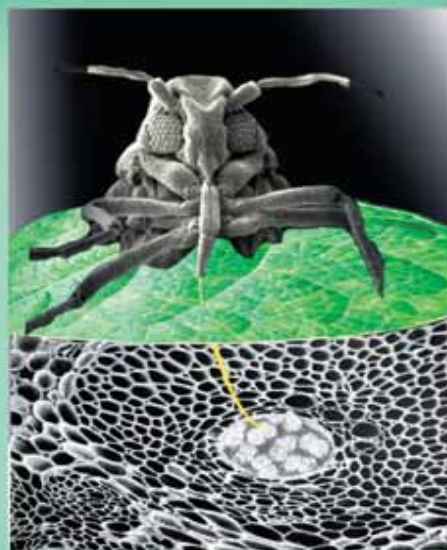


MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES DE PLANTAS CAUSADAS POR VIRUS TRANSMITIDOS POR MOSCAS BLANCAS



MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES DE PLANTAS CAUSADAS POR VIRUS TRANSMITIDOS POR MOSCAS BLANCAS

FRANCISCO J. MORALES

*Jefe Unidad de Virología - Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT
Director Programa MIP Mosca Blanca Tropical*

CESAR CARDONA

Entomólogo - Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT

JUAN M. BUENO

Asociado de Investigación - Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT

ISAURA RODRIGUEZ

Asistente de Investigación - Programa MIP Mosca Blanca Tropical



Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture
Proyecto Manejo Integrado Sostenible de Moscas Blancas como Plagas y Vectores de Virus en los Trópicos
Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia
Fax: +57 (2) 4450073
Correo electrónico: f.morales@cgiar.org
f.j.escobar@cgiar.org

Edición: Francisco J. Morales
Diseño y diagramación: Francisco José Escobar
Impresión: Compuimagen
Publicación CIAT No. 351
ISBN:
Tiraje: 1000 ejemplares
Impreso en Colombia
Agosto de 2006
Derechos de autor CIAT 2006. Todos los derechos reservados.

El CIAT propicia la amplia disseminación de sus publicaciones impresas y electrónicas para que el público obtenga de ella el máximo beneficio. Por tanto, en la mayoría de los casos, los colegas que trabajen en investigación y desarrollo no deben sentirse limitados en el uso de los materiales del CIAT para fines no comerciales. Sin embargo, el Centro prohíbe la modificación de estos materiales y espera recibir los créditos merecidos por ellos.

NOTA GENERAL: La mención de productos comerciales en este manual no constituye una garantía ni intento de promoción por parte del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Tabla de Contenido

Presentación

Introducción

Biología

Pág.1

Daños

Pág. 11

Virología

Pág. 15

Manejo Integrado

Pág. 24

Presentación

Esta publicación del proyecto ‘Manejo Integrado Sostenible de Moscas Blancas como Plagas y Vectores de Virus en los Trópicos’, financiado por el Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID) del Reino Unido, tiene como objetivo diseminar información sobre la biología y comportamiento de dos especies de mosca blanca que tienen la capacidad de transmitir virus de plantas, con el fin de describir las estrategias que han demostrado ser más efectivas y sostenibles para el manejo integrado de estas especies como plagas y vectoras de virus. La información suministrada aquí es el resultado de las experiencias de los autores con base en investigaciones realizadas por científicos vinculados al proyecto, y al conocimiento generado por agricultores, técnicos, investigadores y extensionistas agrícolas de todo el mundo donde se presentan estos problemas agrícolas. Esta primera publicación está dirigida a profesionales y técnicos interesados en el manejo de enfermedades virales asociadas a la presencia de moscas blancas.

Introducción

En la América Latina, las moscas blancas se convirtieron en plagas de importancia económica alrededor de la década de los 1970s, debido al uso intensivo de productos químicos (disponibles después de la segunda guerra mundial) en cultivos comerciales como el algodón. El uso de insecticidas no selectivos elimina los enemigos naturales de la mosca blanca y crea resistencia en estas plagas a los insecticidas tradicionales. Las dos especies más dañinas de mosca blanca en América Latina son: *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood).

B. tabaci es sin duda la especie de mayor importancia, porque ataca a más de 200 cultivos; transmite más de 150 virus; y tiene la capacidad de desarrollar biotipos muy agresivos. *T. vaporariorum* también causa daños directos por extracción de nutrientes, y facilita el crecimiento de hongos (fumaginas) sobre las plantas colonizadas. En las últimas décadas, *T. vaporariorum* ha sido reconocido también como vector de algunos virus de importancia económica en América Latina.

Uno de los principales factores que ha incidido en el desarrollo de mayores poblaciones de moscas blancas en regiones agrícolas de la América Latina, es la diversificación de cultivos, lo cual proporciona una mayor disponibilidad de hospederos para las moscas blancas, y contribuye a un incremento notable en el uso de agroquímicos. Adicionalmente, los cambios climáticos (sequías y calentamiento) y un mayor intercambio internacional de material vegetal, han facilitado el desarrollo y diseminación de la mosca blanca.

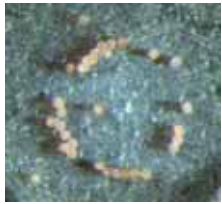
Biología Comparativa

B. tabaci y *T. vaporariorum* son insectos hemimetábolos (metamorfosis incompleta), que tienen los siguientes estados de desarrollo durante su ciclo de vida: huevo, cuatro instares ninfales y adulto, estos se observan en el envés de las hojas. La duración del ciclo total de huevo a emergencia de adultos es de 23 a 28 días, dependiendo de factores ambientales y biológicos.

B. tabaci puede desarrollar biotipos, es decir, poblaciones que se diferencian por sus características fisiológicas; por ser más agresivas; por tener mayor capacidad reproductiva; y/o por ser capaces de colonizar un mayor número de hospederos. Existen varios biotipos de *B. tabaci*, pero el más importante en la América Latina es el denominado biotipo B, causante de enormes pérdidas económicas a partir de su aparición en la década de los 1990s. Este biotipo no se puede distinguir morfológicamente del original (biotipo A) o de otros biotipos de *B. tabaci* presentes en la región. La detección de biotipos de *B. tabaci* se realiza actualmente en el CIAT mediante pruebas moleculares (e.g. RAPD, SCAR, *mtCOI*).

