

POTENCIAL DE RESISTENCIA DE DIFERENTES GENOTIPOS DE YUCA
Manihot esculenta CRANTZ AL “BIOTIPO B” DE MOSCA BLANCA *Bemisia*
tabaci (GENNADIUS) (Homoptera:Aleyrodidae)

ARTURO CARABALI MUÑOZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
CALI, COLOMBIA

2004

POTENCIAL DE RESISTENCIA DE DIFERENTES GENOTIPOS DE YUCA
Manihot esculenta CRANTZ AL “BIOTIPO B” DE MOSCA BLANCA *Bemisia*
tabaci (GENNADIUS) (Homoptera:Aleyrodidae)

Arturo Carabali Muñoz

**Tesis de grado presentado
como requisito parcial para optar al título
de Magíster en Ciencias Biológicas.**

Director
James Montoya Lerma Ph.D.

CoDirector
Anthony C. Bellotti Ph.D.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
CALI, COLOMBIA

2004

DEDICATORIA:

A mi madre Dina y Ana Milena.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Dr. Anthony C. Bellotti, por sus orientaciones y colaboración.

Dr. James Montoya L. por sus orientaciones, colaboración, confianza y amistad.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

A la Univesidad del Valle, por las bases academicas ofrecidas.

Ana Milena Caicedo, por su apoyo, contribución en la revisión y discusión del documento.

Maria Elena Cuellar, por su contribución en la revisión y discusión del documento.

Paul A. Calatayud, por su contribución en la discusión de la metodología

Dra. Maria del Rosario Manzano, por su contribución en los análisis estadísticos.

Mirian Cristina Duque, por su contribución en los análisis estadísticos.

Josefina Martinez, por su colaboración en la edición del documento.

Roosevelt Escobar y equipo, por su apoyo en el suministro del material vegetal.

Andrea Carvajal y Cristian Olaya, por su colaboración en el registro fotografico.

Todos los compañeros del programa de entomología de yuca.

Y todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	6
2.1 Importancia de la yuca <i>Manihot esculenta</i> Crantz	6
2.2 Características generales de las moscas blancas.....	8
2.2.1 Taxonomía.....	9
2.2.2 Diversidad, distribución e importancia.....	11
2.3 <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	11
2.3.1 Generalidades.....	11
2.3.1.1 Rango de hospederos y biotipos	14
2.3.2 Sistemática	16
2.3.2.1 Biotipos A y B, distribución y diferencias biológicas	16
2.3.3 Biología y hábitos de los biotipos	17
2.3.4 Daños y síntomas.....	18
2.4 Control	19
2.4.1 Control químico.....	20
2.4.2 Control biológico de <i>B. tabaci</i>	21
2.4.3 Prácticas culturales	21
2.4.4 Resistencia de plantas hospedera (RPH) y fuentes de resistencia.....	22
3. MATERIALES Y METODOS	26
3.1 Adaptación gradual del biotipo B de <i>B. tabaci</i> a plantas de <i>M. esculenta</i> “Mcol 2063”	26
3.1.2 Biotipo B de <i>Bemisia tabaci</i>	26
3.1.3 Plantas hospederas.....	28
3.1.4 Producción de plantas hospederas y establecimiento del biotipo B de <i>B. tabaci</i>	29
3.1.4.1 Paso 1: Establecimiento del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en plantas de fríjol (<i>P. vulgaris</i>).....	30
3.1.4.2 Paso 2: Establecimiento del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en plantas de poinsettia (<i>E. pulcherrima</i>)..	30
3.1.4.3 Paso 3: Establecimiento del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en plantas de <i>Jatropha</i> (<i>J. gossypifolia</i>)....	31
3.1.4.4 Paso 4: Establecimiento del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en plantas de yuca (<i>M. esculenta</i> Mcol 2063)	32
.....	32
3.2 Evaluación de los parámetros de la historia de vida del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>M. esculenta</i> (MCol 2063) con poblaciones provenientes de tres hospederos; <i>P. vulgaris</i>, <i>E. pulcherrima</i> y <i>J. gossypifolia</i>	33
3.2.1 Longevidad y fecundidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. esculenta</i> (Mcol 2063) provenientes de tres hospederos; <i>P. vulgaris</i> , <i>E. pulcherrima</i> y <i>J. gossypifolia</i>	34
3.2.3 Parámetros demográficos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. esculenta</i> (“Mcol 2063”) provenientes de tres hospederos; <i>P. vulgaris</i> , <i>E. pulcherrima</i> y <i>J. gossypifolia</i>	36
3.3 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>J. gossypifolia</i> con individuos previamente establecidos sobre <i>P. vulgaris</i> y <i>E. pulcherrima</i>.	37
3.4 Evaluación del potencial de adaptación del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre tres especies silvestres de <i>Manihot</i>: <i>M. tristis</i> (Mueller), <i>M. peruviana</i> (Mueller) y <i>M. carthaginensis</i> (Jacq.) Mull. Arg.	38
3.4.1 Selección de plantas hospederas.....	38
3.4.2 Establecimiento del biotipo B sobre especies silvestres de <i>Manihot</i>	39

3.4.3 Establecimiento del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>Manihot carthaginensis</i>	40
3.5 Evaluación del potencial de resistencia/tolerancia de los genotipos de <i>M. esculenta</i>: MEcu72, CG 489-34 y CMC 40 al biotipo B de <i>B. tabaci</i>	41
3.5.1 Identificación de genotipos de yuca <i>M. esculenta</i> con niveles de resistencia/tolerancia al biotipo “B” de <i>B. tabaci</i>	42
3.6 Análisis estadístico.....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSION	45
4.1 Adaptación gradual del Biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>Manihot esculenta</i>	45
4.1. 1 Identificación del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre diferentes hospederos.....	45
4.2 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. esculenta</i> (Mcol 2063) con poblaciones provenientes de tres hospederos; <i>P. vulgaris</i>, <i>E. pulcherrima</i> y <i>J. gossypifolia</i>.....	46
4.2.1 Longevidad y fecundidad.	46
4.2.2 Tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia de los estados inmaduros y proporción de hembras....	50
4.2.3 Parámetros demográficos.	51
4.3 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>Jatropha gossypifolia</i> con poblaciones previamente establecidas sobre <i>P. vulgaris</i> y <i>E. pulcherima</i>	54
4.3.1 Longevidad y fecundidad.	54
4.3.2 Tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia de los estados inmaduros, proporción de hembras y parámetros demográficos.....	56
4.4 Establecimiento del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en las especies silvestres del género <i>Manihot</i>: <i>M. peruviana</i>, <i>M. tristis</i> y <i>M. carthaginensis</i>	60
4.5 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>M. esculenta</i> (Mcol 2063) y <i>M. carthaginensis</i> con poblaciones provenientes de <i>J. gossypifolia</i>	60
4.5.1 Longevidad y fecundidad.	60
4.5.2 Tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia de los estados inmaduros y proporción de hembras....	63
4.5.3 Parámetros demográficos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>M. carthaginensis</i> y <i>M. esculenta</i> (Mcol 2063)	65
4.6 Potencial de resistencia de los genotipos de yuca: “MEcu72”, “CG489-34” y CMC-40” al biotipo B de <i>B. tabaci</i>	68
4.6.1 Longevidad y fecundidad del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre MEcu72, CG489-34 y CMC-40.	68
4.6.2 Tiempo de desarrollo, supervivencia de los estados inmaduros y proporción de hembras del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre los genotipos de yuca: MEcu72, CG489-34 y CMC40.....	71
4.6.3 Parámetros demográficos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en los genotipos de yuca: MEcu72, CG489-34 y CMC40.....	73
5. CONCLUSIONES.....	75
6. LITERATURA CITADA	77

LISTA DE TABLAS

Pgn

Tabla 1. Distribución global de las moscas blancas de importancia para el cultivo de la yuca.....	9
Tabla 2. Genotipos de <i>M. esculenta</i> evaluados para detectar resistencia al biotipo B de <i>B. tabaci</i>	43
Tabla 3. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos/hembra) y tasa de oviposición (huevos/hembra/2días) del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. esculenta</i> con poblaciones provenientes de tres hospederos.....	49
Tabla 4. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. esculenta</i> provenientes de <i>J. gossypifolia</i> , <i>E. pulcherrima</i> y <i>P. vulgaris</i>	51
Tabla 5. Parámetros demográficos para individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. esculenta</i> provenientes de <i>J. gossypifolia</i> , <i>E. pulcherrima</i> y <i>P. vulgaris</i>	53
Tabla 6. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos) y tasa de oviposición (huevos/hembra/2días) del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>J. gossypifolia</i>	56
Tabla 7. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>J. gossypifolia</i>	57
Tabla 8. Parámetros demográficos de individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>J. gossypifolia</i>	59
Tabla 9. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos/hembra), y tasa de oviposición (huevos/hembra/2días) del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. carthagenensis</i> y <i>M. esculenta</i>	63
Tabla 10. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. carthagenensis</i> y <i>M. esculenta</i> MCol 2063.....	65
Tabla 11. Parámetros demográficos de individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. carthagenensis</i> y <i>M. esculenta</i>	66
Tabla 12. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos) y tasa de oviposición media (huevos/hembra/2días) del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en tres genotipos de <i>M. esculenta</i>	71
Tabla 13. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en MEcu72	72
Tabla 14. Parámetros demográficos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en el genotipo MEcu72.....	73

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Distribución mundial de la yuca, <i>M. esculenta</i>	7
Figura 2. Distribución mundial de <i>Bemisia tabaci</i> en yuca	9
Figura 3. Distribución mundial de <i>Bemisia tabaci</i>	11
Figura 4. Estadios de <i>Bemisia tabaci</i> Biotipo B: H: Huevos, N1- N2 - N4: Estadios ninfales y P: Pupa (Escala 1: 0.42 mm).....	13
Figura 5. Genotipos de yuca resistentes (CG489-34 y Nataima 31) frente a un control susceptible (CMC-40) a <i>Aleurotrachelus socialis</i> bajo condiciones de campo.....	24
Figura 6. Secuencia de adaptación gradual del biotipo B de <i>B. tabaci</i> , desde <i>P. vulgaris</i> a <i>M. esculenta</i> (Mcol 2063).....	27
Figura 7. Producción y mantenimiento en casa de malla de plantas hospederas.....	29
Figura 8. Jaula de madera y tul con plantas de <i>E. pulcherrima</i> infestadas con el biotipo B de <i>B. tabaci</i>	30
Figura 9. Jaula madera y tul con plantas de <i>J. gossypifolia</i> infestadas con el biotipo B de <i>B. tabaci</i>	32
Figura 10. Jaula de tul y madera con plantas de <i>M. esculenta</i> (MCol 2063) infestadas con el biotipo B de <i>B. tabaci</i>	33
Figura 11. Esquema de evaluación del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre <i>M. esculenta</i> cuando las poblaciones provienen de tres hospederos: <i>P. vulgaris</i> , <i>E. pulcherrima</i> y <i>J. gossypifolia</i>	34
Figura 12. Elementos empleados en la instalación de parejas del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en hojas de <i>Manihot esculenta</i>	35
Figura 13. Técnica para el conteo de huevos y adultos del biotipo B de <i>B. tabaci</i> sobre hojas de <i>Manihot esculenta</i>	36
Figura 14. Esquema de evaluación del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>J. gossypifolia</i> con poblaciones previamente sobre <i>P. vulgaris</i> y <i>E. pulcherrima</i>	37
Figura 15. especies silvestres de <i>Manihot</i> empleadas en los ensayos de adaptación del biotipo B. A, <i>Manihot peruviana</i> . B, <i>Manihot tristis</i> . C, <i>Manihot carthaginensis</i>	39
Figura 16. Modelo general de adaptación del biotipo B de <i>B. tabaci</i> de <i>P. vulgaris</i> a <i>M. esculenta</i> y <i>M. carthaginensis</i> y de evaluación de la resistencia de tres genotipos de <i>M. esculenta</i> al biotipo B.....	42

Figura 17. Siembra y multiplicación de genotipos de <i>M. esculenta</i> (MEcu72) en casa de malla....	43
Figura 18. Verificación de la identidad del Biotipo B de <i>B. tabaci</i> mediante RAPDs con el cebador H9. Las muestras provienen de individuos colectados sobre diferentes plantas hospederas. (carriles) M= 1Kb, (1-4) biotipo B, (5-7) Control, <i>E. pulcherrima</i> , (8-10) <i>P. vulgaris</i> , (11-13) <i>J. gossypifolia</i> y (14-16) <i>M. esculenta</i>	45
Figura 19. Supervivencia del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. esculenta</i> provenientes de tres hospederos diferentes (<i>E. pulcherrima</i> , <i>J. gossypifolia</i> y <i>P. vulgaris</i>).....	47
Figura 20. Curvas de reproducción del biotipo B de <i>B. tabaci</i> provenientes de tres hospederos, <i>E. pulcherrima</i> , <i>J. gossypifolia</i> , <i>P. vulgaris</i>	48
Figura 21. Curva de supervivencia de <i>B. tabaci</i> biotipo B en <i>J. gossypifolia</i>	55
Figura 22. Variación de la tasa de oviposición de <i>B. tabaci</i> biotipo B y su porcentaje acumulado respecto al tiempo en <i>J. gossypifolia</i>	56
Figura 23. Supervivencia del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. carthagenensis</i> y <i>M. esculenta</i>	61
Figura 24. Curvas de reproducción del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. carthagenensis</i> y <i>M. esculenta</i>	62
Figura 25. Cápsulas pupales (CP), pupas (P) y adultos (A) del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en <i>M. carthagenensis</i> y <i>M. esculenta</i> Mcol 2063.....	64
Figura 26. Supervivencia del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en tres genotipos de <i>M. esculenta</i> : “MEcu72”, “CG489-34” y “CMC40”	69
Figura 27. Curvas de reproducción del biotipo B de <i>B. tabaci</i> en tres genotipos de <i>M. esculenta</i> : “MEcu72”, “CG489-34” y “CMC40”	70
Figura 28. Estados de desarrollo del biotipo B de <i>B. tabaci</i> : MEcu72 Pupa (50 días). <i>M. carthagenensis</i> N ₄ , Pupa, Emergencia de adulto (33 días). CMC40 N ₂ (30 días). CG489-34 N ₁ , N ₂ , N ₃ (30 días).....	72

RESUMEN

En este estudio se presenta un exitoso intento de adaptación del biotipo B de *Bemisia tabaci* (Homóptera: Aleyrodidae) (Borrór et al. 1989) sobre yuca (*Manihot esculenta*), comprobando la posible influencia de hospederos filogenéticamente cercanos como puntos graduales en la capacidad adaptativa del biotipo a este cultivo. Adicionalmente se evaluó la resistencia de la planta hospedera como una de las posibles medidas de control dentro de un programa de manejo integrado de *B. tabaci*.

El biotipo B es una reconocida plaga mundial que, en asocio con el Mosaico Africano de la Yuca, ocasiona incalculables pérdidas económicas en los cultivos de yuca. Hasta el presente, no se ha documentado este biotipo sobre yuca en las Américas y aunque se postula que la ausencia de la enfermedad viral está relacionada con la inhabilidad de *B. tabaci* de colonizar este cultivo, igualmente se considera que su potencial adaptación representaría una amenaza para la producción de yuca en el Neotrópico. La presente investigación tuvo como principal objetivo verificar, si el biotipo B posee la potencialidad de adaptarse a yuca. Para esto, se realizaron ensayos de adaptación gradual, en cuartos de cría (25 ± 2 °C, 70 ± 5 HR. 12:12 L:D), partiendo desde poblaciones criadas sobre una leguminosa (*Phaseolus vulgaris*), pasando por dos Euphorbiaceae, (*Euphorbia pulcherrima* y *Jatropha gossypifolia*) hasta llegar a yuca. Los valores medios de longevidad de las poblaciones provenientes de *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* y *J. gossypifolia* fueron 3.1, 5.6 y 3.25 días, respectivamente; la tasa de oviposición media más alta (2.64 huevos/hembra/2días), el menor tiempo de desarrollo (44.41 días) y el valor más alto de r_m

(0.48 día⁻¹) fueron los registrados en poblaciones provenientes de *J. gossypifolia*. Asimismo, se comprobó que el 27.5% de la población procedente de este hospedero, se alimentó y reprodujo sobre yuca.

Como un objetivo adicional, realizando un abordaje anticipado a los hechos y como un prerrequisito para el desarrollo de cualquier medida futura de control, se evaluó la resistencia que exhiben los genotipos (MEcu72, CG489-34 y CMC-40) de *M. esculenta* contra el biotipo B de *B. tabaci*. En estudios previos estos genotipos mostraron niveles de resistencia a la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis*. Los ensayos se realizaron bajo condiciones controladas (25±2 °C, 70±5 HR. 12 L:12 D), evaluando parámetros relacionados con la longevidad, fecundidad, reproducción y el cálculo de parámetros demográficos, a partir de tablas de vida. Las longevidades media para MEcu72, CG489-34 y CMC-40 fueron similares (6.3, 5.07 y 3.9 días, respectivamente), la tasa de oviposición más baja (0.49 huevos/hembra/2días) se presentó en CMC-40 comparado con MEcu72 (0.89) y CG489-34 (0.86). Con una tasa de supervivencia muy baja (3%), MEcu72 fue el único genotipo donde el biotipo B completó su desarrollo de huevo a adulto, necesitando 55.1 días para llevarlo a cabo. Teniendo en cuenta que MEcu72 está descrita como resistente y CMC-40 como susceptible para *A. socialis*, los resultados indican que la resistencia registrada previamente en MEcu72 es específica hasta el momento para *A. socialis*.

SUMMARY

This study reports the successful attempt for a gradual adaptation of the biotype B of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cassava (*Manihot esculenta*) and illustrates the influence of phylogenetically related hosts as gradual points on this adaptive capacity. In addition, the study evaluates the plant host resistance to *B. tabaci* exhibited by three commercial cassava genotypes.

Biotype B of *Bemisia tabaci* is a well-recognized pest around of the world. In association with the African Cassava Mosaic, produce invaluable economic losses in cassava crops. Until our knowledge, this biotype appears to be absent in cassava cultures in the Americas. Some authors have postulated that the absence of the viral disease in the Americas is due to inability of *B. tabaci* to colonise this crop. Nonetheless, the potential introduction and adaptation of this biotype is regarded as a serious threat for the cassava production in neotropical areas. The present study was directed to verify, whether the biotype B of *B. tabaci* is potentially adaptable to cassava plants.

Bioassays of gradual adaptation carried out in growth chambers (25 ± 2 °C, 70 ± 5 HR. 12 L:12 D), departed from insect populations raised on a leguminous plant (*Phaseolus vulgaris*), followed by two Euphorbiaceae, (*Euphorbia pulcherrima* and *Jatropha gossypifolia*) until finally reaching cassava (*M. esculenta*) plants .

Longevity mean values for populations coming from *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* and *J. gossypiifolia* were 3.1, 5.6 and 3.25 days, respectively. Populations reared on *J. gossypiifolia* displayed the highest oviposition rate (2.64 eggs/female/2days), the shortest time for development (44.41 days) and the highest r_m value (0.48 day⁻¹). Further, it was established that 27.5% of the population coming from this host fed and reproduced successfully on cassava.

An additional objective, prompted as an anticipated approach to the fact that Biotype B can be introduced in Colombia and also as a precondition for development of any future control intervention, was the evaluation of the resistance exhibit by three commercial *M. esculenta* genotypes (MEcu72, CG489-34 and CMC-40) against Biotype B of *B. tabaci*. In previous studies all of these genotypes showed variable resistance levels to the whitefly *Aleurotrachelus socialis*. Assays, carried out under the same controlled conditions (see above), evaluated and compared both biological (longevity, fecundity, reproduction) and demographic parameters of the insect population. Mean values for longevity were similar in MEcu72, CG489-34 and CMC-40 (6.3, 5.07 and 3.9 days, respectively). CMC-40 showed a lower oviposition rate (0.49 eggs/female/2days) than MEcu72 (0.89) and CG489-34 (0.86). Finally, although with a very low survival rate (3%), MEcu72 was the only genotype where the biotype B was able to complete its biological cycle requiring, in total, 55.1 days. Bearing in mind that MEcu72 has been identified as a resistant genotype and CMC-40 as a susceptible one for *A. socialis*, these results highly suggest that the recorded resistance it is specific for *A. socialis*.

**POTENCIAL DE RESISTENCIA DE DIFERENTES GENOTIPOS DE YUCA
Manihot esculenta CRANTZ AL “BIOTIPO B” DE MOSCA BLANCA *Bemisia
tabaci* (GENNADIUS) (Homoptera:Aleyrodidae)**

1. INTRODUCCION

Bemisia tabaci (Homóptera: Aleyrodidae) es considerada una de las plagas más importantes en la agricultura tropical y subtropical, como también en los sistemas de producción bajo invernadero (Perring et al. 1993, Perring 1996). Desde los años 80s ocasiona grandes pérdidas económicas en el sur de los Estados Unidos, México, Venezuela, Cuenca y Este del Caribe, Centro y Sur América dada su comprobada eficiencia como vector de virus unida al daño que causa la alimentación directa y la excreción de melaza (Brown et al. 1995, Oliveira et al. 2001). A la fecha, en total se han identificado 24 biotipos en diferentes regiones del mundo, lo cual sugiere que *B. tabaci* puede ser un complejo de especies en continuos cambios evolutivos (Perring 2001).

