CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA MOSCA BLANCA *Aleurotrachelus socialis* Bondar (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE) EN GENOTIPOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)

MILLER JOSÉ GÓMEZ SALAMANCA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
2004

CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA MOSCA BLANCA *Aleurotrachelus socialis* Bondar (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE) EN GENOTIPOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)

MILLER JOSÉ GÓMEZ SALAMANCA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de

Ingeniero Agrónomo

Director:

ANTONY C. BELLOTTI

Ph. D. Entomología

Líder de la Unidad de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades

Proyecto Entomología de Yuca - CIAT

Colaborador:

BERNARDO ARIAS V.

Ingeniero Agrónomo, Ms. C

Asistente de Investigación Proyecto Entomología de Yuca - CIAT

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE PALMIRA

2004

“ La Facultad y los jurados del trabajo no son responsables de las ideas emitidas por el o los autores del mismo ”

(Artículo 24, Resolución 04 de 1974 del Consejo Directivo)

DEDICATORIA

A Dios, por protegerme y guiarme siempre.

A mi madre Olga María y a mi padre Reinaldo (QEPD), por su gran ejemplo, sacrificio y por sus sencillas pero grandes enseñanzas.

A mis hermanos, por confiar en mi y por su decidida colaboración a cada instante.

A mis sobrinas Katherine, Juliana y Valentina.

A mi sobrinito Juan Sebastián.

A mis tías y tíos, con mucho aprecio.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Anthony C. Bellotti, por la dirección del trabajo. Su confianza, sabiduría y enseñanzas son admirables.

Matemática, Myriam C. Duque, por la dirección y procesamiento del análisis estadístico, su gran apoyo y consejos.

Dr. Cesar Cardona, por la orientación y sugerencias.

Ms.C. Bernardo Arias Victoria, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Ms.C. María Elena Cuellar y Juan Miguel Bueno, por su valiosa orientación en la redacción del manuscrito.

Profesores, Nora C. Mesa y José Iván Zuluaga, por mi formación entomológica.

Doctores, José Ariel Gutierrez y José Iván Zuluaga, por sus valiosos aportes como jurados del trabajo.

Compañeros del Programa Entomología de Yuca del CIAT, por su colaboración y Amistad: Josefina Martínez, Irina Alean, Mónica L. Marín, Luz P. Velásquez, Claudia M. Holguín, María del P. Hernández, Carmen E. Mendoza, Elsa L. Melo, Arturo Carabalí, Diego F. Munéra, José M. Guerrero, Gustavo Trujillo, Adriano Muñoz, Carlos Nañez, Gerardino Pérez, Carlos J. Herrera, Rodrigo Zúñiga y Rómulo Riascos.

A todas las personas que conocí en el CIAT, por su apoyo y amistad, en especial a: Luisa F. Lozano “Luisita”, Andrea Frey, Adriana Bohórquez, María F. Montenegro, Mária P. Quintero, Isabel Moreno, Johanna P. Villarreal, Mónica Valencia, Adriana Alzate, Carolina Zuleta, Mari Luz Mojocoa, Ximena Restrepo, Esteban Acosta, Jhon J. Moreno, Crístian Olaya, Guillermo Sotelo, Germán Escobar, Hermán Uxma y Luis C. Pardo.

Biblioteca del CIAT, por su colaboración y paciencia, en especial a: Olguita, Mariano y Romel.

A mis amigos de la Universidad: Mónica Ibarra, Myriam Muñoz, Víctor M. García, José L. García, Carlos A. Paz “el flaco”, Andrés Vanegas, Miguel Arango, Nelson Casas, Moisés Vélez y Fernado Sevilla.

A Aleja, por su apoyo incondicional y por su paciencia a la vez.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT.

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

TABLA DE CONTENIDO

Página

1. INTRODUCCION 1
2. REVISION DE LITERATURA 4
   2.1 EL CULTIVO DE LA YUCA 4
   2.2 USOS DE LA YUCA 5
   2.3 PLAGAS DEL CULTIVO DE LA YUCA 5
      2.3.1 El complejo de moscas blancas en el cultivo de la yuca 6
         2.3.1.1 Clasificación taxonómica. 6
         2.3.1.2 Distribución Geográfica. 7
      2.3.2 Descripción de los estados biológicos de A socialis 8
         2.3.2.1 Estado de huevo 8
         2.3.2.2 Instares ninfales 9
         2.3.2.3 Estado adulto 11
      2.3.3 Daño ocasionado por la mosca blanca A. socialis 13
   2.4 MANEJO DE *A. SOCIALIS* EN EL CULTIVO DE YUCA 15
      2.4.1 Control por resistencia varietal 15
         2.4.1.1 Pubescencia en genotipos de yuca. 19
         2.4.1.2 Pubescencia y grado de daño por *A. socialis*. 20
      2.4.2 Control biológico 21
      2.4.3 Control cultural 22
      2.4.4 Control químico 23
   2.5 DEFENSAS NATURALES DE LA YUCA CONTRA ARTRÓPODOS-PLAGA 23
      2.5.1 Mecanismos Físicos 24
      2.5.2 Mecanismos químicos 24
   2.6 MECANISMOS DE RESISTENCIA DE PLANTAS A INSECTOS 25
      2.6.1 Mecanismo de antibiosis 26
      2.6.2 Mecanismo de antixenosis 28
      2.6.3 Mecanismo de tolerancia 29
   2.7 FACTORES QUE AFECTAN LA EXPRESIÓN DE LA RESISTENCIA 30
   2.8 COMBINACIÓN DE LOS MECANISMOS DE RESISTENCIA 31
3. MATERIALES Y MÉTODOS 33
   3.1 GENOTIPOS DE ESTUDIO 33
   3.2 DETERMINACIÓN DE ANTIBIOSIS 34
      3.2.1 Estudio del ciclo biológico 37
      3.2.2 Mediciones morfológicas de estados inmaduros 38
      3.2.3 Peso seco de los insectos adultos y relación de sexos 39
   3.3 DETERMINACIÓN DE ANTIXENOSIS 40
      3.3.1 Preferencia para alimentación y oviposición en prueba de libre escogencia 40
4. RESULTADOS Y DISCUSION 43
   4.1 CARACTERÍSTICAS DEL CICLO BIOLÓGICO DE *A. SOCIALIS* 43

4.2 DETERMINACIÓN DE ANTIBIOSIS 45
4.2.1 Antibiosis sin preacondicionamiento A. socialis 45
4.2.2 Antibiosis con preacondicionamiento de A. socialis 48
4.2.3 Mortalidad de A. socialis sobre cinco genotipos de yuca 52
4.2.4 Tipos de mortalidad de A. socialis sobre cinco genotipos de yuca 60
4.2.5 Supervivencia y grado de daño con preacondicionamiento de A. socialis 67
4.2.6 Mediciones morfológicas de ninfas de A. socialis 70
4.2.7 Peso seco de adultos de A. socialis sobre cinco genotipos de yuca 75
4.3 DETERMINACIÓN DE ANTIXENOSIS 77
4.3.1 Estudio de preferencia para alimentación y oviposición en prueba de libre escogencia por A. socialis 77
4.4 COMBINACIÓN DE LOS MECANISMOS DE RESISTENCIA 82
5. CONCLUSIONES 84
6. RECOMENDACIONES 86
7. BIBLIOGRAFÍA 87
8. ANEXOS 98

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla 1. Factores que afectan la expresión de resistencia 31

Tabla 2. Niveles de resistencia obtenidos de una combinación de antibiosis y antixenosis 32

Tabla 3. Comparación de la duración de los diferentes estados de desarrollo de *A. socialis* con los encontrados por Arias (1995)..... 44

Tabla 4. Comparación de las mediciones morfológicas en algunos ínstares de *A. socialis* con los encontrados por Arias (1995)..... 44

Tabla 5. Tiempo total de desarrollo de *A. socialis* sin preacondicionar alimentándose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría 46

Tabla 6. Duración (promedio ± EE) en días de estados de desarrollo de *A. socialis* sin preacondicionar sobre genotipos de yuca (*n* = 200) 48

Tabla 7. Tiempo total de desarrollo de *A. socialis* preacondicionado*s* alimentandose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría. 49

Tabla 8. Duración (promedio ± EE) en días de estados de desarrollo de *A. socialis* preacondicionados sobre genotipos de yuca (*n* = 200) 51

Tabla 9. Porcentaje de mortalidad por estado biológico de *A. socialis* sin preacondicionar sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría 56

Tabla 10. Porcentaje de mortalidad por estado biológico de *A. socialis* preacondicionados sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría. 58

Tabla 11. Tipos de mortalidad ninfal (TM%) sin preacondicionamiento de *A.socialis* alimentándose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría. 63

Tabla 12. Tipos de la mortalidad ninfal (TM%) con preacondicionamiento de *A.socialis* alimentándose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cria. 66

Tabla 13. Promedio de huevos de *A. socialis* ovipositados por hoja sobre cinco genotipos de yuca en prueba de libre escogencia. 81

Tabla 14. Resultados que se esperan de una combinación de antibiosis y antixenosis en los genotipos evaluados según esquema propuesto por Cardona (1998). 83

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 Ciclo de vida y duración de los estados de desarrollo de *A. socialis* sobre el genotipo susceptible (CMC 40), según Arias (1995). Fotografía: G. Guzmán, CIAT 2000. 13

Figura 2. Ensayos de antibiosis (A) Insectos sin preacondicionar sobre CMC 40 (Testigo susceptible); (B) Insectos preacondicionados en jaulas de madera con tull sobre los genotipos de estudio. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003. 34

Figura 3. Plantas de yuca de 30 días de edad en materas plásticas para ser infestadas con adultos de *A. socialis* utilizando jaulas pinza. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003. 36

Figura 4. (A) Total de lóbulos infestados por planta; (B) Plantas ovipositadas para observación diaria en cuarto de cria. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003..... 37.

Figura 5. (A) Planta invertida para observaciones diarias de estados inmaduros en cuarto de cría; (B) Dispositivo digital de medición micromérica. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003. 39

Figura 6. (A) y (B) Genotipos colocados en circulo para alimentación y oviposición de *A. socialis* bajo la prueba de libre escogencia. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003. 41

Figura 7. Tiempo total de desarrollo de *A. socialis* sin y con preacondicionamiento del insecto sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría. 51

Figura 8. Mortalidad ninfal de *A. socialis* sobre genotipos de yuca. (A) CMC 40 (Testigo susceptible); (B) MEcu 72 (Testigo resistente); (C) MPer 273; (D) MPer 334; (E) MEcu 64. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003. 53

Figura 9. Mortalidad de *Aleurotrachelus socialis*. (A) sin preacondicionamiento y (B) con preacondicionamiento del insecto (*n*=200). 59

Figura 10. Grado de población: (A) MEcu 64, (B) MPer 334, (C) MPer 273, (D) MEcu72 (E) CMC 40. Grado de daño (F) MEcu 64,. (G) MPer 334, (H) MPer 273, (J) MEcu 72, (K) CMC 40..... 69

Figura 11. Mediciones morfológicas de ínstares de *A. socialis* sin preacondicionar sobre cinco genotipos de yuca 72

Figura 12. Mediciones morfológicas de ínstares de *A. socialis* con preacondicionamiento sobre cinco genotipos de yuca 73

Figura 13. Peso seco de insectos adultos de *A.socialis* criados sobre cinco genotipos de yuca 77

Figura 14. Preferencia de *A. socialis* por alimentación en prueba de libre escogencia sobre cinco genotipos de yuca. 78

Figura 15. Interacción entre (ensayo-hora-hoja) en prueba de preferencia bajo libre escogencia para alimentación de *A. socialis*. 79

Figura 16. Preferencia para oviposición por *A. socialis* en prueba de libre escogencia sobre cinco genotipos de yuca. 80

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Escala de población para *A.socialis* en el cultivo de yuca. 98

Anexo 2. Escala de síntomas de daño ocasionado por *A. socialis* en yuca. 98

Anexo 3. Interacción (genotipo*ensayo) en el tiempo de desarrollo de *A. socialis* sobre cinco genotipos de yuca. 99

Anexo 4. Análisis combinado de mortalidad para ninfas de tercer ínstar. 99

Anexo 5. Análisis combinado de mortalidad para ninfas de cuarto ínstar. 100

Anexo 6. Mediciones morfológicas (promedio ± EE) de ínstares de *A. socialis* sin preacondicionar alimentándose sobre cinco genotios de yuca (*n* = 40). 100

Anexo 7. Mediciones morfológicas (promedio ± EE) de ínstares de *A. socialis* preacondicionados alimentándose sobre cinco genotipos de yuca (*n* = 40) 101

Anexo 8. Interacción (ensayo*genotipo) en el análisis combinado del peso seco sobre adultos de *A. socialis*. 101

Anexo 9. Interacción (ensayo*hora*hoja) en el estudio de preferencia bajo libre escogencia para alimentación por *A. socialis*. 102

Anexo 10. Interacción (ensayo*genotipo) en el estudio de preferencia bajo libre escogencia para oviposición por *A. socialis*. 102

Anexo 8. Descripción morfológica de los genotipos estudiados. 103

RESUMEN

Investigaciones realizadas en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), han identificado genotipos de yuca resistentes a la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondar, plaga que ocasiona pérdidas en rendimiento hasta del (79%) en Colombia. Los genotipos seleccionados para caracterizar su resistencia fueron MEcu 64, MPer 334 y MPer 273. Como testigo susceptible se usó a CMC 40 y como resistente a MEcu 72. En condiciones de cuarto de cría (28 ± 1ºC, 70 ± 10% HR y 12 horas luz), se determinaron los mecanismos de antibiosis con y sin preacondicionamiento de *A. socialis*, mediante la duración del ciclo biológico, mortalidad ninfal, mediciones morfológicas de ínstares ninfales, peso seco de adultos y relación de sexos y de antixenosis, mediante ensayos de preferencia para alimentación y oviposición en prueba de libre escogencia.

La prolongación en el tiempo de desarrollo de *A. socialis,* fue mayor sobre MEcu 64 con 36.8 y 34.5 días en los ensayos sin y con preacondicionamiento del insecto respectivamente, seguido por los genotipos MPer 334 y MEcu 72 con 36.4 y 35.2 días sin preacondicionamiento; 33 y 33.5 días con preacondicionamiento de *A. socialis*, respectivamente. El testigo susceptible (CMC 40), con un promedio de 32 días presentó el menor tiempo de desarrollo en los dos experimentos. Sobre MPer 273, se presentó una prolongación intermedia con 33.6 y 32.8 días en los ensayos sin y con preacondicionamiento, respectivamente. El rango de duración de los estados inmaduros de *A. socialis,* fue mayor en las ninfas de primer ínstar, seguido por las ninfas de cuarto ínstar y huevo. Sin preacondicionamiento del insecto, el porcentaje de mortalidad total fue mayor sobre MPer 334 con 77.5%, seguido por MEcu 64, MEcu 72 y MPer 273 con 68.5, 68 y 53% respectivamente, comparados con el valor más bajo sobre CMC 40 (24%). Con preacondicionamiento, solo MEcu 64 presentó el valor más alto de mortalidad (52%), comparado con el valor más bajo sobre CMC 40 (24.5%). Los genotipos restantes (MPer 334, MEcu 72 y MPer 273) presentaron mortalidades intermedias. El porcentaje de mortalidad global, fue mayor en los individuos “levantados in situ” (ML), con 84 y 93% sobre las ninfas de primer ínstar sin y con

preacondicionamiento de *A. socialis,* respectivamente. En segundo ínstar, el mayor porcentaje se presentó en individuos “adheridos o momificados” (MA), con 72% sin preacondicionamiento y 43% con preacondicionamiento del insecto. Las ninfas de tercero y cuarto ínstar mostraron la mayor mortalidad en individuos (MA), con 55.6 y 60% respectivamente, en el análisis combinado. La relación de sexos no fue afectada por los genotipos en los ensayos sin y con preacondicionamiento de *A. socialis*. Las ninfas de segundo, tercero y cuarto ínstar, evaluadas sobre el testigo susceptible (CMC 40), presentaron mayor longitud (Largo), en comparación con los genotipos restantes (MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273), en los ensayos sin y con preacondicionamiento de *A. socialis*. El ancho presentó tendencia similar al largo, aunque con valores más bajos y diferencias estadísticas más pequeñas. Sin preacondicionamiento del insecto, el peso seco promedio por adulto fue mayor sobre CMC 40, en comparación con los insectos alimentados sobre el genotipo MEcu 64 con los valores más bajos, seguido por MPer 334, MPer 273 y MEcu 72. Una tendencia similar presentaron los insectos preacondicionados, aunque con valores más bajos.