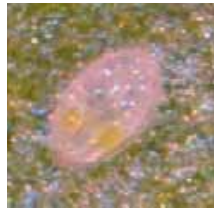
Biología Comparativa

Bemisia tabaci



5 Días

6 Días



4 Días

3 Días



3 Días

3 Días



5 Días

3 Días



6 Días

8 Días



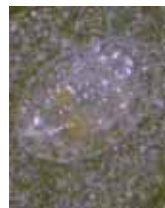
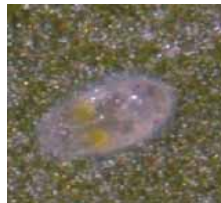
H

5 a 27 Días



M

5 a 28 Días



H



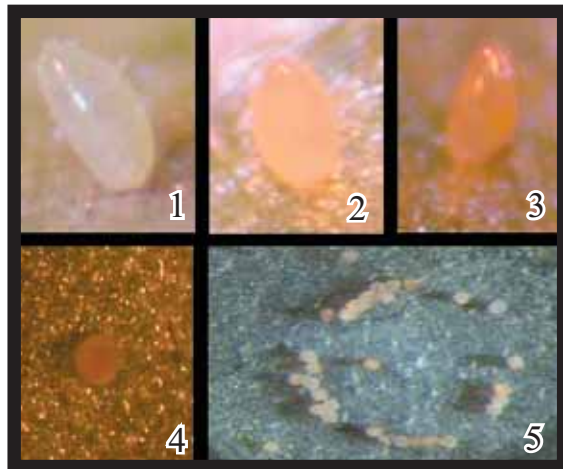
M

Trialeurodes vaporariorum

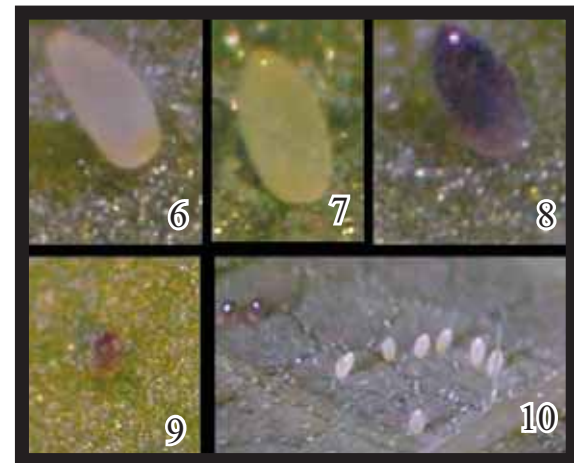
Descripción de los estados de desarrollo

Huevo

***B. tabaci*:** El huevo es de textura lisa y de forma ovalada, con la parte superior terminada en punta y la parte inferior redondeada. La hembra adhiere el huevo al envés de las hojas por medio de un pedicelo. En promedio, el huevo mide 0.19 mm de longitud y 0.1 mm de anchura. Inicialmente es blanco (1). A medida que madura se torna naranja claro (2) y cuando está próximo a eclosión es naranja oscuro (3). *B. tabaci* puede poner sus huevos en forma aislada (4), en grupos irregulares o en semicírculo (5). Dura cinco días.



***T. vaporariorum*:** El huevo es liso y alargado; la parte superior termina en punta y la parte inferior es redondeada. Como en el caso de *B. tabaci*, la hembra de *T. vaporariorum* fija el huevo al envés de la hoja por medio de un pedicelo. En promedio, mide 0.23 mm de longitud y 0.1 mm de anchura. Es inicialmente blanco (6); luego toma un color amarillo (7), y finalmente se torna negro cuando está próximo a eclosión (8). *T. vaporariorum* pone los huevos en forma individual (9) o en grupos (10). Dura seis días.



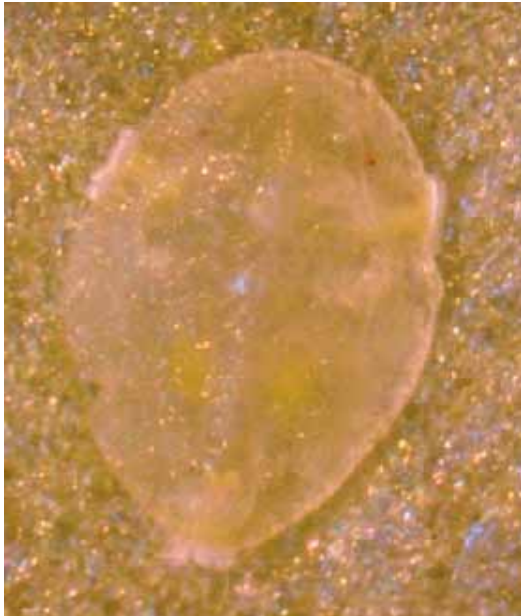
Primer Instar

Los primeros ínstaros de *B. tabaci* y *T. vaporariorum* son muy similares. Las ninfas recién emergidas de los huevos se mueven unos pocos centímetros para localizar su sitio de alimentación. El primer ínstar temprano es el único estado inmaduro que es móvil y se conoce como ‘gateador’ (‘crawler’). De allí en adelante las ninfas de ambas especies son sésiles. El primer ínstar tiene forma oval, con la parte distal ligeramente más angosta, y es translúcido con algunas manchas amarillas. La ninfa de primer ínstar de *B. tabaci* (11) es muy pequeña (0.26 mm de longitud y 0.16 mm de anchura) y dura en promedio tres días. La de *T. vaporariorum* (12) es también muy pequeña, translúcida y mide 0.27 mm de longitud y 0.15 mm de anchura. Dura cuatro días.



Segundo Instar

B. tabaci: Tiene forma acorazonada, es de color blanco verdoso con bordes ondulados. Mide 0.36 mm de longitud y 0.24 mm de anchura. Dura tres días.



T. vaporariorum: Es translúcido, de forma oval y con bordes ondulados. Mide 0.38 mm de longitud y 0.23 mm de anchura. Dura tres días.



Las ninfas de primer y segundo instar se ven con mayor facilidad si se usa una lupa de 10 aumentos.

Tercer Instar

B. tabaci: Es semejante a la de segundo ínstar. Tiene forma acorazonada, con su parte caudal terminada en punta. Es de color blanco verdoso. Mide 0.53 mm de longitud y 0.36 mm de anchura, más o menos el doble que la ninfa de primer ínstar. Dura cinco días en promedio.



T. vaporariorum: Es oval, aplanada y translúcida, semejante a la de segundo ínstar. Presenta gran cantidad de filamentos cerosos alrededor de su cuerpo. Mide 0.54 mm de longitud y 0.33 mm de anchura, más o menos el doble que la de primer ínstar. Dura tres días en promedio.



