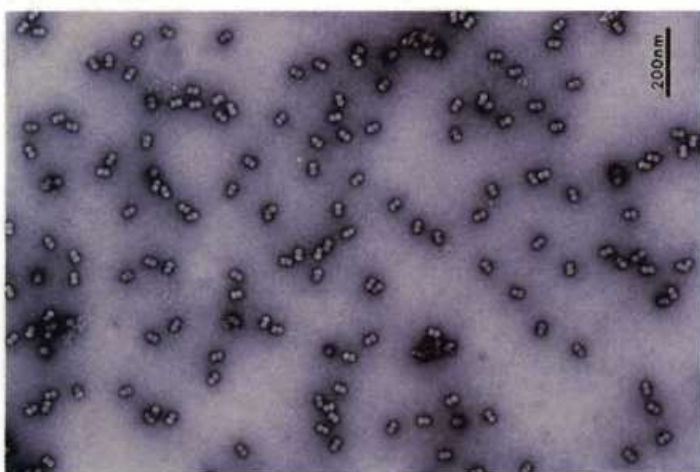


CIAT

COLECCION HISTORICA

Mosaico Dorado

y otras enfermedades del frijol común
causadas por geminivirus
transmitidos por mosca blanca en la América Latina

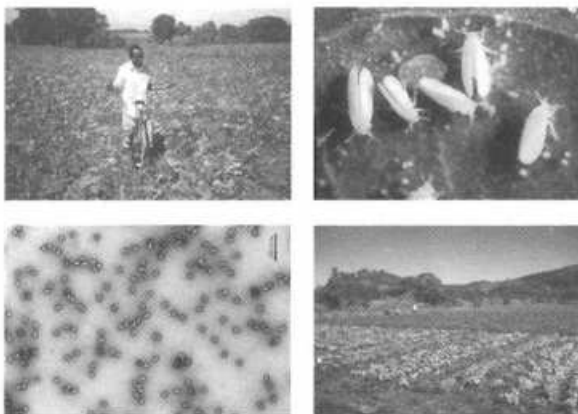


1960 - 2000

40 años de Investigación Colaborativa

SB
327
.M674
c.2

COSUDE-PROFRIJOL-CIAT-ICTA-CENTA-DICTA-INIFAP-SEA-CESDA-
APA-EEAOC-INTA-IIHLD-PRONAH-CNIA-INISAV-UN-UCR-UFL-UWI-
UAZ-SIBTA-UBR-IAC



Fotografías carátula

Arriba izquierda: Productor de frijol en un campo afectado por **BGYMV** en República Dominicana (Top left) [Foto F.J. Morales]. Arriba derecha: Adultos, ninfas y huevos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* [Foto Guillermo Guzmán, CIAT]. Abajo izquierda: Partículas geminadas típicas del género Begomovirus [Cortesía Dr. Ramón Lastra, IVIC, Venezuela]. Abajo derecha: Germoplasma de frijol susceptible y resistente al *Virus del mosaico dorado amarillo del frijol*, en el El Salvador [Foto F.J. Morales, CIAT].

SB
327
o M674
c.2

EL MOSAICO DORADO Y OTRAS ENFERMEDADES DEL FRIJOL COMUN CAUSADAS POR GEMINIVIRUS TRANSMITIDOS POR MOSCA BLANCA EN LA AMERICA LATINA

**BEAN GOLDEN MOSAIC AND OTHER DISEASES OF COMMON BEAN CAUSED BY
WHITEFLY-TRANSMITTED GEMINIVIRUSES IN LATIN AMERICA**



Francisco José Morales Garzón

Editor

**Impreso en el Centro Internacional de Agricultura Tropical
(CIAT), Palmira (Valle), Colombia**

2000 A. D.

CONTENIDO

	Página
<i>In Memoriam</i>	
Freddy Saladín García	I
Alvaro Santos Costa	II
Prefacio	III
Prólogo del editor	IV
Introducción	1
Importancia socio-económica del frijol en la América Latina	1
Enfermedades del frijol causadas por geminivirus en la América Latina	2
El mosaico dorado	2
El mosaico dorado amarillo	4
El mosaico enano	6
El mosaico cálico	7
Otras enfermedades	8
Historia y situación actual del cultivo del frijol en los países latinoamericanos afectados por geminivirus transmitidos por mosca blanca	13
México	13
México-noroeste	13
México-sur	19
América Central	25
Guatemala	25
El Salvador	29
Honduras	33
Nicaragua	37
Costa Rica	41
Panamá	47

Región Caribe	49
Cuba	49
República Dominicana	55
Haití	59
Puerto Rico	65
América del Sur	69
Argentina	69
Bolivia	73
Brasil	79
Los begomovirus	87
Introducción	87
Clasificación de los geminivirus	87
Organización genómica de los begomovirus	88
Diversidad genética y evolución	90
Pseudorecombinantes	91
Relaciones filogenéticas	92
Detección molecular de geminivirus del frijol común y estrategias antivirales	99
Métodos moleculares para la detección de geminivirus	99
Detección de geminivirus del frijol en malezas	100
Función genómica y estrategias antivirales	100
La mosca blanca vectora: <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)	107
Introducción	107
Taxonomía	108
Identificación de moscas blancas	108
El debate sobre los biotipos	109
Implicaciones de la existencia de biotipos	110
Biología y ecología	110
Ciclo de vida	110
Tiempo de desarrollo	111
Reproducción en frijol	111
Epidemiología	113
Hospedantes reproductivos de <i>Bemisia</i>	113
Biotipos de <i>Bemisia tabaci</i>	115
Protección	115
Prácticas actuales	115
Manejo integrado de plagas	118

Identificación molecular de los biotipos A y B de <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)	129
Control integrado de geminivirus del frijol	133
Control genético	133
La búsqueda de resistencia genética	134
Evaluación de genotipos de frijol	142
Técnicas moleculares	143
Control químico	144
Control con productos no-sintéticos	145
Control cultural	146
Barreras vivas	146
Policultivos	146
Cultivos trampas	147
Fecha de siembra	147
Densidad de siembra	148
Trampas pegajosas	148
Control biológico	149
Control legal	149
Necesidades de investigación futuras	155
English summary	159
Current situation in Latin America	159
Common bean research in Latin America	159
Begomoviruses infecting common bean	160
Geminivirus taxonomy	162
The whitefly vector	164
Integrated begomovirus/whitefly management	165
Future research needs	167
Agradecimientos	169
Acknowledgements	169

IN MEMORIAM

FREDDY SALADIN GARCIA

1941-1997



Hace seis años estábamos contemplando con el Ing. Freddy Saladín la posibilidad de que el Gobierno Suizo, a través de su Agencia COSUDE y el Proyecto PROFRIJOL, nos financiara la primera edición de la publicación sobre el “Mosaico Dorado del Frijol”. Como Coordinador del Proyecto PROFRIJOL, Freddy realizó las gestiones necesarias para que esta publicación se convirtiera en una realidad y, eventualmente, en una fuente de información valiosa sobre el mosaico dorado en la América Latina.

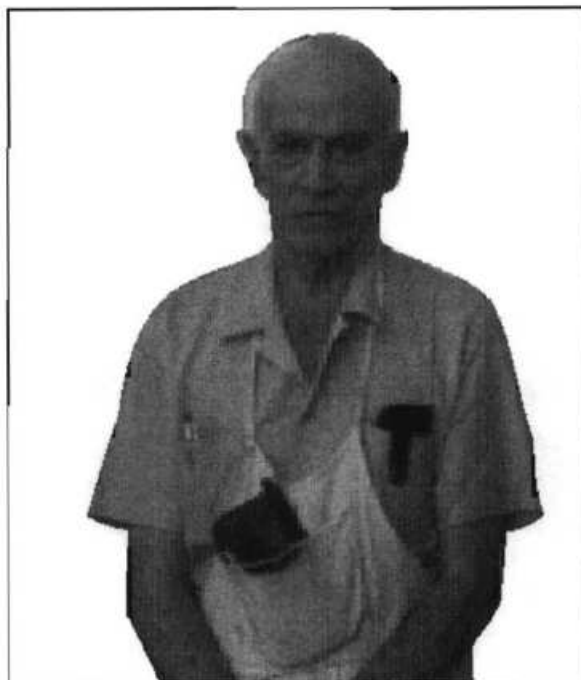
Al preparar esta segunda edición, este gran amigo de todos los que tuvimos el placer de conocerlo, no está entre nosotros para ayudarnos nuevamente. Sin embargo, la amistad eterna que nos une a Freddy, nos animó a publicar esta segunda edición en homenaje a su memoria.

Francisco José Morales G.

IN MEMORIAM

ALVARO SANTOS COSTA

1912-1998



La historia de los virus del frijol transmitidos por mosca blanca, comenzó a ser escrita en 1961 por un científico brasileño de incomparable calidad humana y profesional, el Dr. Alvaro Santos Costa. Su dedicación y visión, abrieron al mundo entero el camino al conocimiento de los geminivirus transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, y permitieron desarrollar medidas para controlar una de las más grandes amenazas a la agricultura en este siglo.

Queremos en esta publicación honrar la memoria de este científico, a quien tanto le debemos sus colegas, alumnos, y los millones de personas en la América Latina que se beneficiaron de su labor.

Francisco José Morales G.

Prefacio

La primera edición del "Mosaico Dorado del Frijol: Avances de Investigación", financiada por Cosude en 1994, fue un éxito porque recopiló gran parte de la información generada sobre el mosaico dorado del frijol en el área de influencia de Profrijol, así como en Brasil y Argentina. La Edición 2000 que aquí presentamos a los interesados en este importante tema, actualiza los conocimientos y resultados de investigación sobre el mosaico dorado y otras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca, e incluye otros países como son Panamá y Puerto Rico en el Caribe, y Bolivia en Suramérica.

Esta publicación incorpora también información generada por el Proyecto Internacional sobre Manejo Integrado de Moscas Blancas, financiado por la Agencia Danesa para el Desarrollo (Danida), entidad que gentilmente ha contribuido a la producción de esta edición. Estamos seguros de que esta nueva publicación será una referencia obligada para la planeación de las investigaciones que se adelanten en América Latina sobre el manejo de estas enfermedades, que se constituyen en las principales limitantes de la producción de frijol en las zonas bajas del continente. Es motivo de satisfacción para el CIAT hacer entrega de este importante documento a todos nuestros colaboradores y a la comunidad científica en general.

Cesar Cardona
Coordinador Proyecto Frijol
CIAT

Prologo del editor

Pocas enfermedades virales de plantas han congregado un número tan grande de especialistas, como el mosaico dorado del frijol. Cuando el mosaico dorado fue observado por primera vez infectando el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Brasil, nadie imaginó que esta enfermedad habría de diseminarse por todas las regiones tropicales y subtropicales, productoras de frijol en la América Latina.

El fruto de la labor de todos los científicos que han investigado sobre diversos aspectos del mosaico dorado del frijol, ha sido publicado en varias revistas, libros e informes. En noviembre de 1992 se organizó la última reunión internacional sobre el mosaico dorado del frijol en la ciudad de Guatemala, con el auspicio de PROFRIJOL-COSUDE y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Los informes de los representantes de los países latinoamericanos afectados por esta enfermedad, así como las intervenciones de los científicos de las universidades de Florida, Puerto Rico y Wisconsin, y las de los miembros del Programa de Frijol del CIAT, sirvieron de base para la elaboración de la publicación "Mosaico Dorado del Frijol: Avances de Investigación-1994". Esa publicación compiló la historia y avances científicos logrados hasta 1994 sobre el conocimiento y control del virus del mosaico dorado del frijol. La gran acogida que tuvo esta publicación, nos ha impulsado a actualizar la información sobre el mosaico dorado del frijol y otras enfermedades del frijol común causadas por geminivirus, ahora que nos encontramos a las puertas del siglo XXI.

Esta publicación analiza la evolución de las enfermedades del frijol común causadas por virus transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci* en las últimas cuatro décadas; los avances en el diagnóstico y control del BGMV; y las perspectivas para el manejo de esta enfermedad en el nuevo milenio. Esperamos que este esfuerzo internacional contribuya a diseminar el conocimiento acumulado sobre estas enfermedades, con el fin de atenuar los daños causados por begomovirus en uno de los cultivos más tradicionales e importantes en la dieta del pueblo latinoamericano.

Introducción

Francisco José Morales G.

Importancia socio-económica del frijol en la América Latina

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los alimentos básicos originarios de las Américas, donde su consumo diario representa un aporte protéico (15-35%) y calórico (340 cal./100 g) importante a la dieta del pueblo latinoamericano, especialmente a la gran mayoría de la población de menores recursos económicos. En la América tropical y subtropical, se producen más de cuatro millones de toneladas al año, con un consumo de 10-20 kg/*per capita*.

Brasil es el mayor productor de frijol en la América Latina, habiendo llegado a cultivar hasta *ca.* cinco millones de hectáreas de esta leguminosa, seguido por México con *ca.* dos millones de hectáreas. Los países de la América Central cultivan aproximadamente 500 mil hectáreas de frijol, lo cual representa una de las más altas densidades de siembra de frijol en la América Latina, relativo al área geográfica. En los países centroamericanos se consume el frijol hasta tres veces diarias. En la región Caribe, el frijol es también un alimento básico en la dieta de países como Cuba, Haití y la República Dominicana, cultivandose *ca.* un cuarto de millón de hectáreas.

A pesar del área dedicada al cultivo del frijol común en la América Latina, la producción no alcanza a satisfacer la demanda interna de los principales países consumidores. Esto se debe a la baja productividad del cultivo del frijol, cuyo promedio fluctúa entre los 500-700 kg/ha en esta región. Esta baja productividad está asociada a diversos factores, tales como el minifundio, la falta de asistencia técnica y crediticia, la marginalidad de las tierras dedicadas al cultivo, el bajo uso de insumos, el mercado, y los problemas fitosanitarios. Entre estos últimos, las enfermedades causadas por virus transmitidos por mosca blanca, han sido señaladas como una de las

principales limitantes del cultivo del frijol en las tierras bajas (0-1000 m.s.n.m.) de la América Latina.

La importación de frijol en los países menos desarrollados de la América Latina, representa una pérdida de divisas significativa, la cual debe ser compensada con la explotación de otros cultivos de mayor valor agregado y demanda internacional, como las hortalizas. Estos cultivos de exportación no tradicionales, demandan un alto uso de pesticidas para satisfacer los requisitos de calidad del mercado internacional, lo cual está causando un problema ambiental y de salud humana de grandes proporciones en la América Latina.

Enfermedades del frijol causadas por geminivirus en la América Latina

El Mosaico Dorado del Frijol

En 1961, el virólogo brasileño Alvaro Santos Costa (1965) observó un mosaico del frijol, caracterizado por un amarillamiento foliar intenso, al que llamó “mosaico dorado” (Figura 1). Costa destacó el hecho de que esta enfermedad había alcanzado una alta incidencia (80%) en un plantío de frijol voluble cerca de Campinas, Estado de São Paulo. El mosaico dorado también afectaba al frijol lima, *Phaseolus lunatus*. Costa realizó un ensayo con 28 variedades de frijol, inoculándolas con el virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) mediante la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Ninguna de estas variedades demostró poseer resistencia al virus. Costa comentó que el BGMV no parecía ser transmitido a través de la semilla o por medios mecánicos. Por el contrario, la mosca blanca *B. tabaci* resultó ser un vector muy eficiente del virus de plantas enfermas a plantas sanas de frijol. La relación del virus con el insecto vector, era persistente según Costa. En cuanto a las posibles medidas de control, Costa comentó que “el mosaico dorado del frijol no es una enfermedad que posea actualmente la suficiente importancia económica, que requiera medidas de control especiales en la mayoría de las condiciones prevalentes en el Estado de São Paulo”. Costa anotó que *B. tabaci* podía ser controlada fácilmente con insecticidas

aplicados tanto a las plantas de frijol como a la vegetación espontánea alrededor, ya que la mosca blanca se desplaza a menudo de otras plantas al frijol.

En 1975, Costa informó que el mosaico dorado se había diseminado a todas las principales regiones productoras de frijol del Brasil, especialmente en los Estados de São Paulo, Minas Gerais y Paraná. La enfermedad presentaba una alta incidencia en los meses de verano, cuando las poblaciones de mosca blanca alcanzan su máxima densidad poblacional. Costa relacionó las altas poblaciones de *B. tabaci* en frijol y otros cultivos, con el incremento de los plantíos de soya en los Estados de Paraná y São Paulo, debido a que esta especie de mosca blanca se reproducía abundantemente en esta leguminosa. Para esta época, las pérdidas no habían sido evaluadas en condiciones de campo, pero Costa registró el daño que el virus le hacía a las vainas de las plantas afectadas, las cuales podían presentar mosaico y una deformación severa.

En 1987, Costa reporta la diseminación del mosaico dorado en las principales regiones productoras de frijol en Brasil: el sur del Estado de São Paulo, el norte de Paraná, el Triángulo Mineiro (occidente de Minas Gerais), y sur del Estado de Goiás. Según Costa y otros investigadores, las pérdidas de producción por causa del mosaico dorado, fluctuaban entre 40 y 100% (Costa 1987).

El mosaico dorado del frijol se diseminó posteriormente hacia el occidente de la América del Sur, alcanzando las regiones productoras de frijol del noroccidente de la República Argentina hacia 1983, y del suroriente de Bolivia en los comienzos de la década de los 1990s. La caracterización molecular del virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) solo se logró a principios de 1990 (Gilbertson *et al.*, 1993), después de que se lograra caracterizar un aislamiento del virus del mosaico dorado (amarillo) del frijol de Puerto Rico (Howarth *et al.*, 1985). Basados en los resultados obtenidos, se concluyó que el BGMV de Brasil, era diferente a los aislamientos de la América Central, México y el Caribe, a los cuales se les ha dado recientemente el nombre de virus del “mosaico dorado amarillo” del frijol, para diferenciarlos de los virus que causan mosaico dorado en la América del Sur. La identificación de aislamientos del BGMV provenientes de Argentina y Bolivia ha sido confirmada por métodos serológicos y moleculares (F.J. Morales, *información no publicada*).

El Mosaico Dorado Amarillo del Frijol

El nombre inglés de “mosaico dorado amarillo” (bean golden yellow mosaic) se utilizó por primera vez en Puerto Rico (Bird *et al.*, 1972), para referirse a un amarillamiento intenso observado tanto en plantas de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) como de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en esa isla (Figura 2). Sin embargo, hasta hace pocos meses se continuó utilizando el nombre de mosaico dorado del frijol, para referirse a esta enfermedad, debido a la similitud de los síntomas observados en frijol en todos los países de las Américas.

Un mosaico similar había sido observado anteriormente en la República Dominicana (Schieber, 1969), en la región cálida y húmeda del Cibao. Siguiendo su diseminación cronológica por el Caribe, en 1972 el mosaico dorado amarillo apareció al otro extremo de la Isla de la Hispaniola, en Haití (Balthazar, 1978; Prophete, 1994). En Cuba, el mosaico dorado amarillo se observó al inicio de la década de los 1970s (Blanco and Bencomo, 1978), afectando plantaciones de frijol en la provincia de Holguín. Para 1983, esta enfermedad ya estaba diseminada ampliamente en las principales regiones productoras de Cuba (Blanco *et al.*, 1984). En Jamaica, el mosaico dorado del frijol se manifestó también al inicio de los 1970s, particularmente en las partes bajas de la isla (Pierre, 1975).

En la América Central, el mosaico dorado amarillo del frijol está ampliamente distribuido en el suroriente de Guatemala y valles medios y bajos del Salvador. En Honduras, la enfermedad solo hizo su aparición en los 1980s, mientras que en Nicaragua, el mosaico dorado amarillo se observó en el inicio de los 1970s (Gámez, 1970). Sin embargo, es a partir de 1990 que esta enfermedad viene a ser considerada limitante para el cultivo del frijol en Honduras. En Costa Rica, el mosaico dorado amarillo apareció en los 1960s, pero solo llegó a ser un problema en frijol hacia 1987 (Gámez, 1970).

El mosaico dorado amarillo del frijol se observa desde hace algunos años en Panamá, pero con una incidencia baja (Dr. Emigdio Rodríguez, IDIAP, comunicación personal).

En el sur de México, y particularmente en los estados de Veracruz, Tamaulipas, Chiapas y Yucatán, se viene observando el mosaico dorado amarillo desde 1977. Esta enfermedad se ha ido diseminando hacia el norte,

afectando la región productora de frijol de las Huastecas (Lopez-Salinas y Becerra, 1994).

El agente causal del mosaico dorado amarillo del frijol (BGYMV) permaneció más de una década sin conocerse. La primera fotografía del virus se logró gracias a las investigaciones del Dr. Guillermo E. Gálvez, virólogo del Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, Colombia (Gálvez y Castaño, 1976). Las partículas observadas eran cuasi-isométricas (18 nm de diámetro) y se presentaban en parejas (dímeros), con el lado donde hacen contacto más o menos plano (dímero de 32 nm en diámetro). En 1977, Goodman demostraba que estas partículas contenían DNA de cadena sencilla. Más tarde, gracias al trabajo de Haber y colaboradores (1981), se conoció que este virus tenía un genoma dividido, consistente en dos moléculas de DNA de cadena sencilla, de aproximadamente 2.6 kb. El BGYMV y otros virus similares existentes en el Africa, fueron reconocidos por el Comité para la Taxonomía de Virus (ICTV) en 1978, como el nuevo grupo de los "geminivirus" (Matthews, 1979). El primer aislamiento del BGYMV caracterizado a nivel molecular, provino de Puerto Rico (Howarth *et al.*, 1985). Posteriormente, se caracterizó un aislamiento del virus del mosaico dorado de Brasil (BGMV-BR), demostrándose que este virus era genéticamente diferente al BGYMV-Puerto Rico (Gilbertson *et al.*, 1993). Otros dos aislamientos del BGYMV provenientes del Caribe (República Dominicana) y de la América Central (Guatemala), fueron también caracterizados molecularmente, comprobándose que son similares al BGYMV-Puerto Rico (Faria *et al.*, 1994).

Queda claro, entonces, que existen dos especies de virus que causan síntomas similares en el frijol común en la América Latina, una especie suramericana (BGMV) y otra especie mesoamericana (BGYMV). Estos virus son actualmente clasificados como especies del género *Begomovirus* (sigla por **B**ean **g**olden **m**osaic **v**irus). Una diferencia notable entre estas dos especies de virus, es que los aislamientos del BGYMV son transmitidos por *B. tabaci* y mecánicamente, mientras que los aislamientos del BGMV solo son transmitidos por la mosca blanca y no por métodos convencionales de transmisión mecánica (a excepción de los métodos biolísticos de transmisión mecánica, donde el DNA se coloca sobre micropartículas metálicas, y se dispara mediante diversos tipos de instrumentos aceleradores sobre tejidos meristemáticos).

El Mosaico Enano del Frijol

En 1965, A.S. Costa describió una enfermedad del frijol común en el Estado de São Paulo, Brasil, a la que llamó “moteado enano” (Costa, 1965). Costa atribuyó esta enfermedad, caracterizada por enanismo, moteado amarillo o clorótico, y deformación foliar severos, al virus del mosaico del abutilón (AbMV) proveniente de malváceas silvestres. En 1975, Costa cambió el nombre de esta enfermedad a “mosaico enano” (Costa, 1975) y reportó el hecho de que este virus si era transmitido mecánicamente a partir de especies de *Sida* y *Malva*. Esta enfermedad nunca alcanzó una importancia económica notable en Brasil.

El mosaico enano es una enfermedad relativamente común en los trópicos americanos, donde las malváceas y en especial las especies de *Sida*, son frecuentemente afectadas por begomovirus que ocasionalmente pasan al frijol. A esta enfermedad se le conoció también con el nombre de “moteado clorótico” (Galvez *et al.*, 1975). El agente causal de esta enfermedad en Colombia, se caracterizó en 1988 como un geminivirus transmitido por la mosca blanca *B. tabaci* (Morales *et al.*, 1990). En esta ocasión se le cambió definitivamente el nombre a “mosaico enano” para diferenciarlo de un complejo de virus no transmitidos por mosca blanca, al cual se le dio el nombre de “moteado clorótico” (Jayasinghe, 1982).

El mosaico enano dejó de ser una enfermedad sin importancia a finales de los 1970s, al causar la pérdida de más de 40,000 has de frijol en el noroeste de la Argentina (Morales *et al.*, 1990). El BDMV-Colombia fue caracterizado a nivel molecular en 1992, comprobándose que pertenece al grupo filogenético del virus del mosaico del abutilón (Padidam *et al.*, 1995) según lo había sugerido A.S. Costa en 1965. Obviamente, es probable que el BDMV originario de Brasil haya sido diferente del aislamiento colombiano, pero estos virus pertenecen al complejo del AbMV, y seguramente tuvieron su origen en malváceas silvestres. El BDMV se presenta ocasionalmente en países centroamericanos, tales como Nicaragua (Zamora, 1996), pero actualmente no es un problema debido al uso de variedades de frijol resistentes al mosaico dorado, las cuales son también resistentes al BDMV.

La sintomatología del mosaico enano depende en gran medida del genotipo de frijol atacado. En variedades muy susceptibles, como era el caso de Alubia en Argentina, el síntoma dominante es el enanismo y la deformación

foliar (Figura 3). En variedades de grano negro de origen mesoamericano, el síntoma más aparente es un moteado localizado en algunas partes del follaje (Figura 4). El mosaico enano en Argentina ha sido prácticamente desplazado por el mosaico dorado, debido al mayor nivel de resistencia al BDMV presente en las nuevas variedades de frijol tolerantes al BGMV.

El Mosaico Cálico del Frijol

Esta enfermedad se presenta solo en el noroeste de México; y en el inicio se pensó que se trataba del mosaico amarillo (Lopez, 1974). Posteriormente se asoció la presencia de esta enfermedad con la mosca blanca *B. tabaci*, y se dedujo que se trataba del mosaico dorado del frijol (Salinas y Vasquez, 1978). Al margen de estas observaciones, en 1990 se observó una enfermedad del frijol común en el estado de Sonora, a la cual se llamó “mosaico cálico”, debido al amarillamiento intenso (casi blanquecino) que mostraban las plantas afectadas (Brown *et al.*, 1990). En realidad, este nombre proviene de una tela blanca de algodón producida en India para exportar a Inglaterra. En las Américas, “calicó” es otro tipo de tela vivamente estampada, por lo que se omite el acento agudo en español. En 1993, se caracterizó el agente causal del mosaico cálico como un geminivirus relacionado al virus del enrollamiento foliar de la calabaza (SLCV), descrito originalmente en California (Loniello *et al.*, 1992; Lazarowitz y Lazdins, 1991). Este nuevo virus del frijol (BCaMV) se encontró posteriormente en Sinaloa afectando frijol (F.J. Morales, *d.n.p.*).

Recientemente se realizó una prospección de virus transmitidos por mosca blanca al frijol común en los estados de Sonora y Sinaloa, noroeste de México (F.J. Morales y R. Salinas, *datos no publicados*), comprobándose que existen tres geminivirus en las plantaciones de frijol del noroeste de México: el virus del mosaico cálico (BCaMV), el virus del enrollamiento foliar de la calabaza (SLCV), y un virus relacionado al virus del chino del tomate (CdTV), también conocido como el virus del arrugamiento foliar del tomate (*Tomato leaf crumple virus* = TLCrV).

Es claro que el BCaMV es un virus proveniente de cucurbitáceas, el cual se ha adaptado al frijol debido a la proximidad de los sistemas de producción de hortalizas en el suroeste de los Estados Unidos y en el noroeste de México. Este virus se puede distinguir del BGYMV por la tendencia a producir una clorosis extrema que frecuentemente termina en un

blanqueamiento de las hojas afectadas (Figura 5). Por el momento, el BCaMV está restringido al noroeste de México, pero el virus del enrollamiento foliar de la calabaza (SLCV) sigue su avance hacia el sur a través de Centroamérica, afectando cucurbitáceas. Por consiguiente, es posible que el BCaMV se difunda hacia el sur de las Américas en un futuro próximo.

Otras Enfermedades del Frijol Causadas por Geminivirus

El frijol común es una de las especies más susceptibles a los virus vegetales, siendo infectada por un sinnúmero de estos patógenos pertenecientes a diferentes géneros. La susceptibilidad del frijol común a los geminivirus vegetales transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, es igualmente amplia.

Alvaro Santos Costa había ya observado la susceptibilidad del frijol común a geminivirus transmitidos por *B. tabaci* de plantas euforbiáceas. Este investigador y pionero de la geminivirología, llamó a esta enfermedad “arrugamiento foliar” y la atribuyó al *Virus del mosaico de la euphorbia* (Costa, 1955). Desde entonces, varios geminivirus de cultivos hortícolas, han sido reportados como patogénicos en frijol, tales como el *Virus del mosaico de la rhynchosia* (Bird *et al.*, 1975), el *Virus del chino del tomate* (Brown y Nelson, 1988), el *Virus del enrollamiento de la calabaza* (Lazarowitz y Lazdins, 1991), y el *Virus del enrollamiento foliar amarillo del tomate* (Navot *et al.*, 1991).

En el noroeste de Argentina, existen algunos geminivirus diferentes a los virus del mosaico dorado y mosaico enano, reportados en esta región en 1993 (F.J. Morales, *información no publicada*) que atacan el frijol. Estos virus causan daños severos al frijol en algunas áreas al sur de la provincia de Tucumán. En 1995, se aisló un geminivirus de plantas de frijol afectadas por una malformación severa (Figura 6), el cual fue descrito más tarde en Brazil atacando tomate (F.J. Morales, *información no publicada*; Faria, 1997). Otro geminivirus detectado en la misma area, causa síntomas similares al mosaico enano, pero no posee una organización molecular similar a ningún otro geminivirus descrito.

Una de las grandes amenazas que se ciernen sobre el cultivo del frijol, es la posible adaptación a esta leguminosa de uno de los geminivirus transmitidos

por *B. tabaci* que más daño ha causado en la América Latina en el cultivo del tomate: el *Virus del enrollamiento foliar amarillo del tomate* (*Tomato yellow leaf curl virus* = TYLCV). Este virus fue introducido a la República Dominicana en plántulas importadas de Israel, de donde este virus es originario (Polston *et al.*, 1994). En España, se ha encontrado el TYLCV en plantas de frijol común con síntomas de epinastia, engrosamiento y malformación foliar, hojas pequeñas y enrolladas hacia arriba, reducción de la longitud del tallo entre nudos, y proliferación (Moriones *et al.*, 1998).

Estos ejemplos sugieren que la aparición de nuevos geminivirus en frijol es una posibilidad que debe ser tomada en cuenta, especialmente considerando la naturaleza compleja de los sistemas de producción agrícola actuales.

Referencias

- Balthazar, S. 1978. Les viroses du haricôt commun en Haiti. DARNDR-SENASA, Tech. Rapp 5 Damien, Haiti, 5p.
- Bird, J., Perez, J.E., Alconero, R., Vakili, N.G., Melendez, P.L. 1972. A whitefly-transmitted golden-yellow mosaic of *Phaseolus lunatus* in Puerto Rico. J. Agric. Univ., P. R. 56:64-74.
- Bird, J., Sanchez, J., Rodriguez, R.L., Julia, P.J. 1975. Rugaceous (whitefly-transmitted) viruses in Puerto Rico. En pp 3-25: Maramorosch K, Bird J (eds). Tropical Diseases of Legumes. Academic Press, New York.
- Blanco, N., Bencomo, I. 1978. Afluencia de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), vector del virus del mosaico dorado en plantaciones de frijol. Cienc. Agric. 2:39-46.
- Blanco, N., Lastres, N., Bencomo, I. 1984. Incidencia de las enfermedades virosas del frijol en Cuba. Cienc. Agric. 19:21-32.
- Brown, J.K., Chapman, M.A. y Nelson, M.R. 1990. Bean calico mosaic, a new disease of common bean caused by a whitefly-transmitted geminivirus. Plant Dis. 74:81.
- Costa, A.S. 1955. Studies on *Abutilon* mosaic in Brazil. Phytopathol. Z. 24:97-112.
- Costa A.S. 1965. Three whitefly-transmitted diseases of beans in the State of São Paulo, Brazil. FAO Plant Prot. Bull. 13:121-130.
- Costa, A.S. 1965. Three whitefly-transmitted diseases of beans in the State of São Paulo, Brazil. FAO Plant Prot Bull 13:121-130.

- Costa, A.S. 1975. Increase in the populational density of *Bemisia tabaci*, a threat of widespread virus infection of legume crops in Brazil. In: Bird J, Maramorosch K (eds) Tropical diseases of legumes. Academic Press, New York, pp. 27-49.
- Costa, A.S. 1987. Fitoviroses do feijoeiro no Brasil. Pp. 175-256. En: Feijão: Fatores de produção e Qualidade. Fundação Cargill, Campinas, S.P. Brasil.
- Faria, J.C., Gilbertson, R.L., Hanson, S.F., Morales, F.J., Ahlquist, P., Loniello, A.O., and Maxwell, D.P. 1994. Bean golden mosaic geminivirus type II isolates from the Dominican Republic and Guatemala: nucleotide sequences, infectious pseudorecombinants, and phylogenetic relationships. *Phytopathology* 84: 321-329.
- Faria, J.C., Souza-Dias, J.A.C., Slack, S.A., Maxwell, D.P. 1997. A new geminivirus associated with tomato in the State of São Paulo, Brazil. *Plant Dis* 81:423.
- Galvez, G.E., Castaño, M., Belalcazar, S. 1975. Presencia de los virus del mosaico dorado y del moteado clorótico del frijol en Colombia. *ASCOLFI Informa* 1:3-4.
- Gamez, R. 1970. Los virus del frijol en centroamérica. I. Transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. *Turrialba* 21:22-27.
- Gilbertson, R., Faria, J.C., Ahlquist, P., Maxwell, D.P. 1993. Genetic diversity in geminiviruses causin bean golden mosaic disease: the nucleotide sequence of the infectious cloned DNA components of a Brazilian isolate of bean golden mosaic virus. *Phytopathology* 83:709-715.
- Goodman, R.M. y Bird, J. 1978. Bean Golden Mosaic Virus. *Commonw Mycol Inst/Assoc Appl Biol Descr. Plant Viruses* No. 192, 4 pp.
- Haber, S., Ikegami, M., Bajet, N.B., y Goodman, R.M. 1981. Evidence for a divided genome in bean golden mosaic virus, a geminivirus. *Nature* 289:324-326.
- Howarth, A.J., Caton, J., Bossert, M., Goodman, R.M. 1985. Nucleotide sequence of bean golden mosaic virus and a model for gene regulation in geminiviruses. *Proc. Natl. Acad. Sci. Citado en Ann. Rev. Phytopathol.* 23:55-82.
- Lazarowitz, S.G., y Lazdins, I.B. 1991. Infectivity and complete nucleotide sequence of cloned genomic components of a bipartite squash leaf curl geminivirus with a broad host range. *Virology* 180:58-69.
- Loniello, A.O., Martinez, R.T., Rojas, M.R., Gilbertson, R.L., Brown, J.K., Maxwell, D.P. 1992. Molecular characterization of bean calico mosaic geminivirus. *Phytopathology* 82:1149.
- Lopez, G.H. 1974. Aumente sus rendimientos en frijol en el Valle de Culiacán. Circular No. 12, CIAS-INIA-SARH.

Lopez-Salinas, E., Becerra, E.N. 1994. El mosaico dorado del frijol: Mexico Sur. In: Morales FJ (ed) Bean Golden Mosaic: 1994 Research Advances. CIAT, Palmira, Colombia, pp 28-33.

Matthews, R.E.F. 1979. Classification and nomenclature of viruses. Intervirology 12:129-296.

Morales, F., Niessen, A., Ramirez, B., Castaño, M. 1990. Isolation and partial characterization of a geminivirus causing bean dwarf mosaic. Phytopathology 80:96-101.

Moriones, E., Navas-Castillo, J., Sanchez-Canmpos, S., Díaz, J.A., y Sáez-Alonso, E. 1998. The emergence of geminiviruses in Spain: A novel disease of common bean caused by *Tomato yellow leaf curl virus-Is*. P-52 En: International Workshop on *Bemisia* and geminiviruses. San Juan, Puerto Rico.

Navot, N., Picherski, E., Zeidan, M., Zamir, D., y Czosnek, H. 1991. Tomato yellow leaf curl virus: a whitefly transmitted geminivirus with a single genomic component. Virology 185:151-161.

Padidam, M., Beachy, R.N., y Fauquet, C.M. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. J. Gen. Virol. 76:249-263.

Polston, J.E., Bois, D., Serra, C.A., y Concepción, S. 1994. First report of a tomato yellow leaf curl-like geminivirus in the Western Hemisphere. Plant Dis. 78:831.

Prophete, E. 1994. Haiti. In: Morales FJ (ed), Bean golden mosaic: 1994 research advances. CIAT, Palmira, Colombia, pp 72-81.

Salinas P.R.A. y Vazquez G.M. 1979. El cultivo del frijol en el Valle de Santo Domingo, B.C.S. INIA-CIAPAN-CAESTOD. Circular CIAPAN No. 88 México. Enero de 1979.

Schieber, E. 1970. Enfermedades del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la República Dominicana. Turrialba 20:20-23.

Zamora, M.E. 1996. Identificación de plantas silvestres como reservorios de los virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) y del mosaico enano del frijol (BDMV), en el Valle de Pueblo Nuevo, Nicaragua. Tesis de Maestría, CATIE, Turrialba, C. R. 83 p.



Figura 1



Figura 2.



Figura 3.



Figura 4.



Figura.5.



Figura 6.

Fig.1.Mosaico dorado, Fig.2. Mosaico dorado amarillo, Fig.3. Mosaico enano, Fig.4. Mosaico enano, Figura 5. Mosaico cálico, Figura 6. Otros geminivirus

Historia y situación actual de la producción de frijol en los países latinoamericanos afectados por geminivirus transmitidos por mosca blanca

México

México-noroeste

Ing. Agr. M. C. **Rafael A. Salinas Pérez**
Investigador del Programa de Frijol
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

Importancia del frijol en la región

El cultivo del frijol en México ocupa una superficie aproximada de dos millones de hectáreas, y es el segundo alimento más importante en la dieta del pueblo mexicano, después del maíz. Las principales zonas productoras se encuentran en los Estados del altiplano (Zacatecas, Durango, Chihuahua y Aguascalientes), con aproximadamente el 50% de la producción nacional. Estos cultivos se encuentran en altitudes que varían entre 1.380 a 2.430 metros sobre el nivel del mar (msnm). Le sigue en importancia la región noroeste (Baja California, Sonora, Sinaloa y Nayarit) donde se siembran alrededor de 250.000 has en valles que fluctúan entre el nivel del mar y los 325 msnm. El resto de la producción de frijol en México, está ubicada en el suroeste del país y varios otros Estados.

Características agro-ecológicas

La región noroeste de México está caracterizada como una zona cálida con un verano poco lluvioso y un invierno seco. El frijol se siembra en los ciclos de otoño-invierno (Septiembre a Marzo) e invierno-primavera (Enero a Junio). Donde la humedad residual de las lluvias de verano no es suficiente para establecer el cultivo, se cuenta con sistemas de riego. En el cuadro 1 se presentan algunos datos climáticos de esta región. Un factor limitante en esta

región, son las altas temperaturas de mayo a septiembre. Las principales variedades de frijol cultivadas en el noroeste de México son: Azufrado Pimono 78 y 87, Azufrado Regional 87, Peruano 80, Jamapa, Negro Sinaloa y Pinto UI 114.

Cuadro 1. Condiciones climáticas del noroeste de México

Localidad	T° min	T° max	Lluvia	T 1	T 2	T 3	T 4
Santo Domingo, B.C.S.	8 C	29 C	236 mm	- mm	94 mm	- mm	142 mm
Santiago Ixcuintla, Nayarit	34 C	29 C	1.508	183	448	632	275
Culiacán, Sinaloa	8 C	41 C	580	80	90	298	112
Los Mochis, Sinaloa	9 C	36 C	388	82	30	178	98
Navojoa, Sonora	4 C	35 C	368	58	46	164	100
Hermosillo, Sonora	5 C	32 C	280	42	-	142	96

El cultivo del frijol convive en el noroeste de México, con una serie de cultivos comerciales, tales como el tomate, la calabaza, el melón y la soya.

Los geminivirus del frijol en el noroeste de México

La primera vez que se observó una enfermedad causada por geminivirus, ocurrió en el valle de Culiacán, Sinaloa (López, 1974), y posteriormente en el valle de Santo Domingo, Baja California Sur (Salinas, 1979). Inicialmente se pensó que se trataba del mosaico amarillo del frijol, un virus transmitido por áfidos (López, 1974), pero después se asoció a la mosca blanca *Bemisia tabaci*, llamandosele “mosaico dorado” (Salinas, 1979). En 1990, científicos americanos reportaron una enfermedad del frijol en Obregón, Sonora, como “mosaico cálico” (Brown *et al.*, 1990). Posteriormente se demostró que esta enfermedad es causada por un geminivirus diferente al virus del mosaico dorado amarillo del frijol (Loniello *et al.*, 1992). En una prospección reciente realizada en Sinaloa y Sonora, se pudo comprobar que el virus

predominante es el agente causal del “mosaico cálico”, y que el virus del mosaico dorado amarillo no está actualmente presente en la región. Sin embargo, existen otros geminivirus relacionados al *Virus del chino del tomate* y al *Virus del enrollamiento de la calabaza* en los campos de producción del noroeste de México (F.J. Morales y R.A. Salinas, *datos sin publicar*).

La incidencia de geminivirus es irregular durante el ciclo de otoño-invierno (septiembre-marzo) dependiendo de la temperatura media al inicio de las siembras y presencia de lluvias, factores que determinan la magnitud de las poblaciones de la mosca blanca *B. tabaci*. El mapa adjunto muestra la distribución de geminivirus en las regiones productoras de frijol del noroccidente de México.

La mosca blanca vectora

Desde la aparición del biotipo B en 1991, se ha observado daño directo en cultivos como melón y sandía, en el Valle de Mexicali y en San Luis Rio Colorado. En 1992, el biotipo 2 emergió en la región de Caborca, Costa de Hermosillo (Martínez *et al.*, 1998), afectando cultivos de tomate, calabaza y papa. En 1994 dañó cultivos de soya en el sur de Sonora y norte de Sinaloa. En frijol, las poblaciones de *B. tabaci* alcanzan su máximo (140 adultos/pulgada²) en la última semana de julio o primera de agosto (Arménta, 1997; López *et al.*, 1996; Cortes, 1997).

Medidas de control

Desde el inicio de los problemas de producción de frijol causados por geminivirus transmitidos por la mosca blanca, se ha recurrido a la resistencia genética. En el pasado se han utilizado variedades tolerantes, tales como el “Canario 72”, “Azufrado 200” y “Mochis 440”. Estos materiales reducen su producción en un 6-15% cuando son afectados por geminivirus (Salinas, 1984), en contraste con las variedades de frijol susceptibles, las cuales reducen su producción en un 50-90%. La incidencia de geminivirus es mayor en siembras anteriores al mes de octubre, y alcanza su punto máximo en los meses de enero y febrero. Para estas épocas (15-30 de septiembre) se recomiendan las variedades “Azufrado Regional 87”, “Azufrado Higuera”, “Azufrado Noroeste” y “Sataya 425”.

El control químico de la mosca blanca se realiza con insecticidas como Acefato, Amitraz y Acetamiprid. Se han probado también jabones comerciales, como Ariel, Ruth y Suavitel (500 g/ha), observándose porcentajes de mortalidad de adultos de 23, 18 y 15%, respectivamente. El control (Endosulfán) causó un 48.8% de mortalidad. En el caso de ninfas, los jabones Foca, Rápido, Ariel limón y Ruth (500 g/ha), causaron una mortalidad de 40, 33, 29 y 28%, respectivamente, en relación al 35.5% del Endosulfán. Según Salinas y otros (1995) el período crítico de protección del cultivo del frijol, son los primeros 50 días después de la emergencia.

Referencias

Armenta C.I. 1997. Fluctuación poblacional de adultos de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) en el Valle del Mayo, Son. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4 Septiembre de 1997.

Avilés G.M. 1996. Monitoreo de adultos de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) en el Valle de Culiacán, Sin. 1995-96. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México en 1995. Memoria Científica No. 3. Diciembre de 1996.

Bellows Jr., T.S., T.M. Perring, R.J. Hill y D.H. Hedrick 1994. Description of a new species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae) Ann Entomol. Soc. Am. 87 195-205.

Carrillo P.M. 1997. Respuesta de 535 genotipos de ajonjolí de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) en el Valle de Mexicali, B.C. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4 Septiembre de 1997.

Cortés M.E., 1996. Fluctuación de adultos de la mosca blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) en Baja California Sur 1995-96. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México en 1995. Memoria Científica No. 3. Diciembre de 1996.

