

EL INSECTO VECTOR: *Bemisia* Sp.

La Mosca Blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) Como Vector del Virus del Mosaico Dorado del Frijol (BGMV)

Dr. Pamela Anderson
Universidad Nacional Agraria
Managua, Nicaragua

Introducción

La contribución de los entomólogos a la elucidación y resolución del problema de *Bemisia tabaci* (Gennadius) como vector del virus del mosaico dorado del frijol (BGMV), es decir a la generación de conocimientos básicos y a su aplicación para lograr el control de este grave enfermedad, ha sido bastante limitado. El programa de frijol del CIAT y los programas nacionales han definido su contribución principal para la protección del cultivo como el desarrollo de variedades resistentes al BGMV. Por lo tanto, el área de entomología no ha recibido ni presión ni estímulo para definir estrategias y desarrollar tácticas para proteger el frijol contra *Bemisia tabaci*, el insecto vector del BGMV. Así, se perpetua la estrategia convencional de bajar poblaciones de mosca blanca en el campo utilizando pesticidas.

Actualmente, a través de los esfuerzos de mejoramiento, se han logrado materiales (como las líneas DOR) con resistencia al BGMV y alta productividad. Sin embargo, estos genotipos no perduran si la presión de inóculo, i.e. muchas moscas blancas virulíferas, es alta. Hoy en día, se reconoce que para proteger el germoplasma mejorado y prolongar su vida productiva es necesario definir e implementar estrategias complementarias para manejar las poblaciones de vectores. En el corto plazo esto resultará en menos daño para los productores y en el mediano a largo plazo menos presión sobre el germoplasma mejorado.

El uso de los pesticidas para manejar *Bemisia tabaci* es problemático. La mayoría de insecticidas utilizados ya no son efectivos debido a que *B. tabaci* ha desarrollado resistencia a ellos. Los productos que sí sirven son insecticidas caros y altamente tóxicos al ser humano y al ambiente. Además, el uso de insecticidas no necesariamente evita la transmisión de virus. En un estudio clásico, Nene (1973) demostró que de 20 tratamientos de insecticidas ninguno logró matar a *Bemisia tabaci* con suficiente rapidez para evitar la transmisión del virus.

Una de las limitantes más serias para que la entomología no haya hecho más impacto en el manejo de *Bemisia tabaci* como vector es el tratar a *Bemisia tabaci* como plaga en vez de vector. Para el trabajo de insectos vectores es necesario generar conocimientos básicos que sean epidemiológicamente relevantes y importantes. Este documento es

una compilación y revisión del estado de conocimiento de *Bemisia tabaci* como vector del BGMV basado en las contribuciones del Taller de Mosaico Dorado y la literatura publicado, así como en un análisis de esta información dentro del marco conceptual de la epidemiología.

Taxonomía

Moscas blancas en frijol. Hasta la fecha, se han descrito 1,156 especies de moscas blancas que pertenecen a la familia Aleyrodidae (Mound & Halsey, 1978). Russell (1975) reportó 5 especies de Aleyrodidae identificadas en leguminosas en las Américas: *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Bemisia tuberculata* (Haldeman), *Tetraleurodes acaciae* (Quaintance), *Trialeurodes abutilonea* (Haldeman) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood).

En Centro America se han identificado *Bemisia tabaci* en frijol en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua. Además, en Guatemala se han identificado *Tetraleurodes acaciae* y *Trialeurodes vaporariorum* del frijol (P.K. Anderson, 1991, basado en el United States National Museum Collection; R. Caballero, datos no-publicados, 1992).

Solamente *Bemisia tabaci* es reconocida como vector del BGMV. En Centro America, Gámez (1971) confirmó la transmisión del BGMV por *Bemisia tabaci*.

Identificación de moscas blancas. Históricamente, los taxónomos de Aleyrodidae han creído que existen pocas características morfológicas que permiten distinguir entre especímenes adultos. Así, las identificaciones se han basado en el 4to estadio inmaduro llamado pupa, y su identificación por microscopia. El proceso de montaje es relativamente tedioso, las características morfológicas son complejas y hay una escasez de claves taxonómicas.

Como resultado, el conocimiento de las especies existentes en Centro America es inadecuado. Recientemente, en un trabajo donde se hicieron colecciones sistemáticas por toda la región Centroamericana, Caballero (1992) identificó 30 especies de moscas blancas, comúnmente encontradas en los cultivos de importancia en la región. Además, desarrolló claves taxonómicas para estas especies, no solamente para los inmaduros montados en porta-objetos sino también para los inmaduros y adultos vivos en el campo. Ahora, con esta base se considera que será posible la identificación de *Bemisia tabaci* y otras especies de mosca blanca. También, en CIAT el uso del microscopio electrónico de barrido (SEM) permite la identificación de adultos de *Bemisia tabaci* a través de las características de los ojos (omnitidias).

