

# Avances hacia el manejo sostenible del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, en Costa Rica

Luko Hilje<sup>1</sup>

**RESUMEN.** La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) es una plaga de importancia mundial, en las regiones tropicales y subtropicales. Aunque puede causar problemas por daño directo, en Mesoamérica y el Caribe actúa como vector de geminivirus muy destructivos en chile, frijol y tomate. Puesto que en tomate su combate químico no impide las epidemias virales, en Costa Rica se planteó un esquema de manejo integrado de plagas (MIP) orientado a evitar o minimizar el contacto entre el vector y la planta, para retardar la epidemia viral. Varios métodos preventivos (semilleros cubiertos, coberturas vivas, cultivos trampa, fertilización y repelentes/disuasivos) que podrían ser utilizados durante el período crítico del tomate a los geminivirus, han demostrado su eficacia total o parcial en la reducción del problema. Además, casi todos son inocuos desde los puntos de vista ambiental y de salud humana, y además son rentables, lo cual permitiría incorporarlos en sistemas agrícolas sostenibles de bajos insumos.

**Palabras clave:** *Bemisia tabaci*, Mosca blanca, Geminivirus, Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica.

**ABSTRACT. Advances towards the sustainable management of the whitefly-geminivirus complex in tomato, in Costa Rica.** The whitefly (*Bemisia tabaci*) is a key pest throughout the world, in tropical and subtropical regions. Although it may cause problems through direct damage, in Mesoamerica and the Caribbean Basin it is a vector of very destructive geminiviruses which cause serious damage to bell pepper, beans and tomato. In tomato, since viral epidemics are common despite chemical control, in Costa Rica an integrated pest management (IPM) scheme was devised to either avoid or minimize contact between the vector and the plant in order to slow down viral epidemics. Several preventative methods (covered seedbeds, living ground covers, trap crops, fertilization regimes, and repellents/deterrents) which can be used during the critical period of tomato to geminiviruses, have shown partial or total effectiveness in reducing the problem. In addition, the majority of them pose no risk to either the environment or human health, and they are also profitable, which makes them suitable for incorporation in low-input sustainable agricultural systems.

**Key Words:** *Bemisia tabaci*, Whitefly, Geminivirus, Integrated Pest Management, Costa Rica.

## Introducción

Los sistemas de producción de hortalizas presentan varias características que dificultan la aplicación de programas de manejo integrado de plagas (MIP), como lo son la alta rentabilidad de sus productos, su corta temporada de producción, y el ataque de insectos y patógenos con gran capacidad reproductiva y de disseminación. Esto hace que los agricultores apliquen plaguicidas en forma excesiva (con mucha frecuencia y en altas dosis), puesto que la inversión se puede recuperar a corto plazo.

Sin embargo, sus altos beneficios económicos podrían ser pasajeros, pues el sobreuso de plaguicidas puede desencadenar procesos y fenómenos inconvenientes en aspectos agrícolas, económicos y ambientales, como lo son la conversión de plagas secundarias en primarias, y el desarrollo de resistencia. Un ejemplo de esto es la crisis provocada en el último decenio por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) (Homoptera: Aleyrodidae) en varias hortalizas y otros cultivos anuales, especialmente en los sistemas agrícolas de las regiones tropicales y subtropicales (Brown 1994, Brown y Bird 1992, Ioannou 1997).

<sup>1</sup>Unidad de Fitoprotección, CATIE. Turrialba, Costa Rica. lhilje@catie.ac.cr

*B. tabaci* puede actuar como plaga directa, por sus desmesuradas poblaciones, o como vector de geminivirus, lo cual ha justificado grandes esfuerzos en investigación básica y en métodos para su manejo (Cock 1986, Ohnesorge y Gerling 1986, Gerling 1990, Gerling y Mayer 1996). En América Latina y el Caribe, aunque hay serios problemas de daño directo (debilitamiento y alteraciones fitotóxicas), así como de fumaginas, en algodón, melón, sandía, soya y tomate, los mayores problemas se deben a geminivirus, especialmente en Chile, frijol y tomate (Brown 1994, Brown y Bird 1992, Hilje y Arboleda 1993, Hilje 1996).

En respuesta a esta situación, Hilje (1993) propuso un esquema de investigación y validación en MIP con un enfoque preventivo, para la forma en que se expresa el complejo *B. tabaci*-geminivirus en el cultivo del tomate en Costa Rica. Dicho enfoque se ha concretado en un programa de investigación que en años recientes ha permitido valiosos avances para el manejo sostenible del problema. Por tanto, el propósito de este artículo es sistematizar dichos logros, para ponerlos a disposición de los técnicos y agricultores y estimular la implementación de esquemas de MIP que sean sensatos en términos socioeconómicos y ambientales.

### Causas del problema

El MIP consiste en la combinación de varios métodos para mantener las plagas a niveles que no causen pérdidas de importancia económica, sin provocar serios perjuicios ambientales ni humanos. Puesto que en este caso particular cualquier programa de MIP debe fundamentarse en el conocimiento de las interrelaciones entre el vector, los geminivirus, las plantas hospedantes y el ambiente físico, a continuación se resaltan las causas de los problemas provocados por el complejo *B. tabaci*-geminivirus:

**Gran plasticidad genética.** *B. tabaci* tiene 17 razas o biotipos, de los cuales al menos seis están en América (Brown *et al.* 1995, DeBarro y Driver 1997). El biotipo **B**, que es originario del Viejo Mundo (Brown *et al.* 1996), es considerado por algunos autores como una nueva especie, *B. argentifolii* (Bellows *et al.* 1994), pero sobre ello hay mucho debate. Contrasta con el biotipo **A**, que es el "original", en los siguientes aspectos: tiene mayor fecundidad, completa su desarrollo en el cultivo de tomate, ataca un mayor número de cultivos, tiene mayor tolerancia al frío, e induce varios síndromes particulares (Perring 1996).

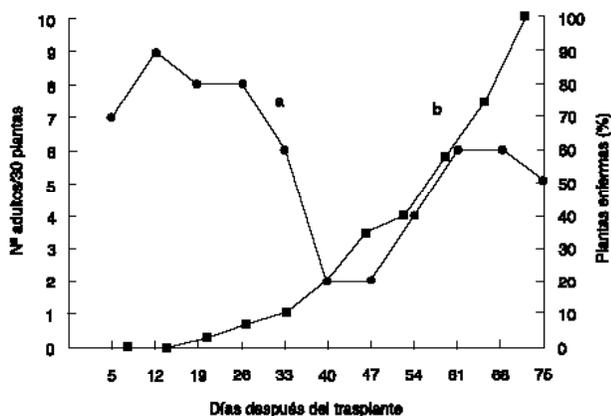
En Costa Rica, aunque hasta hace pocos años, el patrón electroforético de isoenzimas revelaba la presencia exclusiva para el país, del biotipo **C**, así como la ausencia del biotipo **B** (Brown 1993, Brown *et al.* 1995), en las principales zonas productoras de tomate actualmente se conoce que predomina el biotipo **A** (Hilje *et al.* 2001a). Además, se ha confirmado la presencia del biotipo **B**, pero restringido a zonas muy delimitadas en las provincias de Guanacaste y Puntarenas, en campos de cucurbitáceas, como el melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrullus lanatus*) y pepino (*Cucumis sativus*), y de Chile jalapeño (*Capsicum frutescens*, Solanaceae). En cuanto a otros biotipos, se les ha detectado en tomate, Chile dulce y Chile jalapeño, a veces junto con el biotipo **A**, pero no se tiene certeza de si alguno de los biotipos desconocidos corresponde al que previamente se había denominado como biotipo **C**. Se ha observado que el biotipo **A** casi no se reproduce en el tomate, pero lo hace profusamente en el Chile dulce (*Capsicum annuum*) (Hilje *et al.* 1993a).