Fu., C.A.A. 1996. Determinación del periodo crítico de protección para el control de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) en calabaza cabocha en la Costa de Hermosillo, Son. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México en 1995. Memoria Científica No. 3 Diciembre de 1996.

López A.B. 1997. Eficiencia biológica de insecticidas contra ninfas (N1-N4) de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) en frijol en el Valle del Fuerte, Sin. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4 Septiembre de 1997.

López A.B. 1997. Eficiencia biológica de mezclas de insecticidas contra ninfas y adultos de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) en frijol en el Valle del Fuerte, Sin. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4 Septiembre de 1997.

López A.B., Grijalva, C. L. y Valenzuela R. J. 1996. Dinámica poblacional de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) en algodón en la región de Caborca, Son. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 3 Diciembre de 1996.

López A.B. 1996. Periodos críticos en soya contra la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) en el Valle del Fuerte, Sin. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 3 Diciembre de 1996.

López G.H. 1974. Aumente sus rendimientos de frijol en el Valle de Culiacán. INIA-CIAS. Circular CIAS 5. Culiacán, Sin. México 1975.

Martínez C. J. L., Rodríguez C. F. G., Navarro S. F. J. y López, A. B. 1998. Establecimiento de un manejo integrado de mosquita blanca en soya en el Norte de Sinaloa. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Folleto Técnico No. 14 Junio de 1998. Cd. Juan José Rios, Sin. México.

Pacheco, C.J.J. y Pacheco M. F. 1997. Plantas hospedantes de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) en el Noroeste de México. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4, Septiembre de 1997.

Pacheco, C.J.J. 1997. Eficiencia biológica de insecticidas biorracionales contra estados inmaduros de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) en el algodón en el Valle del Yaqui, Son. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4 Septiembre de 1997.

Pacheco, C.J.J. 1997. Eficiencia biológica de insecticidas bio-racionales contra adultos de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) en el algodón en el Valle del Yaqui, Son. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4 Septiembre de 1997.

Pacheco, C. J. J. 1997. Crecimiento poblacional de la mosquita blanca *Bemisia* spp. en el Valle del Yaqui, Son. 1992-96. CIRNO. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México. Memoria Científica No. 4 Septiembre de 1997.

Salinas P. R. A., Navarro S. F.J. y Rodríguez C. F. G. 1998. Impacto en la generación de variedades de frijol en el Estado de Sinaloa. Primer Simposio Internacional de Frijol. SAGAR. Zacatecas, Zac. Mayo de 1998.

Salinas P.R.A. 1998. Mejoramiento genético de frijol en el Noroeste de México, resultados e impacto. XLIV Reunión Anual del PCCMA Managua, Nicaragua, Abril de 1998.

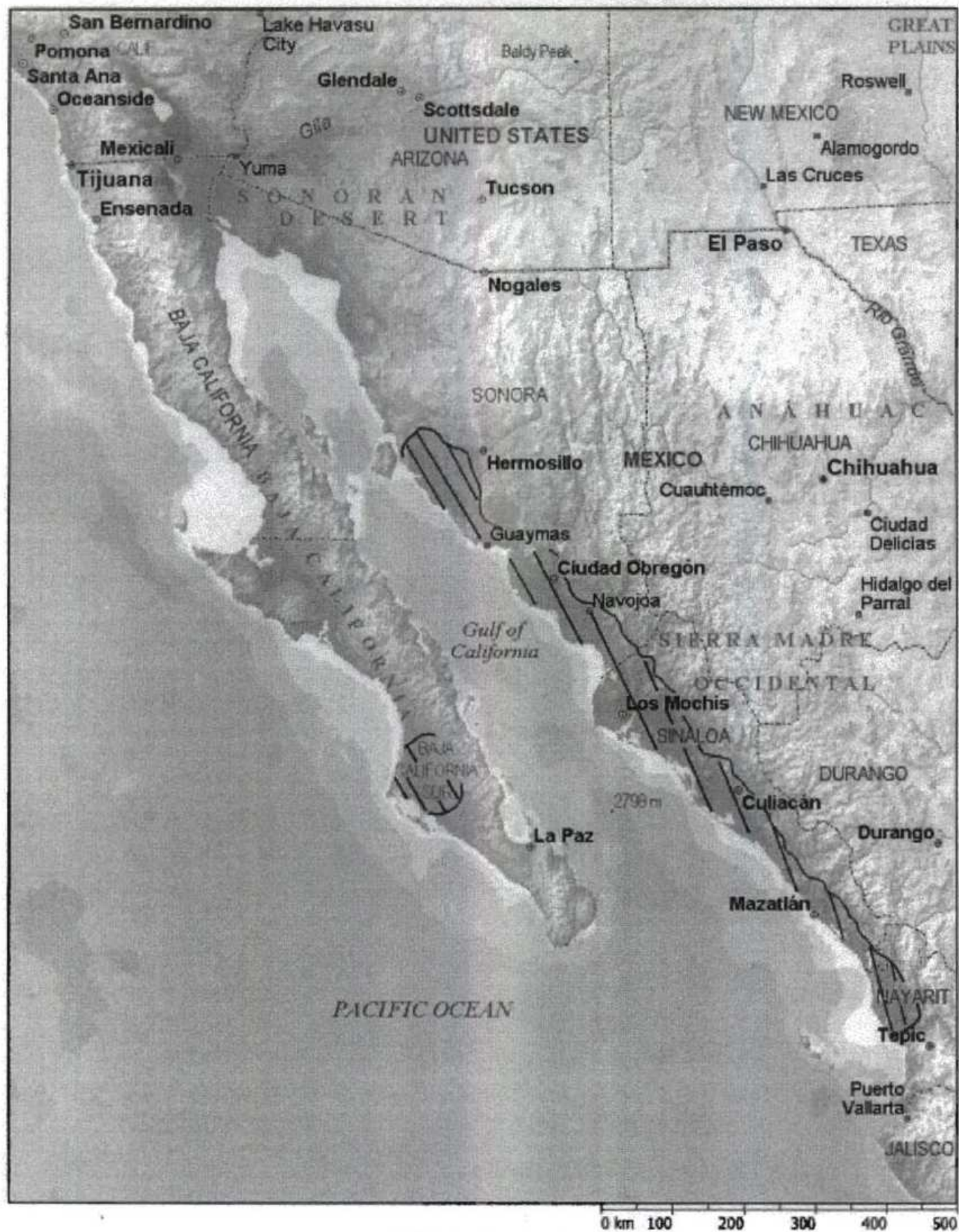
Salinas P. R. A., Navarro S. F. J., Rodríguez C. F. G. y Valenruela P. I. 1995. Azufrado Noroeste y Azufrado Higuera, nuevas variedades de Frijol para Sinaloa. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Folleto Técnico No.11 Noviembre de 1995.

Salinas P. R. A., Navarro S. F. J., Rodríguez C. F. G., Mendoza R. J. L., Macías C. J., López A. B., Macías C. J. 1995. Tecnología de producción de frijol en el Valle del Fuerte. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Folleto para Productores No. 2 Agosto de 1995.

Salinas P.R.A., Hernández F.A., Navarro S.F.J. y Rodríguez, C.F.G. 1989. Azufrado Peruano-87 y Azufrado Regional-87, nuevas variedades de frijol. Folleto divulgativo, INIFAP.

Salinas P.R. A., 1984. Evaluación de pérdidas por mosaico dorado entre una variedad susceptible y una tolerante. X Congreso de Fitogenética . Michoacán México, Septiembre de 1984.

Salinas P. R. A., y Vázquez G .M. 1979. El cultivo del frijol en el Valle de Santo Domingo, B.C.S. INIA-CIAPAN-CAESTOD. Circular CIAPAN No. 88 México.



México-Noroeste
Regiones frioleras afectadas por begomovirus 

México-sur

Ing. Agr. M. C. Ernesto López Salinas

Biol. M. C. E. Noé Becerra L.

Investigadores Programa Frijol
CECOT-CIRGOC-INIFAP-SAGAR
Veracruz, México

Importancia del frijol en el sur de México

En el sur del país se siembran aproximadamente 182,000 hectáreas de frijol en los Estados de Chiapas (118.000 has), Veracruz (44.000 has), Tamaulipas (8.700 has), Tabasco (5.000 has), Quintana Roo (2.750), Yucatán (2.250) y Campeche (1.200 has). La mayoría de las siembras están situadas entre los 6 y 846 msnm, con las mayores alturas en el Estado de Chiapas (137-846 msnm) y las menores en la península de Yucatán (6-30 msnm).

Características agro-ecológicas

Las temperaturas medias en esta región son de 23-26° C, con una precipitación media anual entre 1000-1300 mm. Las principales siembras de frijol se realizan en el ciclo otoño-invierno (septiembre-octubre) y primavera-verano (mayo-junio). Existe un tercer ciclo de invierno-primavera (diciembre-febrero). En el cuadro 1 se presentan las principales características de los sistemas de producción y condiciones climáticas existentes en esta región. Como se puede observar en esta tabla, las precipitaciones en la región productora de frijol del sur de México, son significativamente mayores que las registradas para la región productora de frijol del noroccidente de México. Este factor de precipitación superior a los 1000 mm/año, hace que las poblaciones de *Bemisia tabaci* y la incidencia del BGYMV en el sur de México, sean menores que en el norte, a pesar de la presencia de un invierno más marcado en la región del noroccidental de México.

La incidencia del BGYMV en esta región varía con respecto al desarrollo del cultivo, con predominancia reciente de ataques tardíos. En la costa de

Chiapas, por el contrario, el ataque se presenta en los primeros quince días del cultivo. En las zonas productoras de Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, la mayor época de incidencia es la de otoño-invierno, a excepción del centro de Chiapas, donde la mayor incidencia se presenta en el verano.

Cuadro 1. Características agro-climáticas de la región sur de México

Región	Epoca de siembra	Precipitación	Temperatura
Huastecas	Sep-Oct/Ene-Feb	1079 mm	24.3° C
Yucatán	Sep-Oct	940 mm	26.0° C
Veracruz			
<i>Norte</i>	Sep-Oct/Dic-Feb	1668 mm	24.2° C
<i>Centro</i>	Sep-Oct/Ene-Feb	1350 mm	25.0° C
<i>Sur</i>	Dic/Ene	1996 mm	24.3° C
Chiapas			
<i>Centro</i>	May-Jun/Sep-Oct	1198 mm	24.6° C
<i>Sur</i>	Oct-Nov	2488 mm	26.0° C
Tabasco	Sept-Nov	2290 mm	26.2° C
Quintana Roo	Sep-Oct	1300 mm	26.0° C
Campeche	Sep-Oct	1075 mm	26.0° C

Los geminivirus del frijol en el sur de México

Los geminivirus del frijol en esta región son diferentes a los de la región noroeste del país, debido a que aquí se encuentra predominantemente el *Virus del mosaico dorado amarillo del frijol* (BGYMV). En 1977, los Estados de Veracruz, Tamaulipas, Chiapas y Yucatan ya presentaban problemas de BGYMV. El virus se diseminó hacia el norte en 1979, afectando el 42% de los cultivos de frijol en la región de Las Huastecas. La identificación del BGYMV en el sur de México se realizó en 1994, mediante la caracterización molecular parcial de un aislamiento proveniente de la localidad de Tapachula, Chiapas (F.J. Morales y M. Cuervo, *información no publicada*). En 1980 y 1981, los cultivos de frijol de los valles centrales de Chiapas sufrieron pérdidas de producción del 30-95%. En la costa de Chiapas se redujo considerablemente la siembra de frijol a causa del BGYMV. En la península de Yucatán, el BGYMV se presenta todo el año. La incidencia del BGYMV ha venido disminuyendo a partir de 1987, tal vez por la adopción de variedades resistentes en el sur de Tamaulipas y norte de

Veracruz. En Chiapas, el BGYMV, por el contrario, va en incremento. El mapa adjunto muestra la distribución de geminivirus en el sur de México.

La mosca blanca vectora

En Tamaulipas, el arribo de moscas blancas virulíferas se da en el mes de octubre, posiblemente procedente de cultivos de soya (Quintero y Acosta, 1988). Otros cultivos que pueden actuar como posibles hospederos de la mosca blanca en la región, son el tabaco y las hortalizas (chile y tomate). Otras especies donde se ha observado reproducción de *B. tabaci* son: las euforbiáceas “golondrina blanca” y “hierba de pascua o nochebuena”, la “escobilla” (malvácea), *Lagascea mollis*, *Parthenium* sp., *Argemone* sp., *Physalis gracillus*, *P. philadelphica*, *Melampodium divaricatum* y *Sonchus oleraceus*.

Las poblaciones más altas de *B. tabaci* en el sur de México se encuentran en el mes de noviembre. En algunas variedades de frijol, como “Jamapa”, la incidencia de mosca blanca es mayor que en variedades como “Negro Huasteco 81” (Salgado, 1986). La actividad de la mosca blanca es mayor en rangos de temperatura de 24° a 31° C, de las 6.30 am a las 4.30 pm (Díaz-Plaza, 1993).

Medidas de control

El principal método de control ha sido el químico, mediante la aplicación de insecticidas tales como el Thiodán 35, Folimat 1200, Diazinón CE 60, Carbofurán y Metamidofós. El imidacloprid ha sido también aplicado.

El uso de variedades resistentes al BGYMV, tales como “Negro Huasteco 81”, “Negro Cotaxtla 91”, y “Negro Tacaná”, es recomendado junto con el control químico para disminuir las pérdidas de producción por debajo del 15% (Becerra *et al.*, 1996; Quintero y Acosta, 1988; Villar, 1993; Fraire, 1993).

Como prácticas MIP se pueden citar la recomendación de la época de siembra (hasta Octubre 20), con Carbofurán a la siembra y tres aplicaciones foliares de Metamidofós a los 30, 40 y 50 días, sembrando la variedad “Negro Tacaná” (Quintero y Acosta, 1988).

Referencias

Arcos C.G. 1992. Dinámica poblacional de mosca blanca y chicharritas en frijol negro Huasteco81. V. Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal de Veracruz, diciembre, 1992. Veracruz, Ver. p. 11.

Arcos C.G. 1993. Identificación y distribución de las principales hospederas de mosca blanca y del geminivirus que ataca al chile jalapeño. Pp. 28-30 En: Memoria de la VI Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz. 9 y 10 de diciembre Veracruz, México.

Becerra N., Fraire G., y López E. 1996. Evaluación de aceite e insecticidas para el control del virus del Mosaico dorado (VMDF) del frijol en Chiapas, México. *Agronomía Mesoamericana* 7: 67-73.

Díaz P.R. 1993. Influencia de la temperatura en la presencia de mosquita blanca en las plantaciones de tomate en el norte de Yucatán. *Memorias XX Congreso Nacional de Fitopatología del 4 al 6 agosto Zacatecas, Zacatecas.* 76 p.

Fraire V.G. 1993. Negro Tacaná, nueva variedad de frijol para la Costa de Chiapas; Folleto Técnico No. 5 INIFAP-CIRPAS 11 p.

Fraire V.G., Galomo R.T. y Ariza I.R. 1996. Manual de producción de frijol en la Costa de Chiapas. Folleto para productores agrícolas No. 2. INIFAP-CIR Pacifico Sur. 13 p.

Gálvez G.E. 1977. Enfermedades virales del frijol y su control. CIAT. Cali Colombia, En: Yoshii O.K. 1981. IX Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Mesa Sureste frijol. 15 al 17 de octubre Mazatlán, Sinaloa. 33 p.

López, E., Yoshii, K., y Rodriguez, 1988. Logros y avances de estudio del VMDF, en el Sureste en México. Congreso Nacional Fitopatología, Xalapa, Ver. 62 p.

López S.E. y Durán P.A. 1996. Negro Tacaná, nueva variedad de frijol negro para el Trópico húmedo de México. Memoria Técnica No. 1. Dla del Agricultor Nov. 1996. pp. 19-26.

López S.E., Durán P.A., Becerra L.E.N., Esqueda E.A.V., y Cano R.O. 1998. Manual de Producción de frijol en el estado de Veracruz. Folleto para productores no. 7 INIFAP-CIRGOC P.29

Núñez G.S. y Carrizales M.N. 1984. Como cultivar frijol en el Centro de Chiapas. Folleto para productores No. 4. INIA-CIAPAS. 15 p.

Quintero M.S. y Acosta L.R. 1988. Control integral de la virosis del frijol en la planicie Huasteca. *Memorias XV Congreso Nacional de Fitopatología del 3 al 5 agosto Xalapa, Ver.* 11 p.

Quintero M.S. y Acosta L.R. 1988. Incidencia de "enchinamiento dorado" en frijol y su relación con la fluctuación poblacional de mosquita blanca. Memorias XV Congreso Nacional de Fitopatología del 3 al 5 agosto Xalapa, Ver. 69 p.

Rivera de Labra M. y Ruelas-Ayala, H. 1982. Guía para el cultivo de frijol en suelos arables de Campeche. Folleto para productores No. 1. INIA-CIAPY, 8 p.

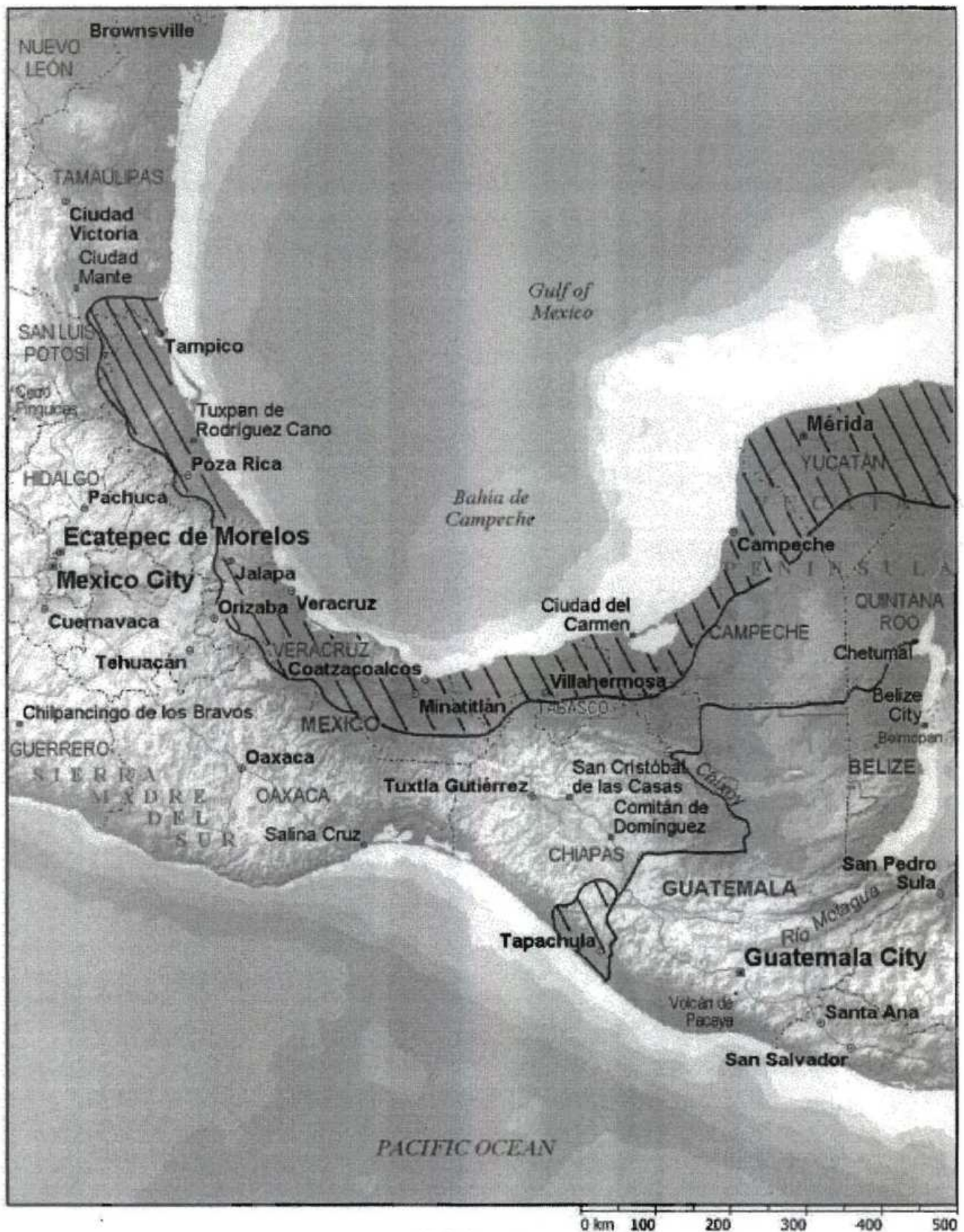
Rosales A.J.F. y Terán V.A.P. 1987. Guía para cultivar frijol de temporal en la Sierra Huasteca Potosina. Folleto para productores No. 1. INIFAP-CIFAP. Pánuco. 12 p.

Salgado S.E. 1986. Validación de la variedad de frijol Negro Huasteco-81 y Jamapa en lotes comerciales. INIFAP-CIAHUAS. Informe de labores (Frijol) 14 p.

Salgado S.E. y Gallardo S.A. 1988. Guía para cultivar frijol de temporal en la planicie Huasteca. Folleto para productores No. 1. INIFAP-CIFAP. Región Panuco. 18 p.

Sánchez B.J. 1993. Dinámica poblacional de la mosquita blanca en siete fechas de trasplante de tomate en Uxmal, Yucatán. 1992. Memorias XX Congreso Nacional de Fitopatología del 4 al 6 agosto Zacatecas, Zacatecas. 75 p.

Villar S.B. 1993. El Mosaico dorado del frijol. Algunas medidas de control en la de presión Central de Chiapas. Folleto Técnico No. 5. INIFAP-CIR Pacífico Sur. 12 p.



México-Sur

Regiones frijoleras afectadas por begomovirus



América Central

Guatemala

Ing. **Juan José Soto D.**
Sub-área de Frijol

Ing. M.C. **Rafael Rodríguez**
Ex-Coordinador Programa Frijol

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA)

Importancia del frijol en Guatemala

El frijol, junto con el maíz, son los productos básicos en la dieta del pueblo guatemalteco. En el país se cultivan aproximadamente 125.000 hectáreas, de las cuales 88.771 has se encuentran en el suroriente (trópico seco) y región norte; 77.348 has en el altiplano; y 12.714 has en la costa sur (Pacífico).

Características agroecológicas

Epocas de siembra

Suroriente

Epoca A: Enero-abril: debido a que esta es la época seca del año, estas siembras se realizan con riego. Incidencia alta del BGYMV.

Epoca B: Mayo-agosto: Llamada siembra de “primera” debido al inicio de la época lluviosa en Mayo. Presenta las condiciones más favorables para el desarrollo del cultivo de frijol. Incidencia intermedia del BGYMV.

Epoca C: Septiembre-noviembre: Llamada siembra de “segunda”, se caracteriza por días cortos. En algunas zonas se siembra frijol de relevo intercalado entre maíz o sorgo. Incidencia alta del BGYMV.

Costa del Pacífico

Epoca A: Enero-abril: Siembra con riego: Presenta una alta incidencia de mosaico dorado amarillo por condiciones de sequía y alta temperatura.

Epoca B: Mayo-agosto: Se presentan días largos y humedad y temperaturas altas. Incidencia del BGYMV intermedia.

Epoca C: Septiembre-diciembre: reúne las condiciones más favorables para el cultivo del frijol. Incidencia baja del BGYMV.

Los geminivirus del frijol en Guatemala

El mosaico dorado amarillo apareció hacia 1970 en el suroccidente de Guatemala. Las pérdidas de rendimiento en materiales criollos fluctúan entre el 80-100%. El mosaico dorado amarillo se ha diseminando dentro de la región suroccidente, norte y región Pacífica, posiblemente por la expansión de cultivos hortícolas en la región suroccidental y norte (ver mapa adjunto). Estos cultivos permiten la reproducción de la mosca blanca *Bemisia tabaci* vectora del BGYMV. Hasta el momento no se han reportado otros geminivirus en frijol en Guatemala.

La mosca blanca vectora

Las poblaciones de la mosca blanca *Bemisia tabaci*, aumentan a partir de la siembra de “segunda” (agosto a noviembre), alcanzando poblaciones considerables en la época seca de noviembre a mayo. Esta especie vectora se encuentra predominantemente en valles y planicies desde el nivel del mar hasta los 1,000 m. Los principales hospederos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* en Guatemala, son las hortalizas y el tabaco. Sin embargo, existen varias malezas, especialmente malváceas y euforbiáceas donde también puede reproducirse.

Medidas de control

El control genético ha sido la principal medida para combatir el mosaico dorado amarillo en Guatemala. Este país ha sido un modelo para el desarrollo de variedades de frijol resistentes al mosaico dorado-amarillo para Centro América y aún para la América del Sur, a pesar de las diferencias de los virus causales del mosaico dorado (BGYMV y BGMV, respectivamente) en estas dos regiones. Este proyecto se inició en la época de los 1970s, gracias a la colaboración entre el programa nacional (ICTA), el Gobierno Suizo (PROFRIJOL), y el CIAT. El cuadro 1 muestra las principales variedades de frijol con resistencia al BGYMV, desarrolladas en Guatemala.

El control químico ha sido otra estrategia para combatir la mosca blanca. Predominan los insecticidas fosforados, como el Methyl Parathion, el Tamarón 600 y el Thiodan 35 Ce (Endosulfán).

Cuadro 1. Variedades de frijol mejoradas para BGYMV en Guatemala

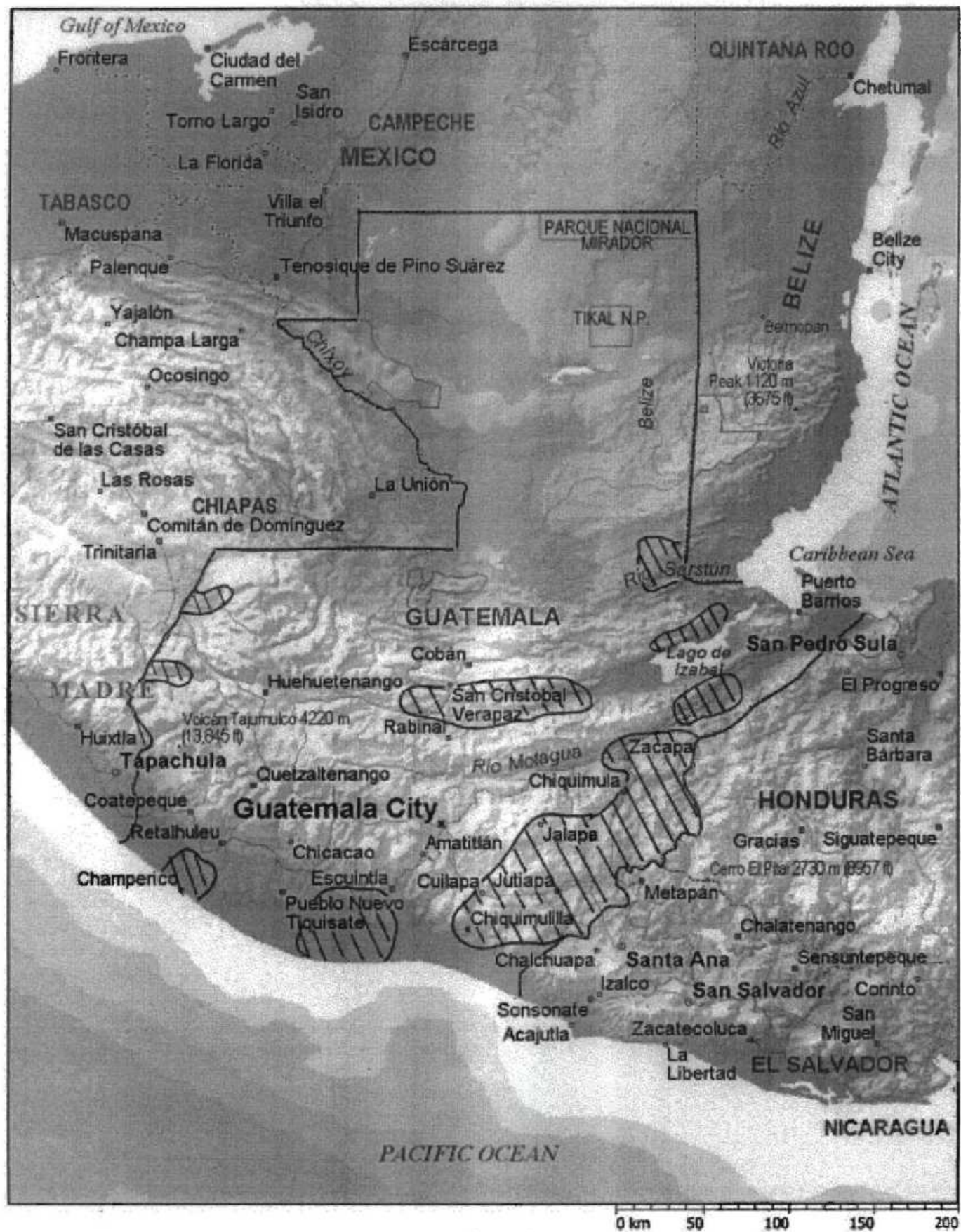
Variedad	I.D.	Año	Cruza	Caract.
ICTA-Quetzal	D-30	1979	P.Sintetico x Turr-1	BGYMV
ICTA-Tamazulapa	D-83	1979	ICA-Pijao x Turr-1	BGYMV
ICTA-Jutiapa	D-35	1979	ICA-Pijao x Turr-1	BGYMV
ICTA-Ostúa	JU81-53	1986	ICTA-Quetzal x JU78-12	BGYMV y Precoz
DORICTA	DOR364	1992	BAT1215x (RAB166xDOR125)	BGYMV
ICTA-Chapina	J090-4	1992	A 429 x XAN 112	BGYMV
ICTA-Costeña	DOR390	1992	(DOR364xG18521) x (DOR365xLM30630)	BGYMV
ICTA- Santa	DOR 446	1992	(DOR364xG18521) x (DOR365xLM30630)	BGYMV

Referencias

MAGA. 1996. Situación actual y perspectivas de los Granos Básicos en Guatemala.

Rodriguez R. 1994. Situación Actual del Mosaico Dorado del Frijol en América Central. Guatemala.

Viana A. y Martínez J. 1996. Factores que inciden en la adopción de nuevas variedades de frijol : el caso de Jutiapa, Guatemala.



Guatemala
Regiones frijoleras afectadas por BGMYV

El Salvador

Ing. Carlos Atílio Pérez Cabrera

Ing. Edgardo Mendoza Puquirre

Programa Granos Básicos
CENTA

Importancia del frijol en El Salvador

El frijol es un alimento básico en la dieta del pueblo salvadoreño. Según estimaciones del Ministerio de Agricultura, en El Salvador se cultivan unas 72.000 hectáreas con rendimientos promedios de 828 kg/ha. Esta producción, sin embargo, no satisface la demanda nacional, por lo que el país debe importar frijol.

Características agroecológicas

El frijol en El Salvador es cultivado en regiones con alturas que fluctúan entre los 300 y los 1.200 msnm, con temperaturas promédios entre los 26° y 30° C, y precipitaciones promedio de 1.500 mm/año. El frijol se siembra en todo el país, siendo los departamentos de Ahuachapán, Santa Ana, Sonsonate, San Vicente, Cabañas, Cuzcatlán, San Salvador y La Libertad, los de mayor producción.

La principal época de siembra se realiza entre los meses de agosto a septiembre (siembra de “segunda”), cubriendo un 75% del área total sembrada. La siembra de “primera” se realiza en mayo, y cubre un 20% del total del área de frijol. El 5% restante se siembra entre noviembre y diciembre, con riego o humedad residual.

Los geminivirus del frijol en El Salvador

En 1966, Zaumeyer y Smith registraron la presencia del mosaico dorado amarillo en El Salvador; aún cuando en esos años se le conocía como “moteado amarillo” según Gámez (1970). El mosaico dorado amarillo se presentaba frecuentemente en las llanuras del Pacífico salvadoreño, alcanzando incidencias hasta del 100%. Aquí se encuentran los departamentos de La Libertad, La Paz, San Vicente y Usulután. De la costa Pacífico, el mosaico dorado ha subido por los valles del interior, principalmente en los departamentos de La Libertad y Ahuachapán (ver mapa adjunto).

La época de mayor incidencia de mosaico dorado amarillo, corresponde a la siembra de “primera” (mayo-junio), resultando en pérdidas totales en variedades criollas no mejoradas. En las siembras de “segunda” (agosto-septiembre), la incidencia de mosaico dorado amarillo es intermedia (50-60%) en variedades criollas, y baja a intermedia en variedades mejoradas. En la siembra de “apante” (noviembre-diciembre) en condiciones de riego, la incidencia de mosaico dorado amarillo es alta (Zapotitán), forzando el abandono del cultivo o el uso de variedades mejoradas.

La mosca blanca vectora

La mosca blanca *Bemisia tabaci* ha venido incrementando sus poblaciones desde los años 1970s, hasta alcanzar un máximo de daño al cultivo del frijol en 1987. La mosca blanca en El Salvador es un insecto con un amplio rango de hospederos cultivados y silvestres, tales como las malváceas silvestres, el chile dulce, el pepino, el pipián, el tomate, la papa, el camote, el tabaco, el algodón, la soya y varias especies de *Phaseolus*.

Las poblaciones de mosca blanca se incrementan en los meses secos del año (diciembre-abril) y atacan los cultivos susceptibles sembrados poco después (mayo-junio) o en meses secos con riego.

Medidas de control

La medida de control más generalizada es el uso de diferentes productos químicos contra la mosca blanca vectora. Estos productos son aplicados

desde la emergencia hasta la floración, siendo aplicados semanalmente o aún con una mayor frecuencia en el caso de variedades criollas susceptibles, como "Rojo de Seda".

Sin embargo, la medida de control más exitosa en El Salvador, ha sido el uso de variedades resistentes al BGYMV, tales como "CENTA Cuzcatleco" y "Rojo Salvadoreño 1", las cuales han sido adoptadas en un alto porcentaje (62%), en la zona occidental (Ahuachapán, Sonsonate y Santa Ana).

Referencias

Gamez, R. 1971. Los virus del frijol en Centro América. 1. Transmisión por moscas blancas y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. Turrialba 21: 22-27.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1997. Informe de coyuntura. Oficina de análisis de políticas agropecuarias. El Salvador, 121 p.

Viana, A., Contreras, M. A., y Perez, C.A. 1996. Adopción de la variedad de frijol CENTA Cuzcatleco en la región occidental del Salvador. CENTA-PROFRIJOL-IIICA, 21 p.

Zaumeyer, W.J., y Smith, 1964. Report of bean disease and insect survey in El Salvador. AID, ARS-USDA, Beltsville, MD.

Honduras

Norman Danilo Escoto

Jefe Programa Nacional de Frijol

DICTA-Honduras

Importancia del frijol en Honduras

El frijol común es uno de los granos básicos más importantes en la dieta del pueblo hondureño, ocupando el segundo lugar después del maíz, tanto en superficie como en producción. El promedio del área sembrada de frijol común en el país, en los últimos siete años, es de 151,088 Mz (105.656 hectáreas), con una producción de 1.422.441 quintales (64.656 TM), lo cual arroja un rendimiento promedio de 612 kg/ha. El 75% del frijol producido es cultivado por productores de escasos recursos. El consumo *per capita* promedio en Honduras, es de 11.6 kg anual.

Características agro-ecológicas

En el país se practican cuatro sistemas de producción: 1) el monocultivo, en un 55% del área sembrada, 2) relevo bajo maíz, en un 32% del área, 3) asociación con maíz y sorgo, en un 10% del total, y 4) asociación con otros cultivos en un 3% del área sembrada.

La siembra de “postrera” (septiembre-octubre) es la más importante en superficie sembrada (76.5%). Esto representa unas 40,000 has en la región centro-oriental, 28.500 has en la región nor-oriental, 16,500 en la occidental, 14.500 has en el norte, 12.500 en el centro-occidente, 6.000 has en el sur y 1.500 en el litoral Atlántico. La época de “primera” (mayo-junio) cubre un 23% del área sembrada, siendo la región norte la que más área ocupa: 7.720 has, seguida por la región occidental con 6,360 has. y las regiones centro-oriental y centro-occidental con 4.280 y 3.500 has, respectivamente. La siembra de diciembre a enero, practicada en el Litoral Atlántico, solo abarca un 0.5% de la superficie total sembrada en frijol.

En el ciclo de primera ocurre el 65% de la precipitación anual en el país. La distribución de estas lluvias es regular, con un tiempo seco variable de un mes entre el 15 de julio y el 15 de agosto. Septiembre es el mes más lluvioso

del año, con temperaturas que fluctúan entre 22 y 30° C. En la época de postrera, la lluvia disminuye en un 40%, sin que la humedad relativa o la temperatura desciendan del 70% y 19° C, respectivamente.

Los geminivirus del frijol en Honduras

El mosaico dorado amarillo del frijol se observa por primera vez hacia el año de 1985, en la región sur-oriental del país (Valles de Siria y Zamorano) con una incidencia baja y severidad moderada. En 1989, Escoto y Pereira reportan una incidencia de mosaico dorado amarillo, entre el 10 y el 100% en el ciclo de postrera de las principales regiones productoras de frijol en el país.

La siembra de postrera ha sido por lo general la más afectada por el BGYMV, principalmente en las regiones Centro, Sur, Oriente y Occidente, que comprenden los departamentos de El Paraíso, Francisco Morazán, Olancho, Comayagua y Copán (ver mapa adjunto).

La mosca blanca vectora

Las poblaciones de la mosca blanca *Bemisia tabaci* aumentan por lo general en el ciclo de postrera. Sin embargo, estudios realizados en Comayagua, han demostrado que las mayores cantidades de mosca blanca se presentan en los períodos de mayo-junio (primera) y enero-marzo (siembras con riego). Entre las principales plantas hospedantes de la mosca blanca se citan: *Sida* spp., y cucurbitáceas y solanáceas, como el melón, la sandía, y el tabaco.

Medidas de control

En las zonas más afectadas por el mosaico dorado amarillo, se siembran variedades de frijol resistentes, tales como “Dorado”, “Don Silvio”, “Tio Canela”, DICTA 113”, y “DICTA 122”. Las poblaciones de mosca blanca se mantienen bajas en estas variedades mediante el uso de Metamidofós (dos aspersiones en promedio). Algunos productores usan jabones y productos naturales, como el chile molido, o utilizan el sistema de relevo para bajar la incidencia de mosca blanca.

Referencias

Caballero, R., y Rueda, A. 1993. Las moscas blancas en Honduras. pp. 50-54 En: Las Moscas Blancas en América Central y el Caribe. L. Hilje y O. Arboleda (Eds.). Turrialba, C. R.

Martel, P. y Bernstein, R. 1994. The bean subsector in Honduras: historical developments, current status, and policy issues. Bean/Cowpea CRSP Socioeconomics Working Paper 94-2, 44 p.

Rodríguez, F., Díaz, O., y Escoto, N.D. 1994. La situación del mosaico dorado en Honduras. pp. 45-50 En: El Mosaico Dorado del Frijol: Avances de Investigación, F.J. Morales (Ed.). CIAT, Cali, Colombia.

Nicaragua

Ing. Aurelio Llano

Ing. José Angel Vanegas

Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias
CNIA

Importancia del frijol en Nicaragua

El frijol es un producto de primera necesidad en la alimentación del pueblo nicaragüense, presentando un consumo *per capita* de 13 kg/año. En el país se cultivan unas 165.000 hectáreas en fincas pequeñas (<3has), con poca tecnología y bajos insumos. El área sembrada se ha venido incrementando en los últimos años, debido al cese de los conflictos internos y a la repoblación de las áreas abandonadas en épocas afectadas por el conflicto armado.

Características agro-ecológicas

La siembra de frijol en Nicaragua está afectada por diferentes factores climáticos extremos, como sequías, lluvias intensas e irregulares, huracanes, y suelos marginales donde los pequeños productores subsisten.

El frijol en Nicaragua se siembra en cuatro épocas de siembra: primera, postrera, apante y riego. La siembra de **postrera** (septiembre-octubre) es la más importante, seguida por las siembras de **primera** (15 mayo-15 junio). Las siembras de **apante** (noviembre-diciembre) y de **riego** (enero) se han expandido ultimamente. La época de primera se inicia con las lluvias, principalmente en la Meseta del Pacífico y áreas secas de la región norte (Estelí y Matagalpa). En esta época se presenta una "canícula" entre el 15 de julio y el 15 de agosto. La segunda siembra de "postrera" ocupa gran parte del área sembrada. En la Meseta (Sierra de Managua, parte alta de Carazo, Masaya y Managua) y zonas bajas del Pacífico, las siembras se realizan entre el 26 de septiembre y el 3 de octubre. En las zonas secas del norte, (Estelí y Matagalpa), donde las lluvias terminan antes, se siembra entre el 7 y 30 de septiembre. En las áreas húmedas (Las Segovias) se siembra entre el

15 de septiembre y el 10 de octubre. La tercera época de “apante” se practica en la zona Atlántica y en las zonas lluviosas del norte, entre el 20 de noviembre y el 10 de diciembre, para que la cosecha coincida con la época seca (febrero-marzo). La siembras con riego tienen lugar en la Costa del Pacífico (Estelí y Sébaco).

El frijol en Nicaragua se cultiva en ambas costas, desde el nivel del mar hasta los 900 m en la cordillera central. Las zonas más aptas para el cultivo están ubicadas en la región norte y la Meseta Central del Pacífico. El 80% de la producción nacional proviene de las regiones I, IV y VI, que corresponden a los departamentos de Matagalpa, Jinotega, Estelí, Nueva Segovia, Carazo y Masaya.

Los geminivirus del frijol en Nicaragua

El mosaico dorado amarillo se observó por primera vez en la región del Pacífico de Nicaragua (Gámez, 1971). Posteriormente, Llano (1981) reportó la presencia de esta enfermedad en la región IV (Carazo) afectando la variedad “Acacia 6”. Actualmente, el mosaico dorado amarillo está diseminado por todas las zonas productoras de frijol en el país. En Carazo, Matagalpa, Jinotega y Nueva Guinea, la incidencia de la enfermedad es esporádica. Por el contrario, en Estelí, Nueva Segovia, León, Chinandega y partes bajas de Matagalpa, las variedades susceptibles de frijol son severamente afectadas por la enfermedad (ver mapa adjunto). El *Virus del mosaico dorado amarillo del frijol* (BGYMV) de Nicaragua, pertenece al mismo grupo de virus que causan esta enfermedad en Centro América y el Caribe, según resultados obtenidos en la Universidad de Wisconsin en 1991 (D.P. Maxwell, *comunicación personal*).

En 1993, durante una visita organizada por la Dra. P.K. Anderson (UNA, Managua) a la localidad de Sta. Lucía, Boaco, el Dr. Francisco J. Morales del CIAT, detectó la presencia de otro geminivirus relacionado al virus del mosaico enano del frijol (BDMV). Este virus fue detectado posteriormente afectando frijol en la localidad de Pueblo Nuevo, Estelí (Zamora, 1996). Este virus no alcanza una incidencia preocupante hasta la fecha en las regiones del país donde se ha detectado.

La mosca blanca vectora

Existen varios reportes sobre plantas hospederas de mosca blanca en Nicaragua. Bustillo (1978) registró 99 plantas hospederas de la mosca blanca en la región II (León), de las cuales 20 eran especies cultivadas. Dinarte (1992) identificó 16 plantas hospederas en el Valle de Sébaco (Región VI), incluyendo tres especies cultivadas. De estas plantas cultivadas, se reconoce al algodón y al tomate como hospederos en los cuales *Bemisia tabaci* se puede reproducir abundantemente (Comisión Nacional de Mosca Blanca, 1993). La reproducción de esta especie en frijol es baja, a pesar de que puede haber oviposición. Los otros hospederos reportados en Nicaragua, incluyen al tabaco, chile, chiltomas, papa, melón, ayote, sandía, pipián y pepino. Entre las malezas: tigüilote, algodón silvestre, escoba lisa y blede.

El mosaico dorado amarillo afecta principalmente las zonas bajas (0-700 msnm) en los departamentos de Estelí y Madriz desde 1993. La severidad de la enfermedad está relacionada con la dinámica poblacional del vector. Las lluvias disminuyen la incidencia de la enfermedad, mientras que la expansión de ciertos cultivos, como el tabaco, incrementa la incidencia del mosaico dorado amarillo. Esto último ocurre en zonas productoras como Jalapa y San Fernando, a pesar de encontrarse en una zona húmeda.

