



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



EXPERIENCIAS

Dificultades metodológicas en la selección de cultivos trampa para el manejo del complejo *Bemisia tabaci*-virus en tomate

Methodological Constrains in Selecting Trap Crops for Managing the *Bemisia tabaci*-virus Complex in Tomatoes

Luko Hilje^a y Philip A. Stansly^b

^a Profesor Emérito. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. luko@ice.co.cr

^b Profesor. University of Florida-IFAS, Southwest Florida Research & Education Center (SWFREC). Immokalee, Florida 34142. pstansly@ufl.edu

Director y Editor:

Dr. Sergio A. Molina-Murillo

Consejo Editorial:

Dra. Mónica Araya, Costa Rica Limpia, Costa Rica

Dr. Gerardo Ávalos-Rodríguez. SFS y UCR, USA y Costa Rica

Dr. Manuel Guariguata. CIFOR-Perú

Dr. Luko Hilje, CATIE, Costa Rica

Dr. Arturo Sánchez Azofoifa. Universidad de Alberta-Canadá

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas

Editorial:

Editorial de la Universidad Nacional de Costa Rica (EUNA)



Los artículos publicados se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada del artículo, siempre y cuando se mencione la fuente y autoría de la obra.



EXPERIENCIAS

Dificultades metodológicas en la selección de cultivos trampa para el manejo del complejo *Bemisia tabaci*-virus en tomate

Methodological Constrains in Selecting Trap Crops for Managing the *Bemisia tabaci*-virus Complex in Tomatoes

Luko Hilje ^a y Philip A. Stansly ^b

Resumen

Se describe la evolución de una metodología para la evaluación de cultivos trampa para el manejo de *Bemisia tabaci* (biotipo A) como vector de virus en tomate, en Costa Rica. Se evaluaron la vainica (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae), tabaco (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae) y berenjena (*Solanum melongena*, Solanaceae). Aunque los tres cultivos redujeron el impacto del Tomato yellow mottled virus (ToYMoV) sobre los rendimientos, el tabaco y la berenjena fueron superiores. No obstante, la extrapolación de estos resultados a condiciones comerciales es compleja, como también lo demuestran las experiencias mundiales, por varias razones que son discutidas.

Palabras clave: Berenjena, Costa Rica, tabaco, vainica, virus.

Abstract

A methodology for evaluating trap crops for managing *Bemisia tabaci* (biotype A) as a virus vector in tomato, in Costa Rica, is described. Green beans (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae), tobacco (*Nicotiana tabacum*, Solanaceae) and eggplant (*Solanum melongena*, Solanaceae) reduced the impact of the Tomato yellow mottled virus (ToYMoV) on yields, but tobacco and eggplant performed best. Nevertheless, extrapolating our findings to commercial scale is not straightforward, as has also been shown by other studies, due to a number of reasons that are discussed.

Key words: Costa Rica, eggplant, green beans, tobacco, viruses.

1. Introducción

La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) es una seria plaga de varios cultivos anuales (melón, sandía, pepino, tomate, chile dulce, chile picante, berenjena, soya, frijol, algodón, etc.), especialmente en las regiones tropicales y subtropicales, donde puede actuar de manera directa, por sus desmesuradas poblaciones, o como vector de varios tipos de virus (Anderson y Morales, 2005). Hacia el final del decenio de 1980 este problema fitosanitario empezó a manifestarse de manera grave en América Central y el Caribe, así como en otras zonas del continente, con muy serias pérdidas económicas para los agricultores.

^a Profesor Emérito. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. luko@ice.co.cr

^b Profesor. University of Florida-IFAS, Southwest Florida Research & Education Center (SWFREC). Immokalee, Florida 34142. pstansly@ufl.edu



Por tanto, en su condición de organismo regional, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) debió responder con celeridad, para lo cual promovió el *Plan de Acción Regional para el Manejo de las Moscas Blancas*, como se narra con detalle en Hilje (1998). Dicho plan, cooperativo y multinacional, se fundamentó en la noción y las prácticas del manejo integrado de plagas (MIP), reconocida hoy como la mejor alternativa frente al uso calendarizado y desmedido de insecticidas, que tantos efectos adversos provoca en el ambiente y la salud.

Sin embargo, en el caso particular de los sistemas hortícolas tropicales, la aplicación del MIP se complica, porque la alta rentabilidad de sus productos, así como su corta temporada de producción, permiten a los agricultores recuperar con prontitud la inversión realizada, y entonces optan por utilizar insecticidas, algunos bastante caros. Entre ellos sobresalen varios neonicotinoides y reguladores del crecimiento, cuyos novedosos modos de acción han permitido a los agricultores enfrentar al complejo *B. tabaci*-virus de manera satisfactoria.

No obstante, la experiencia mundial ha demostrado que dicho complejo es muy dinámico y hasta impredecible, sobre todo por la gran capacidad de dispersión y la notable plasticidad genética de ambos miembros de ese binomio, que incluye al menos 30 biotipos o razas del insecto -indistinguibles a simple vista-, y un número aún indeterminado de especies de virus, sobre todo de la familia Geminiviridae.

En el caso de Costa Rica, hasta hace pocos años predominaba el biotipo A, aunque ya había ingresado el B (Morales et al., 2005), pero hoy también se ha detectado el biotipo Q (Hernández, Guevara, Vargas y Ramírez., 2014), que se ha extendido gradualmente por el país. Asimismo, en cuanto a los virus, en dicho cultivo predominaban el Tomato yellow mottle virus (ToYMoV) y el *Tomato leaf curl Sinaloa virus* (TLCSiV) (Morales et al., 2005), pero desde 2012 se ha detectado el *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) (Barboza, Blanco-Meneses, Hallwass, Moriones y Inoue-Nagata, 2014); aquí se utiliza su nombre en inglés, debido a los acuerdos internacionales de nomenclatura de virus (Brown et al., 2015).

Este último virus, de origen israelí y con varias cepas que se han diseminado por los trópicos del mundo entero (Lefeuve et al., 2010), causa aborto floral, por lo que impacta muy seriamente la producción comercial de tomate. En Costa Rica, hasta hoy se ha extendido por varias zonas productoras, tanto del Valle Central como de la región occidental del país, y ha provocado considerables pérdidas, lo cual ha incrementado los precios de manera exagerada. Por ejemplo, favorecido por las altas poblaciones de su vector en la estación seca, el daño del TYLCV provocó que, en apenas un mes, el valor de un kilo de tomate aumentara de ₡ 1500 a ₡ 2600 (de \$ 2,6 a \$ 4,7), según lo revelara la prensa a fines de enero de 2017 (Repretel, 2017); ahí se le llama virus de la cuchara, debido a la forma algo cóncava de las hojas, como consecuencia de la infección del virus.

