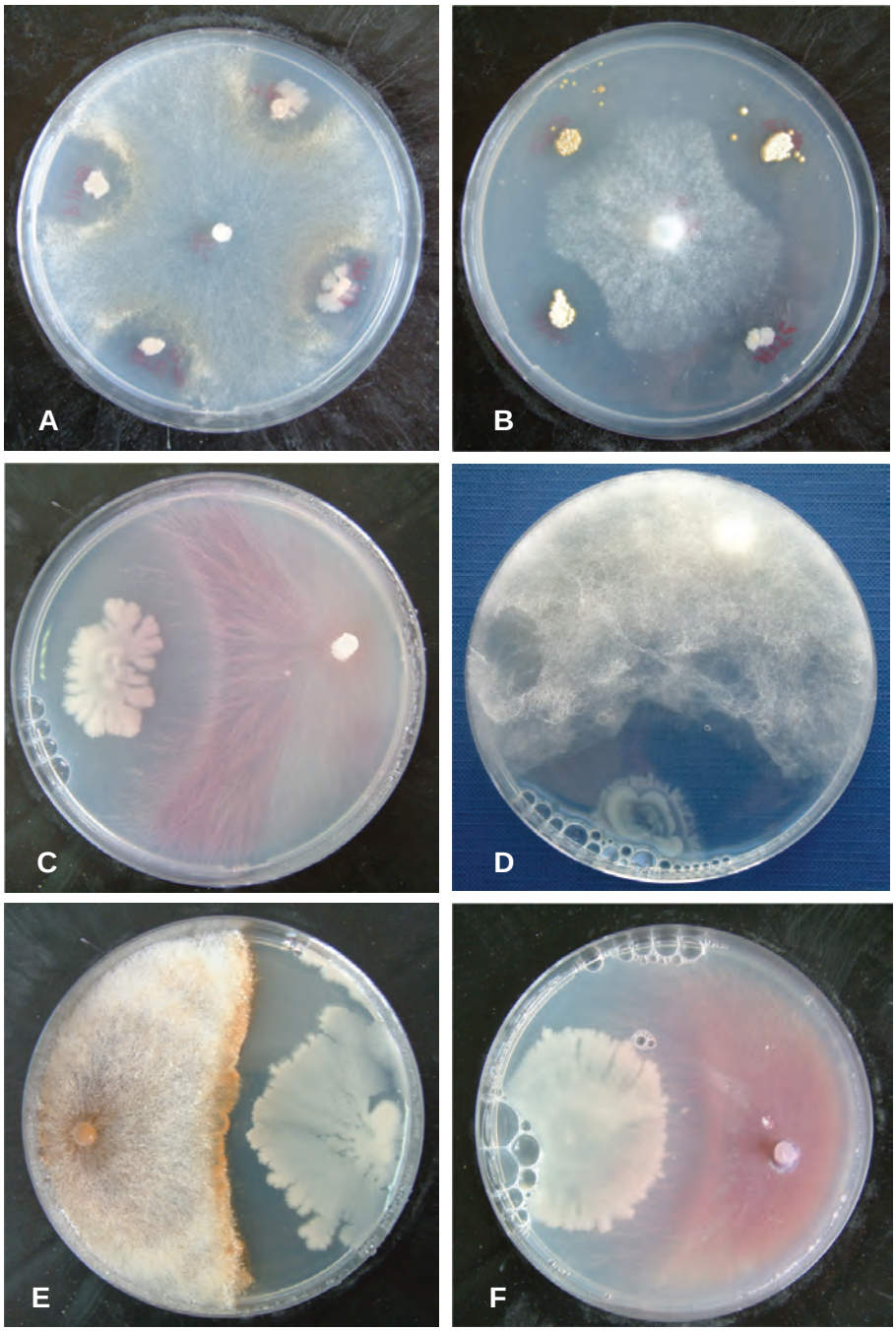


Figura 1. Ensayos de antagonismos *in vitro* entre bacterias rizosféricas y hongos fitopatógenos: a) *R. solani*; b) *P. parasitica*; c) *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 0; d) *P. aphanidermatum*; e) *R. Solani*; f) *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* raza 1

Cuando se produce la aplicación de agentes de control biológico se debe tener en cuenta, principalmente que tipo de microorganismos están presentes de forma natural en la planta. Ello nos permitiría una mayor eficacia en el control de patógenos. Los microorganismos presentes en una planta de tomate o pimiento, ya sea en la parte aérea como radical, son bien diferentes en muchos casos a los que puede presentar una planta de judía, por ejemplo; aún más si se tiene en cuenta, el clima de la zona, las condiciones del cultivo, etc. La realidad, es que sólo se plantea la aplicación de productos comerciales sin tener en cuenta este hecho. La utilización de microorganismos aislados de sitios semejantes a donde van a ser aplicados, implican una mejor adaptación de los mismos, dando lugar a biocontrol más eficaz.

Un ejemplo de biocontrol natural son los suelos supresivos. El término **suelo o sustrato supresivo** se aplica a aquéllos, en los que las enfermedades causadas por determinados patógenos, no se manifiestan o lo hacen mínimamente, a pesar de que los fitopatógenos están naturalmente presentes o artificialmente introducidos, de cultivar un huésped susceptible y de que el ambiente aéreo sea favorable (Baker y Cook, 1974 y Schroth y Hanncock, 1981).