Las ninfas de tercer ínstar se observan con facilidad sin necesidad de lupa.

Cuarto Instar (Pupa)

***B. tabaci*:** Al comenzar el cuarto ínstar (13), la ninfa es plana y transparente. A medida que avanza su desarrollo se torna abultada y opaca y está provista de ojos rojos visibles. En este punto se le denomina pupa. Tiene forma acorazonada con la parte cefálica redondeada y la parte caudal terminada en punta. De perfil (14) luce poco elevada en la superficie de la hoja. Mide 0.84 mm de longitud y 0.59 mm de anchura. Dura seis días.



***T. vaporariorum*:** Recién formada, la ninfa de cuarto ínstar (15) es oval, plana y casi transparente. A medida que avanza su desarrollo se torna opaca y en ese momento se le da el nombre de pupa. Presenta hilos o filamentos de cera largos y erectos que le son característicos. En la pupa bien desarrollada, próxima a la emergencia de adultos, los ojos se observan con facilidad. De perfil (16) luce más elevada con respecto a la superficie de la hoja que la de *B. tabaci*. Mide 0.73 mm de longitud y 0.45 mm de anchura. La duración promedio del cuarto ínstar es de ocho días.



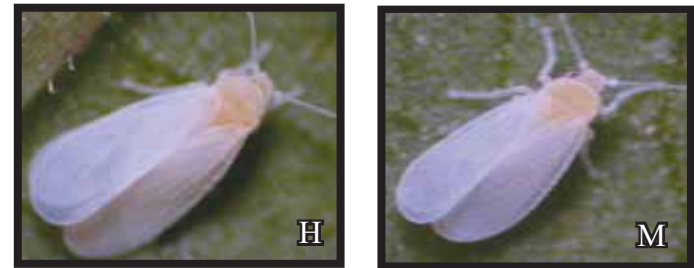
Adulto

***B. tabaci*:** El adulto mide 1.1 mm de longitud y es de color amarillo pálido, pero en 3 - 5 horas toma el color blanco característico debido al polvo ceroso que cubre sus alas. Las alas son transparentes, angostas en la parte anterior, ensanchadas hacia atrás. Los ojos son de color rojo oscuro. La hembra vive entre 5 y 27 días y se diferencia del macho por su mayor tamaño. Se alimenta y oviposita en el envés de hojas jóvenes. Los adultos copulan apenas emergen, pero puede haber un período de pre-oviposición de uno a dos días. Una hembra pone entre 50 y 430 huevos. Se ha encontrado que el biotipo B de *B. tabaci* es más prolífico que el biotipo A.



Hembra y Macho *B. tabaci*

***T. vaporariorum*:** El adulto mide 1.3 mm de longitud. La hembra es de mayor tamaño que el macho. El cuerpo es de color amarillo limón; las alas son transparentes, angostas en la parte anterior, ensanchadas hacia atrás y están cubiertas por un polvillo blanco. Los ojos son de color rojo oscuro. Los adultos se alimentan y ovipositan en el envés de hojas jóvenes. Viven entre 5 y 28 días. Copulan apenas emergen, pero puede haber un período de pre-oviposición de un día. Una hembra pone entre 80 y 300 huevos.



Hembra y Macho *T. vaporariorum*

Estas dos especies se pueden reproducir partenogénicamente dando lugar a progenies constituidas exclusivamente por machos.

Hábitos del Adulto

B. tabaci & *T. vaporariorum*

La mayoría de los adultos emergen en el día y se mueven poco durante la noche. Su actividad aumenta en las primeras horas de la mañana y se mantiene a través del día. Inicialmente los vuelos son muy cortos, pero a partir de los nueve días de edad, los adultos tienen una mayor capacidad de desplazamiento (hasta dos metros por día). Aunque estos insectos vuelan distancias cortas, las corrientes de aire los dispersan fácilmente entre plantas, de un cultivo a otro, y entre regiones apartadas. Otra forma de dispersión es el intercambio de material vegetal no sometido a controles sanitarios.



Adaptación

B. tabaci: Se adapta mejor a regiones con altitudes inferiores a 1000 metros, zonas costeras (17). Recientemente se ha observado que el biotipo B se puede adaptar a ambientes por encima de los 1000 metros.



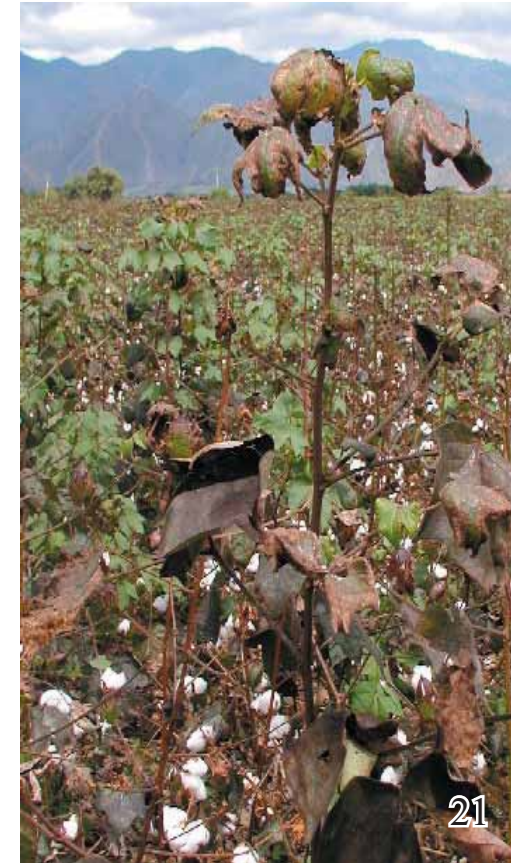
T. vaporariorum: Se adapta muy bien a regiones con altitudes entre 1000 y 3000 metros (19), con temperaturas promedio de 16 a 22° C y humedad relativa superior al 60%, y valles mesotérmicos (18) con temperaturas promedio de 25° C y humedad relativa moderada



Las lluvias fuertes son un factor importante en la dinámica de población de las moscas blancas, porque disminuyen el número de adultos en campo y pueden desprender gran cantidad de ninfas, disminuyendo así los niveles de daño.