**Poblaciones desmesuradas.** En la región neotropical, las poblaciones de *B. tabaci* son muy altas durante la estación seca (Hilje 1995), lo cual depende del potencial reproductivo, que a su vez está determinado por la fecundidad, el tiempo generacional y la proporción de sexos.

La fecundidad del biotipo **B** es cercana a 200 huevos/hembra, casi el doble del biotipo **A** (Bethke *et al.* 1991); el tiempo generacional (intervalo entre dos generaciones sucesivas) es de unos 40 días (Eichelkraut y Cardona 1989, Salas y Mendoza 1995); la proporción de sexos es muy variable, pero además las hembras pueden reproducirse sin fertilización, originando solo machos, mediante partenogénesis arrenotóxica (Byrne y Bellows 1991). Asimismo, el biotipo **B** tiene mayor tolerancia al frío que el biotipo **A**, lo cual le permite invadir zonas ubicadas a mayores altitudes y latitudes, así como soportar períodos adversos y recuperar sus poblaciones en forma rápida, posteriormente (Perring 1996).

En algunos casos, estas poblaciones tan elevadas permiten al insecto causar daños directos, por extracción de savia y debilitamiento de las plantas, así como indirectos (fumaginas) (Schuster *et al.* 1996), los cuales dependen tanto de la presencia de ninfas como de adultos. Sin embargo, para la rápida diseminación de los geminivirus no se requieren altas densidades de adultos. Por ejemplo, en Costa Rica es frecuente observar el 100% de las plantas infectadas con el virus

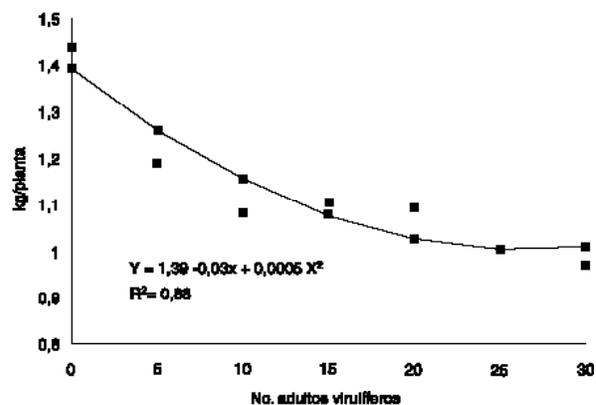
del moteado amarillo del tomate (ToYMoV) a pesar de las muy bajas densidades del vector; la menor cifra registrada hasta ahora es 0,3 adultos/planta, en promedio (Fig. 1) (Cubillo *et al.* 1999a).



**Figura 1.** Número de adultos de *B. tabaci* en una hoja superior de las plantas de tomate (a) e incidencia del moteado amarillo del tomate (ToYMoV) (b), en Guayabo de Turrialba, Costa Rica. (Fuente: Cubillo *et al.* 1999a).

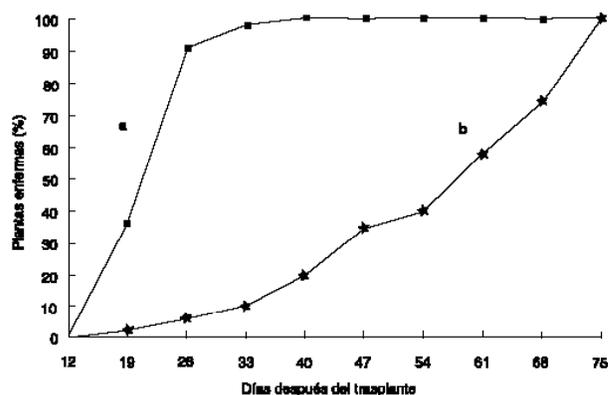
No obstante, para cuantificar el impacto de las enfermedades virales sobre los rendimientos, los valores de la incidencia se deben combinar con los de severidad, la cual por lo general se expresa más fuertemente en la estación seca, cuando las poblaciones del vector son más altas. Se ha determinado que al aumentar la densidad de adultos portadores (virulíferos), al menos hasta cierto valor (que depende de la edad a la cual la planta es inoculada), la severidad aumenta y el rendimiento decrece (Fig. 2); en este caso, a densidades iguales o superiores a 20 adultos por planta, el efecto de la enfermedad sobre el rendimiento es similar (Salazar *et al.* 1998).

La importancia de la proporción inicial de adultos virulíferos en el desarrollo de las epidemias se percibe claramente cuando se establece una nueva parcela cerca de campos viejos de tomate. En aquella, la tasa de la epidemia viral es muy abrupta desde el principio, en comparación con parcelas alejadas de campos viejos (Fig. 3), las cuales normalmente muestran un patrón más gradual, de tipo sigmoideo (Hilje *et al.* 1993a). Además de la mayor densidad inicial de adultos virulíferos, esta rápida tasa de infestación en las nuevas parcelas está relacionada con la edad de las plantas en el momento de ser inoculadas, pues éstas son más susceptibles al virus en las primeras semanas desde la emergencia (Acuña 1993).



**Figura 2.** Influencia de la densidad de adultos virulíferos de *B. tabaci* sobre el rendimiento del tomate (Fuente: Salazar *et al.* 1998).

Finalmente, la brevedad del ciclo de vida de *B. tabaci*, sus altas poblaciones, la partenogénesis facultativa y la gran plasticidad genética, explican la habilidad de este insecto para desarrollar resistencia a los insecticidas rápidamente. Por ejemplo, en Guatemala, en algodón, hasta 1987 *B. tabaci* desarrolló resistencia a 16 insecticidas de diferente origen químico, y alcanzó niveles de resistencia 900 veces mayores para la bifentrina y la cialotrina, y de 2000 veces para el quinalfós y la deltametrina (Dittrich *et al.* 1990).

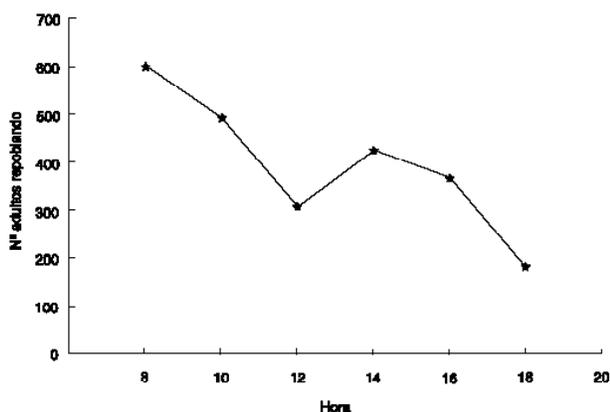


**Figura 3.** Contraste entre las curvas de epidemias del moteado amarillo del tomate (ToYMoV) en parcelas nuevas establecidas cerca (a) o lejos (b) de campos de tomate viejos, en Grecia y Turrialba (Costa Rica), respectivamente.

