

CENTRO AGRONOMICO DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE)
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
AREA DE POSGRADO

Combate de la mosca blanca,
Bemisia tabaci (Gennadius), en tomate,
mediante coberturas al suelo

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y Capacitación del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

Magister Scientiae

por


Jorge Blanco Salas

Turrialba, Costa Rica
1994

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



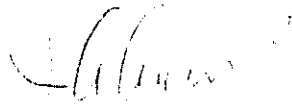
Luko Hilje, Ph. D.
Profesor Consejero



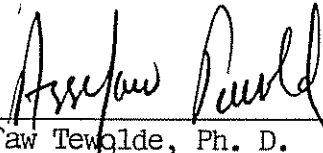
Bernal Valverde, Ph. D.
Miembro Comité Asesor



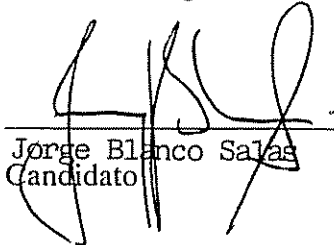
Joseph Saunders, Ph. D.
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre, Ph. D.
Jefe, Area de Postgrado



Assefaw Tewolde, Ph. D.
Director, Programa de Enseñanza



Jorge Blanco Salas
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa Nubia.

A mi hijo Diego.

A mi madre.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, ya que sin El no hubiera sido posible obtener este logro.

Al Proyecto RENARM/MIP, por brindarme el financiamiento para mis estudios de maestría.

Al Dr. Luko Hilje, por su gran confianza, ayuda y orientación.

A los doctores Bernal Valverde, Joseph Saunders y Pedro Ofiño, por su apoyo y sugerencias.

A don Carlos Solano, por prestarme el terreno para el experimento, por su colaboración y su amistad.

A Alex Tineo y Galileo Rivas por su gran ayuda.

Al Ing. Roberto Bran (Olefinas S.A., Guatemala) por donar el plástico plateado.

A los profesores que me brindaron sus enseñanzas.

Al personal administrativo del CATIE, por su atención y su valiosa colaboración.

A todo el personal de la Biblioteca Orton (en especial a Javier, Jorge, Marta, Mauricio, Minor y Rigo) y del Centro de Informática (en especial a Alba, Gustavo, Johnny, Josefina, Juan y Ramón) por su gran ayuda, amistad y por los cafecitos de la tarde.

A todo el personal del Proyecto RENARM/MIP, y en particular a Alfonso Chacón, Arnoldo Merayo, Douglas Cubillo, Enrique Rojas y Shuichi Okumoto.

A todos mis compañeros de la promoción 93-94 por compartir estos dos años con gran amistad.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
I. INTRODUCCION	1
Objetivos	4
II. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Taxonomía y descripción de <i>B. tabaci</i>	5
2.2 Distribución geográfica	7
2.3 Biotipos	8
2.4 Ciclo de vida y reproducción	8
2.5 Abundancia estacional	10
2.6 Ambito de hospedantes	11
2.7 Daño al tomate	12
2.8 Transmisión de geminivirus	14
2.9 Patrones de comportamiento	16
2.10 Opciones de manejo	19
2.10.1 Medidas legales	19
2.10.2 Combate químico	19
2.10.3 Control biológico	20
2.10.4 Cultivares resistentes	22
2.10.5 Prácticas agrícolas	24
Siembra de barreras	24
Cultivos trampa	24
Fecha de siembra	25
Almácigos protegidos	26
Coberturas al suelo	26

III.	MATERIALES Y METODOS	31
3.1	Evaluación en el campo	31
3.1.1	Localización y manejo del cultivo	31
3.1.2	Tratamientos y diseño experimental	33
3.1.3	VARIABLES de respuesta y análisis	36
3.2	Evaluaciones en el invernadero	37
3.2.1	Coberturas verdes	37
3.2.2	Respuesta a colores	39
IV.	RESULTADOS	42
4.1	Evaluación en el campo	42
4.1.1	Abundancia de adultos de <i>B. tabaci</i>	42
4.1.2	Incidencia de virosis	45
4.1.3	Plantas en el tratamiento de malezas espontáneas	49
4.2	Evaluación en el invernadero	50
4.2.1	Coberturas verdes	50
4.2.2	Respuesta a colores	52
V.	DISCUSION	53
VI.	CONCLUSIONES	67
VII.	RECOMENDACIONES	68
VIII.	BIBLIOGRAFIA	69
IX.	ANEXOS	83

BLANCO S., J. 1994. Combate de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate, mediante coberturas al suelo. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 85p.

Palabras claves: Coberturas, *Bemisia tabaci*, mosca blanca, *Lycopersicon esculentum*, tomate, geminivirus.

RESUMEN

En el campo, en Turrialba, Costa Rica, se evaluó el efecto de coberturas en la abundancia de adultos de *B. tabaci* y el retraso de virosis en tomate de trasplante. El almácigo se hizo por 30 días, en bandejas cubiertas con malla fina. Los tratamientos fueron: plásticos plateado y verde oscuro, malezas espontáneas, mucuna (*Styrolobium deeringianum*), cinquillo (*Drymaria cordata*) y testigo (suelo desnudo). Se retiraron a 30 días después del trasplante. No se aplicaron insecticidas. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Todas las coberturas, excepto el plástico verde, disminuyeron la abundancia de adultos y la incidencia de virosis, con respecto al testigo.

En mesas de invernadero, se evaluaron dos coberturas verdes, el cinquillo y un vinil oscuro, sobre la disminución de adultos en tomate. Las coberturas no redujeron la abundancia de adultos con respecto al testigo (suelo desnudo). También se comparó la atracción de adultos hacia trampas amarillas, verde claro y de dos tonalidades de verde oscuro; las primeras atrajeron más cantidad, las segundas fueron poco atractivas, y las otras dos no los atrajeron.

BLANCO S., J. 1994. Combat of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) in tomatoes, by means of soil covers. *Mag. Sc. Thesis*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 85 p.

Key words: Covers, *Bemisia tabaci*, whitefly, *Lycopersicon esculentum*, tomatoes, geminivirus.

SUMMARY

In field experiments at Turrialba, Costa Rica, the effect of soil covers on the abundance of *B. tabaci* adults and delay of virosis in transplant tomatoes was evaluated. Thirty-day old seedlings from trays, protected by a fine net, were used. The treatments were: silver plastic, dark green plastic, spontaneous weeds, "mucuna" (*Styrolobium deeringianum*), "cinquillo" (*Drymaria cordata*) and a control (bare soil); these were removed 30 days after transplant. A completely randomized block design was used, with four repetitions. All covers, except green plastic, reduced adult abundance and delayed the incidence of virosis, with respect to the control.

In greenhouse tables, two green covers ("cinquillo" and green vinyl) were evaluated for reduction of adults in tomatoes; both did not reduce the abundance of adults with respect to the control (bare soil). The attraction of adults to yellow, light green, and two dark green traps were compared; the first type attracted more adults, whilst second was less attractive, and the other two did not attract them at all.

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Contrastes ortogonales ($P > 0.05$) para el número promedio de adultos de <i>B. tabaci</i> en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.....	44
2. Contrastes ortogonales ($P > 0.05$) y coeficientes de determinación y de varianza generales para el número promedio de adultos de <i>B. tabaci</i> , según los días después del trasplante, con coberturas (7-28 días) y sin ellas (35-49 días). Turrialba. Costa Rica. 1994.....	45
3. Contrastes ortogonales ($P > 0.05$) para la incidencia promedio de virosis en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.....	48
4. Contrastes ortogonales ($P > 0.05$) y coeficientes de determinación y de varianza generales para la incidencia promedio de virosis en tomate, según los días después del trasplante, con coberturas (7-28 días) y sin ellas (35-49 días). Turrialba. Costa Rica. 1994.....	49
5. Plantas identificadas en el tratamiento de malezas espontáneas en tomate. Turrialba. Costa Rica. 1994.....	50
6. Número de adultos de <i>B. tabaci</i> en tomate, en el invernadero. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 1994.....	51
7. Contrastes ortogonales ($P > F$) para el promedio de adultos de <i>B. tabaci</i> , en tomate, en el invernadero. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 1994.....	51
8. Número de adultos de <i>B. tabaci</i> capturados, en el invernadero. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 1994.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Promedio de adultos de <i>B. tabaci</i> en cada tratamiento, en comparación con el testigo. Turrialba. Costa Rica. 1994.....	43
2. Incidencia de virosis en cada tratamiento, en comparación con el testigo. Turrialba. Costa Rica. 1994.....	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Número promedio de adultos de <i>B. tabaci</i> en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.....	84
2. Incidencia promedio de virosis en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.....	85

I. INTRODUCCION

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es una de las hortalizas más importantes económicamente a nivel mundial. En América Central se siembran unas 21000 ha por año, con utilidades que sobrepasan los \$50 millones; gran cantidad de personas están involucradas en su producción, mercadeo y agroindustria (CATIE 1990).

La mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), ha provocado pérdidas cuantiosas en América desde 1981, disminuyendo la productividad en cultivos alimenticios (tomate, chile dulce y frijol) y textiles (algodón) (Brown 1993). En América Central y el Caribe, ha afectado severamente a la agricultura y a las economías de los países (Hilje & Arboleda 1993). En Costa Rica, hasta mediados de los años ochenta, *B. tabaci* era considerada como una plaga secundaria y con poca relevancia económica; sin embargo, actualmente provoca graves daños y su importancia se ha incrementado (Hilje *et al.* 1993).

En ataques severos, las ninfas y adultos de *B. tabaci* succionan la savia de las plantas y sus excreciones azucaradas dificultan la fotosíntesis y favorecen el desarrollo de hongos saprofitos (Byrne & Bellows 1991). Sin

embargo, el principal daño es la transmisión de un geminivirus, que es el agente causal del Mosaico Amarillo del Tomate (MAT), que provoca un mosaico amarillo y encrespamiento de las hojas y reduce el crecimiento de la planta (Lastra 1993; Rosset *et al.* 1990), lo cual se traduce en pérdidas en el rendimiento, debido a la poca cantidad y al reducido tamaño de los frutos.

El combate de *B. tabaci* mediante insecticidas resulta difícil y costoso (Osborne y Landa 1992). Estos productos son ineficaces debido, principalmente, a que pocos adultos pueden diseminar rápidamente el virus en toda la plantación (Hilje 1993). Los agricultores, por esto, aplican en forma exagerada, aumentando la frecuencia, la dosis y combinando inadecuadamente los insecticidas (Salguero 1993).

La susceptibilidad de las plantas de tomate al geminivirus disminuye conforme las plantas maduran fisiológicamente. El período crítico en el tomate es de aproximadamente 60 días (Acuña 1993, Franke *et al.* 1983). Así, el manejo de la enfermedad debe fundamentarse en evitar la infección durante este período crítico (Hilje 1993).

Para ello podría desarrollarse un enfoque de interferencia, tanto en almácigo como en el campo (Hilje 1993). En el almácigo se utilizan mallas cobertoras finas,

así como bandejas plásticas para evitar el estrés del trasplante (Cubillo *et al.* 1994, Quirós *et al.* 1994, Rivas *et al.* 1994). En el campo, se podrían usar coberturas al suelo, para dificultar a la mosca blanca la localización de las plantas de tomate, reduciendo su número en el cultivo y retrasando así la virosis (Amador & Hilje 1993, Calderón *et al.* 1994a, Salazar 1994).

Objetivos

El objetivo del experimento de campo fue el siguiente:

1. Evaluar el efecto en la abundancia de *B. tabaci* y la expresión de virosis, de dos coberturas inertes (plásticos plateado y verde oscuro) y tres vivas (malezas espontáneas, mucuna (*Styrolobium deeringianum*) y cinquillo (*Drymaria cordata*)) en el tomate.

Los objetivos de los experimentos de invernadero fueron los siguientes:

1. Comparar el efecto sobre la abundancia de *B. tabaci* de dos coberturas verdes, una viva (cinquillo, *Drymaria cordata*) y otra inerte (vinil verde oscuro), contra un testigo (suelo descubierto).
2. Comparar la respuesta de atracción de *B. tabaci* a varios colores, utilizando trampas amarilla, verde clara y dos tonalidades de verde oscuro.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Taxonomía y descripción de *B. tabaci*

B. tabaci es el principal vector de virus en tomate, por lo que el conocimiento de su taxonomía y biología es esencial para comprender la epidemiología de la enfermedad. Sin embargo, ciertos aspectos aún no están claros, como el reconocimiento de especies y biotipos, su clasificación, el ámbito de hospedantes y la morfología de los adultos (Bink-Moenen & Mound 1990).

Las moscas blancas pertenecen a dos subfamilias: Aleyrodinae y Aleurodicinae, dentro de Aleyrodidae. La mayoría de las especies, incluyendo los vectores de fitovirus, como *B. tabaci*, se agrupan en Aleyrodinae. Se han descrito 126 géneros comúnmente aceptados y 1156 especies (Mound & Halsey 1978). En América Central, República Dominicana y Colombia existen al menos 30 especies, cuatro de éstas probablemente nuevas para la ciencia (Caballero 1993). El género *Bemisia* comprende 37 especies (Mound 1984).

El género *Bemisia* presenta varios problemas taxonómicos. La mayoría de las especies no se pueden identificar por las características morfológicas del adulto, por lo que se

utiliza el cuarto instar ninfal ("pupa"). Este, además, exhibe variación intraespecífica en tamaño y en otros detalles estructurales, como la longitud de las setas, lo que depende de la textura de la superficie foliar en la cual se desarrolla. Debido a la falta de estudios taxonómicos adecuados, los géneros de Aleyrodidae representan grupos arbitrarios de organismos en apariencia similares, más que unidades evolutivas reales (Mound 1984).

Los huevos de *B. tabaci* son lisos y ovalados, su parte superior es aguzada y la inferior roma, con un pedicelo. Inicialmente son blanco verdosos y conforme maduran se tornan amarillos; próximos a eclosionar son pardo claro (Eichelkraut & Cardona 1989).

El primer instar ninfal es elíptico, blanco verdoso, ventralmente plano y dorsalmente convexo; posee patas bien desarrolladas. El segundo y tercer instares son ovalados, blanco verdosos y con patas atrofiadas; su aparato bucal está más desarrollado que en el primer instar. Al comenzar el cuarto instar ("pupa"), la ninfa es plana y transparente y al finalizar es abultada y opaca; es ovalada, con la parte cefálica redondeada y la caudal aguzada (Eichelkraut & Cardona 1989). Su estructura no es constante y depende de factores extrínsecos como el hospedante, la temperatura y la humedad. En plantas que, como el tomate, las hojas son

pubescentes, pueden aparecer cerdas dorsales en esta etapa (Sánchez *et al.* 1991).

El adulto mide un poco más de 1 mm de longitud y coloca las alas sobre el cuerpo en forma de "alero" (Sánchez *et al.* 1991); éstas tienen venación reducida. Recién emergido es amarillo pálido, pero en 3-5 h se torna blanco. Su aparato bucal es succionador, con dos pares de estiletes. Las patas son delgadas y las posteriores son más largas. La hembra se diferencia del macho por su mayor tamaño y la configuración de la genitalia (Eichelkraut & Cardona 1989).

2.2 Distribución geográfica

B. tabaci está ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales. Se encuentra en muchos países de los cinco continentes, particularmente en el Viejo Mundo; en el sur de Europa, en Rusia y en América del Norte (Mound 1984; Mound & Halsey 1978), así como en América Central y el Caribe (Hilje & Arboleda 1993). La mayoría de los informes se ubican dentro de los 30° de latitud norte y sur; ocasionalmente causan problemas en zonas situadas a más de 45° de latitud norte (Byrne *et al.* 1990).