Es de esperar que esta situación se prolongue y se agrave aún más, para lo cual el uso calendarizado de insecticidas caros no será una solución duradera, y menos aún, sostenible en términos ambientales ni económicos.

Por ello se hace necesario y hasta urgente buscar opciones de manejo de carácter preventivo y no contaminante, como algunas prácticas agrícolas de eficacia demostrada, o al menos promisorias (Hilje, Costa y Stansly, 2001). Por ejemplo, en Costa Rica en el pasado se avanzó en la investigación e implementación del manejo de semilleros, coberturas al suelo y cultivos trampa (Hilje, 2001).



Ante la crisis actual, nos ha parecido oportuno rescatar el acervo de conocimientos referido al desarrollo de una tecnología basada en cultivos trampa, para el manejo del complejo *B. tabaci*-virus en parcelas de pequeños productores, especialmente; dicha táctica ha recibido amplia atención en el campo entomológico, como lo revelan las revisiones de Hokkanen (1991) y Shelton y Badenes-Perez (2006). Su fundamento biológico es la “distracción” o desvío del insecto plaga hacia un cultivo de importancia secundaria o nula para el agricultor, sembrado de manera deliberada con esa intención.

Por tanto, en el presente artículo se resumen y discuten las experiencias asociadas con los problemas metodológicos enfrentados durante nuestra búsqueda de una tecnología que permita desviar la atención de *B. tabaci* como vector, hacia un cultivo deseablemente no susceptible a los virus que porta consigo, así como más atractivo que el cultivo principal, es decir, el que el agricultor desea proteger.

Es pertinente indicar que todos estos esfuerzos de investigación se realizaron cuando el biotipo A era el que predominaba en Costa Rica (Morales *et al.*, 2005). Hasta el año 2017, la distribución de este y los biotipos B y Q permanece desconocida, por el alto costo y esfuerzos que demandaría una investigación como esta.

2. Primeros acercamientos

En aquel entonces, nuestro interés en esta cuestión surgió al enterarnos de que en Nicaragua, gracias a colegas del Proyecto MIP-CATIE/NORAD, en campos de agricultores se habían efectuado pruebas preliminares mediante metodologías de investigación participativa (Staver, 2002). En dichos experimentos se evaluó la vainica (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae) como cultivo trampa asociado con el tomate, con resultados alentadores para el manejo de *B. tabaci*. Asimismo, la posterior búsqueda de literatura nos reveló cuán poco se había investigado al respecto en el plano mundial; sobresalían los aportes de Al-Musa (1982) en Jordania.

Como en esa época el CATIE desarrollaba un proyecto de validación de tecnologías para el manejo integrado de plagas en el cantón de Grecia, la principal zona productora de tomate de Costa Rica, se decidió incorporar la vainica como cultivo trampa dentro del tomate; en dicha zona, éste comúnmente se siembra dentro de cafetales, cuando el café es fuertemente podado o renovado. En efecto, al intercalar vainica con el tomate, se observó que los adultos de *B. tabaci* preferían la vainica (Calvo *et al.*, 1994), confirmándose así lo documentado previamente en Nicaragua.

Logrado esto, lo que procedía era darle sustento experimental a estos hallazgos. Así, el primer experimento formal, efectuado en Grecia (Arias y Hilje, 1993), consistió en evaluar dos variedades de vainica (Labrador y Morgan, con diferente tonalidad de follaje, una verde claro y la otra verde oscuro, respectivamente), asociadas con el tomate (en “policultivo”) (Figura 1A); en ambos casos, un tratamiento incluyó la aplicación de un aceite mineral (Volck 100 Neutral) al tomate, para que repeliera o disuadiera a los adultos de *B. tabaci* y los indujera a establecerse y permanecer en la vainica.

Como resultado de este experimento, en el que se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con siete tratamientos, en unidades experimentales de 5 m de longitud y cuatro surcos de ancho, se validó la función de la vainica como cultivo trampa; además, los tratamientos con menor



número de adultos fueron los policultivos con aplicaciones de aceite, así como el monocultivo más aceite, mientras que el testigo absoluto y el del productor presentaron los mayores números. No obstante, los rendimientos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, quizás porque aquellos con aceite fueron afectados por aplicaciones posteriores de aceite realizadas en la misma parcela, para estudiar su efecto sobre lepidópteros (Noctuidae) que afectan al tomate.

Estos resultados fueron estimulantes, pero también algo preocupantes. Cabe indicar que en Costa Rica entonces el tomate se sembraba en forma directa, sin trasplante, y dada la brevedad del ciclo de la vainica, se consideró que podría ser contraproducente asociar la vainica pues, al ser cosechada ésta, en su ausencia los adultos se trasladarían de inmediato al tomate; además, el tomate reclutaría todos los nuevos adultos que ingresaran a las parcelas durante un largo período.

Por tanto, para que tuviera sentido la utilización de un cultivo trampa, debería ser dentro del esquema de manejo preventivo del complejo *B. tabaci*-virus, en lo que el primer autor había avanzado entonces (Hilje, 1993). En síntesis, este esquema se basaba en que el impacto de los virus sobre el rendimiento del tomate es mayor en los primeros dos meses del desarrollo de la planta (período crítico), por lo que se debería evitar o minimizar la posibilidad de contacto entre el vector y la planta en ese intervalo. Inicialmente (en los primeros 22 días) esto podría lograrse mediante semilleros cubiertos con malla fina y después con coberturas (vivas o inertes), un cultivo trampa, u otras prácticas agrícolas.

En este nuevo contexto, sería necesario que la vainica fuera tratada con algún insecticida sistémico, para que atrajera y matara a los adultos, y así actuara como un sumidero. Por tanto, el segundo experimento formal, efectuado en Alajuela (en la Estación Experimental Fabio Baudrit, de la Universidad de Costa Rica) consistió en evaluar un esquema en el cual se intercalaron surcos de vainica tratados con un insecticida sistémico (imidacloprid o carbofurán) en una parcela de tomate (Peralta y Hilje, 1993) (Figura 1B); además, las plantas de tomate fueron asperjadas con el aceite mineral Volck 100 Neutral, para que disuadiera a los adultos de *B. tabaci* y los forzara a trasladarse hacia la vainica, y entonces murieran allí.