**Gran movilidad.** En las poblaciones de *B. tabaci* existen dos morfos en relación con el vuelo, uno migratorio y otro de vuelos “triviales” (Byrne y Houck 1990). El desplazamiento del primero depende de corrientes

de viento a grandes alturas, las cuales son aprovechadas por el insecto para colonizar campos lejanos (Byrne y von Bretzel 1987), hasta a 7 km desde su punto de origen (Cohen y Ben Joseph 1986), temprano por la mañana (Byrne y Blackmer 1996). En cambio, los vuelos cortos son continuos durante el día (Blackmer y Byrne 1993).

La celeridad con que los geminivirus son diseminados en Costa Rica, posiblemente obedece a los continuos movimientos de *B. tabaci* dentro de las parcelas de tomate, pues aunque los adultos muestran mayor actividad en horas tempranas, continúan volando durante todo el día (Fig. 4) (Arias y Hilje 1993a, Jovel *et al.* 2000a). Además, mediante el estudio del patrón de diseminación de la epidemia viral, se determinó que los adultos realizan vuelos muy cortos, sobre todo a lo largo de los surcos del cultivo (Jovel *et al.* 2000b).



**Figura 4.** Número total de adultos de *B. tabaci* repoblando 40 plantas de tomate, a intervalos de 2 h, durante horas diurnas, en 26 fechas de muestreo. Turrialba, Costa Rica. (Fuente: Jovel *et al.* 1999a).

**Amplio ámbito de hospedantes.** *B. tabaci* es muy polífaga, y en el plano mundial se le ha hallado en al menos 500 hospedantes (Greathead 1986). En América se le asocia con al menos 26 cultivos y 50 especies de plantas silvestres pertenecientes a 39 familias (Hilje 1995), aunque muestra preferencia por representantes de las familias Compositae, Solanaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae, Euphorbiaceae y Leguminosae. Sin embargo, el biotipo **B** además ataca cultivos que el **A** no afecta, entre los que sobresalen crucíferas como el repollo, coliflor y brócoli (*Brassica oleracea*), lechuga (*Lactuca sativa*, Compositae), cítricos (*Citrus spp.*, Rutaceae) y papaya (*Carica papaya*, Caricaceae) (Perring 1996).

En Costa Rica, los hospedantes del biotipo **A** comprenden tanto cultivos como plantas silvestres, con los cuales la relación puede ser completa (trófica y reproductiva) o parcial (solamente trófica). Se reproduce masivamente en el chile dulce (con números de hasta 50 ninfas y 80 adultos por hoja) y débilmente en frijol. Por el contrario, en el tomate los números típicos observados son de 0-2 ninfas y 1-6 adultos por hoja. En experimentos de preferencia, en el invernadero, los adultos eligieron, en orden descendente, al tabaco, berenjena, tomate, vainica, pepino y chile dulce (Hilje y Stansly 1998). En cuanto a plantas silvestres, se han hallado ninfas o adultos en 46 especies (Arias y Hilje 1993a, Rivas *et al.* 1995a, Jovel *et al.* 2000c), pero en ninguna se ha encontrado al ToYMoV, aunque en algunas se han detectado otros tipos de geminivirus (Rivas *et al.* 1995a, Jovel *et al.* 2000c).

**Alteraciones fitotóxicas.** Con la aparición del biotipo **B** se han descubierto y manifestado cuatro tipos de alteraciones fitotóxicas o síndromes (Schuster *et al.* 1990, Yokomi *et al.* 1990, Costa *et al.* 1993, Perring 1996, Shapiro 1996), los cuales pueden tener un impacto serio en los rendimientos. El **síndrome de la hoja plateada** se presenta en *Cucurbita* spp., e inicialmente las nervaduras se tornan blanquecinas o brillantes, y la hoja poco a poco adquiere una apariencia reticulada en el haz, hasta quedar totalmente plateada. El de la **maduración irregular** hace que el fruto de tomate muestre bandas amarillentas longitudinales y que los tejidos internos permanezcan blanquecinos, sin llenarse por completo. El **palidamiento del tallo en brócoli** y el **amarillamiento del follaje** en lechuga además provocan arrugamiento y pérdidas en el peso del follaje.

Estos cuatro síndromes son causados por sustancias toxicogénicas presentes en la saliva de las ninfas solamente, cuya naturaleza química y mecanismo de acción se desconocen (Shapiro 1996); son transportadas dentro de la planta, lejos de los puntos de alimentación de las ninfas. Desde el punto de vista práctico, una ventaja es su reversibilidad pues, al eliminar las ninfas, el tejido nuevo no resulta afectado.

**Asociación con geminivirus.** *B. tabaci* puede transmitir virus pertenecientes a varios grupos, como carlavirus, luteovirus, nepovirus, potyvirus y closterovirus (Brown 1994), pero sobresale por hacerlo ampliamente con los geminivirus, de los cuales transmite al me-

nos 50, mundialmente (Markham *et al.* 1996). Estos, por reproducirse en el floema, se pueden transportar rápidamente por toda una planta de tomate, resultando muy dañinos. No se propagan mediante semillas y no se reproducen dentro del vector, por lo que su transmisión es persistente-circulativa (Brown *et al.* 1996).

En América se han detectado geminivirus en algodón (*Gossypium hirsutum*, Malvaceae), calabaza (*Cucurbita* spp.), chile, lechuga, varias leguminosas, melón, okra (*Hibiscus esculentus*, Malvaceae), pepino, sandía y tomate (Brown 1994). No obstante, la situación es más compleja aún, pues un mismo cultivo puede ser afectado por varios geminivirus, en diferentes países o en diferentes zonas de un mismo país, como sucede con el tomate en América, donde es afectado por 17 geminivirus (Polston y Anderson 1997); además, a veces aparecen mezclados varios de ellos en una misma planta, originando complejas interacciones (Rivera-Bustamante 1995). De estos 17 virus, el ToYMoV se ha hallado solamente en Costa Rica hasta ahora (Polston y Anderson 1997), pero en años recientes se detectó la presencia del *Sinaloa tomato leaf curl virus* (STLCV) (Brown *et al.* 1999), el cual a veces aparece en infecciones mixtas con el ToYMoV (Karkashian *et al.* 1998).

### El manejo integrado de plagas

La premisa básica del MIP es que, por lo complejo que es enfrentar a las plagas, un solo método generalmente será insuficiente para tener el éxito deseado. A su vez, el MIP se sustenta en tres principios: *convivencia*, *prevención* y *sostenibilidad*, los cuales se pueden aplicar para el manejo de *B. tabaci*, ya sea como vector de geminivirus o como plaga directa.

A continuación se ilustra la aplicación de dichos principios para el tomate en Costa Rica, con base en el esquema de manejo sugerido por Hilje (1993). Sin embargo, varias de las ideas y prácticas discutidas aquí podrían aplicarse a otros cultivos presentes en América Latina y el Caribe.

En primer lugar, para lograr la *convivencia* con el insecto, es preciso aceptar que siempre estará presente, incluso causando daño y pérdidas. Pero lo clave es que, a pesar de esto, se puedan obtener rendimientos satisfactorios. Ello se puede alcanzar estableciendo y aplicando *cráterios de decisión*.