El debate sobre los biotipos. Desde los años 50, Julio Bird en Puerto Rico ha argumentado que existen "razas" de *Bemisia tabaci*. El ha basado este argumento en trabajos experimentales donde *B. tabaci* criada sobre la malvacea *Sida rhombifolia* no podía sobrevivir, alimentarse o transmitir virus a la euforbiacea *Jatropha gossypifolia*, y vice versa (Bird 1957). Russell (1975) opinó que estas razas representaba biotipos de

Bemisia tabaci. El termino biotipo, aplicado a los insectos, se usa para distinguir entre 2 o más grupos taxonómicos morfológicamente similares o indistinguibles pero que difieren entre ellos en cuanto a la preferencia de hospedante, tiempo de desarrollo u otras características de importancia biológica o ecológica (Bush 1994). El debate sobre la existencia de biotipos de *Bemisia tabaci* ha resurgido en los Estados Unidos en los últimos años. En 1986, se encontró una nueva forma de *Bemisia tabaci* en invernaderos de poinsetia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) en Florida. Esta nueva forma, llamada biotipo "poinsetia" o biotipo B, se introdujo al suroeste de los Estados Unidos, rapidamente remplazando la forma original, el biotipo "algodón" o biotipo A. Para 1991, el biotipo B había causado millones de dolares de pérdidas en los cultivos de California y Arizona.

En 1993, basado en datos experimentales biológicos y genéticos, Perring *et al.* concluyeron que los biotipos A y B son actualmente especies distintas de *Bemisia*. Aunque esta conclusion esta todavia bajo discusión y debate (Campbell *et al.*, 1993; Bartlett & Gawal, 1993), Bush (1994) revisando los datos biológicos y genéticos disponibles apoyó la conclusión que los biotipos A y B en los Estados Unidos llenan todos los requisitos para ser considerado como especies distintas que no se crucen.

Basado en datos de electroforesis, Brown (1993) ha reportado que en Centro America y la cuenca del Caribe no solamente existen los biotipos A y B sino también los biotipos C, D y G. Estas conclusiones son prematuras dado que están basadas en patrones de bandas electrofereticas con esterasesas como marcadores. La variación observada a base de una sola enzima no es suficiente para concluir la presencia de un biotipo nuevo; en particular, porque el uso de esterasesas son problematicas debido a que las esterasesas en un insecto estan sujetas a cambios rapidos debido a condiciones ambientales o aplicaciones de pesticidas.

Implicaciones de la existencia de biotipos para la epidemiología del BGMV. Es necesario dar seguimiento a esta línea de investigación dada la implicación epidemiológica de tener varios biotipos del vector. Un estudio sobre la transmisión de un geminivirus del tomate demostró que no hay diferencias significativas entre la eficiencia de transmission por el biotipo A (29%) y el biotipo B (34%) (Brown, 1993). Sin embargo, Bird (1957) encontró que ninguna de las dos "razas" de *B. tabaci* podia transmitir todos los cinco geminivirus descritos en Puerto Rico.

Además, hay otras diferencias importantes entre los biotipos. El biotipo B tiene un rango más amplio de plantas hospedantes (Brown, 1993) y una fecundidad mayor que la del biotipo A (Bethke *et al.*, 1991). Es decir, en general, la capacidad reproductiva del biotipo B es más alta que la de biotipo A. Esto podia resultar en poblaciones más altas con mayor inmigración al cultivo de interés. Por lo tanto, será importante determinar la estructura genética de *Bemisia tabaci* en America Latina y las características biológicos y ecológicas de los diferentes biotipos y/o especies en el complejo *Bemisia*.

Biología y Ecología

La biología y ecología de *Bemisia tabaci* han sido revisadas por varios autores (Lopez-Avila, 1986; Gerling *et al.*, 1986; van Lenteran & Noldus, 1990; Byrne & Bellows, 1991). Sin embargo, la información que existe sobre la biología y ecología de *B. tabaci* en frijol es limitada.

Ciclo de vida. La siguiente descripción del ciclo de vida de la *B. tabaci* en frijol proviene de Eichelkraut y Cardona (1989). La mosca blanca coloca los huevos en el envés de las hojas, a veces en forma aislada, otras veces en grupos irregulares y ocasionalmente en semicírculo. El huevo es de textura lisa y ovalado con la parte superior terminada en punta y la parte inferior redondeada. Generalmente, el huevo es insertado en posición vertical. Inicialmente, es de color blanco verdoso; a medida que madura se torna amarillo y cuando está próximo a eclosionar es de color café claro.

Del huevo eclosiona el "crawler", nombre con el cual se conoce la ninfa de primer estadio, mientras es móvil. Después de unas horas, la ninfa se fija y se puede hablar de la verdadera ninfa del primer estadio. La ninfa pasa por un segundo y tercer estadio. Después de la tercera muda la ninfa pasa por dos fases, una inicial en la cual se alimenta, y otra en la cual deja de hacerlo y sufre cambios morfológicos para transformarse en pupa. Cuando el adulto está próximo a emerger el insecto rompe el integumento pupal en forma de una "T" invertida. Sale por medio de movimientos de contracción y expansión del cuerpo. El adulto se alimenta minutos después de emerger. Dos a cuatro horas después las hembras vírgenes pueden colocar huevos. Las hembras vírgenes colocan huevos viables de los cuales se desarrollan exclusivamente machos. Pero generalmente ocurre la cópula y las hembras son fertilizadas.

Tiempo de desarrollo, longevidad y oviposición. El tiempo de desarrollo es determinado por la temperatura y la planta hospedante. Eichelkraut y Cardona (1989) encontraron que en el invernadero (26 C, 68% H.R.) y sobre frijol, el huevo duro 5.1 días y los estadios ninfales 4.6 d, 3.7 d, 5.1 d, 5.6 d y 6.2 d, secuencialmente. Como adulto, la longevidad de las hembras fue de 14.1 (rango: 5-27) días y del macho 11.1 d (3-26). Las hembras ovipositaron un promedio de 76 huevos (10-97).