B. tabaci se adapta fácilmente a nuevos hospederos y regiones geográficas. Con excepción de la Antártica, ha sido reportada en todo el mundo (Martin et al. 2000) asociada a más de 600 especies (Mound & Halsey 1978, Secker et al. 1998), incluyendo un amplio número de especies cultivadas y no, anuales y perennes, que actúan como plantas hospederas, favoreciendo su alimentación y/o reproducción (Bedford et al. 1992, Brown et al. 1995, Butler & Henneberry 1986). Las Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Solanaceae y Euphorbiaceae son las familias con mayor número de especies hospederas (Mound & Halsey 1978).

Interesantemente, entre algunos hospederos y *B. tabaci* existen complejas asociaciones. En Puerto Rico, por ejemplo, en una misma área geográfica pero en diferentes nichos, coexisten el biotipo “*Sida*” que coloniza muchas especies de plantas, incluidas algunas del género *Sida*, a las cuales transmite varios geminivirus y el biotipo “*Jatropha*”, monófago exclusivo de *Jatropha gossypifolia*, a la cual trasmite, en forma específica, el virus del mosaico de jatropha (Brown et al. 1995). Una situación similar ocurrió con la introducción al continente africano de variedades de yuca, *Manihot esculenta* provenientes del Neotropico. Mientras que en Brasil, *B. tabaci* presenta un amplio rango de hospederos excepto yuca (Costa and Russell, 1975), cuando los cultivares brasileños fueron introducidos al Africa, el biotipo B colonizó rápida y exclusivamente este cultivo y en un corto tiempo, ocasionó severas pérdidas en las variedades brasileñas introducidas, como consecuencia de la transmisión del African cassava mosaic virus (ACMV) (Robertson, 1987). Es de resaltar que, antes de 1990s ninguno de los biotipos encontrados en las Américas se alimentaba sobre yuca (Costa and Russell, 1975; Wool et al. 1994).

Con base en lo anterior, se ha especulado que la ausencia de ACMV en Sur América está relacionada con la inhabilidad de *B. tabaci* de colonizar yuca (Costa & Russell 1975). No obstante, a principios de 1990, un nuevo biotipo B de *B. tabaci*, considerado por algunos autores y taxónomos como una especie diferente (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) (Perring 2001) fue encontrado alimentándose de yuca en República Dominicana (Brown, datos no publ.), Cuba (Vásquez et al. 1995) y Colombia (Quintero et al. 1998). Estos hallazgos, plantean, aunque potenciales, serias amenazas ante la posibilidad de introducción de ACMD en las Américas, en especial si se tiene en cuenta que los más

tradicionales cultivares de yuca del Neotrópico son altamente susceptibles a esta enfermedad.

Dado que *B. tabaci* es una especie polífaga y de fácil adaptación a nuevos hospederos, existe la posibilidad, aun no demostrada, de que se adapte a especies silvestres y posteriormente a variedades comerciales de yuca. Esta adaptación podría alcanzarse gradualmente a través de hospederos emparentados filogenéticamente, los cuales existen en Colombia. Si esto ocurre abriría, a su vez, la posibilidad de la circulación de ACMD entre cultivares tradicionales, que son altamente susceptibles al virus, lo cual se constituye en una seria amenaza para la producción de yuca en las Américas.

La presente investigación fue realizada en el marco del macroproyecto “Manejo Integrado Sostenible de Moscas Blancas plagas en el mundo a través de Resistencia Planta Hospedera” (SP-IPM), el cual tiene como finalidad la obtención de materiales resistentes/tolerantes para reducir el impacto del biotipo “B” de *Bemisia tabaci* en cultivos de yuca en Colombia. El objetivo final es reducir las pérdidas en los cultivos debido al daño ocasionado por la alimentación directa y la transmisión de virus de las moscas blancas, además de prevenir la futura degradación medioambiental y la contaminación de los alimentos debido al excesivo uso de plaguicidas.

Para la realización del presente estudio se plantearon los siguientes objetivos:

Generales

- Adaptar el biotipo B de *Bemisia tabaci* a especies de plantas del género *Manihot* y *M. esculenta*.
- Evaluar el potencial de resistencia de diferentes genotipos de yuca *M. esculenta* al biotipo B de *B. tabaci*.

Específicos

- Verificar experimentalmente, la capacidad de adaptación del biotipo B de *B. tabaci* encontrado en Colombia sobre yuca *M. esculenta*.
- Evaluar la capacidad de adaptación del biotipo B de *B. tabaci* “Colombiano” sobre especies silvestres de *Manihot*.
- Evaluar el potencial de resistencia/tolerancia que contra el biotipo B de *B. tabaci* exhiben los genotipos de *M. esculenta*: CMC-40, CG489-34 y MEcu72 que en estudios previos mostraron niveles de resistencia a *Aleurotrachelus socialis*.

Para el desarrollo de la presente investigación se plantearon las siguientes dos hipótesis de trabajo:

H₁: El biotipo B de *B. tabaci* el cual no se alimenta ni se reproduce sobre yuca en las Américas (Costa & Russell, 1975), puede llegar a desarrollarse sobre yuca si es adaptado gradualmente sobre hospederos emparentados filogenéticamente con *M. esculenta*.

H₂: Dada su proximidad taxonómica, los niveles de la resistencia de la planta hospedera (RPH) registrados en genotipos de yuca para *A. socialis* son equiparables contra el biotipo B de *B. tabaci*.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Importancia de la yuca *Manihot esculenta* Crantz

La yuca es un cultivo originario de América. Desde antes de la conquista española, representa un elemento esencial en la dieta alimenticia de la población indígena de la cuenca del Amazonas, la Orinoquía y muchas llanuras bajas de Sur y Centro América. Desde estas zonas pasó a Africa y Asia y se convirtió en un renglón importante en la actividad agropecuaria para los habitantes de estos continentes (Min. Agricultura, 1996) (Figura 1).

Brasil es el primer productor de yuca en América Latina (20 millones de toneladas al año) seguido por Paraguay (3.5 millones de toneladas) y Colombia con una producción promedio de 2 millones de toneladas. El cultivo se ubica en tierras cálidas y templadas, siendo la Costa Atlántica, los Santanderes, el Eje Cafetero, Cauca y Meta las principales zonas productoras. La Costa Atlántica contribuye con la mitad de la producción nacional (FAOSTAT, 2001).

Por tradición, en Colombia, su explotación es de economía campesina (1 a 5 hectáreas) y como fenómeno reciente aparecen explotaciones de mediana y grandes extensiones las cuales han comenzado a ser sembradas como respuesta al estímulo en la demanda de yuca por parte de los procesadores (Min. Agricultura 1996). A mediados de los 90, se identificó a la yuca como un sustituto potencial a las importaciones de maíz y sorgo utilizadas en las dietas balanceadas de la alimentación animal, iniciando un programa que involucra grupos

de productores e instituciones. El primer modelo, iniciado en 1999, con cooperativas de pequeños productores de la Costa Atlántica se ha desarrollado e implementado con el auspicio de los sectores público y privado (Consortio Latino Americano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca, CLAYUCA) (Henry & Hershey 2001).

La importancia de la yuca en el mundo es un reflejo de las ventajas agronómicas del cultivo. Sin embargo, si se quiere incrementar su contribución al bienestar de la gente pobre es necesario considerar los factores que limitan su producción. Experimentalmente, el rendimiento del cultivo ha excedido de 70 t/ha (Centro Internacional Agricultura Tropical, CIAT 1992), y aunque la producción comercial, en Colombia, ha llegado hasta 40 t/ha, el promedio mundial es apenas de 10 a 15 t/ha. Estas cifras indican que varios factores limitan la producción, siendo las plagas uno de los más importantes. Dentro del complejo de artrópodos plaga que atacan el cultivo de la yuca, las moscas blancas (Homóptera: Aleyrodidae) son las que causan el mayor daño a los agroecosistemas basados en este cultivo (Bellotti et al. 2002).

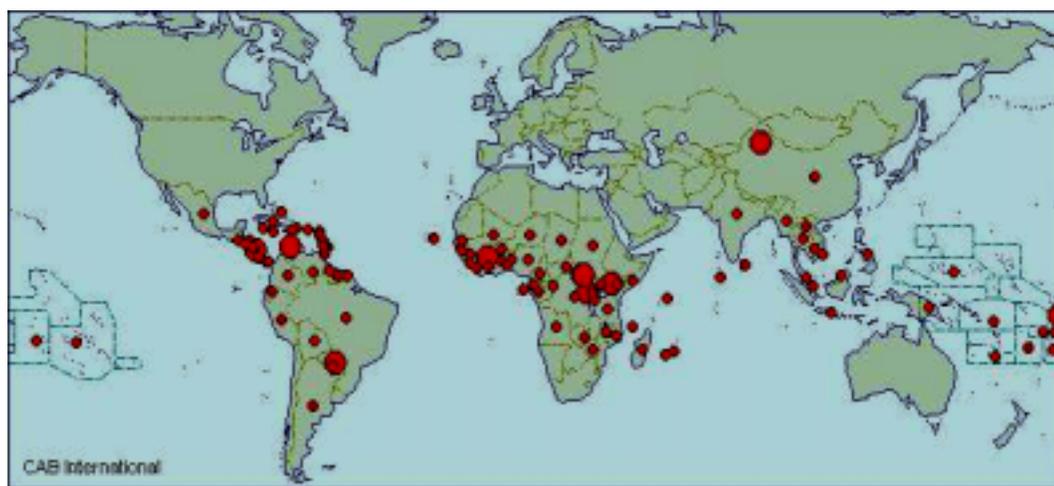


Figura 1. Distribución mundial de la yuca, *M. esculenta*

2.2 Características generales de las moscas blancas

Las moscas blancas constituyen una amenaza para la agricultura de muchos países y ocasionan daños de importancia económica. El amplio rango de hospederos que presentan, el incremento en la resistencia a los insecticidas, su reconocida capacidad de transmitir un gran número de virus patógenos a las plantas y la inducción de desórdenes fisiológicos, son algunos de los factores que determinan que se conviertan en plagas clave, de diversos cultivos (McAuslane et al. 1995).

Las moscas blancas se presentan como un gran complejo integrado por, al menos, once especies: *Aleurotrachelus socialis* (Bondar), *Trialeurodes variabilis* (Quaintance), *Bemisia tuberculata* (Bondar), *Aleurothrixus aepim*, *B. tabaci*, *B. argentifolii* (Bellows & Perring), *Trialeurodes abutiloneus* (Haldeman), *Aleurodicus dispersus* (Russell), *Paraleyrodes* sp., *Aleuronudus* sp. y *Tetraleyrodes* sp. (Bellotti et al. 1994; 1999, Castillo 1996). Debido a su alimentación directa y la transmisión de virus, ocasionan severas reducciones en el rendimiento de las raíces y se constituyen en una de las principales plagas que atacan y limita el cultivo de la yuca en América, África y, en menor grado, Asia (Tabla 1; Bellotti et al. 2002). *A. socialis* es la especie predominante en la zona norte de Suramérica y, en menor proporción, en Brasil (Farías 1994). *B. tuberculata* y *T. variabilis* han sido registradas en bajas densidades en Brasil, Colombia y Venezuela (Farías 1990, Bellotti et al. 1999). *B. tabaci* tiene una distribución tropical generalizada, alimentándose de yuca en diversas regiones de Africa y Asia, incluyendo India (Figura 2) (Lal & Pillai 1981), y Malasia. Interesantemente, antes de 1990, los biotipos de *B. tabaci* hallados en América aparentemente no se alimentaban de yuca (Bellotti 2002).

encuentran distribuidas en zonas tropicales, mientras que 420 especies han sido descritas para las regiones templadas (Gill 1990).

La familia Aleyrodidae comprende dos subfamilias Aleurodicinae y Aleyrodinae. La primera, endémica en Centro y Sur América, se considera más primitiva debido al tamaño de su cuerpo (>2,0 mm) y al número de nervaduras de sus alas (Mound & Halsey 1978, Gill 1990). En contraste, las especies pertenecientes a Aleyrodinae se consideran más evolucionadas y presentan la mayor importancia económica. Generalmente son blancas, a veces con marcas o bandas en el cuerpo o en las alas (Caballero 1996) y muy pequeñas (1mm, aunque algunas alcanzan de 2 a 3 mm). Según Martin (1987) Aleyrodinae se caracteriza por tener un dorso sin poros productores de cera; la llingula, es de tamaño variable, visible y no tiene los 4 pares de setas visibles.

Desde el punto de vista económico las tres especies más importantes de Aleyrodinae son: *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), *B. tabaci* (Gennadius) y actualmente *B. tabaci* (Gennadius) biotipo B, clasificada en 1994 por Bellows & Perring como *B. argentifolii*.

La similitud entre los adultos de mosca blanca de diferentes especies ha llevado a los taxónomos a basar su clasificación en la forma que presenta el cuarto estadio ninfal o cápsula pupal. El ser un estadio sésil ha permitido su colección, identificación y su asociación con la planta hospedero. Sin embargo, se conoce que algunas especies polífagas de moscas blancas modifican la apariencia de la cápsula pupal de acuerdo a la cutícula de la planta hospedera sobre la cual cumplen su desarrollo (Mound & Halsey 1978).

2.2.2 Diversidad, distribución e importancia

Según Brown et al. (1995), el descuido en el transporte de plantas ornamentales como Poinsettia, *Euphorbia pulcherrima* (Willd) y Crisantemo, *Chrysanthemum morifolium* (Ramat), favoreció la dispersión del biotipo B, iniciado en 1985-1986, a través de Europa, África, Asia, América y la Cuenca del Caribe (Figura 3). El rango geográfico actual de *B. tabaci* incluye a Japón, Canadá y Holanda, donde afecta amplias áreas de cultivos bajo invernadero (Olivera et al. 2001).

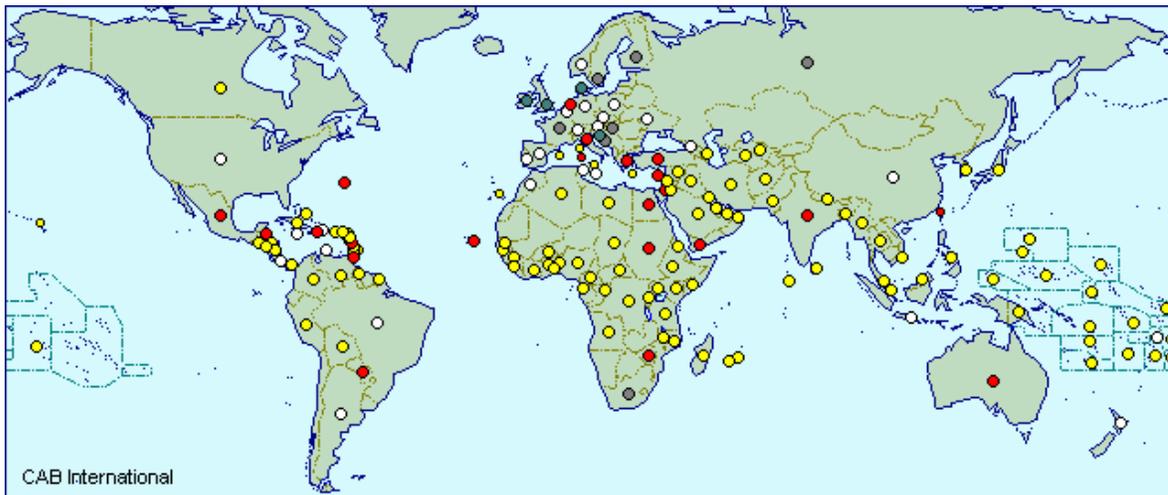


Figura 3. Distribución mundial de *Bemisia tabaci* (CAB, 2003)

2.3 *Bemisia tabaci* (Gennadius)

2.3.1 Generalidades

B. tabaci conocida vulgarmente como “mosca blanca de la batata” es la mosca blanca más importante en el mundo. Se presenta entre los 0-1000 msnm, aunque en Guatemala, Costa Rica y Panamá se encuentra a altitudes mayores (Caballero, 1996). Su distribución mundial parece estar relacionada con la implementación de los monocultivos y sus diferentes

prácticas agrícolas. Está reportado como plaga en regiones tropicales y subtropicales de todos los continentes, a excepción de algunas regiones de Sur América ecuatorial (Brown et al. 1995).

Mundialmente, *B. tabaci* se destaca por transmitir virus muy dañinos, pertenecientes a varios géneros, como carlavirus, luteovirus, nepovirus, potyvirus y closterovirus (Brown 1994), que se diseminan rápidamente en la planta, gracias a que se multiplican en el floema (Hilje 1996).

B. tabaci se caracteriza por tener poblaciones denominadas raza-hospedero o “biotipos” las cuales no se pueden distinguir morfológicamente entre sí, aunque muestran algunas diferencias en la supervivencia y desarrollo sobre un hospedero en particular (Claridge et al. 1997). Numerosas poblaciones de *B. tabaci* han sido estudiadas entre las que se destacan los biotipos A y B, de gran interés desde el punto de vista económico. Se considera al biotipo B, como el responsable de los daños más importantes a la agricultura de los Estados Unidos (Perring et al. 1993).

Las ninfas (Figura 4) son de color amarillo-pálido, la parte dorsal es lisa, plana o levemente convexa, con hasta seis pares de setas dorsales. La forma varía según la morfología de las hojas de la planta hospedera. Por lo general es elíptica, más ancha en la parte media anterior, si se desarrolla sobre hojas glabras o desnudas; si son pubescentes, las ninfas son elíptico-alargadas y convexas medio-dorsalmente (Caballero 1996).

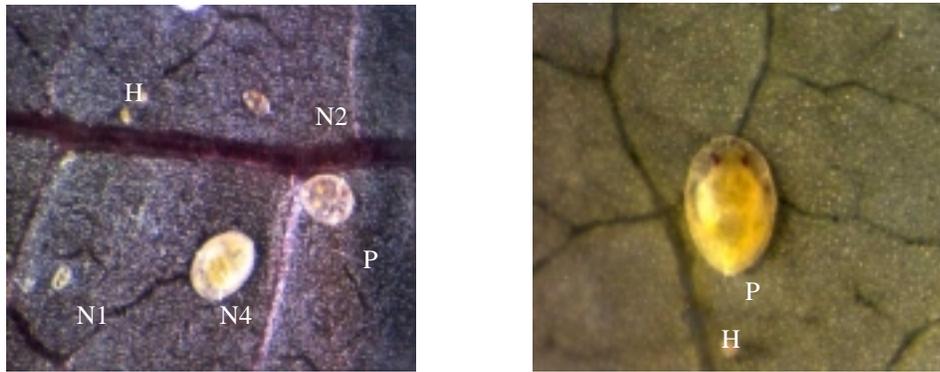


Figura 4. Estadios de *Bemisia tabaci* Biotipo B: H: Huevos, N1- N2 - N4: Estadios ninfales y P: Pupa (Escala 1: 0.42 mm).

Los dos biotipos presentan cuatro estados ninfales (Figura 4) de los cuales solo el primero es móvil gracias a la presencia de patas bien desarrolladas. Este primer estado ninfal, conocido como “gateador”, es el único móvil gracias a la presencia de patas bien desarrolladas (Eichelkraut & Cardona, 1989); este estado ninfal se traslada lentamente sobre la superficie de la hoja buscando una vena pequeña donde pueda introducir su estilete dentro del tejido del floema para extraer su alimento. Aunque no se conoce que se mueva de hoja en hoja, estudios realizados por Byrne & Bellows (1991) sobre el biotipo B, demostraron que este primer estado puede moverse de 50 mm a 20 cm sobre la maleza *Malva parviflora* L. en una aparente búsqueda de un sitio conveniente para alimentarse.

Los adultos miden aproximadamente 1 mm de longitud, siendo las hembras ligeramente más grandes que los machos (Byrne & Bellows 1991). En reposo las alas son de color blanco-crema y forman una especie de techo sobre el abdomen y mantienen los lados paralelos. Por lo general, sobre todo en los machos, las alas quedan levemente separadas (Caballero & Pitty 1995). El adulto, recién emergido, es de color amarillo pálido y sus alas son ligeramente transparentes, aunque luego adquieren un color blanco debido al polvo

ceroso que las cubre. La cera es producida por unas vesículas secretoras o glándulas abdominales ubicadas centralmente en el abdomen y que luego de ser excretada es dispersada por las patas anteriores y posteriores por todo el cuerpo de la mosca. La densidad de estas partículas y la forma como las moscas blancas en general distribuyen la cera varía entre especies (Byrne & Hadley 1988).

En condiciones tropicales y subtropicales la fecundidad de *B. tabaci* es cercana a 200 huevos por hembra, en algodón la tasa de oviposición media es de 252 huevos por hembra; el tiempo generacional (intervalo entre dos generaciones sucesivas) es de, aproximadamente, 40 días; la proporción de sexos es muy variable; las hembras pueden reproducirse sin fertilización, originando sólo machos (partenogénesis arrenotóquica) (Byrne & Bellows 1991).