Figura 1. Disposición espacial de la vainica como cultivo trampa asociado con el tomate, en varias fases de la experimentación: como hileras individuales (A), como bloques intercalados (B), y como un bloque en dos costados de la parcela (C)

En realidad, este experimento no fue lo exitoso que se esperaba, pues el tipo de diseño (de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones) lo impidió; las combinaciones posibles de factores (tomate, vainica, aceite mineral, imidacloprid y carbofurán) dieron origen a ocho



tratamientos. Debido a la distribución de los tratamientos en tal diseño (**Figura 2**), todas las unidades experimentales (de 7,2 m de ancho, incluyendo los surcos dobles de vainica a ambos lados, y 5 m de longitud) fueron afectadas por la presencia del cultivo trampa, lo que impidió observar diferencias entre los tratamientos. No obstante, los números de adultos fueron sumamente bajos en comparación con los observados en experimentos vecinos -de otros estudiantes nuestros-, en los cuales se evaluaban otros métodos de combate, lo cual sugería que, en efecto, los surcos de vainica actuaron como un sumidero, pero para la totalidad de la parcela y no para las unidades experimentales de interés nuestro.

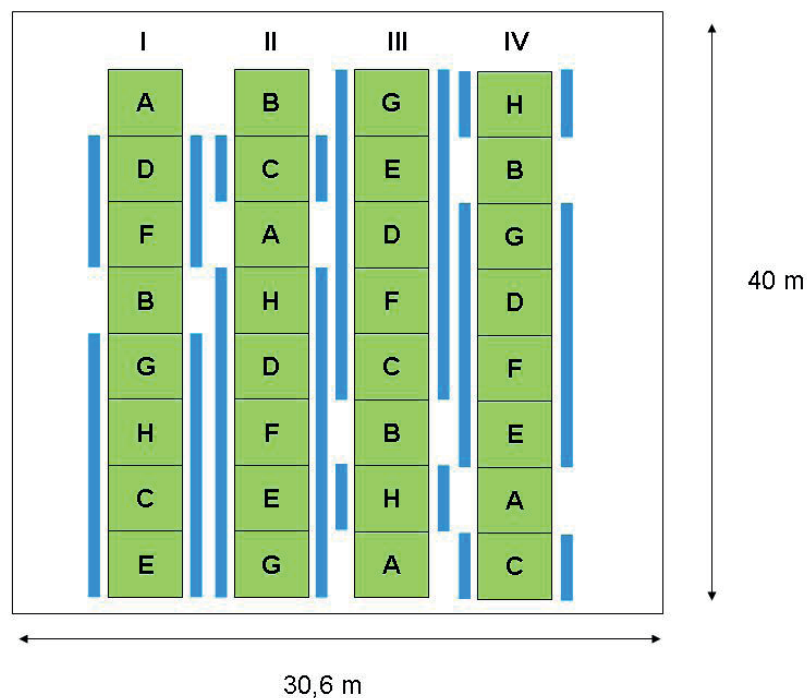


Figura 2. Esquema de un diseño de bloques completos al azar, con ocho tratamientos (A-H), para tomate asociado con la vainica como cultivo trampa (barras azules), tratado con insecticidas granulados

La principal lección aprendida de esta experiencia fue que, para un insecto tanta movilidad diaria como *B. tabaci*, (Jovel, Kleinn, Cartín, Valverde y Hilje, 2000), el uso de un diseño convencional no permite discriminar entre tratamientos. Por tanto, para experimentos que implican un alto riesgo de interferencia entre los tratamientos, es necesario utilizar otros diseños, sin sacrificar la rigurosidad científica.

Una opción para aumentar el contraste entre los tratamientos fue establecer parcelas grandes (de 130 m²), pareadas, una con el cultivo trampa y la otra con el testigo, separadas por una barrera de maíz, para así reducir las interferencias (**Figura 3**); esto se hizo en campos de agricultores de la Colonia Agrícola de Guayabo, en Turrialba. Asimismo, se sembró el cultivo trampa (vainica)



en la parcela respectiva, pero solamente en los costados donde predominaba el viento, en forma de escuadra o L (**Figura 1C**), para tratar optimizar su función de retener a los adultos de *B. tabaci* inmigrantes, que dependen fuertemente del viento para desplazarse (Blackmer y Byrne, 1993). Este tipo de experimento tenía una ventaja adicional, al ser establecido en campos de agricultores, pues permitiría acelerar los procesos de generación y transferencia de tecnologías, al servir como parcelas demostrativas o “vitrinas” dónde mostrar logros y organizar días de campo con agricultores.



Figura 3. Esquema de parcelas de tomate pareadas, para comparar dos tratamientos (cultivo trampa promisorio versus testigo)

Sin embargo, lamentablemente, este esfuerzo se malogró debido a la falta de sincronización -por problemas climáticos y logísticos- del trasplante del tomate con la siembra del cultivo trampa, de modo tal que, cuando las plántulas de tomate se trasplantaron, ya la vainica tenía el follaje bastante sazón, y se tornó poco atractivo para los adultos de *B. tabaci*. La falta de financiamiento permitió establecer tan solo una parcela, e impidió dar seguimiento a esta idea.

3. Mayor experimentación

Por fortuna, entre 1997 y 1999 pudimos implementar el proyecto *Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes*, financiado por el Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA); los recursos financieros disponibles permitieron contar con parcelas grandes y suficientes repeticiones de cada tratamiento, para así aumentar la solidez científica de los eventuales hallazgos.

Se decidió trabajar en dos localidades contrastantes en términos agroclimáticos (Hilje y Stansly, 2001): Guayabo (Turrialba) está a 840 m, en la vertiente del Caribe, que es muy húmeda y poco o nada estacional, mientras que Santa Gertrudis (Grecia) está a 1074 m, en la vertiente del Pacífico, con marcada estacionalidad climática, y donde se concentra la mayor producción de tomate en Costa Rica.



En vez de trabajar en una estación experimental, se decidió hacerlo en fincas de agricultores, por las razones antes anotadas. Dada la imposibilidad de conseguir cuatro parcelas grandes (de al menos 1500 m²) para ser establecidas de manera simultánea, se trató de hacer repeticiones en el espacio y el tiempo, mediante un diseño de bloques completos al azar.