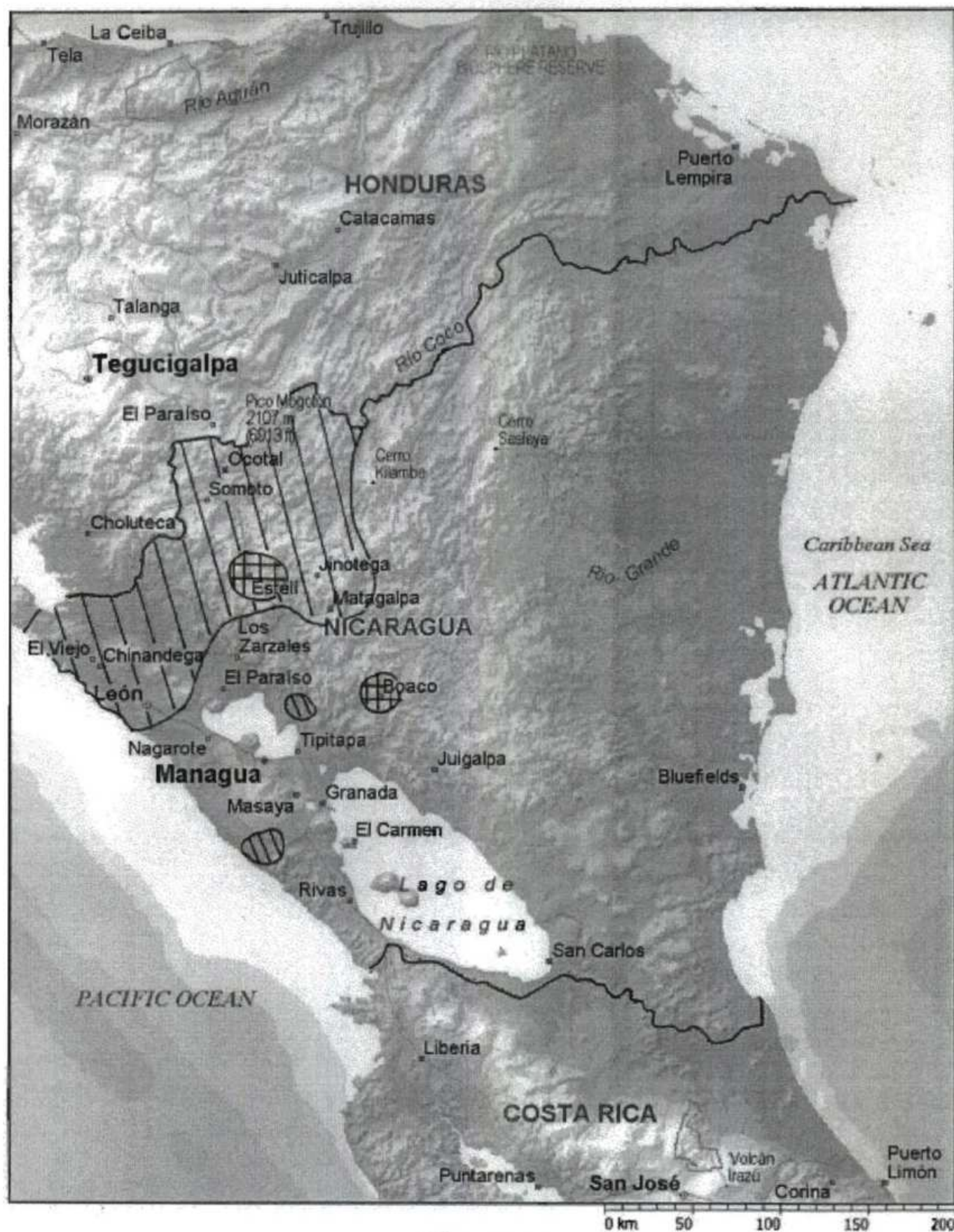
Medidas de control

El uso de variedades resistentes, tales como el DOR 364, ha reducido el daño causado por el mosaico dorado amarillo en más de un 70%, en relación a la producción de variedades susceptibles (Tondeur, 1998). Otras líneas promisorias próximas a liberarse, son la DOR 590 (Jinotepe), DOR 582 (Masatepe) y la MD 30-75 (Tio Canela).

Nicaragua es un país modelo en relación a la adopción de prácticas de manejo integrado de plagas, debido a la existencia de numerosos proyectos de extensión e investigación participativa. Debido a la ineficacia de la mayoría de los insecticidas por desarrollo de resistencia en la mosca blanca, y al alto precio de los nuevos insecticidas, los agricultores nicaragüenses están utilizando productos como el neem, extractos de chile, tabaco, jabones y aceite de cocina (Anderson *et al.*, 1994).

Referencias

- Anderson, P.K., Guharay, F., y Chavarria, A. 1994. Memoria del taller Nacional de Mosca Blanca, Julio de 1992, Managua, Nicaragua. CATIE/OIRSA.
- Bustillo, C.J. 1978. Informe de las labores del programa básico de mosca blanca. 1975-1976. Posolotega, Nicaragua. Centro Exp. Algodón. pp. 7-11.
- Tapia, B.H. 1987. Mejoramiento varietal del frijol en Nicaragua. Managua, Nicaragua. I
- Zamora, M.E. 1996. (Identificación de plantas silvestres como reservorios de los virus del mosaico dorado (BGMV) y del mosaico enano (BDMV) del frijol en Pueblo Nuevo, Nicaragua. M.Sc. Thesis. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 84 p.



Nicaragua

Regiones frijoleras afectadas por BGYMV  and BDMV 

Costa Rica

Carlos Manuel Araya

Escuela de Ciencias Agrárias
Universidad Nacional

Rodolfo Araya

Estación Experimental Fabio Baudrit
Universidad de Costa Rica

Importancia del frijol en Costa Rica

El frijol común es un alimento tradicional en Costa Rica, particularmente entre la población de menores recursos. En Costa Rica se destacan dos zonas de importancia en la producción de frijol: la región Brunca (N 9° 30' y 8° 24', W 84° 18') en el sur del país, y la región Huetar Norte (N 10 - 11° y W 84 - 85° 30'). La región Brunca fue históricamente la de mayor producción de frijol en el país; sin embargo, desde finales de la década de los 1980s, la producción de frijol se ha desplazado paulatinamente hacia el norte del país, a terrenos más planos y con sistemas de siembra mecanizado. Otras regiones productoras de menor relevancia son: la región Central, Pacífico Central, Chorotega y la región Huetar Atlántica (ver mapa adjunto).

Características agro-ecológicas

En los últimos cinco años, el área sembrada en la región Huetar Norte ha llegado a representar más del 50% del área de producción nacional, mientras que la región Brunca redujo su aporte hasta niveles inferiores al 20% (Cuadro 1). Con ligeras oscilaciones, en la región Huetar Norte actualmente se cultiva el doble del área cultivada en la región Brunca.

En términos de rendimiento las diferencias entre regiones son más acentuadas, dado que en el sur del país predomina la siembra a espeque y "tapado", en pequeñas parcelas y con limitaciones topográficas. Por el contrario, la siembra de frijol en la zona norte es mecanizada; en terrenos planos con extensiones de hasta 300 ha (Cuadro 2).

Cuadro 1. Area cultivada (ha) de frijol en las regiones agrícolas de Costa Rica en el quinquenio 1993 - 1998.

REGION	Períodos agrícolas				
	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98
Central	6.050	3.975	3.320	4.842	3.800
Pacífico Central	3.401	3.268	2.740	2.620	1.645
Chorotega	8.135	7.554	4.857	6.080	3.563
Brunca	17.060	13.750	6.213	9.525	12.098
Huetar Norte	21.900	28.600	15.830	20.169	16.711
Huetar Atlántico	300	300	285	200	440

Fuente: Salazar, J. J. 1998. Caracterización de la producción de frijol en Costa Rica, propuesta ante la globalización de la comercialización. VIII Mesa Redonda de Poscosecha de Granos. Colombia.

Cuadro 2. Rendimiento promedio (Kg/ha) de frijol en las regiones agrícolas de Costa Rica en el quinquenio 1993 - 1998.

REGION	Períodos agrícolas				
	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98
Central	570	500	500	371	400
Pacífico Central	470	440	850	304	340
Chorotega	420	370	340	225	280
Brunca	450	540	450	413	430
Huetar Norte	870	770	890	562	400
Huetar Atlántica	670	600	340	350	600

Fuente: Salazar, J. J. 1998. Caracterización de la producción de frijol en Costa Rica; propuesta ante la globalización de la comercialización. VIII Mesa Redonda de Poscosecha de Granos. Colombia.

En Costa Rica se distinguen tres épocas de siembra.

a) Primera o veranera. En la región Central: 1 al 30 de mayo. Región Brunca: 15 de abril al 22 de mayo. Región Pacífico Central: 15 de abril al 15 de mayo.

b) Segunda o inverniz. En la región Central: 15 de septiembre al 22 de octubre. Región Pacífico Central: 10 al 30 de octubre. Región Brunca: 1 al 30 de octubre. Región Chorotega: 1 al 30 de septiembre.

c) Tercera o veranera. Región Chorotega: 1 al 30 de diciembre. Región Huetar Norte: 15 de noviembre al 15 de enero. Región Huetar Atlántica: no se recomienda la siembra de frijol.

Condiciones climáticas.

Antes de los años 90, la región Brunca aportaba hasta el 45% de la producción nacional. Actualmente, ese porcentaje se ha reducido hasta alrededor del 20%. Esta disminución obedece a limitaciones de tipo edáfico y climático. Las condiciones ambientales prevalecientes en la región sur del país, favorecen una alta incidencia de enfermedades fungosas, las que reducen significativamente los rendimientos. Además, otros fenómenos naturales como el “Niño” y temporales severos, han incidido en la reducción del área sembrada.

En la zona sur de Costa Rica, la precipitación anual promedio, en los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires, donde se cultiva la mayor cantidad de frijol de la región, es de 3000 mm. En otras subregiones se presentan promedios de hasta 5000 mm anuales. El período lluvioso se distribuye generalmente desde el mes de mayo al mes de noviembre.

La región Huetar Norte se caracteriza por un período de lluvias más prolongado. El promedio anual de precipitación se ubica entre los 3000 y 3500 mm, distribuido en nueve meses. Por el régimen pluvial, en esta región solo se realiza una siembra al año. Las otras zonas agrícolas de Costa Rica oscilan entre los 2000 y 2500 mm, con excepción de la región Atlántico Norte donde el promedio se ubica entre los 4000 y 4500 mm, razón por la cual no se recomienda el cultivo de frijol.

En Costa Rica se cultivan variedades de grano pequeño negro o rojo. A pesar de la preferencia de consumo por el grano brillante, en los últimos

años esta tendencia ha variado y hoy se consumen granos opacos y, en bajo porcentaje, otras variedades exóticas (frijol blanco, red kidney, etc.). A nivel nacional existe el interés por incrementar en área sembrada de frijol rojo, con el propósito de participar en las exportaciones a América Central. Las variedades comerciales mejoradas de mayor uso actual se presentan en el Cuadro 3. En el país también se usan muchas variedades de frijol criollas, muchas de ellas conservadas durante años por los agricultores y distribuidas en áreas muy específicas.

Cuadro 3. Variedades comerciales mejoradas de uso en Costa Rica.

Variedad	Color de grano	Días a cosecha	Habito de crecimiento	Rendimiento (Ton/ha)
Brunca	negro opaco	72 - 75	III b	1.7
Huatesco	negro opaco	80	III a	1.2
Guaymí	negro opaco	76 - 80	II a	1.4
Huetar	rojo opaco	70	I	1.5
Chorotega	rojo opaco	80	II b	1.3
Maleku	rojo opaco	74 - 76	III	1.7
Chirripó	rojo brillante	79	II b	1.3

Los geminivirus del frijol en Costa Rica

El virus del mosaico dorado amarillo (BGYMV), un geminivirus transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, fue descrito por primera vez en Costa Rica en la década de los 1960s, pero no se informó de alta incidencia ni de efectos negativos en la producción de frijol (Gámez, 1971). Los síntomas del mosaico dorado amarillo se observaron esporádicamente, y en pocas plantas de cultivos comerciales de frijol ubicados en las regiones Brunca, Central, Pacífico Central y Chorotega; las principales zonas frijoleras de Costa Rica.

En la zona occidental del Valle Central de Costa Rica, la enfermedad se presentó con severidad a partir de 1987. Durante 1988 se observaron varias

parcelas comerciales de la variedad Huetar con 45% de las plantas afectadas. En 1991, el 35 % de lotes comerciales estaban afectados y en 1992 se nota la preocupación entre los agricultores por la nueva enfermedad y su interés por sustituir las variedades criollas por mejoradas. Esta es una enfermedad estacional cuyo impacto se presenta más severo en la época seca (diciembre a abril).

Debido al constante aumento en la incidencia de esta enfermedad, a partir de 1993, el Programa Nacional de Frijol decidió incluirla dentro del plan de mejoramiento de variedades para uso comercial. Para 1998, todas las líneas en evaluación ya tienen incorporada diferentes niveles de resistencia al BGYMV.

En casi todas las zonas frijoleras de Costa Rica hay siembras de solanáceas (tomate, chile dulce o tabaco) y melón, lo que favorece la supervivencia de altas poblaciones del vector en el campo. La mayor incidencia de mosaico dorado se circunscribe a las áreas donde se concentran las mayores poblaciones del vector. Este insecto se localiza entre los 9° 50' y 10° 10' latitud norte y entre los 84° 10' y 84° 20' longitud oeste, en una época seca definida (diciembre a abril) y con una precipitación promedio de 1600 mm de mayo a noviembre.

La mosca blanca vectora

El mayor número de adultos de mosca blanca se observa durante la época seca, en las siembras bajo riego. A partir de 1987 se detectó la incidencia de virus en las siembras postreras (septiembre - diciembre) y, a partir de 1990, se detecta la incidencia del virus del mosaico dorado amarillo durante todo el año. Sin embargo, en Costa Rica, la población del insecto es alta durante los meses de verano (diciembre - abril). El mayor número de adultos en parcelas experimentales de cultivares susceptibles, se concentra entre los 16 y los 24 días después de la emergencia. Igualmente, en la zona de La Garita, Alajuela, se observó que en tan solo 21 días, el número de plantas viróticas pasó de 13 a 407 (G. Corrales, 1998. *comunicación personal*).

Debido a la amplia distribución de cultivos hortícolas susceptibles y al elevado empleo de agroquímicos en las mismas, se considera que las poblaciones de mosca blanca son el producto de la resistencia adquirida a los agroquímicos y a la eliminación de sus enemigos naturales.

Medidas de control

El principal método de combate del mosaico dorado amarillo es la resistencia genética. Actualmente, la mayoría de las variedades derivadas de los programas de mejoramiento genético para América Central, poseen resistencia al BGYMV. Una de las líneas de mayor uso por su resistencia genética es la DOR 364, que ha sido liberada como variedad comercial en Guatemala, Honduras y Nicaragua.

El control químico es una práctica poco común en Costa Rica. Con base a estudios realizados en otros cultivos, las aplicaciones de Imidacloprid en dosis de 400g/ha a la base de la planta, reducen la población de adultos y protegen la planta por 40 días (C. Rodríguez, 1990. *Comunicación personal*).

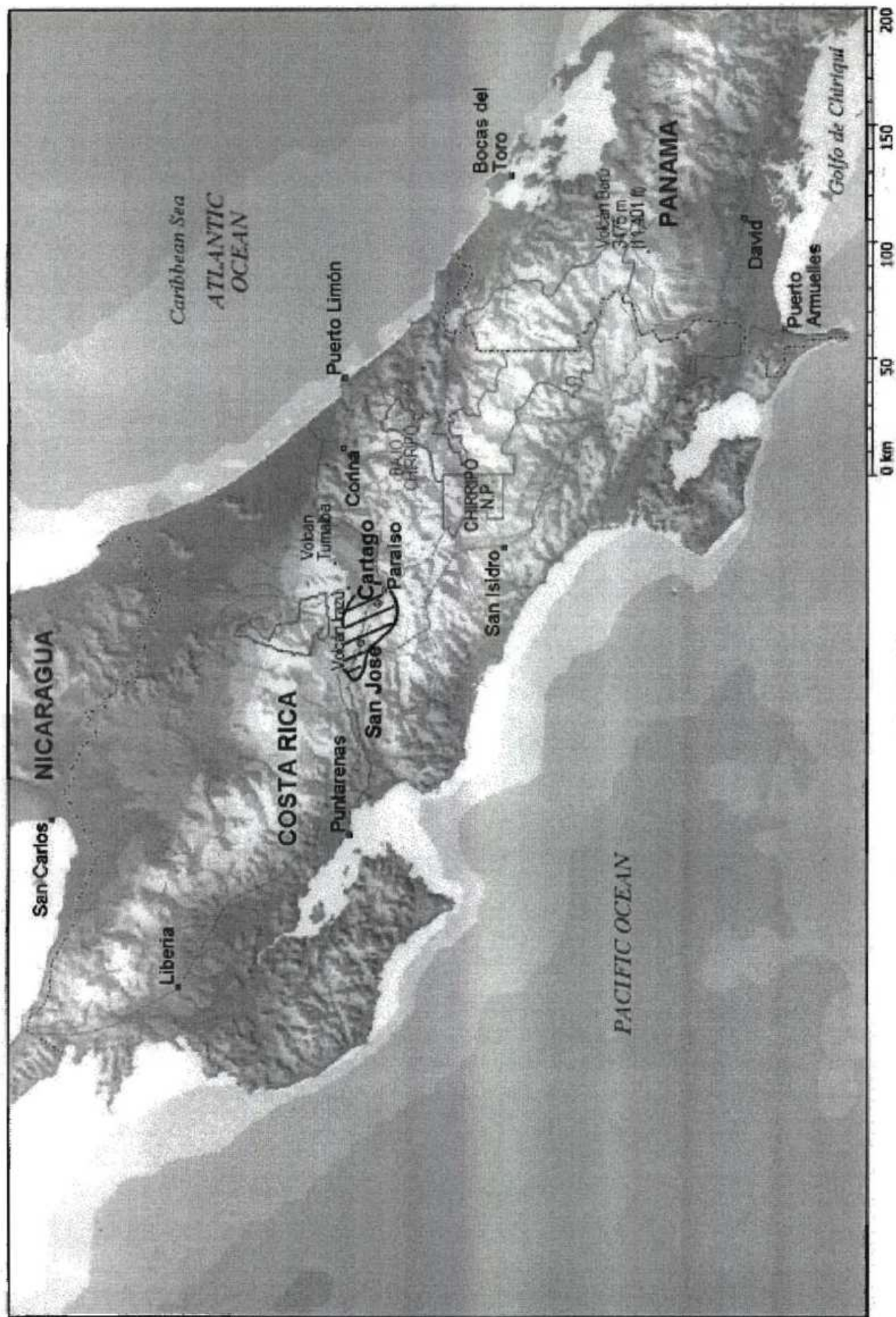
Referencias

Gámez, R. 1971. Los virus del frijol en Centroamérica. I transmisión por moscas blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del mosaico dorado. Turrialba 21:22-27.

Hilje, L. y Arboleda, O. 1993. Las moscas blancas (Homoptera:Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Inf. Téc. 205. 66 p.

Hilje, L., Cubillo, D. y Segura, L. 1993. Observaciones ecológicas sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) en Costa Rica. MIP 30:24-30.

Salazar, J.J. 1997. Caracterización de la producción de frijol en Costa Rica; propuesta ante la globalización de la comercialización. VIII Mesa Redonda de Poscosecha de Granos. Colombia, 13-15 agosto.



Costa Rica
Regiones frijoleras afectadas por BGYMV

Panamá

Emigdio Rodriguez

Gerente Proyecto Poroto

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

IDIAP

Centro de Investigación Agropecuaria Occidental

Caisán, Chiriquí

Importancia del frijol en Panamá

En Panamá se cultiva frijol en la zona occidental de la provincia de Chiriquí, específicamente en las zonas de Caisán (800 msnm), San Andrés (550msnm) y Río Sereno (1000 msnm). En la última campaña se sembraron 2.100, 1.700 y 800 hectáreas en estas zonas, respectivamente. Adicionalmente, en el centro del país se cultivaron 350 has en Santa Fé de Veraguas, y 250 has en el corregimiento de las Minas, provincia de Herrera. En la zona baja de Panamá, se han llegado a cultivar hasta 500 has de frijol negro para exportar. En esta zona existe un potencial de siembra de 20.000 has.

Características agroecológicas

Las épocas de siembra varían de acuerdo a la zona productora. Para el área del Río Sereno las siembras se inician en septiembre. Para el área de Caisán, Santa Fé y Las Minas, las siembras comienzan a mediados de octubre. En San Andrés y la zona baja de la provincia de Chiriquí, las siembras se inician a mediados de noviembre.

Los geminivirus del frijol en Panamá

En la zona occidental de la provincia de Chiriquí, el mosaico dorado amarillo ha existido por más de dos décadas, sin que se hubiera considerado una enfermedad importante. Sin embargo, a partir de 1996 se intensificó la enfermedad en la variedad Black Mexican. Las principales zonas afectadas actualmente, son las localidades de Alanje, Querévalo y Sioguí, en Alanje; y Chitré y Los Santos, en la península de Azuero (ver mapa adjunto). En estas

zonas de producción afectadas por mosaico dorado amarillo, también se siembra tomate, zapallo, melón y sandía.

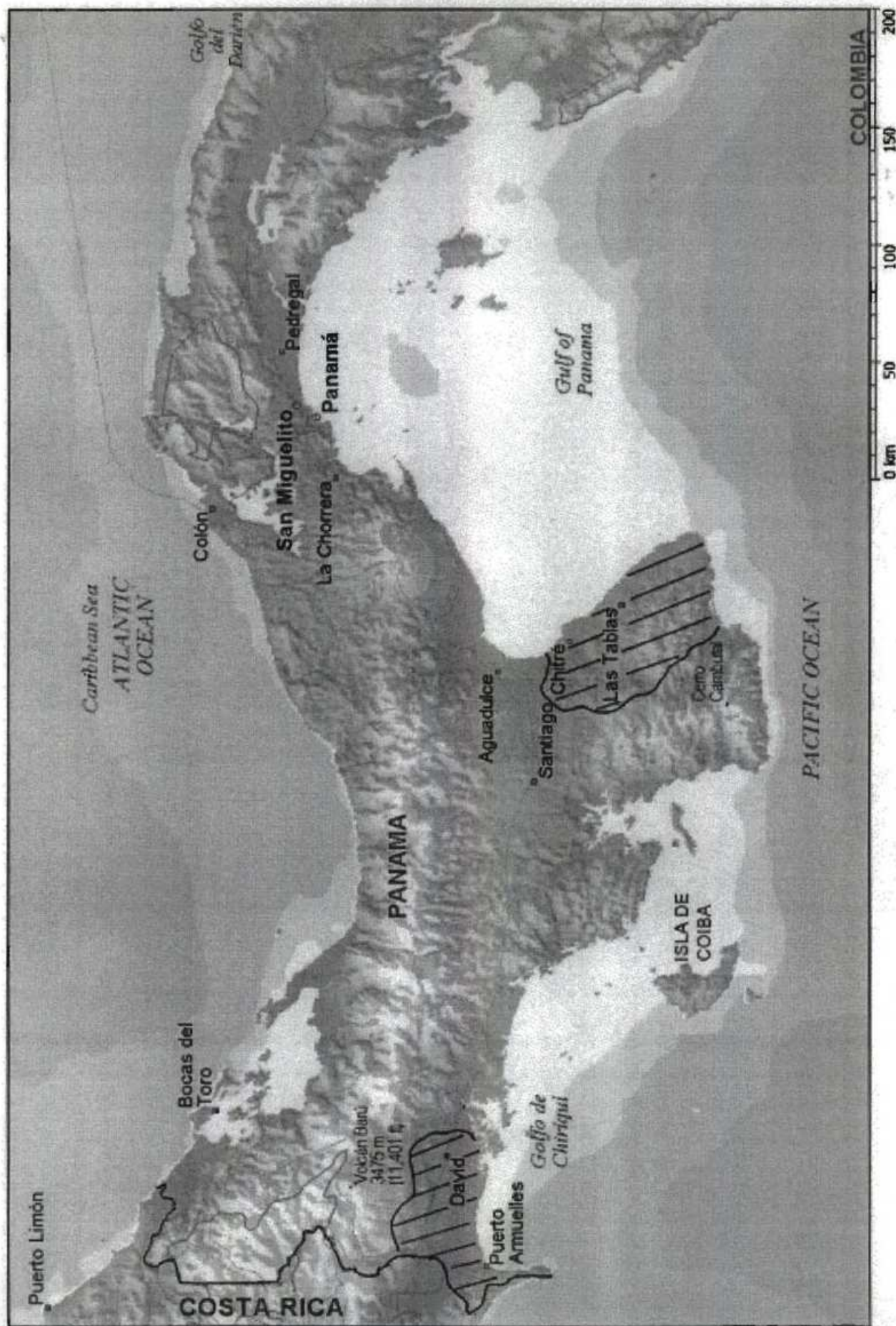
Hasta el momento no se han caracterizado los geminivirus que atacan al frijol en Panamá, pero se sospecha que se trata del BGYMV.

La mosca blanca vectora

Los principales hospederos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* en Panamá, son: el melón, el zapallo, el tomate y la sandía. Las poblaciones de mosca blanca han venido incrementándose a través del tiempo, pero hasta el momento no se considera una plaga severa del frijol en Panamá.

Medidas de control

Considerando las bajas poblaciones de mosca blanca en frijol, no ha habido necesidad de controlar este insecto en el cultivo. Sin embargo, otros cultivos en la zona, como el tomate, deben ser constantemente protegidos con insecticidas costosos, como el Imidacloprid (Gaucho, Confidor).



Panama

Regiones frijoleras afectadas por BGYMV 

REGION CARIBE

Cuba

Benito Faure Alvarez¹

Marissa Chailloux Laffita¹

Luis Vazquez Moreno²

Instituto de Investigaciones Hortícolas

“Liliana Dimitrova”¹

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal²

Importancia del frijol común en Cuba

En Cuba, el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es un cultivo de suma importancia para el pueblo, debido a que constituye uno de los alimentos básicos de su alimentación. El frijol en Cuba es una fuente relativamente barata de proteínas, por lo que su consumo crece a una tasa mayor que el incremento demográfico. El frijol común se cultiva tradicionalmente en todo el país, con un área de siembra controlada por el Estado, de 40.435 hectáreas. Esta superficie no incluye el área dedicada al auto-abastecimiento, donde se produce el frijol de los Ministerios, Empresas y Unidades que no están vinculadas directamente al sistema del Ministerio de Agricultura. El rendimiento promedio a nivel nacional en el período 1997-1998, fue de 293 kg/ha.

La producción nacional que comercializa el Estado, solo cubre el 5% de las necesidades de la población. Esta producción no incluye lo que se produce en fincas de auto-abastecimiento y otros agricultores, pero aún así, existe un déficit que exige la importación de 80 mil toneladas anuales de frijol. Actualmente se promueven políticas que estimulen la producción de frijol, con vistas a lograr los mayores niveles posibles de auto-abastecimiento.

La mayor producción de frijol común en Cuba, se realiza en el municipio de Gibara, provincia de Holguín, en Velasco. Esta región, conocida como el “granero de Cuba”, produce grandes volúmenes de frijol, maíz y caupí. En

frijol común, se siembran aquí unas 200 has. en pequeñas parcelas trabajadas individualmente o en el sistema de cooperativas, utilizando una tecnología tradicional.

Características agroecológicas

En Cuba, el frijol se siembra desde el 15 de octubre hasta el 30 de noviembre, época relativamente seca, por lo que se debe disponer de riego. Los productores que no disponen de riego, siembran del 1º de septiembre al 15 de octubre, corriendo el riesgo de exceso de lluvia y huracanes. Las siembras en diciembre y enero son tardías, pero se puede lograr una buena producción en sitios como Velasco y en las regiones montañosas.

El clima en Cuba está bien diferenciado en dos períodos: el seco, que comprende los meses de noviembre a abril, y el lluvioso, que va de mayo a octubre. En el período seco se pueden presentar frentes fríos en la región occidental del país. Dentro del período lluvioso ocurren más del 80% de las precipitaciones anuales.

El cultivo del frijol se encuentra en todas las provincias del país, las cuales se pueden agrupar en tres regiones edafo-climáticas: la región occidental (Pinar del Río, Habana, Isla de la Juventud, Matanzas); la central (Cienfuegos, Sancti Spiritus, Villa Clara, Ciego de Avila, Camagüey); y la oriental (Las Tunas, Granma, Holguín, Santiago, Guantámano). Las alturas a las que se siembra el frijol en Cuba, fluctúan entre el nivel del mar y los 108 msnm.

Los geminivirus del frijol en Cuba

El mosaico dorado amarillo se observó por primera vez en la zona de Velasco, en los inicios de la década del 70. Blanco y Faure (1992) refieren que los campesinos lo describían como “amachamiento” debido a la escasa producción de las plantas afectadas. La enfermedad pronto se tornó de suma importancia, con afectaciones de hasta un 90% del cultivo. Desde 1989, el mosaico dorado amarillo se difunde a todo el país, convirtiéndose en la principal enfermedad viral del frijol común en Cuba (ver mapa adjunto). Las provincias más afectadas son: Ciego de Avila, Holguín, Las Tunas y Camagüey. La zona Oriental ha sido más afectada desde 1996 y

particularmente, en 1998, por sequías relacionadas al fenómeno del “Niño”, lo cual ha elevado las poblaciones de la mosca blanca vectora.

En investigaciones conjuntas realizadas entre la “Liliana Dimitrova” y el CIAT, con la financiación del proyecto suizo PROFRIJOL, se ha determinado que el geminivirus predominante en Cuba es una variante del virus del mosaico dorado amarillo (BGYMV) existente en la América Central y el Caribe.

La mosca blanca vectora

El frijol en Cuba ha sido afectado tradicionalmente por la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Blanco y Bencomo, 1978). Sin embargo, este insecto cobró una importancia mayor entre 1989 y 1992, cuando arribó a Cuba el biotipo B de esta especie, conocida también como *B. argentifolii* (Vazquez, 1995). Las pérdidas directas (daño) e indirectas (como vector) causadas por este biotipo, fueron en muchos casos totales, en el período mencionado.

La mosca blanca *Bemisia tabaci* posee un rango de hospederos considerable en Cuba. La presencia de un sinnúmero de cultivos hortícolas en las regiones productoras de frijol, tales como tomate, pimiento, col, calabaza, melón y pepino, así como de soya y tabaco, facilita el desarrollo de altas poblaciones de mosca blanca. Esta situación podría agravarse con la promoción de la agricultura peri-urbana en Cuba. Hasta el momento se han detectado 119 plantas hospedantes de *Bemisia* spp. en Cuba (Vazquez *et al.* 1996).

En cuanto a la dinámica poblacional de mosca blanca en Cuba, el punto de partida son las siembras de noviembre. Sin embargo, algunos productores adelantan la fecha de siembra, por lo que permiten la reproducción más tempranamente.

Medidas de control

A pesar de que en los inicios del problema de mosca blanca, se recurrió a los insecticidas, en la actualidad existe un programa de manejo integrado de plagas (MIP). Las siguientes medidas han sido ahora adoptadas:

1. Zonificación: según el nivel de infestación de las áreas productoras.
2. Fecha de siembra: preferiblemente con temperaturas bajas y lluvias.
3. Cultivos asociados: pepino y maíz sembrados antes del frijol.
4. Erradicación de malezas.
5. Raleo de plantas enfermas.
6. Uso de arroyo como cobertura
7. Uso de trampas pegajosas.
8. Rotación de cultivos
9. Educación fitosanitaria.
10. Control biológico: *Verticillium lecanii* a 1 kg/ha o 1 lt/ha.
11. Uso de insecticidas naturales: tabaquina, neem, fruto de maya.
12. Uso de técnicas correctas de aplicación.
13. Uso de variedades resistentes al BGYMV: DOR 364, DOR 390.

Referencias

Blanco, Nilda e I. Bencomo. 1978. Afluencia de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), vector del virus del mosaico dorado, en plantaciones de frijol. Ciencias de la Agricultura. La Habana. 2: 39-46.

Castiñeiras, A. y L. Hernández. 1990. Los parásitos de *Bemisia tabaci* Genn. Boletín Técnico No. 5. CID – INISAV. Ciudad de la Habana. 15 p.

Chaveco, O. Paul J.L., Diman, J.L. Permuy Néncida y E. Garcia. 1997. Manejo sostenible de las prácticas en el cultivo del frijol dentro de las fincas campesinas del municipio Gibara, Holguín, Cuba. En: Coloquio Franco-Cubano. Noviembre Holguín, Cuba. 13 p.

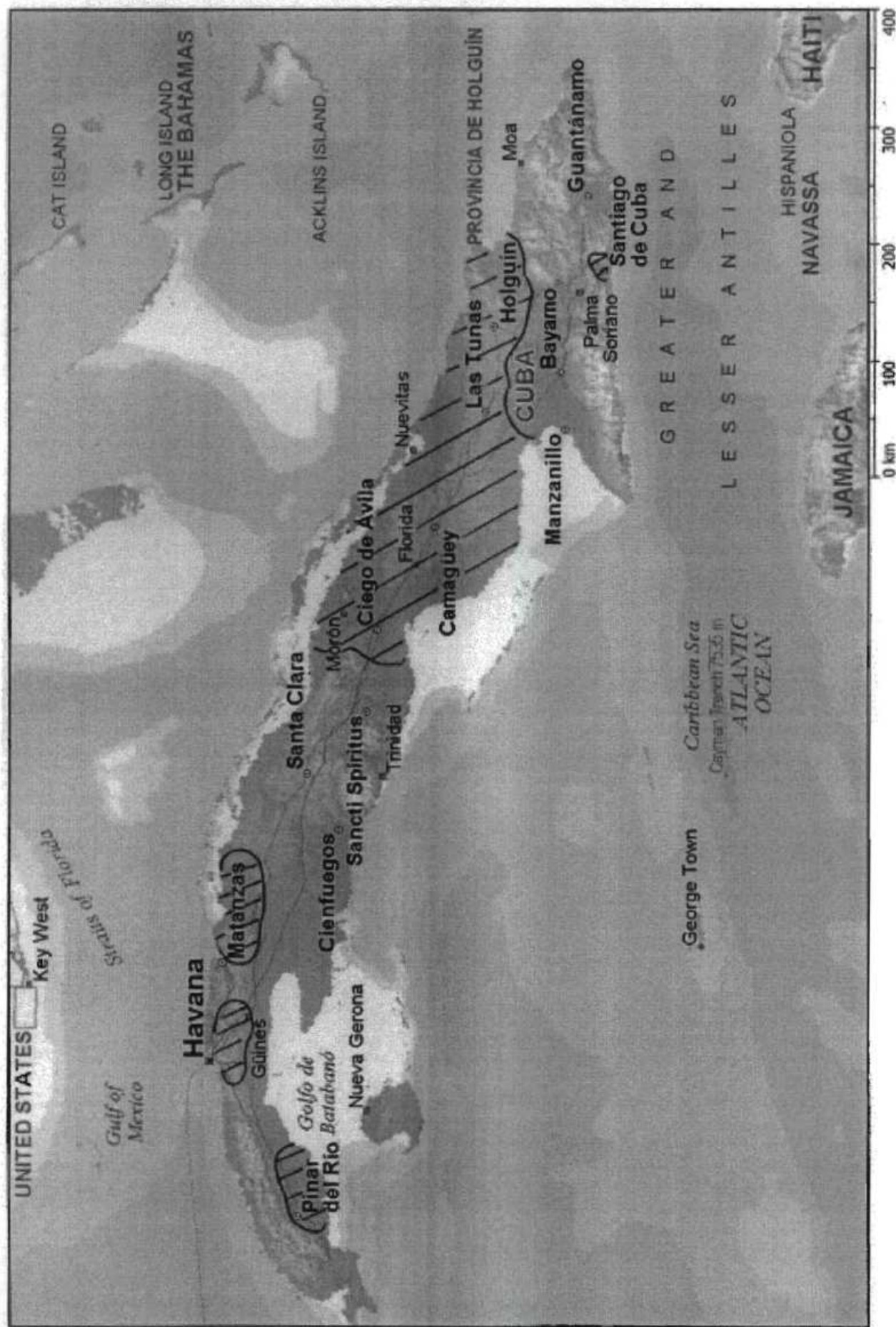
Gómez, O., Hernández, A., Depestre, T., Paredes, E., Roselló, C., Peralta, E. L., Martínez Y. 1996. Recuperación del tomate frente a geminivirus transmitidos por *Bemisia*. En: XII Forum de Ciencia y Técnica. Ciudad de La Habana, Cuba. 7 p.

González, M., Amelia Mateo, J. Muñiz y E. Garcia. 1991. Estudio del grado de preferencia de *Bemisia tabaci* en ocho cultivos hospedantes. Informe Técnico. LPSV -Holguín. MINAG. Cuba (inédito).

González M. *et al.* 1993. Estudios sobre *Bemisia tabaci* y manejo integrado contra la plaga en el frijol. En: VIII Forum de Ciencia y Técnica. Holguín. Cuba.

González, G. 1996. Virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate (TYLCV) en Cuba. Resumen de tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. 46 p.

- González M. *et al.* 1997. Manejo Integrado para el control del virus del mosaico dorado del frijol (VMDF) en Cuba. Informe trienal de PROFRIJOL. Cuba. 1993-96. 50 p.
- González, M., Muñiz, J., Mateo, A., Reyes, S., Pérez, N., Concepción, E., Sampedro, J., E., Pérez, García, E., Chaveco, O., y Faure, B. 1997. Manejo integrado del complejo mosca blanca-mosaico dorado en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cuba. En: "Taller geminivirus en el Caribe" (La Habana). 69 p.
- González, M., Pérez, N. y Concepción, E. 1992. Evaluación de insecticidas botánicos y microbiológicos en la lucha contra la mosca blanca del tomate. Informe técnico. LPSV-Holguín. MINAG. Cuba.
- Labrada, L. 1981. El uso de los herbicidas en hortalizas y granos. En: I Jornada Científica de Sanidad Vegetal, Holguín. 36 p.
- Mateo, A., Reyes, S., y González, M. 1996. Ciclo biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tres cultivos hospedantes y dinámica poblacional de la plaga en frijol. En: V Taller Latinoamericano moscas blancas y geminivirus. Acapulco México. p. 176.
- Ministerio de Agricultura. 1998. Estadísticas. República de Cuba. Murguido, C., Vázquez, L., Gómez, O., y Mateo, A. 1997. Informe sobre la problemática mosca blanca-geminivirus en Cuba. Boletín Técnico (INISAV, La Habana, No. 5. 4 p.
- Palenzuela, E. 1982. Guía climática abreviada para los especialistas de la agricultura. Instituto de Meteorología. Academia de Ciencias de Cuba. p. 245.
- Pierre, R. 1975. Observation on the golden mosaic of bean (*Phaseolus vulgaris*) in Jamaica. En: Tropical Diseases of Legumes (J. Bird and K. Moramorseh, Eds.) Academic Press. New York. pp. 55 - 59.
- Vázquez, L.L. (1995). Sistema de diagnóstico, inventario y plantas hospederas de moscas blancas en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. Cuba. 106 p.
- Vázquez, L., Gómez, O. y Mateo, A. (1995). Informe de la problemática mosca blanca-geminivirus en Cuba. En: IV Taller Latinoamericano sobre mosca blanca y geminivirus. El Zamorano Honduras, 16 - 18 octubre. 10 p.
- Vázquez, L.L., Jiménez, R., De la Iglesia, M., Mateo, A., y Borges, M. 1997. Plantas hospederas de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en Cuba. Rev. Biol. Trop. 44 (3) y 45(1).
- Vázquez L., Jimenez, R., Iglesias, M., Mateo, A. y Borges, M. 1996. Plantas hospederas de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en Cuba. Rev. Biol. Trop. 44(3) y 45 (1): 143-148.



Cuba

Regiones frijoleras afectadas por BGYMV 

República Dominicana

Freddy Saladín García

Ex-Lider Programa Frijol, SEA-PROFRIJOL

República Dominicana. *Q.E.P.D.*

Francisco J. Morales

Virólogo, CIAT, Cali, Colombia.

Importancia del frijol (habichuela) en la República Dominicana

La habichuela roja tipo “Pompadour” es el grano básico en la dieta del pueblo dominicano. Su demanda es del orden de 39.000 toneladas métricas, para un consumo familiar superior a los 45 kg/año. También se produce habichuela negra y blanca, siendo la primera un producto en expansión debido a la falta de habichuela roja en el mercado y a las posibilidades de exportación de la habichuela negra. La habichuela negra también se adapta mejor a condiciones adversas para el cultivo en la República Dominicana.

El cultivo de la habichuela en la República Dominicana ha sufrido una reducción notable como consecuencia del auge de cultivos no tradicionales de exportación. Mientras que el área sembrada en 1984, cubría 63.036 has de habichuela roja, y 9.850 de habichuela negra, una década más tarde, esta superficie se redujo a 36.415 has de habichuela roja y 4.290 de habichuela negra. Este déficit ha obligado a la importación de frijol, y a la substitución de la habichuela por el guandul.

Características agroecológicas

El 49.4% de la producción de habichuela en la R. Dominicana, se concentra en la Regional Suroeste, seguido con un 22.6% por la Regional Sur. Les siguen en orden de importancia, las Regionales Central (9.8%), Norte (8.7%), Norcentral (6.3%), y Noroeste (3.2%).

En la República Dominicana existen tres épocas de siembra de habichuela, definidos por los períodos de lluvia de primavera, otoño e invierno.

Siembra de Primavera: comprendida entre los meses de marzo a junio, con una superficie promedio de 1.838 has, ubicadas en zonas con altitudes superiores a los 900 msnm (Constanza, Padre Las Casas, Ocoa).

Siembra de Otoño: comprendida entre julio y octubre, con una superficie promedio de 23.930 has. ubicadas en zonas de mediana altitud (400-900 msnm), como San José de Ocoa, San Juan de la Magüana, Vallejuelo, Padre Las Casas, Neyba y La Descubierta.

Siembra de Invierno: desde finales de octubre hasta febrero, con una superficie promedio de 26.786 has. en zonas bajas entre 70-400 msnm. Es la principal época de siembra y la de mayor productividad para la habichuela roja. Comprende las localidades de Moca, La Vega, Santiago, Salcedo, Mao, Guayubín, San Rafael del Yuma-Higüey, San Juan de la Magüana, Duarte y Cotuí.

Los geminivirus del frijol en la República Dominicana

El mosaico dorado amarillo del frijol se observó por primera vez en 1970, en la región norte del Cibao (Schieber, 1969). La enfermedad se confundió en ese entonces con el "mosaico amarillo", la cual es causada por un virus transmitido por áfidos y no por mosca blanca. En 1977, Agudelo relaciona la presencia de esta enfermedad con la presencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Dos años más tarde, Abreu y Galvez (1979) identifican la enfermedad como "mosaico dorado", difundida ya a otras zonas como San Juan de la Magüana.

El mosaico dorado amarillo se presenta en todas las zonas productoras del país, pero su incidencia es mayor en la región Suroeste, particularmente en el Valle de San Juan de la Magüana (ver mapa adjunto). Este valle estaba libre de la enfermedad cuando se reportó el mosaico dorado amarillo por primera vez en el Cibao (Schieber, 1969). La mayor incidencia se presenta en la época de diciembre a febrero, la cual corresponde a una época seca. Las pérdidas de rendimiento del frijol por concepto del mosaico dorado amarillo en el Valle de San Juan de la Magüana, oscilan entre el 49 y el 100%.

El geminivirus del mosaico dorado amarillo del frijol, ha sido caracterizado en el CIAT como un aislamiento de la especie del mosaico dorado amarillo

(BGYMV), presente en la región meso-americana. Este aislamiento fue posteriormente caracterizado a nivel molecular (Faria *et al.*, 1994).

La mosca blanca vectora

Las poblaciones de la mosca blanca *B. tabaci* alcanzan niveles altos hacia septiembre, en años donde las tormentas tropicales no azotan la isla durante la temporada de huracanes. Este fenómeno puede estar relacionado al aumento de la temperatura y reducción de la precipitación en el mes de agosto en la República Dominicana.

La mosca blanca parece reproducirse eficientemente en varias plantas cultivadas, tales como el tabaco, el tomate, la berenjena, el melón, la sandía y el mismo frijol.

La aparición del biotipo B de *Bemisia tabaci* en la República Dominicana, a principios de la década de los 1990s, hizo aún más compleja la situación del frijol y demás cultivos hortícolas afectados por este insecto plaga y vector. En la región suroeste, la mosca blanca ha ocasionado reducciones en el área anual sembrada de más de 7.700 has, lo cual equivale a una pérdida de producción de más de 6.000 toneladas métricas en solo esta región.