El testigo susceptible (CMC 40), fue preferido por *A. socialis* para alimentación y oviposición, comparado con los genotipos restantes y dentro de éstos la primera hoja (cogollo), presentó la mayor preferencia tanto para alimentación como para oviposición. La preferencia para alimentación sobre ésta hoja es igual en cualquier hora de evaluación (24 o 48 horas), mientras que en la segunda y tercera hoja, ésta actividad cambia con el tiempo de evaluación. De acuerdo con los resultados anteriores se puede decir que los genotipos MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273 presentaron una combinación de los mecanismos de resistencia antibiótico y antixenótico, siendo este efecto mayor en MEcu 64 y MPer 334, comparados con el testigo resistente (MEcu 72), utilizado en los programas de mejoramiento genético de yuca y clasificado anteriormente como antibiótico.

Palabras clave: Yuca. Mosca Blanca. Resistencia. *Aleurotrachelus socialis*.

SUMMARY

Research done at the International Center of Tropical Agriculture (CIAT) has identified cassava genotypes resistant to the whitefly *Aleurotrachelus socialis* Bondar, a pest that can cause up to 79% yield losses in Colombia. The selected resistant genotypes were MEcu 64, MPer 334 and MPer 273. The resistant and susceptible controls were MEcu 72 and CMC-40 respectively. The antibiosis resistance mechanism was evaluated with preconditional and nonpreconditional *A. socialis* under growth chamber conditions (28±1°C, ±10% RH and 12 hrs light), through of *A. socialis* life cycle, nymphal mortality, morphological growth of nymphal instars, adult dry weight, sex relation and antixenosis were measured in free choice feeding preference and oviposition experiments.

Development time of *A. socialis* was longest on MEcu 64 with 36.8 and 34.5 days on with and without whitefly preconditioning respectively; the genotypes MPer 334 and MEcu 72 followed with 36.4 and 35.2 days without preconditioning and 33.0 and 33.5 days with preconditioning respectively. CMC 40, the susceptible control averaged 32.0 days, the lowest development time on the experiments. Development time on MPer 273 was intermediate at 33.6 and 32.8 days in with and without preconditioning respectively. The duration time of the immature stages was longest for the first ínstar nymphs, followed by forth instar nymphs and eggs. Without *A. socialis* preconditioning, percent mortality was highest on MPer 334 (77.5%), followed by MEcu 64 (68.5%), MEcu 72 (68.0%) and MPer 273 (53.0%), compared to the low of 24% mortality on CMC 40. *A. socialis* with preconditioned, MEcu 64 had the highest mortality (52.0%) and CMC 40 the lowest (24.5%). *A. socialis* mortality on the resistant genotypes (MPer 334, MEcu 72 and MPer 273) were intermediate. The highest mortality occurred with individuals that are not able to adhere to the leaf surface and first instar nymphal mortality was overall 84 and 93% on nonpreconditonal and preconditional *A. socialis* respectively. During the second instar, the highest percent mortality occurred with adhered individuals with 72% and 43% for nonpreconditoned and preconditioned respectively. Third and forth instar nymphs also showed a high mortality for adhered individuals with 55.6 and 60.0% respectively in a combined analysis. Sex relationship

was not affected by cassava genotype in any of the experiments. Nymphs of the second, third and forth instar feeding on the susceptible control CMC 40, showed greater body length compared to those reared on the resistant genotypes (MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 and MPer 273). Body width gave similar results but with lower values and lesser significant differences. With nonpreconditoned individuals, adults feeding on CMC 40 had a higher dry weight than those feeding on the resistant genotypes. A similar tendency was evident for preconditioned individuals but values were lower.

CMC 40 was the preferred host for *A. socialis* feeding and oviposition, when compared to the resistant genotypes. The top-most cassava leaf was preferred for feeding and oviposition and was preferred regardless of time of feeding (i.e. 24 or 48 hours). This tendency was not evident for the second and third leaves.

These results show that the genotypes MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 and MPer 273 displayed both antibiosis and antixenosis resistance mechanisms. These mechanisms were more evident in MEcu 64 and MPer 334 than in MEcu 72, the resistant genotype use previously in breeding for whitefly resistance.

Key words: Cassava. Whitefly. Resistance. *Aleurotrachelus socialis.*

CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA MOSCA BLANCA *Aleurotrachelus socialis* Bondar (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE) EN GENOTIPOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz*)* [1]

Por: Miller J. Gómez S.

1. INTRODUCCION

La yuca *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), es un producto agrícola de vital importancia para la seguridad alimentaria de muchos países de América Latina, Africa y Asia. Es el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz, convirtiéndose en el componente fundamental de la dieta de mas de 1000 millones de personas en el mundo (FAO, 2000).

El complejo de especies de moscas blancas llamadas comúnmente "palomillas", es considerado uno de los mayores grupos de plagas que atacan un amplio rango de cultivos en el mundo, causando considerables pérdidas económicas. En la yuca, se han encontrado varias especies de moscas blancas de importancia, distribuídas en Latinoamérica, Africa y ciertas regiones de Asia, ya que además de causar daño por alimentación directa, algunas especies son vectoras de virus (Bellotti *et al.* 2002a).

[1] Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO AGRONOMO, bajo la dirección del Doctor Antony C. Bellotti. Ph.D. CIAT.

En Colombia, la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondar es la especie de mayor importancia económica y ocasiona pérdidas en el rendimiento de raíces hasta de un 79% (Bellotti & Vargas, 1986). En los últimos años sus poblaciones se han elevado y se han vuelto endémicas en casi todas las regiones yuqueras del país, causando gran impacto en la economía de los agricultores de yuca (Bellotti *et al.* 2002a).

Debido a su morfología y características autoecológicas como sustancias cerosas de la cutícula, colonización del envés de la hoja y rápido desarrollo de sus poblaciones (Landa & Osborne 1992), el manejo de este insecto-plaga ha sido difícil.

Ante esta situación, los agricultores intensifican el uso de insecticidas, induciendo la posibilidad de resistencia de la plaga e incrementan el problema. La aplicación de insecticidas se convierte en una práctica antieconómica, aumentando los costos de producción del pequeño agricultor, además de generar un severo peligro ambiental, para la salud humana y animal (Holguín & Bellotti, 2002).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ha realizado importantes investigaciones, involucrando nuevas estrategias de manejo como el desarrollo de la resistencia varietal; método económico, ecológico y base fundamental de un manejo integrado de plagas (MIP).

Alrededor de 6000 accesiones del banco de germoplasma han sido evaluadas por su resistencia a la mosca blanca, principalmente a *A. socialis* (CIAT, 1999), en diferentes regiones del país: Palmira (CIAT), Tolima (CORPOICA-Nataima), Llanos Orientales, Costa Atlántica y Cauca, usando poblaciones naturales del insecto–plaga (Arias & Guerrero, 2000). A partir de estas evaluaciones se han obtenido genotipos con resistencia, los cuales se deben reevaluar nuevamente en campo y en condiciones de laboratorio, para caracterizar su resistencia. Este estudio incrementa el número de genotipos promisorios que pueden usarse como parentales en futuros cruzamientos, o ser liberados directamente a los agricultores como variedades resistentes a la mosca blanca *A. socialis* (Arias, 1995).

En este trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Identificar el o los mecanismos de resistencia a *A. socialis* presentes en varios genotipos de yuca.

- Determinar el efecto causado por el mecanismo de resistencia sobre la biología y comportamiento del insecto-plaga.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 El cultivo de la yuca

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y todas sus formas silvestres tienen su origen genético en América Latina (Henry & Hershey, 2002). En el sur del continente, la yuca se conoce como mandioca, nombre que recibe también en Brasil. El nombre en inglés (cassava) puede haberse derivado de la palabra "casabi", que entre los indios Arawak significa raíz (FAO & FIDA, 2000), o bien de la palabra "cazabe", que es una torta o galleta seca producida por los indígenas de la cuenca amazónica (Cock, 1989).

La yuca fué domesticada hace unos 5000 años y cultivada extensivamente desde entonces en zonas tropicales y subtropicales del continente Americano. Los europeos distribuyeron el cultivo en Africa y Asia (Ceballos, 2002). El cultivo de la yuca se destaca por el contenido de hidratos de carbono, tolerancia a la sequía, suelos degradados y por su gran flexibilidad en la siembra y cosecha. Por todo lo anterior, la yuca tiene una enorme importancia para la seguridad alimentaria, especialmente en las regiones propensas a la sequía y de suelos pobres (FAO & FIDA, 2000).

A nivel experimental el CIAT ha logrado rendimientos que exceden las 70 t/ha, mientras que la producción comercial en Colombia ha llegado a 40 t/ha y el promedio mundial entre 10 a 15 t/ha (Bellotti *et al.* 2002b).

2.2 Usos de la yuca

La yuca se caracteriza por su gran diversidad de usos. Tanto sus raíces como sus hojas pueden ser consumidas por humanos y animales de maneras muy variadas. En Colombia, se utiliza en la preparación de sancochos, sopas, atoles y también se consume frita o cocida. En años recientes se ha venido desarrollando una interesante industria de croquetas precocidas y congeladas, además de los chips de yuca frita (similares a las papas fritas). La yuca también puede consumirse como harina, para preparar una especie de pan o galleta llamada cazabe (Ceballos, 2002). El almidón nativo conocido como almidón dulce se emplea en el sector industrial, principalmente en la fabricación de papel, en la preparación de pegantes y en la industria textil (engomados de tela de algodón) (Alarcón & Dufour, 2002).

2.3 Plagas del cultivo de la yuca

Existe una gran variedad de artrópodos plaga atacando el cultivo de yuca en las Américas. Entre las plagas mayores; es decir, las que han coevolucionado con el cultivo y que causan pérdidas en el rendimiento, están los ácaros, las

moscas blancas, los trips, el gusano cachón, el piojo harinoso, las chinches de encaje, la chinche subterránea o de la viruela de la yuca y los barrenadores de tallo. Otras plagas, como las escamas, el saltahojas, la chisa blanca, el gusano trozador, la hormiga cortadora de hojas, la mosca de la fruta, la mosca del cogollo y los comejenes pueden ocasionar daños esporádicos o localizados al cultivo y se consideran plagas menores o generalistas que atacan el cultivo en forma oportunista, especialmente en períodos de sequía (Bellotti *et al.* 2002a).

2.3.1 El complejo de moscas blancas en el cultivo de la yuca

2.3.1.1 Clasificación taxonómica

Las moscas blancas pertenecen al orden Homóptera, suborden Sternorhincha, familia Aleyrodidae*,* que se divide en 2 subfamilias: Aleurodicinae y Aleyrodinae (Borror *et al.* 1992). La subfamilia Aleurodicinae, es la más primitiva, sus individuos se caracterizan por la presencia de secreciones de cera en forma de filamentos dorsales o algodonosas. Los adultos son grandes, con tres o cuatro venas en las alas, se alimentan succionando savia elaborada de árboles y arbustos. La subfamilia Aleyrodinae es la más evolucionada, sus ninfas se caracterizan por presentar secreciones largas y dorsales, de color transparente, amarillo o negro y se alimentan principalmente de plantas herbáceas (Caballero, 1992). La familia Aleyrodidae, cuenta con 126 géneros que comprenden 1156 especies y es la más ampliamente distribuída (Castillo, 1996).

Las moscas blancas son insectos diminutos de 2 a 3 mm de longitud que se asemejan a pequeñas polillas. Los adultos de ambos sexos son alados y las alas están cubiertas con un polvillo blanco (Borror *et al.* 1992). La clasificación está basada en las características morfológicas del cuarto ínstar ninfal o "pupa" como orificio vasiforme, opérculo, língula, surcos traqueales, setas caudales y setas dorsales (Caballero, 1992).

2.3.1.2 Distribución Geográfica

Existe un complejo de moscas blancas en el Neotrópico, donde están reportadas quince especies alimentándose del cultivo de la yuca: *Aleurodicus dispersus* (Russell), *Aleuronudus* sp., *Aleurothrixus aepim* (Goldi), *Aleurotrachelus socialis* (Bondar), *Bemisia argentinfolii* (Bellows and Perring), *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Bemisia tuberculata* (Bondar), *Paraleyrodes* sp., *Tetraleurodes* sp., *Trialeurodes variabilis* (Quaintance), *Trialeurodes abutiloneus* (Haldeman) (Bellotti, 2002), *Aleuroglandulus malangae* (Russell), *Tetraleurodes ursorum* (Cockerell) (Castillo, 1996), *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (CIAT, 2000) y *Bemisia afer* (Priesner & Hosny) (CIAT, 2001).

En Colombia se han registrado ocho especies de moscas blancas asociadas al cultivo de la yuca: *Aleurotrachelus socialis* (Bondar), *Aleuroglandulus malangae* (Russell), *Aleurodicus dispersus* (Russell), *Bemisia tuberculata* (Bondar), *Paraleyrodes sp., Tetraleurodes ursorum* (Cockerell), *Tetraleurodes sp.,* y *Trialeurodes variabilis* (Quaintance), presentes como paratipos en la Colección

Central de Insectos (CIAT) (María del P. Hernández, 2002. Datos no publicados.); de las cuales la más ampliamente distribuida es *A. socialis* (Castillo, 1996).

Las especies más importantes en el cultivo de yuca son: *Aleurotrachelus socialis* (Bondar), *Bemisia tuberculata* (Bondar) y *Trialeurodes variabilis* (Quaintance), en Colombia; *Aleurothrixus aepim* (Goldi), en Brasil; y *Bemisia tabaci* (Gennadius), en Africa y Asia (Bellotti *et al.* 2002b).

La mosca blanca *A. socialis* se encuentra distribuída en el norte de Sur América (Colombia, Venezuela, Panamá y Ecuador), donde causa daños considerables en el cultivo de yuca. También se encuentra en Brasil aunque en menor proporción, donde no causa daño de importancia económica (Farias, 1994). Esta especie fué colectada por el CIAT e identificada como del género *Aleurotrachelus* por Russell, L. M. del USDA (Agricultural Research Service, Beltsville, Maryland) en el año 1978 (Arias, 1995).

2.3.2 Descripción de los estados biológicos de *A socialis*

2.3.2.1 Estado de huevo

El huevo es ovipositado por la hembra de *A. socialis* sobre el envés de las hojas jóvenes (cogollo), rodeado de un polvillo blanco secretado por las glándulas abdominales. El huevo recién ovipositado es blanco y a partir del segundo día de desarrollo adquiere un color café brillante que se intensifica a

medida que avanza la incubación (Figura 1). La forma del huevo es semejante a la de un banano y presenta un pedicelo corto en el extremo más ancho, mediante el cual la hembra lo inserta en la hoja. El período de incubación de los huevos es en promedio 11.3 días sobre Mcol 112 (Bellotti & Vargas,1986). Arias (1995), reportó una duración de 10.2 días y una longitud promedio de 0.076 mm por 0.031 mm de ancho sobre el genotipo susceptible (CMC 40).