La detección del fenómeno aparece cuando la incidencia o la severidad de una enfermedad es menor de la esperada para las condiciones ambientales existentes o en los suelos que rodean la zona (Cook y Baker, 1983). Para su medida es importante aislar el efecto suelo o sustrato de otras posibles fuentes de variación: como la densidad de inóculo, el cultivar, las condiciones climáticas o el manejo cultural (Couteaudier *et al.,* 1987 y Rouxel *et al.,* 1991).

Un ejemplo clásico de supresividad natural en los suelos es la supresividad frente los marchitamientos vasculares producidos por *Fusarium oxysporum.* Este fenómeno fue por primera vez reconocido en el siglo XIX por Atkinson en cultivos de algodón (Atkinson, 1892; Weller *et al*., 2002) y fue posteriormente descrito para otros muchos suelos y cultivos en todo el mundo (Smith y Zinder, 1971; Toussoun, 1975; Scher y Baker, 1980; Alabouvette, 1986; Hopkins *et al*., 1987; Sneh *et al*., 1987; Peng *et al*., 1999 y Domínguez *et al*., 2002). La supresividad a marchiteces vasculares producidas por *F. oxysporum* en estos suelos limita o reduce la severidad de la enfermedad en muchas especies vegetales (Cook y Baker, 1983 y Albouvette, 1990). Esta supresividad es generalmente de origen natural, aunque puede ser en algunos casos inducida mediante prácticas culturales como el monocultivo de melón y de sandia (Sneh *et al*., 1984 y Larkin *et al.,* 1993). La naturaleza de

la supresividad en estos suelos es microbiológica, ya que la supresividad en los mismos se pierde cuando son sometidos a tratamientos con calor húmedo, bromuro de metilo o radiaciones gamma (Alabouvette *et al*., 1977; Scher y Baker, 1980 y Alabouvette, 1986) y se restablece cuando se mezcla un suelo conductivo previamente esterilizado con calor, con un pequeña parte del suelo original supresivo (Scher y Baker, 1980 y Alabouvette, 1986).

Entre los microorganismos descritos como responsables de la supresividad a las fusariosis vasculares se encuentran tanto bacterias como hongos, siendo los mecanismos fundamentalmente la competición por el hierro y las fuentes de carbono en la rizosfera. Bacterias como *Alcaligenes* sp. (Yuen *et al.*, 1986) o *Pseudomonas* spp. (Kloepper *et al.*, 1980; Scher y Baker, 1982 y Lemanceau y Alabouvette, 1993) inhiben a *Fusarium oxysporum* mediante competición por el hierro a través de la producción de sideróforos y hongos como *Trichoderma harzianum* (Sivan y Chet, 1989) o cepas de *Fusarium oxysporum* no patógenas compiten por las fuentes de carbono (Rouxel *et al*., 1979; Alabouvette *et al*, 1984; Albouvette, 1986; Larkin *et al*, 1996 y Larkin y Fravel 1998, 1999).

La supresividad a enfermedades puede lograrse mediante la manipulación del ambiente físico-químico y microbiológico, utilizando prácticas culturales como el empleo de enmiendas en el suelo, rotaciones de cultivos, empleo de fumigantes o solarización (Whipps, 2000).

La inducción de supresividad se puede conseguir en ciertos casos por monocultivo de un mismo huésped susceptible o con un cultivar con resistencia incompleta (Shipton, 1977 y Hopkins *et al.,* 1987). Un ejemplo lo encontramos en el pie negro de los cereales causado por *Gaeumannomyces* (antes *Ophiobulus*) *graminis var. tritici*, en el que la enfermedad puede ser controlada por la combinación de las rotaciones de cultivo y el laboreo, prácticas que reducen el potencial de inóculo del patógeno en el suelo (Weller *et al.,* 2002). El desarrollo de supresividad al pie negro de los cereales se produce cuando se combinan tres elementos: el monocultivo de trigo u otro cereal sensible a la enfermedad, la presencia del agente causal de la enfermedad, y la manifestación, al menos en una ocasión, severa de la enfermedad (Shipton, 1975; Hornby, 1979 y 1998 y Cook y Weller, 1987). Resulta evidente la ventaja que representa la supresividad inducida mediante el monocultivo en los sistemas de producción extensiva de cereal. Esta ventaja no es tan evidente en los sistemas de producción intensiva hortícolas y ornamentales. Dado que la supresividad tiene un carácter temporal, tendiendo a desaparecer en ausencia del huésped, no presenta obviamente ningún interés para los semilleros y la producción de plantas en macetas, debido a que el sustrato es normalmente consumido en el ciclo productivo. Pero incluso para la