Medidas de control

Sin duda alguna, las medidas de control más exitosas en la lucha contra la mosca blanca y los geminivirus que esta transmite en la República Dominicana, han sido las **legales**. Estos decretos prohíben la siembra de cultivos hospederos del insecto vector, particularmente solanáceas, cucurbitáceas y leguminosas durante el ciclo de otoño (finales de agosto-septiembre). Igualmente se prohibió la siembra de solanáceas y cucurbitáceas a partir del 15 de noviembre en el valle de San Juan de la Magüana. Desde la aplicación de estas medidas en 1990, la incidencia de geminivirus ha disminuido notablemente, lo cual ha permitido el diseño y la adopción de un paquete de manejo integrado de esta plaga para la habichuela. Básicamente, lo que se persigue con esta medida es romper el ciclo (puente) biológico de la mosca blanca entre la época de verano y la de invierno.

La segunda recomendación consiste en la siembra temprana de la habichuela en el valle de San Juan de la Magüana, de finales de noviembre a mediados de diciembre, con el fin de escapar las altas poblaciones de *B. tabaci* que se presentan en enero.

La tercera recomendación es la aplicación preventiva de insecticidas a base de monocrotophos, a las dos semanas y a los 40 días después de la siembra. Todas estas medidas han contribuido a aumentos en producción entre un 26-59% con respecto a las prácticas tradicionales.

Referencias

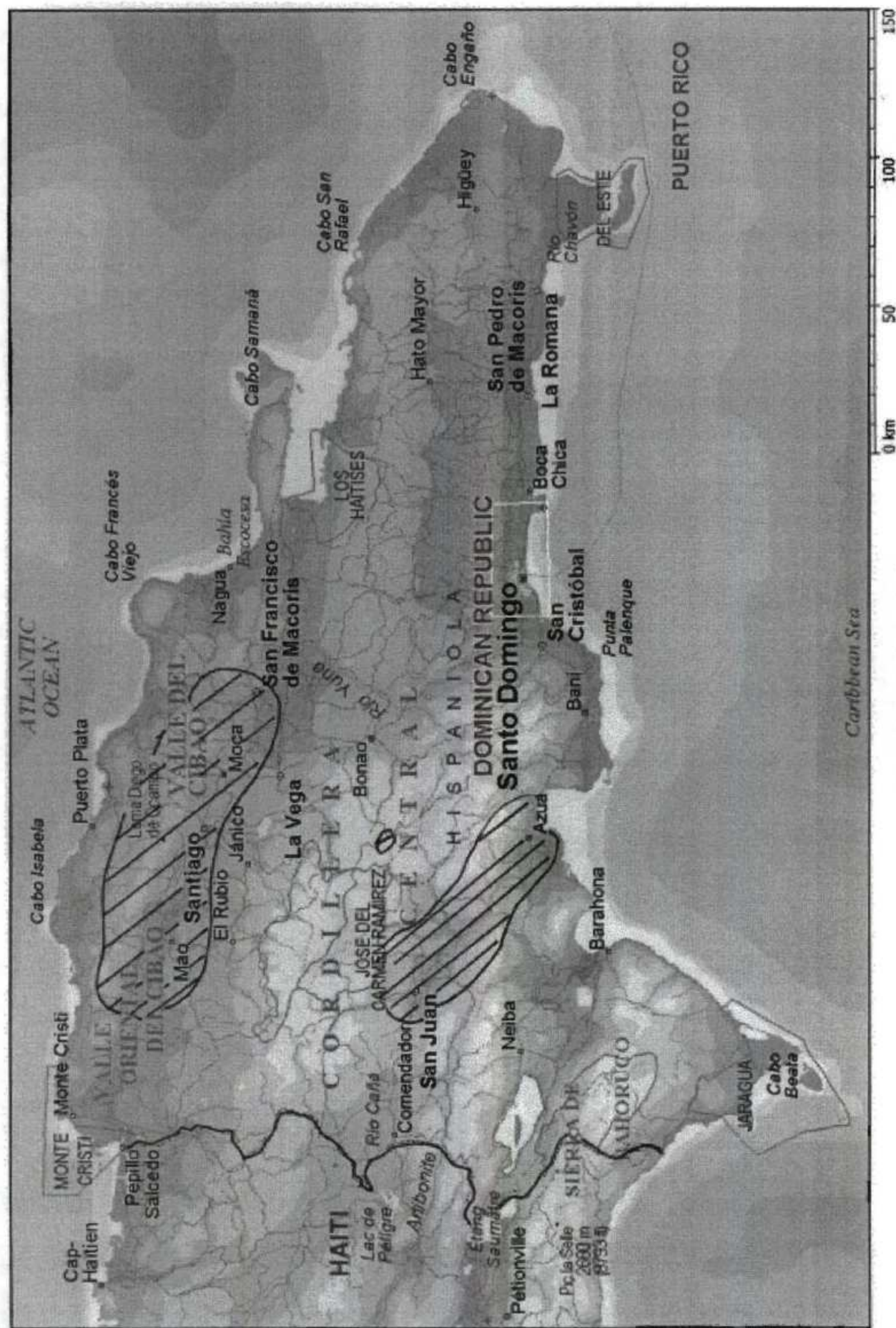
Abreu, R.A. 1978. Identificación del mosaico dorado de la habichuela (*Phaseolus vulgaris*) en la República Dominicana. Turrialba 20:20-23.

Agudelo, S.F. 1978. Revisión de trabajos hechos en Latinoamérica sobre virus de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el mosaico dorado de este cultivo en la República Dominicana. Investigación 6:43-46.

Faria, J.C., Gilbertson, R.L., Hanson, S.F., Morales, F.J., Ahlquist, P., Loniello, A.O., y Maxwell, D.P. 1994. Bean golden mosaic geminivirus type II isolates from the Dominican Republic and Guatemala: nucleotide sequences, infectious pseudorecombinants, and phylogenetic relationships. Phytopathology 84:321-329.

Saladín, F. 1995. Cultivo de habichuela. Boletín Técnico No.2. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. República Dominicana. 38 p.

Schieber, E. 1969. Enfermedades del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la República Dominicana. Turrialba 20: 20-23.



Dominican Republic
Regiones frijoleras afectadas por BGYMV

Haití

Emmanuel Prophète

Jackson Donis

Programa de Frijol de Haití

Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales

Importancia del frijol en Haití

El frijol común es uno de los cultivos básicos más importantes en Haití, donde ocupa la cuarta posición en superficie sembrada, después del maíz, sorgo y arroz. Sin embargo, el frijol es la primera fuente de proteína vegetal de la población, con un consumo *per capita* estimado en 17 kg/año.

Características agroecológicas

El área cultivada de frijol en Haití es de 90.000 hectáreas, distribuida en los nueve departamentos geopolíticos del país. El frijol se siembra desde el nivel del mar hasta los 1.400 metros de altitud. En las partes bajas (0-400 msnm) se hacen dos siembras en diciembre y febrero, con excepción del departamento del Sur, donde se siembra de noviembre a abril. En el departamento del Centro, no se siembra en la llanura, debido a una fuerte sequía durante los períodos de siembra, y a la falta de riego. El sistema de producción es generalmente el monocultivo. En pocos casos se observa al frijol asociado con plátano (Norte y Noroeste), camote (*Ipomoea* spp.) o maíz. Los rendimientos oscilan entre 600 y 900 kg/ha.

En las regiones más altas se hacen hasta tres siembras al año: febrero-abril, julio-septiembre y septiembre-noviembre. Estas siembras se hacen con lluvia, y las siembras de julio son a menudo afectadas por tormentas y huracanes. La producción de septiembre es generalmente de frijol tierno o verde. Los rendimientos en estas zonas son bajos, menos de 500 kg/ha, cuando la distribución de las lluvias no es favorable; o superiores si el régimen de lluvia favorece las etapas críticas del cultivo. Los bajos

rendimientos están también relacionados a la asociación frecuente del frijol con maíz.

En zonas altas (600-1.400 msnm), el frijol encuentra condiciones favorables, salvo algunos problemas foliares por abundancia de lluvias. Aquí se cultiva el frijol tanto en monocultivo como asociado. El cuadro 1 muestra las principales zonas productoras de frijol de Haití y su producción.

Cuadro 1. Regiones productoras de frijol en Haití y su producción				
Región	Departamento	Area (has)	Producción	Rendimiento
Norte	Norte, Noreste y Noroeste	16.128	11.576 kg	718 kg/ha
Transversal	Artibonite y Centro	21.554	13.047 kg	605 kg/ha
Oeste	Oeste, Sureste	28.460	16.885 kg	593 kg/ha
Sur	Sur, Gran Anse	23.536	11.190 kg	475 kg/ha
Total	9 deptos	89.678	52.695 kg	588 kg/ha

Los geminivirus del frijol en Haití

Vakili (1973), Kaiser y Melendez (1973) fueron los primeros en asociar la presencia de moscas blancas con la enfermedad del mosaico dorado amarillo en el sur de Haití. Esta zona es aún la de mayor presión de mosaico dorado amarillo en Haití. Pierre, en 1975, observó que la enfermedad en Haití era más prevalente a bajas altitudes que en áreas más altas, como Christiana y el Valle de Yallahs. Igualmente, anotó que la incidencia del BGYMV era menor en los meses más frescos del año (noviembre a marzo). En 1978, Balthazar describió al mosaico dorado amarillo como una de las enfermedades más importantes del frijol en el país. Turenne (1982) realizó un trabajo sobre el control químico de la mosca blanca en frijol. Isaac (1982), continuó el trabajo de control químico de la mosca blanca desde el punto de vista de costos de producción. Joassaint (1982) evaluó el grado de resistencia de ocho variedades de frijol locales al BGYMV.

Actualmente, los departamentos de Artibonite, Noroeste y Grande Anse, son los más afectados por el mosaico dorado amarillo. La principal causa es talvez la intensificación de cultivos hortícolas. En el primer departamento se produjo un ataque severo de mosca blanca en Haití, en 1990. El Noroeste es un departamento seco donde puede sobrevivir la mosca blanca.

El Oeste, Sureste, el Centro y el Noreste presentan zonas de alta incidencia de mosaico dorado amarillo, así como en las regiones orientales (ver mapa adjunto). En la Savane Zombi, se ha observado el mosaico dorado amarillo a 1.400 m. La reducción en las siembras de tomate en el Valle Cul-de-Sac, debido al ataque de otros geminivirus transmitidos por *B. tabaci*, ha disminuido la incidencia del mosaico dorado amarillo del frijol en este valle.

El agente causal de la virosis del frijol en Haití pertenece al grupo de aislamientos del *Virus del mosaico dorado amarillo del frijol* (BGYMV) diseminados por el Caribe y la América Central, según pruebas serológicas y moleculares realizadas en el CIAT.

La mosca blanca vectora

Hasta finales de los años 1960s, la mosca blanca *B. tabaci* no era reconocida en Haití como una plaga (Wolcott, 1927; Robart, 1973). Es solo al final de los 1980s, que esta especie se convierte en una plaga de importancia económica en varios cultivos.

Lecorps (1983) y Beaudin (1988) determinaron que la severidad del mosaico dorado amarillo en las llanuras secas con riego, es determinada por la dinámica de poblaciones de la mosca blanca *B. tabaci* a partir del inicio de la época seca. Ellos determinaron que a partir del 15 de noviembre, las poblaciones de mosca blanca comienzan a crecer, causando daño en las siembras realizadas después del 15 de diciembre. Las áreas más afectadas en sus investigaciones fueron el Valle de Cul-de-Sac y la región fronteriza con la República Dominicana.

La lluvia es el principal regulador de las poblaciones de mosca blanca en Haití. Por eso, los campesinos prefieren sembrar temprano antes de que entre el período seco y aumenten las poblaciones de mosca blanca.

Medidas de control

La principal medida es el uso de variedades de frijol resistentes al BGYMV, como las líneas DOR del CIAT y las ICTA de Guatemala. Prácticas culturales, tales como: la siembra temprana al inicio del verano o tiempo seco; la eliminación de plantas hospederas de la mosca blanca; evitar siembras sucesivas de cultivos susceptibles al BGYMV; y las barreras vivas como el sorgo, se practican también en Haití.

Finalmente, se recomienda el uso moderado de insecticidas y el cambio frecuente de productos para evitar el desarrollo de resistencia en la mosca blanca. Los productos botánicos, como el Neem (*Azadirachta indica*), han sido también utilizados con éxito en Haití.

Referencias

- Balthazar, S. 1978. Les viroses du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) en Haití. MAMV. Damien. Haití. 25 p.
- Beaudin, P.G. 1988. Breeding beans for resistance to Bean Golden Mosaic Virus. M.Sc. Thesis, Michigan State University.
- Donis, J. 1990. Rapport de Mission dans la Plaine des Gonaives. MARNDR, Damien, Port-au-Prince. Haití, 5 p.
- Felix, F.J. 1988. Inventeur des facteurs limitants de premier ordre du rendement du Haricot *Phaseolus vulgaris*, en Haiti. Essai d'inoculation en serre et en plein champs.
- Grand-Pierre, C. 1976. Zones ecologiques de la culture des Haricots en Haiti. Revue d'Agriculture 2:21-29.
- Isaac, L. 1982. Essai de controle chimique de la mosaïque dorée du haricot. FAMV. Memoire de sortie. Damien, Haití. 22 p.
- Kaiser, J.J., and Melendez, P.L. 1973. Maladies des haricots (*Phaseolus vulgaris*) dans les regions hautes de Fonds Verrets et de Jacmel. IICA, Port-au-Prince. Haiti. 21 p.
- Lecorps, G. 1983. La mosaïque dorée du haricot. Nature et importance du degats. FAMV. Memoire de sortie, Damien, Haiti. 14 p.

Messiaen, C.M. 1980. Essai d'amélioration pour les besoins locaux de *Phaseolus vulgaris* communément appelés pois en Haïti. INRA-FAMV- Centre Madien, Salagnac, 37 p.

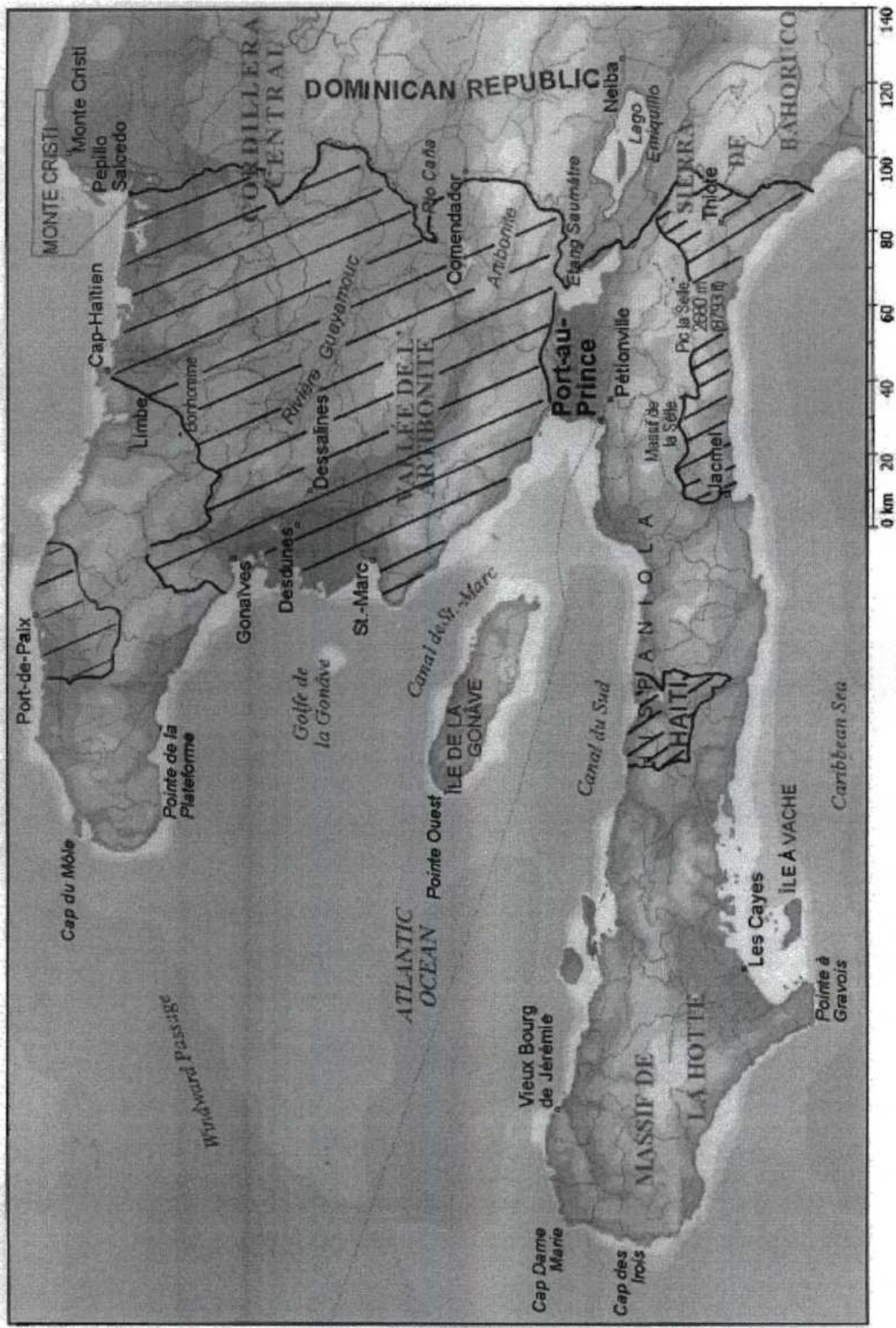
Pierre, R.E. 1975. Observations on the golden mosaic of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Jamaica. p. 55-50. En: Tropical Diseases of Legumes. J. Bird, y K. Maramorosch (Eds.). Academic Press, N.Y.

Robart., G. 1973. Les insectes d'Haïti. Methodes de reconnaissance. Institut Francais d'Haïti. Port-au-Prince, Haïti. 21 p.

Vakili, N. 1973. Bean (*Phaseolus vulgaris*) diseases encountered in Haitian lowlands. IICA. Port-au-Prince. Haïti. 9 p.

Turenne, H. 1984. Essai de lutte chimique contre la mouche blanche (*Bemisia tabaci*: Homoptera, Aleyrodidae) dans la culture d'haricot (*Phaseolus vulgaris*). Bull. Agri. No. 35. Damien, Haïti, p 21-22.

Wolcott, G.N. 1927. Entomologie d'Haïti. Port-au-Prince. Haïti, 440 p.



Haiti

Regiones frijoleras afectadas por BGMYV



Puerto Rico

James Beaver

Fitomejorador

University of Puerto Rico, Mayagüez, P.R.

Francisco J. Morales

Virólogo, CIAT

Importancia del frijol en Puerto Rico

A pesar de que el frijol común se produce en Puerto Rico, el área sembrada en la isla solo cubre unas pocas hectáreas, ya que el pueblo puertorriqueño prefiere el guandú o guandul (*Cajanus cajan*), otra leguminosa más tolerante a los factores bióticos y abióticos existentes en el Caribe. Los primeros estudios sobre el virus del mosaico dorado amarillo del frijol, y su caracterización molecular, fueron realizados en Puerto Rico.

Características agroecológicas

El frijol y la mayoría de cultivos en Puerto Rico, se encuentran a baja o mediana altitud, ya que la mayoría de la isla tiene una topografía bastante quebrada, y la única faja de tierra baja está en la costa norte, y a lo largo de las costas. La máxima elevación en la isla es de 1.338 m.

Los vientos del noreste traen abundante lluvia (>1.500 mm) a la costa norte, mientras que la costa sur recibe menos precipitación (< 900 mm) por los obstáculos montañosos que captan la lluvia. La mayor parte de las lluvias caen entre mayo y diciembre, creando una humedad relativa del 66% y temperatura de 26° C, promedios.

Los geminivirus del frijol en Puerto Rico

Uno de los primeros geminivirus que atacó el frijol en Puerto Rico fue el *Virus del mosaico de la rhynchosia*, en el municipio de Isabela, en el

noroeste de la isla. Este virus también atacó guandú en las costas secas del sur de la isla (Bird y Sanchez, 1971).

Los primeros síntomas del “mosaico dorado amarillo” del frijol, como los llamó el Dr. Julio Bird (Bird *et al.*, 1972) en inglés (“golden yellow mosaic”), se observaron por esa época afectando *Phaseolus lunatus* en varias localidades del noroeste y centro-norte de la isla. El agente causal fue transmitido a las variedades de frijol locales: “Criolla” y “Diablo” por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, tanto en condiciones experimentales como naturales, particularmente en las regiones secas del sur de la isla. El BGYMV está distribuido principalmente en los llanos de la costa sur (municipios de Santa Isabel, Salinas y Juana Díaz) y en el noroeste de la isla (municipios de Isabela, Moca y San Sebastián).

Uno de los aislamientos del virus del mosaico dorado amarillo de Puerto Rico, fue el primero en ser caracterizado como un geminivirus (Goodman, 1977).

La mosca blanca vectora

De acuerdo a Julio Bird, la especie *Bemisia tabaci* incluye una serie de “razas”, las cuales transmiten algunos geminivirus de manera preferencial (Bird, 1978). La “raza” que transmite el BGYMV en Puerto Rico, sería la raza “sida”, según el autor. Hoy se sabe que existen diferentes biotipos de *Bemisia tabaci*, y que en Puerto Rico existen los biotipos A y B, aún cuando actualmente predomina el biotipo B (Dr. Alberto Pantoja, *comunicación personal*). El concepto de “raza” podría reflejar la tendencia de esta especie de mosca blanca a reproducirse en los hospederos más favorables según la localidad en que se encuentre.

Las poblaciones de mosca blanca crecen en las épocas secas, las cuales se presentan entre noviembre y abril en la costa sur; y de diciembre a agosto en la región noroeste de la isla.

Medidas de control

En la Universidad de Puerto Rico, se conducen los trabajos de mejoramiento genético para el control del mosaico dorado amarillo, no solo para Puerto

Rico, sino también para el beneficio de otras regiones afectadas del Caribe y la América Central.

En Puerto Rico también se utilizan insecticidas, detergentes y control biológico en la lucha contra la mosca blanca *Bemisia tabaci*.

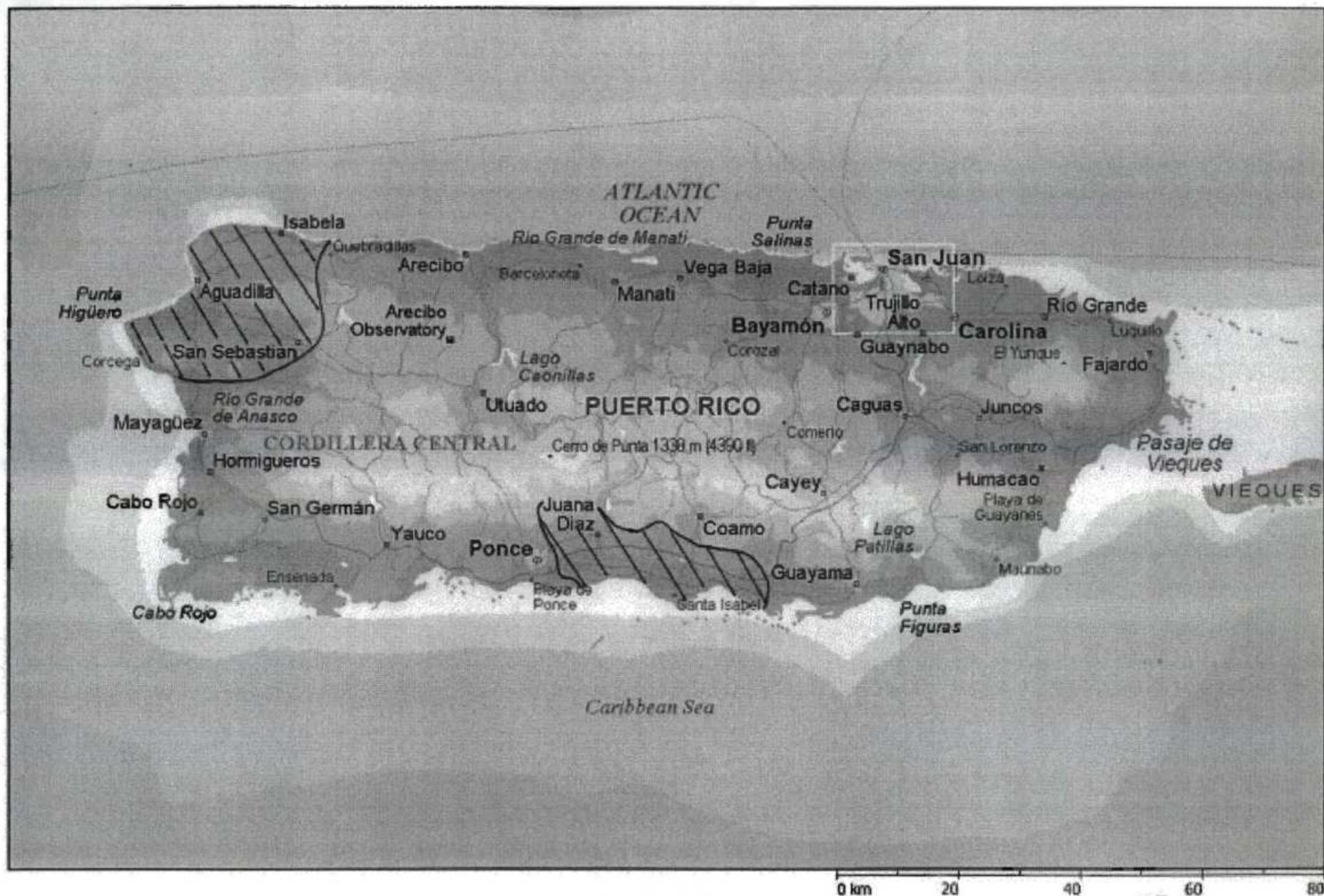
Referencias

Bird, J., y Sanchez, J. 1971. Whitefly-transmitted viruses in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. Rico. 55:461-467.

Bird, J., Perez, J.E., Alconero, R., Vakili, N.G., y Melendez, P.L. 1972. A whitefly-transmitted golden-yellow mosaic virus of *Phaseolus lunatus* in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. Rico, 56:64-74.

Bird, J., y Maramorosch, K. 1978. Viruses and virus diseases associated with whiteflies. Adv. Virus Res. 22:55-110.

Goodman, R.M. 1977. Infectious DNA from a whitefly-transmitted virus of *Phaseolus vulgaris*. Nature 266:54-55.



Puerto Rico
Regiones frijoleras afectadas por BGYMV

América del Sur

Argentina

Oscar N. Vizgarra

Estación Experimental Agro-Industrial
Obispo Colombres, Tucumán, Argentina

Francisco J. Morales

CIAT, Cali, Colombia

Importancia del frijol en Argentina

Argentina es un país netamente exportador de frijol común, ya que esta leguminosa no tiene una demanda interna significativa. Sin embargo, Argentina cumple un papel muy importante en el abastecimiento de frijol a bajo precio en los países importadores de frijol de la América Latina. La competitividad del productor argentino está basada en la mecanización del cultivo, uso racional de insumos y un sistema de producción extensivo y tecnificado. El área sembrada en frijol alcanzó más de 300.000 hectáreas en 1999, lo cual significa un aumento significativo en relación a las 165.000 has sembradas en 1993. Al frijol común se le llama “poroto” en Argentina.

Características agroecológicas

La producción de frijol en Argentina, tiene lugar en las provincias del noroeste (NOA), principalmente en Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y Jujuy. En el área “tradicional” de producción (sur de Salta y norte de Tucumán) se siembra la segunda quincena de enero, con temperatura y precipitación promedio de 22.3° C y 467 mm, respectivamente, durante el ciclo de cultivo. En la región este (este de Salta y Tucumán), se siembra en la segunda quincena de febrero, con temperatura y precipitación promedios de 21.6° y 400 mm, respectivamente. En la región norte (norte de Salta), la fecha de siembra es la primera quincena de marzo, con temperatura y precipitación promedios de 19° C y 400 mm durante el ciclo de producción, respectivamente (Salgado, 1994). Existe también una zona semiárida (este de Tucumán y oeste de Santiago del Estero), donde la

precipitación es menor de 400 mm y las temperaturas pueden ser superiores a los 22° C. La altitud de las zonas productoras de frijol en el NOA, fluctúa entre los 200 m (Santiago del Estero) a los 1.200 m en el piedemonte salteño.

Los geminivirus del frijol en Argentina

A finales de la década del 1970, emerge una enfermedad del frijol en el NOA, a la que se le dio el nombre de “achaparramiento”. Esta enfermedad afectó principalmente la variedad “Alubia” de grano blanco y excelente precio en el mercado internacional, destruyendo totalmente miles de hectáreas sembradas con esta variedad. En 1981, se diagnosticó el agente causal de esta enfermedad como el geminivirus del “moteado clorótico” del frijol (Morales, 1981) transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Este virus pertenece al grupo del geminivirus del mosaico del abutilón (AbMV), o de la “clorosis infecciosa de las malváceas”, llamado actualmente el *Virus del mosaico enano del frijol* (BDMV = *Bean dwarf mosaic virus*).

Hacia 1983, hace su aparición en el NOA el mosaico dorado del frijol, causado por el virus del mismo nombre (BGMV = *Bean golden mosaic virus*). Investigaciones realizadas en el CIAT, han demostrado que este virus pertenece al grupo de aislamientos del BGMV provenientes de Brasil. Otro geminivirus aislado en 1995 de frijol en el NOA (F.J. Morales, *información no publicada*), está también relacionado con otro geminivirus descrito posteriormente en Brasil como *Tomato yellow vein streak virus* (Faria et al., 1997).

Las regiones productoras de frijol más afectadas por el BGMV en el NOA son: oeste de Santiago del Estero, este Tucumano, y el departamento de Anta en la provincia de Salta (ver mapa adjunto).

La mosca blanca vectora

La mosca blanca *Bemisia tabaci* arribó al NOA, probablemente de la región del Gran Chaco, la cual conecta el noroeste argentino con la región centro-sur de Brasil, a través del norte de Paraguay. En esta región, y particularmente en la provincia del Chaco, se concentra la producción de algodón en la República Argentina. Este cultivo ha sido uno de los

principales hospederos reproductivos de la mosca blanca *B. tabaci* en las Américas. La principal evidencia en apoyo de esta teoría, es la presencia de virus transmitidos por mosca blanca provenientes del Brasil, en la región noroeste de la Argentina. Sin embargo, las grandes epidemias de geminivirus transmitidos por *B. tabaci* en el NOA, a finales de la década de los 1970s, están relacionadas con la expansión del cultivo de la soja (*Glycine max*) en el NOA, a partir de las regiones sojeras de Córdoba y Santa Fé. La soja es un cultivo donde *B. tabaci* se reproduce eficientemente, generando grandes poblaciones en los últimos meses del año, coincidiendo con la siembra de cultivos susceptibles como el poroto (frijol) en los primeros meses del año siguiente.

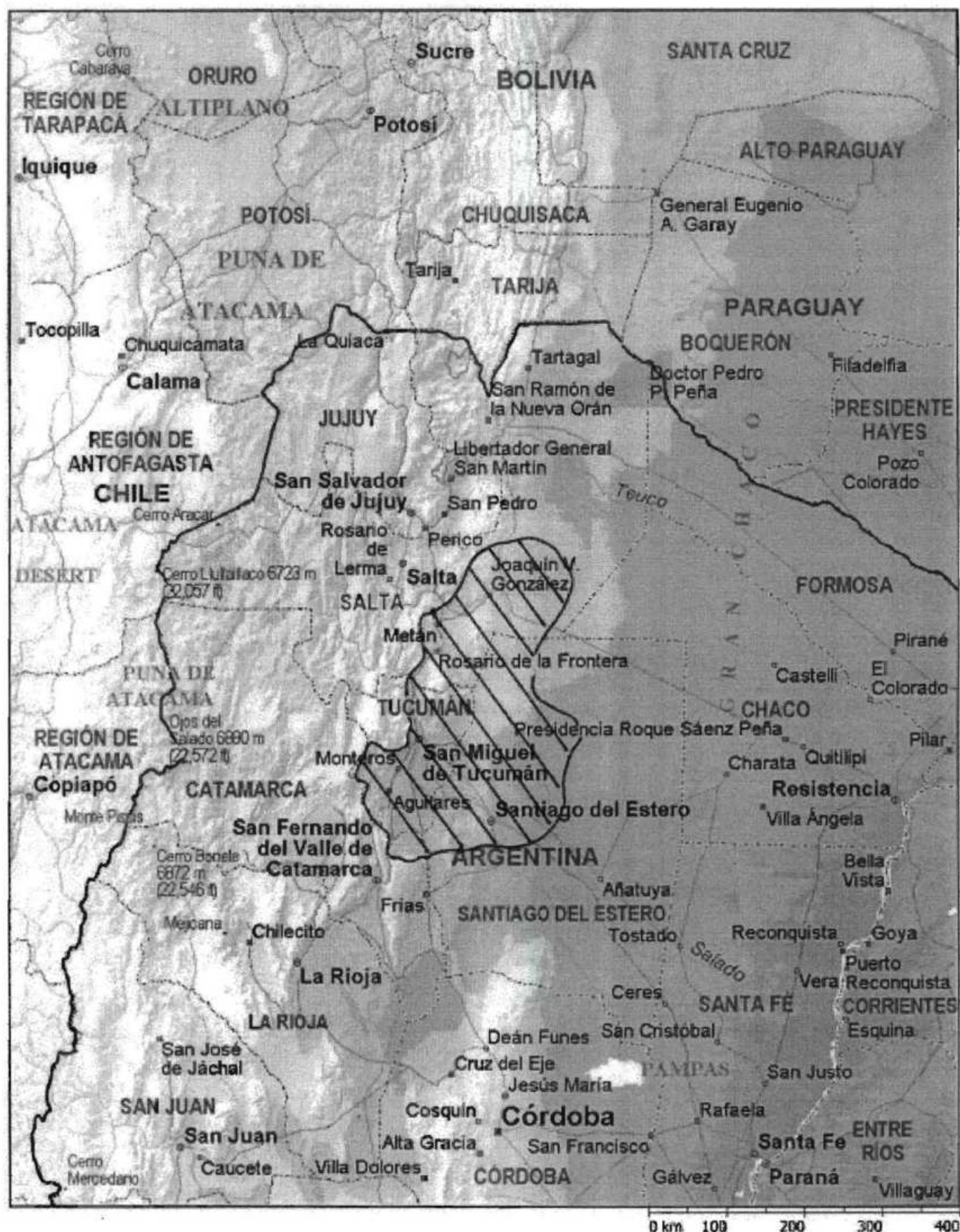
Medidas de control

Ante la imposibilidad de zonificar los cultivos de poroto y soja en el NOA, debido a aspectos logísticos de producción de estos cultivos, la única alternativa viable para el control de geminivirus transmitidos por *B. tabaci*, en variedades susceptibles de poroto (*e.g.* Alubia, Chaucha Colorada), fué el control químico con productos sistémicos aplicados al momento de la siembra. Sin embargo, la introducción de variedades de grano negro resistentes al BGYMV, procedentes del proyecto de mosaico dorado amarillo de Guatemala, permitió la adopción de prácticas alternativas de control, así como una reducción notable en la aplicación de pesticidas para el control de la mosca blanca.

Hasta el momento se han introducido en el NOA las siguientes variedades de poroto resistentes a los geminivirus transmitidos por *B. tabaci*: DOR 41, DOR 157, BAT 304, XAN 112, NAG 12, y recientemente, las TUC 349 y TUC 500.

Referencias

- Faria J.C., Souza-Dias J.A.C., Slack S.A., Maxwell D.P. 1997. A new geminivirus associated with tomato in the State of São Paulo, Brazil. *Plant Dis* 81:423
- Morales, F.J. 1981-1983. Informes técnicos sobre la situación de virus transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci* en el NOA. CIAT Unidad de Virología.



Argentina-Noroeste

Regiones poróteras afectadas por begomovirus



Bolivia

Oswaldo Voysest

Consultor

ex-Coordinador Regional

PROFRIZA, Cali, Colombia

Francisco J. Morales

Virólogo, CIAT, Cali, Colombia

Importancia del frijol en Bolivia

Hasta 1980, el frijol era un cultivo ancestral asentado sólo en ciertas regiones de los valles andinos, con unos niveles de consumo entre los más bajos del continente. Una de las razones para su escasa difusión era su poca demanda, lo cual es explicable: en las regiones altas (> 2.500 m) donde habita la mayor parte de la población boliviana, la altura hace que la cocción requiera mas tiempo y un gran gasto de combustible. Las habas, un cultivo más adaptado a estas condiciones, han representado siempre una mejor opción en el altiplano. En las zonas cálidas y húmedas, el caupí está mejor adaptado a esas condiciones, y se constituye en una mejor opción que el frijol.

Sin embargo, circunstancias muy particulares hicieron que fuera el Oriente de Bolivia donde el frijol se instalara y tomara auge en los últimos años.

Hoy en día, Santa Cruz cultiva unas 20,000 hectáreas de frijoles de tipo negro, carioca, mantequilla (Jalinho) y nima/calima, con rendimientos promedios de 1,000 kg/ha, para exportar a Brasil, Japón y Colombia. Junto con la exportación ha crecido también el consumo de frijol. Las poblaciones rural y urbana del departamento de Santa Cruz consumen un promedio de 20 y 6 kg *per capita* por año, respectivamente, superando en este respecto a muchos países latinoamericanos con larga tradición en el consumo de frijol. Además del departamento de Santa Cruz, hay producción de frijol en los departamentos de Cochabamba (provincia de Mizque), Chuquisaca (provincias Luis Calvo y Hernando Siles) y Tarija (Villamontes).

Características agro-ecológicas

En Bolivia se reconocen 14 zonas agroecológicas distribuidas en Altiplanos (N, C. y S.), Valles (N., C. S. y Cerrados), Yungas (N. y S.), Llanos (Santa Cruz y el Chaco), el Escudo Chiquitano, la Amazonia y las Pampas de Moxos.

La región Oriente, a pesar de ocupar la mayor extensión territorial, solo ha sido colonizada recientemente. Esta región incluye ecosistemas húmedos tropicales y subtropicales, así como praderas secas en la región suroriental. Es aquí, y particularmente en el departamento de Santa Cruz de la Sierra, donde el frijol se ha abierto camino, gracias al esfuerzo de unos pocos científicos bolivianos e internacionales con el apoyo de universidades, la asociación menonita para el desarrollo, programas nacionales e internacionales, como el CIAT. Posteriormente, se contaría con el apoyo del gobierno suizo, a través de su agencia COSUDE y el proyecto de frijol para el área andina, PROFRIZA.

En el departamento de Santa Cruz, el frijol se cultiva en las llanuras de menos de 500 msnm, en la época de invierno; y en los valles mesotérmicos (1.500-2.000 msnm), en el verano. La precipitación en la región oriental puede llegar a 1.500 mm anuales, con una temperatura promedio de 25° C.

Otros cultivos en el área son: soja, maíz, azúcar, algodón y arroz. Algunos de estos cultivos podrían jugar un papel importante en la epidemiología de los virus que afectan al frijol, como veremos más adelante. En términos generales, el departamento de Santa Cruz posee una vegetación del tipo sabana, la cual constituye una extensión de la vegetación que se encuentra en el noroeste argentino y región oriental de Brasil.

En el departamento de Santa Cruz distinguimos las siguientes zonas agroecológicas: los llanos de Santa Cruz, los valles del norte (mesotérmicos), los llanos del Chaco y el escudo chiquitano. El frijol se cultiva en el otoño-invierno (austral) en los llanos de Santa Cruz y en primavera-verano (austral) en los valles mesotérmicos. El Cuadro 1 muestra algunas características de las zonas de producción de frijol.

CUADRO 1. Características de las zonas agro-ecológicas del departamento de Santa Cruz donde hay producción de frijol

		Llanos	Valles	Dpto.
Provincias		Andrés Sara, Velasco, Cordillera, Florida, Nuflo de Chavez, O. Santiesteban	Ibañez, Vallegrande, Comarapa, Samaipata	
Altura (msnm)		<500	1300 - 2000	
Precipitación (mm)	Annual	1700	500	
	Verano	1200	350	
	Invierno	500	-	
Temperatura (C)		28-30	12-16	
	Verano (ene-mar)	-	-	25.9
	Otoño (abr-jun)	-	-	23.5
	Invierno (jul- set)	-	-	20.6
	Primavera (oct-dic)	-	-	24.9
	Max. (nov. 1946)	-	-	41.6
	Mín. (julio 1947)	-	-	1.8
Siembra (fecha)	Verano	-	nov-dic (secano)	
	Invierno	mar-may (secano)	-	
Principales cultivos	Verano	soya, algodón, sorgo arroz, maíz,	maiz, hortalizas, tomate, frijol	
	Invierno	soya, trigo, girasol, sorgo, frijol	hortalizas	

Los valles mesotérmicos forman un conjunto de valles semiáridos o montes espinosos propios de las partes bajas, esto es las laderas inferiores de las montañas entre los 500 y 2000 m. Estos valles ocupan regiones intermedias de la cordillera andina orientados en la zona de "sombra de lluvia", esto es, al lado opuesto de los bosques húmedos montañosos, sectores que interceptan grandes cantidades de humedad. La época seca en los valles se prolonga por lo menos unos seis u ocho meses mientras que las lluvias caen en periodos cortos con una fuerte intensidad entre diciembre y febrero. Como hemos visto en el Cuadro 1, el promedio anual de precipitación es de 500-600 mm; las temperaturas máximas en promedio llegan a 28 C mientras que la temperatura anual promedio es de 12-16 C.

Al este de todo el frente subandino existe una amplia planicie de más de medio millón de kilómetros cuadrados de superficie que se denomina la

llanura oriental.. El noroeste de Santa Cruz (provincias de Ñuflo de Chávez, Santiesteban, Sara e Ichilo) hace parte de esos extensos llanos húmedos. El clima es subhúmedo con 2-4 meses secos y la precipitación anual varía entre 1200 y 1800 mm; la temperatura media anual es de alrededor de 25° C. La mayor parte de la superficie presenta formaciones de sabanas. Hacia el noreste de Santa Cruz se ubica la región subhúmeda que se distribuye en una extensa región de planicies y colinas por debajo de los 500 m (provincias de Velasco y Ñuflo de Chavez). La temperatura media anual oscila entre 22 y 25° C, mientras que la precipitación oscila entre 1100 y 1400 mm. Se estima que hay 3 meses muy áridos. También es muy marcada la depresión térmica por afluencia de los frentes fríos ("surazos").

Los geminivirus del frijol en Bolivia

En 1995 se detectaron los primeros casos de enfermedades virales en el frijol sembrado en diversas localidades del departamento de Santa Cruz. Muestras de plantas de frijol afectadas por un amarillamiento intenso, provenientes de la localidad de San Julián (305 msnm), reaccionaron positivamente en el CIAT con anticuerpos monoclonales de amplio espectro, específicos para el aislamiento del virus del mosaico dorado (BGMV) del Brasil (F.J. Morales, *datos sin publicar*). Esta constituyó la primera demostración de que el mosaico dorado es una enfermedad que se ha diseminado horizontalmente en esta región latinoamericana, abarcando Brasil, el N.O. argentino, y Santa Cruz, Bolivia. Recientemente, muestras colectadas por el Dr. Matthew Blair, en la localidad de Mairana (1.300 msnm), reaccionaron también positivamente con los monoclonales de amplio espectro (begomovirus) y específico para el BGMV de Brasil (F.J. Morales, *datos sin publicar*). El antisuero de amplio espectro también ha reaccionado con muestras de frijol provenientes de la localidad de San Juan del Potrero (1.815 msnm), Santa Cruz (ver mapa adjunto).

La mosca blanca vectora

Por el tipo de begomovirus detectado (BGMV) en el área de Santa Cruz, se asume que el insecto vector es la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Sin embargo, no se han colectado suficientes especímenes para realizar su caracterización morfológica o molecular. Tampoco se tienen datos sobre la dinámica de

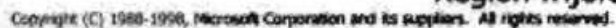
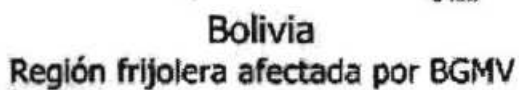
poblaciones. Esta especie de mosca blanca, tendría como principales hospederos reproductivos en esta región, a la soja y al algodón.

Medidas de control

Hasta el momento, las bajas poblaciones de mosca blanca e incidencia del BGMV en el departamento de Santa Cruz, no han requerido la adopción de medidas especiales contra la mosca blanca *B. tabaci*. Es posible que en períodos relativamente más secos de lo normal, sobre todo en las llanuras, se puedan presentar ataques más severos de mosaico dorado en un futuro.