2.3.2.2 Instares ninfales

La emergencia de las ninfas ocurre a través de una abertura longitudinal en forma de "T" invertida que se forma en el corión. La mosca blanca *A. socialis* pasa por cuatro ínstares ninfales. La ninfa de primer ínstar es pequeña, traslúcida, de color verde-amarillento, forma ovalada y aplanada, con antenas largas y tres pares de patas desarrolladas. Este es el único ínstar ninfal en el cual ocurre desplazamiento (Bellotti & Vargas, 1986). Se caracteriza por la presencia de 8 poros dorsales conectados a igual número de glándulas de cera localizadas en el abdomen (Figura 1). A partir del segundo día, la ninfa inicia la secreción de cera por dichos poros, la cual adquiere forma de papilas. La duración promedio del primer ínstar es de 6.6 días sobre el genotipo Mcol 112 (Bellotti & Vargas, 1986). Arias (1995), determinó una duración de 5.1 días y 0.229 mm de largo por 0.113 mm de ancho, color amarillento, forma ovalada y en alto relieve con bordes gruesos sobre el genotipo CMC 40.

El segundo ínstar, se evidencia por la presencia de la exuvia del primer ínstar (con poros dorsales) sobre la nueva cutícula (Figura 1). La nueva ninfa es de color amarillento y tanto por los poros dorsales como laterales secreta una sustancia cerosa. La duración promedio es de 4.3 días sobre Mcol 112 (Bellotti & Vargas, 1986). Arias (1995), reportó una duración de 3.5 días y un promedio de 0.324 mm de longitud por 0.187 mm de ancho sobre el genotipo susceptible (CMC 40).

En el tercer ínstar el cuerpo de la ninfa se torna negro después de unas horas de ocurrida la muda, ya que inicialmente es hialino y la capa cerosa que lo rodea es más abundante (Figura 1). La exuvia del segundo ínstar, es liberada mediante movimientos distales quedando sobre o al lado del insecto en forma de "V" invertida y de color claro o amarillo. Este ínstar tiene una duración promedio de 5.6 días (Bellotti & Vargas, 1986). Arias (1995), reportó una duración de 4.1 días y un promedio de 0.413 mm de longitud por 0.245 mm de ancho. Como en todos los ínstares, al inicio, el cuerpo se observa más plano y al final del estado es más voluminoso, debido posiblemente al crecimiento y desarrollo.

Durante el cuarto ínstar la ninfa pasa por dos fases: una inicial en la cual se alimenta y otra en la que deja de hacerlo y sufre cambios (esta es la fase que se conoce como "pupa") (Figura 1). La duración promedio del cuarto ínstar es de 11.2 días sobre MCol 112 (Bellotti & Vargas, 1986). Arias (1995), reportó a

este ínstar como el de mayor tamaño, con una longitud de 0.620 mm por 0.363 mm de ancho y una duración promedio de 9.4 días sobre el genotipo susceptible (CMC 40). Gold (1987), no encontró una característica obvia para diferenciar entre el tercero y cuarto ínstar; sin embargo, el tamaño de este último y la presencia de una exuvia negra en forma de "V" invertida sobre el cuerpo negro y quitinizado cuando ésta no se cae puede diferenciarlos. Weber (1931), Nechols & Tauber (1977) citados por Gill (1990), indicaron que el cuarto ínstar no es una verdadera pupa, ya que ocurre alimentación durante la primera parte de este ínstar y la formación del adulto ocurre en la última parte sin una muda "pupal" aparente.

Las diferencias en el tiempo de desarrollo de *A. socialis* reportados por Bellotti & Vargas (1986) y Arias (1995), se deben a las diferencias en las condiciones ambientales. El primer ensayo se realizó en condiciones de campo con temperatura promedio de 25 ^{o}C, usando como testigo susceptible a MCol 112 y el segundo en cuarto de cría con condiciones controladas de temperatura y humedad (28 $\pm$ 1ºC, 70% HR y 12 horas luz), simulando condiciones de CORPOICA- Nataima (Tolima) y usando como testigo susceptible a CMC 40.

2.3.2.3 Estado adulto

El adulto emerge a través de una abertura en forma de 'T' invertida que aparece en la superficie dorsal anterior de las ninfas de cuarto ínstar. Los adultos son insectos pequeños, con dos pares de alas, patas y antenas bien

desarrolladas; su cuerpo está cubierto de un polvo blanco que le da una apariencia cerosa (Figura 1) (Bellotti & Vargas, 1986). El cuerpo generalmente es pálido, parcialmente pigmentado o completamente pigmentado. Los dos pares de alas poseen venación reducida, son pálidas o con manchas café o café grisáceo pálidas. El cuerpo está totalmente cubierto con minúsculas espínulas. Las antenas son elongadas y tienen 7 segmentos. Los ojos compuestos son completamente divididos en ojos dorsales y ventrales o están unidos por un omatidio. Las partes de la boca son elongadas y desarrolladas para perforar y succionar el tejido vegetal (USDA, 2001).

En general, los machos son pequeños y activos y las hembras son de mayor tamaño y menor movilidad, pero el tamaño no es un criterio muy seguro para diferenciar el sexo. El mejor criterio es observar en el macho 2 apéndices en el extremo abdominal denominados “clasper” los cuales hacen ver el abdomen mas alargado y fino que el de la hembra, el cual es más grueso y achatado. (Bellotti & Vargas, 1986).

La duración del ciclo biológico de *A. socialis* (huevo a adulto), fluctúa entre 34 y 47 días sobre MCol 112, medido tanto en en condiciones de campo como en confinamiento a una temperatura de 18 a 34 ^{o}C y humedad relativa de 19 a 72% (Bellotti & Vargas, 1986). Arias (1995), reportó un promedio de duración del ciclo biológico de 32.2 días sobre el genotipo susceptible (CMC 40) en cuarto de cría con condiciones controladas de temperatura y humedad relativa

(28 ± 1ºC, 70% HR y 12 horas luz) (Figura 2). Estudios de oviposición en *A. socialis* indican que una hembra puede colocar hasta 224 huevos (Bellotti, 2000a).

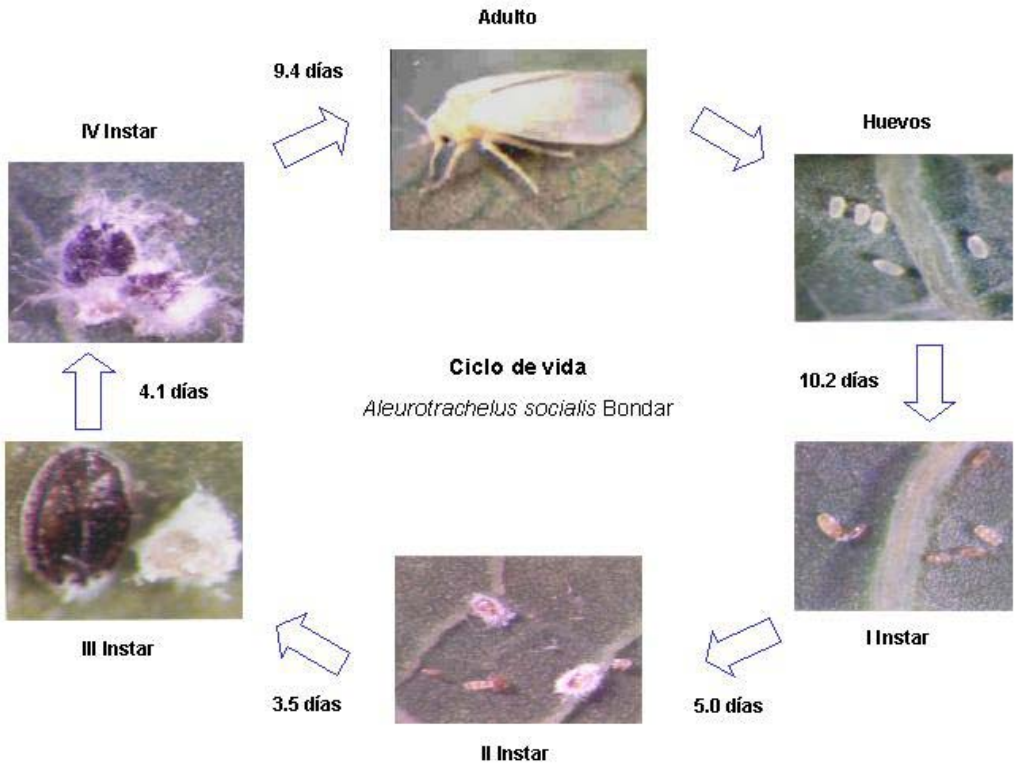

Figura 1. Ciclo de vida y duración de los estados de desarrollo de *A. socialis* sobre el genotipo susceptible (CMC 40), Adaptado por el autor (2003). Fotografía: G. Guzmán, CIAT 2000.

2.3.3 Daño ocasionado por la mosca blanca *A. socialis*

La importancia económica de los daños causados por la mosca blanca *A. socialis* en Colombia, radica en que afectan el rendimiento de las raíces de la yuca y la disponibilidad de estacas para la siembra. Ensayos de campo

realizados por CIAT y CORPOICA-Nataima (Tolima), registraron pérdidas en rendimiento hasta del 79% (Bellotti & Vargas, 1986). Estas pérdidas son producidas directamente por la alimentación de adultos y ninfas, disminuyendo la savia circulante por el floema de la planta e indirectamente por la mielecilla excretada por el insecto en el proceso de alimentación, la cual sirve como medio de crecimiento al hongo conocido como fumagina, que causa un efecto adverso en la fotosíntesis al impedir la llegada de la luz a la superficie foliar (Bellotti & Vargas 1986).

Un ataque por adultos se manifiesta con un amarillamiento y encrespamiento de las hojas apicales. Las hojas del tercio medio de las plantas, donde se encuentran las ninfas, reducen su tamaño normal, se amarillan desde los bordes hacia el centro y presentan áreas corrugadas verdosas, dando una apariencia de mosaico. Estas hojas generalmente se tornan amarillas, necrosan y finalmente se caen, según la intensidad del ataque (Arias, 1995).

Según el mismo autor en variedades susceptibles cuando los ataques se inician en edad temprana del cultivo y duran casi todo el período vegetativo, las plantas se tornan raquíticas y sus tallos delgados sufren volcamiento con formación de rebrotes que son apetecidos por los adultos de la plaga.

Para el caso de *A. socialis*, existe una correlación entre la duración de su ataque y las pérdidas en producción de raíces, es decir, infestaciones de 1, 6 y

11 meses, resultaron en un 5, 42 y 79% de reducción en el rendimiento, respectivamente (Bellotti & Vargas, 1986).

2.4 Manejo de *A. socialis* en el cultivo de yuca

Un buen control de las poblaciones de moscas blancas se logra con un programa adecuado de manejo integrado, que implica la aplicación oportuna de diversos métodos de control como: la resistencia varietal, el control biológico, el control cultural y el químico.

2.4.1 Control por resistencia varietal

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

Además de lo anterior, en muchos casos el rango del germoplasma evaluado es limitado para obtener la diversidad de genes que confieren resistencia a la mosca blanca (Bellotti & Arias, 2001)

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), desde hace más de 15 años viene evaluando la resistencia a la mosca blanca en el cultivo de la yuca.

Los resultados han permitido identificar varias fuentes de resistencia principalmente a *A. socialis*, destacándose la variedad MEcu 72 que ha expresado alta resistencia y variedades con resistencia moderada a alta como: MEcu 64, MPer 335, MPer 415, MPer 317, MPer 216, MPer 221, MPer 265 y MPer 266 y MPer 365. Con base en estos resultados, la resistencia a *A. socialis* parece estar concentrada en el germoplasma originario de Ecuador y Perú, pero estas observaciones requieren de investigaciones en el futuro (Bellotti *et al.* 2002a).

Los genotipos parentales (MEcu 72 madre y MBra 12 padre), agronómicamente deseables y con resistencia en campo a mosca blanca, se cruzaron y parte de su progenie (CG489-34, CG489-4, CG489-31 y CG489-23) fue seleccionada mostrando alta producción y resistencia moderada a alta respecto a la mosca blanca *A. socialis* en condiciones de campo (Arias & Guerrero, 2000).

Estudios sobre el comportamiento de la mosca blanca *A. socialis* en condiciones de invernadero, mostraron que cuando ésta se alimentó sobre variedades con resistencia, tuvo menos oviposición, periodos de desarrollo más largos, tamaño reducido y mayor mortalidad que las que se alimentaron sobre los genotipos susceptibles. La mortalidad total de *A.socialis* sobre MEcu 72 presentó un 72.5%, comparado con el genotipo susceptible (CMC 40) con un 33%. Este comportamiento indica que existe un mecanismo de resistencia

posiblemente antibiótico sobre el genotipo Mecu 72 y sobre algunas de sus progenies evaluadas (Arias,1995).

Los resultados anteriores fueron la base para que la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) en cooperación con el Centro internacional de Agricultura Tropical (CIAT), continuaran con el mejoramiento genético de variedades de yuca con resistencia a la mosca blanca *A. socialis.* Después de la evaluación en pruebas de eficiencia agronómica y comercial, se encontraron variedades resistentes adaptadas a la zona, con rendimiento y calidad superior a las variedades regionales y comerciales. La variedad NATAIMA 31 (Progenie CG 489-31), es la primera en el mundo que se libera como resistente a la mosca blanca *A. socialis* y puede ser usada en la alimentación humana y en la agroindustria (Vargas *et al.* 2002).

Utilizando marcadores moleculares del ADN como los AFLPs y los microsatélites (secuencias repetitivas), se han detectado secuencias en el genoma de la yuca, posiblemente involucradas en la resistencia a la mosca blanca *A. socialis*. Una vez se definan claramente éstas secuencias podrán ser clonadas e introducidas mediante transformación genética en las variedades de yuca de mayor importancia para los pequeños y medianos agricultores (Bellotti & Bohórquez, 2002).

Según los mismos autores y como parte de un proyecto colaborativo con la Universidad de Clemson, se construyó una librería BAC para yuca utilizando el genotipo Mecu 72, la cual será utilizada como una herramienta para la clonación de los genes con resistencia a la mosca blanca. Actualmente se está trabajando en la saturación del mapa de ligamiento de Mecu 72, utilizando marcadores AFLPs y RGAs de yuca, aislamiento, clonación, secuenciación y mapeo de bandas polimórficas de AFLPs entre genotipos resistentes y susceptibles.

Otros estudios de (RPH) se han llevado a cabo con otras especies de mosca blanca como por ejemplo: *Trialeurodes vaporariorum* sobre pepino en Europa (Laska *et al.* 1986); *Aleurotrixus aepim* sobre yuca en Brasil (Farias, 1994); *T. vaporariorum* sobre tomate en Holanda (De Ponti *et al.,* 1990; Van Giessen *et al.,* 1995); *T. vaporariorum* sobre tomate (Romanov *et al.,* 1991); *Bemisia afer* sobre yuca en Malawi (Munthali, 1992); *T. abutilonea* sobre soya (McPherson, 1996; Lambert *et al.,* 1997). Para el complejo de *Bemisia tabaci*, la literaratura reporta varios cultivos con genotipos “resistentes”, en la mayoria de los casos no son cultivares desarrollados si no, líneas mejoradas que se espera tengan resistencia. En varios de estos casos, los mecanismos que estan operando parecen ser de antixenosis (no preferencia para alimentación y oviposición) o de tolerancia (Bellotti & Arias, 2001). De igual manera se vincula con la resistencia a la pubescencia (Wilson *et al.,* 1993; Lambert *et al.,* 1995; Morales, 1997); densidad de tricomas (Heinz & Zalom, 1995; McAuslane *et al.,* 1996;

Meagher *et al.,* 1997) y a los acylazúcares (Butter *et al.,* 1992; Liedl *et al.,* 1995).