2.3 Biotipos

B. tabaci se asocia con muchas especies de plantas (Greathead 1986). A pesar de esto, presenta cierta disposición de colonizar de manera diferente un hospedante específico o varias especies hospedantes, dependiendo de la región. La asociación con cierta especie comúnmente se relaciona con razas o biotipos del insecto (Brown 1993).

En EE.UU., México y la cuenca del Caribe se identificaron los biotipos A y B, mientras que en Guatemala, Nicaragua y Costa Rica se hallaron los denominados G, D y C, respectivamente (Brown 1993). El biotipo B, que ha adquirido gran importancia en los últimos años, tiene un amplio ámbito de hospedantes y se asocia cercanamente con la pastora (*Euphorbia heterophylla*); también provoca la maduración desuniforme en el tomate e induce el síndrome de la hoja plateada en *Cucurbita* spp. (Brown 1993, Perring *et al.* 1993, Yakomi *et al.* 1990).

2.4 Ciclo de vida y reproducción

El ciclo de vida completo de *B. tabaci*, bajo condiciones óptimas en los trópicos, comúnmente se completa en cerca de tres semanas (Mound 1983). La oviposición es afectada por condiciones ambientales y por la planta hospedante. La

fecundidad varia de 48 a 394 (Byrne & Bellows 1991). Los huevos están firmemente adheridos (generalmente en el envés de la hoja) por un pedicelo inserto en un agujero hecho por la hembra con su ovipositor (Eichelkraut & Cardona 1989). El primer instar es poco móvil y pronto se fija para alimentarse, mientras que los demás son sésiles (Mound 1993).

El ciclo de vida es influido por la temperatura, humedad relativa y, posiblemente, el fotoperíodo, así como por las cualidades de la planta hospedante. Las condiciones experimentales tan diversas en que se ha generado la información disponible, afectan la duración de su desarrollo, fecundidad y longevidad (Gerling *et al.* 1986).

El tiempo desde la oviposición hasta la emergencia del adulto en tomate fue de 23.5 días a 25°C y 75% H.R. (López-Avila 1986). Coudriet *et al.* (1985) estimaron que este intervalo era de 27.3 días a 26.7°C. Eichelkraut & Cardona (1989) calcularon ese período en frijol, en el invernadero (26°C, 67% H.R.) y en campo (24°C, 70% H.R.), en 25.3 y 28.3 días, respectivamente; en el campo, el huevo, I, II, III y IV instares ninfales duraron 5.4, 4.3, 4.7, 5.9 y 13.1 días en promedio, respectivamente. La longevidad promedio de las hembras y machos, en el invernadero, fue de 14 y 11 días, respectivamente.

B. tabaci se puede reproducir sin fertilización, por arrenotoquia. Debido a esto, las hembras vírgenes pueden iniciar una población viviendo lo suficiente hasta la emergencia de su prole de machos. El porcentaje de fertilización de hembras no se conoce, pero debido a que ambos sexos usualmente se encuentran juntos, se supone que la mayoría están fertilizados (Byrne & Bellows 1991, Gerling *et al.* 1986). Antes del encuentro sexual, las hembras generalmente permanecen inmóviles en el envés de las hojas, alimentándose o reposando, mientras que los machos son más activos, moviéndose al azar sobre la hoja; el inicio del cortejo ocurre solamente cuando el macho se encuentra a 2-3mm de la hembra (Li *et al.* 1989).

2.5 Abundancia estacional

En Costa Rica, los ataques más severos de *B. tabaci* se presentan durante la estación seca. Esto quizás obedece a que la duración de su ciclo de vida se acorta y la fecundidad aumenta, originando poblaciones muy altas (Anzola & Lastra 1978, Eichelkraut & Cardona 1989, Hilje *et al.* 1993).

El metabolismo de *B. tabaci* depende sustancialmente de la temperatura ambiental. Su desarrollo es óptimo entre 20 y 30°C y su sobrevivencia es más afectada por las condiciones

extremas de humedad relativa (<20 y >80%), especialmente las bajas (Gerling *et al.* 1986, Horowitz 1986).

La abundancia de adultos declina abruptamente con las primeras lluvias fuertes, lo cual sugiere que se da un efecto mecánico de desalojo de adultos, que quizás mueren sobre el suelo. La combinación de este hecho con una alta humedad relativa, perjudicial para los primeros estados inmaduros (Horowitz 1986), puede ser la causa de la reducción de la población en esta época (Hilje 1994, Hilje *et al.* 1993).

2.6 Ambito de hospedantes

B. tabaci se asocia con al menos 500 especies vegetales, tanto de cultivos como especies silvestres, pertenecientes a 74 familias (Greathead 1986). Predominan Leguminosae (96), Compositae (56), Malvaceae (35), Solanaceae (33), Euphorbiaceae (32), Convolvulaceae (20), Cucurbitaceae (17), Labiatae (16), Verbenaceae (16), Cruciferae (15), Amaranthaceae (12), Rosaceae (12), Moraceae (10), Oleaceae (8), Gramineae (8), Capparidaceae (7), Chenopodiaceae (6), Tiliaceae (6) y Umbelliferae (5).

En Costa Rica, ataca al tomate (*Lycopersicon esculentum*), chile dulce (*Capsicum annum*), camote (*Ipomoea batatas*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), pepino (*Cucumis*

sativus), tabaco (*Nicotiana tabacum*), ayote (*Cucurbita moschata*), sandía (*Citrullus lanatus*), algodón (*Gossypium hirsutum*) y melón (*Cucumis melo*) (Hilje *et al.* 1993). Se ha hallado en al menos 36 especies de plantas silvestres de 12 familias: Compositae (13), Solanaceae (5), Euphorbiaceae (4), Malvaceae (3), Rubiaceae (3), Cucurbitaceae (2), Amaranthaceae (1), Asclepiadaceae (1), Balsaminaceae (1), Commelinaceae (1), Labiatae (1) y Verbenaceae (1) (Arias & Hilje 1993a, Hilje *et al.* 1993).

2.7 Daño al tomate

B. tabaci puede ser una plaga muy seria del tomate, en las tres formas en que los homópteros perjudican a las plantas (Ohnesorge 1986). Tanto las ninfas como los adultos pueden producir, en altas poblaciones, un daño directo al alimentarse de la savia, provocando la caída de follaje y evitando la maduración de frutos. Al excretar mielcilla sobre las hojas y frutos, ésta sirve como sustrato para el crecimiento de fumaginas, alterando la capacidad fotosintética, la respiración y la calidad del tomate. Además, afecta indirectamente a la planta, al actuar como vector de enfermedades virales, causadas principalmente por geminivirus (Buntin *et al.* 1993, Lastra 1993, López-Avila & Cock 1986, Pollard 1955).

La infección con el virus del mosaico amarillo del tomate (MAT) altera la mayoría de los procesos vitales en la planta de tomate (Lastra 1993). Se presenta como un amarillamiento general y las hojas superiores adquieren forma coriácea y reducida. Se disminuye el contenido de clorofila y la tasa de fotosíntesis, en 40-50%; posteriormente se aumenta la tasa de respiración foliar, en 80-100%. Las partículas virales se multiplican principalmente en las células vasculares jóvenes y dañan el floema. Por esto, la infección puede interferir con el transporte normal de los metabolitos y consecuentemente, causar acumulación de carbohidratos y azúcares en las hojas más viejas. Los cambios fisiológicos tan drásticos reducen el crecimiento de las plantas y el rendimiento (Leal & Lastra 1984).

En América Central, *B. tabaci* no se multiplicaba en el tomate (CATIE 1990), pero recientemente se ha observado haciéndolo, aunque en baja cantidad, en Nicaragua (1991), Guatemala (1992) y Costa Rica (1992) (Hilje 1994). Esto representa problemas más serios, ya que a los daños de virosis se podría sumar el daño directo por la extracción de savia o por la aparición del síndrome de maduración desuniforme de los frutos.

En Honduras, los geminivirus han reducido notoriamente la producción de tomate, y muchos pequeños y medianos

agricultores han dejado de producir ante los daños, por el peligro de pérdida total de la cosecha y de la inversión (Sponagel & Fúnez 1994). La reducción de las cosechas en el Valle de Comayagua superó el 70% entre 1990 y 1992, y la producción bajó 18000-20000 t/año (Buchner 1992). En Costa Rica, ha provocado pérdidas de hasta 100% de la producción y el abandono de áreas tradicionales de siembra en el Valle Central Occidental, principal zona productora de tomate del país, lo que se refleja en el aumento de \$400-500 en los costos de producción por hectárea (Calvo *et al.* 1994b)

2.8 Transmisión de geminivirus

B. tabaci disemina 19 tipos de virus, de los cuales 15 son geminivirus (Brunt 1986). Las enfermedades causadas por éstos se conocen desde hace muchos años, pero su etiología se aclaró apenas en 1979, cuando se les consideró como un nuevo grupo, por sus características morfológicas y químicas especiales. Las partículas virales son casi isométricas, formando parejas.

Inducen muchas enfermedades en los trópicos americanos, caracterizadas generalmente por un mosaico amarillo fuerte y enanismo de las plantas (Brown & Bird 1992, Lastra 1993). Son difíciles de evitar, debido a la carencia de un control

químico eficaz, al gran número de hospedantes silvestres y a las altas poblaciones del insecto (Lastra 1987).

El mosaico amarillo del tomate (MAT) puede ser transmitido por *B. tabaci* de manera persistente-circulativa: las partículas virales son adquiridas durante la alimentación, luego circulan en el cuerpo, pasando del intestino a la hemolinfa hasta llegar a las glándulas salivales, desde donde el insecto inocular eficazmente los virus en el sistema vascular de la planta, donde se multiplican (Lastra 1993, Uzcátegui & Lastra 1978). Los adultos del insecto son vectores muy eficientes, que adquieren el virus al alimentarse por apenas 4 h de una planta enferma (período de adquisición) (Bonilla 1993). No existen pruebas de la transmisión de los virus de la madre a su prole; sin embargo, las ninfas no contribuyen en la diseminación, por su hábito sedentario (Lastra 1993). No existe multiplicación de los virus en el insecto (Cohen 1990).

Las plantas de tomate afectadas con el MAT, presentan diferentes grados de enanismo y de severidad de los síntomas según la etapa fenológica en que fueron infectadas (Acuña 1993). Son muy sensibles a la infección viral durante las primeras semanas de desarrollo y hay muerte si ésta sucede muy temprano (Anzola & Lastra 1978, Lastra 1993). En

consecuencia, cualquier método de control de la enfermedad debe fundamentarse en evitar la infección durante este período crítico, estimado en seis semanas; partir de esta etapa, una infección con MAT resulta en reducciones ínfimas del rendimiento (Acuña 1993, Franke *et al.* 1983).

2.9 Patrones de comportamiento

El conocimiento sobre el comportamiento de vuelo de *B. tabaci* y la búsqueda de hospedantes es un factor clave para manejar al vector mediante prácticas culturales (Cohen & Berlinger 1986). No es un volador eficiente (Byrne *et al.* 1990). En sus poblaciones aparecen dos morfos, uno de vuelo corto y otro migratorio (Byrne & Houck 1989).

Los vuelos cortos son continuos durante todo el día (Blackmer & Byrne 1993). En tomate, el insecto realiza vuelos cortos dentro de las parcelas y hacia terrenos aledaños a éstas, presentándose un pico de actividad entre las 6:30 y las 8:30 h y otro leve entre las 15:00 y las 16:30 h (Arias & Hilje 1993a, Espino *et al.* 1993). Los vuelos de larga duración, inducidos por la luz, se presentan temprano en la mañana (Blackmer & Byrne 1993). Sus desplazamientos lejanos dependen de las corrientes del viento a grandes alturas. Este movimiento constante contribuye en gran medida

a su persistencia en los sistemas agrícolas y a su habilidad como vector (Byrne & Bellows 1991, Cohen 1990).

El hospedante puede ser reconocido a poca distancia o después de aterrizar (van Lenteren & Noldus 1990). Parece ser que el aterrizaje es principalmente un proceso pasivo y que su habilidad para encontrar su hospedante está limitada a muy corta distancia, cuando se encuentra cerca del suelo. *B. tabaci* realiza la mayoría de sus movimientos a 0 a 50 cm del suelo (Cohen & Berlinger 1986).

El proceso de selección del hospedante está mediado por estímulos olfativos, gustativos y especialmente visuales (Coombe 1982, van Lenteren & Noldus 1990). La detección inicial a distancia es visual; el olfato parece tener una importancia mínima en la orientación y aterrizaje y sólo en un ámbito muy estrecho (Vaishampayan *et al.* 1975b).

Los insectos voladores pueden detectar diferencias espectrales dentro de su campo visual, por lo que los contrastes de color actúan como un estímulo para la detección a distancia de los parches de vegetación en el suelo desnudo (Prokopy & Owens 1983). En *B. tabaci*, el color es el factor más importante en la selección del hospedante (van Lenteren & Noldus 1990). Prefiere, en orden decreciente, el amarillo

verdoso, amarillo, rojo, naranja rojizo, verde oscuro y púrpura (Husain & Trehan 1940).

Una especie afín, la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, muestra una fuerte respuesta positiva a las superficies con una transmisión y reflexión máxima en la región del verde amarillento (520-610 nm), y moderadamente positiva en el ultra violeta (<400 nm). La luz en la región violeta-azul (400-520 nm) parece inhibir la respuesta y la roja (610-700 nm) podría ser también moderadamente inhibitoria (Affeldt *et al.* 1983; Vaishampayan *et al.* 1975a).

La composición espectral de las hojas verdes muestra un pico de reflexión entre 500 y 600 nm, lo cual coincide con la región del máximo estímulo positivo (520-610 nm) de *T. vaporariorum*. Esto apoya la aseveración de que la orientación visual es un factor importante en el comportamiento de búsqueda de hospedante (Macdowall 1972, Vaishampayan *et al.* 1975b). Los estímulos visuales se pueden utilizar en programas de manejo de plagas, como trampas para monitorear la población o para su control directo, o interrumpiendo el proceso de detección por diversos medios (Prokopy & Owens 1983).

2.10 Opciones de manejo

2.10.1 Medidas legales

Muchas de las prácticas utilizadas para el combate de *B. tabaci* tienen la posibilidad de legislarse para lograr disminuir el problema más eficientemente. La programación de las fechas de siembra, la eliminación de rastrojos, la regulación de plaguicidas inadecuados y los períodos libres de cultivo podrían reglamentarse, a pesar de las dificultades que esto implica (Salguero 1993):

2.10.2 Combate químico

El método de combate más generalizado de *B. tabaci* es mediante insecticidas. Sin embargo, los resultados no han sido satisfactorios, debido principalmente a su poca viabilidad contra un vector de virus, es decir, que pocos adultos pueden diseminar rápidamente la virosis a toda la plantación (Hilje 1993). Las aplicaciones, por esto, se realizan irracionalmente, provocando un aumento en los costos, evolución de resistencia, contaminación del ambiente e intoxicaciones humanas.

Las aplicaciones tan frecuentes de insecticidas convencionales y el aumento de la dosis, pueden conducir

rápidamente a la evolución de resistencia a ellos debido a la gran presión de selección. *B. tabaci* es resistente a insecticidas organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides usados en algodonales de Guatemala, Nicaragua, California, Turquía y Sudán (Abdeldaffie *et al.* 1987, Dittrich *et al.* 1990a, Dittrich *et al.* 1990b, Horowitz *et al.* 1988, Prabhaker *et al.* 1985, 1988, 1989, 1992, Rowland *et al.* 1991). Este fenómeno es uno de los principales factores responsables del resurgimiento de la plaga en años recientes (Ahmed *et al.* 1987). Las compañías agroquímicas investigan actualmente plaguicidas con mecanismos de acción diferentes, contra estirpes de *B. tabaci* resistentes a estos productos convencionales. Uno de ellos, imidacloprid (Confidor, Gaucho, Admire), ha resultado eficaz en EE.UU. (Bayer 1993) y varios países centroamericanos (L. Hilje 1994, CATIE, com. pers.).