En el MIP es frecuente el concepto de *umbral económico* o *umbral de acción*, pero en el caso de *B.*

*tabaci* como vector, aunque inicialmente se trató de establecer un umbral (Rosset *et al.* 1990), los autores reconocieron que no tenía sentido hacerlo, por tratarse de un vector de geminivirus, que alcanza densidades muy altas, sobre todo en la estación seca; actualmente se sabe que bastan densidades muy bajas para que se infecten todas las plantas en una parcela (Fig. 1). En el caso de los síndromes causados por *B. tabaci*, en la actualidad en otros países se realiza investigación sobre umbrales de daño (Dr. Thomas Perring 2000, Universidad de California, com. pers.).

Otro tipo de criterio de decisión es la etapa fenológica durante la cual un cultivo es más susceptible a los geminivirus. En el caso del tomate, el efecto de varios geminivirus sobre el rendimiento (*período crítico*) comprende los primeros 50-60 días desde la emergencia de la planta (Franke *et al.* 1983, Acuña 1993, Schuster *et al.* 1996). Por tanto, las medidas de manejo se deben concentrar durante dicho intervalo, para retardar la epidemia viral, pues es imposible evitarla; así se ahorra dinero y se evita o reduce la contaminación mediante insecticidas.

En cuanto a la *prevención*, la situación es compleja debido a los bajos umbrales y a las altas poblaciones comúnmente observadas en el campo. Por tanto, lo clave sería eliminar los reservorios de insectos y de geminivirus, los cuales normalmente son los campos viejos de tomate (Fig. 3), debido a su extensión. Otras prácticas agrícolas preventivas son el establecimiento de períodos de veda y fechas de siembra estrictas, como se ha hecho con éxito en la República Dominicana (Alvarez y Abud-Antún 1995) y Florida (Dr. Philip Stansly 2000, Universidad de Florida, com. pers.). Además, sería deseable el desarrollo de cultivares resistentes o tolerantes a los geminivirus, en lo cual REDCAHOR (Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo en Hortalizas) promovió investigaciones en Mesoamérica y el Caribe, en años recientes. Otra posibilidad son las prácticas agrícolas y utilización de sustancias repelentes/disuasivas, acerca de las cuales se discutirá posteriormente.

Finalmente, la *sostenibilidad* alude a la conservación de la base de recursos naturales de una sociedad, su aprovechamiento económico, y la satisfacción de las necesidades humanas actuales y futuras (IICA 1991). Significa que los métodos de manejo, además de eficaces para combatir a las plagas, deben ser ambientalmente benignos y rentables económicamente. Dentro de la noción del MIP, por lo general se priori-

zan la utilización de cultivares resistentes, las prácticas agrícolas y el control biológico. En síntesis, dentro del enfoque del MIP, se trata de implementar métodos de-seablemente preventivos, y que sean ambiental y económicamente sostenibles, y en esto hay claros avances, los cuales se discuten a continuación.

### Avances en Costa Rica

En el plano mundial hay avances importantes para el manejo de los problemas causados por *B. tabaci* en el tomate, basados en la noción y prácticas del MIP (Cock 1986, Ohnesorge y Gerling 1986, Gerling 1990, Gerling y Mayer 1996). Sin embargo, algunas prácticas de utilidad potencial para enfrentar problemas de virosis, y que podrían funcionar bien para agricultores de escasos recursos, no han sido suficientemente investigadas ni promovidas.

Por tanto, a continuación se destacan y resumen los logros más relevantes del CATIE en Costa Rica, en cuanto a prácticas agrícolas y sustancias repelentes/disuasivas, orientados a desarrollar tecnologías eficientes y de bajo costo, asequibles para pequeños y medianos agricultores. De estos esfuerzos se ha omitido en forma deliberada el control biológico, debido a su escaso potencial para combatir a un insecto con umbrales de daño tan bajos.

**Producción de plántulas sin virus.** Para evitar la infección viral durante la primera mitad del período crítico, se han hecho intentos para desarrollar una tecnología de semilleros funcional y de bajo costo (Cubillo *et al.* 1994a, 1999b, Quirós *et al.* 1994, Rivas *et al.* 1994).

Consiste en utilizar recipientes que eviten el estrés del trasplante, como lo son los cartuchos de papel periódico colocados dentro de túneles cubiertos con malla fina, de poro (“mesh”) 50, como Tildenet IN50 o Biorete 20/10 (Fig. 5), durante los primeros 25-30 días desde la siembra (Cubillo *et al.* 1994a, 1999b). Así se obtienen plántulas sin virus y con buenas características agronómicas. Este método es barato y atractivo para los agricultores, pues cuesta unos US\$ 950/ha. Aunque el costo inicial de la malla es alto, como ésta es reutilizable por varias temporadas, los costos se reducen progresivamente; si, como se recomienda por sus fabricantes, la malla se utilizara seis veces, los costos totales se reducirían a US\$ 480/ha (Cubillo *et al.* 1999b).

**Coberturas al suelo.** Son una buena opción para la segunda mitad del período crítico, por 30 días desde el trasplante. Las coberturas inertes, especialmente las

plásticas, se utilizan a escala comercial en varios países, y contribuyen a reducir los problemas con *B. tabaci* (Csizinszky *et al.* 1995, Berlinger y Lebiush-Mordechi 1996). En Costa Rica, una cobertura de plástico plateado (plateado/negro, coextruido) colocada sobre la “cama” del cultivo, la cual actúa como repelente físico, permitió disminuir notoriamente la abundancia de adultos inmigrantes de *B. tabaci*, así como la incidencia y severidad del ToYMoV. En consecuencia, se lograron rendimientos de hasta 36 t/ha (los rendimientos normales de la var. Hayslip son de 21-35 t/ha) y ganancias netas de hasta US\$ 30347/ha.

Sin embargo, puesto que una de sus limitaciones es su eliminación, la cual causa contaminación ambiental, una opción son las coberturas vivas (Amador y Hilje 1993, Blanco y Hilje 1995, Hilje 2000). Estas posiblemente enmascaran las plantas de tomate, dificultando al vector su localización. Tienen varias ventajas, sobre todo para pequeños productores: menor costo, fácil disponibilidad, nula contaminación al eliminarlas, posible aporte de materia orgánica y nutrientes al suelo, así como de ingresos adicionales por la venta de sus productos. Las coberturas que sobresalieron fueron el maní forrajero (*Arachis pintoi*, Fabaceae) y el cinquillo (*Drymaria cordata*, Caryophyllaceae), las cuales dieron resultados análogos a los del plástico plateado, con rendimientos y ganancias netas, en promedio, de 22 t/ha y \$ 16000/ha, y de 17 t/ha y \$ 8000/ha, respectivamente (Hilje y Stansly 2001); no obstante, en ciertas parcelas los rendimientos fueron de hasta 40 y 36 t/ha, respectivamente.

Una desventaja de dichas coberturas es su lento establecimiento y, en ciertos casos, la dificultad inicial de crecer a pleno sol. Por tanto, para evitar este problema, se evaluó al culantro (*Coriandrum sativum*, Apiaceae) (Fig. 6), y sus resultados fueron muy positivos. Sus efectos biológicos fueron similares a los de las otras coberturas, y sus rendimientos y ganancias netas fueron de 19 t/ha y \$ 10000/ha, en promedio (Hilje y Stansly 2001), aunque en una parcela los rendimientos fueron de hasta 25 t/ha. Además, sus ganancias netas pueden incrementarse mucho (US\$ 15000/ha), al vender el culantro, como se ha hecho en estos experimentos, efectuados en campos de agricultores (Cubillo *et al.* 1999a, Hilje y Stansly 2001).