2.4.1.1 Pubescencia en genotipos de yuca

Arias (1995), buscando explicaciones con relación a las causas de mortalidad de los estados inmaduros de *A. socialis* sobre yuca, además de los posibles efectos antibioticos, realizó observaciones con respecto a la pubescencia existente en algunos genotipos. Con el microscopio electrónico de barrido y utilizando un protocolo basado en etanol, se tomaron fotografias del envés de las hojas 2 y 6 enumeradas en forma descendente para cuantificar y medir la pubescencia presente en los genotipos. El genotipo MEcu 72 presentó la mayor densidad de pubescencia, por encima de 33.000 tricomas/cm^2 sobre la hoja número 2, mientras que el genotipo susceptible (CMC 40) la densidad más baja, por debajo de 189 tricomas/cm^2. Lo anterior podría indicar que el levantamiento de las ninfas de la superficie foliar, fenómeno observado por (Arias, 1995) en algunos genotipos de yuca, es causado por la densidad de tricomas.

En los testigos susceptibles CMC 40 y MCol 1505, la poca pilosidad encontrada en sus hojas, se clasificó como corta (< 0.1 mm) y con distancias amplias sobrepasando a 0.7 mm en la mayoría de las observaciones. El genotipo resistente (MEcu 72), además de presentar el mayor número tricomas en la hoja 2, mostró el mayor porcentaje de tricomas cortos (46%), mientras que el

genotipo (MBra 12) presentó el mayor porcentaje de tricomas largos (56%). Se observó que la densidad de tricomas disminuye drásticamente en las hojas de mayor edad y que tanto su longitud como su separación aumentan, indicando que posiblemente la pubescencia continúa creciendo y que a medida que la hoja crece, éstos se separan (Arias, 1995).

2.4.1.2 Pubescencia y grado de daño por *A. socialis*

Arias (1995), estableció una correlación entre el grado de daño ocasionado por *A. socialis* y la caracterización de la pubescencia hecha por el programa de fitomejoramiénto de yuca CIAT en 578 genotipos. Se obtuvo una correlación negativa ($r= -0.39$) y altamente significativa ($P < 0.01$). Lo anterior podría indicar que a mayor pubescencia menor grado de daño, sin embargo la relación no es muy fuerte debido a su valor bajo. Se realizó también una prueba de independencia (Chi-cuadrado) entre el grado de daño y la pubescencia, teniendo como base una escala de 0 a 6 (0= Lampiño y 6= Mucha pubescencia).

Se rechazó la hipótesis de independencia, es decir que a mayor pubescencia no siempre el grado de daño ocasionado por la plaga es menor. Esto indica que en un cultivo de yuca con mucha pubescencia puede haber genotipos sin daño, con daño intermedio y con daño alto.

2.4.2 Control biológico

En en el neotrópico, especialmente en Colombia, Venezuela, Ecuador y Brasil, se han identificado muchos enemigos naturales asociados con el complejo de moscas blancas que atacan el cultivo de la yuca (Bellotti *et al.* 2002a). El grupo más representativo es el de los parasitoides microhimenópteros (Castillo, 1996; Evans & Castillo, 1998). Los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus* (Hymenóptera: Aphelinidae) y *Amitus* (Hymenóptera: Platygasteridae), se relacionan frecuentemente con *A. socialis, B. tuberculata* y *T. variabilis* (Castillo, 1996). Tres especies de *Encarsia* fueron identificadas como *E. hispida, E. pergandiella* y *E. bellotti* y una de *Amitus* como *A. macgowni* (Evans & Castillo, 1998).

En condiciones de invernadero se observó que *E. hispida* alcanza una tasa de parasitismo del 75.3% sobre ninfas de tercer ínstar, seguido por las ninfas de segundo ínstar (44.7%), cuarto ínstar (43.1%) y por último las ninfas de primer ínstar (15.6%) de *A. socialis* (Ortega, 2000). En condiciones de laboratorio se evaluaron tres hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana, Verticillium lecanii y Metarhyzium anisopliae*). Se observó que *B. bassiana* causa una mortalidad de 28%, 55% y 39% sobre las ninfas de primero, segundo y tercer ínstar de *A. socialis*, respectivamente. *B. bassiana y M.anisopliae* causaron en la plaga una mortalidad de 18.1% y 18.8% respectivamente, cuando se aplicaron en la mañana y de 12.4% y 5.7% cuando se aplicaron en la tarde (Sánchez y Bellotti, 1997).

Alean (2003), evaluó la patogenicidad de seis aislamientos nativos de hongos entomopatógenos *B. bassiana, V. lecanii y Paecilomyces fumosoroseus* sobre los diferentes estados de desarrollo de *A. socialis.* El aislamiento CIAT 215 de *V. lecanii* presentó porcentajes de mortalidad superiores al 50% sobre todos los estados de desarrollo del insecto y una mortalidad de 67.3% en promedio, seguido por el aislamiento CIAT 212 de *P. fumosoroseus* y CIAT 217 de *B. bassiana* con 48.5% y 47.2% de mortalidad, respectivamente. De los cinco estados de desarrollo de *A. socialis* evaluados, el aislamiento CIAT 215 de *V. lecanii* presentó porcentajes altos de mortalidad sobre huevos próximos a eclosionar (84.1%) y ninfas de segundo ínstar (72.0%). Se ha identificado también insectos depredadores como *Chrysopa sp, Delphastus pusillus y Delphastus sp*. (López-Avila *et al.* 2001).

2.4.3 Control cultural

La asociación de yuca con caupí, reduce significativamente la densidad de huevos de *A. socialis* y de *T. variabilis,* comparada con la de un monocultivo (Gold *et al*, 1990). La asociación de yuca con maíz no redujo el número de huevos, indicando que esta técnica solo tiene éxito dependiendo de las especies asociadas (Bellotti, 2000a). El manejo de fechas de siembra, el control de malezas, la fertilización, y las vedas juegan un papel importante en la disminución de la incidencia de *A. socialis* (Arias, 1995)

2.4.4 Control químico

Holguín y Bellotti (2002), evaluaron en condiciones de campo el efecto de diferentes insecticidas: Imidacloprid, Buprofezín, Carbosulfán, Tiametoxán, Diafentiurón y Piriproxifén en el control de mosca blanca *A. socialis.* La aplicación foliar con Tiametoxán e Imidacloprid redujeron las poblaciones de adultos, huevos y ninfas comparados con el testigo. Cuando se utilizó Imidacloprid a la siembra en inmersión o remojo de la semilla, se protegió el cultivo entre 45 y 60 días. Para los agricultores con áreas grandes de siembra, el cultivo es rentable utilizando unicamente las aplicaciones foliares. Para el pequeño agricultor el cultivo es rentable solo con la aplicación foliar de un producto, pero deja de serlo cuando se hacen aplicaciones desde la siembra, por el alto costo de los productos.

2.5 Defensas naturales de la yuca contra artrópodos-plaga

La literatura general reporta que la yuca *Manihot escuelnta* Crantz, presenta mecanismos físicos y químicos contra las plagas de artrópodos. Las defensas naturales de la yuca parecen afectar particularmente el establecimiento o la alimentación sostenida (fagorrepulsiva) de la plaga en la planta por mecanismos de defensa física (pilosidad, producción de callo) o química (HCN, rutina) (Calatayud & Múnera, 2002).

2.5.1 Mecanismos Físicos

En estudios de resistencia de la yuca contra especies de trips, se encontró que la pubescencia presente en sus hojas contribuye a la defensa de la planta contra el ataque de estos insectos. Un aumento de la pubescencia sobre sus hojas incrementa el efecto resistente hacia los trips, ya que molesta los procesos de establecimiento (Schoonhoven, 1974; Bellotti & Schoonhoven, 1978). En el estudio de las interacciones de la yuca y piojo harinoso *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrer (Homóptera: Pseudococcidae), se evidenció la formación de callo (polímero de ß(1,3)-D-glucopiranosa) al contacto con sus estiletes. Esta reacción cicatriza el floema y perturba la alimentación sostenida del insecto floemófago (Calatayud *et al.,* 1996).

2.5.2 Mecanismos químicos

En una herida, los tejidos de yuca emiten el ácido cianhídrico (HCN), proceso llamado cianogénesis que resulta particularmente de la acción de la enzima endógena (ß-glucosidasa), linamarasa (Conn, 1980). La cianogénesis al permitir la liberación de una molécula tóxica constituye un sistema de protección de la yuca contra las plagas; sin embargo, tal protección no ha sido claramente demostrada (Hruska, 1988). En las raíces, la cianogénesis constituye una defensa de la yuca contra la chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) (Castaño *et al.*, 1985; Bellotti & Riis, 1994).

2.6 Mecanismos de resistencia de plantas a insectos

El primer libro sobre este tema fue publicado por Painter (1951), quien define a la resistencia como la suma relativa de las cualidades heredables poseídas por una planta y que influyen en último grado en el daño causado por los insectos.

Kogan (1982), define a la resistencia, como la propiedad que le permite a una planta evitar, tolerar o recuperarse de las lesiones por poblaciones de insectos que podrían causar daños más grandes a otras plantas de la misma especie bajo condiciones ambientales similares. Esta propiedad deriva generalmente de ciertas características bioquímicas y/o morfológicas de las plantas, las cuales afectan el comportamiento y el metabolismo de los insectos.

Cardona (1998), define a la resistencia como la cantidad relativa de caracteres heredables que tiene una planta y que puede influír en el daño causado por un insecto, encaja perfectamente dentro del concepto de método preventivo, es decir, aquel que ejerce una acción duradera sobre las poblaciones de insectos, previniendo o evitando que éstas sobrepasen los umbrales económicos.

Kogan (1982), menciona las siguientes ventajas de la resistencia varietal: especificidad a una plaga, efecto acumulativo en generaciones sucesivas, persistencia por muchos años, armonía con el medio ambiente, facilidad de adopción por su costo bajo, compatibilidad con otros métodos de control y

como desventajas: tiempo de desarrollo largo para identificar las fuentes de resistencia, limitaciones genéticas por la ausencia de los genes preadaptativos, biotipos que pueden quebrar la resistencia y características genéticas en conflicto, las cuales pueden inducir susceptibilidad a otros insectos.

Kogan (1993) y Cardona (1998), señalan a la antibiosis, antixenosis y a la tolerancia como los principales mecanismos de resistencia de plantas al ataque de insectos.

2.6.1 Mecanismo de antibiosis

El término antibiosis incluye todos los efectos fisiológicos adversos de naturaleza temporal o permanente que ocurren como resultado de la ingestión de tejidos o productos de una planta por un insecto Kogan (1982).

Smith (1989), define la antibiosis como la categoría o mecanismo de resistencia a los insectos que se fundamenta en los efectos negativos que una planta resistente induce en la biología de un insecto. Dependiendo de la magnitud del efecto antibiótico, el insecto puede sobreponerse y recuperarse. Sin embargo, en muchos casos los efectos son irreversibles y entonces el nivel de resistencia es muy alto. La antibiosis se manifiesta de una o varias maneras, como por ejemplo: mortalidad de estados inmaduros (ínstares tempranos) y fallas en la acumulación de reservas alimenticias, tasas de crecimiento anormales y

generalmente prolongación del ciclo de vida del insecto, conversión anormal del alimento, fallas en el proceso de empupamiento y emergencia de adultos a partir de las pupas, fecundidad y fertilidad reducidas, adultos mal formados o muy pequeños y conducta anormal.

Según Cardona (1998), la ocurrencia de antibiosis se puede deber a una serie de factores presentes en las plantas, como características morfológicas o físicas (crecimiento hipersensitivo, tricomas, deposiciones de sílice etc.), presencia de factores químicos, como proteínas, toxinas (alcaloides, glucósidos, quetonas), inhibidores (de alpha amilasa, de tripsina, de proteasas), ausencia o insuficiencia de nutrientes esenciales e imbalance de nutrientes (hace que la dieta para el insecto sea pobre). La antibiosis puede ocurrir por la presencia de alomonas (sustancias que afectan negativamente al insecto y favorecen a la planta) o por la ausencia de queromonas o kairomonas (sustancias que favorecen al insecto). Las principales formas en las que la antibiosis se expresa, son:

A mayor mortalidad de primeros ínstares, mayor resistencia

A mayor prolongación del ciclo, mayor resistencia

A menor duración del periodo de oviposicion mayor resistencia

A menor longevidad de los adultos, mayor resitencia

A menor tamaño y menor peso de los insectos, mayor resistencia

A menor fecundidad de las hembras, mayor resistencia

2.6.2 Mecanismo de antixenosis

A la antixenosis también se le conoce como no preferencia. Smith (1989), define antixenosis como la incapacidad de una planta para servir de hospedero a un insecto. Cardona (1998), la define como el conjunto de características de una planta que interfieren en la conducta del insecto afectando la cópula, oviposición, alimentación y/o ingestión del alimento. La antixenosis quiebra la cadena de respuestas que deben existir para que el insecto se alimente u oviposite. Por esto se habla de antixenosis para alimentación y oviposición.

Según el mismo autor, la antixenosis se debe a la presencia en la planta de factores morfológicos o químicos que afectan la conducta del insecto. Entre los factores físicos, se mencionan a aquellos que actúan como verdaderas barreras: epidermis duras, tejidos más duros, capas de cera, presencia de tricomas. Los químicos son aquellos que repelen o que retardan los procesos normales de alimentación u oviposición como: repelentes (terpenos, aceites) o deterrentes (alcaloides, flavonoides, lectonas, fenoles, taninos).

Entre los factores que condicionan la antixenosis, se mencionan: que la planta no sirva como refugio o como sitio de oviposición, que las estructuras de las hojas no favorezcan la oviposición o que haya repelencia hacia los adultos; se acepta que la antixenosis da lugar a niveles bajos de resistencia. Las dos formas en que la antixenosis puede dar lugar a niveles aceptables de

resistencia son: que la variedad antixenótica carezca de una o más de las cualidades que la harían atractiva si fuera susceptible o que la variedad antixenótica posea cualidades repelentes que sobrepasen a los estímulos atractivos o los enmascaren (Cardona, 1998).

2.6.3 Mecanismo de tolerancia

Tanto la antibiosis como la antixenosis se miden o se cuantifican de acuerdo con la respuesta en el comportamiento del insecto. Contrariamente, la tolerancia es una respuesta de la planta a la infestación de fitófagos. Este es un mecanismo adaptativo de supervivencia de la planta contra la presión de un herbívoro (Kogan & Ortman 1978).

Smith (1989), define a la tolerancia como la habilidad genética de una planta para soportar una infestación o para recuperarse y producir nuevos tejidos después de la destrucción de ellos por un insecto. Cardona (1998), la define como la capacidad de la planta para soportar o tolerar daño y rendir más que otras a un mismo nivel de infestación de la plaga. Las formas en que se manifiesta pueden ser de reemplazo, rebrote o reparación de tejidos afectados, reemplazo de raíces afectadas, proliferación de nuevas yemas de crecimiento, producción acelerada de hormonas de crecimiento o formación de callos para curar heridas.

2.7 Factores que afectan la expresión de la resistencia

Existen una serie de factores abióticos y bióticos que influyen de manera muy marcada en la expresión y magnitud de la resistencia. A los anteriores factores se añaden algunos de orden antropomórfico, o sea aquellos que tienen que ver con la seriedad y precisión con que trabajan las personas que tratan de medir la resistencia y su utilización en planes de mejoramiento genético (Cardona,1998) (Tabla 1).