producción hortícola y floral «sin suelo», donde los sustratos son generalmente reutilizados, carece de interés, dado que habría que soportar cierta intensidad de la enfermedad durante varios ciclos productivos; si bien, baja, en los casos de empleo de cultivares con resistencia parcial, como el de la supresividad inducida frente a la fusariosis vascular de la sandía, cuando se emplea el cultivar *crimson sweet* en monocultivo (Larkin *et al.,* 1993a) o en el caso del monocultivo de variedades resistentes de melón frente a la fusariosis vascular del melón (Sneh *et al*., 1984). En cambio, en la mayoría de los ejemplos conocidos (con empleo de cultivares susceptibles) sería tan alta que se necesitarían varias resiembras, como en el caso de la caída de plántulas de rábano inducida por *Rhizoctonia solani* (Henis *et al.,* 1978), para inducir dicha supresividad. Este planteamiento es poco realista en la actual horticultura intensiva, que se caracteriza por el empleo de costosos factores de producción que requieren una rápida y alta rentabilidad del proceso productivo. Resumiendo, en la supresividad inducida por monocultivo es obligatoria la previa presencia del fitopatógeno activo (Baker y Chet, 1982), por lo que tiene poca aplicabilidad en los cultivos sobre sustratos (Migheli y Aloi, 1992)

Se puede inducir supresividad por inoculación o introducción de determinados antagonistas seleccionados a los suelos o sustratos (Baker y Chet, 1982; Lewis y Papavizas, 1991; Becker y Schwinn, 1993 y Campbell, 1994). Durante los últimos 30 años, han sido descritos, caracterizados y ensayados un gran número de microorganismos del suelo como agentes de control biológico de enfermedades de las plantas causadas por patógenos del suelo. Distintas estrategias de control se han desarrollado, basadas en la introducción bien solos o en mezclas de estos agentes de control biológico. Desafortunadamente, esta aproximación al control de enfermedades no se ha generalizado, debido a diversas razones. Algunos de los agentes introducidos controlan tan sólo una de las numerosas enfermedades importantes de un cultivo, otros proporcionan sólo un control parcial de la enfermedad o simplemente su supervivencia en el medio no es lo suficientemente larga para tener un efecto significativo en el control de la enfermedad (Weller, 1988 y Hoitink y Boehm, 1999). Los factores que controlan la habilidad de estos agentes de control biológico para establecerse en las raíces han sido ampliamente estudiados:

- La competencia en la rizosfera es uno de esos factores (Harman, 1992). El estudio de la competencia en la rizosfera de estos microorganismos es, al menos desde un enfoque teórico justificado, ya que la raíz constituye el órgano principal a proteger en el suelo, además de una de las principales fuentes de nutrientes del mismo (exudados radicales, sustancias mucilaginosas, restos celulares, etc.) (Hoitink y Boehm, 1999).

- El aporte de nutrientes junto con los agentes de control biológico, que permitan soportar la actividad biológica de éstos sin el estimulo de la actividad de los patógenos (Steinmetz y Schönbeck, 1994 y Lewis *et al*., 1998). La incorporación de enmiendas orgánicas, como abonos verdes, estiércoles maduros o compost suministran la base alimenticia que permite la actividad de los microorganismos responsables del control biológico, cuando la incorporación se realiza con suficiente antelación a la plantación (Baker y Cook, 1974; Cohen *et al*., 1988 y Hoitink *et al*., 1997). El empleo de estas enmiendas orgánicas puede ser muy efectivo en el control de enfermedades causadas por muchos fitopatógenos edáficos desde especies de los géneros *Pythium, Phytophthora, Fusarium spp.* a *Rhizoctonia solani.* Los microorganismos del suelo estimulados por el aporte nutricional, contribuyen a la actividad supresiva en estos suelos, mediante cuatro mecanismos fundamentales de control biológico: competición, antibiosis, parasitismo/depredación y resistencia sistémica inducida (Lockwood, 1988). Lamentablemente, el empleo de la materia orgánica en los sistemas de producción agrícola ha pasado a ocupar un papel secundario. Los avances que han tenido lugar en la agricultura desde los primeros años del siglo XX, como la utilización de fertilizantes inorgánicos y fungicidas de síntesis, el desarrollo de variedades resistentes a enfermedades y las mejoras en las técnicas culturales, han permitido a los agricultores romper con la unión existente entre el aporte de enmiendas orgánicas y la fertilidad del suelo. Como consecuencia de esta ruptura, productos como el estiércol han pasado de ser considerados un valioso subproducto, a un residuo sólido; «residuo» que, generalmente, origina problemas asociados a su eliminación, por contaminación de aguas o por facilitar la dispersión de patógenos de los animales (Bruns, 1996). Como consecuencia de esta situación, se ha producido a lo largo del tiempo la mineralización de la materia orgánica de los suelos, un empeoramiento de su estructura y el desarrollo de numerosas enfermedades, a veces, con proporciones epidémicas causadas por los patógenos edáficos. Esta situación se pone de manifiesto en aquellos sistemas de cultivo en los que no se dispone de otras alternativas efectivas, como la resistencia genética, el control químico o prácticas culturales adecuadas; un ejemplo ilustrador de esta situación lo constituye la podredumbre radicular causada por *Phytophthora* en el aguacate (Baker y Cook, 1974). Una situación similar se pone de manifiesto en los cultivos en maceta o contenedor en los que la turba forma parte como único componente orgánico, ya sea sola o en mezcla con otros sustratos inertes; la mayor parte de las turbas como sucede en los suelos altamente mineralizados poseen unas reducidas reservas energéticas y no son supresivos frente a enfermedades (Hoitink *et al.*, 1991).