El primer experimento, que consistió en una sola réplica (es decir, la primera repetición del experimento total), se estableció en Guayabo, en una parcela de 1500 m² subdividida en cinco unidades experimentales (tratamientos) de 300 m² cada una (**Figura 4**). Se evaluaron los siguientes cinco tratamientos, de tomate rodeado por: 1. tabaco; 2. tabaco + imidacloprid; 3. vainica; 4. vainica + imidacloprid; y 5. testigo (tomate sin cultivo trampa).

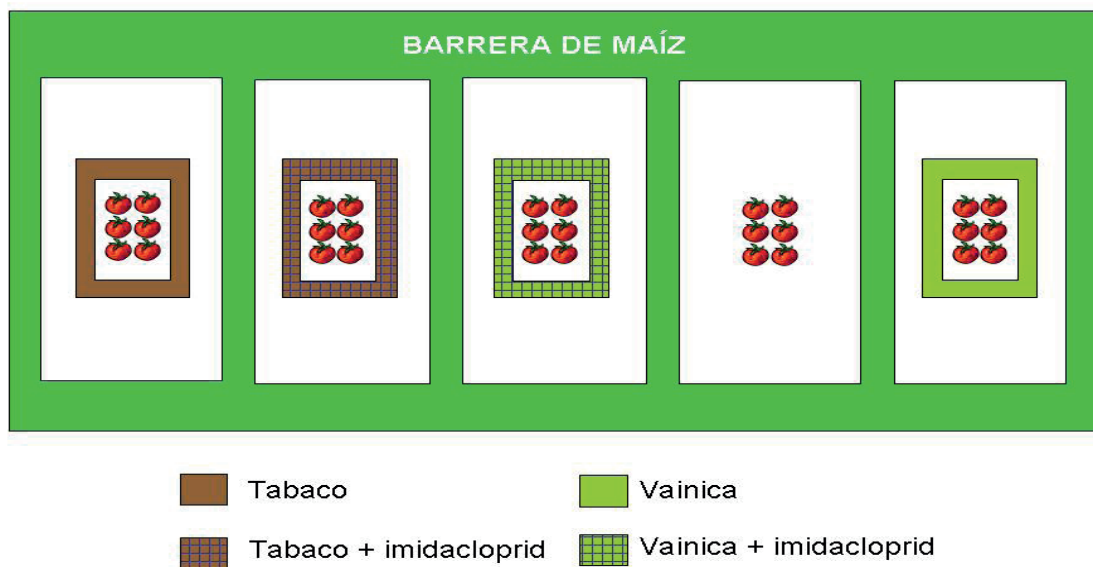


Figura 4. Esquema del experimento inicial (en Turrialba), con cinco tratamientos, para evaluar el tabaco y la vainica como cultivos trampa. Cada unidad experimental (parcela de tomate) está representada por un rectángulo blanco, mientras que los frutos de tomate en el centro representan las plantas de tomate traídas del invernadero y enfermas por virus

En este caso, la idea era garantizar que todos los tratamientos estuvieran igualmente expuestos a una presión equivalente del vector y del ToYMoV, por lo que deberían estar algo aislados de la presión natural de inóculo en la zona. Por tanto, se sembró una hilera doble de maíz como barrera en todo el perímetro de la parcela, así como entre las unidades experimentales, manteniendo un espacio de 0,5 m entre los bordes de cada parcela de tomate y la barrera.

Por su parte, para contar con una fuente de inóculo homogénea, se utilizaron seis macetas por tratamiento, cada una con una planta de tomate (var. Hayslip), que habían sido colocadas dentro del invernadero del CATIE donde se mantenía la colonia de *B. tabaci*, de modo que estaban fuertemente infestadas por ninfas, de las cuales los adultos pronto emergerían. Se



llevaron al campo cuatro días después del trasplante del tomate, cuyas plántulas habían sido producidas en cartuchos de papel colocados dentro de micro-túneles cubiertos con la malla fina Tildenet IN50 (Cubillo, Sanabria y Hilje, 1999).

Los cultivos trampa fueron el tabaco (*Nicotiana tabacum* var. Jaltepec) y vainica (var. Provider), que habían demostrado ser buenos candidatos en condiciones de invernadero (Hilje y Stansly, 2001), y se sembraron alrededor de la fuente de inóculo dos semanas antes del trasplante del tomate; hubo 16 plantas de tabaco y de 16 macetas que contenían 2-3 plantas de vainica cada una (Figura 5). El imidacloprid (Confidor 70 WG; Bayer) se aplicó al cultivo trampa así: una aplicación foliar a la dosis recomendada (9 g/ 40 m² de superficie de semillero), tres días antes del



trasplante, y dos aplicaciones al cuello de la planta (250 g/ha) dos y cuatro semanas después.

Figura 5. Detalle de la manera en que se sembraron el tabaco (A) y la vainica (B) alrededor de la fuente de inóculo (tomate colonizado por *B. tabaci*), para evaluarlos como cultivos trampa. Nótese alrededor el tomate recién trasplantado

En realidad, esta metodología no funcionó, por dos factores. En primer lugar, la barrera de maíz no impidió el ingreso de los adultos de *B. tabaci* desde los alrededores de la parcela, lo cual se reflejó en la pronta aparición de plantas enfermas cerca de los bordes de la parcela. En segundo lugar, la presión de inóculo fue excesivamente alta, al punto de que ninguno de los cultivos trampa pudo retener y matar los adultos antes de que pudieran infectar las plantas de tomate.

Es decir, los adultos virulíferos provenientes de las macetas con plantas de tomate quizás se desplazaron sin dificultad hacia el cultivo y lo afectaron seriamente, de modo que no hubo diferencias entre los tratamientos en ninguna de las cuatro variables evaluadas: abundancia de adultos, incidencia y severidad de la enfermedad viral, y rendimientos. Estos fueron muy bajos, de 11-15 t/ha, dependiendo del tratamiento; los registros para la variedad utilizada (Hayslip) correspondían a 21-35 t/ha en Costa Rica.

A pesar del fracaso con la metodología utilizada, al comparar entre sí los datos de las parcelas no tratadas con el imidacloprid, fue muy evidente que los números de adultos fueron superiores en las plantas de tabaco que en las de vainica, lo cual confirmó los resultados obtenidos en el invernadero, donde se observó que el tabaco es tres veces más atractivo que la vainica (Hilje y Stansly, 2001).