El mismo autor afirma que la temperatura puede afectar la expresión de la resistencia por cambios en niveles químicos (calidad nutritiva, aleloquímicos) o en la morfología de la planta, cambios en la actividad fisiológica del insecto y a su vez en la capacidad de la planta para responder al daño. Las variaciones de fertilidad, humedad y pH del suelo afectan la expresión de la resistencia por la influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta. La densidad de siembra, edad, altura de la planta y otras variables relacionadas con la planta, se deben establecer de acuerdo al hábito de daño del insecto para hacer una correcta evaluación de resistencia; de igual forma se deben homogenizar las variables relacionadas con el insecto como por ejemplo: edad, sexo y condición de crecimiento.

Los nutrimentos pueden aumentar o disminuír la resistencia de la planta a insectos, debido al efecto de ellos en su desarrollo, en su morfología y

anatomía (células epidérmicas más gruesas, mayor lignificación) y en particular en su composición química (mayor producción de sustancias repelentes o inhibidoras) (Sánchez y Prager, 2001).

Tabla 1. Factores que afectan la expresión de resistencia

ABIÓTICOS	BIÓTICOS		
	Planta	**Insecto**	**Antropomórficos**
Temperatura	Densidad	Edad	Precisión
Luz: Cantidad y calidad.	Condiciones de crecimiento	Sexo	Seriedad
Edáficos: fertilidad, humedad, pH.	Altura	Nivel de infestación	
Humedad relativa.	Edad y fenología	Período de actividad	
Contaminación del aire	Tipo de tejido	Preacondicionamiento	
Agroquímicos	Enfermedades	Biotipos	
	Plantas intactas vs partes de plantas.		

Fuente: Cardona, 1998

2.8 Combinación de los mecanismos de resistencia

Muchas veces una variedad puede presentar combinaciones de los mecanismos de resistencia a un insecto dado. La combinación más frecuente es la de antibiosis y antixenosis, generando mayores niveles de resistencia. Esas combinaciones pueden dar lugar a diferentes efectos en la población de insectos y en la expresión de resistencia. La tabla siguiente ilustra los efectos

que una combinación antibiosis-antixenosis puede tener en los niveles de resistencia esperados Cardona (1998).

Tabla 2. Niveles de resistencia obtenidos de una combinación de antibiosis y antixenosis

Cantidad de efecto antibiótico en la siguiente generación	**Conducta**		
	Preferencia	**No preferencia**	**Repelencia**
Desarrollo normal.	Susceptibilidad	Resistencia baja	Resistencia
Desarrollo lento, menor tamaño, menor fecundidad.	Resistencia baja	Resistencia	Resistencia alta
Alta mortalidad, pero un bajo porcentaje de los insectos se desarrollan normales.	Resistencia, pero cuidado con biotipos.	Resistencia, pero menor peligro de biotipos	Resistencia alta, muy difícil que se desarrollen biotipos
Poco o ningún desarrollo de inmaduros	Resistencia	Casi inmunidad	Inmunidad

Fuente:Cardona,1998.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), localizado en el municipio de Palmira, Departamento del Valle del Cauca, Colombia, con las siguientes coordenadas geográficas: Latitud 3º31'N, Longitud 76º20'O y con las siguientes características climáticas: temperatura promedio anual de 23.9ºC, humedad relativa de 78%, altitud de 965 m.s.n.m. y precipitación promedio de 1100 mm.

3.1 Genotipos de estudio

Los genotipos seleccionados para evaluación fueron MEcu 64, MPer 334 y MPer 273. Los testigos susceptibles y resistentes utilizados para la comparación de los resultados fueron CMC 40 y MEcu 72 respectivamente. Todos estos genotipos han sido evaluados en ensayos de campo de CORPOICA-Natima (Tolima), mediante la escala de población y de daño para *A. socialis* de Bellotti & Vargas (1986), modificada por Arias (1995), cuyos rangos oscilan entre 1 y 6 (Anexos 1 y 2). El genotipo MEcu 72, se ha evaluado por varios años en el Tolima y en el CIAT, manifestando en forma constante un alto nivel de resistencia (posible antibiosis). Las variedades MPer 273, MPer 334 y MEcu 64, presentaron poblaciones moderadas a bajas de mosca blanca y un nivel muy bajo de daño. El testigo susceptible (CMC 40),

manifestó altas poblaciónes, baja mortalidad y síntoma de daño severo. En plantas de yuca de 35 días de edad se determinó el efecto resistente sobre la biología y comportamiento de *A. socialis* mediante los siguientes ensayos:

3.2 Determinación de antibiosis

Se desarrollaron dos ensayos de antibiosis: El primero, utilizando para la infestación insectos adultos directamente de la colonia establecida sobre el genotipo susceptible (CMC 40) (Figura 2A). El segundo con insectos preacondicionados hasta dos generaciones sucesivas en cada uno de los genotipos a evaluar, utilizando para esta actividad jaulas de madera de 1x1x1m cubiertas con tull (Figura 2B). La metodología que se usó fue una adaptación de la propuesta por Arias (1995).

(A) **(B)**

Figura 2. Ensayos de antibiosis (A) Insectos sin preacondicionar sobre CMC 40 (Testigo susceptible); (B) Insectos preacondicionados en jaulas de madera con tull sobre los genotipos de estudio. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003.

En un cuarto de de cría con condiciones controladas de humedad y temperatura (28 ± 1ºC, 70 ± 10% HR y 12 horas luz), se midió el desarrollo del ciclo biológico de *A. socialis* sobre cada uno de los genotipos de estudio sembrados en materas plásticas de 15 cm de diámetro por 15 cm de altura, obligando las moscas a ovipositar sobre las diferentes plantas en prueba de no escogencia o alimentación forzada.

La infestación de los genotipos se realizó utilizando jaulas-pinza (viales de plástico, cortados en círculo y cubiertos con tul), soportadas por pitillos enterrados en el suelo de la matera plástica (Figura 3). En cada hoja, se seleccionó uno o dos lóbulos para infestar, los cuales se insertaron en la jaula pinza, ésta presenta un agujero lateral a través del cual se introdujeron en promedio 20 adultos de mosca blanca, capturados al azar mediante un aspirador bucal, de la colonia sobre el genotipo susceptible (CMC 40).

Se seleccionaron dos plantas que se consideraron la una unidad experimental y se establecieron cuatro repeticiones por tratamiento. En una planta (planta 1), se hizo seguimiento al ciclo biológico, infestando 5 lóbulos por planta, 20 por genotipo, para un total de 100 lóbulos en los cinco genotipos. En la otra planta (planta 2), se efectuaron mediciones morfológicas de algunos ínstares ninfales, infestando 4 lóbulos por planta, 16 por genotipo y 80 por todos los genotipos (Figura 4A).

La totalidad de lóbulos (180), se infestaron durante un tiempo de 4 horas con 3600 insectos (20 por lóbulo), dejándolos durante 24 horas con el fin de obtener uniformidad en la oviposición.

Figura 3. Plantas de yuca de 30 días de edad en materas plásticas para ser infestadas con adultos de *A. socialis* utilizando jaulas-pinza. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003.

Posteriormente se retiraron las jaulas-pinza de los lóbulos infestados y las plantas con la oviposición se llevaron a un cuarto de cría con condiciones controladas de humedad y temperatura (Figura 4B), verificadas permanentemente mediante un higrotermógrafo. Para facilitar las observaciones en la planta 1, cada uno de los lóbulos infestados se identificó con un marbete pequeño de papel, enumerados de 1 a 5. Las plantas se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar (BCA) debido al microclima existente en los cuartos de cría, según estudios reportados por (Castrillón & Perlaza, 2000), el cual no se puede detectar a través de un higrotermógrafo.

(A) (B)

Figura 4. (A) Total de lóbulos infestados por planta; (B) Plantas ovipositadas para observación diaria en cuarto de cría. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003.

3.2.1 Estudio del ciclo biológico

En la planta 1 y por cada genotipo, se seleccionaron 200 huevos (50 por planta) para hacer observaciones diarias de: 1) Eclosión del huevo. 2) Cambios de ínstar. 3) Características de cada uno. 4) Estados muertos y supervivientes. En el estado adulto se midió: 4) Peso seco y 5) Relación de sexos.

Para estudiar el ciclo biológico de cada insecto en forma individual, en cada lóbulo se escogieron 10 huevos, procurando que estuvieran un poco separados, los demás fueron removidos para posteriormente realizar un mapa de sección foliar, donde quedaron ubicadas las ninfas después de eclosionar. Las observaciones se realizaron diariamente mediante el uso de un estereoscopio con brazo estático, para facilitar el acercamiento del envés de los lóbulos sin que las hojas se desprendan de las plantas. Para esta labor, la

planta se colocó en forma invertida sobre un soporte de hierro, al cual se le suprime una sección de 4 a 5 cm del aro, para permitir el paso del tallo de la planta hacia el centro de éste (Figura 5A). El aro es sostenido por un tornillo que permite subir o bajar la planta según la necesidad de observación. En la base de la planta se colocó un tapón de caucho espuma, para evitar que al invertir la planta el suelo de ésta se escape. En las observaciones diarias se anotaron los cambios de ínstar, la duración y algunas características que permitieron describir y diferenciar cada uno de ellos. Se cuantificó además el número de estados biológicos muertos y supervivientes, tratando de observar las posibles causas de mortalidad.

La diferencia entre variedades en términos de: duración de cada estado biológico, tiempo total de desarrollo, mediciones morfológicas en algunos estados y peso seco de adultos de *A. socialis*, se determinó mediante un análisis de varianza para un diseño BCA y prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch (REGW) cuando se hizo necesaria la separación de medias. La tasa de mortalidad y la relación de sexos entre genotipos se comparó mediante una prueba de independencia (Chi-cuadrado, X^2).

3.2.2 Mediciones morfológicas de estados inmaduros

En las plantas infestadas (4 lóbulos) y mediante muestras destructivas de 40 individuos por genotipo (10 por lóbulo en cada planta), se efectuaron

mediciones morfológicas (largo x ancho) de las ninfas de segundo, tercero y cuarto ínstar, descartando el estado de huevo y ninfas de primer ínstar, por la dificultad para tomar medidas debido a su tamaño pequeño. Para esto se utilizó un estereoscopio acoplado a un dispositivo digital de medición micrométrica WILD MMS 225/MMS2535 (Figura 5B) del laboratorio de Entomología de Yuca-CIAT.

(A) **(B)**

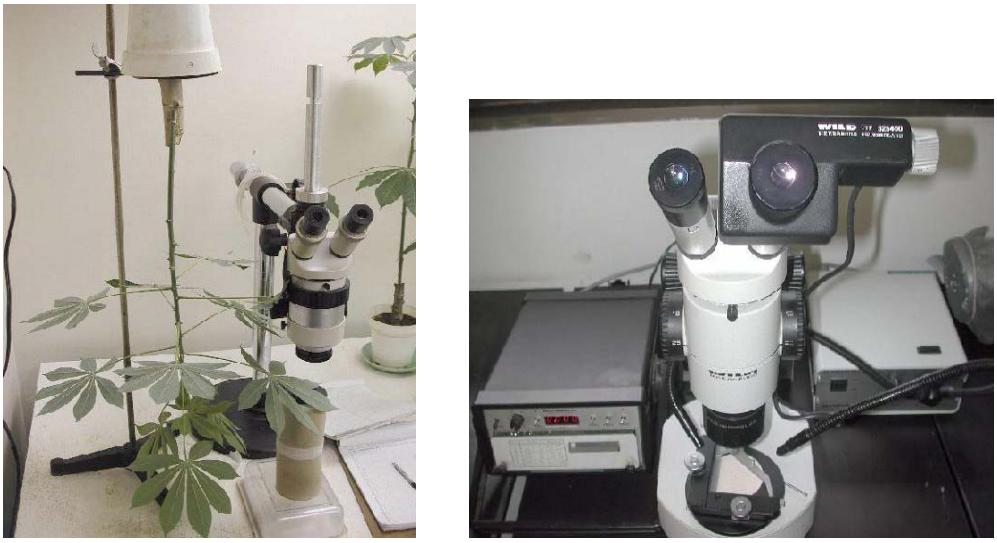

Figura 5. (A) Planta invertida para observaciones diarias de estados inmaduros en cuarto de cría; (B) Dispositivo digital de medición micrométrica. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003.

3.2.3 Peso seco de los insectos adultos y relación de sexos

Sobre las ninfas de cuarto ínstar y antes de su emergencia a estado adulto, se colocaron nuevamente las jaulas pinza y mediante un aspirador bucal se capturaron los insectos recién emergidos. Con la ayuda de un estereoscopio

se estableció la relación de sexos teniendo como criterio el “clasper” que hace ver el abdomen mas alargado y fino en el macho y más grueso y achatado en la hembra. Los adultos sin separación de sexos, capturados por cada genotipo se introdujeron en viales de vidrio tapados con algodón y secados en una estufa BLUE-M (Electric Company) del Laboratorio de Entomología de Fríjol a 37 ^{0}C durante 72 horas. Posteriormente fueron pesados en una balanza electrónica CAHN C-30, con sensibilidad de 1µg.

3.3 Determinación de antixenosis

3.3.1 Preferencia para alimentación y oviposición en prueba de libre escogencia

La prueba se realizó utilizando 4 jaulas de madera de 1 x 1 x 1 m cubiertas con tul; en cada una se introdujeron los genotipos seleccionados distribuídos al azar y sembrados en las materas plásticas. Se escogieron tres hojas por planta, enumerándose en forma descendente a partir de la primera hoja abierta (cogollo), por ser las hojas de mayor preferencia por *A. socialis* para ovipositar (Arias,1995). Dentro de las jaulas, las plantas se colocaron de tal manera que quedaran a igual altura y distribuídas en círculo para brindar a cada genotipo la misma posibilidad de ser escogido (Figura 6 A y B). La infestación de las plantas por jaula se hizo con 500 adultos de *A. socialis* de la misma edad, capturados aleatoriamente con aspirador bucal de poblaciones establecidas sobre el genotipo susceptible (CMC 40) en jaulas de madera cubiertas con tull.

Los insectos se liberaron en el centro de la jaula sobre una bandeja plástica de color negro, para que en cada una de las plantas éstos escogieran donde posarse y ovipositar.

(A) **(B)**

Figura 6. (A) y (B) Genotipos colocados en círculo para alimentación y oviposición de *A. socialis* bajo la prueba de libre escogencia. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003.

Las variables evaluadas fueron: 1) Número de insectos posados en la planta a las 24 y 48 horas después de la infestación y 2) Número de huevos ovipositados en cada planta después de retirados los insectos a las 48 horas. El conteo de insectos posados sobre cada genotipo se realizó en forma visual en horas de la mañana. La cuantificación de las posturas sobre el envés de las

hojas de cada genotipo se realizó bajo un estereoscopio y con la ayuda de un contómetro, desprendiendo las hojas en orden numérico de arriba hacia abajo.

La prueba de antixenosis se realizó en un cuarto de cría con condiciones controladas de temperatura y humedad (28 ± 1ºC, 70 ± 10% H.R y 12 horas luz), tres (3) veces en el tiempo, con cuatro repeticiones (jaulas) y distribuídas en un diseño de bloques completos al azar (BCA).

Para comparar los genotipos en términos de preferencia para alimentación y oviposición total, se hizo un análisis de varianza transformando logarítmicamente los valores e incrementados en uno (Log (x+1)), esto con el fin de disminuír la variabilidad dentro y entre genotipos. Cuando el valor de F fue significativo se hizo separación de los promedios mediante la prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch (REGW). En todos los análisis (antibiosis y antixenosis), se usó SAS versión 8.2 sobre una plataforma SunOS 5.8.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Características del Ciclo biológico de *A. socialis*

En la tabla 3, se presenta la duración en días registrada por cada estado de desarrollo, el tiempo total de huevo hasta adulto sobre el genotipo susceptible (CMC 40) y se comparan con los registrados por Arias (1995), quien además describió algunas características morfológicas (Tabla 4), como coloración y tamaño de las ninfas de *A. socialis* sobre yuca, usando condiciones iguales a las empleadas en el desarrollo de este trabajo.