El control biológico de enfermedades, realizado por estos agentes de biocontrol, se produce mediante distintos mecanismos de acción que generalmente se dan de forma simultanea; entre los modos de acción descritos se encuentran: la inhibición de patógeno por compuestos antimicrobianos (antibiosis); la competición por el hierro mediante la producción de sideróforos; la competición por el espacio a colonizar y los nutrientes suministrados por semillas y raíces; la inducción de mecanismos de resistencia de las plantas; la inactivación de los factores de germinación de los patógenos presentes en los exudados de las semillas y raíces; la degradación de factores de patogenicidad de los patógenos, tales como toxinas; el parasitismo que entraña la producción de enzimas extracelulares (como quitinasas o b 1-3 glucanasa) que degradan y rompen las paredes celulares de los patógenos (Keel y Défago, 1997 y Whipps, 1997).

Existen numerosas referencias bibliográficas de bacterias, hongos, levaduras y virus, como agentes de control biológico. La interacción entre los componentes del triángulo de la enfermedad (patógeno-planta susceptible-ambiente) y el propio antagonista suele ser muy específica. Esto tiene lógicamente su ventaja, ya que el ACB va a actuar de forma inhibitoria frente al patógeno de interés, pero sin embargo, lleva a que cada tipo de formulado comercial sea específico para un determinado patógeno, y habría que diseñar un producto específico para cada patosistema. En este sentido, ya existen formulados comerciales «mal» llamados vacunas, que contienen a patógenos atenuados, es decir, que no van a producir la enfermedad, pero que van a generar en la planta una respuesta de defensa específica frente a ese patógeno, reduciendo los niveles de daño en caso de incidencia. Otros productos comerciales, contienen elicitores que generan el mismo tipo de respuesta en la planta.

Uno de los primeros casos estudiados de bacterias antagonistas, fue el de *Agrobacterium radiobacter*, para el control de la agalla de la corona producida por *Agrobacterium tumefaciens*. El control se realizaba mediante antibiosis mediada por diferentes tipos de antibióticos que estaba codificada por genes presentes en plásmidos. Esto llevó a la preparación de formulaciones cuyo ingrediente activo era la bacteria *Agrobacterium radiobacter* K84. Pero la transferencia de los plásmidos de las cepas antagonistas a *Agrobacterium tumefaciens,* dieron lugar a cepas resistentes. A partir de aquí se obtuvo una nueva cepa de *Agrobacterium radiobacter*, que fue designada como K1026. Esta cepa estaba modificada geneticamente, siendo incapaz de transferir el plásmido a la bacteria patógena (Reader *et al*., 2005). Esta cepa fue utilizada como ingrediente activo y fue el primer microorganismo modificado genéticamente que fue utilizado en el medio ambiente y el primer caso de resistencia a un ACB.

Existen igualmente numerosos ejemplos de rizobacterias asociadas al control de patógenos no sólo radiculares sino también aéreos. Estas rizobacterias generan en la planta mecanismos de resistencia sistémica. Ejemplos capaces de promover el crecimiento de la planta y además asociarse al control de fitopatógenos incluyen bacterias del género *Bacillus* (Bai *et al.*, 2002), *Pseudomonas* (Siddiqui y Shaukat, 2003; Hass y Defago, 2005 y Diánez, 2005) y *Streptomyces* (Sabaratnam y Traquair, 2002 y Cao *et al.*, 2002). Algunos ejemplos de formulaciones están incluido en la Tabla 1.

Asimismo, bacterias no rizosféricas del género *Bacillus* están asociadas al control de *Gibberella zeae* en trigo (Khan et al., 2001), *Pseudomonas fluorescens* A506, como agente de control biológico de *Erwinia amylovora*, responsable del fuego bacteriano (Anderson *et al.*, 2004) y El-Hendawy *et al*.(2005) detectaron que aplicaciones foliares de la bacteria *Rahnella aquatilis*, podía controlar los síntomas producidos por *Xanthomonas campestres* pv*. vesicatoria* en tomate.

Existen determinados virus que también pueden ser considerados como ACB. Se han detectado bacteriófagos capaces de provocar la lisis de *Xanthomonas campestris* pv *pruni* (Randhawa y Civerolo, 1986) o *Erwinia amylovora* causante del fuego bacteriano (Gill *et al.*, 2003). El problema de los bacteriofagos es su baja supervivencia (no más de 48 h) en ausencia de su hospedador. A diferencia de los bacteriófagos, los virus que afectan a los hongos, los micovirus, se encuentran generalmente en el citoplasma o en el interior de las mitocondrias, y no provocan lisis del hongo parasitado. Para ser transmitidos de un hongo a otro es necesario que haya contacto, anastomosis entre el hongo donador y el receptor, y por tanto, para ello, deben de pertenecer al mismo grupo de compatibilidad (Mondino y Vero, 2006). Generalmente, la presencia de un micovirus confiere al hongo hipovirulencia. El caso más conocido es la hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica*, que produce pudrición en los castaños; también se ha detectado cepas hipovirulentas en *Botrytis cinerea* (Vilches y Castillo, 1996), *Sclerotinia sclerotiorum* (Xie *et al*., 2006) *y Rhizoctonia solani* (Dilip *et al.*, 1998). El uso de estos hongos hipovirulentos puede ser un método de control biológico, si no fuera porque muchas de estas cepas suelen ser menos competitivas que las propias patógenas, por lo que no son capaces de colonizar y establecerse con la misma rapidez.