2.3.1.1 Rango de hospederos y biotipos

En la última década, en varias partes del mundo, se han registrado picos elevados de poblaciones de *B. tabaci*, acompañados de diferencias en el rango de hospederos, sugiriendo un amplio rango de variaciones genéticas dentro y entre poblaciones (Oliveira et al. 2001). Un hallazgo, relativamente reciente, indica que la adaptación de poblaciones locales de *B. tabaci* a nuevas plantas hospederas puede ocurrir en pocas generaciones (Basu 1995).

La compleja asociación entre las plantas hospederas y *B. tabaci* ha sido demostrada en Puerto Rico donde tanto el polífago biotipo “Sida”, que coloniza numerosas especies de

plantas, incluyendo algunas del genero *Sida*, como el monófago *Jatropha* que coloniza a *J. gossypifolia* y *Croton lobatus*, se encuentran en la misma área geográfica, pero ocupando nichos ecológicos separados (Brown et al. 1995).

Desde la década pasada numerosos ensayos con *B. tabaci* han sido desarrollados para detectar la dispersión del biotipo B e identificar otros biotipos dentro del complejo de especies de *B. tabaci*.

Algunas diferencias importantes entre los biotipos se han encontrado en la forma como interactúan con sus hospederos y en el rango en que cada uno se encuentra; por ejemplo, el biotipo B, parece tener mayor adaptabilidad a un mayor número de plantas (Brown et al. 1995).

En Brasil Costa & Russell (1975) encontraron que, aunque las poblaciones de *B. tabaci* habían ampliado su rango de hospederos, eran incapaces de colonizar plantas de yuca. Este comportamiento contrasta con el de poblaciones africanas que colonizan fácilmente este cultivo. Uno de estos biotipos, coloniza además berenjena nativa (*Solanum melongena*) y transmite ACMD (Mosaico Africano de la Yuca). Otro biotipo identificado como “okra”, que es más polífago, coloniza berenjena y otras especies de plantas pero es incapaz de reproducirse y de transmitir ACMD sobre yuca. Es importante observar que ambos biotipos se encontraron simultáneamente alimentándose sobre berenjena (Burban et al. 1992).

Adicionalmente, en estudios de caracterización biológica de los biotipos A y B, Romberg y Cardona (1998) encontraron que en plantas consideradas no hospederas de estos biotipos, como es el caso de la variedad de yuca CMC-40 sobre la cual no se desarrollaron los estados inmaduros de ambos biotipos, el B presentó una ligera ventaja al observarse el desarrollo hasta el tercer y cuarto instar.

2.3.2 Sistemática

2.3.2.1 Biotipos A y B, distribución y diferencias biológicas

B. tabaci es una especie polífaga al punto que se han registrado más de 600 especies hospederas de las cuales el 50% pertenecen a cinco familias: Fabaceae, Asteraceae, Malvaceae, Solanaceae y Euphorbiaceae. Entre las familias de plantas el rango de hospederos varía desde 1 especie en Begoniaceae, Lythraceae y Zygophyllaceae hasta 99 especies de plantas en Fabaceae (Mound & Halsey 1978).

B. tabaci no se representa como una entidad genética en el ámbito mundial (Wool et al. 1994) y entre sus biotipos existen diferencias de diversa índole, confirmadas a través de estudios de cruzamientos, comportamiento del apareamiento, análisis de características genómicas, el rango de hospederos y hábitos alimenticios (Brown 1992).

El biotipo A de *B. tabaci*, fue registrado en los años 50 como vector de virus en plantaciones de algodón en el sur-este de California. En 1981 se reportó en Florida sin causar problemas a ningún cultivo, pero en 1984 se presentó ocasionando grandes daños a

plantaciones de algodón y cucurbitáceas en el sur-oeste de los Estados Unidos y México (Brown et al. 1995).

El biotipo B apareció en el Nuevo Mundo a mediados de los 80s, con altas infestaciones sobre cultivos ornamentales de invernadero. Por los años 1987-1988 se encontraba en plantaciones de *E. pulcherrima* en la cuenca del Caribe, República Dominicana y Puerto Rico. Localmente se dispersó de estas plantas ornamentales a cultivos de fríjol, yuca, algodón, melón, sandía y tabaco. Entre 1988-1989, se reportó su presencia en Arizona, California, Florida y Texas, cuando se presentaron ataques en cultivos de alfalfa, brócoli, algodón y tomate (Costa & Brown 1991). Morfológicamente esta cepa era similar a la *B. tabaci* (Gennadius) ya conocida, pero con diferencias biológicas, genéticas y etológicas, por lo que se hizo evidente la presencia de un nuevo biotipo (Bellows et al. 1994). En los años siguientes el biotipo B se había dispersado a otros estados en los Estados Unidos y en varios del norte y sur de México, Centro América y Brasil (Brown et al. 1995).

2.3.3 Biología y hábitos de los biotipos

Aunque los dos biotipos de *B. tabaci* presentan igual comportamiento alimenticio (por ejemplo adultos y ninfas se alimentan del floema) existen diferencias morfológicas de comportamiento y desarrollo que indican que no esta representada en una única identidad genética.

Estudios morfológicos permitieron establecer que existen diferencias en el cuarto estado ninfal siendo posible distinguir un biotipo del otro (Bellows et al. 1994). Estas diferencias

están asociadas con la presencia o ausencia de setas dorsales y su localización, junto con el ancho del pliegue traqueal torácico y de las proyecciones marginales de cera. Asimismo, estudios sobre el comportamiento reproductivo entre los dos biotipos esclarecieron que no se presenta cópula ínter-biotipos entre los dos biotipos (Perring et al. 1993, Bedford et al. 1994). Además, se observan diferencias relacionadas con la oviposición, en el desarrollo de los biotipos sobre diferentes hospederos (poinsettia, calabaza y algodón) y en la capacidad para inducir síntomas de afección por virus (Costa & Brown 1991).

Cohen et al. (1992) ejemplificaron estas diferencias al corroborar que el biotipo B posee 25-30% de desarrollo ninfal más rápido que el biotipo A. Así mismo Bethke et al. (1991), encontraron que el biotipo B oviposita el doble de cantidad de huevos que el A.

A través de métodos moleculares, como RAPD-PCR, es posible distinguir entre poblaciones que no muestran diferencias definidas en su morfología pero si en la supervivencia y desarrollo sobre un hospedero en particular (Claridge et al. 1997). Perring et al. (1993) al analizar los productos amplificados de los biotipos, encontraron 90% de similitud en las bandas de las poblaciones dentro de cada biotipo, pero sólo 10% de similitud en las bandas entre biotipos. Actualmente las investigaciones utilizando RAPD-PCR se han extendido a comparaciones con otros biotipos del mundo (Perring 2001).

2.3.4 Daños y síntomas

Los biotipos A y B pueden ocasionar daños directos e indirectos. Entre los primeros se observan espacios cloróticos sobre el haz de las hojas, como respuesta a la extracción de la

savia, produciendo debilidad, marchitamiento y reducción en el crecimiento de la planta (Schuster et al. 1995). Los indirectos, son producto de la transmisión de virus (geminivirus) caracterizados por encrespamiento y clorosis de las hojas, enanismo, reducción de la floración y del tamaño de los frutos y expansión de la fumagina debido al crecimiento del hongo *Capnodium* sp.(Caballero & Pitty 1995).

El biotipo B produce el síntoma del plateado de la hoja que se caracteriza porque al comienzo las nervaduras se tornan blanquecinas o brillantes y luego la hoja adquiere una apariencia reticulada en el haz, hasta quedar totalmente plateada (Yokomi et al. 1990). Este síntoma considerado como un desorden fisiológico, es el resultado de interacciones bioquímicas entre la mosca blanca y el hospedero (Burger et al. 1988).

2.4 Control

El número de virus transmitidos por los biotipos de *B. tabaci* se ha incrementado al igual que las pérdidas económicas en importantes cultivos utilizados para la alimentación y la industria. El control efectivo de estos vectores, hasta el momento, es dependiente de los insecticidas, la utilización de químicos selectivos, uso de umbrales de acción y manejo de la resistencia. La resistencia de plantas hospedera (HRP), el control biológico y varios métodos culturales son también componentes de sistemas de manejo integrado en desarrollo (Oliveira et al. 2001).

2.4.1 Control químico

Históricamente ha sido difícil el control de *B. tabaci* con el uso de insecticidas convencionales en sistemas de producción agrícola y hortícola. Durante la última década nuevos insecticidas químicos han sido introducidos ofreciendo una diversidad de modos de acción y rutas de actividad. Los nicotinoideos y los reguladores de crecimiento son los químicos que han tenido un impacto inmediato sobre *B. tabaci*. Los primeros son neurotoxinas sistémicas que actúan sobre los receptores de acetilcolina en el sistema nervioso de los insectos. El Imidacloprid, fue el primer nicotinoide registrado en el manejo de *B. tabaci* en sistemas de producción hortícola en el mundo. Los reguladores de crecimiento incluyen el buprofezin (un inhibidor de síntesis de quitina) y pyriproxyfen (un análogo de la hormona juvenil de crecimiento) y han jugado un papel importante en el control de *B. tabaci* en algodón en Norte América e Israel.

Aunque los nuevos atributos bioquímicos y las actividades biológicas de estos insecticidas los han hecho efectivos, su uso intensivo ha ocasionado pérdida de la susceptibilidad (Palumbo et al. 2001). Altos niveles de resistencia se han encontrado en *B. tabaci* al buprofezin, pyriproxyfen e imidacloprid en sistemas de producción bajo invernaderos, estos cambios en la susceptibilidad son favorecidos, por la brevedad de su ciclo de vida, la partenogénesis facultativa y la plasticidad genética (Byrne & Bellows 1991, Brown et al. 1995).

2.4.2 Control biológico de *B. tabaci*

Se conoce que *B. tabaci* es atacada por depredadores, como por ejemplo *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), *Coleomegilla maculata* (De Geer) (Coleoptera: Coccinellidae) y *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae). Los dos primeros son generalistas, mientras que las larvas y adultos del último consumen exclusivamente ninfas de Aleyrodidae (Cave 1996, Gerling et al. 2001).

No obstante, los principales enemigos naturales se encuentran en los parasitoides pertenecientes a las familias Aphelinidae y Platygasteridae; *Encarsia* spp., *Eretmocerus* spp. y *Amitus* spp. (Gerling et al. 2001, Manzano 2000).

Además se han encontrado hongos entomopatógenos, del grupo de los Deuteromicetos, como *Aschersonia aleyrodis* (Webber), *Verticillium lecanii* (Zimmermann), *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize), *Beauveria bassiana* (Bals.) y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) ejerciendo control natural (Faria & Wraight 2001).

2.4.3 Prácticas culturales

Las prácticas culturales por su naturaleza preventiva juegan un papel importante dentro de los programas de manejo integrado de *B. tabaci*. Sin embargo debido a la dificultad de evaluación, por métodos convencionales, prácticas como la rotación de cultivos, vedas, manejo de residuos de cultivo y malezas, han recibido poca atención de los investigadores. Su funcionalidad, aunque demostrada a escala regional ha sido difícil de evaluar experimentalmente. Los agricultores aun son reacios a adoptar prácticas culturales como:

barreras vivas, altas densidades de siembra, cobertura con plásticos y cultivos trampa porque implican cambios significativos en sus cultivos. Sin embargo han adoptado otras prácticas como: periodos libres de cultivo y varias formas de cubiertas protectoras (Hilje et al. 2001).

2.4.4 Resistencia de plantas hospedera (RPH) y fuentes de resistencia

La resistencia planta hospedera (RPH) a moscas blancas en plantas cultivadas es rara, debido principalmente a la limitada investigación de grandes colecciones de germoplasma, al reducido número de materiales mejorados y la escasa selección de híbridos, i.e. especies silvestres o cultivadas con niveles de resistencia a mosca blanca (De Ponti et al. 1990).

Los estudios en la búsqueda de RPH a moscas blancas se han incrementado e incluyen investigaciones sobre, *Trialeurodes abutilonea* (Haldeman) en soya (McPherson 1996, Lambert et al. 1997); *A. aepim* en yuca en Brasil (Farias 1990); *Bemisia afer* Priesner & Hosny en yuca en Malawi (Munthali 1992); *T. vaporariorum* en tomate (Romanov et al. 1991, De Ponti et al. 1990, Van Giessen et al. 1995); *T. vaporariorum* en pepino en Europa (Laska et al. 1986); *Bemisia tabaci* en melón (Soria et al. 1999) y *A. socialis* sobre yuca en Colombia (Bellotti et al. 1999).

Múltiples evaluaciones de germoplasma, generalmente llevadas a cabo en invernadero o jaula que involucran la comparación de infestaciones de mosca blanca sobre diferentes cultivos, se han desarrollado con el complejo *B. tabaci* – biotipo B para medir la supervivencia (principalmente ninfas), oviposición y, en menor grado, daño al cultivo. La

literatura registra varios cultivos con genotipos “resistentes” al complejo de especies de *B. tabaci*. En la mayoría de los casos no son cultivares desarrollados sino, líneas mejoradas que se espera tengan resistencia. En varios de estos casos, los mecanismos que están operando parecen ser antixenosis (no preferencia a la alimentación u oviposición) o tolerancia (Bellotti & Arias, 2001). Así mismo, la pubescencia (Wilson et al. 1993, Lambert et al. 1995, Morales 1997), la densidad de tricomas (Heinz & Zalom 1995, McAuslane et al. 1996, Meagher et al. 1997) y los acylazúcares (Butter et al. 1990, Liedl et al. 1995) también han sido vinculados a la resistencia.

Aunque el número de accesiones de germoplasma seleccionadas como resistentes o promisorias a mosca blanca es muy bajo, existen algunos ejemplos de programas en los cuales se han identificado genotipos con resistencia, ejemplo de ellos lo constituye el desarrollado por el CIAT. En esta institución, desde hace más de 15 años, se viene evaluando sistemáticamente la resistencia a mosca blanca en aproximadamente 6000 accesiones de yuca. Los resultados han permitido identificar varias fuentes de resistencia a *Aleurotrachelus socialis*, destacándose los cultivares “MEcu-64” y “MEcu-72” (provenientes de Ecuador) y “MPer-335”, “MPer-415”, “MPer-317”, “Mper-216”, “Mper-265”, “MPer- 266” y “MPer-365” (del Perú) por expresar desde moderados hasta altos niveles de resistencia (CIAT 1999).

A partir de cruzamientos entre “MEcu-72” y “MBra-12” (clon con características agronómicamente deseables y tolerancia a mosca blanca en campo) fueron seleccionadas

cuatro progenies (CG489-34, CG489-4, CG-489-31 y CG489-23) caracterizadas por alta producción y resistencia a *A. socialis*, en condiciones de campo (Bellotti & Arias 2001).

Al evaluar los niveles y mecanismos de resistencia que exhiben tres genotipos y dos parentales (MEcu-72 hembra y MBra-12 macho) contra *A. socialis*, se encontró que cuando se alimenta sobre clones resistentes presentó menor oviposición, períodos de desarrollo más largos, reducción en el tamaño y una mayor mortalidad que cuando se alimenta sobre clones susceptibles. La mortalidad de los primeros instares ninfales alimentados sobre MEcu-72 alcanzó el 72.5% mientras que en las progenies resistentes CG489-23, CG489-4, CG489-31 y CG489-34 sufrieron mortalidades de 50, 44, 42.5 y 34.5%, respectivamente. El material susceptible CMC-40 alcanzó 33% de mortalidad (Bellotti & Arias 2001).



Figura 5. Genotipos de yuca resistentes (CG489-34 y Nataima 31) frente a un control susceptible (CMC-40) a *Aleurotrachelus socialis* bajo condiciones de campo.

Los resultados anteriores, alentaron a la Corporación Colombiana de Investigación

Agropecuaria (CORPOICA) y al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) para investigar sobre nuevas variedades de yuca con resistencia a la mosca blanca *A. socialis*. Luego de la evaluación en pruebas de eficiencia agronómica y comerciales, se encontraron cultivares resistentes adaptados a la zona, con rendimientos y calidad superiores a las variedades regionales y comerciales. La variedad NATAIMA-31 (Figura 5) es la primera en el mundo, que exhibe alta resistencia a mosca blanca y que puede ser usada en la agroindustria y alimentación humana (Vargas et al. 2002).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Adaptación gradual del biotipo B de *B. tabaci* a plantas de *M. esculenta* “Mcol 2063”

Se partió de la hipótesis que *B. tabaci* puede adaptarse, gradualmente, a *M. esculenta* si se tienen en cuenta aspectos filogenéticos y de susceptibilidad. El proceso de adaptación se inició desde un hospedero altamente susceptible (*Phaseolus vulgaris* L.), filogenéticamente alejado de *M. esculenta*, pasando por dos hospederos intermedios, *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex. Klotzch (poinsettia) y *Jatropha gossypifolia* L. (jatropha), Euphorbiaceae susceptibles a *B. tabaci* pero filogenéticamente cercanas a *Manihot* (Burkill, 1994). Como destino final se escogió la variedad Mcol 2063 “secundina” de *M. esculenta*, por su reconocida susceptibilidad a las moscas blancas *A. socialis* y *Bemisia tuberculata* (Figura 6).

3.1.2 Biotipo B de *Bemisia tabaci*

La cepa del biotipo B de *B. tabaci* fue obtenida a partir de individuos de una colonia establecida en CIAT desde 1997 por el Proyecto fríjol, originaria del corregimiento de Dapa (Valle del Cauca, Colombia). La cepa fue criada por cinco generaciones en plantas de *P. vulgaris* (variedad ‘ICA-Pijao’) en jaulas de tul y madera (1x1x1m) bajo condiciones controladas de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%$ HR y 12 horas de fotoperiodo, según metodología de Eichelkraut & Cardona (1989). La pureza de la cepa fue verificada periódicamente sobre especímenes adultos utilizando RAPD-PCR (CIAT 1999).

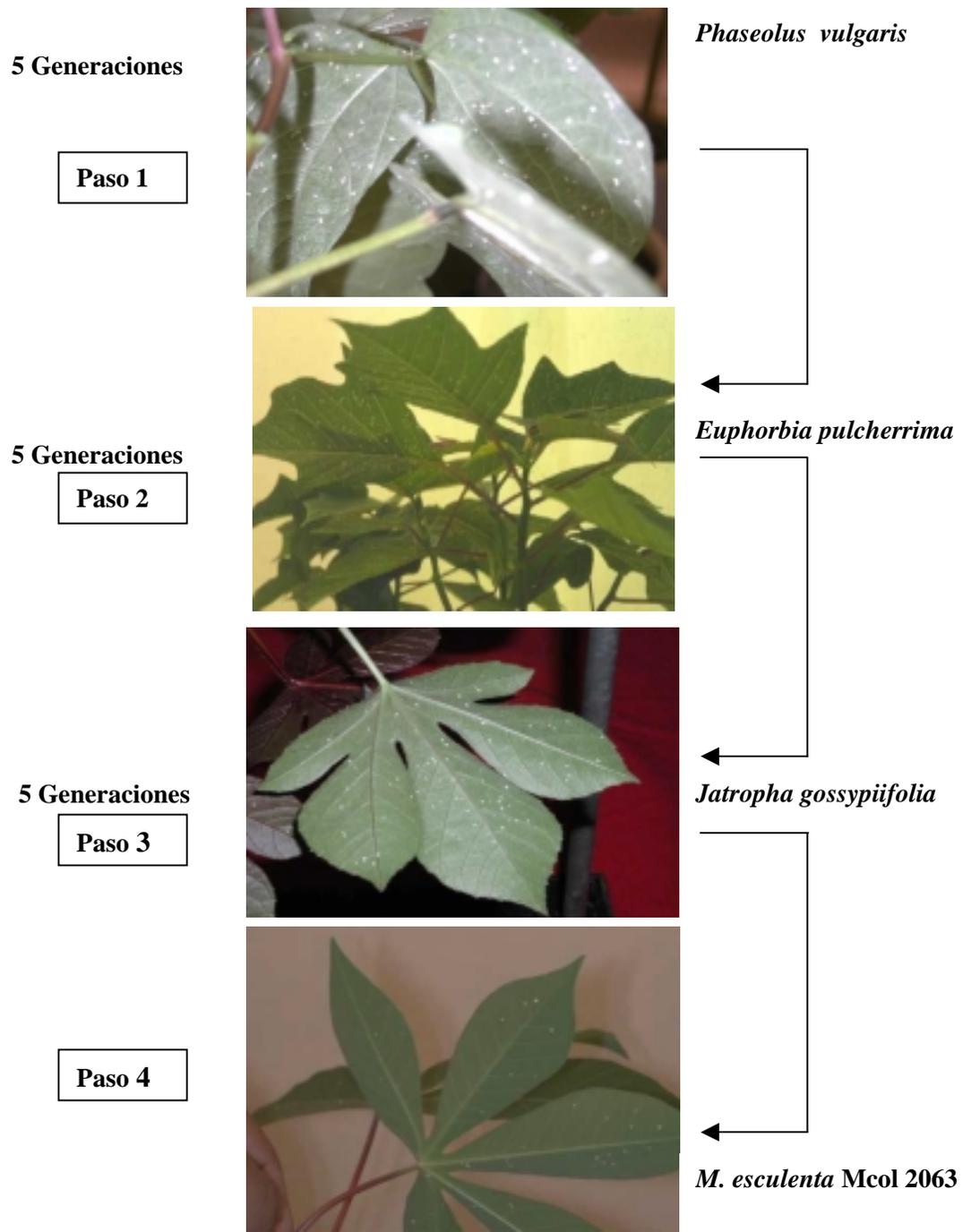


Figura 6. Secuencia de adaptación gradual del biotipo B de *B. tabaci*, desde *P. vulgaris* a *M. esculenta* (Mcol 2063).