2.10.3 Control biológico

La utilización apropiada de enemigos naturales de *B. tabaci* depende de una adecuada comprensión de la taxonomía, ecología y comportamiento de ambos, pero la información es limitada (Gerling 1992).

Debido al periodo relativamente largo que *B. tabaci* permanece sésil, se le considera adecuado para programas de

control biológico. Sus enemigos naturales incluyen artrópodos depredadores y parasitoides y hongos entomopatógenos, pero la mayor parte de la investigación se ha orientado hacia parasitoides (Gerling 1992).

Casi todos sus depredadores conocidos pertenecen a cuatro órdenes de insectos y a uno de arácnidos: Coleóptera (Coccinellidae), 10; Hemíptera, 2 (Anthocoridae, 1; Miridae, 1); Díptera (Empididae), 2; Neuroptera, 8 (Coniopterygidae, 1; Chrysopidae, 7); Acarina (Phytoseiidae), 12 (Gerling 1990). La información sobre su uso como agentes controladores es muy escasa, excepto para algunas especies generalistas (Gerling 1986).

Los principales parasitoides que atacan a *B. tabaci* pertenecen a dos géneros de la familia Aphelinidae (Himenóptera): *Eretmocerus* y *Encarsia*. A pesar de la distribución cosmopolita de *B. tabaci*, se carece de un conocimiento cabal de los parasitoides de Centro y Suramérica y de grandes zonas de Asia Central y del Este. En Pakistán, que probablemente es su región de origen, se encontraron once especies, ocho de ellas oligófagas y las tres restantes (*Encarsia* spp.) parasitoides exclusivos de *B. tabaci* (Gerling 1986).

Los únicos patógenos de la familia Aleyrodidae conocidos son los hongos, ya que sólo ellos pueden penetrar su cutícula (Fransen 1990, Hall 1993). Aparecen principalmente en climas con alta humedad relativa. Usualmente atacan a las ninfas, pero algunas especies como *Paecilomyces fumosoroseus* pueden atacar todos los estados. Solamente las especies de *Aschersonia* (alrededor de 20) y *Verticillium lecanii* han sido investigadas en detalle. El género *Aschersonia* es específico de moscas blancas, mientras que *Beauveria*, *Verticillium*, *Paecilomyces* y *Aegerita* pueden afectar insectos de varios órdenes, por lo que son mejores candidatos para el desarrollo comercial (Fransen 1990).

La información sobre la presencia simultánea de hongos, parasitoides y depredadores en el mismo hospedante es muy escasa. Los últimos dos pueden preferir hospedantes o presas sanas y no infectadas (Fransen 1990). A pesar de esto, la inclusión de hongos entomopatógenos en el sistema de manejo de *B. tabaci* es promisorio (Osborne & Landa 1992).

2.10.4 Cultivares resistentes

La producción de plantas resistentes a ciertas plagas es un proceso complejo (Cock 1986). Se han producido mucho más variedades resistentes a patógenos que a insectos u otros artrópodos (Ponti *et al.* 1990). El uso de este tipo de

variedades en el combate de *B. tabaci*, ya sea contra el vector o contra los virus, es una forma eficaz de reducir el daño causado por las enfermedades virales (Berlinger 1986, Cohen & Berlinger 1986).

De los cultivos que ataca *B. tabaci*, solamente en algodón se ha encontrado un grado significativo de resistencia. En general, se argumenta que las variedades pubescentes de algodón son atacadas más fuertemente que las glabras, lo cual se debe al hábito de ovipositar en la base de los tricomas de la hoja y, además, que la eficiencia de los parasitoides y depredadores se reduce en las primeras. Sin embargo, la acción de *B. tabaci* no debe ser considerada aisladamente, ya que las variedades glabras son más susceptibles a otras plagas (Cock 1986).

En tomate, existen variedades con tricomas glandulares en las hojas, que representan un tipo de mecanismo de resistencia al vector (Saborio 1994). Los adultos de *B. tabaci* mueren al ser atrapados por los exudados de los tricomas; las hembras que ovipositan en el envés, son las más afectadas. Este hecho es importante, ya que las hembras son más eficientes que los machos en la transmisión de virus (Costa 1969), y se reducen el número de huevos y la tasa de reproducción (Kisha 1981, 1984).

El desarrollo de variedades resistentes a los geminivirus ha sido un área de intensa actividad, especialmente en tomate. Se han identificado varias fuentes posibles en genotipos silvestres, ya que los cultivares comerciales no poseen el carácter de resistencia (Saborío 1994, Quemada 1994).

2.10.5 Prácticas agrícolas

Siembra de barreras

Las barreras vivas de sorgo, maíz y otras plantas impiden que los adultos de *B. tabaci* lleguen al cultivo que se desea proteger. En tomate, las barreras de sorgo disminuyeron la abundancia de adultos en el cultivo y la incidencia de virosis y aumentaron el rendimiento (Calderón *et al.* 1994b, Morales *et al.* 1994, Morán *et al.* 1994). Se presentan, además, aspectos secundarios positivos, como la conservación de la humedad al evitarse el paso del viento y la utilización de la "planta barrera" como forraje para el ganado o como alimento humano (Salguero 1993).

Cultivos trampa

La preferencia de *B. tabaci* por ciertas especies hospedantes puede aprovecharse para reducir la población del

insecto en el cultivo (Hilje 1993). En tomate, la siembra de pepino (*Cucumis sativus*) entre hileras del cultivo redujo la propagación del virus del rizado amarillo de la hoja del tomate (TYLCV) durante los primeros dos meses, cuando el insecto prefirió el pepino al tomate en una relación de 4:1 (Al-Musa 1982).

En Costa Rica, Arias & Hilje (1993b) y Peralta & Hilje (1993) documentaron que la siembra de surcos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) intercalados o asociados en bloque con el tomate, más la aplicación de aceite mineral, redujeron la abundancia de adultos y retardaron la aparición de la virosis. En Nicaragua, también prefiere al frijol si se le siembra asociado con tomate (Delgadillo *et al.* 1992).

Fecha de siembra

Las poblaciones de *B. tabaci* en tomate son mayores en la estación seca (Hilje *et al.* 1993). Por ello, la escogencia de la fecha de siembra puede ser importante en la evasión o reducción de la plaga. El problema es que la demanda del mercado es permanente y los mejores precios se alcanzan precisamente cuando la siembra es más problemática (Salguero 1993).

Almácigos protegidos

La siembra directa del tomate expone las plántulas al vector y al virus desde su germinación, por lo que la protección total del almácigo es de gran importancia, pues en este período la planta es más susceptible al virus (Hilje 1993). La utilización de mallas finas de "nylon", complementada con el uso de bandejas para reducir el estrés del trasplante, permite obtener plántulas sanas y bien desarrolladas (Amador & Hilje 1993, Anzola y Lastra 1978, Cubillo *et al.* 1994, Quirós *et al.* 1994, Rivas *et al.* 1994).

Coberturas al suelo

La modificación de las características visuales del cultivo con coberturas al suelo es una opción eficaz para reducir la presencia de insectos vectores de virus (Maelzer 1986). Al modificar el patrón de plantas verdes contrastadas con un suelo pardo oscuro, típico de las parcelas comerciales, se puede disminuir la colonización de áfidos, moscas blancas y ciertos lepidópteros (Smith 1976a); el color del suelo o la densidad de siembra alteran la atracción de los insectos que vuelan sobre el cultivo (A'Brook 1968, Dempster 1969, Kennedy *et al.* 1961, Kring 1972, Smith 1969, 1976a).

Son muchas las ventajas que las coberturas pueden tener para el crecimiento de las plantas cultivadas (Abdul-Baki 1991). Una cubierta con los rastrojos de cultivos de leguminosas, por ejemplo, incorpora materia orgánica y nitrógeno al suelo, disminuyendo la cantidad de fertilizantes; también ayuda a conservar el agua y mejora las condiciones para el crecimiento de las plantas e incrementa las cosechas (Abdul-Baki 1991, Kasperbauer & Hunt 1988). Una cobertura viva, si se mantiene apropiadamente, ayuda a controlar las malezas, protege al suelo del viento y de la erosión hídrica, mejora la fertilidad y la estructura del suelo y evita su compactación (Costello & Altieri 1994). Las cubiertas plásticas opacas reducen la competencia con las malezas, la lixiviación de fertilizantes y retienen el calor en el suelo (Maelzer 1986); las reflectivas, como las plateadas, pueden ser eficaces reduciendo las fluctuaciones de temperatura en el suelo bajo este material, con una temperatura máxima más baja y una mínima más alta que a suelo desnudo (Wyman *et al.* 1979). Los diversos tipos de coberturas podrían contribuir a estos factores en diferente magnitud (Swwuan *et al.* 1988).

Para el abejón defoliador de la papa *Leptinotarsa decemlineata* (Coleóptera: Chrysomelidae), el tratamiento con una cobertura de paja logró reducir las aplicaciones de insecticida de 6 a 2, se mejoraron las condiciones de humedad

y temperatura del suelo y se aumentó la cosecha (Zehnder & Hough-Goldstein 1990).

La repelencia de áfidos colocando superficies reflectivas se ha sugerido para reducir la incidencia de virus transmitidos por ellos (Kring 1972, Loebenstein *et al.* 1975, Smith & Webb 1969, Summers & Stapleton 1994, Wyman *et al.* 1979). Loebenstein *et al.* (1975) utilizaron coberturas plásticas (gris, blanca y negra) y láminas delgadas de aluminio para repeler a los áfidos en chile dulce, protegiendo eficazmente al cultivo de la infección con el virus Y de la papa.

En el Valle del Jordán, en Israel, con la utilización de coberturas de plástico amarillo, paja y serrín en el tomate, se redujo la población de *B. tabaci* y se retardó la diseminación del TYLCV (Cohen 1982). El insecto es atraído fuertemente por dicho color, permaneciendo por largos períodos en la superficie; las altas temperaturas del aire inmediatamente abajo de las cubiertas, posiblemente son letales para éste (Cohen & Melamed-Madjar 1974, 1978). En Costa Rica, el plástico amarillo fue muy atractivo para los adultos, pero no causó tal mortalidad, probablemente porque la temperatura local no es tan alta como en Israel (Amador & Hilje 1993).

Varios tipos y colores de coberturas plásticas han sido evaluadas en su efecto sobre el crecimiento y el rendimiento del tomate y en la incidencia de virus transmitidos por *B. tabaci*. Las cosechas obtenidas, en comparación con el testigo, fueron más altas y se logró reducir la incidencia de la virosis al utilizar los tratamientos con coberturas, los mejores resultados se obtuvieron con el plástico plateado (Calderón *et al.* 1994a, Salazar 1994, Schuster *et al.* 1989, Sponagel & Fúnez 1994, Swwan *et al.* 1988).

Las superficies reflectivas plateadas (filminas de aluminio o plástico plateado), colocadas alrededor de las plantas cultivadas, reducen la afluencia de homópteros alados y trips, reduciendo la diseminación de virus transmitidos por ellos (Prokopy & Owens 1983). Estas cubiertas reflejan las radiaciones tanto de longitud de onda corta como larga (Kring 1972). *B. tabaci* reacciona a dos clases de longitud de onda: ultravioleta-azul y amarilla. Las de onda corta (UV-azul) pueden estar relacionadas con el comportamiento de migración, mientras que la atracción a las longitudes de onda más largas pueden facilitar la localización de la planta hospedante. *B. tabaci* parece ser atraída por los dos tipos, pero no por ambos a la vez (Mound 1962). En una especie afín, la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum*, las superficies con una transmisión o reflexión de radiaciones en la región del ultravioleta azul (400-520 nm), cerca de la

región ultravioleta, inhiben su atracción (Affeltdt *et al* 1983, Vaishampayan *et al* 1975a).

En Costa Rica, se evaluó la influencia de coberturas vivas e inertes en la atracción de adultos de *B. tabaci*, durante la segunda fase del período crítico del tomate (30-60 días después de la siembra) (Amador & Hilje 1993). Las plásticas (amarilla y verde claro) no difirieron del testigo (suelo desnudo). La granza de arroz redujo los adultos pero no la diseminación del virus. Las coberturas vivas de malezas espontáneas y de maní forrajero (*Arachis pintoi*) disminuyeron la afluencia de adultos y la incidencia de virosis; la infección del 50% de las plantas en estos dos tratamientos, se retrasó en 12 y 10 días, respectivamente, con respecto al testigo. Al reducir el contraste de color entre el suelo y el cultivo se redujo también la atracción de adultos y la virosis (Amador & Hilje 1993).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Evaluación en el campo

3.1.1 Localización y manejo del cultivo

El experimento se desarrolló entre marzo y agosto de 1994, en San Ramón de Turrialba, Cartago, Costa Rica, en la finca del señor Carlos Solano. Está localizada entre 09°58'37"N y 83°38'45"O, a 840 msnm (Comisión Nacional de División Territorial 1972), dentro de la zona de vida del bosque lluvioso premontano (Tosi 1969). Presenta valores medios anuales de 21°C, 2763 mm y 87% de humedad relativa.

Se sembró la variedad Hayslip (Dessert Seeds, EE.UU.), por trasplante. El almácigo se estableció en un terreno aledaño a la parcela utilizando bandejas plásticas Tray Masters No. 72 (V-J Growers, Florida). Estas se cubrieron con malla Agronet-S (Kayserberg, Alemania) para evitar el ingreso del vector (Rivas *et al.* 1994). Se empleó una mezcla de suelo esterilizado, granza de arroz y abono orgánico "Bocashi" (S. Okumoto 1994, CATIE, com. pers.) en proporción 10:2:1, respectivamente, y se agregaron 20 g de Osmocote (14-14-14, de liberación lenta) por kg de mezcla. El riego se realizó tres veces diarias, cuando no llovió. A partir de la

germinación se aplicó el fungicida mancozeb, semanalmente. A los 15 días después de la siembra (dds), se raleó a una planta por compartimento. El trasplante se realizó a los 30 dds. Las plántulas medían 25 cm de alto y tenían cuatro hojas completamente desarrolladas, en promedio. El suelo del almácigo se humedeció antes para que las raíces de las plántulas no se maltrataran al empujar el cepellón o "pilón".

Se utilizó un terreno de cafeto recién podado, en hileras distanciadas a 1.6 m. El suelo se preparó 40 días antes del trasplante (dat), arándolo a 25 cm de profundidad aproximadamente. Luego se aplicó el herbicida paraquat. Se sembró chile dulce (*Capsicum annuum*) por trasplante a los 30 dat alrededor de la parcela y entre los bloques, para aumentar la población de *B. tabaci* en el área y asegurar su presencia durante el experimento.

Al trasplantar el tomate se aplicó fertilizante 10-30-10 al suelo, lo cual se repitió cada dos semanas durante el experimento. No se realizó aporque. Hasta la fructificación se aplicaron los fungicidas metalaxil y oxadixil dos veces por semana, alternamente; al aparecer los frutos se incluyó el fungicida fosetil aluminio y el insecticida biológico *Bacillus thuringiensis* para gusanos del fruto. No se aplicó ningún otro insecticida.

Aproximadamente a los 30 días después del trasplante (ddt) la marchitez bacterial (*Pseudomonas solanacearum*) empezó a presentarse en la plantación, por lo que se aplicó estreptomycin y extracto de cítricos (Kilol), uno cada semana, infructuosamente.