Daños Directos

***B. tabaci*.** *B. tabaci* es la especie de mosca blanca más polífaga, con más de 500 especies de plantas hospederas. Se destacan: habichuela y frijol (*Phaseolus vulgaris*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), pepino (*Cucumis sativus*), melón (*Cucumis melo*), soya (*Glyxine max*), algodón (*Gossypium spp.*), pimentón (*Capsicum annuum*), yuca (*Manihot esculenta*), lechuga (*Lactuca sativa*), uva (*Vitis vinifera*), zapallo (*Cucurbita maxima*), sandía (*Citrullus lanatus*), y col (*Brassica oleracea var. capitata*). El daño mecánico en habichuela (20) y algodón (21) puede ser muy severo, especialmente cuando estos cultivos son atacados por el biotipo B.



Daños Directos

El biotipo B también causa diversos desórdenes fisiológicos : clorosis intensa de vainas (22) y peciolo (23) de la habichuela, maduración irregular de frutos de tomate (24) y el denominado síndrome de la 'hoja plateada' en cucurbitáceas (25).



Daños Directos

T. vaporariorum. Ataca cerca de 250 especies de plantas diferentes. Entre los principales hospederos están: habichuela y frijol seco, tomate, pepino, pimentón, zapallo, berenjena (*Solanum melongena*), papa (*Solanum* spp.), arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y algodón. Los adultos y las ninfas de *T. vaporariorum* causan daños directos al alimentarse chupando la savia del floema. Reducen así el vigor de la planta, la calidad del producto y la producción.



Infestación del envés de las hojas de frijol por
T. vaporariorum



Daño foliar en frijol causado por alimentación de
T. vaporariorum

Daños Indirectos

Fumagina

Las moscas blancas causan daños indirectos por la excreción, sobre las hojas, de una sustancia azucarada denominada melaza (26), la cual sirve de sustrato para hongos de micelio negro ('fumagina') pertenecientes a varios géneros, incluyendo especies de *Cladosporium* y *Capnodium*. La fumagina interfiere con el proceso de fotosíntesis (27), reduciendo el rendimiento. Estos hongos también puede afectar los frutos (28).

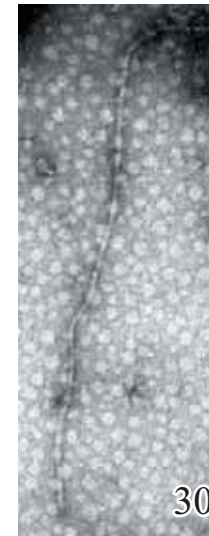
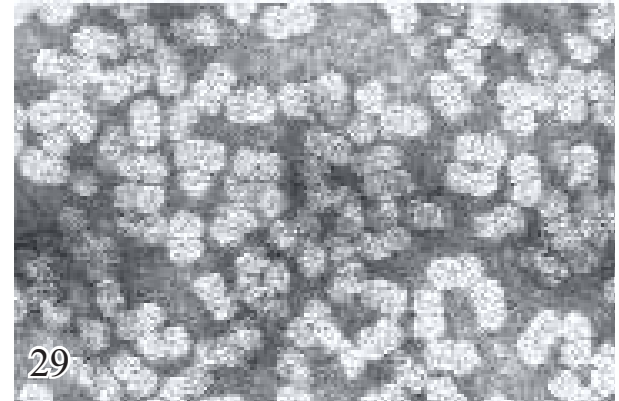


Transmisión de Virus

Uno de los daños indirectos más importantes asociados a las moscas blancas *B. tabaci* y *T. vaporariorum*, es su capacidad de transmitir virus en cultivos alimenticios e industriales de importancia económica. La gran mayoría de los virus transmitidos por *B. tabaci* pertenecen al género ***Begomovirus*** (familia ***Geminiviridae***). Estos virus poseen un genoma de ADN de cadena sencilla, relativamente pequeño (2.600 bases) y generalmente en pares (dos moléculas denominadas A y B). Algunos begomovirus solo poseen una molécula de ADN.

Los begomovirus poseen partículas cuasi-isométricas pareadas (18x30 nm), características de los geminivirus (Partículas gemelas) (29).

Como se mencionó anteriormente, *B. tabaci* puede transmitir más de 150 begomovirus, y algunos otros virus pertenecientes a los géneros ***Crinivirus***, ***Carlavirus*** e ***Ipomovirus***, los cuales poseen partículas que se observan al microscopio electrónico como filamentos (12X900; 12X650; y 12X875 nm de longitud promedio, respectivamente) (30).



Transmisión de Virus

T. vaporariorum transmite virus del género *Crinivirus*. En América Latina solo se ha detectado un crinivirus transmitido por esta especie de mosca blanca, el agente causal del amarillamiento de las nervaduras de la papa (31). Recientemente se comprobó que este virus también puede infectar tomate, causando una clorosis severa (32).



Modo de Transmisión

Todos los virus no son transmitidos por insectos vectores de la misma manera. La manera como un insecto vector transmite un virus, es un factor muy importante a tener en cuenta para el manejo integrado de enfermedades virales de plantas. Los virus ‘**no-persistentes**’, pueden ser adquiridos de una planta enferma y transmitidos a una planta sana en cuestión de segundos. Por consiguiente, este tipo de virus, no puede ser controlado con insecticidas. La transmisión no-persistente es característica de muchos virus transmitidos por áfidos o pulgones. Estos virus inducen enfermedades que se confunden a menudo con virosis transmitidas por mosca blanca.

Los virus transmitidos por moscas blancas son en su mayoría del tipo ‘**semi-persistente**’. En este caso, el tiempo de adquisición y transmisión toma varios minutos y aún horas, lo cual hace posible el uso de insecticidas como parte de un programa de manejo integrado, siempre y cuando se usen los productos apropiados. Más adelante se explicará con mayor detalle este importante aspecto de la selección de insecticidas para el control de este tipo de virus semi-persistente.

Características de los virus no - persistentes y semi - persistentes		
Proceso	Tiempo de Transmisión	
	No Persistente	Semi - Persistente
Adquisición	Segundos	Minutos
Latencia	No Hay	No Hay

Epidemiología de los Virus Transmitidos por Moscas Blancas

A pesar de que la mayoría de los begomovirus transmitidos por *B. tabaci* probablemente tuvieron su origen en malezas, y que muchas malezas hospedan esta especie de mosca blanca, es difícil precisar el papel que juegan las plantas silvestres en la epidemiología de estos virus.