Las levaduras también han sido muy estudiadas como biocontroladores en enfermedades postcosecha, almacenamiento de granos y enfermedades aéreas.

Así, *Cryptococcus nodaensis* y *Cryptococcus* sp. son capaces de controlar el ataque de *Fusarium* durante la floración del trigo. Los niveles de protección alcanzados utilizando aspersiones de estos antagonistas llegaban hasta un 60% (Mondino y Vero, 2006).

Quizás, los agentes de control biológico más estudiados y, de los cuales se han desarrollado más formulaciones comerciales han sido de hongos filamentosos. Entre ellos cabe destacar los casos de *Ampelomyces quisqualis*, hongo micoparasito de oidios, el cual tiene un comportamiento curativo o distintas especies de *Trichoderma y Gliocladium.*

Los hongos del género *Trichoderma* han sido estudiados como agentes promotores del crecimiento de plantas, como ACB de enfermedades aéreas y como ACB de patógenos de suelo. Su alta capacidad de colonización, y los diferentes mecanismos que emplea estos hongos, lo convierten en un efectivo elemento de control biológico. *Trichoderma* coloniza las raíces de las plantas favoreciendo el desarrollo tanto aéreo como radical e impide el ataque de fitopatógenos radiculares. Además, esta colonización radical genera resistencia sistémica controlando a su vez a patógenos aéreos (Yedidia *et al.*, 2003). Otros trabajos demuestran la capacidad del hongo de destruir estructuras de resistencia y propagación de hongos fitopatógenos, como son los esclerocios de *Sclerotinia cepivorum* por *T. vride* (Clarkson *et al.*, 2003). También ha sido empleada para recubrimiento de semillas, para evitar la caída de plántulas e incrementar la protección de la misma (Ezziyyani *et al.*, 2004). Asimismo, ha sido detectado en el interior de las raíces de plantas, incrementando su efectividad en el control de patógenos radiculares (Avila Miranda *et al.*, 2006).

Como ACB de enfermedades aéreas, se ha descrito frente a *Botrytis cinerea* en vid (Elad *et al*., 2000), *Fulvia fulva* en tomate (Elad *et al*., 2000), o fusariosis en trigo (Pereyra *et al.*, 2005).

En la actualidad, existen numerosas formulaciones comerciales cuyo principio activo son distintas cepas de *Trichoderma*, para el control de diferentes patógenos de plantas (ver Tabla 1).

El control biológico de un patógeno de la zona aérea es realizado por la introducción y establecimiento de los antagonistas en la superficie de la planta. El antagonista aplicado, para que funcione como ACB, debe de multiplicarse y colonizar la superficie de la planta (Bettiol, 1991). La colonización del antagonista debe ser previa a la instalación del patógeno, para que éste pueda inhibir la infección o al menos reducir la multiplicación o esporulación y diseminación de la enfermedad.

El número de aplicaciones necesarias para que se produzca el biocontrol va a depender del patosistema en el que se va a establecer el antagonista. De nada sirve haber seleccionado un buen antagonista para un determinado patógeno, si luego se realiza una mala aplicación o una aplicación inoportuna. Por ello es importante saber cómo, dónde, cuándo y cuántas aplicaciones son necesarias para que el biocontrol sea efectivo. Para estas posibles preguntas también hay numerosas respuestas. Obviamente depende del antagonista y su modo de acción, ya que estos pueden ser aplicados en las hojas, frutos, raíces, etc., o directamente al suelo. Con respecto al «cuándo», el ACB puede ser aplicado antes de la siembra, durante las distintas etapas del desarrollo de la planta, o incluso, en postcosecha. Cómo debemos aplicarlo dependerá en parte de cómo es el formulado comercial, y, por supuesto, donde debe ser aplicado.

Las respuestas van vinculadas a que tipo de patógeno se quiere controlar, el tipo de planta, el ACB empleado así como los mecanismos de acción del mismo. Es obvio, que para que un antagonista parasite a su huésped debe entrar en contacto con sus estructuras. Si, por el contrario, su mecanismo de acción es inducir la resistencia de la planta, éste debe ser aplicado antes de la entrada del patógeno. Así, por ejemplo, los frutos pueden ser pulverizados en poscosecha con la formulación biológica, las raíces puede quedar sumergidas en una solución con el antagonista, las semillas pueden venir incorporadas con el agente de control biológico o bien los cortes que se realizan en la planta, pueden quedar impregnados con una pasta que contiene al ACB.

El control biológico carece generalmente de capacidad curativa, por lo que debe ser aplicados de forma preventiva. Lógicamente, hay excepciones como el control de oidios (hongos ectoparásitos) por micoparásitos, pudiéndose realizar el control mediante aplicaciones foliares.

No debemos olvidar, que el agricultor debe de familiarizarse con este método de control, y por tanto, sus aplicaciones deben estar adaptadas a las mismas que se realizan cuando se aplican fitosanitarios químicos. A diferencia de control biológico de plagas, no se puede determinar el establecimiento de los ACB; es imposible cuantificar salvo por métodos analíticos, por lo que el agricultor en muchas ocasiones desiste, por temor a que se desarrolle la enfermedad.