3.1.3 Plantas hospederas

Frijol (*P. vulgaris*), inicialmente y durante cinco generaciones la colonia del biotipo B de *B. tabaci* fue mantenida sobre esta Leguminosa. Después se procedió a los ensayos de adaptación gradual sobre las dos especies de Euphorbiaceae:

Poinsettia (*E. pulcherrima*), de origen mejicano conocida vulgarmente como: “Flor de pascua”, “poinsettia” o “estrella de navidad”. Es la planta decorativa de interior mas vendida en Europa y EEUU, usada también en exteriores (Infoagro 2003). *E. pulcherrima* es reconocida en el mundo como un hospedero de *B. tabaci* y es atacada por varios insectos plagas. Se considera que el descuido en el transporte de esta planta facilitó la dispersión de *B. tabaci* a través del mundo.

Jatropha (*Jatropha gossypifolia* L.), “frailecillo”, “arbusto dolor de barriga” es una herbácea nativa de América Tropical, con tallo hasta de 2.5 metros, flores púrpura, sus hojas jóvenes verde oscuro y pegajosas. *J. gossypifolia* es una planta ornamental aclimatada en muchas regiones tropicales. Las raíces, tallos, hojas, semillas y frutos son ampliamente utilizadas en la medicina tradicional (Inchem 1994).

Existen pocos insectos plagas que ataquen a *J. gossypifolia*, sin embargo en Centro América se conoce su susceptibilidad a un mosaico de transmitido por un bigeminivirus cuyo vector es *B. tabaci* (Brown et al. 1995). Las plantas de *J. gossypifolia* del banco de germoplasma de yuca (CIAT) de las cuales se seleccionó la semilla, estaban libres de poblaciones de moscas blancas.

Manihot esculenta MCol 2063 “secundina” es una variedad de yuca que tiene un crecimiento recto y puede alcanzar una altura de 2 metros, el color de sus hojas adultas y apicales es verde oscuro, el tallo es dorado y la raíz marrón oscuro (CIAT-URG 2002). Es hospedero de *A. socialis* y *B. tuberculata*, pero *B. tabaci* no se ha reportado sobre esta variedad.

3.1.4 Producción de plantas hospederas y establecimiento del biotipo B de *B. tabaci*

La siembra de las plantas hospederas se realizó en materas plásticas de 15 cm de profundidad, que fueron mantenidas en una casa de malla con luz natural y riego diario (Figura 7). La multiplicación del material vegetal se efectuó cada 15 días manteniendo 20 plantas de cada uno de los hospederos. Las plantas de *P. vulgaris* permanecieron en una casa de malla durante 17 días; *E. pulcherrima*, *J. gossypifolia* 40-50 días y las de yuca 30-40 días. Transcurridos estos periodos se llevaron a la colonia del biotipo B de *B. tabaci* para ser infestadas. Durante el desarrollo las plantas no recibieron fertilizantes ni plaguicidas.



Figura 7. Producción y mantenimiento en casa de malla de plantas hospederas.

3.1.4.1 Paso 1: Establecimiento del biotipo B de *B. tabaci* en plantas de fríjol (*P. vulgaris*).

Con el fin de disponer de insectos experimentales se estableció una colonia del biotipo B de *B. tabaci* en dos jaulas de tul y madera de (1x1x1m) y ocho plantas de *P. vulgaris* de 17 días de edad. La infestación se realizó con pupas próximas a emerger presentes en seis hojas de *P. vulgaris* de la colonia establecida en CIAT.

Procedimiento: 27 días después de la infestación se cortaron hojas con pupas para infestar nuevas plantas. Este procedimiento se realizó hasta alcanzar cinco generaciones del insecto.

3.1.4.2 Paso 2: Establecimiento del biotipo B de *B. tabaci* en plantas de poinsettia (*E. pulcherrima*).

La siembra de *E. pulcherrima* se realizó a partir de estacas de ocho a diez cm de longitud, previamente sumergidas en una solución de enraizador (Hormonagro) + agua (1:1000). El establecimiento del biotipo B se inició con ocho plantas de 40 a 50 días de edad y entre 30 y 40 cm de altura.



Figura 8. Jaula de madera y tul con plantas de *E. pulcherrima* infestadas con el biotipo B de *B. tabaci*

Procedimiento: Ocho plantas de *E. pulcherrima* introducidas en dos jaulas de tul y madera de (1x1x1m) se infestaron con pupas y adultos de un día de emergidos presentes en diez hojas de *P. vulgaris*. Cada 32 días se seleccionaron hojas de *E. pulcherrima* con pupas y adultos para infestar nuevamente. Este procedimiento se repitió hasta obtener cinco generaciones del insecto (Figura 8).

3.1.4.3 Paso 3: Establecimiento del biotipo B de *B. tabaci* en plantas de *Jatropha (J. gossypifolia)*.

La siembra de *J. gossypifolia* se realizó con plántulas de 10 a 15 cm de altura colectadas alrededor de árboles de *J. gossypifolia* del banco de germoplasma de yuca del CIAT. El establecimiento del biotipo B se inició con ocho plantas de 40-50 días de edad y entre 30 y 40 cm de altura.

Procedimiento: Ocho plantas de *J. gossypifolia* introducidas en dos jaulas de tul y madera de (1x1x1m) se infestaron con pupas y adultos presentes en diez hojas de *E. pulcherrima*. Cada 29 días se seleccionaron hojas de *J. gossypifolia* con pupas y adulto para repetir el procedimiento de infestación hasta obtener cinco generaciones del biotipo B en *J. gossypifolia* (Figura 9).



Figura 9. Jaula madera y tul con plantas de *J. gossypifolia* infestadas con el biotipo B de *B. tabaci*

3.1.4.4 Paso 4: Establecimiento del biotipo B de *B. tabaci* en plantas de yuca (*M. esculenta* Mcol 2063)

Para la obtención de plantas de *M. esculenta* se sembraron veinte estacas de 10 a 15 cm de largo. El establecimiento del biotipo B se inició con ocho plantas de 30-40 días de edad y entre 40 y 50 cm de altura.

Procedimiento: Ocho plantas de *M. esculenta* (MCol 2063) introducidas en dos jaulas de tul y madera (1x1x1m) se infestaron con pupas y adultos de un día de emergidos presentes en diez hojas de *J. gossypifolia*, hasta obtener la primera generación sobre yuca (Figura 10).



Figura 10. Jaula de tul y madera con plantas de *M. esculenta* (MCol 2063) infestadas con el biotipo B de *B. tabaci*

3.2 Evaluación de los parámetros de la historia de vida del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. esculenta* (MCol 2063) con poblaciones provenientes de tres hospederos; *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* y *J. gossypifolia*

Con la finalidad de determinar la importancia relativa de los hospederos hasta llegar a la adaptación en *M. esculenta*, se estimó y evaluó para cada uno, fecundidad, longevidad, tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia, proporción de hembras y parámetros demográficos de individuos del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. esculenta* criados previamente en: 1. *P. vulgaris*, 2. *E. pulcherrima* provenientes de *P. vulgaris* y 3. *J. gossypifolia* provenientes de *P. vulgaris* y *E. pulcherrima* (Figura 11).

Todos los ensayos biológicos se realizaron en el CIAT (Palmira, Colombia) en cuartos de crecimiento, bajo condiciones controladas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%$ HR y 12 horas de fotoperiodo).

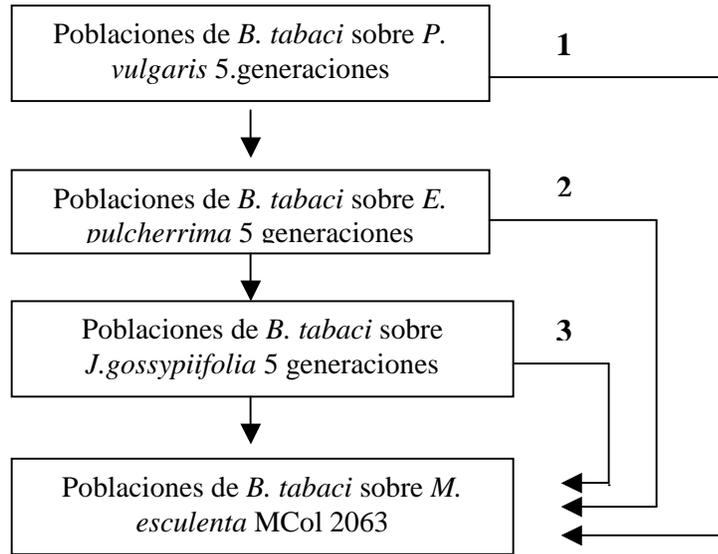


Figura 11. Esquema de evaluación del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. esculenta* cuando las poblaciones provienen de tres hospederos: *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* y *J. gossypiifolia*

3.2.1 Longevidad y fecundidad del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* (Mcol 2063) provenientes de tres hospederos; *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* y *J. gossypiifolia*

Cuarenta parejas (40 hembras: 40 machos) del biotipo B de *B. tabaci*, recién emergidas y previamente sexadas de acuerdo a la técnica descrita por Eichelkraut & Cardona (1989), fueron individualizadas en jaulas pinza (diámetro = 2,5 cm; profundidad = 2 cm) (Figura 12). Cada 48 horas los adultos fueron removidos a una nueva área de la hoja, este procedimiento de traspaso se repitió a lo largo del estudio hasta la muerte natural de las hembras; los machos fueron reemplazados por otros en la medida que morían antes que su pareja. La fecundidad fue estimada de acuerdo al conteo del número de huevos colocados por cada hembra cada 48 horas mientras que la longevidad se estimó como el máximo tiempo (días) que una hembra vive.

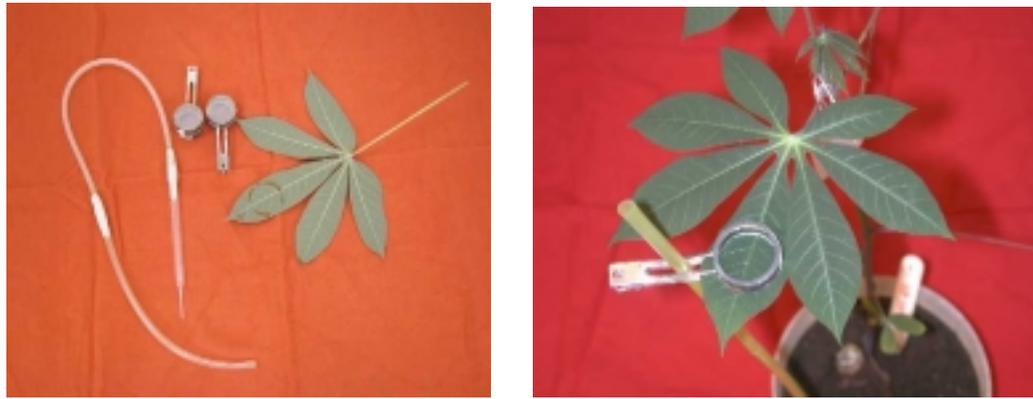


Figura 12. Elementos empleados en la instalación de parejas del biotipo B de *B. tabaci* en hojas de *Manihot esculenta*

3.2.2 Tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia y proporción de hembras del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* (Mcol 2063) provenientes de tres hospederos; *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* y *J. gossypifolia*

Cincuenta adultos (machos y hembras) del biotipo B de *B. tabaci* fueron tomados de plantas de *P. vulgaris*, con la ayuda de un aspirador bucal construido con una pipeta pastur y posteriormente colocados en jaulas pinza (diámetro = 2,5 cm; profundidad = 2 cm) sobre el envés de las hojas de *M. esculenta* (Mcol 2063). Después de 6 horas los adultos fueron retirados y se seleccionaron al azar 200 huevos. Se registró del tiempo de desarrollo de huevo-a-adulto, la tasa de supervivencia de los estados inmaduros y al mismo tiempo la proporción de hembras emergidas (Figura 13). El mismo procedimiento se repitió, independientemente, con *E. pulcherrima* y *J. gossypifolia*.

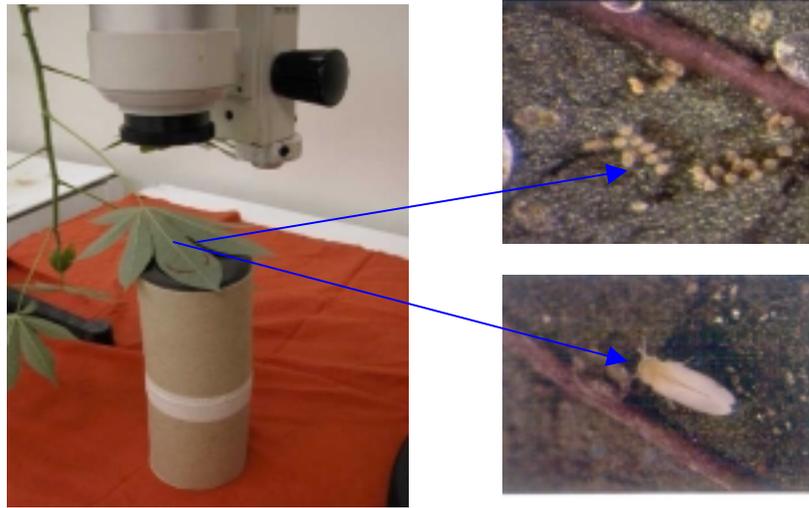


Figura 13. Técnica para el conteo de huevos y adultos del biotipo B de *B. tabaci* sobre hojas de *Manihot esculenta*.

3.2.3 Parámetros demográficos del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* (“Mcol 2063”) provenientes de tres hospederos; *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* y *J. gossypifolia*

Adicionalmente para cada uno de los ensayos arriba descritos se elaboraron las respectivas tablas de vida, siguiendo la metodología descrita por Manzano (2000). Básicamente, los datos del tiempo de desarrollo fueron combinados con los datos experimentales de la reproducción ‘ l_x-m_x ’ para generar tablas de vida, que fueron usadas para calcular los parámetros demográficos definidos por Price (1975): 1) Tasa de reproducción neta (R_0) la cual representa el número promedio de descendientes hembra que una hembra deja en una generación; 2) Tiempo generacional (T) equivalente al periodo promedio comprendido entre el nacimiento de los padres y el de la progenie y 3) Tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m) estimada utilizando la ecuación dada por Carey (1993):

$$\sum \exp(-r_m x) l_x m_x = 1$$

donde: x , es la edad; l_x , edad de supervivencia específica.

m_x , proporción de hembras de la progenie de una hembra con edad x .

En los cálculos de los valores de r_m se utilizó la edad corregida $X+0.5$ y la ecuación $\ln 2/r_m$ para estimar los días necesarios para duplicar en número la población (Carey 1993).

3.3 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de *B. tabaci* sobre *J. gossypifolia* con individuos previamente establecidos sobre *P. vulgaris* y *E. pulcherrima*.

Con la finalidad de evaluar el posible efecto sobre el último hospedero de la secuencia de adaptación gradual y hospedero previo a *M. esculenta* (Figura 14), se examinaron los cambios que ocurren en la longevidad, fecundidad, tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia y parámetros demográficos del biotipo B de *B. tabaci* sobre *J. gossypifolia*. Los métodos empleados para el estudio de los parámetros poblacionales fueron iguales a los explicados anteriormente.

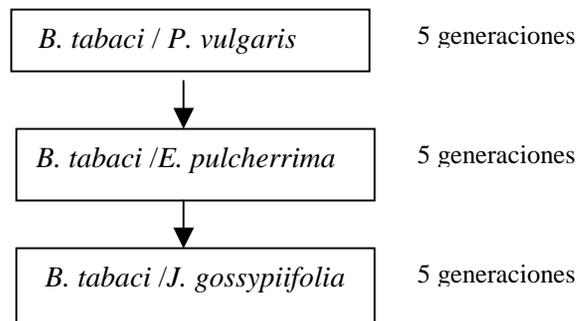


Figura 14. Esquema de evaluación del biotipo B de *B. tabaci* en *J. gossypifolia* con poblaciones previamente sobre *P. vulgaris* y *E. pulcherrima*

3.4 Evaluación del potencial de adaptación del biotipo B de *B. tabaci* sobre tres especies silvestres de *Manihot*: *M. tristis* (Mueller), *M. peruviana* (Mueller) y *M. carthaginensis* (Jacq.) Mull. Arg.

Este ensayo tuvo como propósito observar la capacidad potencial que tiene el biotipo B de *B. tabaci* para desarrollar poblaciones sobre especies no cultivadas de *Manihot*.

3.4.1 Selección de plantas hospederas

M. tristis, *M. peruviana* y *M. carthaginensis*, son de origen americano y se pueden encontrar a lo largo del continente, desde el sur de Bolivia hasta el norte de México. Esta amplia distribución va acompañada de hábitats disímiles y en algunos casos opuestos. Por ejemplo *M. carthaginensis*, crece en bosques xerofíticos, piedra caliza, lugares abiertos y zonas costeras; *M. peruviana*, en bosques perturbados de la Amazonía y *M. tristis*, en suelos de roca granítica (Roa 1997).

M. carthaginensis (Jacquin) Muell. conocida como “yuca de Cartagena”, “yuquilla” en Venezuela, es una especie silvestre que predomina en la Costa Norte de Colombia y el litoral caribe de Venezuela. Este arbusto alcanza de 1 a 7 metros, crece en sectores cálidos, áridos y semiáridos. Se ha sugerido para programas de mejoramiento genético por su tolerancia a la sequía y alto contenido de proteína, mayor aun que las especies cultivadas (ICA 1970).

No se conocen reportes de la susceptibilidad de *M. carthaginensis* a especies de mosca blanca. Sin embargo en las plantas de la casa de malla se pudo observar poblaciones naturales de *A. socialis* en desarrollo.

3.4.2 Establecimiento del biotipo B sobre especies silvestres de *Manihot*

En la unidad de Recursos Genéticos (CIAT) fueron propagadas in vitro diez plántulas de *M. tristis*, *M. peruviana* y *M. carthaginensis* (Figura 15), trasplantadas posteriormente a bolsas plásticas y materas de 15 cm de profundidad. La infestación con el biotipo B se realizó en plantas de 30-40 días de edad y 40 a 50 cm de altura.



Figura 15. especies silvestres de *Manihot* empleadas en los ensayos de adaptación del biotipo B. A, *Manihot peruviana*. B, *Manihot tristis*. C, *Manihot carthaginensis*

Cuatro plantas de cada especie silvestre, introducidas en 3 jaulas de tul y madera de (1m x 1m x 1m), fueron infestadas con pupas y adultos del biotipo B provenientes de cinco hojas de *J. gossypifolia*. Los insectos fueron mantenidos durante una generación en cada especie silvestre. Durante este periodo se realizaron observaciones del desarrollo de los estados inmaduros para determinar la especie silvestre sobre la cual el biotipo B presenta una mayor tasa de supervivencia.

3.4.3 Establecimiento del biotipo B de *B. tabaci* sobre *Manihot carthaginensis*

Veinte plántulas, propagadas in vitro fueron trasplantadas a bolsas y posteriormente a materas plásticas de 15 cm de profundidad. Las plantas permanecieron en casa de malla durante 40 a 50 días.

Ocho plantas de *M. carthaginensis*, introducidas en dos jaulas de madera y tul fueron infestadas con pupas y adultos del biotipo B presentes en diez hojas de *J. gossypifolia*.

3.4.3.1 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. carthaginensis*

La finalidad de este experimento fue evaluar los cambios que experimentan las poblaciones del biotipo B en la longevidad, fecundidad, tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia y parámetros demográficos sobre *M. carthaginensis*, con individuos provenientes de *J. gossypifolia*.

Los métodos utilizados para el estudio de los parámetros poblaciones del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. carthaginensis* fueron descritos en el experimento anterior.

3.5 Evaluación del potencial de resistencia/tolerancia de los genotipos de *M. esculenta*:

MEcu72, CG 489-34 y CMC 40 al biotipo B de *B. tabaci*

La evaluación de la potencialidad de la resistencia de tres genotipos de yuca al biotipo B de *B. tabaci*, se inició con la adaptación de este insecto desde *P. vulgaris* a plantas del género *Manihot*, con el propósito de minimizar el efecto de cambio de hospedero (Figura 16).

Alcanzada la adaptación del biotipo B de *B. tabaci* a plantas de *Manihot carthaginensis*, el propósito de los siguientes experimentos fue evaluar el potencial de resistencia que contra el biotipo B poseen tres genotipos de *M. esculenta* que, en estudios previos, mostraron niveles de resistencia a *A. socialis*.