Reproducción en frijol. Tanto los datos de invernadero como los datos de campo sugieren que *P. vulgaris* no permite una alta reproducción de *B. tabaci*. Estudiando la capacidad de 11 hospederos para mantener crías de *B. tabaci*, Eichelkraut y Cardona (1989) calificaron al frijol como un mal hospedero. R. Salinas (este volumen) cuantificó que en el campo, desde 15 sep. 1985 a 15 abril 1986, el número de ninfas por planta de frijol fluctuaba solamente de 1 a 15. M. Zamora, estudiando la mosca blanca en frijol bajo riego (enero-abril, 1988), observó que aunque hubo oviposición activa en los trifolios de las plantas de frijol, las ninfas nunca lograron desarrollar hasta la etapa de pupa. Sin embargo, en algunos países, como la República Dominicana y Brasil, *B. tabaci* reproduce en frijol abundantemente en algunas épocas (F.J. Morales, comunicación personal).

Otros hospedantes reproductivos cultivados. Se conoce que *Bemisia tabaci* es un insecto polífago. La revisión más reciente (Greathead, 1986) cita que *B. tabaci* tiene 506 plantas hospederas en 74 familias de plantas en todo el mundo. Aunque *B. tabaci* utiliza plantas no-cultivadas para reproducirse, por el área extensiva, y su densidad, son las plantas cultivadas que más interesan como fuentes de reproducción para *Bemisia tabaci*.

Colecciones de mosca blanca, utilizando el 4to estadio ninfal (pupa) para su identificación indicaron que en Centro America y la Republica Dominicana, *B. tabaci* puede completar su ciclo de vida en por los menos 14 especies de plantas cultivadas (Cuadro 1, P.K. Anderson, basada en la colección del United States National Museum y Florida State Arthropod Collection, 1991; R. Caballero, datos no-publicadas, 1992). Seguramente esta lista es incompleta. También, es necesario cuantificar la capacidad reproductiva relativa para entender mejor los cultivos que funcionan como criaderos para *B. tabaci* en el campo.

Dinámica poblacional. La *Bemisia tabaci* puede desarrollarse entre los umbrales térmicas de 10.0 C y 32.2 C (Gerling *et al.*, 1986), desarrollandose bien en condiciones calidas y secas. El factor más importante en la dinamica poblacional de *B. tabaci* parece ser la lluvia. Existen datos empíricos en varias partes del mundo que sugieren que la abundancia de moscas blancas tiene una correlación inversa con la lluvia, es decir que altos niveles de lluvia suprimen la *Bemisia tabaci* (Kalifa & El-Khidir, 1965; Anzola & Lastra, 1985; Gill & Rataul, 1988; Rao *et al.*, 1989; Singh, 1990; Singh *et al.* 1990). De igual forma, en frijol en America Latina se han observado que las poblaciones de mosca blanca disminuyen sustancialmente en epocas con alta precipitación (Blanco & Bencomo 1978; Morales, 1986; Eichelkraut & Cardona, 1989).

Epidemiología Matemática

Epidemiología. Epidemiología es la ciencia que estudia las enfermedades en las poblaciones (Vanderplank, 1963). La epidemiología puede además ser calificada de acuerdo a la población hospedante de interés primario, e.g. epidemiología humana, veterinaria o botánica (Zadoks, 1974). En los tres campos hay subcomponentes de patógenos transmitidos por invertebrados, principalmente insectos. Los sistemas de patógenos (patosistemas) que conllevan transmisión por insectos representan una dimensión de complejidad en las que las interacciones de al menos tres poblaciones - hospedante, patógenos e insecto vector - debe ser estudiada e integrada.

La epidemiología se puede dividir en cuatro ramas de investigación: circunstancial, etiológica, ecológica y matemática (Macdonald, 1957; Anderson, 1991). La epidemiología circunstancial describe la enfermedad y las circunstancias en las cuales la enfermedad ocurre. La epidemiología etiológica trata de la identificación del agente causal de la enfermedad, hospedantes alternos y modos de transmisión del patógeno. La epidemiología ecológica genera conocimientos básicos sobre los organismos involucrados en el patosistema - patógenos, vectores y hospedantes - y las relaciones

entre ellos. Aun una gran cantidad de conocimientos detallados sobre los organismos involucrados no conducirán necesariamente a un completo entendimiento de la enfermedad. La epidemiología matemática utiliza herramientas (modelos) matemáticas para integrar los datos en un todo coherente y analizar su impacto.

Dentro de la rama de epidemiología matemática, se desarrolló un modelo matemático general para los patógenos de plantas transmitidos por insectos, en el cual se simula la dispersión del patógeno y el daño al cultivo bajo análisis (R. Levins y P. Anderson, 1991, no-publicado). Este modelo está en proceso de verificación para lo cual se está aplicando al patosistema de mosaico dorado de frijol (BGMV) en Nicaragua. El primer paso para utilizar el modelo es estimar valores para cada uno de los parámetros del modelo para un análisis preliminar.