3.1.2 Tratamientos y diseño experimental

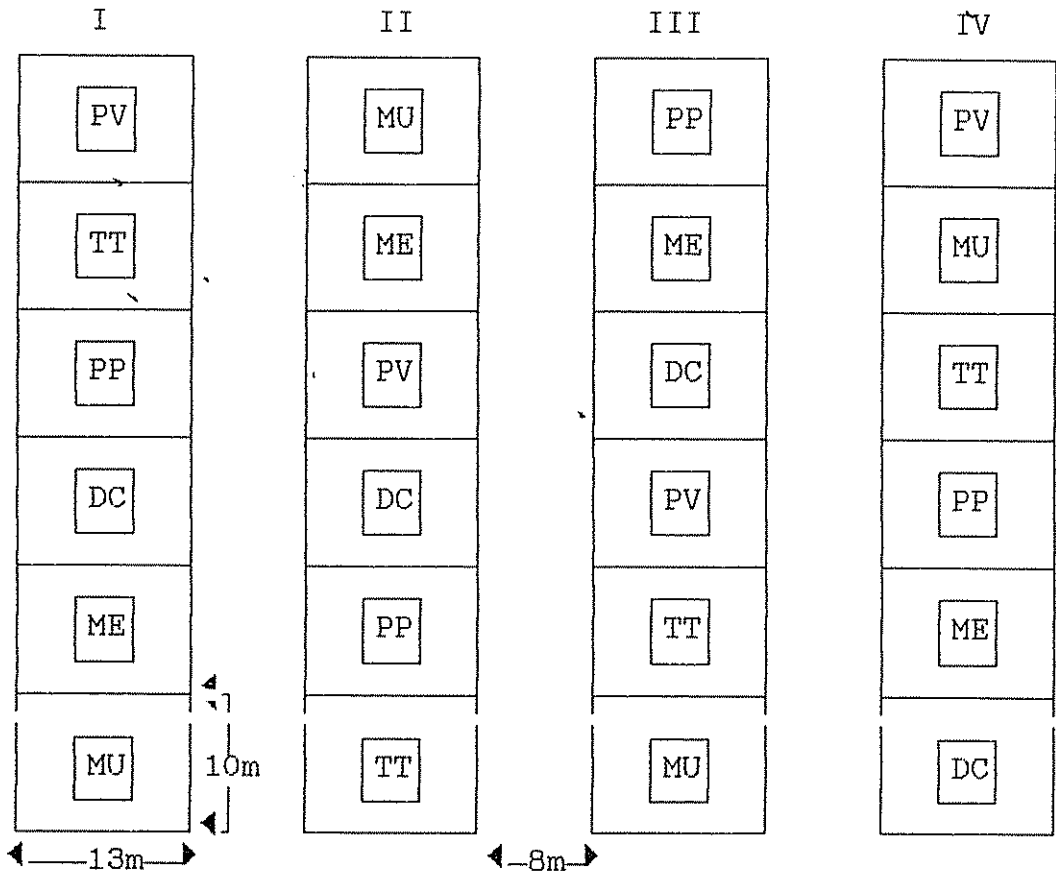
1. Plástico coextruido plateado/negro (PP)
2. Plástico verde oscuro (PV)
3. Malezas espontáneas (ME)
4. Mucuna (*Stylobium deeringianum*) (MU)
5. Cinquillo (*Drymaria cordata*) (DC)
6. Testigo (suelo descubierto) (TT)

El plástico plateado, que se fabrica especialmente para cubrir suelos agrícolas (Olefinas S.A., Guatemala), medía 1.4 m de ancho y 1.25 milésimas de pulgada de grosor. El plástico verde era un manteado entretejido de 1.4 m de ancho, utilizado para elaborar tiendas de campaña y cobertores de camiones de carga (Almacén Barguil S.A., Costa Rica). Estos se colocaron a los 7 días en camas de 1.2 m de ancho, aprovechando las calles entre las hileras del cafeto. Luego se les hicieron orificios de 20 cm de diámetro, cada 20 cm, en el centro de la cama.

La mucuna y el cinquillo se sembraron a los 30 dat por semilla, pero el segundo después se sembró vegetativamente, dado su lento crecimiento. Su desarrollo fue estimulado impidiendo manualmente el establecimiento de otro tipo de hierbas. El tratamiento de malezas espontáneas consistió en permitir el crecimiento de las plantas que brotaron en forma natural en el terreno, desde los 30 dat; todas sus especies fueron identificadas por Arnoldo Merayo (Proyecto RENARM/MIP, CATIE).

El crecimiento de las coberturas se reguló con deshierbas parciales, manteniéndolas a una altura inferior o igual al cultivo y se mantuvo a las plantas de tomate con un área basal de 20 cm de diámetro sin malezas, para evitar la competencia por luz, agua y nutrimentos. Las coberturas se retiraron a los 29 ddt, manualmente los plásticos y con el herbicida paraquat las vivas.

Se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, distribuidos así:



La unidad experimental de 13x10 m tuvo ocho surcos distanciados 1.6 m entre sí y 0.4 m entre plantas; cada repetición estuvo separada por 8 m. Las observaciones se hicieron en una parcela útil dentro de cada unidad experimental, constituida por los cuatro surcos centrales, excluyendo cinco plantas en los extremos.

3.1.3 Variables de respuesta y análisis

Se evaluaron la abundancia de adultos de *B. tabaci* y la incidencia de virosis. El rendimiento del tomate no se analizó debido a que la marchitez bacteriana afectó mucho al cultivo.

- a) La abundancia de adultos se estimó una vez por semana en la hoja "clave" (primera hoja completamente desplegada, desde arriba), durante toda la temporada del cultivo. Las observaciones se hicieron en diez plantas escogidas al azar en el campo, dentro de la parcela útil.
- b) La incidencia de virosis se determinó semanalmente en forma visual, registrando el número de plantas sintomáticas (con hojas pequeñas, coriáceas y con mosaico amarillo) en cada unidad experimental.

La identificación *in vitro* del geminivirus se realizó una sola vez mediante la hibridación de ácidos nucleicos (Rivas & Lastra 1994), en el Laboratorio de Biotecnología del CATIE. Para ello se recolectaron 40 muestras de hojas con síntomas de virosis, por tratamiento (10 por bloque).

La información de ambas variables en cada tratamiento, se analizó mediante parcelas divididas en el tiempo, prueba

de Tukey y contrastes ortogonales (Micro SAS, López & López 1992); se evaluaron los siguientes contrastes: testigo vs. coberturas, coberturas inertes vs. vivas, plástico plateado vs. verde, mucuna + cinquillo vs. malezas espontáneas, mucuna vs. cinquillo. Se calculó la tasa media de infección (T_{50}), o sea, el tiempo transcurrido para alcanzar el 50% de plantas infectadas (Ioannou & Iordanou 1985).

3.2 Evaluaciones en el invernadero

3.2.1 Coberturas verdes

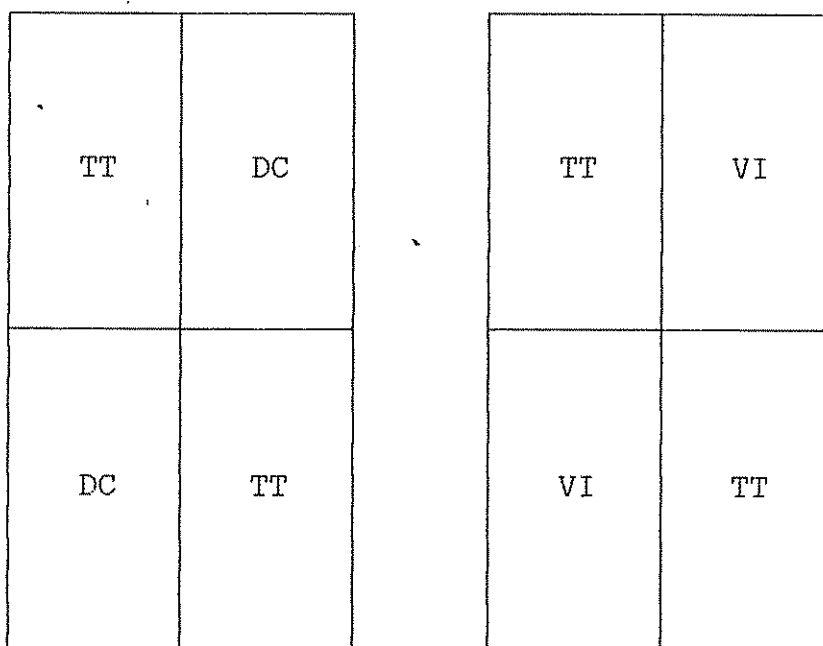
El experimento se realizó en setiembre y octubre de 1994, en un invernadero del CATIE, en Turrialba.

Se sembró la variedad Hayslip, por trasplante. El almácigo se estableció en campo abierto, en bandejas plásticas Tray Masters No. 72, cubiertas con malla Agronet-S. Se empleó el mismo sustrato que en 3.1.1. Durante este período se aplicó solamente el fungicida mancozeb.

En mesas de invernadero, se compararon una cobertura viva, el cinquillo (*Drymaria cordata*) (DC) y una inerte, el vinil verde oscuro (VI), empleado para la fabricación de muebles (Almacén Barguil S.A., Costa Rica), contra un testigo

(suelo descubierto) (TT). Para ello se prepararon dos mesas contiguas de 1 x 2.5 m, separadas por 60 cm, con un borde de madera de 15 cm de altura, que luego se llenaron con suelo.

Las mesas se dividieron en cuatro secciones iguales, en un diseño completamente al azar, con dos repeticiones, así:



La unidad experimental midió 0.5 x 1.25 m. En cada una se sembraron dos hileras de cinco plantas cada una.

El cinquillo se sembró vegetativamente 15 días antes del trasplante del tomate. El vinil se colocó directamente sobre el suelo, sujetándolo en los extremos con grapas; se le hicieron orificios de 5 cm de diámetro para sembrar las plantas. El trasplante se realizó a los 30 dds, cuando las

plántulas median 25 cm de altura y tenían cuatro hojas completamente desarrolladas, en promedio. Durante el experimento se midió la temperatura y la humedad relativa del invernadero, al mediodía.

Inicialmente, se cubrieron las mesas con malla y se introdujeron 200 adultos, pero ello no funcionó, porque éstos escapaban por la malla. Esta se eliminó, para exponer las plántulas a adultos de *B. tabaci* presentes en gran cantidad dentro del invernadero, sobre plantas de tomate, tabaco y frijol, que fueron complementados con la liberación, sobre las mesas del experimento, de más adultos (aproximadamente 1000 por día), provenientes de otro invernadero.

Se contó el número de adultos en toda la planta, diariamente, a las 10:30 h, cuando están en reposo (Arias & Hilje 1993). Esto se repitió por cinco días consecutivos. Se hizo un análisis de varianza, prueba de Tukey y contrastes ortogonales (coberturas vs. testigo y cobertura viva vs. inerte).

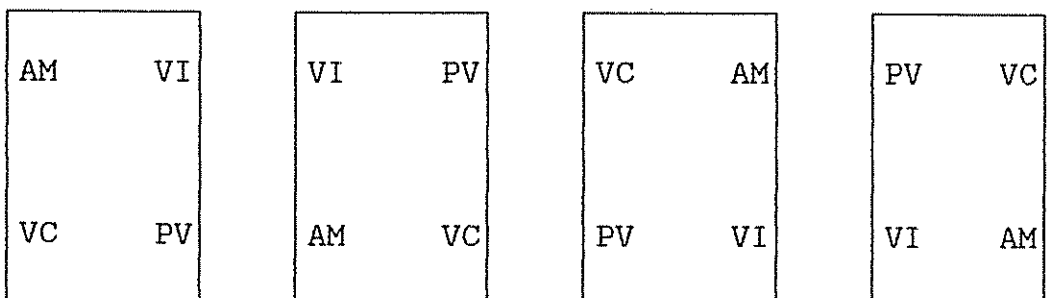
3.2.2 Respuesta a colores

El experimento se efectuó en octubre y noviembre de 1994, en un invernadero del CATIE, en Turrialba.

Debido a que desde varios meses atrás existía una abundante colonia de *B. tabaci* dentro de otro invernadero, en plantas de tomate en potes plásticos, esto se aprovechó para el experimento.

Se compararon cuatro tipos de materiales: plásticos amarillo (AM), verde claro (VC) y verde oscuro (PV), y vinil verde oscuro (VI). Los dos primeros se utilizan comercialmente para la elaboración de bolsas de uso doméstico (Almacén Vargas Saborío S.A., Costa Rica); el tercero se describe en 3.1.2 y el último en 3.2.1.

Se utilizaron cuatro mesas de 1 x 2.5 m, presentes en el invernadero. Se hicieron trampas (tratamientos) con cartón de 15 x 25 cm, forradas por ambas caras con cada uno de los materiales, e impregnadas con el adherente Pest Barrier Tanglefoot (Tanglefoot Co., Michigan). Se colocaron verticalmente en macetas con tierra, en los bordes de las mesas, distribuidas en un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones, así:



Se contó el número de adultos capturados diariamente, durante tres días consecutivos. Se hizo un análisis de parcelas divididas en el tiempo y la prueba de Tukey.

IV. RESULTADOS

4.1 Evaluación en el campo

4.1.1 Abundancia de adultos de *B. tabaci*

El número promedio de adultos durante todos los recuentos fue bajo, alcanzando un máximo de 1.57 (Fig. 1). La cifra más alta observada fue de siete adultos en la hoja clave, en el tratamiento de ME a los 49 ddt. Todas las coberturas tuvieron menos insectos que el testigo hasta los 35 ddt, con excepción del PV, que lo superó a los 21 ddt. Posteriormente, en el testigo la abundancia disminuyó, resultando menor que en todas las coberturas. En ME hubo un aumento progresivo, superior a todos los tratamientos (Fig. 1).

Los promedios generales de adultos durante los primeros cuatro recuentos no difirieron ($P > 0.05$). A los 29 ddt el número tendió a aumentar en todos los tratamientos, pero luego, a los 42 ddt, disminuyó notoriamente, excepto en ME, que tuvo un aumento constante (Anexo 1).