Los parámetros evaluados fueron, longevidad, fecundidad y reproducción, además del cálculo de los parámetros demográficos a partir de la construcción de tablas de vida. Estos parámetros seleccionados constituyen una medida apropiada del efecto de la resistencia de plantas sobre la historia de vida de las moscas blancas y ha sido utilizada por varios autores en evaluaciones del potencial de resistencia de diferentes especies hortícolas (Romanov et al. 1991, Tsai & Wang 1996, Soria et al. 1999).

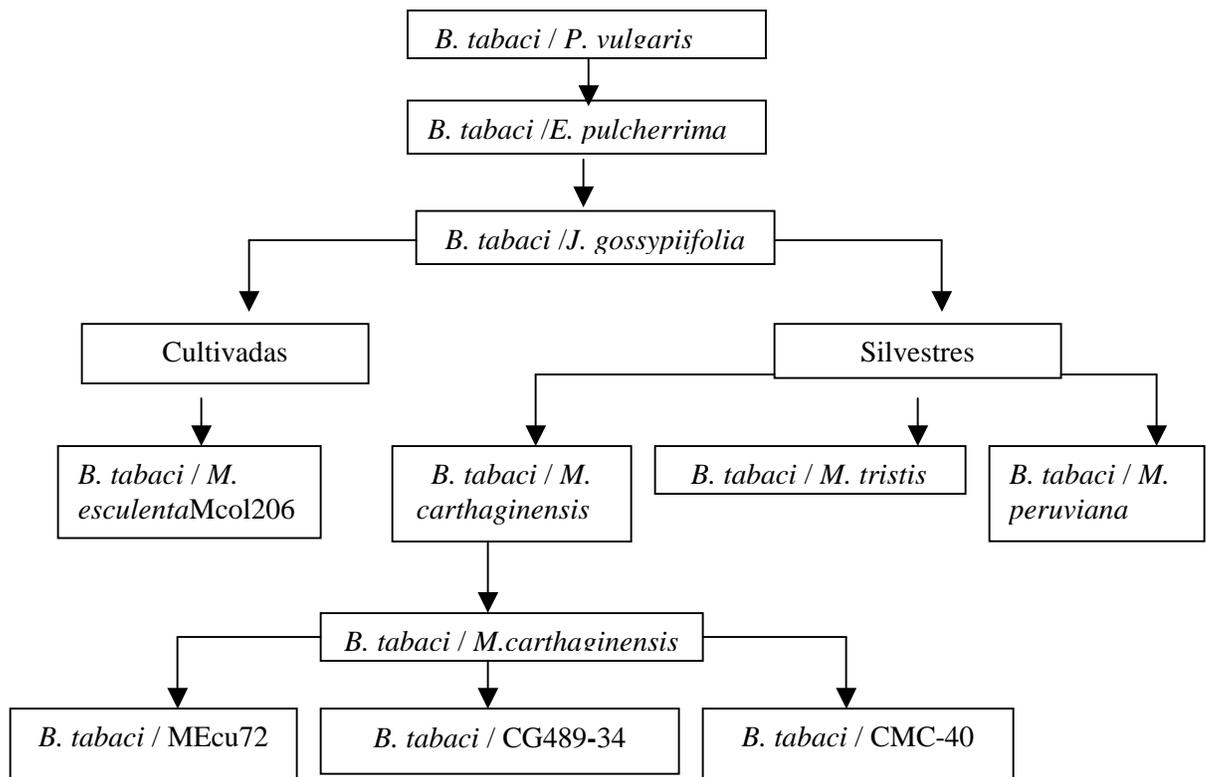


Figura 16. Modelo general de adaptación del biotipo B de *B. tabaci* de *P. vulgaris* a *M. esculenta* y *M. carthagenensis* y de evaluación de la resistencia de tres genotipos de *M. esculenta* al biotipo B.

3.5.1 Identificación de genotipos de yuca *M. esculenta* con niveles de resistencia/tolerancia al biotipo “B” de *B. tabaci*.

Moscas blancas: Los adultos (machos y hembras) utilizados en este estudio provenían de la cría establecida durante dos generaciones sobre *M. carthagenensis*.

Genotipos: Se escogieron los genotipos: CMC-40, MEcu-72 y GC 489-34 del banco de germoplasma de yuca del CIAT. Estas accesiones exhiben las siguientes características de resistencia frente a *A. socialis* (Tabla 2).

Tabla 2. Genotipos de *M. esculenta* evaluados para detectar resistencia al biotipo B de *B.tabaci*.

Genotipos	Características contra <i>A. socialis</i>
CMC-40	Susceptible a <i>Aleurotrachelus socialis</i> (presenta altas poblaciones y daño severo).
MEcu-72	Bajas poblaciones, ningún síntoma de daño, comparativamente alto rendimiento de raíces bajo presión de mosca blanca.
GC 489-34	Moderados niveles de resistencia a mosca blanca, buena producción de raíces.

Para el desarrollo de los experimentos se utilizaron plantas de 30–40 días de siembra. Se multiplicaron a partir de estacas, utilizando materas plásticas de 15 cm de profundidad con capacidad aproximada para un Kg. de suelo (2 partes de suelo + 1 parte de arena limosa). Las plantas se ubicaron en una casa malla, sobre mesas de 1m de altura (Figura 17).



Figura 17. Siembra y multiplicación de genotipos de *M. esculenta* (MEcu72) en casa de malla

Para iniciar los experimentos se seleccionaron plantas que poseían 4-6 hojas verdaderas y 30-50 cm de altura (libres de artrópodos).

Los métodos empleados para el estudio de la longevidad, fecundidad, tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia, proporción de hembras y parámetros demográficos fueron explicados en el capítulo metodológico del primer experimento.

3.6 Análisis estadístico

Los valores de la longevidad, fecundidad, tasa de oviposición y tiempo de desarrollo del biotipo B de *B. tabaci* en cada planta hospedera y genotipo de *M. esculenta* se analizaron mediante la prueba de Kruskal–Wallis; la cual permite comparar las medias de dos o más distribuciones sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos del error se distribuyen normalmente. Además se realizaron comparaciones múltiples utilizando el método de Student-Newman-Keuls. Los valores de tasa de supervivencia se compararon mediante Chi-cuadrado (χ^2).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Adaptación gradual del Biotipo B de *B. tabaci* sobre *Manihot esculenta*

4.1. 1 Identificación del biotipo B de *B. tabaci* sobre diferentes hospederos

La amplificación realizada con el cebador H-9, produjo bandas polimórficas y mostró que no hay diferencias intraespecificas entre las muestras evaluadas independiente del hospedero (Figura 18). Las bandas claras y reproducibles consideradas diagnósticas estuvieron entre 1300 y 1400 pb, observándose principalmente cuatro fragmentos de ADN, de 900, 700, 600 y 400 pb, aproximadamente, comunes para las 16 muestras de mosca blanca. Lo anterior confirma la pureza del biotipo empleado durante los experimentos.

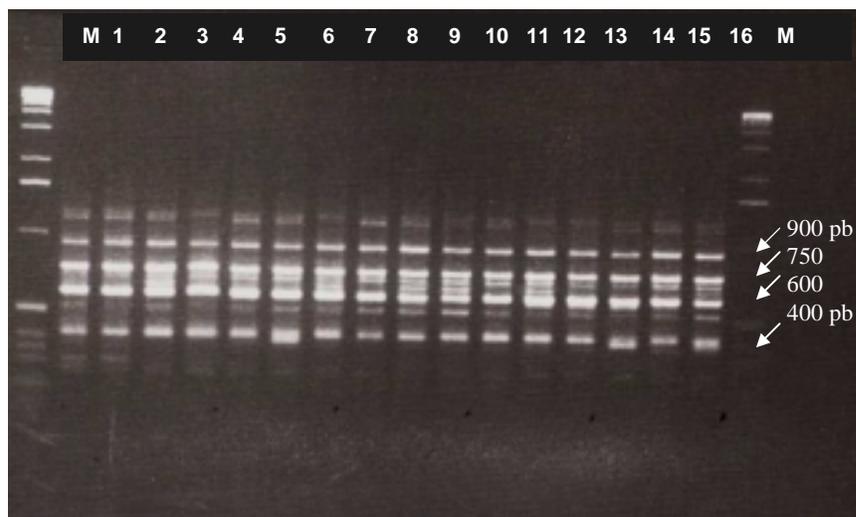


Figura 18. Verificación de la identidad del Biotipo B de *B. tabaci* mediante RAPDs con el cebador H9. Las muestras provienen de individuos colectados sobre diferentes plantas hospederas. (carriles) M= 1Kb, (1-4) biotipo B, (5-7) Control, *E. pulcherrima*, (8-10) *P. vulgaris*, (11-13) *J. gossypifolia* y (14-16) *M. esculenta*.

4.2 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* (Mcol 2063) con poblaciones provenientes de tres hospederos; *P. vulgaris*, *E. pulcherrima* y *J. gossypiifolia*

4.2.1 Longevidad y fecundidad.

El rango de longevidad de las hembras del biotipo B sobre *M. esculenta* provenientes de los tres hospederos fue de (2 a 18 días), siendo los promedios en *J. gossipyfolia* y *P. vulgaris* similares entre si, pero significativamente diferentes al ser comparados con los de *E. pulcherrima* (Método Student-Newman-Keuls $P < 0.05$, después de Kruskal-Wallis $P < 0.0001$). El promedio más alto se obtuvo en hembras del biotipo B provenientes de *E. pulcherrima* (5.6 días), excediendo en 2.5 y 2.35 días a sus contrapartes provenientes de *P. vulgaris* y *J. gossypiifolia*, respectivamente (Figura 19). No obstante, las poblaciones provenientes de *E. pulcherrima* sobrevivieron 39 y 49% menos comparadas con las obtenidas por Sánchez et al. (1997) y Butler et al. (1983) en *B. tabaci* sobre hospederos favorables como algodón (*Gossypium hirsutum*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y *E. pulcherrima*.

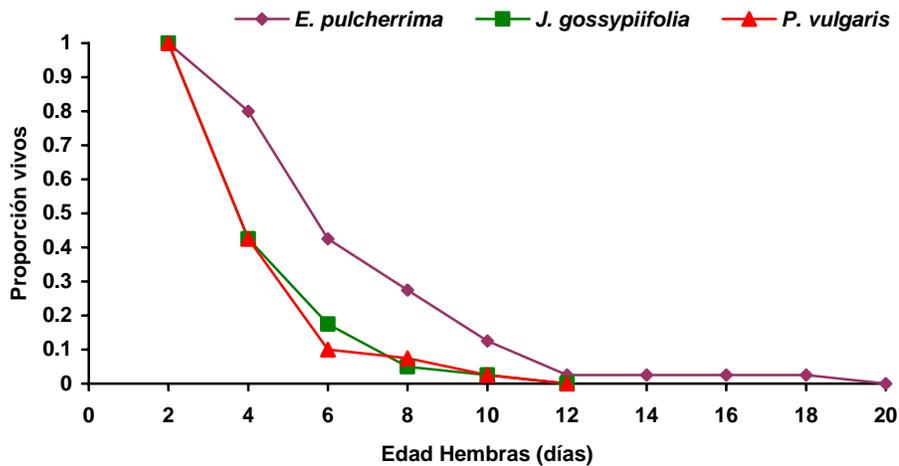


Figura 19. Supervivencia del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* provenientes de tres hospederos diferentes (*E. pulcherrima*, *J. gossypifolia* y *P. vulgaris*)

Independiente de su procedencia, todas las hembras del biotipo B, iniciaron la oviposición en los dos primeros días y al quinto las hembras provenientes de *J. gossypifolia* y *P. vulgaris* habían ovipositado el 50% de toda su descendencia sobre *M. esculenta*. La tasa de oviposición más alta (2.64 huevos/hembra/2 días) se presentó en las hembras provenientes de *J. gossypifolia* siendo su valor significativamente mayor con respecto a los obtenidos en hembras procedentes de los otros dos hospederos (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido de Student-Newman-Keuls $\alpha < 0.05$) (Tabla 3). No obstante se presentó variabilidad en los días máximos de oviposición. Estos fueron el 2, 6 y 12 día según procedan de hembras establecidas previamente en *J. gossypifolia*, *P. vulgaris* y *E. pulcherrima*, respectivamente (Figura 20). Estas diferencias, revelan cierta preferencia del biotipo B a ovipositar sobre *M. esculenta*, unido a un temprano registro de oviposición cuando sus poblaciones previamente han sido establecidas en *J. gossypifolia*. Básicamente los resultados obtenidos con las hembras provenientes de *J. gossypifolia* y *P. vulgaris* concuerdan con lo reportado

por Gameel (1974) (citado por van Lenteren & Noldus 1990), quien encontró que la máxima oviposición de *B. tabaci* ocurre en la primera semana de vida del adulto.

Por otro lado, la fecundidad media en *M. esculenta* no fue significativamente diferente entre hembras provenientes *J. gossypiifolia* y *E. pulcherrima* (Student-Newman-Keuls $\alpha < 0.05$, Tabla 3), pero si al ser comparadas con las de *P. vulgaris* (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$). Como se observa en la Figura 20, la oviposición diaria más alta se presentó en *E. pulcherrima*.

Las hembras criadas sobre *J. gossypiifolia* y *E. pulcherrima* exhibieron un mejor comportamiento reproductivo al ser transferidas a *M. esculenta*. La fecundidad total entre las hembras provenientes de los tres hospederos presentó un rango entre 1 a 48 huevos/hembra (Tabla 3) y la secuencia de los mejores hospederos fue similar la obtenida en los análisis de longevidad.

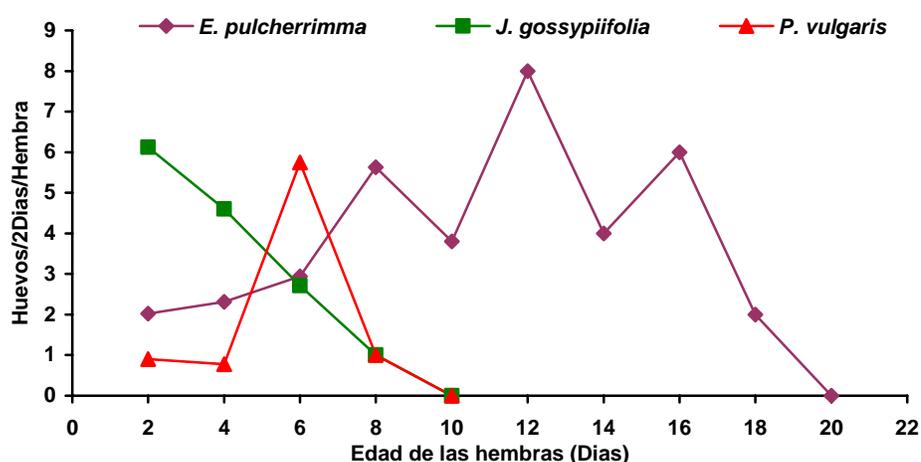


Figura 20. Curvas de reproducción del biotipo B de *B. tabaci* provenientes de tres hospederos, *E. pulcherrima*, *J. gossypiifolia*, *P. vulgaris*

Tabla 3. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos/hembra) y tasa de oviposición (huevos/hembra/2días) del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* con poblaciones provenientes de tres hospederos (n=40).

Parámetro	Hospedero de Procedencia		
	<i>J. gossypiifolia</i>	<i>E. pulcherrima</i>	<i>P. vulgaris</i>
Longevidad Media	3.25 b	5.6 a	3.1 b
Rango	2 – 10	2 – 18	2 – 10
Fecundidad Media	8.6 a	7.65 a	1.82 b
Rango	1 - 41	1 - 48	1 - 19
Tasa de Oviposición Media	2.64 a	1.36 b	0.58 c
Rango	0.5 - 8	0.4 - 3	0.5 - 3.5

Promedios seguidos por diferentes letras a través de las columnas difieren significativamente, (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido por Student-Newman-Keuls $\alpha < 0.05$)

Las tasas de oviposición exhibieron patrones diferentes en los tres hospederos, variando con la edad de las hembras (Figura 20). La curva de la tasa de oviposición en *J. gossypiifolia* muestra un inicio y culminación temprana de la oviposición (sesgo positivo) comparada con la del biotipo B en *E. pulcherrima* la cual desplegó un patrón normal o gaussiano, con una concentración de las posturas en el día doce y el resto repartidos a ambos extremos. Un patrón similar, pero de más corta duración, fue alcanzado en *P. vulgaris*. Es importante observar que aunque hubo variación en las tasas de oviposición media de las hembras provenientes de los tres hospederos, no se presentaron diferencias en la fecundidad en *J. gossypiifolia* y *E. pulcherrima*, conservándose la secuencia de aparente conveniencia del hospedero de cría para el insecto, por ejemplo (*M. esculenta*: *J. gossypiifolia* > *E. pulcherrima* > *P. vulgaris*) determinada inicialmente.

El análisis de estos resultados sugiere que cuando poblaciones del biotipo B de *B. tabaci* son criadas durante algunas generaciones a través de las secuencias de hospederos *P. vulgaris* - *E. pulcherrima* - *J. gossypiifolia*, exhiben mayores tasas de oviposición y longevidad sobre *M. esculenta* que si, son transferidas directamente de *P. vulgaris* a *M. esculenta*.

4.2.2 Tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia de los estados inmaduros y proporción de hembras.

Al comparar los tiempos de desarrollo es posible plantear que el biotipo B presenta una mejor adaptación biológica a *M. esculenta* cuando sus poblaciones han sido previamente establecidas sobre *J. gossypiifolia*, ya que presentó el menor tiempo de desarrollo que aquellas provenientes de *E. pulcherrima* y *P. vulgaris* (Tabla 4), con los cuales difiere estadísticamente (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$) (Student-Newman-Keuls, $\alpha < 0.05$). No obstante el tiempo de desarrollo sobre *M. esculenta* cuando las poblaciones provienen de *J. gossypiifolia*, es el doble comparado con los resultados obtenidos por Tsai & Wang (1996) sobre hospederos favorables como *P. vulgaris*.

Por otra parte la proporción de hembras y machos (1:1) del biotipo B obtenidos sobre *M. esculenta* no fue afectada por el hospedero. Siendo similar a los reportados para *B. tabaci* en la literatura (Eichelkraut & Cardona 1989, Sánchez et al. 1997).

La tasa más alta de supervivencia de los estados inmaduros se presentó en los individuos provenientes de *J. gossypiifolia* y fue significativamente diferente al ser comparada con las

de *E. pulcherrima* y *P. vulgaris* ($\chi^2 = 16.7$; d.f.= 2; $P < 0.0002$) (Student-Newman-Keuls, $\alpha < 0.05$). Las diferencias entre las tasas de supervivencia del biotipo B sobre *M. esculenta* a partir de *J. gossypifolia*, mostraron que de 200 huevos, 55 (27.5%) llegaron hasta el estado adulto, cifra alta comparada con el 2 y 3% obtenido en *P. vulgaris* y *E. pulcherrima*, respectivamente. Este parámetro se constituye entonces en buen indicador de la capacidad de adaptación del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. esculenta*, el cual es uno de los principales aportes del presente estudio, al contraponerse a la teoría de Costa & Russell (1975), que establece que el biotipo B no se alimenta ni reproduce en las Américas.

Tabla 4. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* provenientes de *J. gossypifolia*, *E. pulcherrima* y *P. vulgaris* (n=200).

Parámetro	Hospedero de Procedencia		
	<i>J. gossypifolia</i>	<i>E. pulcherrima</i>	<i>P. vulgaris</i>
Tiempo de desarrollo (días)*	44.4 b	50.6 a	49.5 a
Tasa de supervivencia (%) ^φ	27.5 a	3.0 b	2.0 b
Proporción de hembras (%)	50.9	50.0	50.0

Promedios seguidos por diferentes letras a través de las columnas difieren significativamente

* Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido por Student-Newman-Keuls $\alpha < 0.05$

^φ Chi-cuadrado= 16.7, 2 d.f., $P < 0.0002$

4.2.3 Parámetros demográficos.

La tasa de reproducción neta (R_0) permitió estimar que en promedio, al cabo de una generación las poblaciones del biotipo B podrían multiplicarse 11.6 veces (individuo/individuo) sobre yuca cuando provienen de *E. pulcherrima*; siendo, respectivamente, 1.3 y 6.3 veces mayor que en *J. gossypifolia* y *P. vulgaris* (Tabla 5).

A su vez, una generación del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. esculenta* puede completarse en 44.76 días cuando las poblaciones provienen de *J. gossypiifolia*, siete y once días inferior a los obtenidos con las poblaciones criadas en *P. vulgaris* y *E. pulcherrima*, respectivamente (Tabla 5). Estos resultados indican que el biotipo B de *B. tabaci* puede tener ocho generaciones/año sobre *M. esculenta*.