Estos resultados nos llevaron a modificar la metodología, para no impedir el ingreso de los



adultos de *B. tabaci* a la parcela, así como para evaluar un diseño de parcela que se pareciera más al que los agricultores podrían adoptar eventualmente. Por tanto, se mantuvo una hilera doble de maíz como barrera únicamente entre las unidades experimentales, para permitir el flujo de viento y favorecer así el ingreso de los adultos (**Figura 6**).

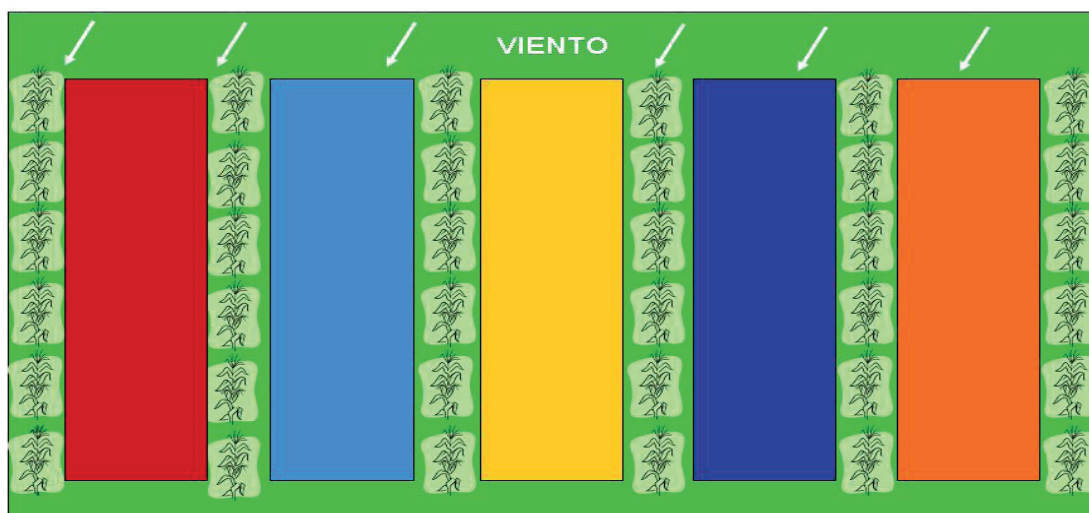


Figura 6. Esquema del experimento final, con cinco tratamientos (descritos en el texto por diferentes colores), para evaluar el tabaco, la vainica y la berenjena como cultivos trampa, los cuales se sembraron alrededor de cada unidad experimental

Además, se evaluó la berenjena (*Solanum melongena*) como cultivo trampa, por ser el segundo cultivo más gustado en nuestros experimentos de invernadero, así como por referencias orales, de otros países. También se consideró el hecho de que en Costa Rica el tabaco tiene restricciones de siembra en zonas plantadas con solanáceas, debido al hongo denominado moho azul (*Peronospora tabacina*).

Puesto que la maya, *Ralstonia* (antes *Pseudomonas*) *solanacearum*, causó problemas en un sector de la parcela en Guayabo, y ya había una seria historia de exposición a esta bacteria en años anteriores, se decidió concentrar todos los experimentos en Grecia, los cuales se efectuaron en tres períodos (tres réplicas en 1999 y una en 2000). Los cultivos trampa fueron el tabaco (var. Jaltepec), vainica (var. Opus) y berenjena (var. Black Beauty). Cada parcela de tomate (de 1500 m²) se subdividió en cinco unidades experimentales (de 300 m² cada una), en las que se evaluaron los siguientes cinco tratamientos: 1. tabaco + imidacloprid; 2. vainica + imidacloprid; 3. berenjena + imidacloprid; 4. tomate + imidacloprid; y 5. testigo (tomate sin tratar).

Los cultivos trampa se sembraron alrededor de cada unidad experimental, a 0,5 m del borde de la parcela de tomate, lo cual se hizo dos meses antes del trasplante del tomate, para el tabaco y la berenjena, y dos semanas antes para la vainica. El imidacloprid (Confidor 70 WG; Bayer) se aplicó al follaje de cada cultivo trampa (el equivalente de 250 g/ha) el mismo día del trasplante del tomate, más dos aplicaciones al cuello de la planta (250 g/ha) dos y cuatro semanas después.



Para el tratamiento 4, el imidacloprid se aplicó al follaje del tomate a la dosis recomendada (9 g/40 m² de superficie de semillero), tres días antes del trasplante, y dos aplicaciones al cuello de la planta (250 g/ha) dos y cuatro semanas después.

En cuanto a los resultados, los números de adultos fueron siempre mayores en el testigo y menores en el tomate tratado con imidacloprid, en tanto que en el tomate asociado con los cultivos trampa los valores fueron intermedios, sin una tendencia definida a favor de uno u otro (Figura 7). Esto se reflejó de manera congruente en la incidencia y los niveles de severidad de la enfermedad viral (Figuras 8 y 9).