Referencias

- Montes de Oca, I. 1997. Geografía y recursos naturales de Bolivia. La Paz, 614 p.
- Ruiz de Londoño, N., García, J.A., y Pachico, D. 2000. Impacto de la adopción de frejol *Phaseolus vulgaris* L. en Santa Cruz, Bolivia. 1999. CIAT, 38 p.
- Voysest, O. 2000. Un cultivo ancestral avanza a la modernidad: tiempo de transición. Informe final del proyecto regional de frijol para la zona andina, PROFRIZA/CIAT. 72 p.



Brasil

Josias C. Faria

Virologista

EMBRAPA-CNPAF

Centro Nacional de Pesquisa em
Arroz e Feijão, Goiânia, Goiás.

Importância do Feijoeiro

O feijoeiro é amplamente difundido em todo o território brasileiro, sendo geralmente cultivado em três épocas, denominadas de acordo com a estação do ano em: das “águas” - o semeio é geralmente feito de setembro a novembro; das “secas” - é feito de fevereiro a março; e “terceira época” ou “feijão de inverno” – que é o feijão semeado em maio e junho, para cultivo sob pivô central ou outro método de irrigação, utilizando alta tecnologia. O feijoeiro foi quase sempre cultivado como lavoura de subsistência em pequenas propriedades, mas na última década vem havendo interesse crescente de grandes produtores, utilizando de tecnologias avançadas de condução da lavoura.

O Brasil é o maior produtor do mundo de feijão da espécie *Phaseolus vulgaris*, seguido pelo México. Produziu cerca de 87% do total proveniente dos quatro países do Mercosul, em 1997/98. Na década de 1988/89 a 1997/98, a área cultivada com feijão decresceu cerca de 36%, passando de 5175,3 mil hectares para 3313,2 mil, com uma redução de 5,2% na produção que passou de 2308,4 toneladas para 2187,8 toneladas. Em 1998 o Brasil importou cerca de 190 mil ton, principalmente de feijão preto, para suprir a demanda interna.

A área plantada na safra das águas sofreu redução de 29% no período de 1989/98, enquanto a produtividade média passou de 408 para 534 Kg/ha, o que representa um ganho de 31%. Na safra das “secas”, também houve forte redução de área (46%) e elevado aumento da produtividade (60%), com queda de produção de 14%. Na safra de inverno, a área plantada aumentou

de 15%, a produção em 66,5% e 46% de produtividade. Ressalta-se que embora a produtividade sempre foi crescente no período analisado, a área cultivada chegou a 227,4 mil ha em 1993, tendo reduzido para 179 mil ha em 1998. O consumo de feijão no País iniciou a década com 16,2 kg *per capita*, atingiu a 18,9 em 1995, para decrescer para 15,8 em 1999 (Yokoyama, 1999).

Características agroecológicas

O feijoeiro é cultivado em todo o território nacional, entretanto, a maior concentração da produção provém da região Sul e Sudeste. Baseado na safra de 1994, o estado do Paraná produziu 27%, Minas Gerais, 19%, Santa Catarina 17%, São Paulo 15%, Rio Grande do Sul 8% e Goiás 7% da produção. Quanto às épocas de plantio, baseado em dados de 1996/1999, 38, 51 e 11% da produção foram provenientes respectivamente, da 1ª safra, 2ª, safra e 3ª safra.

Os geminivirus do feijoeiro no Brasil

O principal problema de doenças causadas por vírus no Brasil é o mosaico dourado. Esta doença foi primeiramente observada em 1961, por A. S. Costa, em Campinas, estado de São Paulo (Costa, 1965). Desde o início dos anos 70 vem sendo a mais destrutiva em especial nos plantios realizados em fevereiro. Segundo Costa (1973, 1975), grandes surtos de mosca-branca desenvolveriam em soja e algodoeiro, os quais migravam para o feijoeiro.

As perdas causadas pelo mosaico dourado do feijoeiro foram estimadas, sob condições de casa de vegetação entre 48% e 85%, dependendo da época de infecção (Costa & Cupertino, 1976). No Estado de São Paulo, Menten *et al.* (1980) observaram reduções produção de 64%-71%, tomando por base as plantas com mosaico na época da floração. Ainda em São Paulo, Almeida *et al.* (1984) relataram de 25% a 72% de perdas, dependendo da época de aparecimento dos sintomas, se tardio ou precocemente. Faria & Zimmermann (1988), conduzindo experimentos de avaliação de germoplasma e inseticidas no sudoeste de Goiás, obtiveram perdas de 88% a 100% da produção com incidências de mosaico dourado atingindo acima de

90% das plantas aos 33 dias após o semeio. Faria *et al.* (1994), trabalhando com plantas inoculadas e não inoculadas em estágio de plântulas e transplantadas a campo, observaram perdas de produção entre 28% e 100%, dependendo da cultivar. Ainda em Goiás, em estudos de épocas de semeio, Rocha & Sartorato (1980) registraram perdas de até 100% da produção sob alta incidência da virose. Fornasieri Filho *et al.* (1999) observaram perdas médias, para o plantio da 2ª época, de 66% entre variedades tratadas e não tratadas com aldicarb no sulco de plantio, no estado de São Paulo. As melhores cultivares foram Ônix, IAPAR 57, IAPAR 72 e IAPAR 65.

O mosaico dourado do feijoeiro é causado pelo "*Bean golden mosaic virus*" (BGMV), que é um vírus diferente, tanto pelo aspecto biológico como molecular do agente do mosaico dourado que ocorre na América Central (Goodman *et al.*, 1977), denominado de "*Bean golden yellow mosaic virus*" (BGYMV). Há relatos de ocorrência de complexos de vírus transmitidos por mosca branca em feijoeiro no Brasil (Nardo e Costa, 1986; Bianchini, 1999). Entretanto, em estudo recente, onde foram coletadas amostras de folhas de feijoeiro com sintomas de geminivirose em várias regiões produtoras, foi encontrada baixa variabilidade do vírus. Não foi encontrado nenhum caso de BDMV, mas apenas um caso de co-infecção com o vírus do mosaico do abutylon (AbMV) em amostra coletada no sul do estado de São Paulo. Esta baixa variabilidade do vírus pode ser explicada pela não existência de cultivares imunes ou mesmo altamente resistentes ao BGMV (Faria e Maxwell, 1999). A doença está disseminada por quase todas as zonas produtoras de feijão do País, incluindo desde o Rio Grande do Sul até os estados do Nordeste e Centro-Oeste. A maior gravidade de ocorrência está localizada nos estados do Paraná, São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Bahia (ver mapa anexo).

A mosca branca no Brasil

Bemisia tabaci é considerada a mais comum e importante mosca-branca vetora de vírus vegetais, e a única que transmite geminivírus (Gerling, 1990). Lourenção e Nagai (1994) observaram, a partir de 1991 elevados níveis populacionais de mosca branca em diversas lavouras e vegetação espontânea, incompatíveis com os níveis observados em anos anteriores. Relatam ainda a presença do inseto em aboboreira, que era considerada planta não preferida até então. Os autores concluíram, baseados nas

semelhanças entre infestações e desordens associadas à *B. tabaci* biótipo B de que esta espécie tivesse sido introduzida.

Acredita-se que a mosca-branca encontra-se disseminada entre os paralelos 30° Norte e sul, nos trópicos e subtropicais e em todos os continentes, incluindo ainda as zonas temperadas adjacentes (Villas Bôas *et al.*, 1997). Atualmente acredita-se que esteja havendo uma substituição de *B. tabaci* por *B. argentifolii* no estado do Paraná, pois as duas espécies não foram encontradas juntas, na mesma área de cultivo (Martinez *et al.*, 1999).

Medidas de Controle

O manejo de geminivíroses é difícil. Por isto, práticas que visam reduzir a incidência de vírus devem ser adotadas como parte de um manejo integrado, do qual devem fazer parte o controle químico do vetor e a resistência genética do hospedeiro. Nenhuma estratégia de controle, quando utilizada isoladamente, tem demonstrado ser efetiva para as doenças causadas por geminivírus. O controle químico das moscas-brancas é de difícil consecução, devido à constante migração de grandes populações do inseto de lavouras mais velhas para as mais novas, e também devido à possibilidade de se tornarem resistentes aos inseticidas (Harrison, 1985; Gerling, 1990). Portanto, as medidas de controle deverão visar a eliminação ou a redução das fontes do vírus, da população de inseto vetor existente e, finalmente, alterar o nível de suscetibilidade da cultura.

1. Controle químico da mosca-branca

Para o controle químico da mosca-branca devem ser considerados fatores como a região onde será instalada a cultura, a época de semeadura e a população da praga. Normalmente na safra das águas, observa-se uma menor população de mosca-branca na cultura do feijoeiro sendo menor o risco de transmissão de geminivírus, como o BGMV. Nas áreas onde a população da mosca-branca é baixa, o controle pode ser realizado, via pulverização de inseticidas de contato ou sistêmicos ou através do tratamento de sementes. Entretanto, nas regiões produtoras de feijão sob alta população de mosca-branca, a proteção da cultura deve ser preventiva, com a utilização de produtos sistêmicos de longo efeito residual, via tratamentos de sementes. Em casos de ocorrência de alta incidência de mosca-branca na cultura logo

após a emergência das plantas, mesmo tendo sido realizado o tratamento de sementes, recomenda-se a aplicação de produtos de contato de alta eficiência, visando diminuir o tempo de permanência da praga nas plantas. Se o fluxo migratório da mosca-branca para a cultura ocorrer continuamente, o controle químico deve se estender até o período de enchimento de vagens ou de frutificação, no caso do tomateiro.

Para o tratamento de sementes de feijoeiro os inseticidas que apresentaram os melhores resultados foram o thiamethoxan (formulação 700 WS, a 150 g de p.c./100 Kg de sementes) e o imidacloprid (formulação 700PM, a 200 g de p.c./100Kg de sementes), os quais atuam sobre os insetos adultos. No caso de aplicações por pulverizações visando adultos, os melhores produtos vem sendo o thiamethoxan, (formulação 250 WG, a 100 g p.c./ha), o imidacloprid (formulação 200 SC, a 800 ml de p.c./ha), e o acetamiprid (formulação 20 PS, utilizado a 250 g de p.c./ha). Quando o controle é direcionado a ovos e ninfas do inseto, recomenda-se o inseticida regulador de crescimento, pyriproxyfen [formulação a 100 CE, usado a 1000 ml do p.c./ha. Tal produto é recomendado para até duas aplicações durante o ciclo de desenvolvimento da cultura a fim de se evitar o aparecimento de insetos resistentes aos inseticidas. Os produtos mencionados encontram-se devidamente registrados no Ministério da Agricultura para o controle da mosca-branca (Yokoyama *et al.*, 1999).

2) Controle cultural em feijoeiro

2.1) *Hospedeiros alternativos do vírus.* A eliminação de hospedeiros alternativos, que funcionam como reservatórios de vírus, é uma medida de controle geralmente citada para viroses, entretanto, apenas *Phaseolus* spp. e soja podem ser citados, com segurança, como hospedeiros do BGMV no Brasil, em condições naturais.

A eliminação do feijão de lima ou fava (*P. lunatus*), de cercas e fundos de quintais, em áreas próximas daquelas onde o feijoeiro será cultivado, pode reduzir a fonte de inóculo para a soja e, no futuro, para o feijoeiro. Costa (1972) preconizou a eliminação de feijão fava de áreas próximas ao feijoeiro, recomendando uma distância de, pelo menos, 500 m de possíveis fontes de inóculo. Verificou-se que as moscas-brancas atingiam facilmente

feijoeiros localizados de 100 a 150 m de um viveiro de feijão lima com BGMV, enquanto o que estava a 1000 m não foi afetado pela virose.

2.2) Eliminação de hospedeiros do vetor - Culturas como soja, tomate e algodão, entre outras, que servem como criatórios do inseto vetor em larga escala, devem ser eliminadas com tempo suficiente para decrescer a população de mosca-branca antes de semear o feijoeiro de inverno.

2.3) Época de semeio - Executar o semeio em períodos menos favoráveis ao inseto vetor e/ou com fontes de inóculo mais escassas. Para o sudoeste de Goiás, a antecipação do semeio para a primeira quinzena de janeiro possibilitaria a redução de perdas de rendimento devidas ao mosaico dourado (Rocha & Sartorato, 1980). Atualmente, se houver grandes riscos de epidemias da doença, baseado na sua história de ocorrência, não se recomenda o semeio do feijão da seca. Para o maior sucesso no cultivo do feijão de inverno, ou terceira época, é desejável que se tenha um período com ausência de planta hospedeira da mosca-branca para que haja redução da sua população.

3) Resistência genética em feijoeiro

Técnicas de melhoramento utilizando a genética clássica vêm sendo empregadas no desenvolvimento de variedades resistentes, desde meados da década de 70. Trabalhos desenvolvidos pela Embrapa Arroz e Feijão levaram à recomendação da variedade Ônix, com grãos de cor negra e produtividade de cerca de 1.500 kg/ha, sob moderada incidência precoce de BGMV, representando a primeira variedade comercial com resistência, psoto que moderada, ao mosaico dourado. Avaliações conduzida em Ilha Solteira (SP) indicam que a sua produtividade varia de 880 a 2390 Kg/ha (Fornasieri Filho et al., 1999). Trabalho conduzido por Bianchini (1999) levaram ao desenvolvimento de várias linhagens, citando-se MD 632, e mais tarde MD 806 (IAPAR 57, grão tipo carioca), MD 807 (grão tipo carioca), MD 820 (IAPAR 72, grão tipo carioca), MD 829 (grão tipo carioca), MD 808 (grão tipo negro) e MD 821 (IAPAR 65, grão tipo negro). Todas são bastante úteis para a região Sul, especialmente ao estado do Paraná. Tais cultivares entretanto, não tem igual desempenho em outras regiões do País, indicando baixa adaptabilidade a diferentes ambientes. A cultivar IAPAR 57 atinge 1519 kg/ha e 'IAPAR 72' chega a 1.909 kg/ha, sob alta incidência de BGMV (Bianchini, 1999).

A herança da resistência ao BGMV-BR revelou-se complexa (Pessoni *et al.*, 1997), ao contrário daquela a isolados de BGMV do Porto Rico onde a herança da resistência é controlada por um gene recessivo denominado *bgm1* (Blair, 1992).

Mais recentemente, vários laboratórios estão investigando o uso de técnicas de engenharia genética do feijoeiro, utilizando genes do próprio vírus, analisando estratégias como a proteção mediada pela capa protéica, uso de mutantes do gene da proteína associada à replicação do vírus (*rep*), uso do antissenso do gene *rep* (Embrapa Arroz e Feijão e Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia).

Referencias

- Almeida, L., Pereira, J., Ronzelli, P. & Costa, A.S. 1984. Avaliação de perdas causadas pelo mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em condições de campo. Fitopatologia Brasileira 9:213-219.
- Bianchini, A. 1999. Resistance to bean golden mosaic virus in bean genotypes. Plant Disease 83:615-620.
- Blair, M.W. 1992. Heritability of field resistance to bean golden mosaic virus and the sweetpotato whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). (M.Sc. Thesis). Puerto Rico. University of Puerto Rico.
- Costa, A.S. 1975. Increase in the population density of *Bemisia tabaci*, a threat of widespread virus infection of legume crops in Brazil. In: Bird, J. & Maramorosh, K. (Ed.) Tropical Disease of Legumes. New York. Academic Press, pp.27-49.
- Costa, A.S. Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. Plant Protection Bulletin 13:121-130. 1965.
- Costa, C.L. & Cupertino, F.P. 1976. Avaliação das perdas na produção do feijoeiro causadas pelo vírus do mosaico dourado. Fitopatologia Brasileira 1:18-25.
- Costa, A.S., Costa, C.L., & Sauer, H.F.G. 1973. Surto de mosca-branca em culturas do Paraná e São Paulo. Anais da Sociedade entomológica do Brasil, Itabuna, 2(1): 20-30.
- Costa, C.L. & Cupertino, F.P. 1976. Avaliação das perdas na produção do feijoeiro causadas pelo vírus do mosaico dourado. Fitopatologia Brasileira 1:18-25.
- Faria, J.C. & Zimmermann, M.J.O. 1988. Controle do mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) pela resistência varietal a inseticidas. Fitopatologia Brasileira 13:32-35.

Fornasieri Filho, D., Gómez, ^aM. & Lemos, L.B. 1999. Comportamento de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) quanto a incidência do mosaico dourado, com e sem controle do vetor *Bemisia tabaci* (Genn, 1889), em duas épocas de semeadura. Resumos Expandidos, 6^a Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, Salvador, BA. pp. 103-106.

Fornasieri Filho, D., Gómez, ^aM. & Lemos, L.B. 1999. Efeitos na produção de grãos de genótipos de feijoeiro, com e sem aplicação de inseticida sistêmico no solo, em duas épocas de semeadura. Resumos Expandidos, 6^a Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão, Salvador, BA. pp. 115-117.

Gerling, D. 1990. Whiteflies: their bionomics, pest status, and management. England, Intercept, 348p.

Goodman, R. M., Bird, J. & Thongmeearkom, P. 1977. An unusual viruslike particle associated with golden yellow mosaic of beans. *Phytopathology* 67:37-42.

Lourenção, A.I. & Nagai, H. 1994. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no estado de São Paulo. *Bragantia* 53(1):53-59.

Martinez, S. S., Carvalho, A.O.R., Viera, L. G., Nunes, L.M. & Bianchini, A. 1999. Identificação das espécies de mosca branca, *Bemisia* spp. Que ocorrem no Paraná e sua distribuição geográfica. *RENAFE*, p. 120-122.

Menten, J.O.M., Tulmann Neto, A. & Ando, A. 1980. Avaliação de danos causados pelo vírus do mosaico dourado do feijoeiro (VMDF). *Turrialba* 30:173-176.

Nardo, E.A. B. & Costa, A.S. 1986. Diferenciação de isolados do complexo brasileiro do vírus do mosaico dourado do feijoeiro. *Fitopatologia brasileira* 11:655-666.

Villas Bôas, G.L., Franca, F.H., Ávila, A.C. & Bezerra, I.C. 1997. Manejo Integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii*. Brasília. EMBRAPA-CNPq. (EMBRAPA-CNPq. Circular Técnica, 9).

Yokoyama, M., Yokoyama, L.P. & Di Stefano, J.G. 1994. Efeito de inseticidas no controle da mosca branca *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring, (Homoptera – Aleyrodidae) no feijoeiro: rendimento e economicidade. *RENAFE* 107-110.



Brasil
Regiões produtoras de feijão afetadas por BGMV



Los begomovirus

María del Rosario Rojas

University of California
Davis, USA

Introducción

La mayoría de los virus que infectan plantas (80 a 90%) tienen RNA de cadena sencilla como componente genético. El resto de los virus fitopatógenos, contienen DNA como genoma. Actualmente, existe una familia reconocida de virus fitopatógenos que poseen genoma de DNA de cadena sencilla, la familia *Geminiviridae*. El genoma de los geminivirus está compuesto de una o dos moléculas de DNA de cadena sencilla circular y de reducidas dimensiones (cada DNA es aproximadamente de 2.5 a 3.0 kb). Así, el total del tamaño del genoma varía de 2.5-5.0 kb, lo cual coloca a los geminivirus como uno de los virus más pequeños en poseer genomas de replicación independiente, y como uno de los únicos virus de DNA en poseer el genoma dividido. El nombre de los geminivirus proviene de la morfología característica de su cápside, la cual asemeja dos poliedros regulares idénticos (gemelos o geminados) fusionados por una de sus caras. El tamaño de los viriones es de 18 x 30 nanómetros (Harrison, 1985; Timmermans *et al.*, 1994).

Clasificación de los geminivirus

De acuerdo a su estructura genómica, el vector que los transmite y los hospederos que infectan, la familia *Geminiviridae* está dividida en cuatro géneros: *Mastrevirus*, deriva su nombre de su virus tipo, el *Maize streak virus* (MSV). Este género está constituido por geminivirus del Viejo Mundo, con un solo componente genómico, los cuales infectan exclusivamente monocotiledoneas y son transmitidos por cicadélidos (Mullineaux *et al.*, 1984). El segundo género, *Curtovirus*, nombre derivado del virus tipo, el *Beet curly top virus* (BCTV), está formado por geminivirus distribuidos en el Viejo y Nuevo Mundo, con un solo componente genómico, infectan dicotiledoneas y son también transmitidos por cicadélidos (Stanley *et al.*, 1986). El tercer género: *Begomovirus*, nombre derivado del virus tipo, *Bean golden mosaic virus* (BGMV), (Howarth *et al.*, 1985), está formado

por virus distribuidos en el Viejo y Nuevo Mundo, de uno o dos componentes genómicos, solo infectan dicotiledoneas y son transmitidos por mosquitas blancas (*Bemisia tabaci* Genn., incluyendo el biotipo B, también conocido como *B. argentifolii*). El *Virus del enrollamiento de la hoja del tomate* (TLCV) (Dry *et al.*, 1993) y varios aislamientos del *Virus del enrollamiento amarillo de la hoja de tomate* (TYLCV) (Navot *et al.*, 1991), son begomovirus atípicos, ya que a pesar de ser transmitidos por mosquitas blancas, poseen genomas monopartitas. Estos geminivirus podrían ser intermediarios en la evolución entre los geminivirus monopartitas y los bipartitas. Recientemente se ha creado un cuarto género, *Topocuvirus*, para incluir al *Tomato pseudo-curly top virus*, transmitido por el membrácido *Micrutalis malleifera*. Este virus es relacionado al BCTV (nota del editor).

Organización genómica de los begomovirus

El genoma bipartita de los begomovirus está compuesto de dos componentes de DNA, denominados DNA-A y DNA-B, los cuales codifican por funciones virales esenciales y necesarias para establecer infección sistémica (Figura 1). Especies de este género presentan diferente organización genómica, lo cual refleja la diversidad biológica (evolución) de los geminivirus. Sin embargo, existe una serie de características conservadas entre todos los begomovirus:

- a) La organización genómica de los geminivirus determinada por análisis de secuencia y estudios de mapeo de transcriptos, sugiere un mecanismo de regulación temporal de sus genes. Los genes o marcos abiertos de lectura (ORFs) presentan una estrategia de expresión bidireccional o divergente. Los genes son nombrados de acuerdo al componente y la cadena de DNA en que se encuentren [sentido viral (V) o complementario (C)]. El componente DNA-A posee cuatro genes; tres en la cadena complementaria: AC1, AC2, y AC3, y uno en el sentido viral: AV1. Los genes AC poseen secuencias traslapadas en ciertas regiones, la cual es una estrategia que le permite al virus ser más eficiente, debido al pequeño tamaño de su genoma. El componente B codifica por dos genes, uno en la cadena complementaria, BC1, y otro gen en el sentido viral, BV1.
- b) No existe similitud entre las secuencias de los nucleótidos de los dos componentes de DNA de un mismo begomovirus, excepto por una región de 200 pares de bases llamada Región Común (Figura 1). La Región Común no codifica por proteínas y contiene secuencias que se encuentran

involucradas en la replicación del DNA viral y en la expresión de los genes. La Región Común de todos los geminivirus contiene una región estructuralmente conservada, la cual tiene el potencial de formar una horquilla, cuya estructura es absolutamente necesaria para la replicación y expresión de los genes. La secuencia TAATATTAC es conservada entre todos los begomovirus y se encuentra ubicada en el asa de la horquilla.

c) Los geminivirus se replican en el núcleo de la célula infectada por un mecanismo de círculo rodante. Las proteínas asociadas con la replicación (AC1, AC3) son requeridas en este proceso, al igual que factores del huésped como factores de transcripción y polimerasas de DNA. La replicación por círculo rodante en geminivirus ha sido confirmada por la presencia de formas replicativas de cadena doble, en plantas infectadas por el *Virus del mosaico dorado del tomate* (TGMV) y el BGMV; y de cadena doble parcial, en plantas infectadas por BCTV y el *Virus del mosaico africano de la yuca* (ACMV) (Saunders *et al.*, 1991; Stenger *et al.*, 1991).

d) El componente A codifica todas las funciones virales necesarias en la replicación y encapsidamiento del genoma. La proteína *Rep* codificada por el gen AC1, se encuentra directamente involucrada en la replicación (Elmer *et al.*, 1988; Brough *et al.*, 1988; Etessami *et al.*, 1988). La proteína *Rep* solo reconoce los sitios de unión de su propio origen. Por ejemplo, la proteína *Rep* del mosaico dorado del frijol (BGMV) solo reconoce la secuencia de su sitio de alta afinidad (5'TGGAGACTGGAG) y no la secuencia de otro begomovirus, como el caso del TGMV. Además, la proteína *Rep* presenta actividad endonucleótica, la cual utiliza para iniciar la replicación del genoma por círculo rodante. La proteína *Rep* se localiza en el núcleo de la célula infectada induciendo acumulación de una proteína (antígeno nuclear de proliferación celular o PCNA) involucrada en la síntesis de DNA en células terminalmente diferenciadas (Nagar *et al.*, 1995). La proteína AC2 es un activador transcripcional del gen de la proteína de cápside (Sunter *et al.*, 1990). Mutaciones en el gen AC2 afectan el movimiento sistémico del virus, debido a los niveles reducidos de expresión de la proteína BV1 (Sunter y Bisaro, 1992). La proteína AC3 contribuye al proceso replicativo de manera indirecta. Los niveles de ADN de cadena sencilla y doble son significativamente reducidos en mutantes en el gen AC3 (Sunter *et al.*, 1990).

La proteína de cápside es codificada por el gen AV1 (Townsend *et al.*, 1985). La proteína de cápside determina la especificidad de los insectos

vectores y es necesaria para la transmisión del virus por insectos, siendo así un requisito para la transmisión del virus de planta a planta. Sin embargo, la proteína de cápside no es necesaria en el desplazamiento sistémico de los begomovirus en la planta. Azzam *et al.* (1992), demostraron que mutantes en la proteína de la cápside del BGMV de Guatemala, retuvieron la capacidad de moverse sistémicamente en plantas de frijol, pero el virus no pudo ser transmitido por *B. tabaci*.

e) El componente B de los geminivirus bipartitas codifica las funciones necesarias para el desplazamiento del virus dentro de la planta, el desarrollo de síntomas y el rango de hospederos. Estas funciones están codificadas por las dos proteínas de movimiento, la BC1 y la BV1 (Ettesami *et al.*, 1988; Brough *et al.*, 1988). Estudios realizados con el *Virus del mosaico enano del frijol* (BDMV), demostraron que ambas proteínas tienen la capacidad de unir, en ensayos *in vitro*, ácidos nucleicos de cadena sencilla o doble. Además, usando micro-inyecciones, se determinó que la proteína BV1 se localiza en el núcleo, y que la proteína BC1 puede potenciar el movimiento de ácidos nucleicos de célula a célula a través de los plasmodesmos (Noueiry *et al.*, 1994).

Diversidad genética y evolución

Los geminivirus son un grupo de virus de plantas que están emergiendo rápidamente. Los más recientes brotes de enfermedades causadas por geminivirus han sido asociados con aumentos en la población del insecto vector, las mosquitas blancas, y con la rápida evolución viral (Brown y Bird, 1992). Diferentes técnicas han sido utilizadas para analizar la variabilidad genética de diferentes aislamientos de geminivirus, las cuales incluyen estudios de infectividad, análisis serológicos, hibridización de ácidos nucleicos, análisis de secuencias, y experimentos con pseudorecombinantes. Dentro de la familia *Geminiviridae*, la mayor cantidad de geminivirus descritos (58) pertenecen al género *Begomovirus*, en comparación con pocos geminivirus (16) determinados dentro de los otros géneros (Murphy *et al.*, 1995). Además, usando estudios de infectividad, se ha encontrado que estos 58 begomovirus pueden infectar 40 especies diferentes de plantas, entre las cuales se encuentran cultivos económicamente importantes como tomate, chile, frijol común, melón y yuca. Esta aparente diversidad en el rango de hospederos de los begomovirus, disminuye cuando otros métodos moleculares de análisis de diversidad genética son utilizados. Análisis de secuencias de nucleótidos han revelado que las secuencias del componente

DNA-A son más conservadas que las secuencias del componente DNA-B, y que las secuencias que no codifican por proteínas, como la Región Común y las Regiones Intergénicas, poseen las secuencias más divergentes entre todos los geminivirus bipartitas (Gilbertson *et al.*, 1991c; Padidam *et al.*, 1995). Otro aspecto que debe de tomarse en cuenta, es la especificidad patogénica y la capacidad de adaptación de los geminivirus bipartitas a diversos hospederos. Infecciones virales en plantas que son pobremente adaptadas al virus, o plantas no hospederas, están generalmente asociadas con niveles reducidos de DNA viral, baja infectividad, síntomas atenuados o plantas asintomáticas. Esto es debido a una interacción incompatible entre el virus y el hospedero, o a la capacidad del hospedero de usar sus mecanismos de defensa en respuesta al ataque del virus y así limitar la extensión de la infección.

La diversidad genética se puede observar también entre aislamientos de lo que se consideraba un solo virus, como es el caso del *Virus del mosaico dorado del frijol* (BGMV). Ahora sabemos que existen diferentes especies de virus que causan el mosaico dorado del frijol, las cuales son clasificadas según sus secuencias de DNA y sus propiedades biológicas, tales como transmisión mecánica, reacciones obtenidas en el germoplasma de frijol, y la habilidad de formar pseudorecombinantes que sean infecciosos. Los aislamientos que se encuentran en América del Sur, específicamente en Brasil (BGMV-BR), no se pueden transmitir mecánicamente, mientras que los aislamientos de la América Central, El Caribe y la parte sur de México, por ejemplo, Guatemala (BGYMV-GA), Puerto Rico (BGYMV-PR), la República Dominicana (BGYMV-DR), Florida (BGYMV-FL) y México (BGYMV-MX), si se pueden transmitir mecánicamente. Estas dos especies han sido tentativamente designadas como BGMV (América del Sur) y BGYMV (*Virus del mosaico dorado amarillo del frijol*) para la especie mesoamericana.

Pseudorecombinantes

Los pseudorecombinantes (PRs) son formados cuando los diferentes componentes infecciosos de dos geminivirus bipartitas (DNA-A y DNA-B) son intercambiados y forman un nuevo geminivirus, el cual es también infeccioso. Los PRs son de mucha utilidad ya que sirven como herramienta para estudiar las relaciones filogenéticas, la evolución viral y la función de los diferentes genes de los geminivirus bipartitas. Además, los PRs han sido utilizados para estudiar la replicación viral, la especificidad de los

hospederos y los determinantes de síntomas en los geminivirus bipartitas (Hou y Gilbertson, 1996). La capacidad de formar un PR infeccioso entre dos begomovirus diferentes, ha sido propuesta como uno de los criterios para distinguir entre aislamientos y especies de geminivirus (Stanley, 1991). De hecho, la producción de PRs infecciosos ha sido generalmente limitada a aislamientos o cepas dentro de una misma especie del virus. Sin embargo, cabe mencionar que existen casos en los cuales PRs infecciosos han sido formados entre geminivirus de diferentes especies (Gilbertson *et al.*, 1993b; Hofer *et al.*, 1997), y casos de PRs que no han sido infecciosos, a pesar de haberse combinado variantes de una misma especie de geminivirus (Gilbertson *et al.*, 1993a). De esta manera, la habilidad de formar PRs que sean infecciosos puede ocurrir entre cepas de una misma especie, o entre dos especies virales que recientemente hayan evolucionado de un mismo ancestro común. Un ejemplo de falta de infectividad en los PRs formados entre diferentes especies de geminivirus, fué observado cuando se intercambiaron los componentes de aislamientos del *Virus del mosaico dorado amarillo del frijol* de Guatemala (BGYMV-GA) con los del *Virus del mosaico dorado del frijol* del Brasil (BGMV-BR) (Gilbertson *et al.*, 1993a). Estos dos virus presentan secuencias muy divergentes, particularmente en la Región Común (~75%), además de diferencias en la transmisión mecánica. Un caso de PRs infecciosos entre begomovirus de diferentes especies, fué observado cuando el clón infeccioso del componente B del *Virus del mosaico enano del frijol* (BDMV) fue inoculado en combinación con el componente A del *Virus del moteado del tomate* (ToMoV) (Hou y Gilbertson, 1996). Los síntomas observados en este PR fueron más atenuados que los de los virus parentales, y los niveles de DNA del componente B fueron reducidos. En general, con este tipo de estudio se ha demostrado que en el DNA-B se encuentran los factores virales que determinan los síntomas y, en menor grado, la especificidad de hospederos.

Relaciones Filogenéticas

Una gran serie de geminivirus han sido clonados y secuenciados. Howarth y Vandermark (1989) han construido filogenias con las secuencias de los diferentes marcos de lectura de los geminivirus transmitidos por mosca blanca, encontrado que grupos de geminivirus de mayor homología correlacionan con su distribución geográfica. Un análisis proveniente de un fenograma derivado de la secuencia de la replicasa (AC1), clasificó los geminivirus del hemisferio occidental en cuatro grupos (Rojas, 1992). El agrupamiento de los diferentes geminivirus usados en este análisis puede ser

observado en el cladograma presentado en la Figura 2. El primer grupo lo forman los geminivirus que infectan frijol en América Central y la región Caribe. Estos son los begomovirus mesoamericanos: BGYMV-GA, BGYMV-DR, y el BGYMV-PR. El segundo grupo lo constituyen los begomovirus de la América del Sur: el *Virus del mosaico amarillo de la papa* (PYMV), *Virus del mosaico dorado del tomate* (TGMV) y el *Virus del mosaico dorado del frijol de Brasil* (BGMV-BR). El tercer grupo relaciona al *Virus del mosaico enano del frijol* (BDMV) con el *Virus del moteado del tomate* (ToMoV) y el *Virus del mosaico del abutilón* (AbMV). El cuarto grupo parece ser más discreto y relaciona claramente al *Virus del arrollamiento de la hoja de la calabaza* (SLCV) con el *Virus del mosaico cálico del frijol de México* (BCaMV). La validez de la clasificación de los begomovirus del hemisferio occidental en grupos, ha sido confirmada con la capacidad de formar PRs entre miembros de un mismo grupo.

Referencias

- Azzam, O., Fraser, J., de la Rosa, D., Beaver, J. S., Ahlquist, P., and D. P. Maxwell. 1994. Whitefly transmission and efficient ssDNA accumulation of bean golden mosaic geminivirus require functional coat protein. *Virology* 204: 289-296.
- Brough, C. L., Hayes, R. J., Morgan, A. J., Coutts, R. H. A., y K. W. Buck. 1988. Effects of mutagenesis in vitro on the ability of cloned tomato golden mosaic virus DNA to infect *Nicotiana benthamiana* plants. *J. Gen. Virol.* 69: 503-514.
- Brown, J. K., y J. Bird. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. *Plant Dis.* 76:220-225.
- Dry, I. B., Rigden, J. E., Krake, L. R., Mullineaux, P. M., y M. A. Rezaian. 1993. Nucleotide sequence and genome organization of tomato leaf curl geminivirus. *J. Gen. Virol.* 74:147-151.
- Elmer, J. S., Brand, L., Sunter, G., Gardiner, W. E., Bisaro, D. M., y S. G. Rogers. 1988. Genetic analysis of the tomato golden mosaic virus II. The product of the AL1 coding sequence is required for replication. *Nucleic Acid Res.* 18:2001-2006.
- Ettessami, P., Callis, R., Ellwood, S., y J. Stanley. 1988. Delimitation of essential genes of cassava latent virus DNA2. *Nucleic Acid Res.* 16:4811-4829.

Gilbertson, R. L., Faria, J. C., Hanson, S. F., Morales, F. J., Ahlquist, P. G., Maxwell, D. P., and D. R. Russell. 1991. Cloning of the complete DNA genomes of four bean-infecting geminiviruses and determining their infectivity by electric discharge particle acceleration. *Phytopathology* 81:980-985.

Gilbertson, R. L., Faria, J. C., Ahlquist, P., y Maxwell, D. P. 1993a. Genetic diversity in geminiviruses causing bean golden mosaic diseases: The nucleotide sequence of the infectious cloned DNA components of a Brazilian isolate of bean golden mosaic geminivirus. *Phytopathology* 83: 709-715.

Gilbertson, R. L., Hidayat, S. H., Paplomatas, E. J., Rojas, M. R., Hou, Y. M., y Maxwell, D. P. 1993b. Pseudorecombination between infectious cloned DNA components of tomato mottle and bean dwarf mosaic geminiviruses. *J. Gen. Virol.* 74:23-31.

Harrison, B. D. 1985. Advances in geminiviruses research. *Ann. Rev. Phytopathol.* 23:55-82.

Hou, Y. M., y Gilbertson, R. L. 1996. Increased pathogenicity in pseudorecombinant bipartite geminivirus correlates with intermolecular recombination. *J. Virol.* 70:5430-5436.

Howarth, A. J., Caton, J., Bosset, M., y R. M. Goodman. 1985. Nucleotide sequence of bean golden mosaic virus and a model for gene regulation in geminiviruses. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 82:3572-3576.

Howarth, A. J., y Vandermark, G. J. 1989. Phylogeny of geminiviruses. *J. Gen. Virol.* 70: 2717-2727.

Murphy, F. A., Fauquet, C. M., Bishop, D. H. L., Ghabrial, S. A., Jarvis, A. W., Martelli, G. P., Mayo, M. A., y M. D. Summers. (eds) 1995. "Virus taxonomy: classification and nomenclature of viruses." Springer-Verlag Wien, New York.

Mullineaux, P. M., Donson, J., Morris-Krsinich, B. A. M., Boulton, M. I., y J. W. Dacies. 1984. The nucleotide sequence of maize streak virus DNA. *EMBO J.* 3:3063-3068.

Nagar, S., Pedersen, T. J., Carrick, K. M., Hanley-Bowdoin, L., y D. Robertson. 1995. A geminivirus induces expression of a host DNA synthesis protein in terminally differentiated plant cells. *Plant Cell* 7:705-719.

Navot, N., Pichersky, E., Zeidan, M., Zamir, D., y H. Czosnek. 1991. Tomato yellow leaf curl virus: a whitefly-transmitted geminivirus with a single genome component. *Virology* 185: 151-161.

Padidam, M., Beachy, R. N., y C. M. Fauquet. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. *J. Gen. Virol.* 76: 249-263.

Rojas, M. R. 1992. Detection and characterization of whitefly-transmitted geminiviruses by the use of polymerase chain reaction. Thesis. University of Wisconsin, Madison. 92 p.

Stanley, J., Marham, P. G., Callis, R. J., y Pinner, M. S. 1986. The nucleotide sequence of an infectious clone of the geminivirus beet curly top virus. *EMBO J.* 5:1761-1767.

Saunders, K., Lucy, A., y J. Stanley. 1991. DNA forms of the geminivirus African cassava mosaic virus consistent with a rolling circle mechanism of replication. *Nucleic Acid Res.* 19:2325-2330.

Stenger, D. C., Revington, G. N., Stevenson, M. C., y D. M. Bisaro. 1991. Replicational release of geminivirus genomes from tandemly repeated copies: evidence for rolling-circle replication of a plant viral DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 88:8029-8033.

Sunter, G., y D. M. Bisaro. 1992. Transactivation of geminivirus AR1 and BR1 gene expression by the viral AL2 gene product occurs at the level of transcription. *Plant Cell* 4:1321-1331.

Sunter, G., Hartiz, M. D., Hormuzdi, S. G., Brough, C. L., y D. M. Bisaro. 1990. Genetic analysis of tomato golden mosaic virus: ORF AL2 is required for coat protein accumulation while ORF AL3 is necessary for efficient DNA replication. *Virology* 179:69-112.

Timmermans, M. C. P., Das, O. P., y J. Messing. 1994. Geminiviruses and their uses as extrachromosomal replicons. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45:79-112.

Townsend, R., Watts, J., y J. Stanley. 1986. Synthesis of viral DNA forms in *Nicotiana plumbaginifolia* protoplasts inoculated with cassava latent virus (CLV); evidence for the independent replication of one component of the CLV genome. *Nucleic Acid Res.* 14:1253-1265.

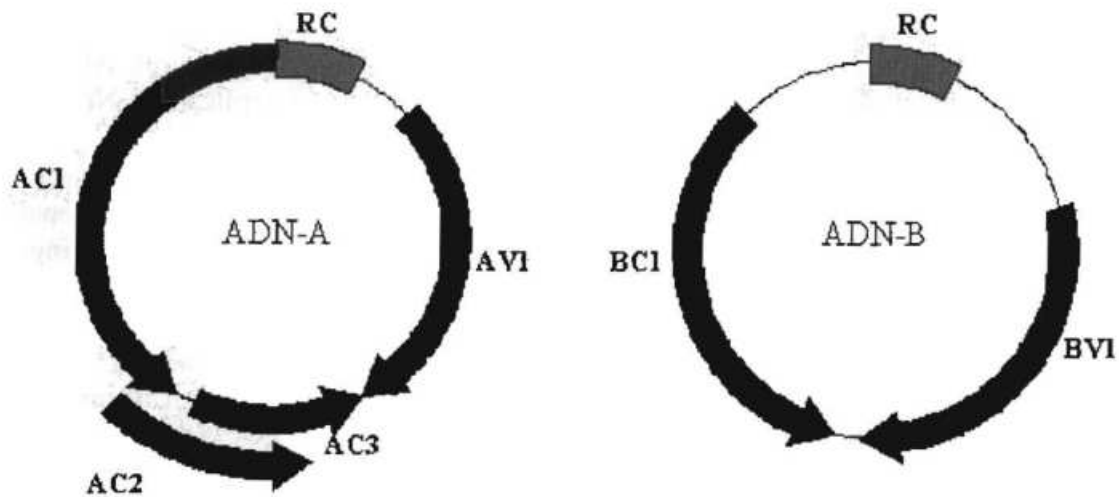


Figura 1. Organización típica del genoma de un begomovirus. Flechas describen la polaridad y el tamaño relativo de los marcos abiertos de lectura (genes). ADN-A = ADN del componente A; ADN-B = ADN del componente B; RC = region comun; AV1 = proteína de cápside, primer marco abierto de lectura en sentido viral en el ADN-A; AC1 = la proteína Rep, primer marco abierto de lectura en el sentido complementario en el ADN-A; AC2 = activador transcripcional es el segundo marco abierto de lectura en el sentido complementario en el ADN-A; AC3 = tercer marco abierto de lectura en el sentido complementario en el ADN-A; BC1 = proteína de movimiento de célula a célula, primer marco abierto de lectura en el sentido complementario en el ADN-B; BV1 = proteína de movimiento, factor de exportación de ADN del núcleo, primer marco abierto de lectura en el sentido viral en el ADN-B.

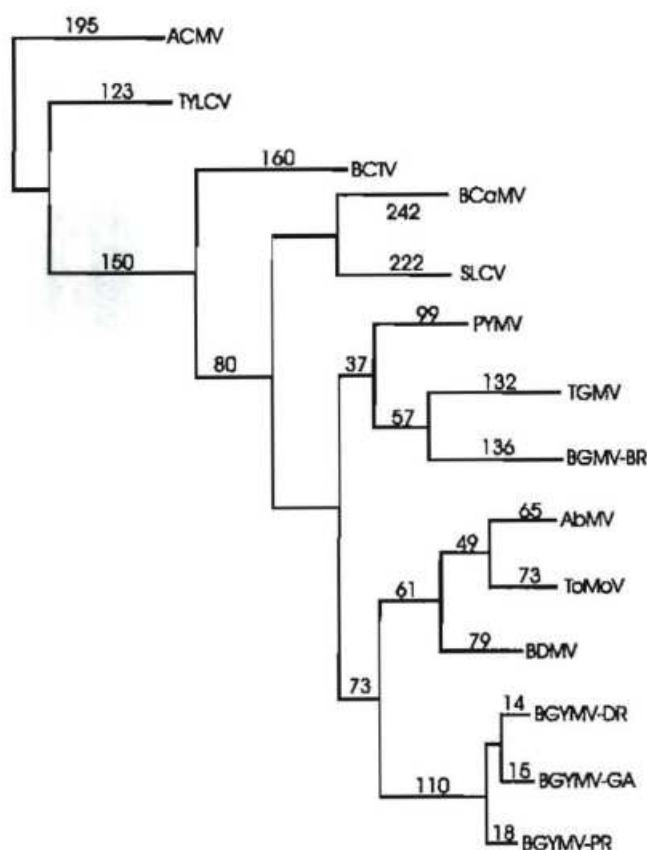


Figura 2. Cladograma derivado de las secuencias de nucleótidos del marco abierto de lectura de AC1 de 14 aislados de geminivirus (PAUP). Las distancias horizontales indican el número mínimo de diferencias en los nucleótidos que son necesarios para unir nudos. Las distancias verticales son arbitrarias. El índice de consistencia es igual a 0.60, y los tres cladogramas obtenidos presentan los mismos patrones de ramificación. ACMV = virus del mosaico de la yuca de Africa, viejo mundo; TYLCV = virus del enrollamiento de la hoja del tomate; BCTV = virus del ápice rizado de la remolacha; BCaMV = virus del mosaico cálico del frijol; SLCV = virus del enrollamiento de la hoja de la calabaza; PYMV = virus del mosaico amarillo de la papa; TGMV = virus del mosaico dorado del tomate; BGMV-BR = virus del mosaico dorado del frijol del Brasil; AbMV = virus del mosaico del abutilón; ToMoV = virus del moteado del tomate; BDMV = virus del mosaico enano del frijol; BGYMV-DR = virus del mosaico dorado amarillo del frijol de la Republica Dominicana; BGYMV-GA = virus del mosaico dorado amarillo del frijol de Guatemala; BGYMV-PR = virus del mosaico dorado amarillo del frijol de Puerto Rico.