No obstante, cabe indicar que el manejo del vector mediante coberturas vivas o de plástico plateado no funcionó bien bajo una presión de inóculo viral exagerada, en algunas parcelas. Esto indica que cual-

quier táctica de manejo aplicada a nivel de finca debería ser suplementada con prácticas preventivas de carácter regional, tales como las fechas de siembra y las vedas, como se ha hecho en otros países.

**Cultivos trampa.** También podrían ser una buena opción para la segunda mitad del período crítico. Esta práctica se basa en el enfoque de distracción, que consiste en sembrar hospedantes (cultivos o plantas silvestres) que sean más atractivas que el tomate, para que el insecto se dirija hacia ellos. En Costa Rica se ha experimentado con la vainica (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae), la berenjena (*Solanum melongena*, Solanaceae) y el tabaco (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae), que son hospedantes preferidos por el biotipo presente en dicho país (Hilje y Stansly 2001).

El cultivo trampa ha sido establecido ya sea en surcos intercalados o en los costados por donde predomina el viento, y tratado con insecticidas sistémicos o con hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*), pero los resultados no son concluyentes (Arias y Hilje 1993b, Peralta y Hilje 1993, Hilje y Stansly 2001). Estos resultados en general coinciden con los observados en el plano mundial, al evaluar varias asociaciones en cultivos como yuca, frijol, algodón y melón (Hilje *et al.* 2001b). En todo caso, una limitante para implementar esta tecnología sería la complicación logística de manejar dos o más cultivos en forma simultánea.

**Vigor de las plantas.** A partir de información anecdótica acerca del uso de las podas sanitarias, combinadas con la fertilización, para aminorar el daño de plantas de tomate infectadas por geminivirus (Ing. Nelson Kopper 1994, MAG, Costa Rica, com. pers.), Suazo (1995) evaluó la combinación de podas con fertilizantes foliares, pero sus resultados no fueron concluyentes. En realidad, sería difícil que las podas *per se* contribuyeran a atenuar el daño al eliminarse el tejido enfermo, pues los geminivirus se transportan rápidamente por toda la planta. En el caso del tomate, lo hacen en apenas 24 h después de inoculados y, además, se desplazan hacia los tejidos nuevos (Rivas *et al.* 1995b).

Sin embargo, en condiciones de invernadero, se demostró que mediante la fertilización alta en fósforo fue posible atenuar el impacto del ToYMoV sobre los rendimientos; sobresalieron los tratamientos de 400-1800-300 y 400-1800-900 (N-P-K) (en t/ha), con 1124 y 1162 g/planta (15 y 24 t/ha, respectivamente) (Padilla 1995). A partir de esta información, en años recientes se ha promovido ampliamente la utilización de aplicaciones foliares de fósforo en tomate en la región de Los Santos, en Panamá, con resultados muy positivos (Moreno 2000, Vázquez 2000). No obstante, esta es una práctica que aún amerita investigación, para optimizar su utilización.

**Repelentes/disuasivos.** El empleo de este tipo de sustancias es una buena posibilidad para evitar que el



**Figura 5.** Túnel de malla fina (poro 50) para producir plántulas de tomate sanas.



**Figura 6.** Cobertura viva de culantro, la cual dificulta la localización de las plantas de tomate por parte de *B. tabaci*.

vector haga contacto con el cultivo e inocule los geminivirus. Un repelente es una sustancia que provoca reacciones de alejamiento en el insecto, mientras que un disuasivo inhibe algún tipo de actividad (alimentación u oviposición) una vez que el insecto ha sido atraído. No obstante, es difícil distinguir el efecto repelente y el disuasivo de la alimentación (fagodisuasivo) experimentalmente, los cuales podrían tener consecuencias muy diferentes en cuanto a la transmisión de geminivirus por parte de *B. tabaci*, pues en el primer caso no habría posibilidad de inocular los geminivirus, mientras que en el segundo caso sí la habría.

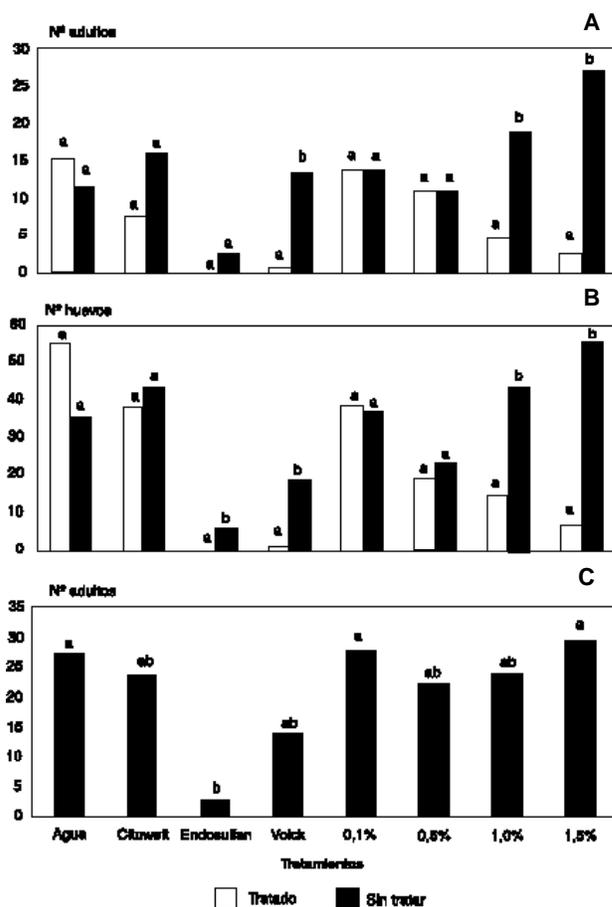
Aunque se ha documentado o sugerido que varias sustancias (insecticidas convencionales, aceites minerales y vegetales, y extractos vegetales) pueden repeler o disuadir a *B. tabaci* o a otros Aleyrodidae, la información disponible es incierta, pues generalmente las sustancias se han evaluado en forma individual, lo cual impide hacer comparaciones. En general, las evaluaciones de productos comerciales, sobre todo de aceites minerales, han aportado información contradictoria o fragmentaria.

En teoría, sería esperable hallar repelencia o fagodisuasión en extractos de plantas silvestres, por lo que hasta ahora en Costa Rica se han evaluado dichos efectos en más de 50 extractos, incluyendo productos comerciales de origen vegetal y unos 30 extractos crudos provenientes de follaje, semillas, bulbos, botones florales, frutos y aceites esenciales (Gómez *et al.* 1997a, 1997b, Cubillo *et al.* 1994b, 1997, 1999c). Estos se seleccionaron según referencias anecdóticas de agricultores, así como por su poca o nula afinidad taxonómica con los hospedantes más frecuentes de *B. tabaci* (Greathead 1986), y se prepararon a partir de una mezcla con etanol y agua, según los protocolos de extracción empleados en el laboratorio del Centro de Investigaciones en Productos Naturales (CIPRONA, Universidad de Costa Rica).