Los resultados en duración de los estados biológicos y tamaño (largo x ancho) de las ninfas de segundo, tercero y cuarto ínstar de *A. socialis,* obtenidos en este trabajo, corroboran los resultados encontrados por Arias (1995) sobre el genotipo susceptible (CMC 40).

Las características morfológicas como coloración de las ninfas, forma y color del estado de huevo de *A. socialis* observadas en este estudio, coinciden con las descritas por Bellotti & Vargas (1986) y Arias (1995).

Tabla 3. Comparación de la duración de los diferentes estados de desarrollo de *A. socialis* con los encontrados por Arias (1995)

Estados de Desarrollo	Tiempo de desarrollo en días (Prom ± EE) sobre CMC 40	
	Gómez (2003) T= 28±1Cº, HR=70±10 %, 12 horas luz	Arias (1995) T= 28±1Cº, HR=70%, 12 horas luz
Huevo	10.1 ± 0.35	10.2
N 1	4.9 ± 0.610	5.0
N 2	3.8 ± 0.044	3.5
N 3	4.4 ± 0.041	4.1
N 4	9.6 ± 0.067	9.4
Total	32.8 ± 0.133	32.2

EE: Error estandar

Tabla 4. Comparación de las mediciones morfológicas en algunos ínstares de *A. socialis* con los encontrados por Arias (1995)

Instar	Mediciones morfológicas en mm (Prom ± EE) sobre CMC 40			
	Gómez (2003) (T= 28±1Cº, HR=70±10 %, 12 horas luz)		Arias (1995) (T= 28±1Cº, HR=70%, 12 horas luz)	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho
N 2	0.314±0.002	0.205±0.001	0.324±0.001	0.187±0.001
N 3	0.504±0.010	0.264±0.004	0.413±0.004	0.245±0.003
N 4	0.644±0.005	0.356±0.005	0.620±0.005	0.363±0.003

EE: Error estandar

4.2 Determinación de Antibiosis

4.2.1 Antibiosis sin preacondicionamiento *A. socialis*

El análisis estadístico (Análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar, seguido por una prueba de rango múltiple de REGW cuando hubo significancia a nivel de tratamiento) para el tiempo de desarrollo (huevo a adulto) sin preacondicionamiento e incluyendo solo los individuos que completaron su ciclo biológico, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$). Los individuos alimentados sobre los genotipos MEcu 64 y MPer 334 presentaron una prolongación significativa (12.5%) en la duración total del ciclo biológico con 36.8 y 36.4 días respectivamente, comparados con la duración sobre el genotipo susceptible (CMC 40), que presentó el más rápido desarrollo (32.7 días). Los insectos evaluados sobre MEcu 72 y MPer 273, mostraron valores intermedios de duración 35.2 y 33.6 días respectivamente (Tabla 5) (Figura 7). Los resultados obtenidos sobre los genotipos MEcu 72 y CMC 40 en este ensayo coinciden con los valores de duración reportados por Arias (1995), donde el valor máximo se notó sobre MEcu 72 con 34.45 días y el mínimo sobre el genotipo susceptible (CMC 40) con 32.07 días.

La duración de los diferentes estados de desarrollo de *A. socialis* (Tabla 6) presentó diferencias significativas entre genotipos ($P < 0.05$). Para el estado de huevo el rango de duración fluctuó entre 10.1 días sobre el genotipo susceptible (CMC 40) y 11.1 días sobre el genotipo de mayor prolongación

(MEcu 64). Arias (1995), reportó el estado de huevo como el de mayor duración con un rango entre 10.24 días sobre el testigo susceptible (CMC 40) y 10.4 días sobre el testigo resistente (MEcu 72). En este trabajo, la eclosión del huevo sobre MEcu 72, no presentó un valor extremo, pero con el fin de comparar con los resultados de Arias (1995), se menciona su valor (10.6 días). Numéricamente no existe diferencia entre los dos trabajos sobre este genotipo, pero aquí se observó mayor prolongación en el tiempo de eclosión sobre el genotipo MEcu 64.

Tabla 5. Tiempo total de desarrollo de *A. socialis* sin preacondicionar alimentándose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría.

Genotipo	*n*	(Promedio ± EE)[1]	Rango	Relación de Sexos[2]
MEcu 64	63	36.8 ± 0.263a	34-42	1.0 : 1.0
MPer 334	45	36.4 ± 0.381a	32-42	1.1 : 1.0
MPer 273	94	33.6 ± 0.160c	30-38	0.7 : 1.0
MEcu 72	62	35.2 ± 0.281b	32-41	1.2 : 1.0
CMC 40	152	32.7 ± 0.133d	30-37	1.3 : 1.0
				x^2: NS.

[1]. Prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Promedios dentro de cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente al 5% de significancia. EE: error estandar.
[2]. Prueba de independencia. La relación de sexos es 1:1 en todos los genotipos.

Las ninfas de primer ínstar mostraron el mayor rango, siendo más corta la duración sobre el genotipo susceptible (CMC 40) con 4.9 días y más larga sobre MEcu 64 con 6.4 días. Sobre los genotipos MPer 334, MEcu 72 y MPer 273 al igual que en el estado de huevo, las ninfas tuvieron una duración

intermedia (Tabla 6). Arias (1995), reportó para este ínstar un rango de duración de 5.0 días en CMC 40 y 5.6 días en el genotipo resistente (MEcu 72). El último valor difiere significativamente del valor encontrado en este trabajo sobre el mismo testigo resistente, con 6.1 días.

Las ninfas de segundo y tercer ínstar criadas sobre los diferentes genotipos de yuca, también presentaron diferencias significativas, pero no tan marcadas como en las ninfas de primer ínstar. El rango de duración para segundo ínstar fluctuó entre 3.7 días en MPer 273 a 4.4 días en MEcu 72 y para ninfas de tercer ínstar 4.4 días en CMC 40 a 5.1 días en MEcu 64 (Tabla 6). Arias (1995), reportó el segundo ínstar como el de menor duración con un rango de 3.5 días en CMC 40 y 4.0 días en MEcu 72 y para ninfas de tercer ínstar 3.9 días en CMC 40 y 4.2 días en MEcu 72.

El rango de duración de las ninfas de cuarto ínstar fluctuó entre 9.6 días en el testigo susceptible (CMC 40) y 10.5 días en MPer 334, seguido por MEcu 64 (10.4 días). Los individuos sobre los genotipos MPer 273, MEcu 72 y CMC 40, no presentaron diferencias significativas entre sí (Tabla 6). Arias (1995), reportó para este ínstar el mayor rango de duración, con 9.4 días en el genotipo susceptible (CMC 40) y 10.2 días en el testigo resistente (MEcu 72), contrario a los resultados encontrados en este trabajo, donde el mayor rango se observó sobre las ninfas de primer ínstar.

La relación de sexos de las moscas blancas que llegaron hasta el estado de adulto sobre cada uno de los genotipos evaluados no presentó diferencias significativas (X^2 = 5.68; 4 g. l., P< 0.2238) sin preacondicionamiento y (X^2 = 8.61; 4 g. l., P< 0.0714) con preacondicionamiento de *A. socialis* (Tablas 5 y 7). Es decir, fue de (1:1) una hembra por cada macho, contrario a lo reportado por Arias (1995), donde la relación de sexos fue afectada por los genotipos con fuentes de resistencia.

Tabla 6. Duración (promedio ± EE) en días de estados de desarrollo de *A. socialis* sin preacondicionar sobre genotipos de yuca (*n* = 200).

Genotipo	Huevo[1]	Ninfa 1[1]	Ninfa 2[1]	Ninfa 3[1]	Ninfa 4(Pupa)[1]
MEcu 64	11.1 ± 0.040a	6.4 ± 0.088a	4.3 ± 0.066a	5.1 ± 0.072a	10.4 ± 0.118a
MPer 334	10.7 ± 0.033b	6.1 ± 0.089b	4.3 ± 0.099a	5.0 ± 0.121a	10.5 ± 0.160a
MPer 273	10.4 ± 0.035c	5.6 ± 0.080c	3.7 ± 0.056b	4.4 ± 0.062b	10.0 ± 0.086b
MEcu 72	10.6 ± 0.041b	6.1 ± 0.088b	4.4 ± 0.059a	4.6 ± 0.097b	9.9 ± 0.111b
CMC 40	10.1 ± 0.035d	4.9 ± 0.061d	3.8 ± 0.044b	4.4 ± 0.041b	9.6 ± 0.067b

[1]. Prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Promedios dentro de cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente al 5% de significancia. EE: error estandar.

4.2.2 Antibiosis con preacondicionamiento de *A. socialis*

El tiempo de desarrollo de *A. socialis* (huevo a adulto), presentó diferencias significativas entre genotipos (P < 0.05). Los insectos criados sobre el genotipo MEcu 64 presentaron una prolongación significativa (8.5%) en la duración del ciclo con 34.5 días, comparado con la duración más corta (31.8 días) sobre el

genotipo susceptible (CMC 40). Los genotipos restantes presentaron un comportamiento intermedio en términos de duración del ciclo biológico (Tabla 7) (Figura 7).

Tabla 7. Tiempo total de desarrollo de *A. socialis* preacondicionados alimentandose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría.

Genotipo	*n*	(Promedio ± EE)[1]	Rango	Relación de Sexos[2]
MEcu 64	96	34.5 ± 0.198a	31-40	1.0 : 1.0
MPer 334	124	33.0 ± 0.156bc	30-40	0.9 : 1.0
MPer 273	127	32.8 ± 0.199c	30-40	1.3 : 1.0
MEcu 72	127	33.5 ± 0.161b	30-40	0.8 : 1.0
CMC 40	140	31.8 ± 0.136d	29-35	1.5 : 1.0 x^2: NS.

[1] Prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Promedios dentro de cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente al 5% de significancia. EE: error estandar.
[2] Prueba de independencia. La relación de sexos es 1:1 en todos los genotipos.

La Tabla 8, con la duración de los estados de desarrollo de *A. socialis* permite apreciar que el estado de huevo es significativamente mayor (10 días) sobre MPer 273 comparado con los genotipos restantes, siendo MPer 334 el de menor duración (9.4 días). Las ninfas de primer ínstar sobre MEcu 64 presentaron la mayor duración (6.3 días), comparada con la duración mas corta sobre el genotipo susceptible (CMC 40) con 5.0 días. Los genotipos restantes MEcu 72, MPer 334 y MPer 273, mostraron una duración intermedia. Las diferencias en la duración del segundo ínstar no fueron tan marcadas como en las ninfas de primer ínstar y en las ninfas de tercer ínstar no se presentaron

diferencias significativas. El rango de duración de las ninfas de cuarto ínstar fluctuó entre 9.5 y 10.5 días, siendo más largo sobre los genotipos MEcu 64 y Mper 334, comparados con los genotipos restantes que no presentaron diferencias significativas apreciables en su comportamiento.

En síntesis, la duración total del tiempo de desarrollo y de cada estado biológico en este ensayo, presentó una tendencia similar al ensayo anterior (sin preacondicionamiento de *A. socialis*), aunque con duraciones más cortas. Es posible que en el primer ensayo (sin preacondicionamiento), los insectos establecidos o alimentados sobre CMC 40 durante varias generaciones, sufran un efecto cortante en su biología y fisiología por el cambio directo a otros genotipos (MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273) llegando a sobrestimar la resistencia; por esto la mayor prolongación en su ciclo de vida. Sin embargo, las diferencias estadísticas detectadas por el análisis en cuanto al tiempo de desarrollo sin y con preacondicionamiento de *A. socialis*, permiten concluir que MEcu 64 y MPer 334 por causar la mayor prolongación en el ciclo biológico del insecto, muestran un efecto antibiótico sobre el insecto-plaga (Tablas 5, 6, 7 y 8). Estos resultados evidencian que el efecto de resistencia sobre *A. socialis* en éstos genotipos es más fuerte que el efecto del testigo resistente (MEcu 72), reportado por Arias (1995).

Para cada estado inmaduro y para el tiempo total de desarrollo de *A. socialis* sin y con preacondicionamiento del insecto, el análisis combinado mostró

interacción entre genotipo y ensayo. Por esto cada ensayo se analizó separadamente (Anexo 3).

Tabla 8. Duración (promedio ± EE) en días de estados de desarrollo de *A. socialis* preacondicionados sobre genotipos de yuca (*n* = 200).

Genotipo	Huevo[1]	Ninfa 1[1]	Ninfa 2[1]	Ninfa 3[1]	Ninfa4(Pupa)[1]
MEcu 64	9.7 ± 0.038b	6.3 ± 0.115a	4.2 ± 0.079a	4.2 ± 0.067a	10.5 ± 0.107a
MPer 334	9.4 ± 0.038c	5.6 ± 0.073b	3.8 ± 0.067b	4.0 ± 0.043a	10.4 ± 0.093a
MPer 273	10 ± 0.051a	5.5 ± 0.078b	3.8 ± 0.062b	4.0 ± 0.050a	9.7 ± 0.109bc
MEcu 72	9.7 ± 0.044b	5.7 ± 0.085b	4.2 ± 0.079a	4.1 ± 0.048a	10 ± 0.090b
CMC 40	9.6 ± 0.050b	5.0 ± 0.063c	3.8 ± 0.077b	4.1 ± 0.047a	9.5 ± 0.080c

[1] Prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Promedios dentro de cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente al 5% de significancia. EE: error estandar.

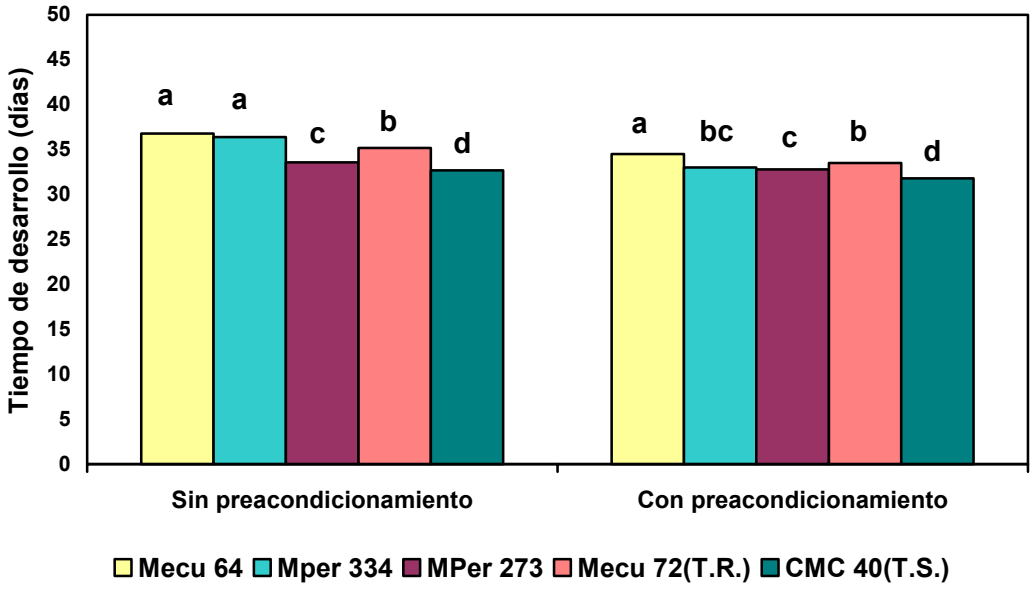

Figura 7. Tiempo total de desarrollo de *A. socialis* sin y con preacondicionamiento del insecto sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría.