Los resultados son igualmente consistentes al comparar las tasas intrínsecas de crecimiento (r_m). El análisis revela un mayor crecimiento de la población sobre *M. esculenta* cuando provienen de *J. gossypiifolia*, excediendo 8.3% a aquellas de *E. pulcherrima* y hasta en 58.3% a las de *P. vulgaris*. De acuerdo a lo mencionado por Lewontin (1965) y Caswell & Hastings (1980), (citados por Krips et al. 1998), la sensibilidad del r_m a los cambios en la fecundidad y el tiempo de desarrollo, contribuye a explicar las diferencias encontradas. De esta forma, la gran diferencia entre el bajo valor de r_m alcanzado por el biotipo B cuando proviene de *P. vulgaris* comparado con el alto de *J. gossypiifolia* puede atribuirse a la baja fecundidad y mayor tiempo de desarrollo presentado en el primer hospedero. Lo mismo aplica en sentido contrario, cuando se obtiene mayor fecundidad y disminución en el tiempo de desarrollo en los individuos provenientes de *J. gossypiifolia* permiten un incremento de su r_m . En el caso de los individuos provenientes de *E. pulcherrima*, el valor de r_m fue favorecido por su fecundidad comparable a la de los individuos provenientes de *J. gossypiifolia* (Tabla 3).

Nuestros resultados concuerdan con la teoría de la dinámica poblacional, según la cual la fecundidad es el componente más importante de la historia de vida de organismos que

tienen una baja tasa intrínseca de crecimiento (r_m) (Romanov et al. 1991). Los valores más altos de la fecundidad de las hembras del biotipo B establecidas previamente sobre *J. gossypifolia* (8.6 huevos) y *E. pulcherrima* (7.65 huevos) estuvieron directamente relacionados con los mayores valores de (r_m), (0.48 día^{-1} y 0.44 día^{-1}), respectivamente, mientras que decrecieron ostensiblemente en *P. vulgaris* (0.02). En términos poblacionales esto es indicativo que las poblaciones de *B. tabaci* provenientes de *J. gossypifolia* y *E. pulcherrima* poseen una fecundidad media y r_m muy similares y que, por lo tanto requerirán, comparados con *P. vulgaris*, la mitad del tiempo, en días, para duplicar en número su población.

Tabla 5. Parámetros demográficos para individuos del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* provenientes de *J. gossypifolia*, *E. pulcherrima* y *P. vulgaris* (n=200).

Parámetro	Hospedero de Procedencia		
	<i>J. gossypifolia</i>	<i>E. pulcherrima</i>	<i>P. vulgaris</i>
Tasa reproductiva neta (R_0) $\sum l_x m_x$	8.63	11.6	1.82
Tiempo generacional (T)	44.76	56.03	51.3
Tasa intrínseca crecimiento (r_m)	0.048	0.044	0.02
Tiempo de duplicación (TD)	14.4	17.3	34.7

El análisis de la conveniencia de la planta hospedera, basado únicamente en un parámetro poblacional, puede conllevar a pasar por alto importantes diferencias. Por ejemplo, en la comparación del crecimiento de las poblaciones sobre yuca cuando provienen de *J. gossypifolia* y *E. pulcherrima*, las diferencias en la fecundidad media entre estos hospederos fue 1 huevo/hembra, estadísticamente no significativa, pero la diferencia en el tiempo de desarrollo fue amplia, de aproximadamente 6 días, afectando a su vez, la tasa

intrínseca de crecimiento, con la cual se alcanza una diferencia considerable (0.04 día^{-1}).

Todo lo anterior muestra la sensibilidad del r_m a los cambios en el tiempo de desarrollo.

En síntesis, los resultados con el biotipo B concuerdan con lo reportado por Coudriet et al. 1985, Bethke et al. 1991, Tsai & Wang 1996 y van Boxtel et al. (1978) quienes indicaron que a pesar de su naturaleza polífaga, las poblaciones de *B. tabaci* muestran grandes variaciones en la fecundidad, longevidad, tiempo de desarrollo y parámetros demográficos acorde a las diferentes plantas hospederas donde fueron criadas y aparentemente asociados a los parentales.

4.3 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de *B. tabaci* sobre *Jatropha gossypifolia* con poblaciones previamente establecidas sobre *P. vulgaris* y *E. pulcherima*

4.3.1 Longevidad y fecundidad.

Los resultados mostraron que el rango de longevidad de las hembras biotipo B de *B. tabaci* sobre *J. gossypifolia* fue de 2 a 20 días y vivieron en promedio de 7.6 días (Figura 21). El valor de la longevidad fue inferior en 2 y 3 días (Tabla 6), comparado con los resultados obtenidos por Tsai & Wang (1996) sobre pepino (*Cucumis sativus* L.) y Bethke et al. (1991) en poinsettia (*E. pulcherrima*), respectivamente.

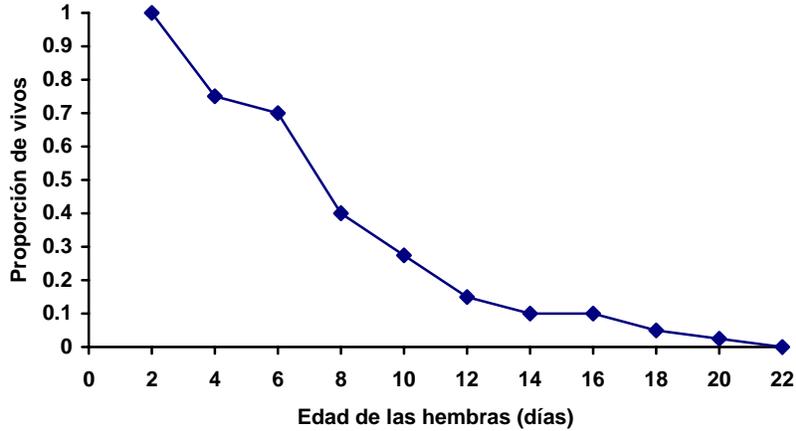


Figura 21. Curva de supervivencia de *B. tabaci* biotipo B en *J. gossypifolia*

El promedio de huevos por hembra fue de 11.9 (rango de 1-37 huevos). El 90% de las hembras iniciaron la oviposición dentro de las primeras 48 horas. Al día 10°, el 88.4% de toda la descendencia había sido producida (Figura 22). Esto no es sorprendente ya que es conocido que el biotipo B de *Bemisia tabaci* tiene un amplio rango de plantas (Byrne & Bellows 1991) y que su longevidad y oviposición varían dependiendo de la especie de planta (Bethke et al. 1991, Tsai & Wang 1996). Los resultados de la fecundidad fueron bajos comparados con los obtenidos por otros autores, como Butler et al. (1983), Bethke et al. (1991) y Tsai & Wang 1996), quienes encontraron que el número de huevos colocados por hembra fue de 81 sobre algodón, 77 sobre berenjena (*Solanum melongena* L.) y 22 sobre poinsettia.

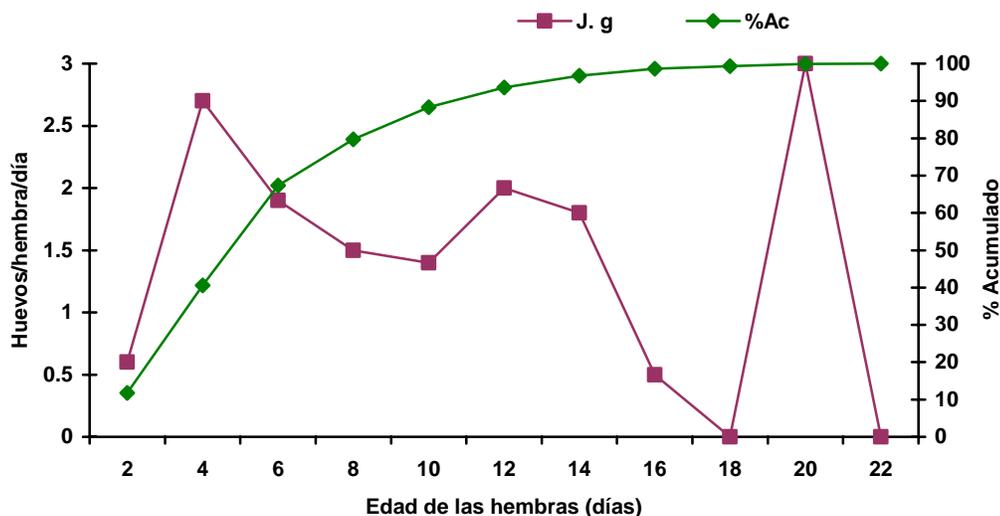


Figura 22. Variación de la tasa de oviposición de *B. tabaci* biotipo B y su porcentaje acumulado respecto al tiempo en *J. gossypifolia*

Tabla 6. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos) y tasa de oviposición (huevos/hembra/2días) del biotipo B de *B. tabaci* en *J. gossypifolia*.

Parámetro	<i>J. gossypifolia</i>
Longevidad Media	7.6
Rango	2-20
No insectos	40
Fecundidad Media	11.9
Rango	1-37
Tasa oviposición Media	1.6
Rango	0.16-4.62

4.3.2 Tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia de los estados inmaduros, proporción de hembras y parámetros demográficos.

Los individuos del biotipo B presentaron un tiempo de desarrollo de 27.3 días sobre *J. gossypifolia* (Tabla 7), 10 días más largo comparado con los resultados obtenidos por Tsai

& Wang (1996) sobre uno de los hospederos más convenientes, berenjena. La proporción de hembras fue del 50% y la tasa de supervivencia del 46.5%, siendo este último igual al valor encontrado por Tsai & Wang (1996) sobre pepino.

Los resultados de la tasa reproductiva neta (R_0) permitieron estimar que en promedio al cabo de una generación, las poblaciones del biotipo B podrían multiplicarse 35 veces sobre *J. gossypifolia* (Tabla 8) siendo, tan sólo, 2.5 veces menor al valor encontrado por Calvitti & Remotti (1998) sobre *E. pulcherrima*. De igual manera una generación del biotipo B sobre *J. gossypifolia* puede completarse en 31.84 días y, por consiguiente, alcanzar 11 generaciones por año, i.e. una (1) generación más comparando con *E. pulcherrima*.

Tabla 7. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de *B. tabaci* en *J. gossypifolia* (n=200).

Parámetro	Valores
Tiempo de desarrollo (días)	27.3
Tasa de supervivencia (%)	46.5
Proporción de hembras (%)	50.0

En forma general, los datos demográficos estimados para el biotipo B de *B. tabaci* sobre *J. gossypifolia* se equiparan a los valores más altos encontrados para *E. pulcherrima* por Calvitti & Remotti (1998). Estos autores agrupan once hospederos (seis de los cuales pertenecen al género *Euphorbia*, en cuatro niveles de calidad o conveniencia para la mosca blanca, de acuerdo a los valores de sus r_m . En el grupo I, incluyen las especies con $r_m > 0.09$, en el II ($0.05 < r_m < 0.09$), III ($0.04 < r_m < 0.05$) y finalmente en el IV ($r_m \leq 0.04$). La única especie de *Euphorbia* incluida en el grupo I fue *E. pulcherrima* ($r_m = 0.100$). Sí se tiene en

mente que el presente estudio fue realizado en similares condiciones de humedad y temperatura ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 5\%\text{HR}$), es plausible realizar una comparación, ubicando a *J. gossypiifolia* en el grupo I de conveniencia ($r_m = 0.119$), superando su r_m ($= 0.119$) al reportado para *E. pulcherrima* y especies de *Euphorbia*.

Por otra parte, el valor de r_m se reflejó en el tiempo de duplicación. Así, sobre *J. gossypiifolia* el biotipo B requiere aproximadamente, seis días para duplicar en número su población, similar al que se requiere en *E. pulcherrima* (7 días). Los valores de la tasa de reproducción neta (R_0) sobre *J. gossypiifolia* (35.03) fueron similares a los reportados por los mismos autores para *E. pulcherrima* (37.87), el tiempo generacional (T) fue menor en 4 días aproximadamente para *J. gossypiifolia* (31.84) con respecto a *E. pulcherrima* (35.4) uno de los hospederos clasificados en primer nivel (Calvitti & Remotti 1998).

van Lenteren & Noldus (1990), indicaron que entre los criterios a tener en cuenta para señalar la conveniencia de una planta como hospedero para las moscas blancas, están un corto tiempo de desarrollo y una alta oviposición total sobre un hospedero. Por lo tanto, debido a que los individuos del biotipo B de *B. tabaci* que se alimentaron sobre *J. gossypiifolia* mostraron mayor tasa intrínseca de crecimiento de la población, resultado de un rápido desarrollo, alta supervivencia y una tasa de oviposición media, esta especie puede ser considerada como un hospedero conveniente para esta especie de mosca blanca.

Tabla 8. Parámetros demográficos de individuos del biotipo B de *B. tabaci* en *J. gossypiiifolia* (n=200).

Parámetro	Valores
Tasa reproductiva neta (Ro) $\sum l_x m_x$	35.0
Tiempo generacional (T)	31.84
Tasa intrínseca crecimiento (r_m)	0.119
Tiempo de duplicación (TD)	5.82

Una comparación de los resultados de la tasa intrínseca de crecimiento (r_m) obtenidos por Romberg & Cardona (1998) en *P. vulgaris* y *E. pulcherrima* con los del presente estudio, indica que las poblaciones del biotipo B de *B. tabaci* criadas sobre los hospederos *P. vulgaris* y *E. pulcherrima*, en el caso de ser transferidas a *M. esculenta*, podrían presentar una disminución en el número de individuos aportados por día de 79 y 27%, respectivamente. Esta posible pérdida en los individuos provenientes de *E. pulcherrima* fue el resultado del menor valor del r_m obtenido en los estudios de Romberg & Cardona (1998) debido al efecto del cambio de hospedero y al establecimiento de los individuos durante una sola generación. Cuando comparamos los valores de r_m de los individuos provenientes de *J. gossypiiifolia* sobre *M. esculenta* (Tabla 5), con respecto del r_m de los individuos directamente evaluados sobre *J. gossypiiifolia* (Tabla 8), se presentó una disminución del 59% en el número de individuos aportados a la población, valor que es más bajo que si se pasaran directamente de *P. vulgaris* a *M. esculenta*. En síntesis, el biotipo B de *B. tabaci* con el cual se experimentó fue favorecido por la influencia de hospederos filogenéticamente cercanos como puntos graduales en los cuales las poblaciones del insecto experimentan un aumento en su potencial biótico que, en últimas, permitió su adaptación a *M. esculenta*.

4.4 Establecimiento del biotipo B de *B. tabaci* en las especies silvestres del género

Manihot*: *M. peruviana*, *M. tristis* y *M. carthaginensis

Las observaciones del desarrollo de los estados inmaduros en cada una de las especies silvestres mostraron, que el biotipo B no completó su desarrollo hasta adulto en *M. peruviana* y *M. tristis*, alcanzando sólo el desarrollo de estados ninfales de los dos primeros instares. En contraste, en *M. carthaginensis*, el biotipo B completó su ciclo de vida mostrando una mejor adaptación sobre este hospedero.

4.5 Parámetros de la historia de vida del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. esculenta* (Mcol 2063) y *M. carthaginensis* con poblaciones provenientes de *J. gossypifolia*

4.5.1 Longevidad y fecundidad.

Los valores de longevidad en *M. carthaginensis* y *M. esculenta* (Mcol 2063) presentaron rangos similares de 2 a 12 días y la longevidad media más alta de las hembras del biotipo B se presentó en *M. carthaginensis*, excediendo en aproximadamente dos días a *M. esculenta*. Al día seis, se alcanzó el 65 y el 82.5 % de mortalidad en hembras provenientes de *M. carthaginensis* y *M. esculenta*, (Figura 23) y sus respectivos promedios de longevidad difirieron significativamente (Student-Newman-Keuls $P < 0.05$, después de Kruskal-Wallis $P < 0.0001$).

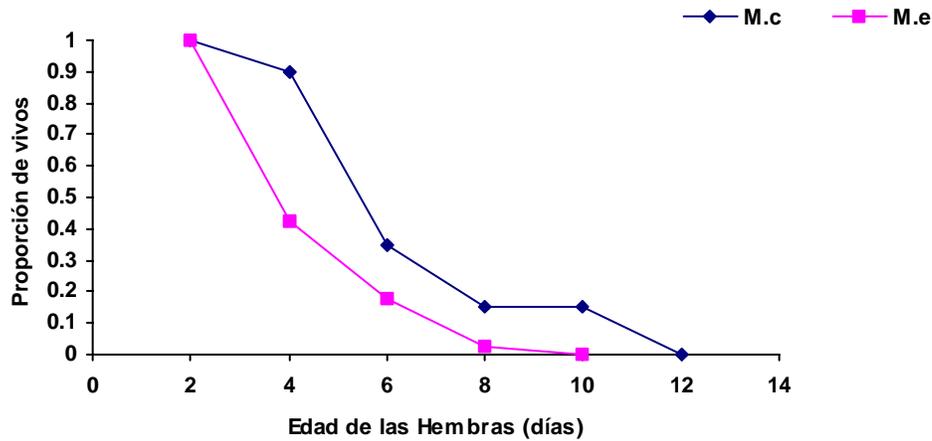


Figura 23. Supervivencia del biotipo B de *B. tabaci* en *M. carthagenensis* y *M. esculenta*

El rango de huevos por hembra fue amplio para los dos hospederos, siendo mayor en *M. esculenta* (1-41 huevos). No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de la fecundidad media de las hembras provenientes de *M. carthagenensis* y *M. esculenta* (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido de Student-Newman-Keuls $P < 0.05$) (Figura 24), pero sí en cuanto a la tasa de oviposición media, la cual fue 2.5 veces mayor sobre *M. esculenta* a la de *M. carthagenensis*, siendo estadísticamente diferente entre tratamientos (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido de Student-Newman-Keuls $P < 0.05$) (Tabla 9).

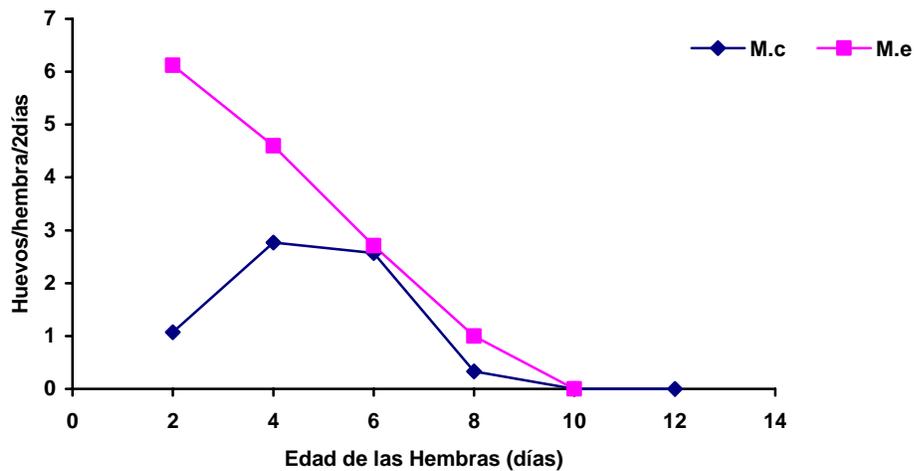


Figura 24. Curvas de reproducción del biotipo B de *B. tabaci* en *M. carthagenensis* y *M. esculenta*

En ambos hospederos las hembras del biotipo B iniciaron la oviposición en las primeras 48 horas. Durante este periodo se obtuvo sobre *M. esculenta* el 71.22 % de la descendencia total, mientras que en *M. carthagenensis* sólo alcanzó el 35.51% (Figura 24). Al igual que en *M. esculenta* estas diferencias revelan cierta preferencia del biotipo B de *B. tabaci* a ovipositar en *M. esculenta*. El proceso de alimentación está fuertemente ligado a la oviposición y selección del sitio (van Lenteren & Noldus, 1990) y aunque factores como la edad de la hoja (Califa & El- Khidir (1964), Avidov (1956), Avidov & Harpaz (1969), Gameel (1974), Ohnesorge et al. (1980), Von Arx et al. 1983) (citados por van Lenteren & Noldus 1990) color y olor de las plantas, presencia o ausencia de vellosidades y/o tricomas entre otros, son importantes (Chu et al. 1995) es, en últimas, la calidad nutricional de cada tipo de planta, el aspecto que más influye en la capacidad reproductiva del biotipo B.

Tabla 9. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos/hembra), y tasa de oviposición (huevos/hembra/2días) del biotipo B de *B. tabaci* en *M. carthaginensis* y *M. esculenta*

Parámetro	<i>M. carthaginensis</i>	<i>M. esculenta</i>
Longevidad Media	5.1a	3.25 b
Rango	2-10	2-10
No insectos	40	40
Fecundidad Media	5.35 a	8.6 a
Rango	1-35	1-41
Tasa oviposición Media	1.05 b	2.64 a
Rango	0.25-3.6	0.5-8

Promedios seguidos por diferentes letras a través de las columnas difieren significativamente, (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido por Student-Newman-Keuls $P < 0.05$)

El análisis de las curvas de oviposición (Figura 24) del biotipo B de *B. tabaci* en *M. esculenta* revela que fue inversamente proporcional al tiempo, con máximos y mínimos de oviposición en los días 2 y 10, respectivamente. El patrón desplegado en *M. carthaginensis* fue de tipo gaussiano, presentando una concentración media entre los días 4 y 6 y su total desaparición al 10.