Dichos extractos incluyen al ajo (*Allium sativum*, Alliaceae), apazote (*Chenopodium ambrosioides*, Chenopodiaceae), cardamomo (*Elettaria cardamomum*, Zingiberaceae), canavalia (*Canavalia ensiformis*, Fabaceae), cebolla (*Allium cepa*, Alliaceae), ciprés (*Cupressus lusitanica*, Cupressaceae), chile muelo (*Drymis granatensis*, Winteraceae), chile picante (*Capsicum frutescens*, Solanaceae), clavo de olor (*Syzygium aromaticum*, Myrtaceae), culantro de castilla (*Coriandrum sativum*, Apiaceae), culantro coyote (*Eryngium foetidum*, Umbelliferae), eucalipto

(*Eucalyptus deglupta*, Myrtaceae), flor de muerto (*Tagetes jalisciensis* y *T. microglossa*), gaviolana (*Neurolaena lobata*, Compositae), higuillo (*Piper aduncum*, Piperaceae), hombre grande (*Quassia amara*, Simaroubaceae), indio desnudo (*Bursera simaruba*, Burseraceae), jamaica (*Pimenta dioica*, Myrtaceae), lima (*Citrus limetta*, Rutaceae), madero negro (*Gliricidia sepium*, Fabaceae), menta (*Satureja rimiria*, Labiatae), orégano (*Lippia graveolens*, Lamiaceae), ruda (*Ruta chalepensis*, Rutaceae), sorosí (*Momordica charantia*, Cucurbitaceae), tacaco cimarrón (*Sechium pittieri*, Cucurbitaceae) y zacate limón (*Cymbopogon citratus*, Poaceae).

Hasta ahora, unos diez de éstos han mostrado efectos promisorios, en experimentos realizados en el invernadero. Entre ellos destacan el madero negro, tacaco cimarrón, apazote, sorosí y hombre grande (Hilje y Stansly 2001). Por ejemplo, el madero negro cau-



**Figura 7.** Número promedio de adultos de *B. tabaci* posados (A) y de huevos depositados (B) a las 48 h de aplicado el extracto de madero negro (*G. sepium*), así como el número de adultos muertos (C) en ese intervalo. Los promedios seguidos por una misma letra no difieren estadísticamente ( $P=0,05$ ).

só fago y/o ovidisuasión a una dosis de 1,0% (v/v) (volumen/volumen) (Fig. 7), con una tendencia similar a la del tratamiento testigo repelente (Volck 100 Neutral), cuyo efecto repelente se había determinado previamente (Hilje y Stansly 1999). Esto se concluye de los menores números de adultos posados y de huevos depositados en las plantas tratadas con cada extracto, así como de que la cantidad de adultos vivos hasta las 48 h después de aplicados los extractos no difirió del testigo absoluto (agua) ni del agente tensoactivo (Citowett), pero sí del insecticida utilizado (endosulfán).

Esto podría ser interesante en la búsqueda de repelentes y disuasivos, los cuales podrían utilizarse de manera rústica, especialmente en fincas de pequeños productores. Pero, también podrían dar origen a insecticidas con nuevos modos de acción, como sucede actualmente con el imidacloprid y con varios reguladores del crecimiento, como la buprofezina y el piriproxifén (Horowitz y Ishaaya 1996). No obstante, para garantizar su eficiencia se deberían utilizar dentro de la noción del MIP, en combinación con prácticas agrícolas y otros métodos ambientalmente benignos.

## Síntesis

El programa de investigación aquí reseñado muestra que es posible realizar aportes enmarcados en los principios de convivencia, prevención y sostenibilidad, con *B. tabaci* como vector de geminivirus, al priorizar como criterio de decisión el período crítico del tomate a los geminivirus y concentrar en él los méto-

dos de manejo.

Dichos métodos tienen una connotación de tipo preventivo, para evitar o minimizar el contacto entre el vector y la planta, y retardar así la epidemia viral. Asimismo, algunos de ellos (semilleros cubiertos y coberturas vivas) han demostrado ser eficaces, inocuos desde los puntos de vista ambiental y de salud humana, y rentables en términos económicos, mientras que otros (cultivos trampa, fertilización y repelentes) son promisorios. Todos ellos tienen el potencial de ser incorporados en sistemas agrícolas sostenibles de bajos insumos, incluyendo los de producción orgánica.

No obstante, cualesquiera de estos métodos (Cuadro 1) deben aún ser validados en parcelas comerciales, junto con otras opciones de MIP, para determinar su grado de aceptación, mejoramiento y adopción por parte de los pequeños y medianos agricultores hacia quienes están dirigidos. Al respecto, en Costa Rica también ha habido valiosas experiencias en técnicas metodológicas pertinentes, incluyendo las de investigación participativa (Quirós *et al.* 1994, Pérez *et al.* 1997), de potencial utilidad para valorar dichas etapas en el proceso de la transferencia de las tecnologías de MIP, y actualmente varias de las prácticas aquí descritas se están validando con éxito en las zonas de Grecia y Guayabo de Turrialba (Hilje *et al.* 2001c).

## Agradecimientos

A quienes han hecho posible la concreción de este programa de investigación, y en particular a nuestros estudiantes (Rafael Arias, Ricardo Amador, Jorge Blanco, Paul Gómez, Juan Jovel,

**Cuadro 1.** Opciones de manejo de mosca blanca-geminivirus en Costa Rica, derivadas de las investigaciones promovidas por el CATIE.

Método	Grado de desarrollo
Semilleros cubiertos	4
Coberturas vivas	3
Maní forrajero ( <i>Arachis pintoii</i> , Fabaceae)	
Cinquillo ( <i>Drymaria cordata</i> , Caryophyllaceae)	
Culantro ( <i>Coriandrum sativum</i> , Apiaceae)	
Cultivos trampa	2
Vainica ( <i>Phaseolus vulgaris</i> , Fabaceae)	
Berenjena ( <i>Solanum melongena</i> , Solanaceae)	
Tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> , Solanaceae)	
Fertilización	2
Repelentes/disuasivos	2

Grado de desarrollo: nulo (1), incipiente (2), experimentación en el campo (3), exitoso en el campo (4)

Mauricio Mejía, Jeannette Montenegro, Mario Padilla, Leslie Peralta, Osvaldo Pérez, Carlos A. Quirós, Galileo Rivas, Pilar Suazo y Vladimir Villalba), asistentes (Douglas Cubillo, Manuel Carballo, Guido Sanabria, Alfonso Chacón, Arturo Ramírez y Rodrigo Granados) y colaboradores en el CATIE (Gustavo Calvo, Octavio Ramírez, Christoph Kleinn, Bernal Valverde, Pedro Oñoro, Donald Kass, Andrea Schlönvoigt, Kees Prins, Vera Sánchez y Jeffrey Jones) y fuera de éste (Philip A. Stansly, Universidad de Florida).

Asimismo, a nuestros colaboradores de la Universidad de Costa Rica (Pilar Ramírez, Gerardo Mora, Marco V. Gutiérrez y Floria Bertsch), de la Universidad Nacional (Víctor Cartín) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería (Nelson Kopper, José Luis Campos, Luis Segura, Luis Barrantes, Rodolfo Morales, Oscar Mario Castro y Minor Saborío), y a los agricultores de Grecia y Guayabo de Turrialba con los que hemos trabajado en estos años.