En la mayoría de los casos, las principales epidemias de begomovirus en América Latina han sido causadas por la introducción de especies cultivadas en gran escala, que actúan como hospederas reproductivas de las moscas blancas vectoras, como el caso de la soya en la América del Sur (33).

Una vez las poblaciones del insecto vector se incrementan debido a: 1) La abundancia de plantas hospederas; 2) La eliminación de enemigos naturales por abuso de pesticidas; 3) Por condiciones climáticas favorables, la probabilidad de adquirir un begomovirus de plantas silvestres o cultivadas, aumenta proporcionalmente a la magnitud de estos factores. La tasa de crecimiento de una epidemia en un cultivo susceptible dependerá entonces del número de moscas blancas virulíferas (portadoras de virus y capaces de transmitirlo) que ingresan al campo, porque los principales virus transmitidos por mosca blanca no son transmitidos por semilla sexual.



Epidemiología de los Virus Transmitidos por Moscas Blancas

Para infectar una variedad susceptible no se necesita una población alta de adultos virulíferos. En variedades resistentes a estos virus, el número de adultos virulíferos de mosca blanca que ingresan al campo, sí es importante, porque la incidencia dependerá del número de insectos virulíferos que visitan cada planta. Mientras que unos pocos adultos por planta [1 a 5], pueden causar daño en un genotipo susceptible (S), se necesitarían cinco a diez veces esa cantidad de adultos por planta para afectar un genotipo resistente al virus (R).



En cultivos de propagación vegetativa, como la batata (*Ipomoea batatas*), la principal fuente de inóculo es generalmente el mismo cultivo, por lo que la enfermedad puede progresar más rápidamente. Cuando esto ocurre, el uso de material propagativo libre de virus contribuirá a reducir la incidencia de enfermedades, como la Enfermedad Viral de la Batata (EVB), causada por un complejo de virus, uno de los cuales es transmitido por mosca blanca.

Ecología de las Enfermedades Virales Transmitidas por Moscas Blancas

B. tabaci requiere de hospederos adecuados para reproducirse, así como de un clima cálido y poco lluvioso, al menos durante algunos meses del año. Los ataques más severos de virus transmitidos por mosca blanca, se han observado en las épocas secas o en ambientes donde las lluvias son escasas, pero se dispone de riego. (34)

Cuando la incidencia de estas virosis es más alta en épocas lluviosas, esto puede deberse a que el vector tiene un hospedero alternativo (algunas malezas o el mismo cultivo) que crece cuando llueve, o que hay una humedad relativa mínima que favorece su reproducción. *T. vaporariorum* y *B. afer* (Priesner & Hosny) se reproducen también en ambientes secos, pero toleran mejor que *B. tabaci* las temperaturas bajas y los ambientes húmedos. (35)



Ecología de las Enfermedades Virales Transmitidas por Moscas Blancas

Los cultivos susceptibles a begomovirus no tienen que ser hospederos de mosca blanca. Aún en ausencia de hospederos preferidos, esta plaga puede atacar y colonizar especies vegetales no preferidas. Es el caso típico de la soya y el frijol, donde la primera actúa como hospedero reproductivo, y el segundo como fuente de alimento alternativo (no preferido). Una vez que la soya entra en madurez fisiológica, *B. tabaci* migra hacia el frijol y lo coloniza hasta causar la muerte o infección total del cultivo (36).

Generalmente, ciertos cultivos como el tomate son colonizados por moscas blancas, mientras que otros como el pimentón o el ají (*Capsicum* spp.) (37), pueden no serlo. Sin embargo, *B. tabaci* puede transmitir begomovirus a las especies de *Capsicum*, y ovipositar abundantemente en ellas cuando no hay otros hospederos más apropiados.(38) La presencia del biotipo B de *B. tabaci* ha incrementado notablemente el ataque en plantas cultivadas no preferidas por el biotipo A.



Factores que Favorecen la Incidencia de Moscas Blancas y Virus

Generalmente los problemas de mosca blanca ocurren en sitios donde el equilibrio biológico ha sido perturbado por el hombre o por factores climáticos extremos. Como se ilustra a continuación, es posible tomar medidas para reducir el impacto de moscas blancas y virus transmitidos por estos vectores:

Situación que favorece el incremento de la mosca blanca y/o virus	Posible estrategia de manejo
La introducción de un nuevo cultivo en una región, donde la mosca blanca se puede reproducir abundantemente. Por ejemplo, la gran expansión de la soya en Brasil y Argentina.	Controlar la mosca blanca en el hospedero reproductivo aun cuando la mosca blanca no sea un problema (caso de la soya). Uso de variedades resistentes del cultivo afectado por virus. <i>eg. frijol.</i>
El uso intensivo de insecticidas contra otras plagas en cultivos donde la mosca blanca es un insecto de importancia secundaria. Por ejemplo, el excesivo uso de insecticidas en algodón en la costa Pacífica de Centro América.	Suspender el uso de insecticidas de contacto de bajo costo y alto impacto ambiental, con el fin de recuperar las poblaciones de organismos biológicos de control de mosca blanca.

Factores que Favorecen la Incidencia de Moscas Blancas y Virus

<p>La producción intensiva y en ocasiones escalonada de diferentes cultivos que la mosca blanca puede colonizar. Por ejemplo, la situación del noroeste de México y suroeste de la República Dominicana.</p>	<p>Implementar medidas legales o voluntarias tales como programar la siembras de cultivos, evitar las siembras escalonadas, destruir los residuos de plantas hospederas, dejar un período de tiempo libre de cultivos hospederos (época de veda).</p>
<p>Los cambios climáticos que permiten a una especie de mosca blanca invadir nuevos ecosistemas donde antes no se podía reproducir abundantemente. Por ejemplo, el establecimiento de <i>B. tabaci</i> en el Valle del Cauca, Colombia, región en la cual antes predominaba <i>T. vaporariorum</i>.</p>	<p>Llevar los cultivos susceptibles a virus a regiones donde el vector no existe. En el caso de <i>B. tabaci</i>, por encima de los 1300 m. Uso de variedades resistentes a virus.</p>
<p>La introducción de una nueva especie o biotipo de mosca blanca o virus en una región agrícola. La introducción del biotipo B de <i>B. tabaci</i> a América Latina en los años 1990s es un buen ejemplo.</p>	<p>Mantener un control fitosanitario estricto sobre las especies o material vegetal introducido al país, para evitar la aparición de nuevas plagas. Una vez la plaga ya está establecida, utilizar métodos de control integrado.</p>

Manejo Integrado de Enfermedades Causadas por Virus Transmitidos por Moscas Blancas

El manejo de enfermedades transmitidas por mosca blanca es difícil pero no imposible. Los componentes que se discuten a continuación deben ser integrados en un sistema de manejo que permita minimizar las pérdidas causadas por los virus. La correcta identificación del problema fitosanitario es el paso más importante en el diseño e implementación de medidas de manejo integrado, como las que se describen a continuación.