Detección molecular de geminivirus del frijol común y estrategias antivirales

Douglas P. Maxwell y Stephen F. Hanson, Departamento de Patología, University of Wisconsin, Madison; **Josias C. Faria**, EMBRAPA-CNPAF, Brasil; y **Robert L. Gilbertson**, Departamento de Patología, Universidad de California, Davis.

Métodos moleculares para la detección de geminivirus

Se han evaluado tres métodos moleculares para la detección de geminivirus. La producción de anticuerpos monoclonales contra el BGMV y el BGYMV (Cancino *et al.*, 1995) resultó en la selección de un anticuerpo monoclonal para un aislamiento del BGYMV proveniente de Guatemala. Este monoclonal resultó específico para reconocer los aislamientos del BGYMV mesoamericanos. Otro anticuerpo monoclonal, resultó ser de amplio espectro, y detectó todos los begomovirus transmitidos por mosca blanca evaluados hasta ahora, con excepción del *Tomato yellow leaf curl virus* (F.J. Morales, *comunicación personal*). El anticuerpo monoclonal producido para el aislamiento del BGMV de Brasil, fue producido a partir de la proteína de la cápside, expresada en un vector bacterial (los anticuerpos monoclonales para el BGYMV se produjeron a partir de viriones purificados), resultando específico para aislamientos del BGMV provenientes de la América del Sur (F.J. Morales, *comunicación personal*). Estos anticuerpos monoclonales constituyen la técnica molecular de mayor difusión y de más fácil aplicación en laboratorios de países en vías de desarrollo.

La segunda técnica molecular es el uso de iniciadores de replicación o "primers", diseñados para amplificar una región que abarca desde parte del gen que codifica por la replicasa (AC1) hasta parte del gen de la cápside del virus (AV1) en el DNA-A. Estos primers fueron diseñados por Rojas y colaboradores (1993), y ha sido una técnica molecular de gran adopción en laboratorios avanzados donde se investigan los begomovirus. La mayor parte de las secuencias obtenidas de las regiones amplificadas por estos "primers", han sido la base de la caracterización molecular de un gran número de begomovirus. Posteriormente, se diseñaron otros "primers" para amplificar la región central del gen (AV1) de la cápside viral (Wyatt y Brown, 1996). Estos iniciadores son más prácticos que los anteriores, en el sentido de que

la región amplificada es de menor tamaño y, por lo tanto, más fácil de secuenciar, permitiendo la detección e identificación del virus al mismo tiempo. Sin embargo, el gen AV1 es uno de los más conservados en el caso de los begomovirus, por lo que se prefieren los iniciadores diseñados por Rojas para producir secuencia que permita identificar los begomovirus con mayor confiabilidad.

La técnica de “hibridación DNA:DNA” ha sido utilizada para la detección de geminivirus (Gilbertson *et al.*, 1991), adaptandola, como en el caso de los anticuerpos monoclonales, para la detección de secuencias altamente específicas (sondas específicas) o conservadas (sondas universales o de amplio espectro). Esta técnica puede ser utilizada con radioisótopos o materiales no radiactivos, para hacerlas más prácticas en laboratorios convencionales. Recientemente, se diseñó una sonda para la región más conservada del gen de la cápside (500 pb), con el fin de detectar los geminivirus del Hemisferio Occidental (M.K. Nakhla y D.P. Maxwell, *información no publicada*).

Detección de geminivirus del frijol en malezas

El desarrollo de técnicas moleculares de detección de geminivirus, ha permitido confirmar observaciones realizadas anteriormente (Gálvez y Morales, 1989) sobre el posible papel que juegan las plantas silvestres en la supervivencia y diseminación de los begomovirus que infectan el frijol común. Por ejemplo, se han examinado varias malezas que presentaban síntomas de mosaico dorado amarillo en zonas de producción de frijol en la República Dominicana (Gilbertson *et al.*, 1991b). Las siguientes malezas dieron una reacción positiva con una sonda universal (de amplio espectro), pero negativa con la sonda específica para el BGYMV: *Croton lobatus*, *Jatropha* spp., *Macroptilium lathyroides*, *Sida* spp., *Urena lobata*, *Bastardia bivalvis*, y *Euphorbia heterophylla*. La leguminosa *Rhynchosia minima* dió una reacción positiva con ambas sondas, por lo que se le considera como un reservorio del BGYMV.

Función genómica y estrategias antivirales

Desde la primera descripción de la organización genómica del BGYMV (Howarth *et al.*, 1985), muchas investigaciones posteriores han contribuido

al conocimiento de las funciones genómicas, la organización y función de la región *ori*, y de la organización de la región “promotora” (ver revisión hecha por Hanley-Bowdoin *et al.*, 1999; Karkashian, 1998; y Timmermans *et al.*, 1994). Los begomovirus nativos del Hemisferio Occidental son bipartitas; las funciones asociadas a su replicación y producción de la cápside protéica son codificadas por el DNA-A, mientras que el movimiento del virus en la planta, es determinado por genes que se encuentran en el DNA-B (Noueiry *et al.*, 1994). La disponibilidad de clones infecciosos de los begomovirus (Gilbertson *et al.*, 1991a), ha facilitado grandemente el estudio de estos geminivirus que infectan al frijol común. Ahora sabemos que el gen *ac2* (*trap*) del BGYMV, produce una proteína *trans*-activadora de la cápside viral (Karkashian, 1998). La cápside viral del BGYMV es esencial para la transmisión del virus por *Bemisia tabaci*, pero no es necesaria para completar el proceso de infección (Azzam *et al.*, 1994). Las características de la cápside del virus determina el agente vector, sea la mosca blanca, o cicadélidos en el caso de otros geminivirus (Bridon *et al.*, 1990).

Los geminivirus se replican a través del sistema de “círculo rodante”, el cual involucra la fijación específica de la replicasa (*rep*) a la región *ori* (Hanley-Bowdoin *et al.*, 1999). Experimentos conducidos con el BGYMV y el begomovirus del mosaico del tomate, determinaron que la fijación de la proteína *rep* a las repeticiones del extremo 5' de la secuencia compartimentalizada TATA del gen *rep*, es específica para cada geminivirus. Por consiguiente, una proteína *rep* no puede replicar geminivirus heterólogos. Basados en esta observación, se propuso una estrategia antiviral que busca producir una proteína *rep* no-funcional, la cual interferiría con la fijación de la proteína del virus (Hanson *et al.*, 1991). Un análisis mutacional de la proteína *Rep* del BGYMV, mostró que cambios de codones sencillos en los “motivos” (secuencia tridimensional en una molécula que permite la fijación de otra, *nota del editor*) DNA-corte (DNA-nicking) o en el NTP-fijación (NTP-binding) son letales (Hanson *et al.*, 1995). Estos dos “motivos” son conservados en el genoma de los geminivirus y, por lo tanto, son un blanco potencial para su mutación en construcciones de ingeniería genética que involucren el gen *rep trans*-dominante.

Un ensayo de replicación del DNA-A transitorio, utilizando suspensiones de células de tabaco NT-1, fué utilizado para medir la replicación viral (Hanson *et al.*, 1995). Genes *rep* mutados *trans*-expresados, con cambios de codón para Y103 a F o D262 a R, previno la replicación del DNA-A del BGYMV

homólogo, pero no de begomovirus heterólogos, como el BGMV y el BDMV (Hanson y Maxwell, *información no publicada*). De interés, construcciones del gen *rep/trap/ac3* con los mismos “motivos” (DNA-binding y nicking) mutados, interfirieron la replicación del DNA-A de aislamientos homólogos de la República Dominicana y de Guatemala, al igual que dos virus heterólogos, como el BDMV y el BGMV (Hanson y Maxwell, 1999). Mutaciones similares al gen *rep* del *Virus del moteado del tomate* en tomate, confirieron resistencia a este virus transmitido tanto por agro-inoculación como por la mosca blanca *B. tabaci* (Sout *et al.*, 1997). Actualmente, se intenta producir plantas de frijol transgénicas con construcciones letales *trans*-dominantes del gen *rep* (Aragão y colaboradores, *comunicación personal*).

Otras estrategias de ingeniería genética para geminivirus, involucran construcciones del gen *cp* de la cápside, y estrategias “anti-sentido”. Las primeras plantas transgénicas de frijol, contenían el gen *cp* del BGYMV, el gen *bar* de resistencia a herbicidas, y el gen GUS (Russel *et al.*, 1993). Desafortunadamente, estas plantas no expresaron el *cp* ni mostraron niveles de resistencia adecuados (Azzam *et al.*, 1996). Resultados más prometedores han sido obtenidos siguiendo la estrategia “anti-sentido” de la construcción *rep/trap/ac3* y del gen *bcl1*, donde las plantas transgénicas de frijol mostraron un retardo y atenuación de síntomas al ser expuestas al BGYMV transmitido por mosca blanca (Aragão *et al.*, 1998).

Referencias

- Aragão, S. G. Ribeiro, L. M. G. Barros, A. C. M. Brasileiro, D. P. Maxwell, E. L. Rech, J. C. Faria. 1998. Transgenic beans (*Phaseolus vulgaris* L.) engineered to express viral antisense RNAs showed delayed and attenuated symptoms to bean golden mosaic geminivirus. *Molecular Breeding* 4:491-499.
- Azzam, O., Diaz, O., Beaver, J. S., Gilbertson, R. L., Russell, D. R., and Maxwell, D. P. 1996. Transgenic beans with the bean golden mosaic geminivirus coat protein gene are susceptible to virus infection. *Annual Repr. Bean Improv. Cooperative* 39: 276-277.
- Azzam, O., Frazer, J., De la Rosa, D., Beaver, J. S., Ahlquist, P., and Maxwell, D. P. 1994. Whitefly transmission and efficient ssDNA accumulation of bean golden mosaic geminivirus require functional coat protein. *Virology* 204:289-296.

- Blair, M. W., Bassett, M. J., Abouzid, A. M., Hiebert, E., Polston, J. E., McMillan, Jr., R. T., Graves, W., and Lamberts, M. 1995. Occurrence of bean golden mosaic virus in Florida. *Plant Dis.* 79:529-533.
- Briddon, R. W., Pinner, M. S., Stanley, J., and Markham, P. G. 1990. Geminiviruses coat protein gene replacement alters insect specificity. *Virology* 177:84-94.
- Brown, J. K., Chapman, M. A., and Nelson, M. R. 1990. Bean calico mosaic, a new disease of common bean caused by a whitefly-transmitted geminivirus. *Plant Dis.* 74:81.
- Brown, J. K., Ostrow, K. M., Idris, A. M., and Stenger, D. C. 1999. Biotic, molecular, and phylogenetic characterization of bean calico mosaic virus, a distinct Begomovirus species with affiliation in the squash leaf curl virus cluster. *Phytopathology* 89:273-280.
- Cancino, M., Abouzid, A. M., Morales, F. J., Purcifull, D. E., Polston, J. E., and Hiebert, E. 1995. Generation and characterization of three monoclonal antibodies useful in detecting and distinguishing bean golden mosaic virus isolates. *Phytopathology* 85:484-490.
- Costa, A. S. 1965. Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. *FAO Plant Prot. Bull.* 13:121-130.
- Faria, J.C., and Maxwell, D.P., 1999 variability in Geminivirus Isolates Associated with *Phaseolus* spp. in Brazil. *Phytopathology* 89:262-268.
- Faria, J. C., Gilbertson, R. L., Hanson, S. F., Morales, F. J., Ahlquist, P., Loniello, A. O., and Maxwell, D. P. 1994. Bean golden mosaic geminivirus type II isolates from the Dominican Republic and Guatemala: Nucleotide sequence, infectious pseudorecombinants, and phylogenetic relationships. *Phytopathology* 84:321-329.
- Gálvez, G. E. and Castaño, M. J. 1976. Purification of the whitefly-transmitted bean golden mosaic virus. *Turrialba* 26:205-207.
- Gálvez, G. E., and Morales, F. J. 1989. Whitefly-transmitted viruses. Pages 379-390 in "Bean Production in the Tropics" (H. F. Schwartz and M. A. Pastor-Corrales, Eds.), Cent. Int. Agr. Trop., Cali, Colombia, 654 pp.
- Gilbertson, R. L., Faria, J. C., Ahlquist, P., and Maxwell, D. P. 1993. Genetic diversity in geminiviruses causing bean golden mosaic disease: The nucleotide sequence of the infectious cloned DNA components of a Brazilian isolate of bean golden mosaic geminivirus. *Phytopathology* 83:709-715.
- Gilbertson, R. L., Faria, J. C., Hanson, S. F., Morales, F. J., Ahlquist, P., Maxwell, D. P., and Russell, D. R. 1991a. Cloning of the complete DNA genomes of four bean-infecting geminiviruses and determining their infectivity by electric discharge particle acceleration. *Phytopathology* 81:980-985.

- Gilbertson, R. L., Faria, J. C., Morales, F., Leong, S. A., Maxwell, D. P., and Ahlquist, P. G. 1988. Molecular characterization of geminiviruses causing bean golden mosaic. *Phytopathology* 78:1568.
- Gilbertson, R. L., Hidayat, S. H., Martinez, R. T., Leong, S. A., Faria, J. C., Morales, F., and Maxwell, D. P. 1991b. Differentiation of bean-infecting geminiviruses by nucleic acid hybridization probes and aspects of bean golden mosaic in Brazil. *Plant Dis.* 75:336-342.
- Gilbertson, R. L., Hidayat, S. H., Paplomatas, E. J., Rojas, M. R., Hou, Y.-M., and Maxwell, D. P. Pseudorecombination between the infectious cloned DNA components of tomato mottle and bean dwarf mosaic geminiviruses. *J. Gen. Virol.* 74:23-31.
- Gilbertson, R. L., Rojas, M. R., Russell, D. R., and Maxwell, D. P. 1991c. Use of the asymmetric polymerase chain reaction and DNA sequencing to determine genetic variability of bean golden mosaic geminivirus in the Dominican Republic. *J. Gen. Virol.* 72:2843-2848.
- Goodman, R. M. 1977. Single-stranded DNA genome in a whitefly-transmitted plant virus. *Virology* 83:171-179.
- Goodman, R. M., Bird, J., and Thongmeeakom, P. 1977. An unusual viruslike particle associated with golden yellow mosaic of beans. *Phytopathology* 67:37-42.
- Haber, S., Ikegami, M., Bajet, N., and Goodman, R. M. 1981. Evidence for a divided genome in bean golden mosaic virus, a geminivirus. *Nature (London)* 289:324-326.
- Hanley-Bowdoin L., Settlege S.B., Orozco B.M., Nagar S., and Robertson D. 1999. Geminiviruses: Models for Plant DNA Replication, Transcription, and Cell Cycle Regulation. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 18:71-106.
- Hanson, S. F., Gilbertson, R. L., Ahlquist, P. G., Russell, D. R., and Maxwell, D. P. 1991. Site-specific mutations in codons of the putative NTP-binding motif of the AL1 gene of bean goldenmosaic geminivirus abolish infectivity. *Phytopathology* 81:1247.
- Hanson, S. F., Hoogstraten, R. A., Ahlquist, P., Gilbertson, R. L., Russell, D. R., and Maxwell, D. 1995. Mutational analysis of a putative NTP-binding domain in the replication-associated protein (AC1) of bean golden mosaic geminivirus. *Virology* 211:1-9.
- Hanson, S. F., and Maxwell, D. P. 1999. Trans-dominant inhibition of geminiviral DNA replication by bean golden mosaic geminivirus *rep* gene mutants. *Phytopathology* 89:480-486.
- Hiebert, E., Wisler, G. C., Purcifull, D. E., Sanchez, G., and Morales, F. J. Characterization of a Florida bean golden mosaic virus (BGMV-F) isolate. *Phytopathology* 81:1242-1243.

Hiebert, E., Abouzid, A. M., and Polston, J. E. 1996. Whitefly-transmitted geminiviruses. In *Bemisia* 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management, ed. by D. Gerling and R.T. Mayer, Intercept Ltd., pp. 277-288.

Hoogstraten, R. A., Hanson, S. F., and Maxwell, D. P. 1996. Mutational analysis of the putative nicking motif in the replication-associated protein (AC1) of bean golden mosaic geminivirus. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 9:594-599.

Howarth, A. J., Caton, J., Bossert, M., and Goodman, R. M. 1985. Nucleotide sequence of bean golden mosaic virus and a model for gene regulation in geminiviruses. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 82:3572-3576.

Karashian, J. P. 1998. Molecular analysis of the coat protein gene promoter of bean golden mosaic geminivirus. Ph. D. thesis, University of Wisconsin-Madison. Pp. 121.

Loniello, A. O., R. T. Martinez, M. R. Rojas, R. L. Gilbertson, J. K. Brown, and D. P. Maxwell. 1992. Molecular characterization of bean calico mosaic geminivirus. (Abstr.) *Phytopathology* 82:1149.

McLaughlin, W., Rojas, M. R., Nakhla, Hidayat, S. H., and Maxwell, D. P. 1994. Partial molecular characterization of bean golden mosaic virus isolates from Jamaica and Central America. *Plant Dis.* 78:1220.

Morales, F. J. (ed.) 1994. Bean Golden Mosaic: 1994 Research Advances. CIAT, pp. 1-193

Nakhla, M. K., Maxwell, D. P., Martinez, R. T., Carvalho, M. G., and Gilbertson, R. L. 1994. Widespread occurrence of the Eastern Mediterranean strain of tomato yellow leaf curl geminivirus in tomatoes in the Dominican Republic. *Plant Dis.* 78:926.

Noueiry, A.O., Lucas, W.J., and Gilbertson, R.L. 1994. Two proteins of a plant DNA virus coordinate nuclear and plasmodesmal transport. *Cell* 76:925-932.

Polston, J. E. 1998. The appearance of tomato yellow leaf curl virus in Florida and implications for the movement of this and other tomato geminiviruses. The 2nd International Workshop on *Bemisia* and Geminiviruses. June 1998, Puerto Rico, pg. L40.

Rojas, M. R., Gilbertson, R. L., Russell, D. R., and Maxwell, D. P. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Dis.* 77:340-347.

Russell, D. R., Wallace, K. M., Bathe, J. H., Martinell, B. J., and McCabe, D. E. 1993. Stable transformation of *Phaseolus vulgaris* via electric-discharge mediated particle acceleration. *Plant Cell Repts.* 12:165-169.

Stanley, J., and Gay, M. 1983. Nucleotide sequence of cassava latent virus DNA. *Nature* (London) 301:260-262.

Stout, J. T., Liu, H. T., Polston, J. E., Gilbertson, R. L., Nakhla, M. K., Hanson, S. F., and Maxwell, D. P. 1997. Engineered *rep* gene-mediated resistance to tomato mottle geminivirus in tomato. *Phytopathology* 87:S94.

Timmermans, M. C. P., Das, O. P., and Messing, J. 1994. Geminiviruses and their uses as extrachromosomal replicons. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45:79-112.

Wyatt, S. D., and Brown, J. K. 1996. Detection of subgroup III geminivirus isolates in leaf extracts by degenerate primers and polymerase chain reaction. *Phytopathology* 86:1288-1293.

LA MOSCA BLANCA VECTORA: *Bemisia tabaci* (Genn.)

Pamela Kay Anderson

Coordinadora, Proyecto Global de MIP Mosca Blanca

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Cali, Colombia

INTRODUCCIÓN

La contribución de los entomólogos a la elucidación y resolución del problema de *Bemisia tabaci* (Gennadius) como vector de begomovirus, en términos de generación de conocimientos básicos y su aplicación para lograr el control de estos patógenos, ha sido bastante limitado. El programa de frijol del CIAT y los programas nacionales han definido su contribución como el desarrollo de variedades resistentes a los begomovirus que atacan el frijol. Debido a que no hay evidencias claras de la existencia de genes que condicionen una resistencia efectiva al insecto vector, el área de entomología no ha recibido ni presión ni estímulo para definir estrategias para proteger el frijol contra la mosca blanca *Bemisia tabaci*.

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. Así, se perpetúa la necesidad de reducir poblaciones de mosca blanca en el campo, utilizando pesticidas. 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, en menos presión sobre el germoplasma mejorado.

El uso de pesticidas para manejar *Bemisia tabaci* es problemático. La mayoría de los insecticidas utilizados ya no son efectivos, debido a que la mosca blanca ha desarrollado resistencia a ellos. Los productos nuevos que aún sirven, son bastante caros y medianamente 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 razones por las cuales la entomología no haya hecho más impacto en el manejo de *Bemisia tabaci*, es la de considerar a *Bemisia tabaci* como plaga en vez de vector. Para trabajar en el control de insectos vectores, es necesario generar conocimientos básicos que sean epidemiológicamente relevantes e importantes. Este documento es una compilación y revisión del estado de conocimiento sobre *Bemisia tabaci* como vector del BGMV, basado en la literatura regional y resultados preliminares generados por el Proyecto Global de MIP Mosca Blanca.

TAXONOMIA

Hasta la fecha, se han descrito 1,156 especies de moscas blancas que pertenecen a la familia Aleyrodidae (Mound y 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). De estas especies, solamente *Bemisia tabaci* es reconocida como vector de begomovirus en frijol. Se ha detectado *Bemisia tabaci* en frijol, en Cuba, Republica Dominicana, México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador y Argentina (Anderson *et al.*, *en preparación*).

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 4º estadio inmaduro llamado pupa, y su identificación por microscopía. Desafortunadamente, el proceso de montaje es tedioso, las características morfológicas son complejas y ha habido una escasez de claves taxonómicas. Como resultado, el conocimiento de las especies existentes en América Latina es inadecuado.

En un trabajo donde se hicieron colecciones sistemáticas por toda la región centroamericana, Caballero (1992, 1994) 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. Gracias a estos trabajos, es

posible la identificación de *Bemisia tabaci* y otras especies de mosca blanca. También, en el CIAT se usa el microscopio electrónico de barrido (SEM) para la identificación de adultos de *Bemisia tabaci* a través de las características de los ojos (omatídiyas).

El debate sobre los biotipos de *Bemisia tabaci*

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 euforbiácea *Jatropha gossypifolia*, y vice versa (Bird 1957). Russell (1975) opinó que estas razas representaban biotipos de *Bemisia tabaci*. El término biotipo, aplicado a los insectos, se usa para distinguir entre dos o más poblaciones morfológicamente similares o indistinguibles, pero que difieren entre ellas en cuanto a la preferencia de hospedante, tiempo de desarrollo, resistencia a insecticidas y 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 la última década. En 1986, se encontró una nueva forma de *Bemisia tabaci* en plantas de poinsetia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) mantenidas en invernaderos del estado de Florida. Esta nueva forma, llamada biotipo "poinsetia" o biotipo B, se introdujo al suroeste de los Estados Unidos, rápidamente remplazando la forma original, el biotipo "algodón" o biotipo A. Para 1991, el biotipo B había causado millones de dólares de pérdidas en los cultivos de California y Arizona.

Basado en datos experimentales biológicos y genéticos, utilizando poblaciones de *Bemisia* de California, Perring *et al.* (1993) concluyeron que los biotipos A y B eran especies distintas; denominando el biotipo B como *Bemisia argentifolii* (Perring & Bellows). Esta conclusión no ha sido sustanciada al mirar más ampliamente entre las poblaciones de *Bemisia tabaci* del Viejo y Nuevo Mundo (Brown *et al.* 1995, Brown *et al.*, 1998). Por consiguiente, se considera aquí que solo existe una especie, la *Bemisia tabaci* (Gennadius), como un complejo de biotipos.

Implicaciones de la existencia de biotipos en la epidemiología de los begomovirus que afectan al frijol

Es necesario investigar más sobre los biotipos de *B. tabaci*, dada la implicación epidemiológica que tiene el hecho de que el biotipo B de *Bemisia tabaci* tenga 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 puede traducirse en poblaciones más altas y con una tasa mayor de inmigración en el cultivo de frijol. También, hay evidencias que el biotipo B tiene una mayor resistencia a los insecticidas (De Barro, 1995), lo cual implica que será todavía más difícil manejar estas poblaciones, y minimizar la diseminación de begomovirus, utilizando las estrategias de control convencionales.

BIOLOGIA Y ECOLOGIA

La biología y ecología de *Bemisia tabaci* han sido revisadas por varios autores (Lopez-Avila 1986, Gerling *et al.* 1986, van Lenteran y Noldus 1990, Byrne y Bellows 1991). Sin embargo, la información que existe sobre estos aspectos de *Bemisia 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; pero a medida que madura se torna amarillo, y cuando esta próximo a eclosionar es de color café claro.

Del huevo eclosiona el "crawler" ("gateador"), nombre con el cual se conoce la ninfa móvil de primer estadio. 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 estadios. Después de la tercera muda, la ninfa pasa por dos fases: una inicial en la cual se alimenta, y otra en que 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, y sale por medio de movimientos de contracción y expansión del cuerpo. El adulto se alimenta minutos después de emerger y, dos a cuatro horas después, las hembras 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

El tiempo de desarrollo de *Bemisia tabaci* es determinado principalmente por la temperatura y la planta hospedante. Estudios realizados en Puerto Rico, Cuba, El Salvador, Colombia, Ecuador, Brasil y EEUU, sobre el tiempo de desarrollo para *B. tabaci* sobre *Phaseolus vulgaris*, demuestran que el tiempo de huevo al adulto varía de 13-38 días dependiendo de la temperatura (22-28 C), la humedad relativa (40-94%) y la variedad de frijol (Coudrient *et al.* 1985, Boica y Vendramin 1986, Eichelkraut y Cardona 1989, Peña *et al.* 1992, Menéndez y Perez 1995, Reyes y Gonzalez 1995, Quijije *et al.* 1995). Es decir que dependiendo de las condiciones ambientales y la variedad de frijol, *B. tabaci* toma entre 2 y 5 semanas para desarrollar una generación en frijol.

Reproducción en frijol

Tanto los datos de invernadero como los de campo, sugieren que *Phaseolus vulgaris* no permite una alta reproducción de *Bemisia tabaci*. En Colombia, estudiando la capacidad de 11 hospederos para mantener crías de *Bemisia tabaci*, Eichelkraut y Cardona (1989) calificaron al frijol como un mal hospedero. En México, Salinas (1994) observó que en el campo (del 15 de septiembre 1985, al 15 de abril de 1986) el número de ninfas por planta de frijol fluctuaba solamente de 1 a 15. Y, en Nicaragua estudiando la mosca blanca en frijol bajo riego (enero-abril, 1988), se observó que, aunque hubo oviposición en los trifolios de las plantas de frijol, las ninfas nunca se lograron desarrollar hasta la etapa de pupa (P. Anderson y M. Zamora, 1988, *datos no publicados*).

Caballero and Nolasco (1995) realizaron 289 colectas de *Bemisia tabaci* de diferentes hospederos en Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua and Panama, y definieron la densidad poblacional del insecto con la siguiente escala:

5 - hasta 100 ninfas por hoja, en todos los países prospectados.

4 - hasta 100 ninfas por hoja, en algunos países.

3 - hasta 50 ninfas por hoja, en todos los países.

2 - hasta 20 ninfas por hoja, en todos los países

1 - menos de 10 ninfas por hoja, en todos los países.

Basados en esta escala, ellos clasificaron los hospederos de la mosca blanca en la región de la América Central, como sigue:

Importancia	Cultivo	Nombre
5	<i>Gossypium hirsutum</i>	algodón
	<i>Citrullus lanatus</i>	sandía
	<i>Cucurbita pepo</i>	ayote
4	<i>Lycopersicon esculentum</i>	tomate
	<i>Cucumis melo</i>	melón
	<i>Capsicum annuum</i>	pimentón
3	<i>Nicotiana tabacum</i>	tabaco
	<i>Solanum melongena</i>	berenjena
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	frijol común
2	<i>Glycine max</i>	soya

Es decir, que en la América Latina hay varios cultivos que son mejores hospederos reproductivos de *Bemisia tabaci* que el frijol. Sin embargo, en algunos países, como Brasil, *B. tabaci* puede reproducirse en frijol abundantemente en algunos épocas, al igual que en soya (F.J. Morales, comunicación personal).

EPIDEMIOLOGIA

La epidemiología es la ciencia que estudia las enfermedades en las poblaciones (Vanderplank 1963). Anteriormente se habían presentado algunos análisis y discusiones de la epidemiología matemática del BGMV (Anderson 1994), lo cual aplica a la diseminación del BGMV dentro del campo de producción. Estos estudios están actualmente en la etapa de verificación (Anderson 1998), y actualmente comenzado la etapa de validación, cuantificando los parámetros críticos del modelo matemático para el mosaico dorado, a través de estudios del laboratorio y campo.

Pero, para entender la epidemiología de los begomovirus, manejar las poblaciones de *Bemisia tabaci*, y proteger el frijol de BGMV, es necesario ampliar el enfoque de los estudios epidemiológicos hacia un enfoque regional.

Hospedantes reproductivos de *Bemisia* en una región

Se conoce que *Bemisia tabaci* es un insecto polífago, caracterizado por su movimiento entre cultivos (Butler 1987). 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 las que más interesan como fuentes de reproducción para esta especie.

Colecciones de mosca blanca realizadas como parte del Proyecto Global MIP/Mosca Blanca, utilizando el 4to estadio ninfal (pupa) para su identificación taxonómica, y algunos estudios publicados (Arnal *et al.* 1993, Valezques *et al.* 1995), indican que en México, Centro América, el Caribe y Sur América, *Bemisia tabaci* puede completar su ciclo de vida en más de 30 especies de plantas cultivadas (Cuadro 1, Anderson *et al.* 2000).

Cuadro 1. Plantas hospederas de *Bemisia tabaci* en América Latina.

Cultivo	Nombre científico
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
Frijol chilipuca (ES)	<i>Phaseolus lunatus</i>
Frijol blanco	<i>Phaseolus acutifolius</i>
Caupí	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp
Repollo	<i>Brassica oleracea</i> var <i>capitata</i> L.
Brócoli	<i>Brassica oleracea</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
Chayote	<i>Sechium edule</i>
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>
Berenjena	<i>Solanum melongena</i>
Kenaf	<i>Hibiscus cannabinus</i>
Loroco	<i>Fernalida pandurata</i>
Melón	<i>Cucumis melo</i> .
Okra	<i>Abelmoschus esculentus</i>
Chile	<i>Capsicum annuum</i> , <i>Capsicum frutescens</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Ajonjolí	<i>Sesamum indicum</i>
Soya	<i>Glycine max</i>
Maní	<i>Arachis hypogaea</i>
Calabazas	<i>Curcubita argyrosperma</i> , <i>C. maxima</i> , <i>C. moschata</i> y <i>C. pepo</i>
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>
Batata	<i>Ipomoea batatas</i>
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>

Sin embargo, no todas las especies cultivadas son hospederas reproductivas adecuadas para *Bemisia*, como se discutió en el caso del frijol anteriormente. También, los hospederos reproductivos de *Bemisia tabaci* varían de país en

país, y aun entre regiones de un mismo país. El rango de hospederos también puede variar según el biotipo de mosca blanca, como el caso del biotipo B de *B. tabaci*, el cual posee un rango de hospederos mayor que el del biotipo A.

Biotipos de *Bemisia tabaci*

Como parte del Proyecto Global MIP de Mosca Blanca, se realizó un sondeo extensivo para determinar los biotipos de *Bemisia tabaci* de diferentes países de América Latina. Los resultados preliminares sugieren que aunque el biotipo B puede encontrarse en casi todos de los países, en la mayor parte de los países de la América Central: Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, así como en Argentina y Bolivia, todavía predomina el biotipo A. El biotipo B predomina en el Caribe (Cuba, República Dominicana) y el norte de la América del Sur (Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador). Estos resultados también cuestionan el dogma de que el biotipo B desplaza los biotipos locales donde quiera que hace su aparición. Inclusive, se han encontrado mezclas de los dos biotipos en el mismo cultivo y en el mismo lugar. Obviamente, esta es una situación que debe seguirse investigando.

Una de las preguntas fundamentales en los estudios epidemiológicos, es: ¿cual es la fuente de la mosca blanca? Aún después de décadas de manejar el problema de geminivirus y mosca blanca en la América Latina, no tenemos un buen conocimiento de los hospederos de esta plaga.

PROTECCION

Prácticas actuales

Aunque en algunos países como Honduras (Rodriguez *et al.* 1994) y Costa Rica (Araya 1994), 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 todavía a través de agroquímicos. El Cuadro 2 cita los químicos de uso actual para *B. tabaci* en frijol, o que han sido probados para posible uso en frijol. Blanco y Faure (1994) especifican 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 es de 0.5 moscas blancas/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.

I. ORGANOCLORINADOS

NOMBRE GEN.	COMERCIAL	TOXICIDAD	REFERENCIA
Endosulfan	Thiodan Thionex	I	Lopez & Noe 1994 Salinas 1994 Dardon 1993
Dicofol	Kelthane		

II. ORGANOFOSFORADOS

NOMBRE GEN.	COMERCIAL	TOXICIDAD	REFERENCIA
Acephate	Orthene		
Chlorpyrifos	Lorsban Dursban	II	
Diazinon	Basudin Diazinon Diazol Kayazinon Niocidol		Salinas 1994
Dimethoate	Cygon Danadim Dimethoate Rogor Perfekthion		Salgado 1994
Fenitrothion	Sumithion		
Fenthion	Lyacid/Lebaycid		
Malathion	Malathion		
Methamidophos	Tamaron Monitor MTD600	I	Dardon 1993
Methyl parathion			Dardon 1993
Monocrotophos			Salgado 1994
Omethoate	Folimat		Salinas 1994
Oxydemton-methyl	Metasystox		Dardon 1993
Profenphos	Curacron		
Quinalphos	Ekalux		
Thiometon	Ekatin		

III. PIRETROIDES

NOMBRE GEN.	COMERCIAL	TOXICIDAD	REFERENCIA
Alpha-cypermethrin	Fastac		
Bifenthrin	Brigade Talstar		Anderson et al. 1994
Cypermethrin	Ambush(?) Arrivo Barricade Cymbush Polytrin Ripcord Sherpa	II, III	
Deltamehtrin	Decis	II	
Fenpropathrin	Herold Danitol		Dardon 1993 Anderson et al. 1994
Fenvalerate	Belmarck Pydrin		
Fluvalinate	Mavrik		
Lambda-cyhalothrin	Karate		
Permethrin	Ambush(?)		

IV. CARBAMATOS

NOMBRE GEN.	COMERCIAL	TOXICIDAD	REFERENCIA
Aldicarb	Temik		Dardon 1993 Salinas 1994 Salgado 1994
Bendiocarb	Dycarb		
Butocarboxim	Drawin		
Carbaryl	Sevin		
Carbofuran	Furadan		Salinas 1994
Carbosulfan	Marshal		
Methomyl	Lannate Methomex	I, IV	
Oxamyl	Vydate		
thiocarb			

V. FORMADINADOS

NOMBRE GEN.	COMERCIAL	TOXICIDAD	REFERENCIA
Amitaz	Amitraz Mitac		

VI. NUEVOS PRODUCTOS

NOMBRE GEN.	COMERCIAL	TOXICIDAD	REFERENCIA
Imidacloprid	Confidor	II, III	

VII. REGULADORES DE CRECIMIENTO

NOMBRE GEN.	COMERCIAL	TOXICIDAD	REFERENCIA
Buprofezin	Applaud		

Manejo Integrado de Plagas

En Nicaragua, debido al alto nivel de resistencia de la mosca blanca a los insecticidas sintéticos; al alto precio de los productos efectivos, *e.g.* bifentrin (Talstar) y fenpropatrina (Herald); y a la promoción del uso mínimo de insumos por los programas de extensión, 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) jabón líquido; 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, dejándola fermentar durante 15 días, de esa fermentación se usa 1 litro en 4 litros de agua (Anderson *et al.* 1994).

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 1994). En Argentina se establecen

las fechas de siembra para escape de una alta presión de poblaciones de mosca blanca que usualmente coinciden con el período de maduración de la soya (Salgado 1994). Y en la República Dominicana existe legislación sobre áreas y épocas de siembra (Saladín *et al.* 1994).

El control biológico de *Bemisia* mediante parasitoides ha sido ensayado en El Salvador (Domínguez *et al.* 1991, 1992; Serrano *et al.* 1996) y Honduras (Velez 1993, Velez *et al.* 1994, Bogran 1995, 1996, 1998). McMillan *et al.* (1998) informó que el entomopatógeno *Paecilomyces* fue efectivo en el control de las poblaciones de *Bemisia* en el sur de la Florida. Los trabajos preliminares con extractos de agua del insecticida botánico neem (*Azadiracta indica*) han sido conducidos en Nicaragua (Zeledon 1988) y El Salvador (Melendez *et al.* 1995). Sin embargo, se requiere aún de mucha investigación para determinar las estrategias de control integrado de mosca blanca, más económicas y efectivas para el cultivo del frijol.

REFERENCIAS

- Abreu, A., C.E. Peña, y G. Gálvez. 1979. Control del virus del mosaico dorado del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por resistencia varietal y por control químico del insecto vector *Bemisia tabaci* Genn. Reunion PCCMCA (Honduras) 25 L14: 1-2.
- Aldana, L. F., V. Salguero, y P. Masay. 1982. Aspectos de la protección química y la tolerancia en el control del virus del mosaico dorado del frijol. Reunion PCCMCA (Costa Rica) 28: 1-18.
- Alonzo, F., y R. Cojulún. 1974. Evaluación preliminar de 5 insecticidas en el control de 5 niveles de infestación de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn), en el cultivo de frijol. Reunion PCCMCA (Honduras) 20: 14-33.
- Alonzo, F. 1975. Estudios en *Phaseolus vulgaris* L. sobre el control de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn.) en la zona Sur-oriental de Guatemala. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala.
- Anderson, P.K., A. Chavarria, y F. Guharray [eds]. 1994. Memoria de Taller Nacional de Mosca Blanca. Managua, Nicaragua, CATIE/OIRSA. 57 pp.
- Anderson, P. K. 1994. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como vector del virus del mosaico dorado del frijol (BGMV), pp. 125-143. En: El mosaico dorado del frijol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances, F. J. Morales [ed.]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Anderson, P.K. 1998. Uso de un modelo matematico como herramienta analitica para evaluar la canasta de opciones MIP para *Bemisia tabaci* y los geminivirus. En: *Memoria, VII Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus*, 26-30 Octubre 1998, Managua, Nicaragua. p. 195.

Anderson, P., R. Caballero, A. Hamon, J. Martin, and S. Naranjo. 2000. Reproductive Hosts of *Bemisia tabaci* in Mexico, Central America and the Caribbean. In: *Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pests and Vectors of Viruses in the Tropics: Phase 1* (en preparación).

Araya, R. 1994. Situación actual del mosaico dorado del fríjol en la América Central: Costa Rica, pp. 62-67. En: *El mosaico dorado del fríjol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances*, F. J. Morales [ed.] Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Amal, E., L. M. Russell, E. Debrot, F. Ramos, M. Cermeli, R. Marcano, y A. Montagne. 1993. Lista de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) y sus plantas hospederas en Venezuela. *Florida Entomologist* 76: 365-381.

Bethke, J.A., T.D. Paine, and G.S. Nuessly. 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.

Bird, J., J. E. Pérez, R. Alconero, N.G. Vakili, and P.L. Meléndez. 1972. A whitefly-transmitted golden-yellow mosaic virus of *Phaseolus lunatus* in Puerto Rico. *University of Puerto Rico Journal of Agriculture* 56(1):64-74.

Bird, J., J. Sanchez, and N. G. Vakili. 1973. Golden yellow mosaic of beans (*Phaseolus vulgaris*) in Puerto Rico. *Phytopathology* 63:1435.

Blanco, N., y I. Bencomo. 1978. Afluencia de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), vector del virus del mosaico dorado, en plantaciones de fríjol. *Ciencias de la Agricultura (Cuba)* 1978 (2): 39-46.

Blanco, N., y B. Faure. 1994. Situación actual del mosaico dorado del fríjol en el Caribe: Cuba, pp. 82-89. En: *El mosaico dorado del fríjol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances*, F. J. Morales [ed.]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Bogran, C. E. 1995. Impacto del control biológico sobre poblaciones de mosca blanca [*Bemisia tabaci* (Genn.)] en el cultivo del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Valle de Zamorano, Honduras. *CEIBA (Honduras)* 36 (1): 93.

Bogran, C. E. 1996. Biological control of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Honduras. Ames, Iowa, Iowa State University: 54.

Bogran, C. E., J. J. Obrycki, and R. Cave. 1998. Biological control of *Bemisia tabaci* in Honduras. *Florida Entomologist* 81(3): 384-395.

Boica, A. L. J., y J. D. Vendramin. 1986. Desenvolvimento de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1989) (Homoptera, Aleyrodidae) em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *An. Soc. Entomol. (Brasil)* 15 : 232-238.

Brown, J. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, de 1989 a 1992. En: *Las Moscas Blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe*. Ed. by L. Hilje, O. Arboleada. Turriabla, Costa Rica, CATIE. pp. 1-9.

Brown, J. K., D. R. Frohlich, and R. C. Rosell. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annual Review of Entomology* 40: 511-534.

Brown, J.K., R. Caballero, y I. Torres-Jerez. 1998. First report of Wolbachia infection in *Bemisia tabaci* and a possible case of cytoplasmic incompatibility as evidenced by unidirectional mating between uninfected and infected whiteflies, p. 217 En: VII Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus, 23 al 30 octubre 1998. Managua, Nicaragua.

Bush, G. L. 1993. *Bemisia tabaci*; biotipo o complejo de especies?, pp.17-24 En: Memoria, II Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus, 22-22 octubre 1993. Managua, Nicaragua.

Butler, G.D. Jr., Henneberry, T.J., and Hutchinson, W.D. 1986. Biology, sampling and population dynamics of *Bemisia tabaci*. *Agricultural Zoology Reviews* 1:167-195.

Byrne, D., and T.S. Bellow. 1991. Whitefly biology. *Annual Review of Entomology* 36:431-457.

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. Thesis M.Sc. Manhattan, Kansas (EE.UU.), Kansas State University. 201 p.

Caballero, R. 1994. Clave de campo para inmaduros de moscas blancas de Centroamérica (Homoptera: Aleyrodidae). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 4 pp. (Publicación DPV-EAP #585).

Caballero, R., y C. Nolasco. 1995. Determinación de especies de moscas blancas, biotipos de *Bemisia tabaci* (Genn.), malezas hospederas y geminivirus, Programa

Regional de Reforzamiento de la Investigación Agronomica sobre Los Granos Basicos en Centro America (ITR 9305-0793).

Cardona, C., A. Lopez-Avila, and O. Valarezo. 2000. Whiteflies as pests in the highlands of Colombia and Ecuador. En: Sustainable Integrated Management of Whiteflies as Pests and Vectors of Viruses in the Tropics: Phase 1 (en preparación).

Costa, A. S. 1965. Three whitefly-transmitted virus diseases of beans in São Paulo, Brazil. FAO Plant Protection Bulletin 13 : 121-130.

Coudriet, D. L., N. Prabhaker, A. N. Kishaba, and D. E. Meyerdirk. 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, pp. 38-41. En: Las Moscas Blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central y el Caribe, L. Hilje y O. Arboleada [eds.]. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

De Barro, P.J. 1995. *Bemisia tabaci* biotype B: a review of its biology, distribution and control. CSIRO Divison of Entomology Technical Paper No. 33. 57 pp.

De Barro, P.J., and F. Driver. 1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Australian Journal of Entomology 36: 149-152.

Díaz, R. E. 1970. Evaluación de insecticidas en el control de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn) en frijol. Reunion PCCMCA (El Salvador) 15: 33-37.

Díaz, R., y P. Kraemer. 1975. Ensayos demostrativos con productos granulados sistemicos aplicados al suelo para el control de insectos chupadores. Reunion PCCMCA (El Salvador) 21: 447-454.

Díaz, A., de J. 1975. Complejo de enfermedades virosas en leguminosas de grano en El Salvador. Reunion PCCMCA (El Salvador) 21: 252-252.