## Literatura citada

- Acuña, W. 1993. Efecto de la infección de un geminivirus sobre el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*) a diferentes estadios de desarrollo de la planta. Tesis Lic. Agr. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico. 73 p.
- Alvarez, P.; Abud-Antun, A. 1995. Reporte de República Dominicana. In Taller Latinoamericano sobre Moscas Bancas y Geminivirus (4, 1995, Tegucigalpa, Honduras). Memoria. Caballero, R.; Pitty, A. Ed. Ceiba (Honduras) 36(1):39-47.
- Amador, R.; Hilje, L. 1993. Efecto de coberturas vivas e inertes sobre la atracción de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius), al tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:14-21.
- Arias, R.; Hilje, L. 1993a. Actividad diaria de los adultos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el tomate y hospedantes alternos del insecto. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 28:20-25.
- Arias, R.; Hilje, L. 1993b. Uso del frijol como cultivo trampa y de un aceite agrícola para disminuir la incidencia de virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 27:27-35.
- Bellows, TS Jr; Perring, TM; Gill, RJ; Headrick, DH. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). Annals of the Entomological Society of America 87: 195-206.
- Bethke, JA; Paine, TD; Nuessly, GS. 1991. Comparative biology, morphometrics, and development of two populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton and poinsettia. Annals of the Entomological Society of America 84:407-411.
- Berlinger, MJ; Lebiush-Mordechi, S. 1996. Physical methods for the control of *Bemisia*. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT Ed. United Kingdom, Intercept. p. 617-634.
- Blackmer, JL; Byrne, DN. 1993. Environmental and physiological factors influencing phototactic flight of *Bemisia tabaci*. Physiological Entomology 18:336-342.
- Blanco, J; Hilje, L. 1995. Efecto de coberturas al suelo sobre la abundancia de *Bemisia tabaci* y la incidencia de virosis en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 35: 1-10.
- Brown, JK; Bird, J. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and the Caribbean Basin: Past and present. Plant Disease 76: 220-225.
- Brown, JK. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. In Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Hilje, L; Arboleda, O. Ed. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205.66 p.
- Brown, JK. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agroecosystems worldwide. FAO Plant Protection Bulletin 42(1-2): 3-32.
- Brown, JK; Bedford, ID; Bird, J; Costa, HS; Frohlich, DR; Markham, PG. 1995. Characterization and distribution of esterase electromorphs in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). Biochemical Genetics 33:205-213.
- Brown, JK; Bird, J; Frohlich, DR; Rosell, RC; Bedford, ID; Markham, PG. 1996. The relevance of variability within the *Bemisia tabaci* species complex to epidemics caused by subgroup III geminiviruses. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 77-89.
- Brown, JK; Rivas-Platero, GG; Castro, MO; Bustamante, E. 1999. Diagnóstico del *Sinaloa Tomato Leaf Curl Virus* (STLCV) en Costa Rica. In Semana Científica (4, 1999, Turrialba, Costa Rica). Actas. CATIE. p. 89-92.
- Byrne, DN; Von Bretzel, PK. 1987. Similarity in flight activity rhythms in coexisting species of Aleyrodidae, *Bemisia tabaci* (Gennadius) and *Trialeurodes abutilonea* (Haldeman). Entomologia Experimentalis et Applicata 43:215-219.
- Byrne, DN; Houck, MA. 1990. Morphometric identification of wing polymorphism in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Annals of the Entomological Society of America 83: 487-493.
- Byrne, DN; Bellows, TS Jr. 1991. Whitefly biology. Annual Review of Entomology 36:431-457.
- Byrne, DN; Blackmer, JL. 1996. Examination of short-range migration by *Bemisia tabaci*. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 17-28.
- Cock, MJW. Ed. 1986. *Bemisia tabaci*- A literature survey. Silwood Park, UK. CAB Intl. Inst. Biol. Control. 121 p.
- Cohen, S; Ben Joseph, R. 1986. Preliminary studies of the distribution of whiteflies (*Bemisia tabaci*), using fluorescent dust to mark insects. Phytoparasitica 14:152-153.
- Costa, HS; Ullman, DE; Johnson, MW; Tabashnik, BE. 1993. Association between *Bemisia tabaci* density and reduced growth, yellowing, and stem blanching of lettuce and kai choy. Plant Disease 77(10):969-972.
- Csizszsky, AA; Schuster, DJ; Kring, JB. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. Journal of the American Society of Horticultural Science 120(5):778-784.
- Cubillo, D; Chacón, A; Hilje, L. 1994a. Producción de plántulas de tomate sin geminivirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 34:23-27.
- Cubillo, D; Larriva, W; Quijije, R; Chacón, A; Hilje, L. 1994b. Evaluación de la repelencia de varias sustancias sobre la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 33:26-28.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1997. Mortalidad de adultos de *Bemisia tabaci* con extractos de hombre grande (*Quassia amara*). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 45:25-29.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1999a. Eficacia de coberturas