Estimación de parámetros. Del modelo se definen trece parámetros que deben ser cuantificados: densidad de siembra (número de plantas cultivadas por hectárea); inmigración neta (número de insectos que entran a una hectárea por día); insectos virulíferos (proporción de inmigrantes que son virulíferos); tasa de mortalidad (proporción de insectos que mueren por día); número de plantas cultivadas de las que se alimenta un vector en un día; período promedio de adquisición del virus; período promedio de inoculación del virus; período promedio de incubación extrínseco (número de días que el vector requiere para transmitir el virus); período de incubación intrínseco (número de días que el hospedante requiere para actuar como fuente de inóculo); tiempo de retención del virus en el vector; tiempo de generación del vector; reproducción de vector (número de vectores adultos que resultan en un día como producto de la oviposición de una hembra en un día); y período crítico (número de días hasta que el daño causado por una infección se reduce a nivel aceptable). Datos para la estimación de parámetros proviene primeramente de información publicada en la literatura científica.

La densidad de siembra de frijoles en Nicaragua fluctúa entre 250,000 a 400,000 plantas/hectárea (Tapia y Camacho, 1988). La densidad promedio de siembra se estimó en 300,000 plantas/ha.

No existen datos sobre la inmigración de *Bemisia* dentro de campos de frijol. Las tasas de inmigración son estimadas de datos de abundancia de mosca blanca (Anderson, 1986, no-publicada; Parajon, 1988) durante la primera semana de plantado; antes de que la abundancia pueda ser afectada por la reproducción. Datos sobre el número de *Bemisia*/planta colectado por muestreo de plantas individuales en diferentes campos de frijol varían en un rango de 0 hasta 60 moscas blancas por planta en casos extremos. Sin embargo, basado en un promedio de abundancia de mosca blanca de 0.5 insectos por planta a los 10 días después de germinación, se estimó que un promedio razonable de tasa de inmigración es 15,000 insectos por hectárea por día.

El modelo explora tanto el número de *Bemisia* inmigrando así como la proporción de *Bemisia* que son virulíferos. No existen datos de campo sobre los porcentajes de

insectos virulíferos con BGMV en los campos de frijoles. Sin embargo, se espera que el porcentaje varíe grandemente dependiendo de la presencia y distancia de campos de frijol vecinos afectados (reservorios) y de la abundancia de reservorios no-cultivados en la vecindad que rodea los campos de producción. El porcentaje promedio de inmigrantes infectivos fue arbitrariamente fijado en un 10%.

En poblaciones de *Bemisia tabaci* en frijoles en Colombia, el promedio de expectativa de vida se determinó en 11.1 días en machos y 14.1 días para las hembras (Eichelkraut y Cardona, 1989). Si se toma un promedio de expectativa de vida de 12 días, el promedio diario de mortalidad es de 0.08.

Shivanathan (1983) condujo estudios de campo con *Bemisia tabaci* en chiltoma (*Capsicum* spp.). Durante los períodos cuando la temperatura promedio estaba entre 22-26 C, las moscas blancas se movieron un promedio de 6 veces en un día (600-1600 hr) y gastaron 14-196 minutos visitando plantas con un promedio por visita de 94 minutos. Bird (Goodman y Bird, 1978) reportó que la adquisición e inoculación por adultos de la mosca blanca puede ser realizada en un total de menos de 6 minutos. Sin embargo, Gamez (1971) mostró datos que aún con una adquisición mínima de tiempo de 3 horas, solo 1 en 5 moscas blancas adquiere el BGMV. La transmisión eficiente (100%) requiere unas 6 horas de alimentación (Gamez, 1971). Basado en estos datos es razonable estimar una probabilidad de transmisión de 20% (.02)

No existen datos experimentales para los períodos de incubación extrínsecos de BGMV en *Bemisia tabaci* (Goodman y Bird, 1978; Brunt, 1986). Sin embargo, los períodos de incubación para otros geminivirus varían de 4 a 48 horas (Brunt, 1986). Los períodos de incubación extrínseca para BGMV se estiman en 12 horas. Shock y Goodman (1981) han estudiado las concentraciones de virus con el tiempo, para frijoles inoculados con el BGMV. A una temperatura de 32 C encontraron que la concentración del virus incrementa desde el tiempo cuando las hojas iniciaban el desarrollo de síntomas (5-6 días después de la inoculación) hasta un pico de 8-12 días después de la inoculación y luego decreció rápidamente hasta los bajos niveles iniciales por 16 días después de la inoculación. Morales y Niessen (1988) reportaron que en inoculaciones mecánicas, utilizando hojas 8-10 días después de la inoculación, la infectividad de BGMV fue alta. Así, la incubación intrínseca fue establecida en 10 días.

Gamez (1971) encontró que *Bemisia tabaci* puede retener BGMV por un período tan largo como de 21 días. Un examen más cercano a esos datos, indica que a los 7, 14, y 21 días, el 95%, 54% y 27%, respectivamente, de los insectos inicialmente virulíferos estaban aun transmitiendo el virus. Por tanto, el promedio de retención se fijó en 14 días.

El tiempo de desarrollo promedio (días de huevo a adulto) de *Bemisia tabaci* en frijoles es de 28.3 días a 24 C (70% HR) y 25.3 días a 26.5 C (68% HR) (Eichelkraut y Cardona, 1989). Coudriet *et al.* (1987) trabajando con poblaciones de *B. tabaci* de California, encontraron que a 26.7 C, las moscas blancas tomaron 21.8 días para

desarrollarse en frijoles. Dado que la oviposición usualmente comienza horas después de la eclosión, el tiempo de desarrollo es una aproximación razonable del tiempo de generación. El tiempo de generación promedio fue fijado en 25 días.