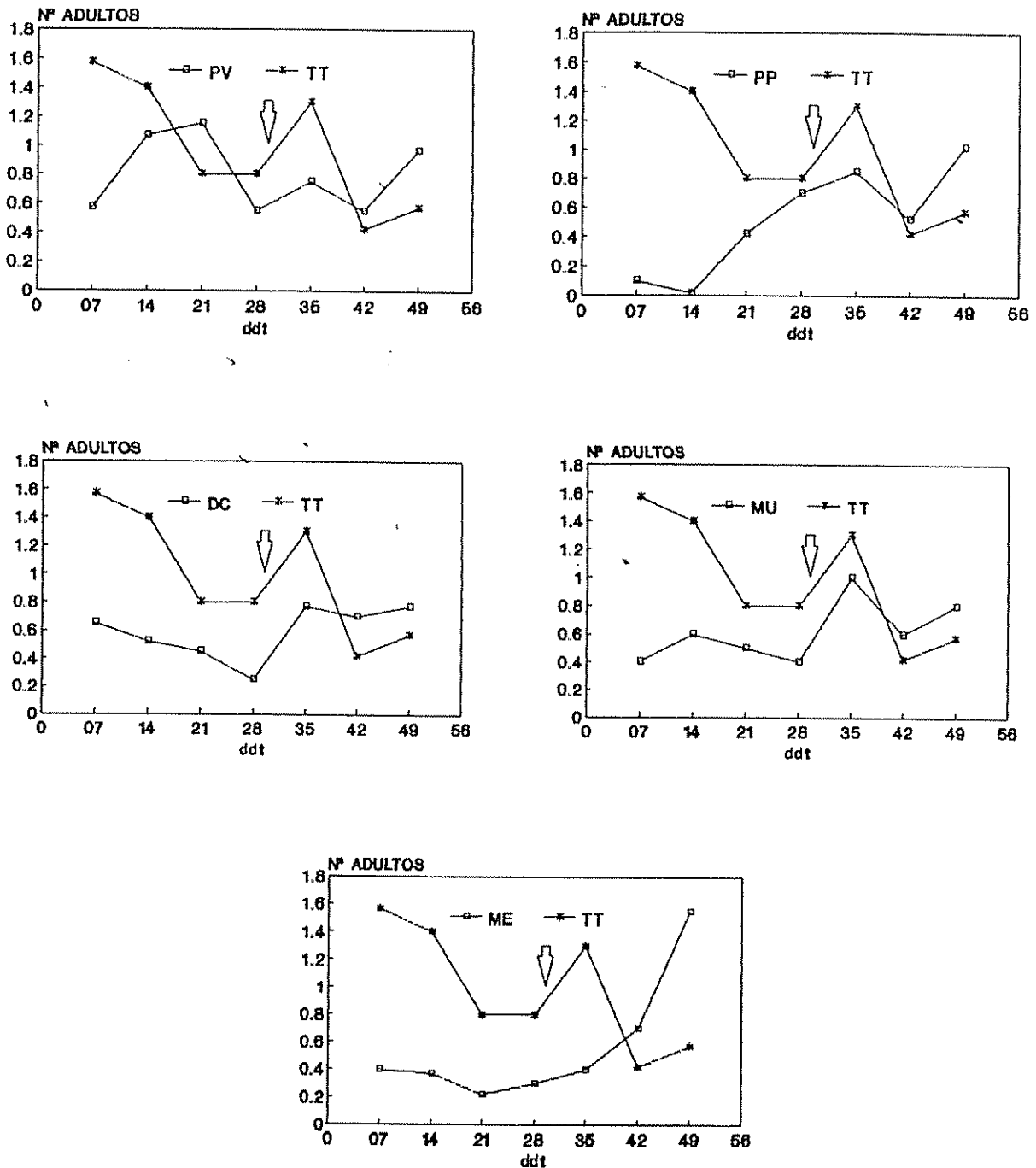


Figura 1. Promedio de adultos de *B. tabaci* en cada tratamiento, en comparación con el testigo. Turrialba, Costa Rica. 1994.

* La flecha indica la remoción de las coberturas.

El promedio general en todas las coberturas fue semejante y menor ($P < 0.05$) que el testigo (Anexo 1). El PV y el TT, que no difirieron entre sí ($P > 0.05$), tuvieron los mayores valores.

En general, el testigo tuvo más adultos ($P < 0.05$) (Cuadro 1). Entre las coberturas inertes y vivas no hubo diferencias ($P > 0.05$), excepto a los 21 y 28 ddt, cuando las primeras atrajeron más adultos. En el PP se presentaron menos adultos que en el PV hasta los 21 ddt, pero luego no difirieron ($P > 0.05$). Las ME fueron semejantes a las otras dos coberturas vivas (MU y DC), excepto a los 35 ddt, cuando en éstas hubo mayor afluencia, y a los 49 ddt, cuando ME las superó. Entre MU y DC no hubo diferencias ($P > 0.05$) durante el experimento.

CUADRO 1. Contrastes ortogonales ($Pr > F$) para el número promedio de adultos de *B. tabaci* en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.

Contrastes	Días						
	07	14	21	28	35	42	49
TT vs. Cob	<u>0.0001</u>	<u>0.0024</u>	0.1060	<u>0.0305</u>	<u>0.0093</u>	0.2713	<u>0.0272</u>
In vs. Vv	0.1637	0.7765	<u>0.0052</u>	<u>0.0270</u>	0.7385	0.3261	0.7894
PP vs. PV	<u>0.0107</u>	<u>0.0043</u>	<u>0.0013</u>	0.4137	0.9206	1.0000	0.8360
MU+DC vs. ME	0.3457	0.5279	0.1201	0.8915	<u>0.0470</u>	0.7277	<u>0.0021</u>
MU vs. DC	0.1879	0.8751	0.6892	0.8134	0.4891	0.5481	0.9175

Cob: Todas las coberturas; In: inertes; Vv: vivas.
Las cifras subrayadas fueron significativas o altamente significativas.

Las coberturas se eliminaron a los 29 ddt. En general, antes de esta fecha los únicos contrastes que difirieron ($P < 0.01$) fueron el testigo *versus* todas las coberturas, y PV *versus* PP; en ambos casos, los primeros de cada comparación atrajeron más adultos (Cuadro 2). A partir de los 35 ddt no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre los contrastes.

CUADRO 2. Contrastes ortogonales ($Pr > F$) y coeficientes de determinación y de varianza generales para el número promedio de adultos de *B. tabaci*, según los días después del trasplante, con coberturas (7-28 días) y sin ellas (35-49 días). Turrialba. Costa Rica. 1994.

Contrastes	Días	
	07-28	35-49
TT vs. Cob	<u>0.0001</u>	0.8746
In vs. Vv	0.0890	0.7035
PP vs. PV	<u>0.0014</u>	0.8786
MU+DC vs. ME	0.2485	0.3993
MU vs. DC	0.9259	0.9594
R ²	0.7875	0.7630
CV	47.77	39.19

Cob: Todas las coberturas; In: inertes; Vv: vivas; R²: coeficiente de determinación; CV: coeficiente de variación. Las cifras subrayadas fueron significativas o altamente significativas.

4.1.2 Incidencia de virosis

Todas las muestras analizadas fueron positivas para geminivirus. Las primeras plantas con virus se presentaron a los 21 ddt en todos de los tratamientos, con excepción del

PP, a los 28 ddt. El testigo fue superior a las demás coberturas en todas las evaluaciones, exceptuando al PV, que lo superó al retirarse las coberturas (29 ddt) (Fig. 2).

Los promedios totales de incidencia de virosis no difirieron ($P>0.05$) entre los tratamientos en las tres primeras evaluaciones. La infección aumentó a partir de los 28 ddt; las dos últimas fechas de recuento (42 y 49 ddt) fueron semejantes ($P>0.05$) (Anexo 2). A los 49 ddt (última evaluación), en la MU se presentó el menor promedio de virosis (26.39%), seguida por ME (27.3%), PP (33.7%), DC (37.5%), TT (64.3%) y PV (84.3%).

Hubo gran diferencia ($P<0.01$) en la incidencia de virosis entre el testigo y las coberturas en todas las evaluaciones, desde la aparición de los síntomas, a los 21 ddt. Las coberturas inertes fueron semejantes a las vivas hasta su remoción (29 ddt), a partir de lo cual difirieron notablemente ($P<0.01$); las primeras tuvieron mayor incidencia promedio. El PP no difirió del verde ($P>0.05$) en los tres primeros recuentos (a los 21 ddt el primero no mostraba síntomas y el segundo tenía 5%), pero en las demás evaluaciones fueron diferentes ($P<0.05$). No hubo diferencias ($P>0.05$) entre ME *versus* MU y DC, ni tampoco entre MU *versus* DC, excepto a los 42 ddt (Cuadro 3).

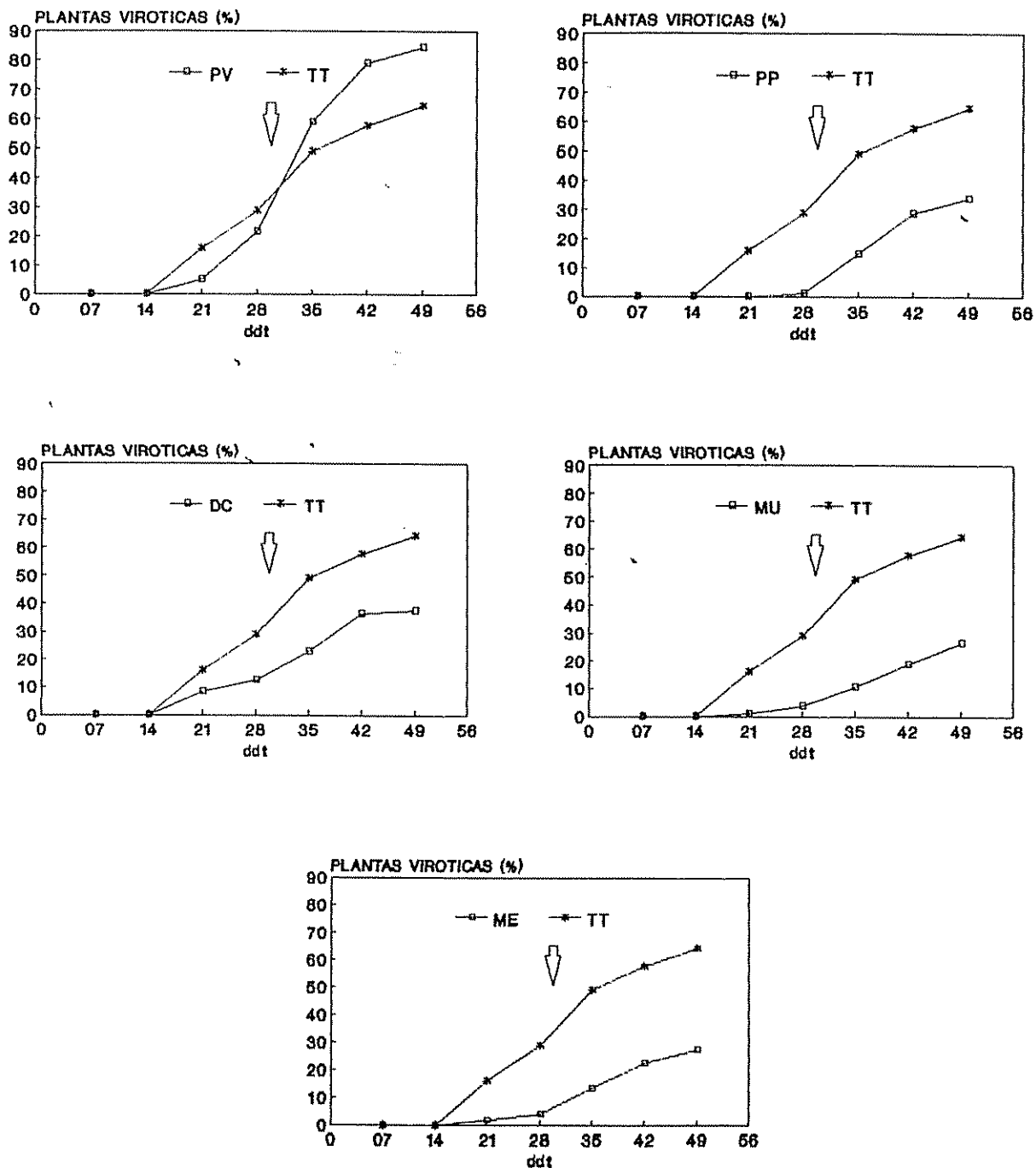


Figura 2. Incidencia de virosis en cada tratamiento, en comparación con el testigo. Turrialba, Costa Rica. 1994.

* La flecha indica la remoción de las coberturas

CUADRO 3. Contrastes ortogonales ($P > F$) para la incidencia promedio de virosis en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.

Contrastes	Días						
	07	14	21	28	35	42	49
TT vs. Cob	0.0	0.0	<u>0.0003</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0002</u>	<u>0.0027</u>	<u>0.0018</u>
In vs. Vv	0.0	0.0	0.5980	0.1847	<u>0.0002</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>
PP vs. PV	0.0	0.0	0.1639	<u>0.0010</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>	<u>0.0001</u>
MU+DC vs. ME	0.0	0.0	0.4069	0.3787	0.5778	0.4426	0.4936
MU vs. DC	0.0	0.0	0.0574	0.0985	0.0830	<u>0.0304</u>	0.1674

Cob: Todas las coberturas; In: inertes; Vv: vivas.
Las cifras subrayadas fueron significativas o altamente significativas.

En general, las únicas comparaciones que difirieron ($P < 0.01$) durante todo el experimento, tanto antes como después de la remoción de las coberturas, fueron el testigo *versus* todas las coberturas y el PV *versus* PP; en ambos casos, los primeros de cada contraste tuvieron mayor incidencia de virosis. ME fue semejante ($P > 0.05$) a las otras dos coberturas vivas en los dos períodos, aunque DC fue igual a MU solamente antes de los 28 ddt y después la superó. Las coberturas inertes fueron similares a las vivas únicamente antes de su remoción, pero luego fueron muy diferentes ($P < 0.01$) (Cuadro 4).

CUADRO 4. Contrastes ortogonales ($Pr > F$) y coeficientes de determinación y de varianza generales para la incidencia promedio de virosis en tomate, según los días después del trasplante, con coberturas (7-28 días) y sin ellas (35-49 días). Turrialba. Costa Rica. 1994.

	Días	
	07-28	35-49
TT vs. Cob	<u>0.0001</u>	<u>0.0003</u>
In vs. Vv	0.5499	<u>0.0001</u>
PP vs. PV	<u>0.0072</u>	<u>0.0001</u>
MU+DC vs. ME	0.3741	0.4297
MU vs. DC	0.0700	<u>0.0417</u>
R ²	0.9017	0.9549
CV	80.45	19.33

Cob: Todas las coberturas; In: inertes; Vv: vivas; R²: coeficiente de determinación; CV: coeficiente de variación. Las cifras subrayadas fueron significativas o altamente significativas

La tasa media de infección (T₅₀) se alcanzó a los 33 y 37 ddt en el PV y el TT, respectivamente. No se obtuvo en los demás tratamientos, pues no habían alcanzado el 50% de infección en la última evaluación (Anexo 2).

4.1.3 Plantas en el tratamiento de malezas espontáneas

Se identificaron 16 especies de plantas en ME (Cuadro 5). La verdolaga (*Portulaca oleracea*) predominó ampliamente en todos los bloques.

CUADRO 5. Plantas identificadas en el tratamiento de malezas espontáneas en tomate. Turrialba. Costa Rica. 1994.

NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	HOSPEDANTE DE <i>B. tabaci</i>
<i>Bidens pilosa</i>	Compositae	Sí ^(1,2)
<i>Emilia fosbergii</i>	Compositae	
<i>Erigenon</i> sp.	Compositae	
<i>Gnaphallium americanum</i>	Compositae	
<i>Jaegeria hirta</i>	Compositae	
<i>Sonchus oleraceus</i>	Compositae	Sí ⁽²⁾
<i>Commelina difusa</i>	Commelinaceae	
<i>Phyllanthus niruri</i>	Euphorbiaceae	
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Gramineae	
<i>Eleusine indica</i>	Gramineae	
<i>Laurentia longiflora</i>	Lobeliaceae	
<i>Heliconia</i> sp.	Musaceae	
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	Sí ⁽¹⁾
<i>Borreria latifolia</i>	Rubiaceae	Sí ⁽²⁾
<i>Drymaria cordata</i>	Schrophulariaceae	
<i>Spananthes paniculata</i>	Umbelliferae	

1. Comisión Nac. Mosca Blanca (1993); 2. Arias & Hilje (1993).

4.2 Evaluación en el invernadero

4.2.1 Coberturas verdes

El mayor número de adultos de *B. tabaci* encontrados por planta (en todas las hojas) fue de 104, en la cobertura con cinquillo, en el recuento del quinto día. El promedio por

planta más elevado ($P < 0.05$) se presentó en el tomate con cinquillo, seguido por el testigo y el vinil verde, que no difirieron entre sí ($P > 0.05$) (Cuadro 6).

CUADRO 6. Número de adultos de *B. tabaci* en tomate, en el invernadero. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 1994.