- vivas para el manejo de *Bemisia tabaci* como vector de geminivirus, en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 51:10-20.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1999b. Evaluación de recipientes y mallas para el manejo de *Bemisia tabaci* mediante semilleros cubiertos, en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 51:29-35.
- Cubillo, D; Sanabria, G; Hilje, L. 1999c. Evaluación de la repelencia y mortalidad causada por insecticidas blandos y extractos vegetales sobre *Bemisia tabaci*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 53:65-71.
- DeBarro, P.J; Driver, F. 1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). Australian Journal of Entomology. 36:149-152.
- Dittrich, V; Uk, S; Ernst, G.H. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. In Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. Gerling, D. Ed. New Castle, UK. Athanaeum Press. p. 263-285.
- Eichelkraut, K; Cardona, C. 1989. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol común. Turrialba (Costa Rica) 39(1):55-62.
- Franke, G; Van Balen, L; Debrot, E. 1983. Efecto de la época de infección por el mosaico amarillo sobre el rendimiento del tomate. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (Venezuela) 6(2):741-743.
- Gerling, D. Ed. 1990. Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. New Castle, UK. Athanaeum Press. 348 p.
- Gerling, D; Mayer, R.T. Ed. 1996. *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. United Kingdom, Intercept. 702 p.
- Gómez, P; Cubillo, D; Mora, G.A; Hilje, L. 1997a. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: I. Productos comerciales. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 46:9-16.
- Gómez, P; Cubillo, D; Mora, G.A; Hilje, L. 1997b. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: II. Extractos vegetales. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 46:17-25.
- Greathead, A.H. 1986. Host plants. In *Bemisia tabaci*- A literature survey. Cock, M.J.W. Ed. Silwood Park. UK, CAB Intl. Inst. Biol. Control. p. 17-26.
- Hilje, L. 1993. Un esquema conceptual para el manejo integrado de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo del tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:51-57.
- Hilje, L; Arboleda, O. 1993. Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. 66 p.
- Hilje, L; Cubillo, D; Segura, L. 1993a. Observaciones ecológicas sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 30:24-30.
- Hilje, L; Lastra, R; Zoebisch, T; Calvo, G; Segura, L; Barrantes, L; Alpizar, D; Amador, R. 1993b. Las moscas blancas en Costa Rica. In Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. Hilje, L; Arboleda, O. Ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 205. 66 p.
- Hilje, L. 1995. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamérica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 35: 46-54.
- Hilje, L. 1996. Introducción. In Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Hilje, L. Ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 37. p. VII-XV.
- Hilje, L; Stansly, P.A. 1998. Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes. First Annual Progress Report. Turrialba, Costa Rica, CATIE, U.S. Department of Agriculture (USDA). 49 p.
- Hilje, L; Stansly, P.A. 1999. Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes. Second Annual Progress Report. U.S. Turrialba, Costa Rica, CATIE Department of Agriculture (USDA). 98 p.
- Hilje, L. 2000. Use of living ground covers for the managing whitefly *Bemisia tabaci* as a geminivirus vector in tomatoes. In Proceedings British Crop Protection Council- Pest & Diseases (2000, Brighton, United Kingdom). v.1. p. 167-170.
- Hilje, L; Stansly, P.A. 2001. Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes. Final Report. U.S. Turrialba, Costa Rica, CATIE Department of Agriculture (USDA). 132 p.
- Hilje, L; Ramírez, P; Sibaja, G; Morales, F.J; Anderson, P.K. 2001a. Inventario de biotipos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y de geminivirus en Costa Rica. (En preparación).
- Hilje, L; Costa, H.S; Stansly, P.A. 2001b. Cultural practices for managing whiteflies and associated viral diseases. Crop Protection (En prensa).
- Hilje, L; Kass, D; Prins, K; Schlönvoigt, A; Carballo, M; Sánchez, V; Jones, J; Sanabria, G; Granados, R; Castro, O.M; Del Valle, G. 2001c. Validación de tecnologías para el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate, mediante investigación participativa. In Taller Iberoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus (10, 2001, Varadero, Cuba). Resúmenes. p. 224.
- Horowitz, A.R; Ishaaya, I. 1996. Chemical control of *Bemisia*- Management and applications. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, R.T. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 537-556.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 1991. Bases para una agenda de trabajo para el desarrollo agropecuario sostenible. Serie Documentos de Programas No. 25. IICA. San José, Costa Rica. 64 p.
- Ioannou, N. Ed. 1997. Management of the whitefly-virus complex. Rome, Italy, FAO Plant Production and Protection Paper No. 143.
- Jovel, J; Kleinn, C; Cartín, V; Valverde, B; Hilje, L. 2000a. Movimientos diarios de *Bemisia tabaci* en parcelas de tomate, en Turrialba, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 55:49-55.
- Jovel, J; Kleinn, C; Ramírez, P; Hilje, L. 2000b. Distribución espacio-temporal del virus del moteado amarillo (ToYMoV) en parcelas de tomate, en Turrialba, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 57:35-44.
- Jovel, J; Ramírez, P; Valverde, B; Hilje, L. 2000c. Determinación de las fuentes de inóculo del moteado amarillo del tomate (ToYMoV), en Guayabo, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 54:20-26.
- Karkashian, J.P; Nakhla, M.K; Maxwell, D.P; Hilje, L; Ramírez, P. 1998. Enhanced symptom severity in mixed infections of two tomato-infecting geminiviruses in Costa Rica. In Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus (7, 1998, Managua, Nicaragua). p. 204.
- Markham, P.G; Bedford, I.D; Liu, S; Frohlich, D.R; Rosell, R; Brown, J.K. 1996. The transmission of geminiviruses by biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius). In *Bemisia* 1995:

- Taxonomy, biology, damage, control and management. Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 69-75.
- Moreno, A. 2000. El uso del fósforo monoamónico como alternativa para minimizar el efecto de geminivirus en tomate industrial. *In* Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Panamá. Panamá. p. 79.
- Ohnesorge, B; Gerling, D. Ed. 1986. *Bemisia tabaci*- Ecology and control. Special issue. Agriculture, Ecosystems and Environment 17:1-152.
- Padilla, MR. 1995. Reducción de la severidad del mosaico amarillo del tomate mediante fertilización al suelo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 88 p.
- Peralta, L; Hilje, L. 1993. Un intento de control de *Bemisia tabaci* con insecticidas sistémicos incorporados a la vainica como cultivo trampa, más aplicaciones de aceite en el tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 30:21-23.
- Pérez, O; Ramírez, O; Hilje, L; Karremans, J. 1997. Potencial de adopción de dos opciones tecnológicas de manejo integrado de plagas (MIP), aplicando tres técnicas de extensión con productores de tomate en el Valle Central Occidental, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 43: 19-30.
- Perring, TM. 1996. Biological differences of two species of *Bemisia* that contribute to adaptive advantage. *In Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management.* Gerling, D; Mayer, R.T. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 1-16.
- Polston, JE; Anderson, PK. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. *Plant Disease* 81(12): 1358- 1369.
- Quirós, CA; Ramírez, O; Hilje, L. 1994. Participación de los agricultores en adaptar y evaluar tecnologías de semilleros contra la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), en tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 34:1-7.
- Rivas, GG; Lastra, R; Hilje, L. 1994. Retardo de la virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate, mediante semilleros cubiertos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 31:12-16.
- Rivas, G; Ramírez, P; Cubillo, D; Hilje, L. 1995a. Detección de virus en plantas silvestres asociadas con el tomate y chile dulce en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 38:37-39.
- Rivas, G; Ramírez, P; Cubillo, D; Hilje, L. 1995b. Translocación y cuantificación de geminivirus asociados con el mosaico amarillo del tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 38:20-24.
- Rivera-Bustamante, R. 1995. Recombinación de geminivirus y sus implicaciones en la agricultura. *In* Taller Latinoamericano sobre Moscas Blancas y Geminivirus (4, 1995, Tegucigalpa, Honduras). Memoria. Caballero, R; Pitty, A. Ed. Ceiba (Honduras) 36(1):99-102.
- Rosset, P; Meneses, R; Lastra, R; González, W. 1990. Estimación de pérdidas e identificación del geminivirus transmitido al tomate por la mosca blanca *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 15:24-34.
- Salas, J; Mendoza, O. 1995. Biology of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. *Florida Entomologist* 78(1): 154-160.
- Salazar, E; Cubillo, D; Ramírez, P; Rivas, G; Hilje, L. 1998. Severidad del moteado amarillo del tomate y reducción del rendimiento del cultivo en respuesta a la densidad de adultos virulíferos de *Bemisia tabaci*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 50:42-50.
- Schuster, DJ; Mueller, TF; Kring, JB; Price, JF. 1990. Relationship of the sweetpotato whitefly to a new tomato fruit disorder in Florida. *HortScience* 25(12):1618-1620.
- Schuster, DJ; Stansly, PA; Polston, JE. 1996. Expressions of plant damage of *Bemisia*. *In Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage control and management.* Gerling, D; Mayer, RT. Ed. Hants, UK, Andover. p. 153-165.
- Shapiro, JP. 1996. Insect-plant interactions and expression of disorders induced by the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *In Bemisia 1995: Taxonomy, biology, damage, control and management.* Gerling, D; Mayer, RT. Ed. United Kingdom, Intercept. p. 167-177.
- Suazo, PE. 1995. Efecto de podas y fertilización sobre la severidad del mosaico amarillo del tomate. Tesis Mag. Sci. Turrialba. Costa Rica, CATIE. 84 p.
- Vázquez, LL. 2000. Informe final de consultoría. Transferencia de tecnologías de manejo integrado de plagas en hortalizas con énfasis en mosca blanca. Proyecto FAO/TCP-/PAN/8922. s.p.
- Yokomi, RK; Hoelmer, KA; Osborne, LS. 1990. Relationship between the sweetpotato whitefly and the squash silverleaf disorder. *Phytopathology* 80(10):895-900.