La tasa de oviposición, o sea el número de huevos puestos por una hembra por día, fue estimado de datos graficados presentados por Eickelkraut y Cardona (1989) en 6 huevos por día. El único estudio documentando de sobrevivencia en el campo fue llevado a cabo en un estudio de tabla de vida de *Bemisia tabaci* en algodón en Israel (Horowitz *et al.*, 1984). El promedio de sobrevivencia de huevos a adultos se determinó en 15%. Entonces, la reproducción se estimó en 1.0.

El período crítico es el número de días hasta que el daño causado por una infección es reducida a un nivel aceptable. Un nivel de daño aceptable está arbitrariamente definido en 10%. Pierre (1975) evaluó el daño atribuible al BGMV seleccionando y marcando plantas enfermas en el campo entre 17 y 44 días después de plantadas. Cuando la infección se observó en aproximadamente 14, 21, 28, 35 y 42 días, el daño fue de 86.15%, 73.98, 73.52%, 39.57% y 41.02%, respectivamente, comparados con plantas testigos no infectadas. Graficando esos datos y extrapolando la curva de daños, 10% de daño resultarían en infecciones a plantas de frijol de aproximadamente 8 semanas, o 56 días.

Exploración de los parámetros. El método de perturbación fue usado para explorar el patosistema del virus del mosaico dorado del frijol. Después de estimar los valores medios para cada uno de los parámetros, los valores se incrementaron o disminuyeron, con el fin de obtener valores máximos y mínimos; el valor medio fue duplicado o reducido a la mitad. Cuando ello no era biológicamente razonable, la media estimada se incrementó o disminuyó en un orden de magnitud, o hasta sus límites, tal como se reporta en la literatura científica. Los valores mínimos, medios y máximos para el patosistema BGMV aparecen en el Cuadro 2. El mínimo y máximo están referidos a los valores que contribuyen a la diseminación del patógeno, y no al valor numérico en sí mismo.

Resultados. Un análisis (en la computadora), utilizando los valores medios de los parámetros (Cuadro 2), indica que resulta 63.2% de daño a causa del BGMV (Cuadro 3). Las intervenciones en el tiempo generacional, tiempo de retención, reproducción, período de incubación, transmisiones y densidad de siembra tienen poco o ningún impacto sobre el daño, dentro del ámbito de valores explorados. Esto indica que, por lo menos en una primera fase de investigación, no se debería incurrir en gastos de recursos adicionales para cuantificar esos parámetros.

En cambio, las intervenciones en el período crítico, tasa de inmigración y la proporción de inmigrantes infectivos reducen significativamente el daño. Por lo tanto, la investigación entomológica debería priorizar: a) variación en la tasa de inmigración de *B. tabaci* a campos de frijol durante el ciclo de producción, al igual que durante las diferentes fechas

de siembra y las diferentes zonas del país, y b) variación en el porcentaje de insectos inmigrantes que son virulíferos en tales circunstancias.

Proteccion

Prácticas actuales. Aunque en algunos países como Honduras (F. Rodriguez *et al.*, este volumen) y Costa Rica (R. Araya, este volumen) parece que no se aplica ninguna medida de control contra la mosca blanca en frijol, en la mayoría de los países afectados, el manejo de las poblaciones de *Bemisia tabaci* en frijol se hace a través de agroquímicos. El Cuadro 4 cita los químicos que mencionan de uso actual para *B. tabaci* en frijol. Blanco y Faure (este volumen) especifica que en Cuba su programa consiste en la aplicación de insecticidas sistémicos de forma programada entre los 7 y 10 días después de la siembra, y las aplicaciones siguientes se realizan cuando la población sea de 0.5 moscas/planta. Dardon (1993) reportó que además de la aplicación de pesticida granulado al momento de sembrar, en Guatemala realizan entre 12-15 aplicaciones de pesticidas para *B. tabaci* en frijol hasta la cosecha.

En Nicaragua, debido a: 1) el alto nivel de resistencia de la mosca blanca a los insecticidas sintéticos; 2) el alto precio de los productos todavía efectivos, e.g. bifentrin (Talstar) y fenpropatrina (Herald), y; 3) la promoción del uso de un mínimo de insumos promovido por los programas de extensión como "Campesino a Campesino", muchos pequeños productores de frijol están utilizando insecticidas botánicos y "repelentes" contra *Bemisia tabaci*. Específicamente, están aplicando: a) chile: 4-6 chiles maduros por bomba de 20 litros de agua; b) tabaco: 4 cigarrillos en una lata de agua, se hierve, posteriormente se toma un litro de esta solución y se prepara con 4 litros de agua; c) jabon liquido; d) aceite de cocinar: 1 litro para 4 bombadas de 20 litros de agua; y e) estiércol de vaca: 15 libras en 20 litros de agua, dejandola fermentar durante 15 días, de esa fermentación se usa 1 litro en 4 litros de agua (Anderson *et al.*, 1994).

Además de que el uso de insecticidas sintéticos, en Cuba se mantienen los campos libres de malezas dentro y fuera del campo de frijol, incluyendo las calles y guardarrayas y se evita las siembras escalonadas y colindantes (Blanco y Faure, este volumen). En Argentina se establecen las fechas de siembra para escape de una alta presión de poblaciones de mosca blanca que usualmente coinciden con el periodo de maduración de la soya (M. Salgado, este volumen). Y en la Republica Dominicana existe legislación sobre áreas y épocas de siembra (F. Saladin *et al.*, este volumen).