Control Genético

Si pudiéramos reemplazar una variedad susceptible por una resistente, no tendríamos que preocuparnos por la presencia de plagas o virus. Es por esta sencilla razón que el mejoramiento genético de plantas por su resistencia a virus, debería ser la principal estrategia de control de estos y otros problemas fitosanitarios. La resistencia genética es la estrategia más efectiva, económicamente viable y respetuosa del medio ambiente y de la salud de agricultores y consumidores.



Una de las razones para que la resistencia genética no haya recibido la atención que merece en América Latina, es la inversión relativamente alta en recursos humanos y materiales, más el tiempo necesario para desarrollar variedades mejoradas. A estos factores se le agrega la tendencia de los productores a tratar de solucionar rápidamente los problemas de plagas mediante el uso de productos químicos, a pesar de que la mayoría de los insecticidas utilizados no controla mosca blanca.

Control Genético

El mejoramiento del frijol por su resistencia a virus transmitidos por mosca blanca en los años 1980s y 1990s en la América Latina, es un ejemplo claro de los beneficios que este trabajo ha traído a los agricultores en las últimas décadas. Sin estos esfuerzos, muchos países de esta región estuvieran importando este grano básico, de no haber sido por la continua liberación de variedades resistentes al mosaico enano, mosaico dorado, mosaico dorado amarillo y mosaico cálico desde México hasta Argentina.



Control Químico

Ante la falta de asistencia técnica, los insecticidas son usualmente la primera línea de defensa de los agricultores contra la mosca blanca y los virus transmitidos por estos insectos. La mayoría de los agricultores usan insecticidas de contacto de bajo costo y alta toxicidad aplicados de manera preventiva, por calendario, o cuando se nota la presencia del insecto, en un intento por manejar el problema de virus como si se tratara de controlar una simple plaga.



Control Químico



Los insecticidas de contacto reducen las poblaciones de adultos de mosca blanca pero no afectan los huevos o estados inmaduros; esto hace que las poblaciones de adultos se recuperen en pocos días y la incidencia de virus aumente progresivamente. Esto lleva a los agricultores a aplicar insecticidas con mayor frecuencia, inclusive diariamente, creando así las condiciones necesarias para la aparición de poblaciones de mosca blanca resistentes a insecticidas. De hecho, las moscas blancas ya han desarrollado resistencia a los insecticidas tradicionales organofosforados, carbamatos y piretroides de contacto y de acción sistémica que se han venido utilizando desde hace ya algunas décadas, hasta el presente.

Control Químico

Por lo general, las plagas que causan daño directo son controladas con insecticidas cuando alcanzan una densidad poblacional determinada, conocida por los entomólogos como ‘umbral de acción’. En el caso de un insecto vector de virus, no se puede usar el concepto de ‘umbral’, porque los virus causan un mayor daño en las etapas iniciales del desarrollo de las plantas susceptibles, cuando las poblaciones del insecto vector aún no son evidentes (39). Además, bastan unas pocas moscas virulíferas para iniciar la infección generalizada del cultivo. Cuando las plántulas ya presentan síntomas de la enfermedad (40), se puede tener la seguridad de que las pérdidas de rendimiento serán totales o muy significativas.



Lo anterior indica claramente que es virtualmente imposible evitar pérdidas económicas cuando se usa una variedad susceptible a un virus transmitido por mosca blanca, a menos de que se haya protegido la variedad con un insecticida sistémico al momento de la siembra o del transplante (si el semillero ha sido tratado), antes de que las plántulas estén expuestas a moscas blancas virulíferas.

Control Químico

Los insecticidas sistémicos de nueva generación, como son los neonicotinoides [imidacloprid (Confidor, Gaucho, Provado Combi, Imidor, Pridcontrol, Jade); tiametoxam (Actara, Cruiser)], son adecuados para reducir las poblaciones de mosca blanca y tienen menor impacto ambiental. Estos productos están formulados para tratamiento de la semilla o para aspersión al follaje. Con excepción del imidacloprid, que se puede ya conseguir como un producto genérico, los neonicotinoides y los reguladores de crecimiento como buprofezin (Oportune, Applaud) y diafentiuron (Polo) son costosos. Sin embargo, como tienen un efecto residual de dos o más semanas, a largo plazo representan ahorros en mano de obra y cantidad de insecticidas aplicados.



Es importante conocer cuál es el tiempo de protección del producto aplicado, y cuáles son las condiciones para que el producto actúe eficientemente (41 ,42). La última consideración económica será el costo de cada aplicación en relación al aumento de producción por cada aplicación realizada. Teóricamente, bastarían tres aplicaciones de un insecticida adecuado para proteger plantas susceptibles durante el período crítico. Las plantas anuales son más susceptibles hasta la fructificación. En especies como el frijol, el tomate y el pimentón, el primer mes y medio de vida de la planta es el período más crítico.

Control Químico

Aplicación de un insecticida sistémico a la semilla: Un día antes de la siembra, trate la semilla con un insecticida sistémico como el Gaucho (imidacloprid) o Cruiser (tiametoxam) . De esta forma se controla bien la mosca blanca durante los primeros 25 días del cultivo.

Para tratar la semilla:

Deposite la semilla en una bolsa plástica y agregue el insecticida (43).

Agite la bolsa logrando que la semilla se impregne uniformemente del producto (44).

Ponga a secar la semilla sobre una lona de fibra natural (Costales de Yute o Fique) (45)

Para una mejor distribución del producto en la semilla, se recomienda tratar pequeñas cantidades a la vez y hacerlo en un lugar a la sombra y con la debida protección física.



Control Químico

En el caso de hortalizas como el tomate y el pimentón, que normalmente se transplantan, el control empieza en el semillero, que debe estar protegido físicamente de moscas blancas y otros insectos vectores, mediante mallas o anjeos anti-insectos (46). Adicionalmente, las plántulas deben ser tratadas con un insecticida sistémico antes del transplante, de manera que estén protegidas contra insectos chupadores una vez se pasan al campo.