Domínguez, J. E., R. Iraheta, y J. M. Sermeno. 1991. Reconocimiento y multiplicación de parasitoides de *Bemisia tabaci* en *Phaseolus vulgaris* y *Lycopersicon esculentum* en El Salvador. Tesis Ing. Ag., Universidad de El Salvador, San Salvador.

Domínguez, J. E., R. Iraheta, J. M. Sermeño, y L. Serrano. 1992. Reconocimiento y multiplicación de parasitoides de *Bemisia tabaci* en *Phaseolus vulgaris* y *Lycopersicon esculentum* en El Salvador. Protección Vegetal 2 (1): 23-44.

Eichelkraut, K., y C. Cardona. 1989. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol común. Turrialba (Costa Rica) 39 : 51-55.

Gámez, R. 1971. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por mosca blancas (*Bemisia tabaci* Gen.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. Turrialba (Costa Rica) 21 : 22-27.

Gerling, D., A.R. Horowitz, and J. Baumbaertner. 1986. Autecology of *Bemisia tabaci*. Agriculture, Ecosystems and Environment 17: 5-19.

Godoy, G., A. Pitty, R. Muñoz, y L. del Río. 1994. Efecto de dos sistemas de labranza en la incidencia de plagas, factores agronómico y económico del maíz y frijol en relevo. CEIBA (Honduras) 35 (1): 86.

González, M., J. Muniz, A. Mateo, S. Reyes, N. Pérez, E. Concepción, J. Sampedro, N. Pérez, E. Pérez, E. García, O. Chaveco, y B. Faure. 1995. Manejo integrado contra el complejo mosca blanca-mosaico dorado en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cuba. CEIBA (Honduras) 36 (1): 123.

González, M., J. Muñiz, A. Mateo, S. Reyes, J. Sampedro, N. Pérez, E. Pérez, E. García, O. Chaveco, y B. Faure. 1996. Manejo integrado del complejo mosca blanca-mosaico dorado en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), p. 225 En: Memorias, V Taller Latinoamericano sobre Moscas Blancas y Geminivirus, 29 septiembre-4 octubre 1996. Acapulco, México.

González, M., J. Muñiz, A. Mateo, S. Reyes, N. Perez, E. Concepcion, J. Sampedro, E. Perez, E. Garcia, O. Chaveco, y B. Faure. 1997. Manejo integrado del complejo mosca blanca-mosaico dorado en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Cuba, p. 69. En: Taller Internacional de "Geminivirus en el Caribe", La Habana, Cuba.

Greathead, A.H. 1986. Host plants, pp. 17-26. In *Bemisia tabaci*- a literature survey, M.J.W. Cock [ed.]. CAB, Silwood Park, UK.

López, E., and E. Noe. 1994. Situación actual del mosaico dorado del frijol en la América Latina: México-Sur, pp. 28-33 En: El mosaico dorado del frijol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances, F. J. Morales [ed.]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

López, B. 1997. Eficacia biológica de mezclas de insecticidas contra ninfas y adultos de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring), en frijol, en el Valle del Fuerte, Sin., 1996, pp. 21-22 En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México, 1996, J. Pacheco y F. Pacheco [eds.]. INIFAP, Obregón, Sonora, México.

López, B. 1997. Eficacia biológica de insecticidas contra ninfas (N1-N4) de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring), en frijol, en el Valle del Fuerte, 1996, pp. 23-24. En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México, 1996, J. Pacheco y F. Pacheco [eds.]. INIFAP, Obregón, Sonora, México.

López, B. 1997. Eficacia biológica de frecuencias de aplicaciones de insecticidas contra adultos de la mosquita blanca de la hoja plateada (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring), en frijol, en el Valle del Fuerte, Sin., 1996, 24-26 En: Mosquita Blanca en el Noroeste de México, 1996, J. Pacheco y F. Pacheco [eds.]. INIFAP, Obregón, Sonora, México.

Lopez-Avila, A. 1986. Taxonomy and biology, pp. 3-12. En: *Bemisia tabaci*-a literature survey, M.J.W. Cock [ed.]. CAB, Silwood Park, UK.

Machado, J. O., y A. J. Roston. 1980. Mosaico dourado e a necessidade da regionalização da cultura do feijoeiro no estado de São Paulo. Revista de Agricultura (Brasil): 287-300.

Mancia, J. E., A. de J. Diaz, y F.F. Smith. 1972. Insecticidas sistemicos para control de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) e infección virosa en frijol. Reunion PCCMCA (Nicaragua) 18: 110-114.

McMillian, R. T., D. R. Seal, W. R. Graves, y C. M. Sabines. 1998. Effect of a natural occurring *Paecilomyces* insect pathogen on bean golden mosaic geminivirus vector *Bemisia argentifolii*, p. 218. En: VI Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus, 23 al 30 de Octubre 1998, Sto. Domingo, R. Dominicana.

Mejía, N. I., C. Rosario, J. Beaver, y C. Cruz. 1995. Efectos del sistema de cultivo e insecticidas sobre la dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* y otras plagas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea* en maíz (*Zea mays* L.) en Puerto Rico. CEIBA (Honduras) 36 (1): 136.

Melendez, G. A., y M. O. Guerrero. 1995. Evaluación de extractos acuosos de semilla de nim (*Azadirachta indica* Juss), en el manejo de *Diabrotica* spp y *Bemisia tabaci* Genn, en el cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ing. Ag., Universidad Técnica Latinoamericana, San Salvador.

Mendoza, E., y M. E. Parada. 1995. Evaluación de insecticidas para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*), vector del VMD en frijol común. CEIBA (Honduras) 36 (1): 134.

Menéndez, A. F., y D. Pérez. 1994. Determinación del ciclo biológico de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en cuatro plantas hospederas a nivel de invernadero. Tesis Ing. Ag., Universidad de El Salvador, San Salvador.

Mound, L.A., and S.H. Halsey. 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.

Muñoz, R., E. Santamaría, y A. Pitty. 1993. Efecto de tres manejos de malezas sobre las plagas, enemigos naturales, rendimiento y rentabilidad de frijol. Manejo Integrado de

Plagas (Costa Rica) 27: 46-53.

Murguido, C. 1983. Efecto comparado de algunos insecticidas organofosforados en el control de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y del saltahoja (*Empoasca* sp.) en el cultivo del frijol. Ciencia y Técnica en la Agricultura. Protección de Plantas (Cuba) 6 (4): 59-65.

Murguido, C., L. L. Vázquez, O. Gómez, y A. Mateo. 1997. Informe sobre la problemática mosca blanca-geminivirus. CIDISAV Boletín técnico 5. INISAV, Habana, Cuba.

Murguido, C., L. Vázquez, y G. González. 1998. Transferencia de la técnica para el manejo de mosca-blanca geminivirus en Cuba, p. 214. En: VI Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus, 23 al 30 de Octubre 1998, Managua, Nicaragua.

Nene Y.L. 1973. Control of *Bemisia tabaci* Genn., a vector of several plant viruses. Indian Journal of Agricultural Sciences 43:433-436.

Peña, E. A., A. Pantoja, y J. S. Beaver. 1992. Determinación de la pubescencia de cuatro materiales genéticos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y su efecto sobre el insecto *Bemisia tabaci* (Gennadius). Revista Colombiana de Entomología 18 (2): 41-48.

Peralta, J., y L. Ramirez. 1978. Dosificación de insecticidas para control de las principales plagas del frijol en el estado de Morelos. Nuevo Epoca (Chapingo, Mexico) 13/14: 37-48.

Peralta, J. 1979. Dosificación de insecticidas para control de las principales plagas del frijol en el estado de Morelos. Tesis Ing. Ag., Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Perring, T., A.D. Cooper, R.J. Rodriguez, R. J. Farrar, and C.A. Bellows. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science 259:74-77.

Puquirre, E. M., y M. E. Jaco. 1996. Manejo integrado de mosca blanca (*B. tabaci*) Genn. vector del virus del mosaico dorado del frijol (VMDF), p. 226 IN Memorias, V Taller Latinoamericano sobre Moscas Blancas y Geminivirus, 28 septiembre-4 octubre 1996. Acapulco, México.

Quijije, R., J. Mendoza, y A. Gómez. 1995. Ciclo biológico de *Bemisia argentifolii* en condiciones de laboratorio. CEIBA (Honduras) 36 (1): 84.

Reyes, M. A., y M. González. 1995. Ciclo biológico de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tres cultivos hospedantes y dinámica poblacional de la plaga de frijol en Cuba. CEIBA (Honduras) 36 (1): 83.

Rodríguez, F., O. Díaz, y N. Danilo. 1994. Situación actual del mosaico dorado del

fríjol en la América Central: Honduras, pp. 45-50 En: El mosaico dorado del fríjol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances, F. J. Morales [ed.]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Russell, L. 1975. Whiteflies on beans in the western hemisphere. En: Workshop on Bean Production, Cali, Colombia, 1-3 December, 1975. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 22 p.

Saladin, F., R. M. Méndez, J. C. Nin, R. Angeles, M. Herrera, y T. Martínez (1994). Alternativa para el manejo integrado en el control del virus del mosaico dorado del fríjol en República Dominicana, pp. 183-189. En: El mosaico dorado del fríjol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances, F. J. Morales [ed.]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Salgado, M. 1994. Situación actual del mosaico dorado del fríjol en la América del Sur: Argentina, pp. 90-95 En: El mosaico dorado del fríjol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances, F. J. Morales [ed.]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Salinas, R. 1994. Situación actual del mosaico dorado del fríjol en la América Latina: México-Noroeste, pp.19-27. En: El mosaico dorado del fríjol, avances de investigación - 1994 - bean golden mosaic virus research advances, F. J. Morales [ed.]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Seal, D. R., y R. T. McMillan. 1998. Managment of silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*, using chemical and fungal insecticides, p. 213. En: VI Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus, 23 al 30 de Octubre 1998, Managua, Nicaragua.

Serrano, L., Ch. Sermenon, V. Iraheta, R. Menjivar, y A. Pérez. 1996. Niveles de población de mosca (*Bemisia tabaci*) y su parasitoidismo nativo en fríjol (*Phaseolus vulgaris*) y tomate (*Lycopersicon esculentum*) en el Valle de Zapotitan y hallazgo de un hongo entomopatogénico de la plaga en Usulután, El Salvador, C. A. Tesis Ing. Ag., Universidad de El Salvador, San Salvador.

Vázquez, L., M. de la Iglesia, D. López, R. Jiménez, A. Mateo, y E. R. Vera. 1995. Moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) detectadas en los principales cultivos agrícolas de Cuba. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 36: 18-21.

Vanderplank, J.E. 1963. Plant diseases: epidemiology and control. Academic Press, New York.

Van Lenteren, J.C., and L.P.J.J. Noldus. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects, pp. 47-90. En: Whiteflies: their Bionomics, Pest Status and Management, D. Gerling [ed.]. Intercept, Ltd., Andover, UK.

Velez, J. J. 1993. Relacion entre la etapa fenologica y la variedad de frijol con el nivel de parasitismo de *Bemisia tabaci* Gennadius. Tesis Ing. Ag., El Zamorano, Honduras.

Vélez, J. J., R. D. Cave, J. C. Rosas, y A. Rueda. 1994. Relación entre la etapa fenológica y la variedad del fríjol con el nivel del parasitismo de *Bemisia tabaci* Gennadius. CEIBA (Honduras) 35 (1): 79.

Zeledón, B. 1988. Uso de extractos de neem (*Azadiracta indica* A. Juss) en la protección de plantulas de fríjol comun contra *Bemisia tabaci* Gennadius. Tesis Ing. Ag., Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA), Managua, Nicaragua.

Identificación molecular de los biotipos A y B de *Bemisia tabaci*

Lee A. Calvert

Virólogo Molecular, CIAT

La técnica molecular conocida como RAPD-PCR (Random Amplified Polymorphic DNA-Polymerase Chain Reaction) fue utilizada originalmente para diferenciar los biotipos australianos de *Bemisia tabaci* del biotipo B de esta especie (conocido también como *B. argentifolii*), luego de su introducción en Australia (De Barro y Driver, 1997). Esta técnica utiliza iniciadores de replicación (primers), para producir una serie de fragmentos de DNA de diferente tamaño, mediante el uso de una polimerasa que replica el DNA determinado por los iniciadores de replicación. Este proceso es repetido muchas veces en los aparatos de PCR (termocicladores) gracias a ciclos de alta y baja temperatura que permiten la separación de la doble cadena de DNA, su replicación, y la formación de una nueva doble cadena de DNA. Los patrones de bandas obtenidos son generalmente característicos para moléculas de DNA diferentes.

Para realizar esta técnica, el DNA genómico total es extraído de cada individuo de mosca blanca, de manera individual, según la técnica de Gilbertson y colaboradores (1991). Este método le permite a un operario calificado, procesar unas 16 muestras cada dos horas. Los iniciadores de replicación utilizados, fueron: el H9 (5'TGTAGCTGGG3') y el H16 (5'TCTCAGCTGG3'). Las condiciones de reacción para realizar los ciclos de PCR, fueron: primer ciclo, 94° C por 5 min, 40° C por 2 min, y 72° C por 3 min; seguidos por 39 ciclos de 94° C por 1 min, 40° por 1.5 min y 72° por 2 min. Los productos de PCR son separados en geles de agarosa, y visualizados mediante luz ultravioleta, una vez teñidos con bromuro de etidio.

Los productos de PCR amplificados con el iniciador H9, permiten distinguir entre los biotipos A y B de *B. tabaci*. En el caso del biotipo B, se observan productos de PCR de ca. 950, 800 y 600 pares de bases (pb). Para el biotipo A, se observan productos de PCR de ca. 600, 550 y 350 pb (Figura 1). Se debe tener cuidado en el caso del iniciador H9, cuando se compara el biotipo

B con otras especies de mosca blanca que pueden encontrarse en frijol, específicamente *Trialeurodes vaporariorum*, ya que se pueden presentar patrones similares a los esperados para *B. tabaci*.

En el caso del iniciador H16, se presentan productos de PCR similares en el rango de las 500 a 1000 pb tanto para el biotipo A como para el B. Sin embargo, hay tres productos de PCR característicos de ca. 350, 450 y 550 pb, en el caso del biotipo B (Figura 1). El patrón de la especie *T. vaporariorum* puede ser distinguido más fácilmente de los de *B. tabaci*, con el iniciador H16.

La utilización de la técnica molecular RAPD-PCR descrita aquí para la identificación de biotipos de *B. tabaci*, debe hacerse con ciertas reservas. Primero, se debe tener cuidado en la selección del método de extracción del DNA, el cual debe ser de buena calidad. Los iniciadores utilizados para RAPD-PCR amplifican varios productos de DNA de tamaño similar, para los dos biotipos y para otras especies de mosca blanca presentes en la muestra, dificultando la interpretación de resultados. Por lo tanto se recomienda incluir siempre controles conocidos de ambos biotipos y regirse por los patrones esperados para estos dos biotipos, utilizando siempre los dos iniciadores de replicación descritos aquí.

Referencias

De Barro, P.J., y Driver, F. 1997. Use of RAPD PCR to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera:Aleyrodidae). Austral. J. Entomol. 36:149-152.

Gilbertson, R.L., Rojas, M.R., Russel, D.R., y Maxwell, D.P. 1991. Use of the asymmetric polymerase chain reaction and DNA sequencing to determine genetic variability of bean golden mosaic geminivirus in the Dominican Republic. J. Gen. Virol. 72:2843-2848.

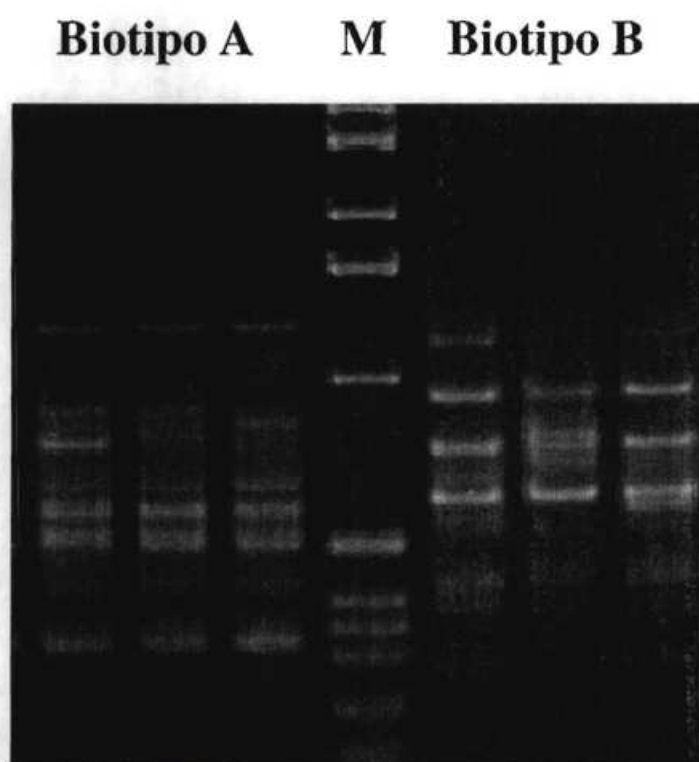


Figura 1. Patrones de los biotipos A y B de *Bemisia tabaci* obtenidos mediante RAPD-PCR.

Métodos de control de begomovirus del frijol

Francisco J. Morales

Virólogo, CIAT

Control genético

El control del mosaico dorado y mosaico dorado amarillo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) ha sido difícil, debido a las altas poblaciones de la mosca blanca *Bemisia tabaci* en las regiones frijoleras afectadas; al abuso indiscriminado de pesticidas para el control de la mosca blanca vectora (lo que genera poblaciones de *B. tabaci* resistentes a los insecticidas); y a la patogenicidad extrema de los virus causales (BGMV y BGYMV).

Desde el inicio de las primeras epidemias de estos virus, se observó que no había variedades de frijol inmunes. Gámez (1971) reportó sobre la susceptibilidad de 4,000 variedades de frijol evaluadas por su resistencia al mosaico dorado amarillo en El Salvador. Costa (1975) evaluó más de 350 variedades de frijol por su reacción al BGMV en Brasil, las cuales resultaron susceptibles. Pierre (1974) evaluó 100 variedades por su resistencia al BGYMV de Jamaica, encontrando todas estas variedades susceptibles.

En contraste al mosaico dorado, la búsqueda de resistencia al *Virus del mosaico enano del frijol* (BDMV) ha arrojado mejores resultados. A pesar de que Costa (1975) no encontró variedades de frijol resistentes en Brasil, la identificación de fuentes de resistencia al BGYMV (Morales y Niessen, 1988), facilitó la búsqueda de materiales resistentes al BDMV. En un ensayo de evaluación realizado con el BDMV mediante inoculación mecánica y con la mosca blanca *Bemisia tabaci*, se identificaron los genotipos Pinto 114, ICA-Pijao, Black Turtle Soup, y Red Mexican 35, como altamente resistentes en ambas modalidades de inoculación. Porrilo Sintético y Red Mexican 34 se comportaron como resistentes a la inoculación mecánica, y moderadamente resistentes al BDMV inoculado por mosca blanca. Las variedades Sanilac, Monroe, Michelite, Jubila, y Great Northern 31, fueron resistentes a la inoculación mecánica pero susceptibles a la inoculación por medio del vector. La variedad ICTA-Quetzal (DOR-41), se comportó como moderadamente resistente al BDMV inoculado por *B. tabaci*. Esta variedad

se comportó como altamente resistente al BDMV en condiciones de campo, en el noroeste de la República Argentina (Morales *et al.*, 1990).

La identificación de fuentes de resistencia al *Virus del mosaico cálico del frijol* (BCaMV), partió igualmente de la búsqueda de resistencia al mosaico dorado amarillo en Mesoamérica. Dentro de los genotipos evaluados en el nor-occidente de México, no se encontró ningún material altamente resistente. Sin embargo, se observó que algunos genotipos de frijol, de la raza Nueva Granada, presentaban un nivel alto de tolerancia al BCaMV. Estos materiales mostraban la tendencia a resistir el aborto de flores y a producir vainas, a pesar de exhibir síntomas característicos de mosaico cálico. Los primeros materiales seleccionados como tolerantes al BCaMV fueron el Canario 72, el Azufrado 200, Sataya 425 y Mochis 440, de origen predominantemente andino. El Azufrado Higuera es una nueva variedad tolerante al BCaMV, desarrollada a partir de fuentes de resistencia de la raza Nueva Granada (Salinas, 2000).

La búsqueda de resistencia genética

Los primeros intentos por iniciar un proceso de mejoramiento genético, se realizaron en Brasil. Pompeu y Krantz (1977) hicieron selecciones individuales dentro de tres variedades de frijol: Rosinha G2, Aetê 1, y Carioca 99. Costa (1987) evaluó estas selecciones, y concluyó que algunas líneas, como Rosinha G2/69 y otra selección de Carioca 99, tenían un nivel bajo (7-10%) de incidencia de mosaico dorado. Sin, embargo, el resto de las selecciones evaluadas, resultaron ser moderada a altamente susceptibles al virus. Este resultado ilustra el fracaso de las selecciones individuales en una variedad de frijol o en poblaciones de materiales avanzados susceptibles, debido al número variable de plantas que generalmente escapan la infección del virus en condiciones de campo, sin que esto represente una característica genética de resistencia heredable.

La siguiente estrategia, seguida también por científicos brasileños, fué la de crear mutantes mediante un proceso de irradiación (Tulmann Neto, 1979). El material seleccionado mediante este tratamiento, recibió el nombre de TMD¹ pero, desafortunadamente, era de bajo rendimiento y su cruzamiento con Rosinha G2/69, no dio buenos resultados.

En 1974 se inició un proyecto para solucionar el problema del mosaico dorado amarillo del frijol en la América Central, financiado por la

Fundación Rockefeller, la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y posteriormente, la Agencia de Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE). La sede del proyecto fue Guatemala, y las instituciones coordinadoras, el Programa Nacional Guatemalteco (ICTA) y el CIAT.

Dentro de los materiales evaluados (ca. 7,000 accesiones del Banco de Germoplasma del CIAT) en condiciones de campo, en el suroriente de Guatemala, se destacaron los materiales de grano negro de origen mesoamericano, especialmente Turrialba 1, Porrillo 70, ICA-Tuí, y Porrillo 1. Otras variedades como Guate 417, Venezuela 18, Porrillo Sintético e ICA-Pijao, mostraron resistencia en siembras con riego, pero fueron susceptibles en la siembra de segunda (Yoshii *et al.*, 1979). A pesar de tener una mayor calificación para dorado, la variedad colombiana ICA-Pijao rindió más que Turrialba 1 e ICA-Tuí. Un fenómeno similar ocurrió con la variedad Porrillo Sintético, por lo que estas variedades terminaron siendo seleccionadas en los programas de hibridación, junto con la variedad costarricense Turrialba 1 y la colombiana ICA-Tuí. De diversos cruzamientos realizados entre estas variedades de grano negro, salieron las primeras líneas DOR: DOR 41 (Porrillo Sintético X ICA-Pijao), DOR 42 (ICA-Pijao X Turrialba 1) y DOR 44 (línea hermana de ICA-Pijao X Turrialba 1), las cuales fueron lanzadas en Guatemala como ICTA-Quetzal, ICTA-Jutiapán e ICTA-Tamazulapa, respectivamente. Estas variedades exhibían un nivel de resistencia al BGYMV notable, por lo que tuvieron una buena aceptación dentro de los productores de este tipo de frijol negro. La línea DOR 41 se destacó entre estas variedades, llegando a ser adoptada en la República Argentina, para controlar las enfermedades del “achaparramiento” y “mosaico dorado”. Esta variedad aún se encuentra en producción en el noroeste argentino.

El impacto de estas variedades puede ilustrarse en un ensayo realizado sin uso de pesticidas, con la variedad ICTA-Jutiapán; uno de sus padres: ICA-Pijao; y la variedad local susceptible, Rabia de Gato. Las pérdidas de rendimiento para estos tres genotipos de frijol fueron: 38%, 53% y 86%, respectivamente, bajo presión de mosaico dorado amarillo (Yoshii *et al.*, 1980).

A pesar del éxito de estas primeras variedades, aun quedaba el problema del mosaico dorado en las variedades de grano no negro. Adicionalmente, el nivel de expresión de resistencia al BGYMV en las líneas DOR, dependía

del nivel poblacional de moscas blancas virulíferas. En condiciones de alta presión de *B. tabaci*, el rendimiento de las líneas DOR se veía notablemente afectado. A pesar de continuados esfuerzos por identificar otras fuentes de resistencia en aquellos años, fué difícil mejorar otros colores de grano o elevar el nivel de resistencia de las líneas DOR. Lo que si se logró mejorar en las líneas DOR fué su precocidad, como ocurrió con la variedad ICTA-Ostúa, un ejemplo de una segunda generación de estos primeros materiales, dentro de los cuales también se encontraba Negro-Huasteco-81, una línea posteriormente lanzada en la región del Golfo de México.

Un golpe de suerte vendría a cambiar esta situación. Un genotipo con un color de semilla diferente al negro, la línea A 429, un tipo Pinto seleccionado por su arquitectura superior, demostró poseer un alto nivel de resistencia al BGYMV en condiciones de campo. Al realizar una evaluación por su reacción al BGYMV en condiciones controladas, ninguno de los materiales parentales de A 429 mostró un nivel de resistencia superior o igual al de esta línea. Sin embargo, uno de los padres, "Garapato", perteneciente a la raza Durango proveniente de México (Singh *et al.*, 1991), no presentaba los síntomas de amarillamiento característicos del mosaico dorado a pesar de ser sistémicamente infectado por el BGYMV, reaccionando con malformación del follaje, reducción del crecimiento (enanismo), y un marcado aborto de flores (Morales y Niessen, 1988). Este genotipo, que probablemente hubiera sido descartado por cualquier mejorador con sentido común al verlo tan afectado por el virus en condiciones de campo, continúa siendo la mejor fuente de resistencia al BGYMV descubierta hasta el presente. En investigaciones posteriores, se describió el gen *bgm-1* como responsable de la resistencia al amarillamiento en A 429 (Blair y Beaver, 1993).

Posteriormente se identificó otra línea tipo de grano no negro (tipo kidney), la DOR 303, que presentaba un alto nivel de resistencia al mosaico dorado amarillo en condiciones de campo. Al evaluar los padres de esta línea por su reacción al BGYMV en condiciones controladas, tampoco se encontró un genotipo parental con un nivel de resistencia similar o superior al de DOR 303. Sin embargo, uno de los padres evaluados fue Porrillo Sintético, la fuente de resistencia al BGYMV más ampliamente utilizada hasta esa fecha. Como se explicó anteriormente, este material mesoamericano de grano negro, no es resistente al virus si se infecta tempranamente. Sin embargo, Porrillo Sintético tiene una característica interesante relacionada posiblemente al vigor de este genotipo, lo que le permite escapar la infección

temprana del BGYMV en condiciones de presión baja o moderada de mosca blanca virulífera. En condiciones controladas, la probabilidad de infectar Porrillo Sintético a los 10 días de emergido, se reduce al 60%, en relación a la primera semana de vida de la planta. A las dos semanas de edad, Porrillo Sintético, por lo general escapa una inoculación tardía (Morales y Niessen, 1988) y posiblemente una presión moderada de mosca blanca virulífera en el campo. Los otros padres de la línea DOR 303, son genotipos de la raza Nueva Granada, incluyendo Red Kloud. Una característica de este genotipo andino en evaluaciones controladas por su reacción con el BGYMV, es la de resistir el efecto abortivo del virus sobre las flores y vainas (Morales y Niessen, 1988). Era evidente, entonces, que la combinación de genes mesoamericanos y andinos tenía el potencial de incrementar los niveles de resistencia al BGYMV en *P. vulgaris*. El gen responsable por la resistencia al mosaico en DOR 303, fue identificado como *bgm-2* (Velez *et al.*, 1998).

En el caso del DOR 303 se presentaba también una reacción interesante, tanto en condiciones de campo como en invernadero: algunas plantas sufrían un enanismo severo, lo que se atribuyó originalmente a otros factores, como hongos que atacan la raíz. Sin embargo, después se comprobó que el virus era el causante de detener el crecimiento de las plantas infectadas sistemicamente. Esta es una reacción controlada por genes provenientes de algunos genotipos en la raza Nueva Granada. Posteriormente se identificó un gen recesivo (*dwf*) que condiciona este tipo de enanismo en frijol (Velez *et al.*, 1998).

Al demostrarse que existían otras fuentes de resistencia diferentes a las variedades de grano negro mesoamericanas, se inició una evaluación de nuevos genotipos de frijol pertenecientes a diferentes razas o acervos genéticos, por su reacción al BGMV y BGYMV en condiciones controladas de invernadero, y de campo en diversos países de la América del Sur (Brasil y Argentina y Colombia), América Central (Guatemala), México, y el Caribe (República Dominicana). Los resultados obtenidos en condiciones controladas de invernadero, demostraron la existencia de diferentes mecanismos de resistencia al BGMV, BGYMV y otros geminivirus del frijol en *P. vulgaris* (Morales y Niessen, 1988).

El primero de estos mecanismos de resistencia al BGMV, es el “**escape a la infección**”. Esta característica es observada en los materiales de grano negro mesoamericanos, donde típicamente se encuentra un porcentaje de plantas infectadas por el virus, y otro porcentaje que ha escapado la infección. La

proporción de estos dos tipos de plantas en una población dada, es determinada por la presión de mosca blanca virulífera. Las plantas infectadas tempranamente sufren pérdidas de rendimiento considerables, las cuales son compensadas por el rendimiento normal de las plantas sanas. El rendimiento promedio es por lo general aceptable, por lo que se consideran estos genotipos como “tolerantes”, cuando en realidad no lo son en el sentido estricto del término.

El segundo mecanismo de resistencia al BGYMV, es el encontrado en Garrapato y otros tipos Pintos de la raza Durango, en el altiplano de México: la “**resistencia al amarillamiento**” o sea, a la pérdida de la capacidad fotosintética. Adicionalmente, estos genotipos provienen de un ambiente adverso desde el punto de vista ambiental, por lo cual tienden a ser rústicos, precoces y capaces de sobrevivir factores bióticos y abióticos adversos. Estos materiales probablemente posean mecanismos de resistencia *sui generis* o “no específicos”, que los protegen aún de microorganismos no presentes en su centro de origen. Por ejemplo, varios genotipos Pinto son resistentes a virus como los cucumovirus y el mosaico amarillo del frijol, que no existen en el lugar de origen.

Un genotipo de la raza Durango, en el cual se encontró otro mecanismo de resistencia al BGYMV, fué el Red Mexican 35. Este genotipo reaccionó con “**lesiones locales necróticas**” a la inoculación mecánica del BGYMV. Esta reacción es única en cuanto no se había reportado para el BGYMV, y abre la posibilidad de que los genes responsables puedan inactivar el virus al ser inoculado por el insecto vector. Adicionalmente, al pertenecer a la raza Durango, el Red Mexican 35 no presenta síntomas típicos de mosaico dorado al ser infectado por el BGYMV. A pesar de no ser una de las mejores fuentes de resistencia, el Red Mexican 35 puede complementar otros genes de resistencia al BGYMV en proyectos de mejoramiento para mosaico dorado/amarillo.

Algunos genotipos de la raza Nueva Granada (andinos), presentan un mecanismo de “**tolerancia**”, definido como la capacidad de producir aceptablemente a pesar de estar sistemicamente infectados por el BGYMV o el BGMV, y manifestar síntomas típicos. Ejemplos de estos materiales son los tipo red kidney, como Royal Red y Red Kloud. Se puede también decir que estos genotipos poseen una “**resistencia al aborto de flores**”, aún cuando esta característica esta influida por otros factores ambientales, tales como la temperatura.

Relacionado al mecanismo anterior, por estar presente también en la raza Nueva Granada, existe otro mecanismo de resistencia que podemos definir como **“resistencia a la deformación de vainas”**. En la mayoría de genotipos de frijol que forman vainas a pesar de la infección del BGMV/BGYMV, estas salen deformadas. En algunos materiales tipo red kidney y habichuela de tipo andino, como el Redlands Greenleaf C, las vainas no se deforman a pesar de manifestar síntomas claros de mosaico dorado en el follaje. Recientemente se ha identificado un gen, *Bgp*, asociado a esta característica (Molina y Beaver, 1998).

Estos diferentes mecanismos de resistencia al BGYMV fueron evaluados en una cruce dialélica completa para estudiar la genética de esta resistencia. Para tal fin, se seleccionaron seis variedades que representaran los diversos mecanismos de resistencia, incluyendo a Porrillo Sintético, Pinto 114, Royal Red, Redlands Greenleaf C, Great Northern 31, PVA 1111, y el control susceptible Alubia Cerrillos. Los 28 híbridos F_1 , sus recíprocos y los ocho progenitores, fueron evaluados por su reacción al BGYMV en condiciones de invernadero. Las diferencias entre los ocho padres fueron significativas, observándose los mayores valores para los componentes de resistencia evaluados en el caso de Alubia Cerrillos (el genotipo más susceptible) y los menores para Porrillo Sintético (el más resistente). Los resultados obtenidos mostraron que los cuadrados medios de la habilidad combinatoria general, fueron altamente significativos ($P < 0.01$) y mayores que los valores de la habilidad combinatoria específica, lo cual indica la existencia de variabilidad genética de tipo aditivo, deseable en una especie autofecundada como el frijol. La habilidad combinatoria general de las fuentes de resistencia fueron positivas, lo cual indica que los mecanismos de resistencia se pueden combinar entre razas diferentes de frijol común. La habilidad combinatoria general del testigo susceptible Alubia, fue negativa, lo que indica que las poblaciones donde esté el Alubia como progenitor, serán más susceptibles. Los efectos recíprocos y maternos, no fueron significativos (Morales y Singh, 1991).

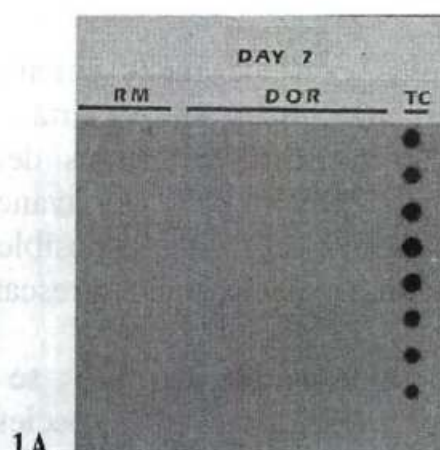
En un segundo estudio, se evaluaron 83 líneas F_8 recombinantes homocigotas, seleccionadas al azar de una población F_2 del cruzamiento de Pinto 114 X ICA Pijao; los dos padres y un control susceptible (Topcrop) por su reacción al BGMV. De estas líneas, 11 no presentaron síntomas, 24 tuvieron una incidencia promedio del BGMV, del 8%; 28 líneas mostraron una incidencia del 26.6%; y 20 líneas fueron más susceptibles que

cualquiera de los progenitores. Estos resultados muestran que los genes de resistencia presentes en los progenitores son complementarios, y que por consiguiente, se pueden aumentar los niveles de resistencia al BGYMV mediante la recombinación de estos genes provenientes de diferentes acervos genéticos. La heredabilidad de caracteres como la capacidad de escapar la infección; la resistencia al mosaico o amarillamiento, y por rendimiento, fluctuaron entre 24 y 49.5%, lo cual permite seleccionar estos caracteres en una proporción relativamente alta de las poblaciones segregantes.

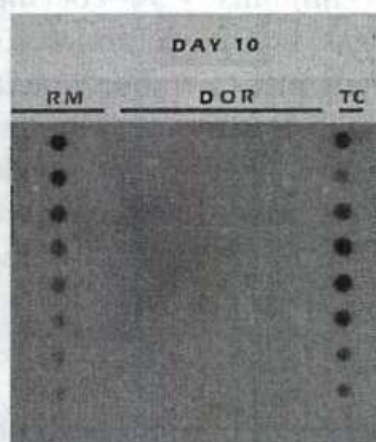
Es a partir de estos genotipos pertenecientes a diferentes razas de *Phaseolus vulgaris*, como la Durango y la Nueva Granada, que se han seleccionado líneas de frijol altamente resistentes al BGYMV, tales como las líneas DOR 390 y DOR 500.

En una investigación realizada en el CIAT (F.J. Morales, *información no publicada*), se determinó que el principal mecanismo de resistencia que poseen estas fuentes de resistencia y los materiales mejorados a partir de estos padres, es el de evitar o restringir la multiplicación de los geminivirus en los genotipos resistentes (Figura 1 A-C). Este tipo de resistencia ha sido también asociado a caracteres cuantitativos (QTLs) que reducen la iniciación y el grado de síntomas foliares en líneas resistentes al BGMV, como DOR 364 (Miklas *et al.*, 1994). La DOR 364 combina la resistencia de Porrillo Sintético con otro tipo de resistencia (aparentemente) proveniente de Honduras 46, un material centroamericano de grano de color rojo.

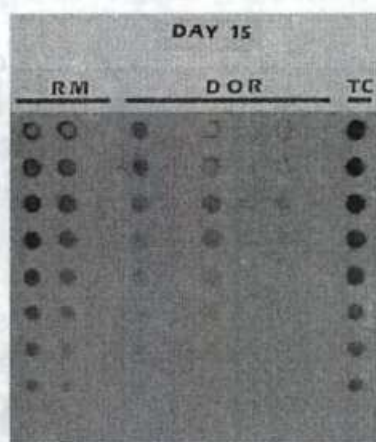
La hibridación interespecífica ha sido una estrategia de mejoramiento seguida por varios mejoradores, cuando no se ha podido encontrar fuentes de resistencia dentro de la especie susceptible a geminivirus transmitidos por *Bemisia tabaci* (el caso de la yuca en Africa y el tomate en el Medio Oriente). En el caso del frijol, se siguió una estrategia diferente con el fin de explorar todos los mecanismos de resistencia a geminivirus, existentes dentro de la especie *Phaseolus vulgaris* (Morales y Niessen, 1988).



1A



1B



1C

Figura 1 A-C. Multiplicación del *Virus del mosaico dorado amarillo del frijol* en genotipos de frijol susceptibles (TC=Topcrop); tolerantes (RM=Red Mexican 35) y resistentes (DOR 364), a los 7 días de infectada la planta (A), 10 días de infectada (B), y 15 días de infectada (C).

La hibridación interespecífica presenta inconvenientes inherentes a las diferencias genéticas e incompatibilidad entre ciertas especies del mismo género, así como a las características diferentes del grano o producto comercial que se busca mejorar. Sin embargo, el avance en las técnicas de biología molecular y cultivo de tejidos, ha hecho posible la hibridación entre especies problemáticas, mediante técnicas como el rescate de embriones.

En el caso del frijol y el mosaico dorado amarillo, se conocía desde 1971 que el virus era también capaz de infectar otras especies de *Phaseolus*, tales como el *P. lunatus*, *P. acutifolius* y *P. coccineus* (Gámez, 1971). En Guatemala, Yoshii y colegas (1979) informaron sobre la existencia de accesiones de *P. coccineus* aún más tolerantes que las mejores variedades de *P. vulgaris* de grano negro. Sin embargo, la hibridación entre estas especies es difícil, variando entre 0 y 6%. Diversos grados de resistencia al BGYMV han sido también observados en *P. acutifolius* var. *latifolius* (Miklas y Santiago, 1996), la cual puede producir moderadamente a pesar de la infección manifiesta del virus.

Evaluación de genotipos de frijol por su resistencia a geminivirus

Cuando se habla de “resistencia” a los geminivirus que afectan el frijol en la América Latina, se hace en el sentido amplio de la palabra, e incluye un rango de *niveles* de resistencia. La ausencia completa de síntomas y del virus en la planta inoculada, correspondería a la “inmunidad”, la cual no se ha observado hasta ahora sino en el caso del BDMV.

Inicialmente se evaluó la reacción de las variedades y genotipos mejorados de frijol, según la intensidad del amarillamiento (mosaico dorado) causado por el virus. A pesar de que este método parece lógico, la realidad es que presenta ciertas limitaciones. La primera, es que no siempre hay una relación directa entre la intensidad de los síntomas de mosaico y la reducción en rendimiento. La segunda es que este método no permite evaluar la “tolerancia” de un genotipo a un geminivirus; es decir, la capacidad que tiene un genotipo de rendir aceptablemente a pesar de estar infectado sistémicamente. La tercera limitación sería la dificultad de detectar otros mecanismos de resistencia, al guiarse exclusivamente por los síntomas de mosaico.

El método seguido en el CIAT toma en consideración los principales síntomas causados por los geminivirus en *Phaseolus vulgaris*, con el propósito de relacionarlos a los diferentes mecanismos de resistencia descritos anteriormente. Así, para evaluar la capacidad de un genotipo de frijol de escapar la enfermedad, se determina la **incidencia**, o sea, el número de plantas que presentan síntomas de infección, del total de plantas inoculadas para el genotipo evaluado. El segundo parámetro evaluado es el **mosaico**, según la intensidad y área del amarillamiento. Este factor puede dar información sobre el acervo genético del material y su grado de tolerancia al virus. El tercer factor evaluado es la reducción en crecimiento de la planta causado por el virus, a lo cual se conoce como **enanismo**. Esta es una característica negativa del efecto de los virus transmitidos por mosca blanca, y en casos extremos de enanismo, se puede sospechar de la presencia de un gen indeseable presente en el genotipo afectado. Tal es el caso de la línea DOR 303 y otros genotipos de la raza Nueva Granada (andinos). Un cuarto parámetro, sería el grado de **deformación de la planta**. Este es otro de los efectos de los geminivirus en frijol, y está generalmente asociado directamente a la pérdida de rendimiento. Se puede separar la evaluación de **deformación de la planta en general**, de la **deformación foliar**, la cual es más fácil de determinar que la anterior. Un parámetro importante a evaluar, es el **aborto de flores**, aún cuando este factor puede estar influenciado significativamente por el medio ambiente. Cuando no hay aborto de flores, los geminivirus generalmente causan una **deformación de vainas**, lo que constituye un parámetro de evaluación importante, ya que la semilla producida por las vainas deformadas son de pésima calidad. Por último, el parámetro más importante, el **rendimiento**, con el cual se determina la “tolerancia” de un genotipo a los geminivirus. Todos estos parámetros se estiman mediante el uso de una escala de 1 a 9, donde las notas inferiores indican un nivel de resistencia mayor o un mejor comportamiento del genotipo evaluado.

Técnicas moleculares utilizadas para el mejoramiento genético del frijol por su resistencia a geminivirus del frijol.

El proceso de combinar diferentes fuentes de resistencia a los geminivirus que atacan al frijol común, o sea, la “piramidación” de genes, requiere de conocimientos a fondo de la genética del frijol. La identificación y el uso de marcadores genéticos tipo RAPDs (Random Amplified Polymorphic DNA) ligados a los diferentes genes de resistencia a geminivirus, acortaría considerablemente el tiempo requerido para la detección y selección de

genotipos resistentes. Los RAPDs serían especialmente efectivos para caracteres oligogénicos como los responsables por la resistencia encontrada en genotipos tales como A 429 o Garrapato.

En el caso de la resistencia poligénica, como la reportada para el genotipo DOR 364 (Blair *et al.*, 1994), la estrategia es la de identificar QTLs (Quantitative Trait Loci). Estos métodos han sido explorados para el BGYMV por Miklas y colaboradores (1995) con la variedad "Dorado" (DOR 364), encontrando dos RAPDs de efecto cuantitativo, los cuales detectan dos QTLs diferentes pero de efectos aditivos. Urrea y Miklas (1996) identificaron un marcador RAPD estrechamente ligado al gen recesivo *bgm-1* de resistencia al BGYMV. Este marcador codominante fué útil para realizar la introgresión de este gen que condiciona la resistencia parcial al BGYMV en genotipos susceptibles.

Estas técnicas moleculares pueden aún refinarse más mediante el uso de métodos como los SCARs (Sequence Characterized Amplified Regions), y los micro-satélites (Loci polimórficos que contienen secuencias repetidas de 2 a 7 nucleótidos). Los microsatélites se amplifican por PCR, y los productos se analizan por electroforesis para separar los alelos de acuerdo a su tamaño. La aplicación de la técnica de los RAPDs para el mejoramiento genético del frijol por su resistencia al BGYMV y a otros patógenos, ha sido estudiada por Kelly y Miklas (1998).

Control químico

El control químico de enfermedades causadas por geminivirus, está dirigido al insecto vector: la mosca blanca *Bemisia tabaci*. En este caso, el control químico es posible debido a que el insecto vector transmite los geminivirus de manera persistente, es decir, que requiere de varios minutos para transmitir el virus a una planta susceptible. En este tiempo, un insecticida puede actuar impidiendo la transmisión del virus.