Conclusiones

Según el análisis matemático, las intervenciones sobre la tasa de mortalidad reducen el daño al cultivo de forma significativa. La mortalidad no se debe confundir con la reducción del nivel poblacional. En un sentido epidemiológico, la mortalidad significa la eliminación del sistema de los vectores, antes de que éstos tengan oportunidad de

adquirir, incubar e inocular plantas no infectadas. Una tasa de mortalidad de 0.8 representa una esperanza de vida de 1.2 días o, aproximadamente, 24 h. Si el tiempo de incubación extrínseco es de 24 h, entonces una mortalidad de 0.8 implica que los individuos que entran al sistema como no virulíferos y adquieren el virus dentro del campo, mueren antes de inocular plantas sanas. Es decir, el daño debido a inoculaciones secundarias es minimizado; el daño restante refleja las infecciones primarias desde fuera del campo.

Este resultado indica que la mayoría de las tácticas que se están utilizando para proteger el cultivo contra el BGMV, tales como las aplicaciones de insecticidas, se deben reevaluar, para determinar su impacto sobre la mortalidad de *B. tabaci*.

A pesar del conocimiento que el BGMV causa la más devastadora enfermedad viral en los frijoles en Latino América, existe escasez de datos entomológicos publicados, y que sean epidemiológicamente relevantes. En particular, falta confianza sobre las estimaciones de tasas de inmigración de vectores, porcentaje de inmigrantes virulíferos. Dado que esta dinámica parece depender de la lluvia es importante comenzar a coleccionar y correlacionar datos de lluvia con inmigración de *Bemisia tabaci* al campo, incidencia de BGMV y rendimientos.

Referencias

- Anderson, P.K. 1991. Epidemiology of insect-transmitted plant pathogens. Doctoral Thesis. Boston, EE.UU., Harvard University. 304p.
- Anderson, P.K.; Chavarria, A.; Guharray, F. [eds]. 1994. Memoria de Taller Nacional de Mosca Blanca. Managua, Nicaragua, CATIE/OIRSA. 57 pp.
- Anzola, D.; Lastra, R. 1985. Whiteflies population and its impact on the incidence of tomato yellow mosaic virus in Venezuela. *Journal of Phytopathology* 112:363-366.
- Bartlett, A.C.; Gawel, N.J. 1993. Determining whitefly species. *Science* 261:1333-1334.
- Bethke, J.A.; Paine, T.D.; Nuessly, G.S. 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.
- Bird, J. 1957. A whitefly-transmitted mosaic of *Jatropha gossypifolia*. Rio Piedras, Puerto Rico, Agricultural Experiment Station (Technical Paper) 22:1-35.
- Blanco, N; Bencomo, I. 1978. Afluencia de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), vector del virus del mosaico dorado, en plantaciones de frijol. *Ciencias de la Agricultura (Cuba)* 2:39-46.

- Brown, J. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. *In Las Moscas Blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central y el Caribe*. Ed. by L. Hilje, O. Arboleada. Turrialba, Costa Rica, CATIE. pp. 1-9.
- Brunt, A.A. 1986. Transmission of diseases. *In Bemisia tabaci - a literature survey*. Ed. by M.J.W. Cock. Berks, UK, C.A.B. p.43-50.
- Byrne, D.; Bellow, T.S. 1991. Whitefly biology. *Annual Review of Entomology* 36:431-457.
- Bush, G. 1994. *Bemisia tabaci*: biotipo o complejo de especies? *In Las Moscas Blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central y el Caribe, II*. Ed. by P.K. Anderson, A. Chavarria, A. Rojas, N. Valle. Managua, Nicaragua, OIRSA. (En preparacion).
- Caballero, R. 1992. Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from Central America and Colombia including slide-mounted pupal and field keys for identification, field characteristics, hosts, distribution, natural enemies and economic importance. Tesis M.Sc. Manhattan, Kansas (EE.UU.), Kansas State University. 201 p.
- Campbell, B.C.; Duffus, J.E.; Baumann, P. 1993. Determining whitefly species. *Science* 261:1333.
- Coudriet, D.L.; Prabhaker, N.; Kishaba, A.N.; Meyerdirk, D.E. 1985. Variation in developmental rate on different hosts and overwintering of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 14:516-519.
- Dardon, D.E. 1993. Las moscas blancas en Guatemala. *In Las Moscas Blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central y el Caribe*. Ed. by L. Hilje, O. Arboleada. Turrialba, Costa Rica, CATIE. pp. 38-41.
- Eichelkraut, K.; Cardona, C. 1989. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera:Aleyrodidae), como plaga de frijol común. *Turrialba* 39(1):51-55.
- Gamez, R. 1971. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. *Turrialba* 21(1):22-27.
- Gerling, D.; Horowitz, A.R.; Baumgaertner, J. 1986. Autecology of *Bemisia tabaci*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 17: 5-19.