Cobertura	Promedio
Cinquillo (DC)	23.56a
Vinil verde (VI)	6.65b
Testigo (TT)	10.85b

Los promedios con la misma letra no fueron diferentes ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

No hubo diferencias ($P > 0.05$) en el contraste entre el testigo y las dos coberturas verdes, pero éstas difirieron mucho entre sí ($P < 0.01$) (Cuadro 7).

CUADRO 7. Contrastes ortogonales ($Pr > F$) para el promedio de adultos de *B. tabaci*, en tomate, en el invernadero. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 1994.

Contrastes	$Pr > F$
TT vs. Cob	0.1555
VI vs. DC	<u>0.0001</u>

Cob: Todas las coberturas.
La cifra subrayada fue altamente significativa.

La temperatura y humedad relativa del invernadero fue de 28.8°C y 53.2%, en promedio.

4.2.2 Respuesta a colores

El mayor número de adultos capturados fue de 322 por trampa, en el AM. La cantidad promedio atrapada en el AM fue mucho mayor ($P < 0.05$) que en los demás tratamientos. El VC, VI y PV no difirieron entre sí ($P > 0.05$); sin embargo, los dos últimos tuvieron cifras muy bajas (Cuadro 8).

CUADRO 8. Número de adultos de *B. tabaci* capturados en trampas de colores, en el invernadero. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 1994.

Trampa	Promedio
Amarilla (AM)	176.67a
Verde claro (VC)	33.42b
Verde oscuro (PV)	2.75b
Vinil verde oscuro (VI)	2.75b

Los promedios con la misma letra no fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

V. DISCUSION

Las coberturas al suelo utilizadas, vivas e inertes, disminuyeron la abundancia de adultos de *B. tabaci* (Fig. 1). Esta fue baja durante el experimento, a pesar de haber sembrado previamente chile dulce para aumentarla. Hasta los 35 ddt todos los tratamientos tuvieron un número menor que el testigo.

El contraste entre el testigo y las coberturas se notó desde el inicio (Fig. 1). A pesar de la baja abundancia del vector, hubo una afluencia relativamente repentina y disímil entre tratamientos. Amador & Hilje (1993) notaron una colonización inicial aleatoria y paulatina, sin que los tratamientos ejercieran un efecto diferencial. La diferencia entre autores podría deberse a que en el presente experimento, hubo parcelas más grandes y mayor espacio entre los bloques, chile dulce asociado y café intercalado con el tomate. El chile mantuvo, posiblemente, una población de adultos "dispuestos" a adentrarse en las parcelas, una vez trasplantado el tomate. Además, el café quizá sirvió como refugio temporal para los adultos; durante las perturbaciones del tomate, por ejemplo en la deshija, frecuentemente se observaron adultos posados allí.

Hubo fuertes lluvias entre los 21 y 28 ddt, que posiblemente redujeron la abundancia de adultos en el testigo (Fig. 1). El efecto mecánico de la lluvia, al golpear las hojas (Horowitz 1986, Hilje 1994), no afectó por igual a todos los tratamientos. Los adultos desalojados podrían refugiarse en las coberturas vivas, pero no hay una explicación clara para las coberturas plásticas.

Al retirar las coberturas (29 ddt) aumentó el número de adultos en todos los tratamientos, especialmente en el de malezas espontáneas, donde se mantuvo siempre en ascenso. La reducción de las lluvias, alrededor de los 35 ddt, probablemente favoreció este pico (Fig. 1). A pesar de que después de esta fecha disminuyó la abundancia en casi todas las parcelas, fue abrupta en la del testigo y luego tendió a aumentar, especialmente en aquellas con coberturas. Estos hechos sugieren que hubo una redistribución del insecto en ese momento, hacia las áreas en donde las plantas habían estado "protegidas" con las coberturas, y se observaban más sanas, con mayor follaje y, quizás, con un contenido proteínico mayor (Lastra 1993). Amador & Hilje (1993) observaron que al retirar las coberturas hubo redistribución e incremento de adultos en las parcelas menos deterioradas.

La mayor abundancia de adultos en el testigo (Fig. 1) probablemente resultó de las condiciones físicas,

principalmente las propiedades visuales, de este tratamiento. Estas fueron análogas a las de parcelas comerciales, donde el suelo desnudo contrasta notoriamente con el verdor de las plantas de tomate, y causa mayor afluencia de insectos, como se ha observado para *B. tabaci* (Amador & Hilje 1993) y otras plagas (A'Brook 1968, Dempster 1969, Kennedy *et al.* 1961, Kring 1972, Smith 1969, 1976a).

En el invernadero, estas observaciones de campo no se lograron dilucidar. Las plantas con las dos coberturas verdes, tanto la inerte como la viva, reclutaron igual o mayor cantidad de adultos que el testigo (Cuadro 6); el cinquillo atrajo hasta 104 adultos en una sola planta de tomate. Quizás la temperatura en el invernadero (29°C al mediodía) influyó en esto, ya que el cinquillo pareció ser un refugio, más fresco, para los adultos. En realidad, el tamaño de los tratamientos resultó muy reducido e inadecuado para observar diferencias biológicas del comportamiento de selección del hospedante, por lo que el contraste con el suelo no fue un factor determinante en ello. Observaciones posteriores, aumentando el tamaño a una sola mesa con cinquillo y otra a suelo desnudo, mostraron una mayor afluencia hacia éste (L. Hilje 1994, CATIE, com. pers.).

En general, en el tratamiento con plástico verde en el campo la abundancia de adultos fue levemente menor que en el

testigo (Fig. 1), por lo que un material con este color no es recomendable como cobertura. Cuando se escogió el tipo de plástico verde, se pretendió simular una cobertura viva de una tonalidad semejante al follaje del tomate, para reducir al mínimo el contraste entre el cultivo y el suelo, y disminuir la afluencia de adultos. Se consiguió un material aparentemente útil, pero en 14 días se decoloró, adquiriendo una tonalidad verde claro. En el experimento de invernadero, las trampas con este plástico (PV) no atrajeron adultos (Cuadro 8), lo que sugiere que este material podría ser eficaz, si no se decolorara rápidamente.

Al planificar el trabajo de campo, se quiso utilizar otra cobertura verde de vinil, debido a que era muy semejante a la tonalidad del follaje del tomate, pero no se consiguió la cantidad necesaria. Las trampas evaluadas en el invernadero con este vinil (VI), tampoco atrajeron adultos, por lo que es probable que en el campo se hubieran obtenido buenos resultados con este material. El verde oscuro es uno de los colores menos preferidos por *B. tabaci* (Husain & Trehan 1940).

En los experimentos de la respuesta de *B. tabaci* a los colores, en el invernadero, se evaluaron los plásticos amarillo y verde utilizados como coberturas por Amador & Hilje (1993). Las trampas amarillas (AM) atrajeron la mayor

cantidad de adultos (Cuadro 8). La preferencia por este color está bien documentada en esta especie (Cohen 1982, Cohen & Berlinger 1986, Cohen & Melamed-Madjar 1974, 1978, Husain & Trehan 1940, Maelzer 1986, Mound 1962). La atracción hacia el amarillo es característico de la mayoría de los insectos herbívoros diurnos, lo cual se debe a la discriminación de longitudes de onda reflejadas en el follaje y no a la verdadera visión cromática (Prokopy & Owens 1983).

Las trampas verde claro (VC) capturaron un número relativamente alto de adultos; aproximadamente cinco veces menos que las amarillas (Cuadro 8). Amador & Hilje (1993) no observaron diferencias marcadas entre dicho color, el amarillo y el testigo, en la disminución de adultos ni de virosis. Concluyeron que esta tonalidad de verde probablemente reflejaba radiación de una longitud de onda cercana al amarillo, especialmente al decolorarse, por lo que hubo mucha atracción del insecto.

En el plástico plateado se redujo notoriamente la abundancia de adultos en el campo y se tuvo el menor promedio general. Su efecto positivo se ha documentado para *B. tabaci* (Calderón *et al.* 1994a, Salazar 1994, Schuster *et al.* 1989, Sponagel & Fúnez 1994, Swuan *et al.* 1988) y áfidos (Kring 1972, Loebenstein *et al.* 1975, Smith & Webb 1969, Summers & Stapleton 1994, Wyman *et al.* 1979).

Las superficies plateadas reflejan la radiación tanto de longitud de onda corta como de larga (Kring 1972). *B. tabaci* parece ser atraída por las dos clases de longitud de onda, pero no simultáneamente; las de onda corta (UV-azul) se relacionan con sus hábitos migratorios, y las de onda larga (amarilla) con la localización de hospedantes (Mound 1962). En áfidos, este comportamiento de orientación visual se ha explicado proponiendo que ellos, al abandonar una planta, son atraídos fuertemente por radiaciones de longitud de onda corta o ultravioleta, y que después de volar por cierto tiempo, descienden o alcanzan una fase en donde estas mismas radiaciones en el cielo los repelen, siendo atraídos por la luz de onda larga reflejada de las plantas (Kring 1972). En la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, las superficies con una transmisión o reflexión de luz en la región del ultravioleta azul (400-520 nm), inhiben su atracción (Affeldt et al. 1983, Vaishampayan et al. 1975a).

La abundancia de adultos fue semejante en todas las coberturas vivas, e inferior al testigo. No se tiene la certeza de si las malezas, sembradas o emergidas espontáneamente, "enmascaran" al cultivo disminuyendo su cantidad en él, o funcionan como una fuente abundante y opcional de savia para su alimentación, que retiene a los adultos de *B. tabaci* en ellas. El establecimiento de coberturas vivas permanentes, mantenidas apropiadamente,

también podría ser ventajoso por la presencia de depredadores y parasitoides de los insectos plaga (Smith 1969, 1976b).

El geminivirus fue detectado en todas las muestras analizadas. La infección causó síntomas severos, especialmente en el testigo, y leves en el plástico verde. Dichos síntomas (amarillamiento y consistencia coriácea de las hojas superiores, reducción de la lámina foliar y del crecimiento de la planta) son parecidos a los del mosaico amarillo del tomate (MAT) (Lastra 1993, Leal & Lastra 1984, Uzcátegui & Lastra 1978).

La protección del almácigo con malla durante los primeros 30 dds, posiblemente excluyó a *B. tabaci*, reduciendo la incidencia de virosis en el campo, lo que coincide con otros autores (Amador & Hilje 1993, Anzola & Lastra 1978, Cubillo *et al.* 1994, Quirós *et al.* 1994, Rivas *et al.* 1994).

Al realizarse el trasplante, las plántulas estaban asintomáticas, aunque no se tuvo la certeza de la ausencia del virus en ellas. Las primeras expresiones de virosis se presentaron a los 21 ddt en casi todos los tratamientos (Fig. 2). Esto concuerda con Amador & Hilje (1993) y Rivas *et al.* (1994), quienes observaron el inicio de la expresión de virosis aproximadamente entre los 45-50 dds. Los síntomas bien definidos y fácilmente detectables se presentan a los 39

días después de la inoculación, en plantas de 15 días de germinadas (L. Hilje 1994, CATIE, com. pers.). Ello indica ya sea que algunos adultos virulíferos ingresaron en los almácigos o, como lo sugieren Hilje *et al.* (1993), que la fecha de expresión se mantiene prácticamente constante y es independiente del periodo de exposición a los vectores virulíferos, lo que implica un estado fisiológico determinado de la planta.

En el plástico plateado las primeras expresiones de virosis se presentaron una semana después (28 ddt) que en los otros tratamientos. El número tan bajo de adultos hasta los 14 ddt (Fig. 1) quizás influyó en el retraso de la inoculación, por varios días. No obstante, el porcentaje de adultos virulíferos en la etapa de establecimiento probablemente fue alto, debido al cultivo asociado de chile dulce, sembrado previamente. Es posible que el geminivirus del tomate se multiplique en el chile, a pesar de no mostrar síntomas, y que los adultos originados allí lo porten (Hilje *et al.* 1993).

Los mayores niveles de virosis se presentaron en el testigo y el plástico verde (Fig. 2). A pesar de que se presentó un promedio inferior a dos adultos/planta (hoja clave), la mayoría eran posiblemente virulíferos y su

afluencia desde la primera evaluación diseminó el geminivirus rápidamente en toda la parcela.

La utilización de almácigos protegidos y algunas coberturas permitieron retrasar la T_{50} , aunque no se logró cuantificar en forma adecuada (únicamente en el testigo y el plástico verde), debido a la pérdida total por la bacteriosis causada por *Pseudomonas solanacearum*. Hasta la última evaluación (49 ddt), en ninguna se había alcanzado el 50% de infección, excepto en el plástico verde (33 ddt). Amador & Hilje (1993) observaron en el testigo una T_{50} de 27 ddt, y valores de 38 y 40 ddt para coberturas de *Arachis pintoi* y malezas espontáneas, respectivamente. Aquí la T_{50} se alcanzó a los 37 ddt en el testigo.

El retraso de la diseminación de la virosis en las parcelas hubiera mejorado el rendimiento típico de la zona. Según la opinión del agricultor colaborador, la buena calidad de plantas obtenidas del almácigo, por su buen tamaño y aspecto sano y vigoroso, hubieran dado una cosecha que podría haber sobrepasado, probablemente, sus expectativas, en comparación con el procedimiento convencional de almácigos desprotegidos y uso de insecticidas. El mejoramiento de las técnicas empleadas por Amador & Hilje (1993), realizado por Cubillo *et al.* (1994) y adoptado en esta investigación, permitieron disminuir el estrés de la plantas durante el

almácigo y el trasplante; estas mejoras incluyeron la selección de la malla Agronet, de la bandeja de 72 compartimentos y la adición del fertilizante de liberación lenta Osmocote al sustrato.

El menor número de adultos encontrados en los tratamientos con coberturas vivas, implicó una reducción de la incidencia de virosis en estas parcelas (Fig. 2). En las parcelas con mucuna hubo baja incidencia (26%) a los 49 ddt, por lo que tendría buena posibilidad de utilización. Sin embargo, los problemas de mantenimiento opacan sus bondades. Una vez establecida, por su hábito de enredadera, creció rápidamente, enrollándose en las plantas de tomate, en los tutores y en el cafeto, por lo que se debió podar constantemente y requirió mucha mano de obra.

En las parcelas con malezas espontáneas se presentó un porcentaje de virosis bajo (27%) a los 49 ddt. De las 16 especies de plantas encontradas en este tratamiento (Cuadro 5), solamente cuatro han sido identificadas como hospedantes de *B. tabaci*, entre ellas la verdolaga que fue la más abundante. Permitir el establecimiento de las malezas propias del lugar, además de ser económico para el agricultor, proporciona hospedantes alternos para *B. tabaci*, y quizás reduzca su atracción hacia el cultivo. A pesar de las recomendaciones de mantener el cultivo completamente

limpio de malezas, como una táctica para controlar al vector, eliminando los hospedantes silvestres de éste (Avila & Pozo 1991), los resultados obtenidos aquí sugieren que estas interacciones son mucho más complejas y podrían ser, más bien, beneficiosas.

Las parcelas con cinquillo tuvieron 37% de virosis en la última evaluación. Esta cobertura tiene características promisorias. Crece en forma natural en la zona, forma una capa tupida y baja, tiene raíces someras que no compiten por los nutrimentos y el agua con el tomate recién trasplantado, y es de fácil manejo. Al inicio del experimento se sembró por semilla, pero debido a su lento crecimiento se propagó vegetativamente, requiriendo bastante mano de obra. Algunos agricultores afirman que el cinquillo es hospedante de la mosca blanca, pero ésto no se ha documentado formalmente.