Teóricamente, cualquier insecticida que afecte la mosca blanca, puede ser utilizado. Sin embargo, los insecticidas de contacto son por lo general aplicados a los cultivos afectados por mosca blanca, una vez las plantulas inician su período de crecimiento, o cuando las poblaciones del insecto son

apreciables al ojo del agricultor. En este momento, las aplicaciones pueden ser inefectivas, ya que las moscas blancas se alimentan de las plántulas de frijol tan pronto emergen del suelo, aún antes de que las hojas cotiledonales se hayan expandido, y solo se requieren unos pocos individuos de *B. tabaci* para transmitir el virus a una plántula de frijol sana. Es por estas razones que el control químico con insecticidas de contacto, no ha logrado evitar el mosaico dorado en plantaciones de frijol afectadas. De esta observación se concluye que las plántulas de frijol deben estar protegidas desde el momento de la emergencia, lo cual solo es posible mediante el uso de insecticidas sistémicos aplicados al suelo o a la semilla en el momento de la siembra. Como ejemplo podemos citar un estudio realizado en Brasil (Yuki *et al.*, 1989) para el control del mosaico dorado del frijol, utilizando insecticidas fosforados de contacto (Methamidophos y Monocrotophos) e insecticidas sistémicos (aldicarb y carbofurán), aplicados a los 15 días y a la siembra, respectivamente. En el caso de los fosforados, la incidencia del BGMV a los 45 días de la siembra, fluctuó entre 68 y 84%, y la del Carbofurán del 24 al 35%. La combinación de los insecticidas sistémicos y de contacto, dieron el mayor rendimiento.

Los principales problemas de los insecticidas sistémicos son su alto costo y toxicidad, no solo para los aplicadores sino para el medio ambiente y los consumidores. Adicionalmente, la mosca blanca *B. tabaci* ha desarrollado resistencia a los insecticidas sistémicos más tóxicos, incluyendo el aldicarb. Para reemplazar estos insecticidas, se han desarrollado nuevos productos sistémicos de toxicidad moderada, muy efectivos contra *B. tabaci*, tales como el acetamiprid, imidacloprid, nitenpyran y el tiometoxam. Estos compuestos pertenecen al grupo de los Cloronicotinilos, siendo muy efectivos a bajas dosis y con un gran poder de persistencia en los tejidos de las plantas tratadas (Bethke y Redak, 1997). La principal limitación para su uso es su alto costo. Otros insecticidas incluyen inhibidores como buprofezin, ureas benzofeniladas, como el novalurón, el pyriproxyfen y la pymetrozina.

Control con productos no-sintéticos

Uno de los productos botánicos más utilizado para el control de insectos, incluyendo, la mosca blanca *B. tabaci*, ha sido el neem, extraído del árbol *Azadirachta indica*. Otra especie de la misma familia Meliaceae, la *Melia*

azedarach, también ha mostrado un efecto deletéreo sobre los estados inmaduros de la *B. tabaci* (Nardo *et al.*, 1997).

Los aceites tanto de origen vegetal (e.g. algodón, maní, girasol) como mineral, han sido utilizados en pequeña escala para el control de insectos, incluida la mosca blanca. El principal problema de los aceites vegetales es su alto costo, mientras que los aceites minerales tienen un menor costo y son igualmente efectivos, causando una reducción en los estados inmaduros de *B. tabaci* (Butler *et al.*, 1993).

Los jabones y detergentes son también efectivos para el control de *B. tabaci* y tienen un costo relativamente bajo. Sin embargo, su aplicación en condiciones de campo exige un alto volumen y cubrimiento completo de la superficie inferior de las hojas tratadas, lo cual limita su efectividad en condiciones de campo (Butler *et al.*, 1993).

Uno de los productos botánicos más empleados ha sido los residuos de la cosecha del tabaco, los cuales se preparan como una infusión, en algunos caso adicionando cal. La “tabaquina” ha sido muy empleada en países como Cuba, con éxito.

En general, se puede afirmar que todos estos productos podrían ser útiles como componentes de una estrategia de control integrado.

Control cultural

Barreras vivas: en varios países de la América Latina se ha ensayado el uso de barreras vivas de maíz o sorgo alrededor de los campos de frijol, sin que se haya demostrado una disminución significativa en la incidencia de geminivirus en los campos protegidos de frijol. Adicionalmente, el uso de estas barreras vivas aumenta los costos de producción y obstaculiza las labores agrícolas.

Policultivos: las siembras asociadas de maíz y frijol son parte del sistema de producción practicado en varios países de la América Latina. Esta práctica se ha utilizado para tratar de reducir la incidencia del mosaico dorado en frijol, sin que se haya logrado demostrar diferencias significativas en la incidencia de la enfermedad en relación al monocultivo de frijol. Lo que si se ha demostrado es que la densidad de plantas en este tipo de asociación

maíz-frijol, está inversamente relacionada a la incidencia de la enfermedad (Reeves, M. 1990).

Cultivos trampas: esta estrategia se basa en el hecho de que la mosca blanca *B. tabaci* exhibe una preferencia marcada por ciertas especies vegetales donde se puede reproducir abundantemente. La preferencia de la *B. tabaci* por una especie en particular, está determinada por muchos factores relacionados al ecosistema donde se encuentra el insecto. Por esta razón, las especies preferidas por la mosca blanca, pueden diferir de una región a otra. Por lo general, los cultivos trampa son seleccionados en base a las observaciones hechas en cada región, por lo que se espera que *B. tabaci* colonice preferentemente el cultivo trampa sembrado alrededor o cerca del cultivo susceptible que se desea proteger. La efectividad de esta medida está dada por el nivel de población de mosca blanca existente durante el período de crecimiento del cultivo protegido. Cuando las poblaciones de mosca blanca son bajas, el cultivo trampa puede demorar la migración del insecto vector al cultivo protegido durante las primeras etapas de crecimiento, cuando las plantas son más susceptibles (Cohen y Berlinger, 1986). Por el contrario, si las poblaciones de mosca blanca son altas, este insecto políforo va a procurar encontrar otros hospederos fuera del cultivo trampa, aumentando las posibilidades de daño y transmisión de virus al cultivo protegido. Además, la probabilidad de atrapar un número suficiente de moscas blancas en un cultivo trampa, está directamente relacionado a la superficie cubierta por este cultivo, lo cual disminuye la superficie del cultivo protegido, y encarece los costos de producción. La otra posibilidad, es que el cultivo trampa actúe como una fuente adicional de mosca blanca para los cultivos protegidos, dada la alta tasa reproductiva de *B. tabaci*.

Cambio en la fecha de siembra: esta es la práctica cultural que tiene más sentido. Si en cada zona de producción realizáramos un estudio sobre la distribución temporal de *B. tabaci*, veríamos que las poblaciones de este insecto fluctúan significativamente a través del tiempo. Generalmente, las poblaciones más altas de mosca blanca se presentan durante los meses de menor precipitación y/o en los meses más cálidos, especialmente en aquellas latitudes extremas norte y sur, donde existe una estación de invierno (bajas temperaturas) marcada.

Desafortunadamente, las siembras se realizan por lo general al final de los períodos de sequía, una vez se inicia la estación lluviosa, cuando las poblaciones de mosca blanca se encuentran en un nivel relativamente alto.

Al emerger las plantas cultivadas, las moscas blancas encuentran hospederos más atractivos para reproducirse. Esta situación se agrava notablemente cuando existen cultivos irrigados durante la época seca, ya que la mosca blanca puede alcanzar poblaciones más altas en los cultivos irrigados que en las malezas donde se reproducen en las épocas de baja precipitación. En estos casos, los síntomas inducidos por los virus que transmite la mosca blanca *B. tabaci*, vienen a presentarse durante la estación lluviosa, por lo que los agricultores asocian estas enfermedades con la lluvia y no con la sequía previa que originó el problema.

Teóricamente, si se sembraran los cultivos susceptibles después del inicio del periodo de lluvias, las poblaciones de mosca blanca habrían ya disminuido debido a la mortalidad física que causa la lluvia en las poblaciones de *B. tabaci*. En la práctica, las labores de preparación de terrenos y siembra, se dificultan notablemente durante los periodos lluviosos. Además, hay factores de mercado y climáticos (heladas) que impiden que muchos agricultores demoren la siembra de un cultivo. Sin embargo, se nota la tendencia actual de producir cultivos muy susceptibles a la mosca blanca *B. tabaci* y a los virus que este insecto transmite, durante la época lluviosa. Esta medida es efectiva siempre y cuando se proteja el cultivo de otros patógenos que atacan las plantas en la época lluviosa, como son los hongos y las bacterias.

Densidad de siembra: la densidad de siembra es un factor importante cuando las poblaciones de *B. tabaci* arriban tardíamente al cultivo, ya que se conoce la mayor atracción de muchos insectos vectores de virus por las plantas aisladas (Reeves, 1990). Sin embargo, el mayor daño a un cultivo ocurre cuando las moscas blancas virulíferas arriban al cultivo durante la etapa de emergencia, lo cual sucede frecuentemente. En este momento, la densidad de siembra no es un factor relevante.

Trampas pegajosas: se han utilizado varios tipos de superficies pegajosas, como tableros de diversos tamaños, y cintas de diferentes longitudes y anchura, colocadas en puntos estratégicos o a lo largo del campo o entre el cultivo. Los materiales pegajosos han sido igualmente diversos, variando desde materiales importados a productos grasos o aceitosos de desecho. En la mayoría de los casos, las superficies sobre las cuales se aplican los pegantes son de color amarillo para atraer la mosca blanca. Desafortunadamente, estas superficies también atraen otros insectos y artrópodos, incluyendo los predadores naturales de *B. tabaci*, lo cual

constituye la principal razón por la cual esta estrategia de control no está siendo recomendada actualmente.

Control biológico

El control biológico de *Bemisia tabaci* se ha realizado mediante la búsqueda y selección de depredadores y entomopatógenos de esta especie de mosca blanca. Entre las especies de depredadores más utilizadas, podemos mencionar los himenópteros *Eretmocerus mundus*, *E. tejanus*, *E. eremicus*, *Encarsia formosa*, *E. pergandiella* y *Amitus* spp. La especie a utilizar depende en gran medida de las condiciones ecológicas y ambientales que predominen en el área donde se desee controlar la mosca blanca. Otros depredadores de mosca blanca son los coccinélidos, como *Serangium*, *Clitostethus* y *Delphastus* spp.. Los chinches, como *Macrolphus caliginosus*, también han sido registrados como depredadores de *B. tabaci*.

Entre los entomopatógenos más utilizados están los hongos: *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Aschersonia* spp., así como otros microorganismos, tales como el *Bacillus thuringensis*.

El control biológico por medio de depredadores no ha dado por sí solo los resultados esperados, o logrado el control oportuno de epidemias de geminivirus o de la mosca blanca como plaga. Por consiguiente, su uso se hace conjuntamente con la aplicación de insecticidas bio-rationales, como el Mycotrol ES (*Beauveria bassiana*), e inclusive con los nuevos insecticidas sintéticos. En todos los casos, el control biológico de *B. tabaci* debe formar parte de un programa de control integrado.

Control legal

Las medidas legislativas han dado un resultado extraordinario en relación al control de las epidemias de mosca blanca y geminivirus en cultivos básicos e industriales. Uno de los países líderes en la implementación de medidas legales para el control de virus transmitidos por *Bemisia tabaci*, ha sido la República Dominicana. Las grandes pérdidas causadas por geminivirus en cultivos como el frijol, tomate, pimentón, berenjena, y melón, en los Valles

de Azua y San Juan de la Maguana, al suroeste de la República Dominicana, obligaron a la expedición e implementación de las siguientes medidas.

Mediante resolución No. 17 de 1989, se adoptaron las siguientes medidas:

- a) Prohibición de siembra de algodón en la provincia de Azua, en cualquier época del año.
- b) Prohibición de cultivos hospederos de mosca blanca, según las familias, especies y fechas que se detallan a continuación:

Cucurbitáceas: melón, pepino, ahuyama, cundeamor y calabaza. Prohibido su cultivo del 1ro. de Marzo al 1ro. de Septiembre.

Solanáceas: berenjena, ajíes, tomate, papa, y tabaco. Prohibido su cultivo del 1ro. de Febrero al 1ro. de Septiembre.

Leguminosas: habichuela (frijol), guandul, caupí y haba. Prohibido su cultivo del 1ro. de Febrero al 1ro. de Septiembre.

- c) Cultivos alternativos para la época de prohibición: maní, ajonjolí, girasol, yuca, cártamo, maíz, sorgo, cebolla y plátano.
- d) Se prohíbe el traslado de material vegetativo hospedero de mosca blanca a cualquier otra región del país.
- e) Restricción de asistencia técnica y crediticia para los cultivos prohibidos, y eliminación de residuos de cosecha.

Posteriormente (1990) se modificaron algunas de estas medidas en base a los acontecimientos posteriores a su implementación y teniendo en cuenta el cultivo del frijol:

Se prohibió el cultivo del frijol en el valle de Azua (donde se encuentran los cultivos hortícolas) y en la principal área de producción: el Valle de San Juan de la Maguana, durante el ciclo de Otoño (20 de Agosto-15 de Noviembre), lo cual representó una reducción en el área de producción de frijol de 6.000 has. Se estableció el período de siembra de invierno (15 de Noviembre al 8 de Enero).

De igual manera se prohibía la siembra de solanáceas y cucurbitáceas hasta el 15 de Noviembre, y se facultaba a la Comisión de Prevención y Control

de la Mosca Blanca a destruir los cultivos hospederos plantados durante la época de prohibición.

Con estas medidas se estableció un período mínimo de 75 días , libres de hospederos de *B. tabaci*, con el fin de romper su ciclo biológico y reducir las fuentes del virus (Ley 4990 de Sanidad Vegetal). Posteriormente, las medidas legales sobre exclusión de cultivos hospederos de mosca blanca, se extendieron a todo el país. Estas medidas fueron exitosas en todos los casos, aun cuando existían agricultores que violaban la veda, causando graves perjuicios para los agricultores que acataban la veda.

La restricción al movimiento de especies y productos vegetales que puedan albergar la mosca blanca *B. tabaci* en sus diferentes biotipos, se ha impuesto también en México. Entre los productos restringidos encontramos: el brócoli, la col, lechuga, plantas de aji, tomate, y ornamentales como la nochebuena.

Referencias

- Bethke, J.A., y Redak, R.A. 1997. Effect of imidacloprid on the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae), and whitefly parasitism. *Ann. appl. Biol.* 130:397-407.
- Blair, M.W., y Beaver, J.S. 1993. Inheritance of bean golden mosaic resistance from bean genotype A429. *Ann. Rept. Bean Improv. Coop.* 36:143.
- Butler, G.D., Hennenberry, T.J., Stansly, P.A., and Schuster, D.J. 1993. Insecticidal effects of selected soaps, oils, and detergents on the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist* 76:161-167.
- Cárdenas, J.A., Pérez, F., y Nieves, F. 1996. Campaña contra la mosquita blanca en México. Pp. 167-169. En *Memorias V Taller Latinoamericano sobre Moscas Blancas y Geminivirus*, Acapulco, México.
- Ciomperlik, M.A., Goolsby, J.A., Poprawski, T., y Wendel, L.E. 1998. Biological control based-IPM of silverleaf whitefly in annual row crops. P. L-77 En: *Resumenes International Workshop on Bemisia and Geminiviruses*. San Juan, P. Rico.
- Cohen, S., y Berlinger, M.J. 1986. Transmission and cultural control of whitefly-borne viruses. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 17:89-97.

Costa, A.S. 1975. Increase in the populational density of *Bemisia tabaci*, a threat of widespread virus infection of legume crops in Brazil. pp. 27-50 In Tropical Diseases of Legumes, J. Bird y K. Maramorosch (Eds.). Academic Press, London.

Costa, A.S. 1987. Fitoviroses do feijoeiro no Brasil. pp. 173-257, En: Feijão: Fatores de Produção e Qualidade. Fundação Cargill. Campinas, São Paulo, Brasil.

Gamez, R. 1971. Los virus del frijol en Centroamérica. I. Transmisión por mosca blanca (*Bemisia tabaci* L.) y plantas hospedantes del virus del mosaico dorado. Turrialba 21:22-27.

Gomez, E., y Villar, A. 1999. Diseño e implementación de una veda para el manejo de mosca blanca y geminivirus en Azua, República Dominicana. Programa Nacional MIP, Manuscrito, 9 p.

Heinz, K.M. 1998. Biological control-based IPM in protected culture. P. L-76 En: Resúmenes International Workshop on *Bemisia* and Geminiviruses. San Juan, P. Rico.

Horowitz, A.R., Denholm, I., Weintraub, P.G., Cahill, M., y Ishaaya, I. 1998. Exploiting new insecticides to manage *Bemisia*. p. L-71 En: Resúmenes International Workshop on *Bemisia* and Geminiviruses. San Juan, P. Rico.

Jones, W.A. y Elzen, G.W. 1998. Insecticides effects on parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae). P. L-74 En: Resúmenes International Workshop on *Bemisia* and Geminiviruses. San Juan, P. Rico.

Kelly, J.D., y Miklas, P.N. 1998. The role of RAPD markers in breeding for disease resistance in common bean. Molecular Breeding 4:1-11.

Kirk, A., y Hoelmer, K.A. 1998. Exploration and evaluation of exotic natural enemies of *Bemisia*. P. L-73. En: Resúmenes International Workshop on *Bemisia* and Geminiviruses. San Juan, P. Rico.

Lenteren, van, J.C. 1998. Biological control of whiteflies: where are the good natural enemies? P. L-78 En: Resúmenes International Workshop on *Bemisia* and Geminiviruses. San Juan, P. Rico.

Miklas, P., Johnson, E., y J. Beaver. 1995. RAPD markers for QTLs expressing BGMV resistance in dry bean. B.I.C. 38:111-112.

Miklas, P.N., y Santiago, J. 1996. Reaction of selected tepary bean to bean golden mosaic virus. Hort. Sci. 31:430-432.

Miklas, P.N., Johnson, E., Stone, V., Beaver, J.S., Montoya, C., y Zapata, M. 1996. Selective mapping of QTL conditioning disease resistance in common bean. Crop Sci. 36:1344-1351.

Morales, F.J., y Singh, S.P. 1991. Genetics of resistance to bean golden mosaic virus in *Phaseolus vulgaris* L. *Euphytica* 52:113-117.

Morales, F.J., y Niessen, A.I. 1988. Comparative responses of selected *Phaseolus vulgaris* germplasm inoculated artificially and naturally with bean golden mosaic virus. *Plant Dis.* 72:1020-1023.

Morales, F., Niessen, A., Ramirez, B., y Castaño, M. 1990. Isolation and partial characterization of a geminivirus causing bean dwarf mosaic. *Phytopathology* 80:96-101.

Munthali, D.C. 1998. Field evaluation of three vegetable oils and dimethoate sprays against whitefly (*Bemisia tabaci*) immature stages and their parasites on cassava leaves. P. L-79 En: *Resumenes International Workshop on Bemisia and Geminiviruses*. San Juan, P. Rico.

Nardo, E.A., Costa, A.S., y Lorencão, A.L. 1997. *Melia azedarach* extract as an antifeedant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomologist* 80:92-94.

Pierre, R.E. 1974. Observations on the golden mosaic of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Jamaica. Workshop on whitefly-transmitted viruses, University of P. Rico. 12 pp.

Pompeu, A.S., y Kranz, W.M. 1977. Linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes ao vírus do mosaico dourado. *Summa Phytopathologica* 3:162-163.

Reeves, M. 1990. Efecto de la densidad de siembra de frijol en policultivo con maíz, sobre la incidencia del virus del mosaico dorado. *Agronomía Costarricense* 14:231-236.

Saladín, F., Nin, J.C., Sanchez, A., Y Figueroa, A. 1990. Alternativa para el manejo integrado en el control del virus del mosaico dorado del frijol en la República Dominicana. SEA. Manuscrito, 14 p.

Singh, S.P., Gepts, P., and Debouck, D.G. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396).

Tulmann Neto, A. 1979. Obtenção de resistência ou tolerância ao vírus do mosaico dourado do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a través de indução de mutação. Tese de livre docência apresentada á E.S.A.L.Q. Piracicaba, S.P.

Urrea, C.A., y Miklas, P.N. 1996. A codominant randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) marker useful for indirect selection of bean golden mosaic virus resistance in common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:1035-1039.

Velez, J.J., Basset, M.J., Beaver, J.S., and Molina, A. 1998. Inheritance of resistance to bean golden mosaic virus in common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:628-631.

Yoshii, K., Galvez, G.E., y Lyon, H. 1979. Evaluación de germoplasma de *Phaseolus* por tolerancia al mosaico dorado del frijol. XXV Reunión Annual PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras. L25:1-8.

Yoshii, K., Galvez, G.E., Temple, S., Masaya, P.N., Aldana, L.F., y Orozco, S.H. 1980. Tres nuevas variedades de frijol tolerantes al mosaico dorado (BGMV) en Guatemala. XXVI Reunión del PCCMCA, Guatemala.

Yoshii, K., Galvez, G.E., y Lyon, H. 1997. Evaluación de germoplasma de *Phaseolus* por tolerancia al mosaico dorado del frijol (BGMV). XXV Reunión del PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras.

Yuki, V.A., Costa, A.S., Bulisani, E.A., y De Nardo, E.A. 1989. Redução da incidência precoce do mosaico dourado do feijoeiro através do controle da mosca branca vetora por medio de inseticidas. Summa Phytopathologica 15:139-144.

Necesidades de investigación futuras

Francisco J. Morales

Virólogo, CIAT

Gracias al trabajo de todos los profesionales y científicos dedicados al estudio y control de la mosca blanca *Bemisia tabaci* y de los geminivirus que esta especie transmite, hemos logrado acumular un conocimiento extenso sobre estos problemas. La red Mesoamericana y del Caribe, coordinada por el Dr. Luko Hilje de CATIE, ha logrado aunar esfuerzos y diseminar información en toda la región. El Proyecto Suizo (COSUDE) de PROFRIJOL, hizo igualmente posible el desarrollo de variedades resistentes al mosaico dorado-amarillo en la América Latina. Finalmente, El Proyecto Global de Mosca Blanca, financiado por la Agencia de Desarrollo Danesa (DANIDA), y coordinado por la Dra. Pamela K. Anderson desde el CIAT, ha realizado un trabajo exhaustivo de investigación y compilación sobre *Bemisia tabaci* y los geminivirus que atacan cultivos básicos e industriales en el mundo, considerando el volumen de información generado. Ahora necesitamos proyectos que nos permitan hacer un análisis intensivo de toda la información recogida y, más importante, necesitamos aplicar los conocimientos adquiridos a nivel de campo.

Una de las áreas más afectadas por las crisis económicas que han venido afectando a la América Latina, ha sido el mejoramiento genético. Son pocos los cultivos afectados por geminivirus en el mundo, donde se pueda mostrar tanto progreso en la generación de variedades resistentes, como en el caso del frijol. Existen aún algunos programas de mejoramiento de frijol que buscan mejorar esta leguminosa por su resistencia a virus transmitidos por mosca blanca, como son los de la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano) en cabeza del Dr. Juan Carlos Rosas; el de la Universidad de Puerto Rico, a cargo del Dr. James Beaver; el del Norte de México, llevado por el Ing. M.Sc. Rafael Salinas; y el del Proyecto Frijol, en el CIAT, liderado por los Drs. Shree Singh y Steve Beebe. Es necesario continuar el apoyo y reforzar estos trabajos de mejoramiento convencional, que tantos éxitos han tenido.

El uso de técnicas moleculares para el desarrollo de variedades de frijol resistentes a geminivirus, es promisorio, y felizmente cuenta con recursos

económicos adecuados. Es necesario poner esta metodología al servicio de los programas nacionales y mejoradores de frijol en general.

Los trabajos pioneros de la Universidad de Wisconsin, coordinados por el Dr. Douglas Maxwell, han permitido vislumbrar la posibilidad de transformar plantas de frijol buscando su resistencia a geminivirus. Este ha sido un trabajo difícil, que ya encuentra eco en otros países de la América Latina, donde científicos como el Dr. Josias Faria, ha transformado frijol para el control del mosaico dorado del frijol. Igualmente se reconoce la labor que viene desarrollando el Dr. Robert Gilbertson, Universidad de California, Davis, para la comprensión de los mecanismos moleculares que gobiernan la interacción entre geminivirus y sus hospederos.

La epidemiología de los virus transmitidos por mosca blanca en frijol, ha sido el tema de los trabajos realizados por la Dra. Pamela K. Anderson, en Nicaragua y luego en el CIAT, Colombia. Actualmente se encuentra trabajando en el mejoramiento de un modelo matemático que nos permitirá tomar decisiones de control según los parámetros existentes en cada región afectada por estas plagas. Estos estudios se han beneficiado de la información que constantemente generan investigadores que trabajan a nivel de campo y/o laboratorio, como la Dra. Jane Polston y el Dr. Ernest Hiebert de la Universidad de Florida, o la Dra. Judith K. Brown, en la Universidad de Arizona. Estos científicos han estado constantemente involucrados con los problemas de la producción de alimentos causados por geminivirus en la región mesoamericana.

Se inició también en el CIAT, un estudio sobre la distribución espacial de las enfermedades causadas por geminivirus transmitidos por mosca blanca, utilizando sistemas de información geográfica (SIG). Estos estudios nos permitirán analizar mejor los factores que intervienen en el desarrollo de epidemias de geminivirus en diversos cultivos y regiones geográficas.

Por último, necesitamos desarrollar un sistema de monitoreo y de alerta sobre la posibilidad de ataques severos de geminivirus y mosca blanca, basados en los estudios y análisis epidemiológicos y espacio-temporales.

Nuestra mayor esperanza está basada en un gran número de investigadores latinoamericanos, los cuales se han formado en áreas relacionadas al conocimiento de los geminivirus y de los biotipos de mosca blanca que afectan los cultivos en la América Latina. Solo esperamos que se encuentre

un balance entre los investigadores de campo y de laboratorio, para llevar a feliz término la misión que les ha sido encomendada: mejorar la productividad de los cultivos afectados por geminivirus, en especial los cultivos alimenticios básicos, como el frijol.

English summary

Francisco J. Morales
Virologist, CIAT

Current situation of common bean production and whitefly transmitted begomoviruses affecting *Phaseolus vulgaris* in Latin America

Common bean research and production in Latin America

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) remains one of the most important food crops in Latin America, where this legume provides rural and urban populations with most of the essential protein and carbohydrates. However, common bean production in Latin America has drastically declined in the past decade, as a response to the globalization of the economy. The new economic policies have resulted in decreasing financial support from national and international governments to agricultural research in Latin America. The limited resources available are being used to conduct research on non-traditional export crops or natural resource management, often, with a minimum research capacity that needs to be supplemented with special project funds. As a result, most of the main common bean producing countries in Latin America are currently importing this basic food to meet the internal demand. In Latin America, Argentina has become the main supplier of common beans, producing approximately 300,000 tons a year on average. Other common bean producing countries are Chile, Ecuador and Bolivia, but the total area devoted to the production of common beans for export only amount to approximately half a million hectares, whereas the total land abandoned to common bean production in Latin America in the last decade, exceeds a million and a half hectares.

Another negative aspect of common bean production in Latin America, is a notable decrease in the capacity to generate new varieties. Without strong and functional common bean breeding programs, Latin America will not be able to meet current or future research challenges posed by the continuous emergence of new biotic and abiotic production problems. Although the use of molecular techniques, such as molecular markers, is expected to compensate for the downsizing of common bean breeding programs, Latin

America still has a long way to go before these techniques are effectively used for common bean improvement purposes. Likewise, the successful model of common bean programs conformed by teams of scientists from different disciplines, has also disappeared from most national programs and even international institutions devoted to agricultural research in Latin America.

Begomoviruses infecting common bean and their control

In the meantime, the emergence of new geminiviruses and whitefly biotypes, continues to threaten the viability of common bean production in the lowlands and mid-altitude valleys of Latin America. Whereas *Bean golden mosaic virus* (BGMV) and *Bean golden yellow mosaic virus* (BGYMV) remain the most important geminiviruses of common bean, other geminiviruses transmitted by *Bemisia tabaci* have shown their capacity of adaptation and destructive potential in common bean. A clear example is the adaptation of *Squash leaf curl virus* (SLCV) to common beans in northwestern Mexico, and the resulting yield losses caused by the common bean variant of SLCV, known as *Bean calico mosaic virus* (BCaMV). In recent surveys of northwestern Mexico, conducted by the author, strains of SLCV can still be recovered from mosaic-affected common bean plants. This virus (SLCV) probably disseminated from northwestern Mexico and/or southwestern United States, and is now found affecting different cucurbitaceous crops in Central America, posing a threat to bean production in this important common bean-producing region.

Fortunately, private industry is currently financing some of the research activities abandoned by national programs, and we still have a few active and experienced bean breeders, who continue to generate excellent common bean varieties possessing resistance to different geminiviruses. This is the case of Ing. Agr. M.Sc. Rafael Salinas, common bean breeder located in Los Mochis, Sinaloa (N.W. Mexico), who has developed common bean cultivars highly resistant to BCaMV. Curiously, he has been able to use some of the sources of resistance identified for other begomoviruses of common bean, particularly red kidney genotypes of Andean origin.

Bean golden yellow mosaic virus (BGYMV) has its domains from southern Mexico, affecting all the Central American and Caribbean countries down to Colombia. Dr. Julio Bird first used this name to refer to the striking yellowing symptoms induced by a geminivirus (later selected as the type

strain of BGMV) in *Phaseolus lunatus* and *P. vulgaris*, in Puerto Rico. Although this species has probably evolved since its original molecular characterization in the last decade, the most noticeable change in some isolates of BGYMV, has been their loss of reactivity with a monoclonal antibody selected seven years ago to distinguish BGYMV from other begomoviruses infecting common bean in Latin America (F.J. Morales, *unpublished results*).

The control of BGYMV in southern Mexico, Central America and the Caribbean region has been possible thanks to the international and national breeding for resistance project on BGYMV initiated in the mid-1970s in Guatemala. The BGYMV-resistant lines generated by this project have made an exceptional impact throughout this region, and even in South American countries, such as Argentina, where these lines have been equally resistant to the distinct *Bean golden mosaic virus* species. Although the output of this project has been significantly reduced due to the current financial situation, other projects, such as the Bean/Cowpea (CRSP) project has been successfully complementing these efforts, particularly in Puerto Rico (Dr. James Beaver, University of Puerto Rico) and in Honduras (Dr. Juan Carlos Rosas, Escuela Agrícola Panamericana).

Another potential threat to common bean production in the Caribbean region, is the presence of an Old World geminivirus introduced into the Dominican Republic from Israel: *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV). This virus has already been isolated from diseased common beans in Spain, and the common bean production regions in Mesoamerica are usually close to the tomato growing areas affected by TYLCV. Fortunately, there seems to be a larger number of potential sources of TYLCV resistance in *Phaseolus vulgaris* than in tomato.

In South America, with the exception of Colombia, where BGYMV has been detected, the predominant species is *Bean golden mosaic virus* (BGMV). This virus was first reported in Brazil by Dr. Alvaro Santos Costa in the early 1960s, and later shown to be different to the "bean golden mosaic" viruses described in Mesoamerica (BGYMV and BCaMV). BGMV arrived in Northwestern Argentina in the early 1980s, and, during the last decade, to the department of Santa Cruz, Bolivia, following a horizontal dissemination pattern in the savanna regions of South America located between 10° and 30° latitude south. Another geminivirus that has caused significant yield losses in this region, particularly in northwestern

Argentina, has been *Bean dwarf mosaic virus* (BDMV). This virus, related to *Abutilon mosaic virus* (AbMV), was first described in Brazil, together with BGMV, but its incidence in Brazil was usually low. In the late 1970s, BDMV (or a closely related virus) caused severe yield losses in common bean fields located in northwestern Argentina. BDMV has been found in Colombia and in Nicaragua, infecting beans at a relatively low incidence. Other geminiviruses have been isolated from common bean in northwestern Argentina, including *Tomato yellow vein streak*, described later on from the State of São Paulo, Brazil.

The incidence of BGMV in the common bean production region of Santa Cruz, Bolivia, is relatively low at this time, mainly because some of their bean fields are at altitudes above 1,000 meters. At this altitude, the predominant whitefly species associated with common bean is *Trialeurodes* sp. and not the vector *Bemisia tabaci*. Nevertheless, the increasingly frequent phenomenon of “El Niño”, which creates unusually dry conditions in some Andean highland regions, has made possible the increasing multiplication of *B. tabaci* populations above 1,000 m.

The development of BGMV-resistant common bean cultivars has been rather slower in South America than in Mesoamerica, due to different reasons. In Brazil, institutions such as CNPAF (National Center for Research on Common Bean and Rice) and IAPAR (Agronomic Institute of Parana), have developed a number of BGMV-resistant lines. Additionally, many BGYMV-breeding lines developed in Central America, have been taken to Brazil, Argentina and Bolivia, where they have performed well under BGMV pressure, suggesting the existence of similar mechanisms of resistance to BGYMV and BGMV. These breeding lines and BGYMV-resistant cultivars have also performed very well under BDMV pressure.

Geminivirus taxonomy

The taxonomy of geminiviruses has changed rather dynamically in the last decade, mainly, driven by advances in molecular techniques that facilitate the amplification of geminiviral DNA and its rapid sequencing. These techniques are now being used to characterize geminiviruses transmitted by *Bemisia tabaci* in Latin American countries, such as Mexico, Guatemala, Honduras, Costa Rica, Panama, Colombia, Venezuela, Brazil and Argentina.

Currently, the majority of geminiviruses affecting cultivated and wild plants in Latin America, are transmitted by *Bemisia tabaci*. All of these viruses are considered New World viruses, and are native to the American tropics and subtropics, where *B. tabaci* can thrive. The only exception is *Tomato yellow leaf curl virus*, introduced into the Americas from Israel. Considering that *B. tabaci* was introduced into the Americas, probably from Asia, it is understandable that whitefly-transmitted geminiviruses are also found outside the Americas, namely in Asia and Africa. However, the type strain of the newly recognized genus *Begomovirus*, which groups all of the whitefly-transmitted geminiviruses known world-wide, is the South American geminivirus *Bean golden mosaic virus* (BGMV), from which the genus derives its name. BGMV is considered a unique species, distinct from the geminivirus that induces similar symptoms on common bean throughout Mesoamerica, recently renamed *Bean golden yellow mosaic virus* (BGYMV), as it was first named by Dr. Julio Bird in Puerto Rico. The third distinct geminivirus species found in the Americas, causing “golden mosaic”-like symptoms on beans, is *Bean calico mosaic virus* (BCaMV), a more distant virus closely related to *Squash leaf curl virus* (SLCV).

Dr. Maria del Rosario Rojas has contributed a chapter on the molecular characteristics of begomoviruses, where she describes four filogenetic groups of bean geminiviruses, including the Mesoamerican BGYMV isolates, the South American BGMV, *Bean dwarf mosaic virus* (BDMV) from South and Central America, and BCaMV from N.W. Mexico.

Drs. Douglas Maxwell, Stephen Hanson, Josias Faria and Robert Gilbertson discuss the molecular techniques currently used by most researchers to detect and identify begomoviruses. Monoclonal antibodies (developed at the University of Florida under the direction of Drs. Ernest Hiebert and Dan Purcifull), specific and broad spectrum probes, and PCR, are the main diagnostic techniques used today by most laboratories. These techniques have been used to identify the main wild reservoirs of common bean begomoviruses, but, so far, only few wild hosts have been confirmed as such. The University of Wisconsin has also been a leading institution in the implementation of antiviral strategies and common bean transformation methods, based on the study of the genomic function of begomoviruses. Among the antiviral strategies mentioned are: capsid protein-mediated plant resistance, creation of non-functional Rep proteins, *trans*-dominant lethal *rep* gene constructs, and antisense strategies.

The whitefly vector

The discussion on the whitefly vector is led by Dr. Pamela K. Anderson, who points out the need to consider *Bemisia tabaci* not only as an insect pest but as a virus vector as well. Whitefly population management is necessary to reduce the intensive use of pesticides, and to prolong the useful life of the begomovirus-resistant common bean cultivars developed by national and international institutions in Latin America.

The identification of *B. tabaci* has also been facilitated by the development of taxonomic keys for both immature and adult specimens, thanks to the work of Dr. Rafael Caballero in Honduras (EAP). Dr. Anderson also discusses the current controversy among taxonomists, regarding the identification of the biotype B of *B. tabaci* as a distinct species named *Bemisia argentifolii* (Perring & Bellows). Whereas this possibility is not discarded, most whitefly taxonomists feel that further research is needed to settle this controversy. In the mean time, the name *B. tabaci* biotype B is retained in this publication. Nevertheless, the higher reproductive rate and broader host range attributed to biotype B of *B. tabaci*, requires further investigation from the epidemiological point of view.

The biology and ecology of *B. tabaci* is also described with special emphasis on the role of common bean as a reproductive host. Data collected in Mexico, Central America and Colombia, show that common bean is not a preferred reproductive host of *B. tabaci*, although this species can reproduce abundantly on common bean in the absence of more suitable reproductive hosts, as observed in Brazil.

Regarding the epidemiology of begomoviruses transmitted by *B. tabaci*, Dr. Anderson refers the reader to the chapter contributed in the first edition of this publication, produced in 1994, for complementary information. Here, she points out the need to identify the reproductive hosts of *B. tabaci* in each common bean production region affected by begomoviruses, because these hosts are not necessarily the same in all countries. She lists over 30 different plant species identified in Latin America as hosts to *B. tabaci*. Finally, Dr. Anderson lists the main categories of pesticides used in Latin America to control *B. tabaci*, and emphasizes the need to implement IPM practices to reduce the use of synthetic pesticides in common bean production regions. One of the most promising methods of control discussed, is the use of

biological control agents, namely entomopathogens and predators of *B. tabaci*.

The identification of *B. tabaci* biotypes A and B, is the subject of the chapter contributed by Dr. Lee Calvert. He has implemented the RAPD-PCR method described by Dr. Paul De Barro in Australia, to differentiate the introduced biotype B from the local *B. tabaci* biotype. Dr. Calvert shows that the primers recommended by De Barro, can be used to differentiate biotypes A and B of *B. tabaci* in the Americas, but points out critical technical procedures and other considerations to be taken into account for the correct analysis of results. One of the main sources of error found, was the presence of other whitefly species on common bean in the Americas, particularly *Trialeurodes vaporariorum*, which can produce similar RAPD patterns with at least one of the primers used.

Integrated begomovirus and whitefly management

By far, the most successful approach to the control of geminiviruses affecting common bean, has been **breeding for disease resistance**. The implementation of this approach was possible thanks to the efforts of a number of donors, particularly US and Swiss donors, who funded CIAT and national programs in Mexico, Central America and the Caribbean region, to start a very successful breeding project in Guatemala. The first generation of BGYMV-resistant materials originated from a few black-seeded parental materials of Mesoamerican origin. One of these early lines, DOR-41, became a widely-adopted cultivar in Central América, the Caribbean, and even northwestern Argentina. Similar materials, were also adopted in southern Mexico. A second generation derived from the same sources of resistance to BGYMV, crossed to local landraces, yielded some excellent lines, such as ICTA-Ostúa, still under cultivation in Guatemala. The project, however, had to tackle a more difficult task: to breed for resistance to BGYMV in grain types other than black, mainly the highly prized red-seeded materials consumed in El Salvador, Nicaragua, Costa Rica and some Caribbean countries.

A breakthrough occurred when a non-black-seeded genotype, A 429, which had never been bred for resistance to BGYMV, showed unexpected high levels of resistance to this virus under field conditions. This line, originally selected for its superior plant architecture, was thoroughly evaluated at CIAT, together with its parental materials, to identify the source(s) of

resistance. Following their BGYMV screening under controlled conditions, two parental genotypes were identified as sources of BGYMV resistance in A 429: Porrillo Sintético (a black-seeded resistance source used for the first generation of DOR lines), and “Garrapato”, a rustic pinto variety of Mexican origin. The latter genotype was infected and had no pods due to the infection by BGYMV, but it did not show any yellowing symptoms. This rather questionable bean genotype, has become one of the main sources of BGYMV/BGMV resistance known to date.

Later on, a line selected for its resistance to BGYMV (derived from Porrillo Sintético), DOR 303, showed some interesting reactions to the virus under field conditions. Basically, it did not have noticeable yellowing symptoms, but a few plants were frequently affected by severe stunting. A similar examination of this line and its parental materials at CIAT, revealed the presence of red kidney types of Andean origin, which condition the type of resistance to BGYMV displayed by this line, in combination with P. Sintético.

A thorough search of bean genotypes available at the CIAT's bean germplasm bank, led to the evaluation of selected accessions in different countries of South America, Central America, the Caribbean, and in Mexico. Some additional 15 bean genotypes were added to the sources of BGMV/BGYMV resistance previously identified. Genetic studies conducted under the direction of Dr. Shree P. Singh at CIAT, made possible the combination of various mechanisms of virus resistance identified in bean genotypes belonging to different races of *Phaseolus vulgaris*. Additionally, research conducted at the University of Puerto Rico, led to the identification of specific genes responsible for the responses observed in selected sources of resistance to the inoculation of bean begomoviruses. This research resulted in the development of molecular markers/techniques (RAPD, QTL, SCAR, microsatellites) to expedite the breeding for BGMV/BGYMV resistance work (marker assisted selection).

Chemical control is still widely practiced in Latin America to control the whitefly-transmitted geminiviruses that affect common bean. However, considering the relatively low economic resources of most bean farmers in this region, the types of pesticides applied to control *B. tabaci*, are usually the compounds more likely to be deactivated by this whitefly species, generating an increasing problem of development of pesticide-resistant whitefly populations. The new chemicals, such as imidacloprid, are very

effective but equally costly for Latin American bean farmers. Consequently, the use of non-synthetic pesticides and biocontrol agents is gaining terrain in Latin America, where botanicals, such as neem and tobacco extracts; predators, such as *Eretmocerus* and *Encarsia* spp.; and entomopathogens, such as *Verticillium lecanii* and *Beauveria bassiana*, are now being tested and applied more frequently. The use of some soaps to control *B. tabaci*, is another interesting method of control practiced by some small-scale farmers.

Cultural practices have not been widely adopted by bean farmers to control begomoviruses. The use of physical barriers, mainly anti-whitefly screens or screenhouses; live barriers or trap crops; sticky traps, planting density and planting dates, are seldom used in Latin America. Perhaps the most successful control practice implemented in certain countries of Latin America to control BGYMV, has been the enforcement of legal decrees banning the continuous cropping of whitefly-rearing hosts throughout the year. Such legal measures have been successfully implemented in the Dominican Republic, to break the *B. tabaci*-BGYMV cycle.

Future research needs

We hope that the breeding-for-resistance work that has been so successful in the past, will not be abandoned but, rather, expedited by marker assisted selection. We must make a concerted effort to maintain the existing whitefly/geminivirus research networks. There is the need to continue the basic research that is the foundation of the antiviral strategies, and to improve the available technology for common bean transformation. Finally, we need to advance our understanding of the ecology and epidemiology of whitefly-transmitted geminiviruses in different cropping systems. We sincerely hope that the information presented in this publication will help researchers in developing and industrialized countries to better define their research priorities.

Agradecimientos

Esta publicación no hubiera sido posible sin el concurso de todos los autores que contribuyeron su tiempo y conocimiento a su producción. La financiación de esta publicación ha sido posible gracias a la Agencias Danesa y Suiza de Cooperación para el Desarrollo (DANIDA y COSUDE, respectivamente). El Proyecto Suizo de PROFRIJOL ha sido la columna vertebral de esta publicación desde su primera edición. Agradecemos las gestiones del Dr. Rogelio Lepiz, ex-coordinador de esta red, para iniciar el proceso de recopilación de la información suministrada por los países miembros de PROFRIJOL. Se agradece igualmente al Dr. Cesar Cardona, Coordinador del Proyecto Frijol del CIAT, por su apoyo a esta publicación. Finalmente se reconoce la ayuda de los Srs. Julio Cesar Martinez, Guillermo Guzmán y de la Sra. Patricia Zamorano en la elaboración y diseño de este documento.

Acknowledgements

This publication has been possible thanks to the concourse of all the colleagues that contributed their time and knowledge. Also, the financial support of the Danish Agency for International Development (DANIDA) and the general support of the Swiss Agency for International Development (COSUDE) to the System-Wide IPM Project and the Mesoamerican bean research network, respectively, are gratefully acknowledged. Among the various collaborators in this undertaking, we would like to express our gratitude to Dr. Rogelio Lepiz, ex-coordinator of PROFRIJOL. Special thanks to Dr. Cesar Cardona, Bean Project Manager at CIAT, for his personal support to this publication. Finally, we are grateful to Mr. Julio Cesar Martinez, Guillermo Guzmán, and Mrs. Patricia Zamorano for their technical help in the production of this document.