4.2.3 Mortalidad de *A. socialis* sobre cinco genotipos de yuca

Los resultados muestran un efecto varietal sobre la supervivencia de los estados inmaduros de *A. socialis* en los diferentres genotipos de yuca. Las ninfas de primer ínstar presentaron una posible dificultad para adherirse y alimentarse sobre el envés de las hojas, observándose completamente muertas y levantadas sobre los genotipos MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273 (Figura 8BCDE).

Los individuos evaluados sobre el genotipo susceptible (CMC 40) con y sin preacondicionamiento, mostraron porcentajes bajos de mortalidad ninfal, indicando que en esta variedad los diferentes estados inmaduros del insecto pueden alimentarse y etablecerse fácilmente sobre el envés de las hojas hasta completar su ciclo biológico (Figura 8A) (Tablas 9 y 10). En efecto, la mortalidad de *A. socialis* sobre los genotipos (MEcu 64, MEcu 72, MPer 334 y MPer 273) es significativamente mas alta comparada con el testigo susceptible (CMC 40). Estos resultados confirman que efectivamente los diferentes estados inmaduros de *A. socialis* son afectados por los genotipos con resistencia.

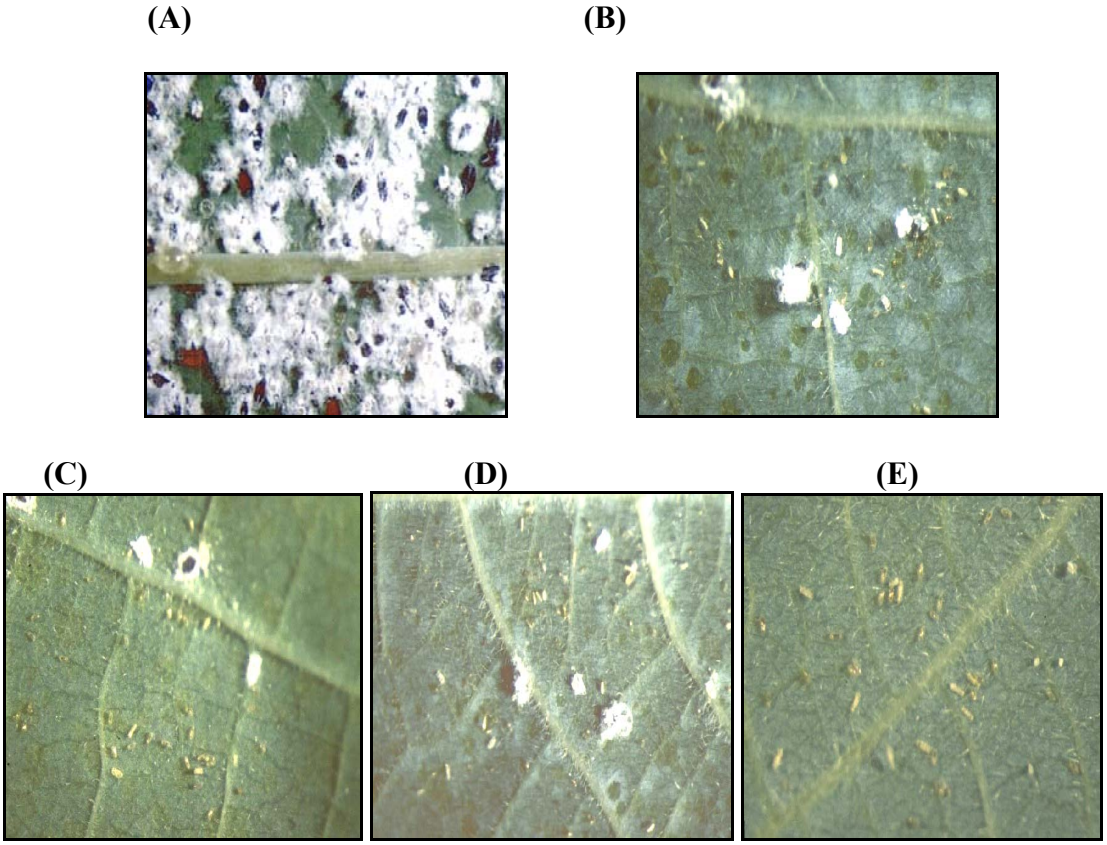

Figura 8. Mortalidad ninfal de *A. socialis* sobre genotipos de yuca. (A) CMC 40 (testigo susceptible); (B) MEcu 72 (testigo resistente); (C) MPer 273; (D) MPer 334; (E) MEcu 64. Fotografía C. Olaya. Lab. Microscopía, CIAT 2003.

En tablas 9 y 10 aparecen marcadas con un asterisco (*) las celdas que contribuyen a rechazar la hipótesis nula, es decir, aquellas en las cuales el valor observado es muy diferente al esperado. El porcentaje de mortalidad de los diferentes estados inmaduros fué calculado con base en los individuos vivos del estado inmediatamente anterior.

La eclosión del huevo de *A socialis* sobre los diferentes genotipos de yuca no presentó diferencias significativas en una prueba de X^2 de independencia, tanto

sin preacondicionamiento (X^2 = 5.88; 4 g. l., P = 0.2081) como con preacondicionamiento del insecto (X^2 = 8.01; 4 g. l., P= 0.0910). Se acepta por tanto la hipótesis nula, es decir que el porcentaje de eclosión de los huevos es independiente de los genotipos.

Sin preacondicionamiento de *A. socialis,* la mortalidad de las ninfas de primer ínstar sobre los diferentes genotipos presentó diferencias significativas (X^2 = 47.18; 4 g. l., P = 0.0001), con una mortalidad global del 20% (Tabla 9). El menor valor se presentó efectivamente en las ninfas criadas sobre el genotipo susceptible (CMC 40), con un 3.0% y el mayor sobre el testigo resistente (MEcu 72), con un 27.2%. Sobre los genotipos restantes la mortalidad de las ninfas de primer ínstar presentó un comportamiento intermedio.

La mortalidad de las ninfas de segundo y tercer ínstar sobre los diferentes genotipos también presentaron diferencias significativas (X^2 = 50.91 y 42.82; 4 g. l., P = 0.0001), respectivamente. En los dos ínstares, el mayor porcentaje de mortalidad se notó sobre el genotipo MPer 334, comparado con el testigo susceptible (CMC 40) y con los porcentajes de mortalidad global (Tabla 9). La mortalidad de estos ínstares sobre los genotipos restantes (MEcu 64, MEcu 72 y MPer 273), presentaron un comportamiento intermedio.

La mortalidad en las ninfas de cuarto ínstar (Tabla 9), también presentó diferencia significativa (X^2 = 31.73; 4 g. l., P = 0.0001). Los genotipos MPer 273

con 11.3% y CMC 40 con 11.6% presentaron los valores más bajos comparados con el global del 20%. Las ninfas criadas sobre el genotipo MEcu 72 con un 36% presentaron el valor más alto de mortalidad, mientras que las ninfas sobre los genotipos restantes presentaron un comportamiento intermedio.

El porcentaje de mortalidad total (huevo a adulto) de *A. socialis* calculado con base en los individuos iniciales (*n*=200), mostró diferencias significativas (X^2 = 147.49; 4 g. l., P = 0.0001), con un global de 58.2%. El valor más alto de mortalidad se presentó en los insectos criados sobre el genotipo MPer 334 con 77.5%, excediendo en un 19% al valor global, mientras que el genotipo susceptible mostró el valor más bajo (24%) (Tabla 9) (Figura 9A). La mortalidad de los insectos criados sobre MEcu 72, MEcu 64 y MPer 273 presentaron valores intermedios. Estos resultados son similares a los encontrados por Arias (1995) especialmente para el testigo susceptible (CMC 40), con un 34% de mortalidad y para el testigo resistente (MEcu 72), con un 75.5% de mortalidad.

Tabla 9. Porcentaje de mortalidad por estado biológico de *A. socialis* sin preacondicionar sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría.

Genotipo	Huevo[1]	Ninfa 1[1]	Ninfa 2[1]	Ninfa 3[1]	Ninfa 4 (Pupa)[1]	Mortalidad Total (%)
MEcu 64	2.0	24.0	23.5	24.6	26.7	68.5
MPer 334	2.0	24.5	37.2*	34.4*	26.2	77.5*
MPer 273	1.0	21.2	16.7	18.5	11.3*	53.0
MEcu 72	0.5	27.1*	20.3	15.0	36.0*	68.0
CMC 40	0.0	3.0*	6.7*	5.0*	11.6*	24.0*
Indiv. Muertos	11	197	158	110	106	582
(%) Global	1.1	20.0	20.0	17.41	20.3	58.2
Total	1000	989	790	632	522	1000

[1] Porcentaje de columnas calculado con relación al estado anterior.
* Chi-cuadrado de celda > 3.84 con 1 g.l.

En el ensayo con preacondicionamiento de *A. socialis* (Tabla 10), la mortalidad de las ninfas de primer ínstar sobre los diferentes genotipos presentó diferencias significativas (X^2 = 55.94; 4 g. l., P = 0.0001). La mortalidad global fue del 18% y el valor mas alto se presentó en las ninfas criadas sobre el genotipo MEcu 64 con 32.5%, mientras que el genotipo susceptible (CMC 40) con un 5% presentó el valor más bajo. Las ninfas sobre los genotipos MEcu 72, MPer 273 y MPer 334 presentaron un comportamiento intermedio de mortalidad.

Las ninfas de segundo ínstar (X^2 = 8.98; 4 g. l., P = 0.0614) y cuarto ínstar (X^2 = 4.701; 4 g. l., P = 0.3194) no presentaron diferencias significativas en términos

de mortalidad, se acepta la hipotesis de independencia entre los ínstares ninfales y los diferentes genotipos; es decir, el porcentaje de mortalidad no depende de los genotipos (Tabla 10). Lo contrario sucedió con las ninfas de tercer ínstar donde hubo diferencia significativa (X^2 = 11.66; 4 g. l., P = 0.0200), siendo mayor la mortalidad en MEcu 72 con 10.1% comparada con el porcentaje global de 6.5%. Sobre los genotipos restantes se presentó un comportamiento intermedio de mortalidad.

La mortalidad total (huevo a adulto) de *A. socialis* en este ensayo mostró diferencia significativa (X^2 = 32.55; 4 g. l., P = 0.0001) y una tendencia similar al ensayo sin preacondicionamiento de *A. socialis*, pero con valores más bajos en los genotipos con fuentes de resistencia, por ejemplo: sin preacondicionamiento de *A. socialis* los insectos sobre MEcu 64 presentaron una mortalidad de 68.5%, mientras que con preacondicionamiento disminuyó a 52% (Tablas 9 y 10).

En el ensayo con preacondicionamiento de *A. socialis*, la mortalidad global fué de 37.5%. El mayor valor de mortalidad se presentó en los individuos criados sobre MEcu 64 con un 52%, excediendo en un 15% al valor de mortalidad global, mientras que el valor más bajo se presentó en los individuos criados sobre el genotipo susceptible (CMC 40) con 24.5% (Tabla 10) (Figura 9B). Los genotipos MPer 334, MPer 273 y MEcu 72 presentaron un comportamiento intermedio.

Tabla 10. Porcentaje de mortalidad por estado biológico de *A. socialis* preacondicionados sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría.

Genotipo	Huevo[1]	Ninfa 1[1]	Ninfa 2[1]	Ninfa 3[1]	Ninfa 4 (Pupa)[1]	Mortalidad Total (%)
MEcu 64	0.0	32.5*	11.8*	9.2	11.1	52.0*
MPer 334	0.0	18.0	5.5	4.5	16.2	38.0
MPer 273	0.0	21.0	4.4	2.6	13.6	36.5
MEcu 72	1.0*	13.2	4.6	10.1*	13.0	36.5
CMC 40	0.0	5.0*	7.9	5.7	8.5	24.5*
Indiv. Muertos	2	179	55	50	89	375
(%) Global	0.2	18.0	6.7	6.54	12.4	37.5
Total	1000	998	819	764	714	1000

[1] Porcentaje de columnas calculado con relación al estado anterior.
* Chi-cuadrado de celda > 3.84 con 1 g. l.

En las Figuras 9 A y B, se observa el comportamiento de la mortalidad acumulada por estado inmaduro de *A. socialis* y la duración en días partiendo de un total de 200 individuos (*n*=200), en los ensayos sin y con preacondicionamiento del insecto.

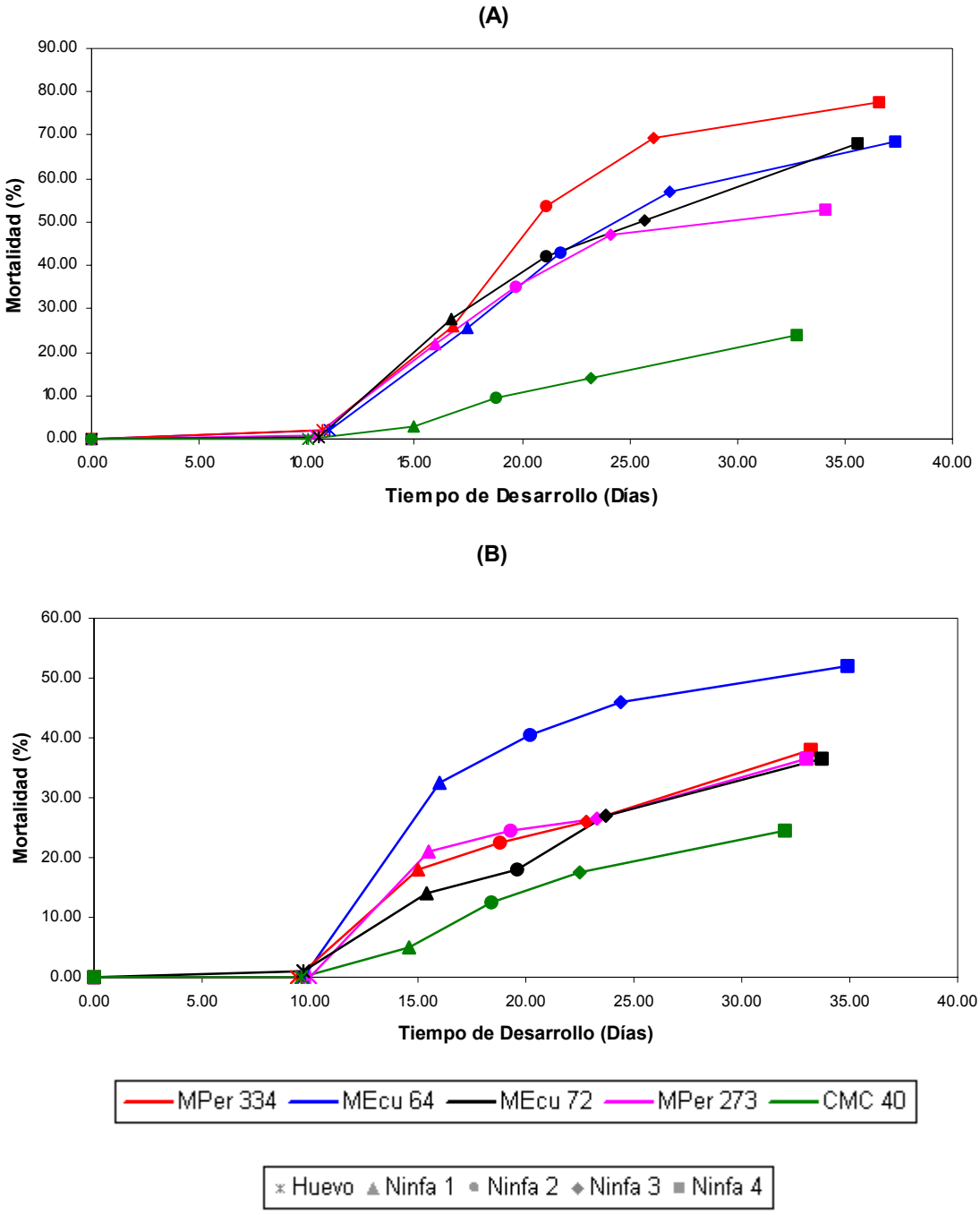

Figura 9. Mortalidad de *Aleurotrachelus socialis*. (A) sin preacondicionamiento y (B) con preacondicionamiento del insecto (*n*=200).