En tomate de siembra directa, el establecimiento de coberturas vivas alrededor de las plantas, puede ser una desventaja debido a la competencia por espacio, luz y nutrimentos; sin embargo, en la siembra por trasplante esto probablemente es mínimo, sobre todo si se utilizan bandejas para el almácigo, ya que las plantas traen raíces bien desarrolladas y son sembradas a una profundidad aproximada de 15-20 cm. No obstante, se debe realizar un adecuado manejo de las coberturas, con raleos y podas. La imposibilidad de

cuantificar el rendimiento, impidió analizar si ocurrió verdaderamente una disminución de la cosecha debido a la competencia.

En las parcelas con plástico verde hubo una alta incidencia de virosis, que sobrepasó al testigo al retirar el material y alcanzó el nivel más alto de todos (84%). La decoloración a un tono verde claro probablemente provocó que la cobertura atrajera al vector; la afluencia fue muy parecida al testigo (Fig. 1), acelerando la diseminación de la virosis.

En el plástico plateado, se retrasó la expresión de los primeros síntomas de virosis hasta los 28 ddt. La incidencia fue muy baja, aunque superior a la mucuna y las malezas espontáneas (Anexo 2); a los 49 ddt, apenas 34% de las plantas en estas parcelas presentaban síntomas bien definidos de infección. Este efecto positivo en la reducción de la incidencia podría haber contribuido al aumento del rendimiento.

Las dos coberturas plásticas evitaron el crecimiento de malezas mientras estuvieron instaladas. Esta es una de sus ventajas, aunque también reducen la lixiviación de fertilizantes, ayudan a conservar el agua y regulan la temperatura y la humedad del suelo (Abdul-Baki 1991, Avila &

Pozo 1991, Kasperbauer & Hunt 1988, Maelzer 1986). A pesar de estos efectos positivos, su instalación se complicó por el insuficiente espacio existente entre las eras de café, requiriendo mucha mano de obra; este aspecto dependerá de las condiciones y de la topografía del terreno en que se utilicen. Actualmente, estos materiales no se consiguen fácilmente en Costa Rica, sobre todo el plástico plateado; en el caso del verde, no hay uno verdaderamente adecuado en suficiente cantidad. Por esto, ambos tienen que importarse, convirtiéndolos en poco accesibles para los pequeños y medianos productores.

Además, la reutilización de estos plásticos es poco factible, al menos para el mismo fin, por lo que se pueden producir muchos desechos; las consecuencias ambientales de contaminación a largo plazo por su uso continuo serían problemáticas. En investigaciones posteriores, se le debe dar un énfasis especial al empleo de coberturas con materiales biodegradables; tal es el caso de una pintura acuosa plateada utilizada experimentalmente en el combate de áfidos en California (Summers & Stapleton 1994). Al respecto, las coberturas vivas se presentan como la mejor opción, si se pretende reducir el impacto ambiental.

El rendimiento no se logró cuantificar debido a la bacteriosis. La opinión del agricultor, tomando en cuenta la

calidad de las plantas, fue que se hubiera obtenido una excelente cosecha. Por ejemplo, Quirós *et al.* (1994) obtuvieron en Grecia y Valverde Vega, la zona de mayor producción de tomate en Costa Rica, rendimientos de 26-33 t/ha, con Hayslip en siembra por trasplante, con poca abundancia de adultos (<5 adultos/hoja clave) y teniendo 100% de incidencia a los 50 ddt, aproximadamente. Para esa misma fecha, en los resultados obtenidos aquí, el testigo tenía 64% y la mucuna solamente 26% de virosis, por lo que probablemente la producción hubiera sido superior.

La utilización de almácigos protegidos combinados con coberturas al suelo en el cultivo de tomate, se presenta como una opción funcional, práctica y eficaz en el combate del complejo *B. tabaci*-geminivirus. Sin embargo, deberán realizarse estudios posteriores similares que permitan analizar el rendimiento, buscando la factibilidad económica para fundamentar, de esta manera, las recomendaciones a los productores.

VI. CONCLUSIONES

1. Las coberturas al suelo, tanto las vivas (malezas espontáneas, "mucuna" y "cinquillo") como el plástico plateado, disminuyeron la abundancia de adultos de *B. tabaci* y la incidencia de virosis, con respecto al testigo.
2. No se tiene certeza de si el efecto de las coberturas vivas se debe al "enmascaramiento" del tomate, por su color, o a que ellas retienen a los adultos de *B. tabaci*, por ser fuente de savia.

VII. RECOMENDACIONES

1. Validar las coberturas promisorias en parcelas de agricultores, para efectuar un análisis operativo y económico de su uso y determinar su factibilidad de adopción.
2. Buscar y evaluar otras coberturas vivas, especialmente plantas nativas de fácil manejo, que posean características favorables para su utilización comercial.
3. Buscar y evaluar otras coberturas inertes de tonalidad similar al follaje del tomate.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- A'BROOK, J. 1968. The effect of plant spacing on the numbers of aphids trapped over the groundnut crop. *Annals of Applied Biology* 61:289-294.
- ABDUL-BAKI, A.A. 1991. A new way to grow tomatoes. *Agricultural Research* 39(10):14-15.
- ACUNA, W. 1993. Efecto de la infección de un geminivirus sobre el rendimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*) a diferentes estadios de desarrollo de la planta. Tesis Lic. Agr. Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico. Turrialba, Costa Rica. 73 p.
- ABDELDAFFIE, E.Y.A.; ELHAG, E.A & BASHIR, N.H.H. 1987. Resistance in the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) to insecticide recently introduced into Sudan Gezira. *Tropical Pest Management* 33(4):283-286.
- AFFELDT, H.A.; THIMIJJAN, R.W.; SMITH, F.F. & WEBB, R.E. 1983. Response of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and the vegetable leafminer (Diptera: Agromyzidae) to photospectra. *Journal of Economic Entomology* 76:1405-1409.
- AHMED, A.H.M.; ELHAG, E.A. & BASHIR, N.H.H. 1987. Insecticide resistance in the cotton whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) in the Sudan Gezira. *Tropical Pest Management* 33(1):67-72.
- AL-MUSA, A. 1982. Incidence, economic importance, and control of tomato yellow leaf curl in Jordan. *Plant Disease* 66(7):561-563.
- AMADOR, R. & HILJE, L. 1993. Efecto de coberturas vivas e inertes sobre la atracción de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius), al tomate. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 29:14-21.
- ANZOLA, D. & LASTRA, R. 1978. Protección de semilleros y su relación con la incidencia del virus mosaico amarillo del tomate. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 28(5):473-482.

- ARIAS, R. & HILJE, L. 1993a. Actividad diaria de los adultos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el tomate y hospedantes alternos del insecto. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 28:20-25.
- _____ & HILJE, L. 1993b. Uso del frijol como cultivo trampa y de un aceite agrícola para disminuir la incidencia de virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 27:27-34.
- AVILA, J. & POZO, O. 1991. Manejo del vector: una estrategia para el control de virosis en el cultivo de chile. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Tampico, México. Folleto Técnico No. 6. 20 p.
- BAYER. 1993. ¿Cómo actúan los plaguicidas?. Correo Fitosanitario (Alemania) 1:18-20.
- BERLINGER, M.J. 1986. Host plant resistance to *Bemisia tabaci*. Agriculture, Ecosystems and Environment 17(1-2):69-82.
- _____ & DAHAN, R. 1989. Importance of plant resistance in the control of whiteflies and whitefly-borne viruses in tomato and the development of screening methods. In Tomato and pepper: Production in the tropics. T.D. Greggs & B.T. McLean (eds.). Taiwan. AVRDC Publication No. 89-317. p. 239-248.
- BINK-MOENEN, R.M. & MOUND, L.A. 1990. Whiteflies: Diversity, biosystematics and evolutionary patterns. In Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 1-11.
- BLACKMER, J.L. & BYRNE, D.N. 1993. Environmental and physiological factors influencing phototactic flight of *Bemisia tabaci*. Physiological Entomology 18:336-342.
- BONILLA, F. 1993. Período de adquisición, latencia y transmisión de geminivirus en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) por la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en Costa Rica. Tesis Lic. Agr. Universidad de Costa Rica. Sede Regional del Atlántico, Turrialba, Costa Rica. 71 p.

- BROWN, J.K. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América, desde 1989 a 1992. *In Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe.* L. Hilje y O. Arboleda (eds.). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 205. p. 1-9.
- _____ & BIRD, J. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and the Caribbean Basin. *Plant Disease* 76:220-225.
- BRUNT, A.A. 1986. Transmission of diseases. *In Bemisia tabaci: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography.* M.J.W. Cock (ed.). FAO-CAB-IICA. Ascot, UK. p. 43-50.
- BUCHNER, E. 1992. Metodología para cultivar tomates para proceso en el Valle de Comayagua (Honduras) bajo la limitante de la mosca blanca. *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola.* Honduras. 22 p.
- BUNTIN, G.D.; GILBERTZ, D.A. & OETTING, R.D. 1993. Chlorophyll loss and gas exchange in tomato leaves after feeding injury by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 86(2):517-522.
- BYRNE, D.N. & BELLOWS, T.S. 1991. Whitefly biology. *Annual Review of Entomology* 36:431-457.
- _____, BELLOWS, T.S. & PARRELLA, M.P. 1990. Whiteflies in agricultural systems. *In Whiteflies: Their bionomics, pest status and management.* D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 227-261.
- _____ & HOUCK, M.A. 1989. Morphometric identification of wing polymorphism in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Annals of the Entomological Society of America* 83:487-493.
- CABALLERO, R. 1993. Moscas blancas neotropicales (Homoptera: Aleyrodidae): hospedantes, distribución, enemigos naturales e importancia económica. *In Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe.* L. Hilje y O. Arboleda (eds.). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 205. p. 10-15.

- CALDERON, L.F.; DARDON, D. & SALGUERO, V. 1994a. Efecto de coberturas del suelo sobre poblaciones de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y acolochamiento en tomate. *In* Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Tomate. Fase II: 1992-1993. D.E. Dardón y V. Salguero (eds.). Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala. p. 45-54.
- _____ ; DARDON, D. & SALGUERO, V. 1994b. Eficiencia de barreras de sorgo en el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*). *In* Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Tomate. Fase II: 1992-1993. D.E. Dardón y V. Salguero (eds.). Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala. p. 73-76.
- CALVO, G.; BARRANTES, L.; HILJE, L.; SEGURA, L.; RAMIREZ, O.; KOPPER, N.; RAMIREZ, A. & CAMPOS, J.L. 1994a. Un esquema comprensivo y funcional para el manejo integrado de plagas del tomate en Costa Rica. *In* Lecturas sobre manejo integrado de plagas. L. Hilje (comp.). Colección Temas de Fitoprotección para Extensionistas No. 1. Informe Técnico No. 237. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 58-73.
- _____ ; BARRANTES, L.; HILJE, L.; SEGURA, L.; CUBILLO, D.; KOOPER, N. & CAMPOS, J.L. 1994b. Validación de tácticas de manejo de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en parcelas de productores de tomate, en Costa Rica. (Manuscrito).
- CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 151. 138 p.
- COCK, M.J.W. 1986. Other control methods. *In* *Bemisia tabaci*: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. M.J.W. Cock (ed.). FAO-CAB-IICA. Ascot, UK. p. 59-61.
- COHEN, S. 1982. Control of whitefly vectors of viruses by color mulches. *In* Pathogens, vectors, and plant diseases: Approaches to control. K.F. Harris & K. Maramorosch (eds.). Academic Press, New York. p. 45-56.
- _____. 1990. Epidemiology of whitefly-transmitted viruses. *In* Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 211-225.
- _____ & BERLINGER, M. 1986. Transmission and cultural control of whitefly-borne viruses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 17(1-2):89-97.

- COMISION NACIONAL DE DIVISION TERRITORIAL. 1972. División territorial administrativa de la República de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica. 99 p.
- COMISION NACIONAL DE MOSCA BLANCA. 1993. Las moscas blancas en Nicaragua. *In* Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. L. Hilje y O. Arboleda (eds.). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 205. p. 54-57.
- COOMBE, P.E. 1982. Visual behaviour of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. *Physiological Entomology* 7:243-251.
- COSTA, A.S. 1969. Whiteflies as virus vectors. *In* Viruses, vectors and vegetation. K. Maramorosch (ed.). Interscience Publishers, New York. p. 95-119.
- COSTELLO, M.J. & ALTIERI, M.A. 1994. Living mulches suppress aphids in broccöli. *California Agriculture* 48(4):24-28.
- COUDRIET, D.L.; PRABHAKER, N.; KISHABA, A.N. & MEYERDIRK, D.E. 1985. Variation in development rate on different hosts and overwintering of the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 14:516-519.
- CUBILLO, D; HILJE, L. & CHACON, A. 1994. Producción de plántulas de tomate sin geminivirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (Aceptado). p. 23-27
- DELGADILLO, B.M.; ZAMORA, M.; MONTERREY, J. & GUHARAY, F. 1992. Efecto de cultivo trampa y barrera vegetal sobre la inmigración de mosca blanca hacia el semillero de tomate. *In* Memoria Jornada Científico-Técnica sobre el cultivo de tomate. Managua, Nicaragua. p. 6-8.
- DEMPSTER, J.P. 1969. Some effects of weeds control on the numbers of the small cabbage white (*Pieris rapae* L.) on Brussels sprouts. *Journal of Applied Ecology* 6:339-345.
- DITTRICH, V.; ERNST, G.H.; RUESCH, O. & UK, S. 1990. Resistance mechanisms in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala, and Nicaragua. *Journal of Economic Entomology* 83(5):1665-1670.

- DITTRICH, V.; UK, S. & ERNST, G.H. 1990. Chemical control and insecticide resistance of whiteflies. *In* Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 263-285.
- EICHELKRAUT, K. & CARDONA, C. 1989. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *B. tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del frijol común. Turrialba (Costa Rica) 39(1):51-55.
- ESPINO, C.; RIVAS, I.; GOMEZ, D. & GUHARAY, F. 1993. Movimiento local de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) en el campo de tomate, en el Valle de Sébaco. *In* Memoria. Taller Interno sobre el Cultivo de Tomate. Grupo interinstitucional de tomate. Nicaragua. p. 11-12
- FRANKE, G.; VAN BALEN, L. & DEBROT, E. 1983. Efecto de la época de infección por el mosaico amarillo sobre el rendimiento del tomate. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (Venezuela) 6(2):741-743.
- FRANSEN, J.J. 1990. Natural enemies of whiteflies: Fungi. *In* Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 187-210.
- GERLING, D. 1986. Natural enemies of *Bemisia tabaci*, biological characteristics and potential as biological control agents: A review. Agriculture, Ecosystems and Environment 17(1-2):99-110.
- _____. 1990. Natural enemies of whiteflies: Predators and parasitoids. *In* Whiteflies: their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 147-185.
- _____. 1992. Approaches to the biological control of whiteflies. Florida Entomologist 75(4): 446-456.
- _____; HOROWITZ, A.R. & BAUMGAERTNER, J. 1986. Autecology of *Bemisia tabaci*. Agriculture, Ecosystems and Environment 17(1-2):5-19.
- GREATHEAD, A.H. 1986. Host plants, pp. 17-25. *In* *Bemisia tabaci*: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography. M.J.W. Cock (ed.). FAO-CAB-IICA. Ascot, UK. 121 p.