- Gill, C.K.; Rataul, H.S. 1988. A note on the incidence estimation of losses and symptomology of yellow mosaic virus on soybean, *Glycine max* L. Indian Journal of Entomology 48:524-526.
- Goodman, R.M.; Bird, J. 1978. Bean golden mosaic virus. CMI/ABB Descriptions of Plant Viruses No. 192.
- Greathead, A.H. 1986. Host plants. In *Bemisia tabaci* a literature survey. Ed. by M.J.W. Cock. Silkwood Park, UK, CAB. pp. 17-26.
- Horowitz, A.R.; Podoler, H.; Gerling, D. 1984. Life table analysis of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) in cotton fields in Israel. Acta OEcológica/OEcologia Aplicata 5(3):221-233.
- Khalifa, A.; El-Khidir, E. 1965. Biological study on *Trialeurodes lubia* and *Bemisia tabaci*. Bulletin de la Societe entomologique d'Egypte 48:115-129.
- Lopez-Avila, A. 1986. Taxonomy and biology. In *Bemisia tabaci*-a literature survey. Ed. by M.J.W. Cock. Silkwood Park, UK, CAB. pp. 3-12.
- MacDonald, G. 1957. The prevention and control of malaria. London, Oxford University Press.
- Morales, F.J. 1986. Epidemiology and integrated control of whitefly-transmitted virus of *Phaseolus vulgaris* L. in Argentina. In Proceedings of the Workshop on Epidemiology of Plant Virus Diseases, August 6-8, 1986, Orlando, FL. pp. III 9-10.
- Morales, F.J.; Niessen, A.I. 1988. Comparative responses of selected *Phaseolus vulgaris* germplasm inoculated artificially and naturally with bean golden mosaic virus. Plant Disease 72:1020-1023.
- Mound, L.A.; Halsey, S.H. 1978. Whitefly of the World. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. British Museum (Natural History). 340 p.
- Nene Y.L. 1973. Control of *Bemisia tabaci* Genn., a vector of several plant viruses. Indian Journal of Agricultural Sciences 43:433-436.
- Parajon, B. 1988. Dinámica poblacional de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn.) en frijol común, *Phaseolus vulgaris* L. con riego en Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarios. 30 p.
- Perring, T.; Cooper, A.D.; Rodriguez, R.J.; Farrar, C.A.; Bellows, T.S. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science 259:74-77.

- Pierre, R.E. 1975. Observations on the golden mosaic of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Jamaica. *In* Tropical disease of legumes. Ed. by J. Bird, K. Maramorosch. New York, Academic Press. p. 55-59.
- Rao, N.V.; Reddy, A.S.; Rao, K.T. 1989. Natural enemies of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius in relation to host population and weather factors. *Journal of Biological Control* 3:10-12.
- Russell, L. 1975. Whiteflies on beans in the western hemisphere. *In* Workshop on Bean Production, Cali, Colombia, 1-3 December, 1975. Cali, Colombia, CIAT. 22 p.
- Shivanathan P. 1983. The epidemiology of three diseases caused by whitefly-borne pathogens. *In* Plant virus epidemiology. Ed. by R.T. Plumb, J.M. Thresh. Oxford, Blackwell Scientific Publications. p. 323-330.
- Shock, T.L.; Goodman, R.M. 1981. Time-course studies on virus titre and DNA component ratio in beans infected with bean golden mosaic virus. *Phytopathology* 71:80-82.
- Singh, S.J. 1990. Etiology and epidemiology of whitefly-transmitted virus diseases of okra in India. *Plant Disease Research* 5:64-70.
- Singh, T.V.K.; Singh, K.M.; Singh, R.N. 1990. Groundnut pest complex: III. Incidence of insect pests in relation to agroclimatic conditions as determined by graphical superposition technique. *Indian Journal of Entomology* 52:686-692.
- Tapia, H.; Camacho, A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. Eschborn, Alemania, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). 181p.
- Vanderplank, J.E. 1963. Plant diseases: epidemiology and control. New York, Academic Press.
- Van Lenteren, J.C.; Noldus, L.P.J.J. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects. *In* Whiteflies: their Bionomics, Pest Status and Management. Ed. by D. Gerling. Andover, UK, Intercept, Ltd. pp. 47-90.
- Zadoks, J.E. 1974. The role of epidemiology in modern phytopathology. *Phytopathology* 64:918-923.

English Summary

The information that exists for *Bemisia tabaci* (Gennadius) as a vector of bean golden mosaic virus (BGMV) is fairly limited. Although 5 species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) have been identified from beans in the Americas, only *B. tabaci* is confirmed as a vector of BGMV. There are reports that numerous biotypes of *B. tabaci* (A,B,C,D,G) are present in Central America and the Caribbean basin, but these conclusions are premature. Additional research is needed on biotypes, in general, in Latin American and specifically on the biotype(s) associated with bean plantings.

The only detailed study on the biology of *Bemisia tabaci* in beans comes from research at CIAT. The development time for *B. tabaci* on beans under greenhouse conditions (26 C) was found to be 30.3 days. Average adult longevity was 11 and 14 days for males and females, respectively. And, females laid an average of 76 eggs during their lifetime.

Under field conditions in the Dominican Republic and Brazil, *B. tabaci* reproduces abundantly on beans. However, both CIAT studies and field observations from Mexico and Central America suggest that beans are not a good reproductive host for *B. tabaci*. In these latter cases, it is probably other cultivated host plants that serve as reproductive hosts for the whitefly. In Central America *B. tabaci* can complete its life cycle on, at least, 14 cultivated plants. The crop plants should be studied to determine their relative importance as reproductive sources for *Bemisia*.

Bemisia tabaci develops between 10.0 and 32.2 C, reaching high populations levels under hot, dry conditions. The most important factor in reducing whitefly population levels appears to be rainfall. High levels of rainfall have been linked to low whitefly populations in many crops, world-wide, including bean-producing zones in Latin America.