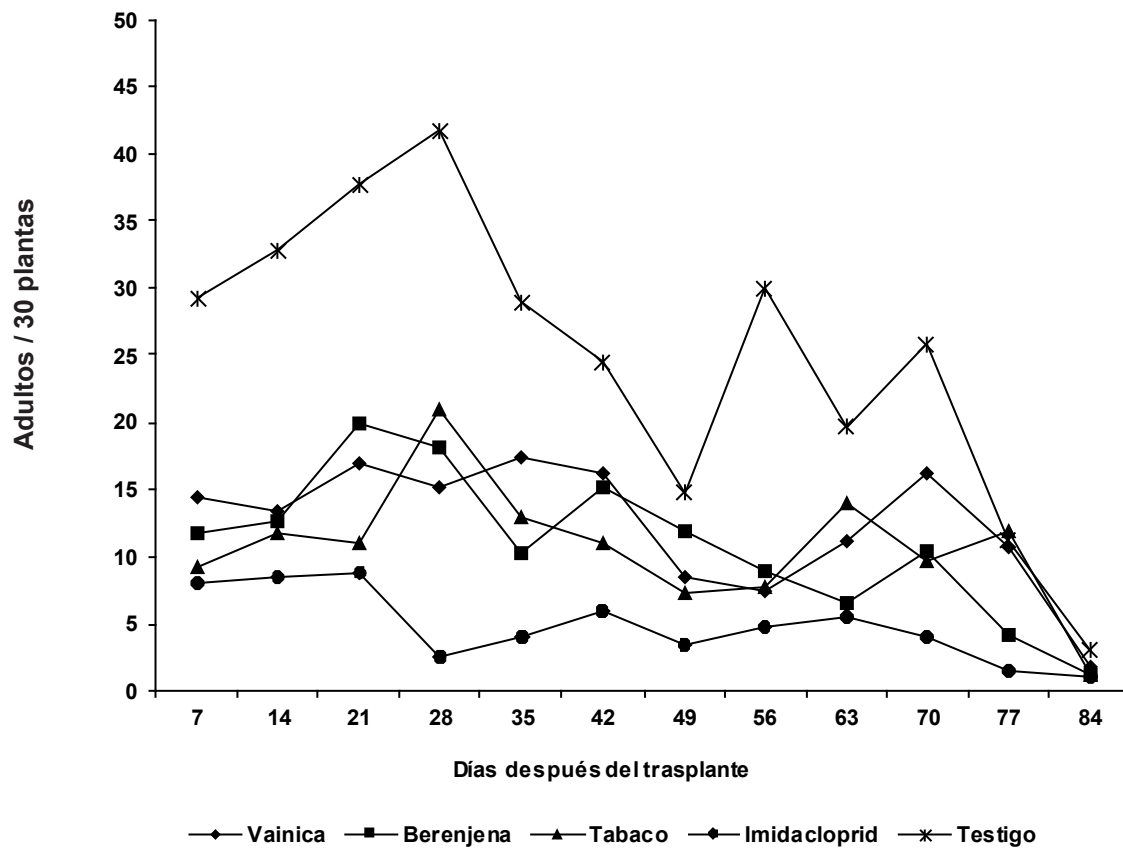


Figura 7. Número total de adultos de *B. tabaci* en las plantas de tomate asociadas con cada uno de los tres cultivos trampa evaluados en Grecia, Costa Rica

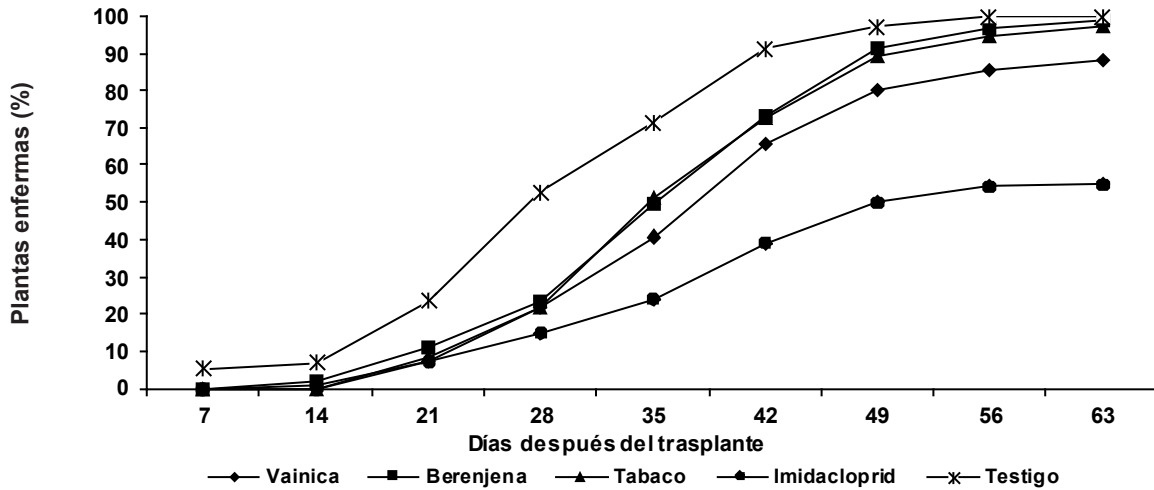


Figura 8. Porcentaje de incidencia de *B. tabaci* en las plantas de tomate asociadas con cada uno de los tres cultivos trampa evaluados en Grecia, Costa Rica

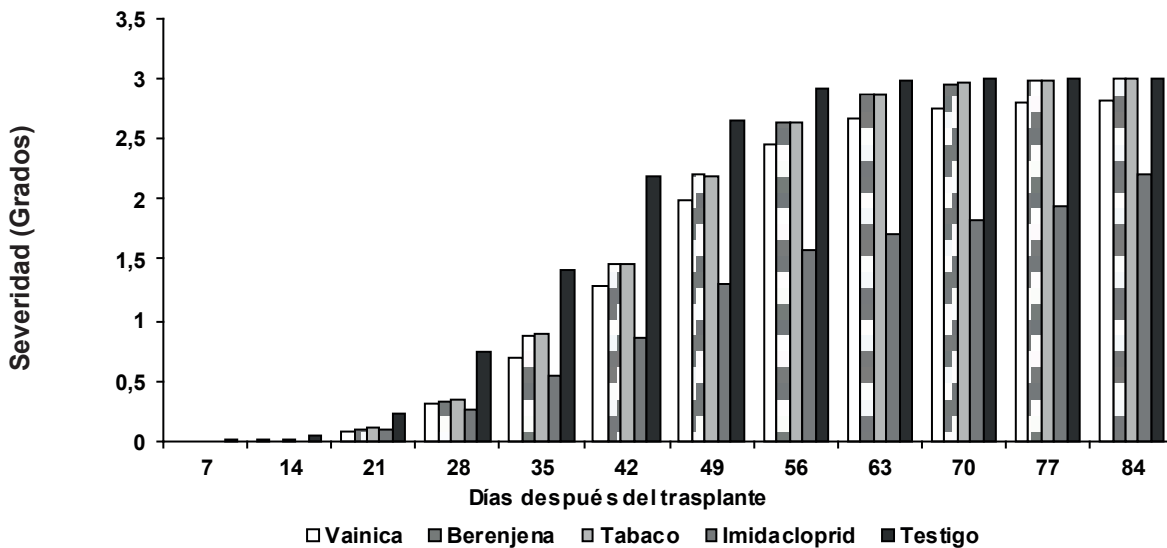


Figura 9. Severidad de la enfermedad causada por el ToYMoV en las plantas de tomate asociadas con cada uno de los tres cultivos trampa evaluados en Grecia, Costa Rica



Todo esto indica que los tres cultivos trampa funcionaron bien en reducir el impacto del ToYMoV sobre los rendimientos, que fueron bastante satisfactorios, de 31, 29,6 y 27 t/ha para la berenjena, tabaco y vainica, respectivamente, en tanto que en el imidacloprid fue de 39 t/ha y en el testigo de 26 t/ha; este último valor fue bastante alto, y podría explicarse por la protección inicial aportada por los semilleros cubiertos con malla, lo cual sería válido para todos los tratamientos. Cabe indicar que los beneficios netos de cada tratamiento (expresados por hectárea) correspondieron, en orden decreciente, a: imidacloprid (US\$ 35.148), berenjena, (\$ 29.597), tabaco (\$ 27.887), vainica (\$ 24.500) y el testigo (\$ 23.712); no se contabilizaron los ingresos del cultivo trampa, pues sus productos no se comercializaron, por varias razones.