- HALL, R.A. 1993. The use of pathogens to control whiteflies in Europe and the tropics: Possibilities for integrated control. *In* Memoria II Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Nicaragua. p. 35-48.
- HILJE, L. 1993. Un esquema conceptual para el manejo integrado de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo del tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:51-57.
- _____. 1994. Aspectos bioecológicos de *Bemisia tabaci* en Mesoamérica. *In* Biología y manejo del complejo mosca blanca-virosis. M. Mata; D. Dardón y V. Salguero (eds.). Memorias. III Taller Centroamericano y del Caribe sobre Mosca Blanca. Guatemala. p. 53-71.
- _____ & ARBOLEDA O. 1993. Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 205. 66 p.
- _____; CUBILLO, D. & SEGURA, L. 1993. Observaciones ecológicas sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 30:24-30.
- HOROWITZ, A.R. 1986. Population dynamics of *Bemisia tabaci* (Gennadius), with special emphasis on cotton fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 17(1-2):37-47.
- _____; TOSCANO, N.C.; YOUNGMAN, R.R.; KIDO, K.; KNABKE, J.J. & GEORGHIOU, G.P. 1988. Synergism: Potential new approach to whitefly control. *California Agriculture* 42(1):21-22 y 29.
- HUSAIN, M.A. & TREHAN, K.N. 1940. Final report on the scheme of investigations on the whitefly on cotton in the Punjab. *Indian Journal of Agricultural Science* 10:101-109.
- IOANNOU, N. & IORDANOU, N. 1985. Epidemiology of tomato yellow leaf curl virus in relation to the population density of its whitefly vector, *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Technical Bulletin* 71. Agricultural Research Institute, Cyprus. 7 p.
- KASPERBAUER, M.J. & HUNT, P.G. 1988. Tomatoes prefer red mulch, potatoes like it white. *Agricultural Research* 36(3):4.

- KENNEDY, J.S.; BOOTH, C.O. & KERSHAW, W.J.S. 1961. Host finding by aphids in the field. III. Visual attraction. *Annals of Applied Biology* 49:1-21.
- KISHA, J.S.A. 1981. Observations on the trapping of the whitefly *B. tabaci* by glandular hairs on tomato leaves. *Annals of Applied Biology* 97:123-127.
- _____. 1984. Whitefly, *B. tabaci*, infestations on tomato varieties and a wild *Lycopersicon* species. *Annals of Applied Biology* 104:124-125.
- KOPPER, N.; MENESES, R.; JIMENEZ, J.M. QUESADA, S. 1991. Evaluación de líneas de tomate de mesa resistentes a *Pseudomonas solanacearum* en la época seca en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 19:1-4.
- KRING, J.B. 1972. Flight behavior of aphids. *Annual Review of Entomology* 17:461-492.
- LASTRA, R. 1987. Algunas virosis de importancia agrícola en la América tropical. In *Curso de áfidos*. J. Pinochet & D. Quintero (eds.). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No.125. p. 63-69.
- _____. 1993. Los geminivirus: un grupo de fitovirus con características especiales. In *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe*. L. Hilje y O. Arboleda (eds.). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 205. p. 16-19.
- LI, TZU-YIN; VINSON, S.B. & GERLING, D. 1989. Courtship and mating behavior of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology* 18(5):800-806.
- LEAL, N. & LASTRA, R. 1984. Altered metabolism of tomato plants infected with tomato yellow mosaic virus. *Physiological Plant Pathology* 24(1):1-7.
- LOEBENSTEIN, G.; ALPER, M.; LEVY, S.; PALEVITCH, D. & MENAGEM, E. 1975. Protecting peppers from aphid-borne viruses with aluminum foil or plastic mulch. *Phytoparasitica* 3(1):43-53.
- LOPEZ-AVILA, A. 1986. Taxonomy and biology. In *Bemisia tabaci: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography*. M.J.W. Cock (ed.). FAO-CAB-IICA. Ascot, UK. p. 3-11.

- LOPEZ-AVILA, A & COCK, M.J.W. 1986. Economic damage. *In Bemisia tabaci: A literature survey on the cotton whitefly with an annotated bibliography.* M.J.W. Cock (ed.). FAO-CAB-IICA. Ascot, UK. p. 51-53.
- LOPEZ, G. & LOPEZ, J. 1992. Introducción al micro SAS: aplicación al análisis de experimentos agrícolas. Centro de Cómputo y Bioestadística. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 101 p.
- MACDOWALL, F.D.H. 1972. Phototactic action spectrum for whitefly and the question of color vision. *The Canadian Entomologist* 104:299-307.
- MADDEN, L.V. 1980. Quantification of disease progression. *Protection Ecology* 2:159-176.
- _____ & CAMPBELL, C.L. 1986. Descriptions of virus disease epidemics in time and space. *In Plant virus epidemics.* G.D. McLean; R.D. Garret & W.G. Ruesink (eds.). Academic Press, Sydney. p. 273-293.
- MAELZER, D.A. 1986. Integrated control of insect vectors of plant virus diseases. *In Plant virus epidemics.* G.D. McLean, R.G. Garret & W.G. Ruesink (eds.). Academic Press, Sydney. p. 483-512.
- MORALES, J.R.; DARDON, D. 1994. Evaluación de imidacloprid en el control de mosca blanca en tomate. *In Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Tomate. Fase II: 1992-1993.* D.E. Dardón y V. Salguero (eds.). Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala. p. 131-139.
- _____; DARDON, D. & SALGUERO, V. 1994. Parcela de validación y transferencia en tomate sobre el control de mosca blanca. *In Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Tomate. Fase II: 1992-1993.* D.E. Dardón y V. Salguero (eds.). Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala. p. 140-144.
- MORAN, A.; DUBON, R.; DARDON, D.; SALGUERO, V. & RAMIREZ, O. 1994. Efecto de cuatro distanciamientos entre barreras de sorgo en el control de mosca blanca en tomate. *In Manejo Integrado de la Mosca Blanca en Tomate. Fase II: 1992-1993.* D.E. Dardón y V. Salguero (eds.). Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala. p. 77-89.
- MOUND, L.A. 1962. Studies on the olfaction and colour sensitivity of *Bemisia tabaci* (Genn) (Homoptera, Aleyrodidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 5:99-104.

- MOUND, L.A. 1983. Biology and identity of whitefly vectors of plant pathogens. *In* Plant virus epidemiology. R.T. Plumb & J.M. Thresh (eds.). Blackwell Scientific Publications, London. p. 305-313.
- _____. 1984. Zoogeographical distribution of whiteflies. *In* Current topics in vector research. Volumen 2. K.F. Harris (ed.). Praeger Publishers. New York. p. 185-197.
- _____. & HASLEY, S.H. 1978. Whitefly of the world. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. British Museum of Natural History, London. 340 p.
- OHNESORGE, B. 1986. *Bemisia tabaci*: Ecology and control. Introduction. Agriculture, Ecosystems and Environment 17(1-2):1-3.
- OSBORNE, L.S. & LANDA, Z. 1992. Biological control of whiteflies with entomopathogenic fungi. Florida Entomologist 75(4):456-471.
- PERALTA, L. & HILJE, L. 1993. Un intento de control de *Bemisia tabaci* con insecticidas sistémicos incorporados a la vainica como cultivo trampa, más aplicaciones de aceite en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 30: 21-23.
- PERRING, T.M.; COOPER, A.D.; RODRIGUEZ, R.J.; FARRAR, C.A. & BELLOWS, T.S. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science 259:74-77.
- POLLARD, D.G. 1955. Feeding habits of the cotton whitefly, *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae). Annals of Applied Biology 43(4):664-671.
- PONTI, O.M.B. DE; ROMANOW, L.R. & BELINGER, M.J. 1990. Whitefly plant relationships: plant resistance. *In* Whiteflies: Their bionomics, pest status and management. D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 91-106.
- PRABHAKER, N.; COUDRIET, D.L. & MEYERDIRK, D.E. 1985. Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology 78:748-752.

- PRABHAKER, N.; COUDRIET, D.L. & TOSCANO, N.C. 1988. Effect of synergists on organophosphate and permethrin resistance in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 81(1):31-39.
- _____; TOSCANO, N.C. & COUDRIET, D.L. 1989. Susceptibility of the immature and adult stages of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) to selected insecticides. *Journal of Economic Entomology* 82:983-988.
- _____; TOSCANO, N.C.; PERRING, P.M.; NUSSLER, G.; KIDO, K. & YOUNGMAN, R.R. 1992. Resistance monitoring of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) in the Imperial Valley of California. *Journal of Economic Entomology* 85(4):1063-1068.
- PROKOPY, R.J. & OWENS, E.D. 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review on Entomology* 28:337-364.
- QUEMADA, H.D. 1994. Resistance to geminiviruses and whiteflies. The results of traditional breeding and biotechnology. *In* *Biología y manejo del complejo mosca blanca-virosis*. M. Mata; D. Dardón y V. Salguero (eds.). Memorias. III Taller Centroamericano y del Caribe sobre Mosca Blanca. Guatemala. p. 180-189.
- QUIROS, C.A.; RAMIREZ, O. & HILJE, L. 1994. Participación de los agricultores en adaptar y evaluar tecnologías de semilleros contra la mosca blanca *Bemisia tabaci*, en tomate, en Alajuela, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. (Aceptado).
- RIVAS, G.G. & LASTRA, R. 1994. Detección no radiactiva de geminivirus en tomate mediante hibridación de ácidos nucleicos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 30:7-10.
- _____; LASTRA, R. & HILJE, L. 1994. Retardo de la virosis transmitida por *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate, mediante semilleros cubiertos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 31:12-16.
- ROSSET, P.; MENESES, R.; LASTRA, R. & GONZALEZ, W. 1990. Estimación de pérdidas e identificación del geminivirus transmitido al tomate por la mosca blanca *Bemisia tabaci* Genn. (Homoptera: Aleyrodidae) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 15:24-34.

- ROWLAND, M.; HACKETT, B. & STRIBLEY, M. 1991. Evaluation of insecticides in field control simulators and standard laboratory bioassays against resistant and susceptible *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) from Sudan. *Bulletin of Entomological Research* 81(2):189-199.
- SABORIO, M. 1994. Control fitogenético del complejo mosca blanca-virus. *In* *Biología y manejo del complejo mosca blanca-virosis*. M. Mata; D. Dardón y V. Salguero (eds.). *Memorias. III Taller Centroamericano y del Caribe sobre Mosca Blanca*. Guatemala. p. 169-179.
- SALAZAR, J.R. 1994. Efecto de coberturas del suelo sobre poblaciones de mosca blanca y acolochamiento en tomate. *In* *Manejo Integrado de Plagas en Tomate. Fase III: 1993-1994*. V. Salguero, L.F. Calderón y D. Dardón (eds.). Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala. p. 17-45.
- SALGUERO, V. 1993. Perspectivas para el manejo del complejo mosca blanca-virosis. *In* *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe*. L. Hilje y O. Arboleda (eds.). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 205. p. 20-26.
- SANCHEZ, J.M.; GARIJO, C. & GARCIA, E.J. 1991. Moscas blancas: *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, *Bemisia tabaci* Gennadius. *In* *Plagas del tomate: Bases para el control integrado*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. p. 37-52.
- SCHUSTER, D.J.; PRICE, J.F.; KRING, J.B. & EVERETT, P.H. 1989. Integrated management of the sweetpotato whitefly on commercial tomato. University of Florida, IFAS, Bradenton GCREC Research Report BRA1989-12. 22 p.
- SMITH, F.F. & WEBB, R.E. 1969. Repelling aphids by reflective surfaces, a new approach to the control of insect transmitted virus. *In* *Viruses, vectors and vegetation*. K. Maramorosch (ed.). Interscience Publishers, New York. p. 631-639.
- SMITH, J.G. 1969. Some effects of crop background on populations of aphids and Their natural enemies on Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 63:326-330.
- _____. 1976a. Influence of crop background on aphids and other phytophagous insects on Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 83:1-13.

- SMITH, J.G. 1976b. Influence of crop background on natural enemies of aphids on Brussels sprouts. *Annals of Applied Biology* 83:15-29.
- SPONANGEL, K.W. & FUNEZ, M.R. 1994. Estrategias probadas de manejo del complejo fitosanitario mosca blanca-virus gemini en la producción de tomate. Manual de recomendaciones. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Honduras. 46 p.
- STANSLY, P.A. & SCHUSTER, D.J. 1990. Whitefly update. Florida Tomato Institute Proceedings. 19 p. (Mimeografiado).
- SUMMERS, C. & STAPLETON, J. 1994. Sky's reflection repels aphids. *California Agriculture* 48(4):4.
- SUWWAN, M.A.; AKKAWI, M.; AL-MUSA, A.M. & MANSOUR, A. 1988. Tomato performance and incidence of tomato yellow leaf curl (TYLC) virus as affected by type of mulch. *Scientia Horticulturae* 37(1/2):39-45.
- TOSI, J.A. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica según la clasificación de L.R. Holdridge de zonas de vida del mundo. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- UZCATEGUI, R.C. & LASTRA, R. 1978. Transmission and physical properties of the causal agent of Mosaico Amarillo del Tomate (Tomato Yellow Mosaic). *Phytopathology* 68:985-988.
- VAISHAMPAYAN, S.M.; KOGAN, M.; WALDBAUER, G.P. & WOOLLEY, J.T. 1975a. Spectral specific responses in the visual behavior of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 18:344-356.
- _____ ; WALDBAUER, G.P. & KOGAN, M. 1975b. Visual and olfactory responses in orientation to plants by the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 18:412-422.
- VAN LENTEREN, J.C. NOLDUS, J.J. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects. In *Whiteflies: Their bionomics, pest status and management*. D. Gerling (ed.). Intercept, Andover UK. p. 47-90.

- WYMAN, J.A.; TOSCANO, N.C.; KIDO, K.; JOHNSON, H. & MAYBERRY, K.S. 1979. Effects of mulching on the spread of aphid-transmitted watermelon mosaic virus to summer squash. *Journal of Economic Entomology* 72(1):139-143.
- YOKOMI, R.K.; HOELMER, K.A. & OSBORNE, L.S. 1990. Relationships between the sweetpotato whitefly and the squash silverleaf disorder. *Phytopathology* 80(10):895-900.
- ZEHNDER, G.W. & HOUGH-GOLDSTEIN, J. 1990. Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with and without straw mulch. *Journal of Economic Entomology* 83(5):1982-1987.

IX. ANEXOS

ANEXO 1

Número promedio de adultos de *B. tabaci* en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.

	Días							PROM
	07	14	21	28	35	42	49	
PP	0.10	0.02	0.42	0.70	0.85	0.52	1.02	0.51a
PV	0.57	1.07	1.15	0.55	0.75	0.55	0.97	0.80ab
ME	0.40	0.37	0.22	0.30	0.40	0.70	1.56	0.56a
DC	0.65	0.52	0.45	0.25	0.77	0.70	0.77	0.59a
MU	0.40	0.60	0.50	0.40	1.00	0.60	0.80	0.59a
TT	1.57	1.40	0.80	0.80	1.30	0.42	0.57	0.98b
PROM	0.62	0.66	0.59	0.48	0.82	0.57	0.95	
	ab	ab	ab	a	bc	ab	c	

Los promedios con la misma letra no fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

ANEXO 2

Incidencia promedio de virosis en tomate, según los días después del trasplante. Turrialba. Costa Rica. 1994.

	Días						
	07	14	21	28	35	42	49
PP	0.00	0.00	0.00	1.04	14.93	28.82	33.68
PV	0.00	0.00	5.20	21.52	59.02	78.82	84.34
ME	0.00	0.00	2.08	4.17	13.54	22.57	27.31
DC	0.00	0.00	8.33	12.50	22.91	36.45	37.50
MU	0.00	0.00	1.04	3.70	10.65	18.75	26.39
TT	0.00	0.00	15.97	28.82	48.95	57.63	64.34
PROM	0.00	0.00	5.43	11.95	28.32	40.50	45.59
	a	a	ab	b	c	d	d

Los promedios con la misma letra no fueron significativamente ($P < 0.05$) diferentes, según la prueba de Tukey.