Dentro de los mecanismos que ejercen los antagonistas sobre la propia planta, uno de los más estudiados, como ya hemos comentado anteriormente, es la resistencia indu-

cida. El conocimiento de las bases genéticas y moleculares que controlan estos mecanismos de defensa que ejercen las plantas, hace que se puede establecer una equivalencia con el sistema inmune de los animales. Estos sistemas se saben que son sistémicos, y por tanto, no sólo se activan en el tejido donde se ha detectado o reconocido al patógeno. Esta propiedad puede ser aprovechada en agricultura y se están realizando numerosos estudios cuyo objetivo principal es el desarrollo de productos agroquímicos, que contengan activadores de esa resistencia. Estos estudios van más a allá y se están realizando otros basados en el uso de péptidos antimicrobianos para mejorar la resistencia en plantas transgénicas. Las limitaciones que regulan el uso de organismos modificados genéticamente, impiden la comercialización de estas plantas resistentes a patógenos, aunque estas técnicas ofrecen oportunidades futuras en el control biológico de patógenos.

Bibliografía

- ALABOUVETTE, C.; ROUXEL, F. y LOUVET, J. (1977): «Recherches sur la résistance des sols aux maldies. III. Effets du rayonnement y sur la microflore d'un sol et sa résistance a la fusariose vasculaire du melon»; en *Annals of Phytopathology* (9); pp. 467-471.

- ALABOUVETTE, C.; COUTEAUDIEUR, Y. y LOUVET, J. (1984): «Recherches sur la resistance des sols aux maladies. IX. Dynamique des populations des *Fusarium* spp. et de *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* dans un sol resistant et un sol sensible aux fusarioses vasculaires»; en *Agronomie* (4); pp. 729-733.

- ALABOUVETTE, C. (1986): «*Fusarium* wilt-supressive soils from Châteaurenard region: review of a 10 years study»; en *Agronomie* (6); pp. 273-284.

- ALABOUVETTE, C. (1990): «Biological control of *Fusarium* wilt pathogens in suppressive soils»; en HORNBY, D., ed.: *Biological Control of Soilborne Plant Pathogens.* Wallingford, CAB Int.; pp. 27-43.

- ATKINSON, G. F. (1892): «Some diseases of cotton»; en *Al. Agric. Exp. Stn. Bull.;* pp. 41-65.

- AVILA MIRANDA, M. E.; HERRERA ESTRELLA, A. y PEÑA CABRALES, J. J. (2006): «(*Allium sativum*) by strains of *Trichoderma harzianum* and their capacity to control allium white-rot Ander field conditions»; en *Soil Biology and Biochemistry* 38(7); pp. 1.823-1.830.

- BAKER, K.F. y COOK, R. J. (1974): *Biological control of Plant pathogens*. San Francisco, Freeman.

- BAKER, R. y CHET, I. (1982): «Induction of suppressiveness»; en SCHNEIDER, R. W., ed.: *Suppressive soil and plant disease*. St. Paul, APS Press; pp. 35-50.

- BETTIOL, W. (1991): *Controle biologico de doenças de plantas*. Jaguariúna, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) / Centro Nacional de Pesquisa de Defensa de Agricultura (CNPDA).

- BRUNS, C. (1996): *Suppressive Effekte von Komposten aus der getrennten Sammlung organischer Abfälle und von Rindermistkompost gegenümber bodenbürtiegen Schaderregern*. Tesis Doctoral, Universidad de Kassel (Alemania).

- CAO, L.; QIU, Z.; YOU J.; TAN, H. P. y ZHOU, S. (2004): «Isolation and characterization of rndophytic Streptomyces sttraisn from surface-sterilized tomato (Lycopersicon esculentum) roots»; en *Letters Applied Microbiology* (39); pp. 425-430.

- CLARKSON, J. P.; PAYNE, T.; MEAD, A. y WHIPPS, J. M. (2002): «Selection of fungal biological control agents of *Sclerotium cepivorum* for control of white rot by sclerotial degradation in a UK soil»; en *Plant Pathology* (51); pp. 735-745.

- COOK, R. J. y BAKER, K. F. (1983): *The nature and practice of biological control of plant pathogens*. St Paul, Third Printing Ed.

- COOK, R. J. y WELLER, D. M. (1987): «Management of take-all in consecutive crops of wheat or barley»; en *Innovative Approaches to Plant Disease Control*. Nueva York, Wiley; pp. 41-76.

- COUTEAUDIEUR, Y.; LOUVET, J. y ALABOUVETTE, C. (1987): «Les problèmes pathologiques en culture hors sol»; en *Les cultures hors sol*. Versalles, INRA Publications; pp. 321-332.

- DILIP, K.; LAKSHMAN, D. K.; JIAN, J. y TAVANTZIS, S. M. (1998): «A double-stranded RNA element from a hypovirulent strain of *Rhizoctonia solani* occurs in DNA form and is genetically related to the pentafunctional AROM protein of te shikimate pathway»; en PNAS (95); pp. 6.425-6.429.