4.5.2 Tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia de los estados inmaduros y proporción de hembras.

El tiempo de desarrollo del biotipo B sobre *M. carthaginensis* fue significativamente diferente con respecto a *M. esculenta* (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido de Student-Newman-Keuls $P < 0.05$). En total el ciclo de vida fue 11 días más largo sobre *M. esculenta* comparado con *M. carthaginensis* (Tabla 10). Estos resultados podrían interpretarse como una mejor adaptación biológica de los estados inmaduros del insecto a desarrollarse sobre *M. carthaginensis*.

Las tasas de supervivencia de los estados inmaduros entre *M. carthagenensis* y *M. esculenta* (Figura 25), presentaron diferencias estadísticas significativas ($\chi^2 = 29.9$, 1 d.f., $P < 0.0001$; Tabla 10) siendo mayor en la primera. Los resultados mostraron que de 200 huevos, el 60% llegaron hasta adulto cuando se desarrollaron sobre *M. carthagenensis* comparado con el 27.5% que llegaron adultos sobre *M. esculenta*. Nuevamente, la tasa de supervivencia es buen indicador de la capacidad potencial que puede tener el biotipo B de *B. tabaci* para desarrollar poblaciones sobre una variedad cultivada de *M. esculenta* (Mcol 2063) y una silvestre *M. carthagenensis*.

La proporción de hembras y machos no fue afectada al desarrollarse en los dos hospederos, siendo 1:1.

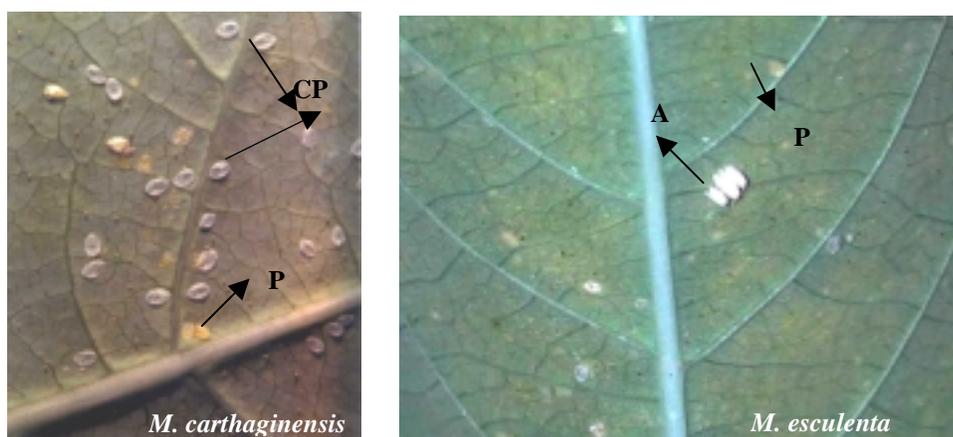


Figura 25. Cápsulas pupales (CP), pupas (P) y adultos (A) del biotipo B de *B. tabaci* en *M. carthagenensis* y *M. esculenta* Mcol 2063

Tabla 10. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de *B. tabaci* en *M. carthagenensis* y *M. esculenta* MCol 2063(n=200).

Parámetro	<i>M. carthagenensis</i>	<i>M. esculenta</i>
Tiempo de desarrollo (días)*	33.3b	44.1 a
Tasa de supervivencia (%) ^ϕ	60 a	27.5 b
Proporción de hembras (%)	50.6	50.9

Promedios seguidos por diferentes letras a través de las columnas difieren significativamente

* Kruskal-Wallis P< 0.0001, seguido por Student-Newman-Keuls P< 0.05

^ϕ Chi-cuadrado= 29.9, 1 d.f., P< 0.0001.

4.5.3 Parámetros demográficos del biotipo B de *B. tabaci* sobre *M. carthagenensis* y *M. esculenta* (Mcol 2063)

Los resultados de la tasa reproductiva neta (Ro) permitieron estimar que, en promedio, al cabo de una generación, las poblaciones del biotipo B podrían multiplicarse 8.63 veces (individuo/individuo) sobre *M. esculenta* (Tabla 11), siendo 1.6 veces mayor con respecto a *M. carthagenensis*. Esta variabilidad puede ser explicada por la menor fecundidad total alcanzada sobre *M. carthagenensis*.

Una generación del biotipo B de *B. tabaci* puede completarse en 35.6 y 44.76 días sobre *M. carthagenensis* y *M. esculenta* (Mcol 2063), respectivamente, (Tabla 11). Estos resultados permiten predecir que el biotipo B puede alcanzar diez generaciones por año sobre *M. carthagenensis*, dos generaciones más que en *M. esculenta*. El tiempo generacional (T) es un parámetro que está muy relacionado con la duración del desarrollo pero expresa mejor la relación temporal del biotipo B con la planta hospedera, puesto que integra la longevidad del adulto y la secuencia reproductiva.

La población del biotipo B de *B. tabaci* presentó un crecimiento (r_m) igual en *M. carthagenensis* y *M. esculenta* (Tabla 11) indicando que no existen diferencias en el potencial biótico del insecto al ser criado en cualquiera de estos hospederos y que por consiguiente, su potencial adaptativo es igual tanto en la especie cultivada como la silvestre.

Tabla 11. Parámetros demográficos de individuos del biotipo B de *B. tabaci* en *M. carthagenensis* y *M. esculenta* (n=200).

Parámetro	<i>M. carthagenensis</i>	<i>M. esculenta</i>
Tasa reproductiva neta (R_0) $\sum l_x m_x$	5.35	8.63
Tasa intrínseca crecimiento (r_m)	0.048	0.048
Tiempo generacional (T)	35.6	44.76
Tiempo de duplicación (TD)	14.4	14.4

Un rápido incremento de la población puede ser alcanzado por una alta tasa de reproducción o cortos tiempos de desarrollo, aunque la contribución relativa de estos parámetros no es igual (Krips et al. 1998). Como se observa, los cambios en el tiempo de desarrollo fueron más importantes para el crecimiento de la población del biotipo B en *M. carthagenensis* que los cambios en la reproducción, siendo contrastante con *M. esculenta* donde operó en sentido inverso. Finalmente, es de resaltar que la mayor oviposición del biotipo B sobre *M. esculenta*, puede ser independiente del posterior desarrollo de los estados inmaduros.

Aunque un menor tiempo de desarrollo o una mayor fecundidad pueden sugerir una mayor conveniencia de uno de los dos hospederos, es necesario interpretar estos índices con

cautela y a la luz de la tasa intrínseca de crecimiento, cuyo valor resume el comportamiento de los parámetros poblacionales. En estos resultados, aunque se presentó una diferencia en la fecundidad de 3.5 huevos/hembra sobre *M. esculenta* con respecto a *M. carthagenensis*, esta no hay diferencias significativas. Por otra parte, se encontró una amplia diferencia (11 días) en el tiempo de desarrollo en *M. carthagenensis* con respecto a *M. esculenta*, pero el resultado neto fue de igual crecimiento de la población (r_m) para los dos hospederos. Por lo tanto es posible concluir que en este caso, los cambios ocurridos en la fecundidad y el tiempo de desarrollo no afectaron en conjunto la tasa de crecimiento del biotipo B de *B. tabaci* sobre alguna de las especies, cultivada o silvestre.

En síntesis, los resultados de este experimento muestran, en forma global, gran favorabilidad de *M. carthagenensis* para el biotipo B de *B. tabaci*, aunque algunas variables, al ser evaluadas por separado, no lo evidencian. El menor tiempo de desarrollo junto con una mayor tasa de supervivencia son buenos indicadores de la conveniencia de *M. carthagenensis* para el desarrollo del insecto, a la par que sugieren que las especies silvestres constituyen hospederos con mayor potencial para el desarrollo del biotipo B de *B. tabaci*, presente en Colombia. Este hecho plantea que las especies silvestres de *M. esculenta*, pueden convertirse en puente intermedio, donde la mosca blanca incrementa su potencial biótico favoreciendo, a posteriori su completa adaptación a *M. esculenta*.

4.6 Potencial de resistencia de los genotipos de yuca: “MEcu72”, “CG489-34” y CMC-40” al biotipo B de *B. tabaci*

4.6.1 Longevidad y fecundidad del biotipo B de *B. tabaci* sobre MEcu72, CG489-34 y CMC-40.

En los tres genotipos la longevidad presentó un rango amplio de 2 a 20 días y decreció con la edad de las hembras. En MEcu72 las moscas blancas vivieron en promedio dos días más comparado con CMC-40 (Tabla 12). Al día seis, el 60% en MEcu-72, el 70% en CG 489-34 y el 85% en CMC-40 de las hembras habían muerto. En esta variable pues no se encontraron diferencias estadísticas significativas que permitieran establecer sobre cuál de los genotipos en particular el biotipo B de *B. tabaci* se alimenta y reproduce por más tiempo (Kruskal-Wallis, $P=0.0809$) (Figura 26).

La preferencia de las hembras del biotipo B por sitio de oviposición fue similar en los tres genotipos; estrato bajo, seguido del medio, y por último, el alto.

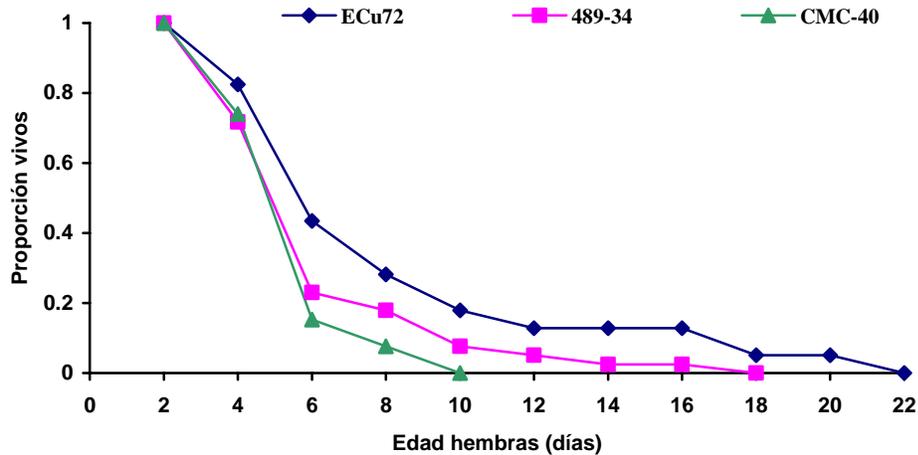


Figura 26. Supervivencia del biotipo B de *B. tabaci* en tres genotipos de *M. esculenta*: “MEcu72”, “CG489-34” y “CMC40”

Aunque el biotipo B presentó un rango amplio en la fecundidad sobre los tres genotipos evaluados (1 a 40 huevos) fue, en promedio, en MEcu72 donde se dio la mayor tasa de oviposición, comparada con CMC-40 siendo tres veces mayor. Se presentó sincronía al inicio de la oviposición (48 horas) sobre los tres genotipos, sin embargo al 6 día, mientras que en CMC-40 ya se habían ovipositado el 100% de los huevos, en MEcu-72 y CG 489-34 alcanzaron el 75.8 y 75.3%, respectivamente. Los valores de la fecundidad media de los genotipos MEcu72 y CG489-34 fueron similares entre si (Figura 27) pero significativamente diferentes al ser comparados con CMC-40 (Kruskal-Wallis, $P < 0.0001$) (Student-Newman-Keuls, $P < 0.05$). La distribución de la secuencia de la aparente conveniencia de los genotipos en la variable fecundidad fue MEcu-72 > CG489-34 > CMC-40, concordante con los del análisis de longevidad.

Los promedios de las tasas de oviposición de MEcu-72 y CG489-34 fueron similares entre si (Tabla 12), siendo ligeramente superior en el primer genotipo, pero significativamente

diferentes al ser comparados los tres (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$) (Student-Newman-Keuls, $\alpha < 0.05$).

Las diferencias en las tasas de oviposición media para cada genotipo permiten predecir, en forma limitada, qué tan adecuado puede resultar cada uno de los hospederos para el posterior desarrollo de los estados ninfales. Al comparar las tasas de oviposición en MEcu72 y CG489-34 fue evidente que no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, el biotipo B de *B. tabaci* logró desarrollarse únicamente en MEcu72, con un valor de supervivencia muy bajo (3%). Es importante resaltar que los valores similares de las tasas de oviposición del biotipo B de *B. tabaci* en los genotipos MEcu72 y CG489-34 no se conservaron posteriormente en el desarrollo de sus estados inmaduros.

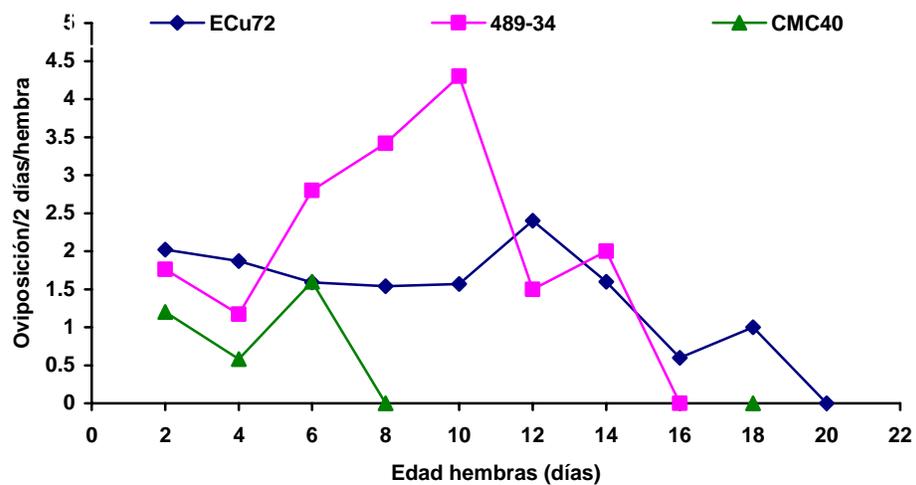


Figura 27. Curvas de reproducción del biotipo B de *B. tabaci* en tres genotipos de *M. esculenta*: “MEcu72”, “CG489-34” y “CMC40”

Tabla 12. Longevidad media (días), fecundidad media (huevos) y tasa de oviposición media (huevos/hembra/2días) del biotipo B de *B. tabaci* en tres genotipos de *M. esculenta*.

Parámetro	MEcu-72	CG489-34	CMC40
Longevidad media	6.3 a	5.07 a	3.9 a
Rango	2-20	2-16	2-8
No insectos	39	39	39
Fecundidad media	5.61a	4.35 a	1.89 b
Rango	1-40	1-24	1-12
Tasa de oviposición media	0.89 a	0.86 a	0.49 b
Rango	0.25-3.8	0.25-1.56	0.25-2.75

Promedios seguidos por diferentes letras a través de las columnas difieren significativamente, (Kruskal-Wallis $P < 0.0001$, seguido por Student-Newman-Keuls $P < 0.05$)

4.6.2 Tiempo de desarrollo, supervivencia de los estados inmaduros y proporción de hembras del biotipo B de *B. tabaci* sobre los genotipos de yuca: MEcu72, CG489-34 y CMC40

La figura 28 muestra los diferentes estadios alcanzados por el biotipo B sobre los distintos genotipos evaluados. Aunque con una tasa de supervivencia baja (3%), MEcu72 fue el único hospedero de los evaluados donde el biotipo B pudo completar su desarrollo de huevo a adulto, necesitando 55.1 días para llevarlo a cabo (Tabla 13). Tanto en el genotipo CG489-34 como en CMC-40, los mayores porcentajes de mortalidad ocurrieron en el primer instar. Los sobrevivientes se desarrollaron hasta segundo y tercer instar en CG489-34 y solo hasta el segundo en CMC-40. En cada caso, las ninfas entraron en un estado de latencia sin alcanzar el estado adulto.

Tabla 13. Tiempo de desarrollo, supervivencia y proporción de hembras de individuos del biotipo B de *B. tabaci* en MEcu72 (n=200).

Parámetro	MEcu72
Tiempo de desarrollo (días)*	55.1
Tasa de supervivencia (%) ^φ	3
Proporción de hembras (%)	33

Estos resultados difieren ampliamente de los registrados por Costa & Russel (1975), en los cuales en ninguno de los seis genotipos de *M. esculenta* evaluados *B. tabaci* se reprodujo. Estos autores registran que el 100% de los insectos murieron dentro de los tres primeros días, a diferencia de los presentes resultados (sobre MEcu72, CG489-34 y CMC-40) en los cuales este porcentaje se presentó en un rango de 8 a 20 días.

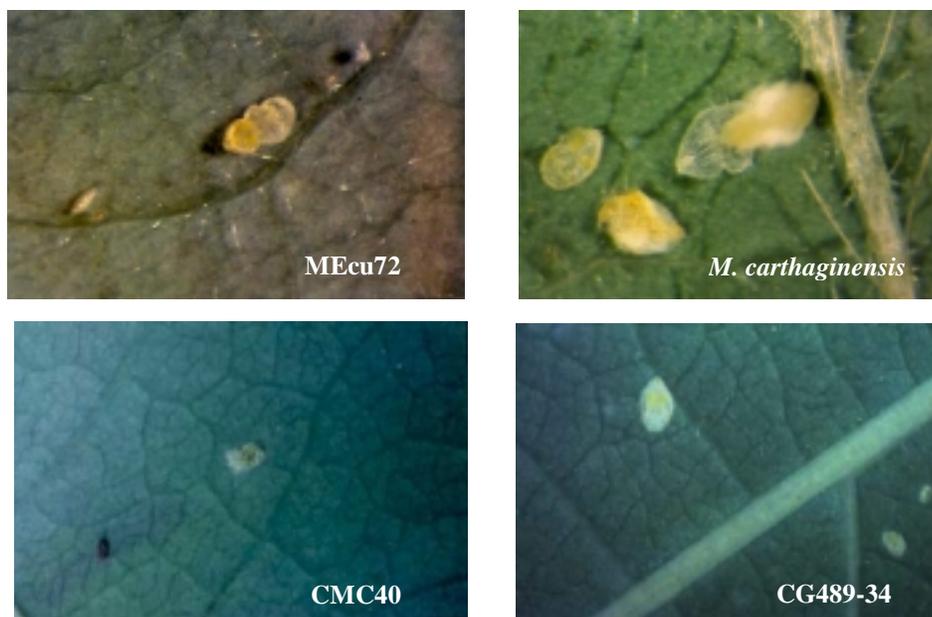


Figura 28. Estados de desarrollo del biotipo B de *B. tabaci*: MEcu72 Pupa (50 días). *M. carthagenensis* N₄, Pupa, Emergencia de adulto (33 días). CMC40 N₂ (30 días). CG489-34 N₁, N₂, N₃ (30 días).

4.6.3 Parámetros demográficos del biotipo B de *B. tabaci* en los genotipos de yuca: MEcu72, CG489-34 y CMC40

Los resultados de la tasa reproductiva neta permiten estimar que, en promedio, al cabo de una generación, las poblaciones del biotipo B sobre MEcu72 podrían multiplicarse 5.61 veces (individuo/individuo). La longevidad, la cual fue similar para los tres genotipos parece no tener influencia en la fecundidad y la tasa de reproducción neta de la próxima generación ya que únicamente sobre MEcu72 hubo supervivencia de los estados inmaduros. Dado que una generación del biotipo B sobre MEcu-72 puede completarse en 58.33 días, es posible estimar hasta seis generaciones por año (Tabla 14).

Tabla 14. Parámetros demográficos del biotipo B de *B. tabaci* en el genotipo MEcu72

Parámetro	MEcu72
Tasa reproductiva neta (R_0) $\sum l_x m_x$	5.61
Tasa intrínseca de crecimiento (r_m)	0.0296
Tiempo generacional	58.33
Tiempo de duplicación (TD)	23.41

Teniendo en cuenta que MEcu72 está descrita como resistente, CG489-34 como tolerante y CMC40 como susceptible a la mosca blanca *A. socialis* (Bellotti & Arias 2001) era plausible esperar un comportamiento similar en los resultados del presente estudio con el biotipo B de *B. tabaci*, sin embargo los resultados obtenidos apuntan a indicar que la resistencia registrada previamente en MEcu72 es específica para *A. socialis*.

Existen pocos registros de la ocurrencia de *B. tabaci* sobre *M. esculenta* en las Américas. En 1990 fue observada colonizando *M. esculenta* en República Dominicana (Brown et al.

1995), en 1993 se registró en Cuba como la especie predominante en yuca (Vazquez et al. 1995) y en 1996 en Colombia (Quintero et al. 1998). Nuestros resultados permiten sugerir que *M. esculenta* es un hospedero potencial para el biotipo B de *B. tabaci*. Parámetros demográficos, tales como, longevidad, fecundidad, tiempo de desarrollo, tasa de supervivencia y tasa intrínseca de crecimiento, plantean un incremento en la capacidad de adaptación a cultivares de *M. esculenta*. Esto está favorecido por la influencia de hospederos emparentados filogenéticamente como *J. gossypifolia* que actúan como puntos graduales y en los cuales las poblaciones del insecto experimentan un aumento en su potencial biótico que, en últimas, permite su adaptación a *M. esculenta*. Lo anterior plantea el riesgo inminente en que se encuentran los cultivares de yuca en Colombia ante la posibilidad del establecimiento y adaptación del biotipo B de *B. tabaci*. A pesar de presentar un potencial de desarrollo bajo, sus poblaciones pueden incrementarse como ha ocurrido en los últimos años (Brown et al. 1995, Quintero et al. 1998, Perring 2001). Esto último sumado al hecho que el biotipo B Africano de *B. tabaci* coloniza casi exclusivamente *M. esculenta* (Perring 2001) y a que el biotipo B de América es polífago, que hasta el momento sólo se ha reportado “circunstancialmente” en dos ocasiones en yuca (Vasquez et al. 1995, Quintero et al. 1998), es posible especular que estamos ante dos biotipos diferentes que hasta el momento son referidos o incluidos dentro del biotipo B.