Aproximadamente a los 20 días de haber tratado el material propagativo, se debe hacer la primera aplicación foliar en el campo. Esto protegerá la planta por 15 ó 20 días más, acercándola así a la floración. Una segunda aplicación del insecticida sistémico al follaje, la defenderá hasta la fructificación y, por lo tanto, la llevará hasta el final del período crítico. Esto no quiere decir que los virus no tengan oportunidad de infectar la planta después de este período, pero en este caso las pérdidas serán mucho menores.

Los insecticidas y otros productos biológicos, como el ‘nim’ (*Azadirachta indica*); los extractos de diferentes especies de plantas que actúan como repelentes; los aceites, y los jabones o detergentes orgánicos e inorgánicos, ayudan a mantener las poblaciones de mosca blanca bajas, pero no deben ser usados en casos de alta presión de mosca blanca o virus transmitidos por este insecto. Estos productos pueden ser utilizados una vez ha pasado el período crítico del cultivo (aproximadamente 45-60 días), con el fin de mantener bajas las poblaciones de adultos de mosca blanca.

Control Cultural

Existen varias prácticas culturales que han venido siendo recomendadas y utilizadas para el manejo de problemas relacionados con moscas blancas como plaga directa o vectora de virus:

Manejo de la época de siembra: La eficiencia del control químico depende de varios factores, siendo el más importante el nivel de población de moscas blancas virulíferas durante el primer mes de vida de las plantas anuales. Esto se debe a que los insecticidas no actúan lo suficientemente rápido para matar los adultos virulíferos, antes de que la mosca blanca pueda inocular una planta susceptible. Con una alta población de moscas blancas, la probabilidad de infección de una planta susceptible aumenta considerablemente. Por estas razones, es importante evitar la siembra de especies vegetales susceptibles en épocas de alta presión de mosca blanca y virus.



Rotación de cultivos: Una de las prácticas culturales más perjudiciales para los cultivos susceptibles, es la siembra continua de la misma especie (47) vegetal o de especies igualmente susceptibles al virus y que son buenos hospederos de la mosca blanca. Se debe hacer una rotación con cultivos que no sean atacados por la mosca blanca como maíz, cilantro, repollo, cebolla, ajo, arracacha, remolacha y zanahoria. Otra práctica que se debe evitar, porque favorece el aumento de las poblaciones de mosca blanca, es la de hacer siembras escalonadas (48) que proveen a las poblaciones de este insecto de una fuente continua de alimento.

Control Cultural

Manejo del agua: El manejo del agua en épocas secas, puede influir en la incidencia de virus. La adecuación de tierras con déficit hídrico mediante proyectos de irrigación (49), puede incrementar las poblaciones de mosca blanca al crear un micro-clima favorable. Este insecto requiere de cierta humedad relativa para reproducirse y cumplir su ciclo biológico. Si bien es cierto que las poblaciones de mosca blanca aumentan en los períodos secos, las sequías prolongadas pueden reducir eventualmente las poblaciones por falta de humedad. Sin embargo, el riego por aspersion (50) tiene un efecto negativo en los adultos de mosca blanca, igual que la lluvia, al impactarlos directamente; dificultar su alimentación en plantas susceptibles; desprenderlos de las hojas; o ahogarlos. De hecho, las aplicaciones de agua sola, pueden eliminar tantos adultos de mosca blanca como una aplicación de insecticida de contacto al cual la mosca blanca ya ha hecho resistencia.



Control Cultural

Manejo de malezas: Esta práctica es obviamente importante porque las malezas son frecuentemente hospederas de virus transmitidos por mosca blanca, principalmente por *B. tabaci*. Sin embargo, la erradicación de malezas como práctica de control de fuentes de virus o moscas blancas continúa siendo un tema controversial, especialmente por el aumento en los costos de producción. Inclusive, algunos investigadores argumentan que la erradicación de malezas hospederas de *B. tabaci*, provoca una mayor migración de mosca blanca hacia el cultivo, también algunas investigaciones han demostrado que muchos de los virus y moscas blancas que afectan las plantas silvestres, no son patógenos o plagas de los cultivos de interés.

Excepcionalmente, existen casos como el del mosaico enano del frijol, donde la principal fuente del virus son malváceas silvestres del género *Sida* (A), muy frecuentadas por *B. tabaci*, el vector del Virus del mosaico enano del frijol (B).



Control Cultural

Destrucción de residuos de cosecha: Mucho más importante que el control de malezas, es el manejo de residuos de cosecha o socas, particularmente si el cultivo ha sido colonizado por mosca blanca. Estos residuos deben ser destruidos, quemados o incorporados al suelo, inmediatamente después de la cosecha, antes de que actúen como fuente de mosca blanca para los nuevos cultivos.



La soca constituye la fuente de infestación de insectos y el foco de infección de enfermedades más importante para los cultivos vecinos en la zona. Debe ser destruida de inmediato

Control Cultural

Protección física de semilleros: La primera medida para prevenir una enfermedad viral en cultivos susceptibles como el tomate o chile, es asegurar que las plántulas para los trasplantes no estén ya infectadas por virus. Esto se logra si el productor de las plántulas toma la precaución de cubrir el semillero con malla anti-insectos y trata las plántulas con un insecticida sistémico antes del trasplante. Para este efecto se pueden construir pequeños recintos encerrados con malla o anejo de bajo costo.



Protección física del cultivo: El período más crítico de un cultivo susceptible a virus ocurre desde la emergencia o trasplante de las plántulas hasta el momento de la formación de los primeros frutos. En el caso del tomate, unos 45 días después de la siembra. La estrategia aquí es defender las plantas después de su trasplante y, como mínimo, hasta el momento de la floración. Para lograrlo, se cubren los surcos donde se han colocado las plantas transplantadas con una tela sintética contra insectos (e.g. Agribon o Agril). Esta tela se coloca sobre arcos de alambre grueso espaciados cada 3 metros y unidos entre sí con cuerda de fibra sintética o natural.