Aunque estos datos sugieren que la berenjena sería el mejor cultivo trampa, en realidad los números de adultos de *B. tabaci* en los cultivos trampa no mostraron tendencias muy definidas, aunque por lo general fueron mayores en el tabaco, ya tarde en la temporada del cultivo, quizás debido al mayor tamaño que las de vainica y berenjena, y a que permanecen suculentas por un período más prolongado. Este hallazgo es sustentado por los datos obtenidos en el invernadero, donde se observó que el tabaco es dos y tres veces más atractivo que la berenjena y la vainica, respectivamente (Hilje y Stansly, 2001).

4. Consideraciones finales

Como se nota, evaluar cultivos trampa en el campo no es una labor sencilla, por diversas razones y, aunque la última metodología empleada pareciera ser la más satisfactoria, también tiene varios inconvenientes. Ello explicaría por qué las experiencias mundiales con cultivos trampa no son muy estimulantes.

Por una parte, se ha experimentado relativamente poco en tal sentido, como lo documentaron Hilje *et al.* (2001). Las asociaciones evaluadas, y sobre las que se ha publicado formalmente hasta ahora, incluyen maíz, caupí y maní intercalados con yuca (Ahohuendo y Sarkar, 1995; Fargette y Fauquet, 1988); melón con algodón (Castle, 2006); calabaza con arveja (Smith, Koenig, McAuslane y McSorley, 2000); berenjena con el frijol común (Smith y McSorley, 2000); y calabaza con tomate (Schuster, 2004). Además, hay numerosas referencias anecdóticas acerca ya sea de cultivos o de plantas silvestres, utilizadas como cultivos trampa (Ioannou, 1997).

No obstante, ninguna se ha aplicado a escala comercial, exceptuando la investigada en Jordania (Al-Musa, 1982), donde se logró una reducción sustancial en la incidencia de la enfermedad causada por el virus TYLCV -recién ingresado a Costa Rica- al sembrar hileras de pepino (*Cucumis sativus*) intercaladas con el tomate, un mes antes de trasplantar éste; el pepino fue atomizado con un insecticida antes de su senescencia, para evitar el movimiento masivo de adultos de *B. tabaci* hacia el tomate. Esta táctica se continuaba utilizando ampliamente en Sudán y varios países del Medio Oriente (Ioannu 1997), aunque desconocemos su estado actual.

En nuestro caso, en términos prácticos, los resultados del experimento realizado en Grecia, que se asemejan a lo que podría obtenerse en los campos de pequeños agricultores, no se pueden extrapolar de manera mecánica a las condiciones de otros sistemas productivos. Por ejemplo, si una parcela comercial de tomate estuviera completamente rodeada por un cultivo trampa, entre más grande la parcela, menor sería la probabilidad de que el cultivo trampa pudiera atraer,



retener y matar los adultos de *B. tabaci*, antes de que pudieran infectar las plantas de tomate con determinado virus.

Ante esta situación, una opción podría ser intercalar el cultivo trampa dentro de la parcela de tomate, pero esto debería incluir otras consideraciones, relacionadas con el uso del terreno, al tener que sustituir hileras de tomate por las del cultivo trampa. Ello implicaría sacrificar parte de la producción de tomate, pero también complicar la logística de su manejo agronómico, debiéndose atender dos cultivos con diferentes ciclos de vida y fenología. Es decir, esto se justificaría si y solo esta táctica de manejo fuera realmente rentable.

Pero, además, el cultivo trampa debería reunir otras características, como la de mantenerse suficientemente atractivo durante el período crítico del tomate a los virus; la atracción podría perderse debido tanto a la madurez o senescencia del cultivo, como a un fuerte ataque de la plaga. En otros casos, salvo que fuera removido oportunamente, incluso podría convertirse en una fuente de la plaga, lo que ameritaría aplicaciones adicionales de insecticidas.

En síntesis, tanto la experimentación como la utilización de cultivos trampa en el campo, implican notorias dificultades y, en algunos cultivos y con otras plagas, ha demostrado ser funcional (Hokkanen, 1991; Shelton y Badenes-Perez, 2006). Por tanto, aún en el caso del manejo del complejo *B. tabaci*-virus, el empleo de esta táctica no debe descartarse por completo. Por ejemplo, podría ser funcional en otros sistemas productivos, como la producción de tomate y otras hortalizas en ambientes protegidos (Hilje, 2014), donde el cultivo trampa podría sembrarse alrededor de los invernaderos y ser tratado con un insecticida sistémico o, deseablemente, con un micoinsecticida, para que los adultos de *B. tabaci* que se aproximen a esas estructuras sean atraídos y mueran en el cultivo trampa.

5. Agradecimientos

A Rafael A. Arias, Leslie Peralta, Douglas Cubillo (†), Jorge Blanco, Edgar Rojas, Manuel Carballo, Guido Sanabria, Claudio Arroyo y Arturo Ramírez (CATIE), por su apoyo en el trabajo de campo o en los análisis estadísticos. A Nelson Kopper (MAG), por su apoyo logístico, así como a los agricultores José Fabio Rojas y Aurelio Marín, colaboradores en Guayabo y Grecia, respectivamente. Al CATIE y al Departamento de Agricultura de los EE.UU. (proyecto FG-CR-108, CS-AES-7), por el financiamiento de la mayor parte de esta investigación en aquellos años.

6. Referencias

- Ahohuendo, B.C. & Sarkar, S. (1995). Partial control of the spread of African Cassava Mosaic Virus in Benin by intercropping. *Journal of Plant Diseases and Protection* 102(3), 249-256. doi: <https://doi.org/10.1094/PD-66-561>
- Al-Musa, A. (1982). Incidence, economic importance, and control of Tomato Yellow Leaf Curl in Jordan. *Plant Disease* 66(7), 561-563.
- Anderson, PK & Morales, FJ (eds.). (2005). Whitefly and whitefly-borne viruses in the tropics: Building a knowledge base for global action. Publication 341. Colombia: CIAT.