The contribution of entomologists to the understanding of *Bemisia tabaci* as a vector of bean golden mosaic virus (BGMV) and the development of crop protection strategies to manage the whitefly has been extremely limited. This has been true in part because the principle tactic promoted for BGMV protection has been the deployment of resistant varieties, and because entomologists continue to treat insect vectors as if they were insect pests. Consequently, the conventional strategy of reducing whitefly populations in the bean fields with insecticides has predominated.

Chemical control is the predominant form of vector management in Latin America and the Caribbean with IPM, i.e. insect pest, style economic injury levels established at low population densities (e.g. 0.5 whiteflies/plant in Cuba), and frequent insecticide applications (e.g. 12-14 per growing season in Guatemala).

An alternative approach, based on epidemiological analysis using a mathematical model is presented. This type of epidemiological analysis underlines the need for more basic entomological research on vector immigration into the field and the proportion of

viruliferous insects in the immigrating population. It also indicates that pesticides will only work if they result in extremely high whitefly mortality (e.g. 100% mortality in 24 hours), explaining one of the problems with the insect pest approach to pesticide sprayings. Most importantly, given that the whitefly dynamics, i.e. the immigrating insects, are controlled by rainfall, it is critical to begin collecting rainfall data to correlate with whitefly immigration, BGMV incidence and bean yields as a basis for the development of a disease forecasting system.

Cuadro 1. Plantas hospedantes cultivadas de Bemisia tabaci

| Nombre común | Nombre científico | Localidades |
|--------------|--------------------------------------|-----------------------|
| aguacate | <i>Persea americana</i> L. | G |
| algodon | <i>Gossypium hirsutum</i> L. | H, ES, N |
| berengena | <i>Solanum melongena</i> L. | RD |
| chile | <i>Capsicum annum</i> L. | B, H |
| | <i>Capsicum frutescens</i> L. | N |
| frijol | <i>Phaseolus vulgaris</i> L. | G, ES, H, N |
| guayaba | <i>Psidium guajava</i> L. | N |
| melon | <i>Cucumis melo</i> L. | G, B, H |
| papa | <i>Solanum tuberosum</i> L. | H, N |
| pepino | <i>Cucumis sativus</i> L. | H, N |
| sandia | <i>Citrullus lanatus</i> L. | B, H |
| soya | <i>Glycine max</i> (L.) Merr. | H |
| tobaco | <i>Nicotiana tabacum</i> L. | N |
| tomate | <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. | RD, G, B, ES, H, N |

RD = Republica Dominicana; G = Guatemala; B = Belice;
 ES = El Salvador; H = Honduras; N = Nicaragua

Cuadro 2. Estimados de parametros para el virus del mosaico dorado del frijol (BGMV).

| Parámetro | min ¹ | Valor promedio | max ¹ |
|-------------------------|------------------|----------------|------------------|
| Densidad de siembra | 400,000 | 300,000 | 200,000 |
| Tasa de inmigración | 1,500 | 15,000 | 150,000 |
| Insectos virulíferos | 0.1 | 10.0 | 99.0 |
| Tasa de mortalidad | .8 | .08 | .008 |
| Tasa de alimentación | 1 | 6 | 60 |
| Adquisición/Inoculación | .12 | .25 | .5 |
| Incubación extrínseca | .5 | 1 | 2 |
| Incubación intrínseca | 20 | 10 | 5 |
| Tiempo de retención | 7 | 14 | 21 |
| Tiempo de generación | 50 | 25 | 13 |
| Reproducción | .1 | 1 | 10 |
| Período crítico | 28 | 56 | 112 |

1) Los valores mínimos y máximos estan referidos a los valores que contribuyen a la dispersión del patógeno, al valor numérico en si mismo.

Cuadro 3. Daño causado por el virus del mosaico dorado del frijol (BGMV).

| Parámetro | Daño con valores de parametros | | |
|----------------------|--------------------------------|----------|-------|
| | min | promedio | max |
| Densidad de siembra | 57.4 | 63.2 | 70.9 |
| Tasa de inmigración | 17.2 | 63.2 | 100.0 |
| Insectos virulíferos | 23.4 | 63.2 | 98.0 |
| Tasa de mortalidad | 14.0 | 63.2 | 69.9 |
| Prob. de transmisión | 58.6 | 63.2 | 81.2 |
| Tiempo de incubación | 50.0 | 63.2 | 76.4 |
| Tiempo de retención | 63.2 | 63.2 | 63.2 |
| Tiempo de generación | 63.2 | 63.2 | 63.2 |
| Reproducción | 57.4 | 63.2 | 67.6 |
| Período critico | 27.1 | 63.2 | 100.0 |

Cuadro 4. Agroquímicos en uso para Bemisia tabaci en frijol

| País | Agroquímico | Referencia |
|-----------|--|--|
| Mexico | endosulfan (Thiodan) aldicarb (Temik) carbofuran (Furadan) diazinon ometoato (Folimat) | Lopez-Salinas; Salinas Perez; este volumen |
| Guatemala | aldicarb endosulfan fenpropatrina metamidofós metil-paratión oxidemetón-metilo | Dardon 1993 |
| Nicaragua | bifentrin (Talstar) fenpropatrina (Herald) | Anderson <i>et al.</i> 1994 |
| Argentina | aldicarb monocrotofas dimetoato | Salgado, este volumen |