- DOMÍNGUEZ, J.; NEGRÍN, M. A. y RODRÍGUEZ, C. M. (2002): «Aggregate water-stability, particle size and soil solution properties in conducive and suppressive soils to *Fusarium* wilt of banana from Canary island (Spain)»; en *Soil Biology and Biochemistry* (33); pp. 449-455.

- ELAD, Y. (2000): «Trichoderma harzianum T39 preparation for biocontrol of plant diseases control of *Botrytis cinerea, Sclerotinia sclerotiorum* and *Cladosporium fulvum*»; en *Biocontrol Science and Technology* (10); pp. 499-507.

- EZZIYYANI, M.; PÉREZ-SÁNCHEZ, C.; AHMED, A. S.; REQUENA, M. E. y CANDELA, M. E. (2004): «*Trichoderma harzianum* como biofungicida para el control de *Phytophthora capcisi* en plantas de pimiento (*Capsiscum annuum* L.)»; en *Anales de Biología* (26); pp. 35-45.

- GILL, J. J. y ABEDON, S. T. (2003): «Bacteriophages of *Erwinia amylovora*»; en *Applied Environmental Microbiology* (69); pp. 2.133-2.138.

- HAAS, D. y DEFAGO, G. (2005): «Biological control of soil-borne pathogens by fluorescen pseudomonas»; en *Nature Reviews Microbiology* (3); pp. 307-319.

- HOITINK, H. A.; INBAR, Y. y BOEHM, M. J. (1991): «Status of compost amended potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops»; en *Plant Disease* (75); pp. 869-873.

- HOPKINS, D. L.; LARKIN, R. P. y ELMESTROM, G. W. (1987): «Cultivar specific induction of soil suppressivnes to *Fusarium* wilt of watermelon»; en *Phytopathology* (77); pp. 607-611.

- HORNBY, D. (1979): «Take-all decline: a theorist's paradise»; en *Soil-Borne Plant Pathogens*. Nueva York, Academic; pp. 133-156.

- HORNBY, D. (1998): *Take-All of Cereals: A Regional Perspective*. Wallingford, CAB Int.

- KEEL, C. y DÉFAGO, G. (1997): «Interactions between beneficial soil bacteria and root pathogens: mechanisms and ecological impact»; en GANGE, A. C. y BROWN, V. K., eds.: *Multitrophic interactions in terrestrial system.* Oxford, Blackwell Science; pp. 27-47.

- LARKIN, E. P.; HOPKINS, D. L. y MARTIN, F. N. (1993): «Effect of successive watermelon plantings on *Fusarium oxysporum* and other microorganisms in soil suppressive and conductive to *Fusarium* wilt of watermelon»; en *Phytopathology* (83); pp. 1.097-1.105.

- LARKIN, R. P.; HOPKINS, D. L. y MARTIN, F. N. (1996): «Suppression of *Fusarium* wilt of watermelon by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other microorganisms recovered from a disease-suppressive soil»; en *Phytopathology* (86); pp. 812-819.

- LARKIN, R. P. y FRAVEL, D. R. (1998): «Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato»; en *Plant Disease* (82); pp. 1.022-1.028.

- LARKIN, R. P. y FRAVEL, D. R. (1999): «Mechanisms of action and dose-response relationships governing biological control of *Fusarium* wilt of tomato by non-pathogenic *Fusarium* spp.»; en *Phytopathology* (89); pp. 1.152-1.161.

- LEMANCEAU, P. y ALABOUVETTE, C. (1993): «Suppression of *Fusarium* wilt by fluorescent *Pseudomonas* mechanisms and applications», en *Biocontrol Science Technology* (3); pp. 219-234.

- LINDOW, S. E. y BRANDL, M. T. (2003): «Microbiology of the Phyllosphere»; en *Applied Environmental Microbiology* (4); pp. 1.875-1.883.

- MIGHELI, Q. y ALOI, C. (1992): «Prospettive d´impiego di substrati repressivi»; en *Colture Protette* (5); pp. 83-87.

- MODINO, P. y VERO, S. (2006): *Control biológico de patógenos de plantas*. Montevideo, Universidad de Agronomía de Uruguay.

- PENG, H. X.; SIVASITHAMPARAM, K. y TURNER, D. W. (1999): «Chlamydospore germination and *Fusarium* wilt of banana plantlets in suppressive and conductive soils are affected by physical and chemical factors»; en *Soil Biology and Biochemistry* (31); pp. 1.363-1.374.

- PEREYRA, S.; GARMENDIA, G.; CABRERA, M.; VERO, S.; PIANZZOLA, M. J. y DILLMACKY, R. (2005): «Control biológico de la fusariosis de la espiga de trigo y cebada»; en *Agrociencia* (IX); pp. 337-343.

- RANDHAWA, P. S. y CIVEROLO, E. L. (1986): «Interaction of *Xhanthomonas campestris* pv. *pruni* with pruniphages and epiphytic bacteria on detached peach trees»; en *Phytopathology* (76); pp. 549-553.

- READER, J. S.; ORDOUKHNIAN, P. T.; KIM, J. G.; DE CRECY-LAGARD, V.; HWANG, I., FARRAND, S. K. y SCHIMMEL, P. (2005): «Major biocontrol of plant tumors targets tRNA synthetase»; en *Science* (309).