Control Cultural

El riego se puede hacer al goteo (51) o entre los surcos (52), según la preferencia del agricultor. Es más aconsejable el riego por goteo porque las mangueras sirven para aplicar otros productos, como fertilizantes, plaguicidas o herbicidas. El riego por goteo también baja los costos por uso de agua en los distritos de riego, y no favorece el aumento de las poblaciones de mosca blanca mientras el cultivo está cubierto. La tela solo corta el 10% de la luz, y permite la aireación y la aplicación de productos a través de la tela. Esta se remueve cuando la planta entra en la etapa de floración para no alterar la fisiología de la planta. Antes de descubrir las plantas, se aplica un insecticida sistémico para proteger el cultivo unos 10-15 días más. Después del período crítico, se pueden hacer aplicaciones de insecticidas biológicos o detergentes/jabones al follaje, para mantener las poblaciones de mosca blanca bajas. Es importante que la tela tenga el mayor ancho posible para que las plantas no toquen el techo de los túneles hasta floración.



Control Cultural

Es importante llevar un registro, así sea visual, de las poblaciones de mosca blanca cuando se usan los micro-túneles, para tomar medidas adicionales en casos de observar poblaciones altas al momento de retirar las mallas anti-insectos. Una de estas medidas es prolongar el período de cobertura a pesar de que la primera fructificación se vea afectada. Es posible buscar variedades que toleren una menor cantidad de luz al inicio de la floración, o hacer los túneles de mayor tamaño (53).



Como todo método de control que requiera materiales especiales, el uso de túneles tiene un costo que puede representar del 15-20% del costo de producción total de un cultivo como el tomate (más o menos dependiendo de la calidad de la tela). Por esta razón, es conveniente utilizar esta práctica de emergencia cuando el precio del producto es bueno, o cuando no hay mucha oferta porque la temporada no es aconsejable para producir un cultivo susceptible, debido al problema de mosca blanca.

Control Cultural

Otras prácticas culturales: Existen otras medidas de control integrado que son recomendadas frecuentemente para impedir o disminuir el acceso de moscas blancas a los cultivos susceptibles, tales como la siembra de barreras vivas con plantas como el maíz o el sorgo (54), la siembra de cultivos asociados (55), el establecimiento de cultivos ‘trampa’, ‘cobertura’ o ‘repelentes’ (56), el uso de trampas amarillas pegajosas (57) y la utilización de materiales reflectivos como cobertura del suelo (58). En general estas prácticas no se consideran efectivas y en algunos casos pueden ser perjudiciales para el control biológico (59).



Control Legal

Cuando las poblaciones de mosca blanca se incrementan exponencialmente debido a las siembras continuas, el abandono de socas, el monocultivo de especies susceptibles, se hace necesaria la intervención del gobierno para reglamentar los sistemas de producción en las regiones afectadas. Estas medidas se pueden implementar a través de las secretarías o ministerios de agricultura, entidades que pueden legislar con respecto a medidas fitosanitarias de carácter obligatorio, como es la prohibición (veda) total o parcial (solo algunos meses) de la siembra de cultivos hospederos de mosca blanca o virus transmitidos por estos insectos.

Control Natural

El control natural es una de las estrategias más publicitadas y deseables para el manejo de problemas de mosca blanca, pero hasta ahora no existen muchos casos donde haya dado los resultados esperados como medida única. Uno de los principales problemas de los agentes de control biológico es que no actúan con la suficiente rapidez para reducir las poblaciones de mosca blanca.

El control natural de mosca blanca es realizado por **depredadores** de los órdenes Coleoptera (60), Diptera, Neuroptera (61), Hemiptera (62) y Thysanoptera; **parasitoides** del orden Himenoptera, entre los que se destacan avispas de los géneros *Amitus* (63), *Encarsia* (64), *Eretmocerus* (65); y **hongos entomopatógenos** (66) pertenecientes a los géneros *Beauveria*, *Paecilomyces* y *Lecanicillium* (sin. *Verticillium*). Estos últimos organismos son muy efectivos en condiciones experimentales, pero a menudo fallan en el campo debido a la falta de humedad en los períodos secos, cuando las poblaciones de mosca blanca alcanzan un máximo. En el caso de los depredadores y los parasitoides, el uso intensivo de plaguicidas para el control de mosca blanca hace que estos organismos benéficos no sean efectivos. Mientras no se minimice el uso de plaguicidas y se restablezca el equilibrio ecológico, la acción de los enemigos naturales será muy limitada.

Control Natural



Manejo Integrado de Plagas MIP

El manejo integrado de plagas (MIP) ha sido un objetivo muy perseguido por los profesionales del área de protección vegetal desde que ‘nació’ este concepto en la década de los 1970s. Sin embargo, son pocos los casos exitosos en relación a la cantidad de ‘proyectos MIP’ que han sido desarrollados desde que esta estrategia se hizo popular. En el caso de la mosca blanca y de los virus transmitidos por estos insectos, podríamos decir que no se ha logrado reducir significativamente el impacto de estas plagas en la América Latina, como no haya sido abandonando o cambiando los cultivos afectados. Peor aún, muchos de los proyectos MIP desarrollados en esta región, han desanimado a los agricultores ante el fracaso de las medidas adoptadas, principalmente debido a la incorrecta interpretación e implementación parcial del concepto de ‘Manejo Integrado de Plagas’.

El requisito básico para ‘manejar’ un problema fitosanitario de las dimensiones del complejo moscas blancas-virus transmitidos por mosca blanca en diferentes cultivos y agro-ecosistemas de la América Latina, es hacer un diagnóstico a fondo y confiable de la naturaleza de estos problemas. Desafortunadamente, en la mayoría de los países latinoamericanos y/o regiones afectadas, no se cuenta con laboratorios suficientemente bien equipados para identificar los biotipos de moscas blancas y los virus que atacan los cultivos. Más aún, se desconocen los factores que intervienen en la epidemiología de estas plagas y su interacción en las diferentes regiones o zonas afectadas por estas plagas. Sin estos conocimientos básicos para el diseño de estrategias sostenibles y efectivas de MIP, no se puede ‘manejar’ el problema de moscas blancas y virus transmitidos por estos vectores en ninguna región.

Manejo Integrado de Plagas MIP

Es por esta razón que el Proyecto Tropical MIP Mosca Blanca, ha venido capacitando profesionales en técnicas de identificación de moscas blancas y virus transmitidos por estos insectos, y continúa ofreciendo el servicio de diagnóstico a la comunidad latinoamericana sin costo alguno.

Esperamos así que esta guía venga a complementar el conocimiento adquirido hasta el momento sobre las moscas blancas y virus transmitidos por estos insectos en la América Latina, para el bien de nuestra agricultura, con el fin de prepararnos para una economía de mercados abiertos donde tenemos que manejar problemas fitosanitarios al menor costo económico y ambiental posible e incrementar los rendimientos y calidad de los productos agrícolas.