- Arias, R. & Hilje, L. (1993). 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* 27, 27-35.
- Barboza, N., Blanco-Meneses, M., Hallwass, M., Moriones, E. & Inoue-Nagata A.K. (2014). First report of *Tomato yellow leaf curl virus* in tomato in Costa Rica. *Disease Notes* 98(5), 699.
- Blackmer, J.L. & Byrne, D.N. (1993). Environmental and physiological factors influencing phototactic flight of *Bemisia tabaci*. *Physiological Entomology* 18, 336-342. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1993.tb00606.x>
- Brown, J.K., Zerbini, F.M., Navas-Castillo, J., Moriones, E., Ramos-Sobrinho, R., Silva, J.C.F., Fiallo-Olivé, E., Briddon, R.W., Hernández-Zepeda, C., Idris, A., Malathi, V.G., Martin, D.P., Ribera-Bustamante, R., Ueda, S. & Varsani, A. (2015). Revision of *Begomovirus* taxonomy based on pairwise sequence comparisons. *Archives of Virology* 160(6), 1593–1619. doi: <http://doi.org/10.1007/s00705-015-2398>
- Calvo, G., Barrantes, L., Hilje, L., Segura, L., Ramírez, O., Kopper, N., Ramírez, A. & Campos, J.L. (1994). Un esquema comprensivo y funcional para el manejo integrado de plagas del tomate en Costa Rica. pp. 58-73. L. En: Hilje (comp.). *Lecturas sobre Manejo Integrado de Plagas*. Colección Temas de Fitoprotección para Extensionistas. Serie Técnica. Informe Técnico No. 237. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Castle, S.J. (2006). Concentration and management of *Bemisia tabaci* in cantaloupe as a trap crop for cotton. *Crop Protection* 25(6): 574-584. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.08.013>
- Cubillo, D, Sanabria, G & Hilje, L. (1999). Evaluación de recipientes y mallas para el manejo de *Bemisia tabaci* mediante semilleros cubiertos, en tomate. *Manejo Integrado de Plagas* (51), 29-35.
- Fargette, D. & Fauquet, C. (1988). A preliminary study on the influence of intercropping maize and cassava on the spread of African cassava mosaic virus by whiteflies. *Aspects of Applied Biology* (17), 195-202.
- Hernández, E., Guevara, J.A., Vargas, J.A. & Ramírez, M.P. (2014). Moscas blancas como vectores de virus en Costa Rica. En: Barboza, N., Castro, R., Guevara, J.A., Hernández, E., Hilje, L., Marín, F., Mora, F., Solórzano, A., Vargas, J.A. y Ramírez, P. (eds.). *Caracterización, epidemiología y manejo del complejo moscas blancas-virus en sistemas hortícolas de Costa Rica*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Hilje, L. (1993). Un esquema conceptual para el manejo de integrado de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de tomate. *Manejo Integrado de Plagas* (29), 53-60.
- Hilje, L. (1998). Un modelo de colaboración agrícola internacional para el manejo de moscas blancas y geminivirus en América Latina y el Caribe. *Manejo Integrado de Plagas* (49), 1-9.



- Hilje, L. (2001). Avances hacia el manejo sostenible del complejo *Bemisia tabaci*-geminivirus en tomate, en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (61), 70-81. doi: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00112-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00112-0)
- Hilje, L. (2014). Aportes para el manejo integrado del complejo moscas blancas-virus en ambientes protegidos. En: Barboza, N., Castro, R., Guevara, J.A., Hernández, E., Hilje, L., Marín, F., Mora, F., Solórzano, A., Vargas, J.A. y Ramírez, P. (eds.). Caracterización, epidemiología y manejo del complejo moscas blancas-virus en sistemas hortícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica: EUNED.
- Hilje, L. & Stansly, P.A. (2001). Development of crop associations for managing geminiviruses vectored by whiteflies in tomatoes. Final Report. U.S. Department of Agriculture (USDA). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Hilje, L., Costa, H.S. & Stansly, P.A. (2001). Cultural practices for managing whiteflies and associated viral diseases. *Crop Protection* 20(9), 801-812.
- Hokkanen, H.M. (1991). Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology* (36), 119-138. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.001003>
- Ioannou, N. (ed.). (1997). Management of the whitefly-virus complex. FAO Plant Production and Protection Paper No. 143. Rome, Italy.
- Jovel, J., Kleinn, C., Cartín, V., Valverde, B. & Hilje, L. (2000). Movimientos diarios de *Bemisia tabaci* en parcelas de tomate, en Turrialba, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* (55), 49-55.
- Lefeuvre P., Martin D.P., Harkins, G., Lemey, P., Alistar, J., Gray A., Meredith, S., Lakay, F., Monjane, A., Lett, J.M. & Varsani, A. (2010) The spread of Tomato Yellow Leaf Curl Virus from the Middle East to the World. *PLoS Pathogens* 6(10). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1001164>
- Morales, F.J., Hilje, L., Vallejos, J., Sibaja, G., Araya, C. & Araya, R. (2005). Costa Rica. In Whitefly and whitefly-borne viruses in the tropics: Building a knowledge base for global action. P.K. Anderson & F.J. Morales (eds.). Publ.No. 341. Colombia: CIAT.
- Repretel. (2017). Noticias Repretel: Aumenta el precio del tomate. [Programa de televisión]. <http://www.repretel.com/actualidad/aumenta-precio--tomate-63980>
- 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* (30), 21-23.
- Schuster, D.J. (2004). Squash as a trap crop to protect tomato from whitefly-vectored yellow leaf curl. *International Journal of Pest Management* 50(4), 281-284. doi: <https://doi.org/10.1080/09670870412331284591>



- Shelton, A.M. & Badenes-Perez F.R. (2006). Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology* (51), 285-308. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.150959>
- Smith, H.A. & McSorley, R. (2000) Potential of field corn as a barrier crop and eggplant as a trap crop for management of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on common bean in North Florida. *Florida Entomologist* 83(2), 145-158. doi: <https://doi.org/10.2307/3496150>
- Smith, H.A., Koenig, R.L., McAuslane, H.J. & McSorley, R. (2000). Effect of silver reflective mulch and a summer squash trap crop on densities of immature *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on organic bean. *Journal of Economic Entomology* 93(3), 726-731. doi: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.726>
- Staver, C. (2002). Aprendizaje de agricultores vinculado con procesos ecológicos, para un mejor manejo de plagas: retos para el CATIE y sus socios. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (65), 21-33.