Los resultados obtenidos llaman a continuar con las medidas cuarentenarias de introducción de material vegetal proveniente de otros países que podrían facilitar el ingreso de la enfermedad del mosaico africano de la yuca (ACMD), riesgo que se potencia ante la presencia de una raza o biotipo de *B. tabaci* adaptado a yuca.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten evidenciar que *M. esculenta* es hospedero potencial para el biotipo B de *B. tabaci* encontrado en Colombia.

Cuantitativamente se comprobó una mayor capacidad de adaptación del biotipo B a especies cultivadas de *M. esculenta*, cuando las poblaciones fueron adaptadas gradualmente a través de hospederos emparentados filogenéticamente.

Jatropha gossypifolia, constituye el punto gradual más importante, dado que las poblaciones del insecto experimentan el mayor incremento de su potencial biótico para adaptarse a yuca.

El crecimiento de poblaciones del biotipo B de *B. tabaci* en yuca, se constituye en uno de los principales aportes, del presente estudio, al contraponerse a la teoría de Costa & Russell (1975), que establece que el biotipo B no se alimenta ni se reproduce en las Américas.

La capacidad potencial para desarrollar poblaciones del biotipo B fue igual en la especie silvestre *M. carthaginensis* y la cultivada *M. esculenta* MCol 2063, constituyéndose, por lo tanto, en una inminente amenaza para la producción de yuca en el Neotropico.

Los genotipos MEcu72, CG489-34 y CMC40 exhibieron un comportamiento distintos, en sus niveles de resistencia, a los registrados sobre *A. socialis* (Bellotti & Arias 2001) cuando

se evalúan sobre el biotipo B. Por consiguiente, la resistencia encontrada en MEcu72 es específica para *A. socialis*.

6. LITERATURA CITADA

- BASU, A.N.1995. *Bemisia tabaci* (Gennadius): Crop Pest and Principal Whitefly Vector of Plant Viruses. Westview Press, Nueva Delhi. 183 p.
- BEDFORD, I. BRIDDON, R.W. BROWN, J.K. ROSSELL, R.C. & MARKHAM, P.G., 1994. Geminivirus transmission and biological characterisation of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. Ann. Appl. Biol. 125: 311-325.
- BEDFORD, I.D. BRIDDON, R.W. MARKHAM, P.G. BROWN, J. K. & ROSELL, R. C.,1992. *Bemisia tabaci*-Biotype characterisation and the threat of this whitefly species to agriculture. In: Brighton Crop Protection Conference-Pests and Diseases. British Crop Protection Council, Farnham, Reino Unido. 1235-1240 p.
- BELLOTTI, A. C. ARIAS, B. VARGAS, O. & PEÑA, J. E. 2002. Perdidas en rendimiento del cultivo de la yuca causadas por insectos y acaros. En: Ospina, B.; Ceballos, H. Eds. La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT. 586 p.
- BELLOTTI, A. C. & ARIAS, B. 2001. Host plant resistance to whiteflies with emphasis on cassava as a case study. Crop Prot. 20: 813-823.
- BELLOTTI, A. C. BRAUN, A. R. ARIAS, B. CASTILLO, J. A. & GUERRERO, J. M. 1994. Origin and management of Neotropical cassava arthropod pests. African Crop Science Journal 2 (4): 407-417.
- BELLOTTI, A. C. SMITH, L. & LAPOINTE, S. T. 1999. Recent advances in cassava pest management. Annual Rev. Entomol. 44: 343-370.
- BELLOTTI, A. C. 2002. Arthropod Pest. En: Hillocks, R.J.; Thresh, J.M.; Bellotti, A.C, (eds.). Cassava biology, production and utilization. CAB Internacional, Oxon, Reino Unido. 209-235 p.
- BELLOWS, T. S. JR. PERRING, T. M., GILL, R. J. & HEADRICK, D.H., 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 195-206.

- BETHKE, J. A. PAINE, T. D. & NUESSELEY, G. S. 1991. Comparative biology morphometrics and development of two populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton and poinsettia. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 84: 401-411.
- BORROR, D.J. TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON. 1989. An introduction to the study of insects. Thomson learning, inc. Sixth Edition. 875 pp.
- BROWN, J. K. 1992. A critical assesment of biotypes of the sweetpotato whitefly in the Americas and adjacent localities. Taller Centroamericano y del Caribe sobre moscas blancas. Turrialba, Costa Rica. 23 p.
- BROWN, J. K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a plant pest and virus vector in agoecosystems worldwide. *FAO Plant protection Bulletin* (42) (1-2): 3-32
- BROWN, J. K. D. R. FROHLINCH, & R. C. ROSELL. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex?. *Annu. Rev. Entomol.* 40: 511-34.
- BURBAN, C. FISHPOOL, L. D.C. FANGUET, C. FARGETTE D. & THROUVENEL, J.C. 1992. Host associated biotypes within West African populations of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gemm) (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Appl. Entomol.* 113: 416-23.
- BURGER, Y. SCHWARTZ, A. & PARIS, H. S. 1988. Physiological and anatomical features of the silvering disorder of cucurbita. *J. Horticultural. Science.* 63: 635-640.
- BURKILL, H. M. 1994. The useful plants of West Tropical Africa. Vol. 2 Royal Botanical Gardens, Kew, Reino Unido. 636 p.
- BUTLER Jr. G. D. HENNEBERRY, T. J. 1986. *Bemisia tabaci* (Gennadius), a pest of cotton in the southwestern United States. *US Dep. Agric. Res. Serv. Tech. Bull.* 1701, 19.
- BUTLER Jr. G. D. HENNEBERRY, T. J. & CLAYTON, T. E. 1983. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): development, oviposition and longevity in relation to temperature. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76: 310-313.
- BUTTER, N. S. VIR, B. K. KAUR, G. SINGH, T.H. & RAHEJA, R.K. 1990. Biochemical basis of resistance to whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton. *Trop. Agric.* 69: 119-122.

- BYRNE, D. N. HADLEY, N. F. 1988. Particulate surface waxes of whiteflies: morphology composition and waxing behaviour. *Physiol. Entomol.* 13: 267-276.
- BYRNE, D. N. & BELLOWS, T. S. 1991. Whitefly biology. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 431-457.
- CABALLERO, R. 1996. Identificación de moscas blancas En: Metodologías para el estudio y manejo de mosca blanca y geminivirus. Serie materiales de enseñanza No 37. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2-10 p.
- CABALLERO, R. & PITY, A. 1995. IV Taller Latinoamericano sobre moscas blancas y geminivirus. *Rev. Ceiba.* 36:1. Zamorano, Honduras.
- CALVITTI, M. & REMOTTI, P.C. 1998. Host preference and performance of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on weeds in central Italy. *Environ. Entomol.* 27: 1350-1356.
- CAREY, J. R. 1993. Applied demography for biologist. Nueva York. Oxford University Press. 206 p.
- CASTILLO, J. 1996. Moscas blancas (Homoptera:Aleyrodidae) y sus enemigos naturales sobre cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia. MSc. Thesis, Univ. del Valle, Cali, Colombia. 173 p.
- CAVE, R. D. 1996. Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Serie materiales de enseñanza No. 37. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 69-76 pp.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1992. Integrated pest and disease management in major agroecosystems: Annual Report, Project PE-1. Cali, CO. 386 pp.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1999. Integrated pest and disease management in major agroecosystems: Annual Report, Project PE-1. Cali, CO.136 pp.
- CIAT-URG (Centro Internacional de Agricultura Tropical) Unidad de Recursos Geneticos. 2002. Base de Datos.

- CLARIDGE, M. F. DAWAH, H. A. & WILSON, M. R. 1997. Species in insects herbivores and parasitoids—sibling species, host races and biotypes. En: M. F., Dawah, H. A., Wilson, M. R. (Eds), *Species the Units of Biodiversity*. Chapman & Hall, Londres. 247-272 p.
- COHEN, S. DUFFUS, J. D. & LIU, H. Y. 1992. A new *Bemisia tabaci* biotype in the Southwestern United States and its role in silverleaf of squash and transmission of lettuce infections yellow virus. *Phytopathology* 82: 86-90.
- COSTA, H. S. & BROWN, J. K. 1991. Variation in biological characteristics and esterase patterns among populations of *Bemisia tabaci*, and the association of one population with silverleaf symptom induction. *Entomol Exp. Appl.* 61: 211-219.
- COSTA, A. S. & RUSSELL, L. M. 1975. Failure of *Bemisia tabaci* to breed on Cassava plants in Brazil (Hom:Aleyroridae). *Cienc. Cult. Sao Paulo* 27: 388-390.
- COUDRIET, D. L. PRABHAKER, N. KISHABA, A. N. & MEYERDIRK, D.E. 1985. Variation in developmental rate on different host and overwintering of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 14: 516-519.
- CHU, C. HENNEBERRY, T. J. & COHEN, A. C. 1995. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae): Host preference and factors affecting oviposition and feeding site preference. *Environ. Entomol.* 24: 354-360.
- DE PONTI, O. M .B. ROMANOW, L. R. & BERLINGER, M. J. 1990. Whitefly plant relationships: plant resistance. En: Gerling, D. (Ed), *Whiteflies: Their Bionomics, Pest Status and Management*. Intercept Ltd., Andover, Reino Unido. 348 p.
- EICHELKRAUT, K. & CARDONA, C. 1989. Biología, cría masal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), como plaga del fríjol común. *Turrialba*. 39: 55-62.
- (FAOSTAT. 2001. Database, various years.
<<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/economic/giews/>> consulta: 22 abril 2003)
- FARIAS, A. R. N. 1990. Especies de “mosca branca” situação actual e perspectivas de controle Cruz das Almas, Brazil: Empr. Bras. Pesqui. Agropec., Cent. Nac. Pesqui. Mand. Fruticult.

- FARIAS, A. R. N. 1994. Fluctuação poblacional de *Aleurothrixus aepim* en mandioca, em São Miguel das Matas, Bahia. Rev. Bras. Mand. 13: 119-22.
- FARIA, M. & WRAIGHT, S. P. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Prot. 20: 767-778.
- GERLING, D. ALOMAR, O. & ARNO, J. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. Crop Prot. 20: 779-799.
- GILL, R. J. 1990. The morphology of whiteflies. En: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd. Andover, Hants, Reino Unido. 13-46 p.
- HEINZ, K. & M. ZALOM, F. G. 1995. Variation in trichome-based resistance to *Bemisia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition on tomato. J. Econ. Entomol. 88: 1494-1502.
- HENRY, G. & HERSHEY, C. 2001. Cassava in South America and the Caribbean. En: Hillocks, J. M.; Tres, J. M.; Bellotti, A. C. (Eds.). Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, Reino Unido. 480 p.
- HILJE, L. 1996. Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus. Serie materiales de enseñanza No. 37. CATIE, Turrialba. Costa Rica.
- HILJE, L. COSTA, H. S. & STANSLY, P.A. 2001. Cultural practices for managing *Bemisia tabaci* and associated viral diseases. Crop. Prot. 20: 801-812.
- ICA, INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1970. *Manihot carthaginensis* una yuca con alto contenido proteico. VIII Reunión Fitotécnica, Bogotá. 15 p.
- (INFOAGRO.COM. 2003. <[http://www.infoagro.com/flores/plantas_ornamentales/flor de pascua.asp](http://www.infoagro.com/flores/plantas_ornamentales/flor_de_pascua.asp)> consulta: 22 abril 2003).
- (INCHEM, INTERNACIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, IPCS-, 1994. <<http://www.inchem.org/documents/pims/plant/jgossyp.htm>>Consulta: 22 abril 2003).
- JIANG, Y. X., LEI, H., COLLAR, J. L., MARTIN, B., MUNIZ, M. & FERERES, A. 1999. Probing and feeding behaviour of two distinct biotypes of *Bemisia tabaci* (Homoptera:Aleyrodidae) on tomato plants. J. Econ.Entomol. 92: 357-366.

- KRIPS, O. E. WITUL, A. WILLEMS, P. E. L. & DICKE, M. 1998. Intrinsic rate of population increase of the spider mite *Tetranychus urticae* on the ornamental crop gerbera: intraspecific variation in host plant and herbivore. *Entomol. Exp. Appl.* 89: 159-168.
- LAMBERT, A. L. MCPERSON, R. M. & ESPELIE, K. E. 1995. Soybean host plant resistance mechanisms that alter abundance of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 24: 1381-1386.
- LAMBERT, A. L. MCPERSON, R. M. & HERZOG, G. A. 1997. Field evaluations of fourteen genotypes for resistance to whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) infestations. *J. Econ. Entomol.* 90: 658-662.
- LAL, S. S. & PILLAI, K. S. 1981. Cassava pests and their control in Southern India. *Tropical Pest Management.* 27: 480-491.
- LASKA, P. BETLACH, J. HAWRANKOVA, M. 1986. Variable resistance in sweet pepper, *Capsicum annum* to the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Acta Entomol. Bohemoslov.* 83: 347-353.
- LIEDL, B. E. LAWSON, D. M. WHITE, K. K. SHAPIRO, J. A. COHEN, D. E. CARSON, W. G. TRUMBLE, J. T. & MUTSCHLER, M. A. 1995. Acylsugars of wild tomato *Lycopersicon pennellii* alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 88: 742-748.
- MANZANO, M. R. 2000. Evaluation of *Amitus fuscipennis* as biological control agent of *Trialeurodes vaporariorum* on bean in Colombia. Doctoral Thesis. Wageningen University. Países Bajos. 149 p.
- MARTÍN, J. H. 1987. An identification guide to common whitefly pest species of the world (Homoptera: Aleyrodidae). *Tropical Pest Management*, 33 (4): 298-322
- MARTIN, J. H. MIFSUD, D. RAPISARDA, C. 2000. The whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) of Europe and Mediterranean basin. *Bull. Entomol. Res.* 90: 407-448.
- MCAUSLANE, H. J. JONSON, F. A. COLVIN, D. L. & SOJACK, B. 1995. Influence of foliar pubescence on abundance and parasitism of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on soybean and peanut. *Env. Entomol.* 24: 1135-1143.

- MCAUSLANE, H. J. WEEB, S. E. & ELMSTROM, G. W. 1996. Resistance in germplasm of *Cucurbita pepo* to silverleaf, a disorder associated with *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Fla. Entomol. 79: 206-221.
- McPHERSON, R.M. 1996. Rating soybean germplasm for whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) infestations. J. Agric. Entomol. 13: 65-71.
- MEAGHER J R. R. L. SMITH, C.W. & SMITH, W. J. 1997. Preference of *Gossypium* genotypes to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 90: 1046-1052.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 1996. La economía de la Yuca en Colombia. 84 p.
- MORALES, P. A. 1997. Resistencia al ataque de *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae) en ocho cultivares de melon (*Cucumis melo* L.) en Paraguaná Estado Falcon, Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 12: 63-72.
- MOUND, L. A. & HALSEY, S. H., 1978. Whiteflies of the world. British Museum of Natural History and Wiley, New York, NY, 340 pp.
- MUNTHALI, D. C. 1992. Effect of cassava variety on the biology of *Bemisia afer* (Priesner & Hosny) (Homoptera: Aleyrodidae). Insect Sci. Applic. 13: 459-465.
- OLIVEIRA, M. R. V. HENNEBERRY, T. J. & ANDERSON, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop. Prot. 20: 709-723.
- PALUMBO, J. C. HOROWITZ, A. R. & PRABHAKER, N. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. Crop Prot. 20: 739-765.
- PERRING, T. M. 1996. Biological differences of two species of *Bemisia* that contribute to adaptive advantage. En: Gerling D., Mayer, D. (Eds.), *Bemisia: 1995 Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept Ltd., Andover, Hants, Reino Unido. 3-16 p.
- PERRING, T. M., 2001. The *Bemisia tabaci* species complex. Crop. Prot. 20: 725-737.
- PERRING, T. M. COOPER, A. D. RODRIGUEZ, R. J. FARRAR, C. A. & BELLOWS, T. S. J. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science 259: 74-77.

- PERRING, T. M. FARRAR, C. A. BELLOWS, T. S. COOPER, A. D. & RODRÍGUEZ, R. J. 1994. Mosquita blanca “hoja plateada” una nueva especie. *Agromundo*. 6-9 p.
- PRICE, P., 1975. *Insect Ecology*. John Wiley and Sons, Nueva York. 514 p.
- QUINTERO, C. CARDONA, C. RAMIREZ, D. & JIMENEZ, N. 1998. Primer registro del biotipo B de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera:Aleyrodidae) en Colombia. *Rev. Colombiana Entomol.* 24: 23-28.
- ROA, A. C. 1997. Estimación de la diversidad genética en *Manihot* spp. mediante morfología y marcadores moleculares. Ciencias Biología, Tesis MSc. Universidad del Valle, Cali. 212 p.
- ROBERTSON, I. A. D. 1987. The whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), as a vector of African cassava mosaic virus at the Kenya coast, and ways in which the yield losses in cassava, *Manihot esculenta* Crantz, caused by the virus can be reduced. *Insect Sci. Appl.* 8: 797-801.
- ROMBERG, M. & CARDONA, C. 1998. Caracterización biológica de dos biotipos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn) (Homoptera:Aleyrodidae). Pontificia Univ. Javeriana, Bogotá. 80 p.
- ROMANOW, L. R. DE PONTI, O. M. B. & MOLLENA, C. 1991. Resistance in tomato to the greenhouse whitefly: analysis of population dynamics. *Entomol. Exp. Appl.* 60: 247-259
- SÁNCHEZ, A. GERAUD-POUEY, F. ESPARZA, D. 1997. Bionomics of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and potential for population increase on five host plant species. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 14: 193-206.
- SALDARRIAGA, A. V. & POSADA, F. J. 1993. Moscas blancas en Colombia: reconocimiento, clasificación y comportamiento: Memorias XX Congreso de Socolen. Cali. Colombia. 259-287 p.
- SECKER, A. E. BEDFORD, I. D. MARKHAM, P. G. DE COURCY & WILLIAMS, M. E. 1998. Squash, a reliable field indicator for the presence of the B biotype tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. *Br. Crop Prot. Counc. Brighton Conf.* 3: 837-842.

- SCHUSTER, D. J. STANSLY, P. A. & POLLTON, J. E. 1995. Expression of plant damage by *Bemisia* sp En: Gerling, D., Mayer, R.T., (eds) *Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept Ltd. Andover, Hants, Reino Unido. 153-165 p.
- SORIA, C. LOPEZ-SESÉ, A. I. & GOMEZ-GUILLAMÓN, M. L. 1999. Resistance of *Cucumis melo* against *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environ. Entomol.* 28: 831-835.
- TSAI, J. H. & WANG, K. 1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on five host plants. *Environ. Entomol.* 25: 810-816.
- VAN GIESSEN, W. A. MOLLEMA, C. & ELSEY, K. D. 1995. Design and use of simulation model to evaluate germplasm for antibiotic resistance to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci*. *Entomol. Exp. Appl.* 76: 271-286.
- VAN BOXTEL. WOETS, W. J. & VAN LENTEREN, J. C. 1978. Determination of host plant quality of eggplant, cucumber, tomato and paprika for the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). *Med. Fac. Landbouww Rijksuniv. Gent.* 43: 379-408.
- VAN LENTEREN, J. C. & NOLDUS, P. J. J. 1990. Whitefly relationships: behavioural and ecological aspects. En: *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Department of Entomology, Agricultural University Wageningen, Países Bajos. 47-89 p.
- VASQUEZ, L. L. JIMÉNEZ, R. IGLESIA, M. MATEO, A. LOPEZ, D. & VERA, E. R. 1995. Moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) detectadas en los principales cultivos agrícolas de Cuba. *Manejo Integrado de plagas (Costa Rica)*. 36: 18-21.
- VARGAS B. H. L. REY B. L. ARIAS V. B. & BELLOTTI, A. C. 2002. Nataima-31: Variedad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) resistente a mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis* Bondar) para el valle calido del alto Magdalena. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. Corporación Colombiana de Investigación Agraria (CORPOICA), Bogotá, Colombia; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá, Plegable divulgativo.

- WILSON, D. F. FLINT, H. M. STAPP, B. R. & PARKS, N. J. 1993. Evaluation of cultivars, germplasm lines, and species of *Gossypium* for resistance to biotype “B” of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 86: 1857-1862.
- WOOL, D. CALVERT, L. CONSTANTINO, L. M. & BELLOTTI, A. C. & GERLING, D. 1994. Differentiation of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) population in Colombia. J. Appl. Ent. 117-122
- YOKOMI, R. K. HOELMER, K. A. & OSBORNE, L. S. 1990. Relationships between the sweetpotato whitefly and the squash silverleaf disorder. Phytopathology. 80: 895-900.