- ROUXEL, F.; ALABOUVETTE, C. y LOUVET, J. (1979): «Recherches sur la résistance des sols aux maladies. IV. Mise en évidence du rôle des *Fusarium* autochtones dan la résistance d'un sol a la fusariose vasculaire du melon»; en *Annals of Phytopathology* (11); pp. 199-207.

- RUSSELL, P. (1984): «Sporgon on mushrooms»; en *Mushroom Journal* (141); pp. 299-300.

- SCHROTH, M. N. y HANCOCK, J. G. (1981): «Selected topoc in biological control»; en *Annual Review of Microbiology* (35); pp. 453-476.

- SABARATNAM, S. y TRAQUAIR, J. A. (2002): «Formulation of a *Streptomyces* biocontrol agent for the suppression of *Rhizoctonia* damping-off in tomato transplants»; en *Biological Control* 23(3); pp. 245-253.

- SCHER, F. M. y BAKER, R. (1980): «Mechanism of biological control in a *Fusarium*-suppressive soil»; en *Phytopathology* (70); pp. 412-417.

- SCHER, F. M. y BAKER, R. (1982): «Effect of Pseudomonas putida and synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogens»; en *Phytopathology* (72); pp. 1.567-1.573.

- SHIPTON, P. J.; COOK, R. J. y SITTON, J. W. (1973): «Occurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses takeall of wheat in eastern Washington»; en *Phytopathology* (63); pp. 511-517.

- SHIPTON, P. J. (1975): «Take-all decline during cereal monoculture»; en *Biology and Control of Soil-Borne Plant Pathogens*. St. Paul, Am. Phytopathol. Soc.; pp.137-144.

- SHIPTON, P. J. (1977): «Monoculture and soilborne pathogens»; en *Annals Review of Phytopathology* (15); pp. 387-407.

- SIDDIQUI, I. A. y SHAUKAT, S. S. (2003): «Suppression of root-knot disease by Pseudomonas floresecens CHA0 in tomato: importance of bacterial secondary metabolite, 2,4-diacetylphloroglucinol»; en *Soil Biology and Biochemistry* (35); pp. 1.615-1.623.

- SIVAN, A. y CHET, I. (1989): «The possible role of competition between *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* on rhizosphere colonization»; en *Phytopathology* (79); pp. 198-203.

- SMITH, S. N. y ZYNDER, W. C. (1971): «Relationships of inoculum density and soil types to severity of *Fusarium* wilt of sweet potato»; en *Phytopathology* (61); pp. 1.049-1.051.

- SNEH, B.; DUPLER, M.; ELAD, Y. y BAKER, R. (1984): «Chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* as affected by fluorescent and lytic bacteria from *Fusarium*-suppressive soil»; en *Phytopathology* (74); pp. 1.115-1.124.

- SNEH, B.; POZNIAK, D. y SALOMON, D. (1987): «Soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of melon induced by repeated croppings of resistant varieties of melons»; en *Journal of Phytopathology* (120); pp. 347-354.

- TOUSSOUN, T. A. (1975): Fusarium-*suppressive soils. Biology and Control of Soil-Borne Plant Pathogens*. St. Paul, American Phytopathology Society; pp. 145-151.

- VILCHES, S. y CASTILLO, A. (1996): «A double-stranded RNA mycovirus in Botrytis cinerea FEMS»; en *Microbiology Letters* (155); pp. 125-130.

- XIE, J.; WEI, D.; JIANG, D.; FU, Y.; LI, G.; GHABRIAL, S. y PENG, Y. (2006): «Characterization of debilitation-associated mycovirus infecting the plant-pathogenic fungus *Sclerotinia Sclerotiorum*»; en *Journal General Virology* (87); pp. 241-249.

- WELLER, D. M.; RAAIJMAKERS, J. M.; McSAPADDEN GARDENER, B. B. y THOMASHOW, L. S. (2002): «Microbial population responsible for specific soil suppressivenes to plant pathogens»; en *Annual Review of Phytophatology* (40); pp. 309-348.

- WHIPPS, J. M. (1997): «Developments in the biological control of soil-borne plant pathogens»; en *Advances in Botanical Research* (26); pp. 1-134.

- WHIPPS, J. M. (2000): «Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere»; en *Journal of Experimental Botany* (52); pp. 487-511.

- WILSON, C. L. y WISNIEWSKI, M. E., eds. (1994): *Biological control of postharvest plant diseases of fruits and vegetables: theory and practice*. Boca Raton, CRC Press.

- YEDIDIA, I.; SHORESH, H.; KEREM, Z.; BENHAMOU, N.; KAPULNIK, Y. y CHET, I. (2003): «Concomitant induction of systemic resistance to Pseudomonas syringae pv. lachrymans in cucumber by Trichoderma asperellum (T-203) and the accumulation of phytoalexins»; en *Applied Environmental Microbiology* (69); pp. 7.343-7.353.

- YUEN, G. Y.; SCHROTH, M. N. y McCAIN, A. H. (1986): «Inhibition of *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* by iron competition with an *Alcaligenes* sp.»; en *Phytopathology* (76); pp. 171-176.