4.2.4 Tipos de mortalidad de *A. socialis* sobre cinco genotipos de yuca

La mortalidad de los estados biológicos de *A. socialis* sobre los diferentes genotipos de yuca se expresó de diferentes maneras, tales como: ninfas que se levantaron de la superficie foliar y murieron “in situ” (ML), ninfas que se cayeron y murieron sin previo levantamiento de la hoja (MC) y ninfas que murieron adheridas y de alguna manera momificadas sobre el envés de las hojas (MA).

Las observaciones de las características de este comportamiento se realizaron con el propósito de tener un mejor entendimiento sobre los factores responsables de la mortalidad en los diferentes estados biológicos de la plaga.

Los tipos de mortalidad en las ninfas de primer ínstar sin preacondicionamiento de *A. socialis*, no siguieron un patrón independiente sobre los diferentes genotipos mediante la prueba de X^2 de independencia (X^2 = 24.55; 8 g. l., P = 0.0018). El tipo de mortalidad global más registrado fue por “levantamiento in situ” (ML) con 84.3%, seguido de individuos “caídos” (MC), con 14.2% y por último los individuos “adheridos y momificados” (MA), con el valor más bajo (1.5%) (Tabla 11). Los valores extremos se observaron en los individuos (MC), principalmente sobre los genotipos MEcu 72 con 29.6% y MEcu 64 con 2%, contribuyendo en mayor grado al rechazo de la hipótesis de independencia (Fila de celdas N1) (Tabla 11).

El genotipo susceptible (CMC 40), presentó el menor número de individuos muertos totales (6), con un porcentaje del 3%, comparado con los genotipos restantes (MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273). Comportamiento similar, se observó en las ninfas de segundo y tercer ínstar, excepto las de cuarto ínstar, donde MPer 273 fue el que presentó en menor número de individuos muertos (Columnas) (Tabla 11).

Los tipos de mortalidad en ninfas de segundo ínstar, también rechazaron la hipótesis de independencia (X^2 = 50.90; 8 g. l., P = 0.0001). La mortalidad es mayor en individuos (MA) con un 72%, seguido por (MC) con 21% y luego (ML) con 7% (Tabla 11). El valor extremo en individuos (MA), se observó sobre el genotipo susceptible (CMC 40) con el 0.0% y en los individuos (MC), sobre los genotipos CMC 40 y MPer 334, con 84.6 y 7% respectivamente, contribuyendo en mayor escala al rechazo de la hipótesis nula (Fila de celdas N2) (Tabla 11).

Las ninfas de tercer ínstar sobre los ensayos sin y con preacondicionamiento de *A. socialis*, no presentaron diferencias significativas, es decir la mortalidad en este ínstar es independiente de los genotipos de estudio (Tablas 11 y 12); sin embargo, el análisis combinado rechaza ésta hipótesis (X^2 = 28.12; 8 g. l., P = 0.0005), siendo mayor la mortalidad en los individuos (MA) con 55.6%, seguido por los (MC) con 41.2% y por último los (ML) con 3.0% (Fila de celdas) (Anexo 4). En los individuos (MC) los valores extremos, se observaron sobre

los genotipos MEcu 72 con 65.7% y en MPer 334 con 20.5% (Columnas MC) (Anexo 4).

El genotipo susceptible (CMC 40), efectivamente mostró el menor número de individuos muertos totales (19), con un porcentaje de 11.8%, comparado con los genotipos restantes, siendo MEcu 64 y MPer 334 los genotipos que presentaron el máximo valor (24.3%) (Total columnas) (Anexo 4).

Según el análisis combinado el tipo de mortalidad en las ninfas de cuarto ínstar es independiente de los genotipos de yuca (X^2 = 2.70; 4 g. l., P = 0.607) en los ensayos con y sin preacondicionamiento de *A. socialis.* La mortalidad global fue mayor en los individuos (MA) con el 60%, seguido por los (MC) con el 40% (Fila de celdas N4) (Anexo 5). El mayor número de individuos muertos totales (54) se presentó sobre MEcu 72 con un porcentaje de 27.7%, seguido por MPer 334 con un total de 40 y un porcentaje de 20.51% (Total columnas) (Anexo 5).

Tabla 11. Tipos de mortalidad ninfal (TM%) sin preacondicionamiento de *A.socialis* alimentándose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cría.

Ínstar	T.M (%)	Genotipos					FTM	(%)
		MEcu 64	MPer 334	MPer 273	Mecu 72	CMC 40		
	MC	2.1*	14.6	4.8	29.6*	33.3	28	14.2
N 1	ML	93.6	83.3	95.2	70.4	66.7	166	84.3
	MA	4.3	2.0	0.0	0.0	0.0	3	1.52
	FMG	47	48	42	54	6	197	
	(%)	23.8	24.4	21.3	27.4	3.05		100
	MC	17.1	7.3*	11.5	31.0	84.6*	33	20.9
N 2	ML	5.7	3.6	3.80	13.8	15.4	11	7.0
	MA	77.1	89.0	84.6	55.2	0.00*	114	72.1
	FMG	35	55	26	29	13	158	
	(%)	22.1	34.8	16.5	18.3	8.2		100
	MC	35.7	18.7	25.0	58.8	66.7	38	34.5
N 3	ML	3.6	3.1	0.00	6.0	0.00	3	2.73
	MA	60.7	78.1	75.0	35.0	33.3	69	62.7
	FMG	28	32	24	17	9	110	
	(%)	25.4	29.0	21.8	15.4	8.18		100
	MC	52.1	50.0	41.7	57.1	45.0	54	51.0
N 4	ML	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
(Pupa)	MA	47.8	50.0	58.3	42.8	55.0	52	49.0
	FMG	23	16	12	35	20	106	
	(%)	21.7	15.0	11.3	33.0	18.8		100

MC = Individuos muertos caídos en (%) ML = Ind. muertos levantados "in situ" en (%)
MA = Individuos muertos adheridos en (%) FMG = Frecuencia de mortalidad/genotipo
(%) = Porcentaje global observado FTM = Frecuencia tipo mortalidad/ínstar

En el ensayo con preacondicionamiento de *A. socialis,* los tipos de mortalidad en las ninfas de primer ínstar rechazan la hipótesis de independencia (X^2 = 152.3; 8 g. l., P = 0.0001). El comportamiento de la mortalidad global en este ínstar fue similar al ensayo anterior, siendo mayor en los individuos (ML) con un 93%, seguido por los individuos (MC) con 5.6% y por último los individuos

adheridos (MA), con el valor más bajo (2%) (Tabla 12). Los valores extremos se observaron sobre el genotipo susceptible (CMC 40) con el 0.0% en individuos (ML), 10% en los individuos (MA) y un 90% en (MC). Estos valores contribuyen en alto grado al rechazo de la hipótesis nula. En el mismo ínstar, CMC 40 presentó el menor número de individuos muertos (10), que equivalen a un 5.6%, comparado con los genotipos restantes, siendo mayor sobre MEcu 64 con un total de 65 muertos y un porcentaje de 36.3% (Columnas N1) (Tabla 12).

Las ninfas de segundo ínstar también se apartaron de la hipótesis de independencia (X^2 = 29.9; 8 g. l., P = 0.0002). El porcentaje de mortalidad global fue mayor en los individuos (MA) con 43.6%, seguido por los (MC) y (ML) con 29 y 27%, respectivamente. Los valores extremos se observaron en los individuos (MC) con 66.7% sobre el genotipo susceptible (CMC 40) y 0.0% sobre MEcu 64. Caso contrario sucedió en los individuos (ML), donde el genotipo susceptible (CMC 40), no presentó este tipo de mortalidad y MEcu 64 mostró el valor más alto, 62.5% (Fila de celdas N2) (Tabla 12).

Los tipos de mortalidad en las ninfas de tercero y cuarto ínstar, aceptaron la hipótesis de independencia en los ensayos sin y con preacondicionamiento de *A. socialis*, pero para observar la interacción de genotipo por ensayo, se analizaron de manera combinada (Anexo 3 y 4).

En síntesis, el máximo valor de individuos (ML) sobre los genotipos resistentes se presentó en las ninfas de primer ínstar sin y con preacondicionamiento de *A. socialis* (Figura8BCDE), con una frecuencia de mortalidad de 84.3 y 92.7% respectivamente, seguidos por las ninfas de segundo y tercer ínstar con 7 y 3% para el ensayo sin preacondicionamiento (Tabla 11); 27.3 y 4% para el ensayo con preacondicionamiento (Tabla 12), respectivamente. Las ninfas de cuarto ínstar no presentaron individuos (ML), en los dos ensayos (Tablas 11 y 12). Estos resultados son contrarios a los reportados por Arias (1995), donde la mayor frecuencia de "levantamiento in situ" ocurrió en las ninfas de cuarto ínstar con 38.7%, seguido por las ninfas de segundo y tercer ínstar con 33.3 y 28% respectivamente, siendo las ninfas de primer ínstar las que presentaron el valor más bajo de individuos (ML). En los ensayos sin y con preacondicionamiento, se encontró que las ninfas de segundo, tercero y cuarto ínstar evaluadas sobre los diferentes genotipos presentaron mortalidades altas, tanto en individuos (MC) como en (MA), siendo este último mayor en las ninfas de tercero y cuarto ínstar. Sobre las ninfas muertas de cuarto ínstar se observó principalmente fallas en el proceso de empupamiento y emergencia del estado adulto, momificándose y muriendo ahderidas (MA) sobre el envés de las hojas.

El fenómeno anterior puede ser una manifestación del mecanismo de resistencia antibiótico, mortalidad alta en primer ínstar y fallas en el proceso de empupamiento y emergencia del estado adulto.

Tabla 12. Tipos de la mortalidad ninfal (TM%) con preacondicionamiento de *A.socialis* alimentándose sobre cinco genotipos de yuca en cuarto de cria.

Ínstar	T.M (%)	Genotipos					FTM	(%)
		MEcu 64	MPer 334	MPer 273	Mecu 72	CMC 40		
	MC	0.0	0.0	0.0	3.80	90.0*	10	5.6
N 1	ML	100	100	97.6	92.3	0.0*	166	92.7
	MA	0.0	0.0	2.40	3.80	10.0*	3	1.7
	FMG	65	36	42	26	10	179	
	(%)	36.3	20.1	23.5	14.5	5.6		100
	MC	0.0*	22.2	28.6	25.0	66.7*	16	29.0
N 2	ML	62.5*	44.4	14.3	0.0	0.0*	15	27.3
	MA	37.5	33.3	57.1	75.0	33.3	24	43.6
	FMG	16	9	7	8	15	55	
	(%)	29.0	16.4	12.7	14.5	27.3		100
	MC	36.4	28.6	50.0	72.2	70.0	28	56.0
N 3	ML	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2	4.00
	MA	45.4	71.4	50.0	27.8	30.0	20	40.0
	FMG	11	7	4	18	10	50	
	(%)	22.0	14.0	8.0	36.0	20.0		100
	MC	25.0	29.2	40.0	26.3	7.14	24	27.0
N 4	ML	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
(Pupa)	MA	75.0	70.8	60.0	73.7	93.0	65	73.0
	FMG	12	24	20	19	14	89	
	(%)	13.5	27.0	22.5	21.3	15.7		100

MC = Individuos muertos caídos en (%) ML = Ind. muertos levantados “in situ” en (%)
MA = Individuos muertos adheridos en (%) FMG = Frecuencia de mortalidad/genotipo
(%) = Porcentaje global observado FTM = Frecuencia tipo mortalidad/ínstar

En el ensayo sin preacondicionamiento de *A.socialis* (Tabla 11), se observa que la frecuencia de individuos (MC), es mayor en las ninfas de cuarto ínstar (51%), seguido por las ninfas de tercer ínstar (34.5%), segundo ínstar (21%) y por último las ninfas de primer ínstar (14.2%). Estos resultados son semejantes a

los reportados por Arias (1995), donde la mayor frecuencia ocurrió en las ninfas de cuarto ínstar o “pupa” con (40.4%), seguido por las ninfas de tercer ínstar (31.8%) y por último las ninfas de primero y segundo ínstar con igual frecuencia (14%). El genotipo susceptible (CMC 40), mostró el menor número de individuos muertos totales (10) con un porcentaje de 5.6%, pero unicamente para las ninfas de primer ínstar, comparado con los genotipos restantes (MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273). Sobre las ninfas de segundo, tercero y cuarto ínstar, la mortalidad sobre el genotipo susceptible se aumentó. Este comportamiento se atribuye a la poca adherencia de los ínstares ninfales sobre las hojas, debido a deformaciones en el tejido foliar (ampollas), producto de un estrés fisiológico causado por la diferencia de condiciones ambientales, al cambiar las plantas de casa malla a cuarto de cría (Columnas CMC 40) (Tabla 12).

4.2.5 Supervivencia y grado de daño con preacondicionamiento de *A. socialis*

En las figuras 10 y 11, se observa el comportamiento del síntoma de daño y de evaluación visual de supervivencia de las ninfas de segunda generación con preacondicionamiento *A. socialis,* en jaulas de madera cubiertas con tul. Los genotipos MEcu 64, MPer 334 y MPer 273 presentaron grado de población bajo, 2 (1 a 200 ninfas y pupas) (Figura 10ABC) y grado de daño bajo (Figura 10FGH) (Anexos 1 y 2), mientras que el genotipo resistente MEcu 72, mostró grado de población alto, 4 (501 a 2000 ninfas o pupas) (Figura 10D), pero

síntoma de daño bajo (Figura 10J) (Anexos 1 y 2). El genotipo susceptible (CMC 40), presentó grado de daño y de población alto (Figura 10 EK). El comportamiento del testigo resistente (MEcu 72) con alto grado de supervivencia y síntoma de daño bajo, puede indicar que se encuentra involucrado un mecanismo de resistencia posiblemente de tolerancia, pero solo para nivel de daño y de población, sin tener encuenta las variaciones en el rendimiento. Este resultado corrobora lo encontrado por Bellotti y Vargas (1986), quienes consideran a MEcu 72 como tolerante con un grado de infestación de 4 (501 a 2000 ninfas y pupas) y 5 (> 81% de estados biológicos), pero con síntoma de daño bajo. Burbano (2003), reportó para el mismo genotipo grado de infestación 3 (201 a 500 ninfas y pupas) y grado de daño 1 (planta sana), considerándolo también como tolerante (Anexo 1 y 2).

Los anteriores resultados podrían indicar, que el preacondicionamiento de generaciones sucesivas de *A. socialis* sobre un genotipo de yuca, posiblemente reducen la efectividad de los factores de resistencia. Este aspecto juega un papel importante en el desarrollo de variedades resistentes en condiciones de campo. Por otra parte se debe tener en cuenta que debido a la plasticidad que presenta la mosca blanca, ésta podría adaptarse a ciertas condiciones, posibilitando una adaptación genética y fisiológica sobre los genotipos con resistencia, reduciendo de esta manera su efecto resistente.

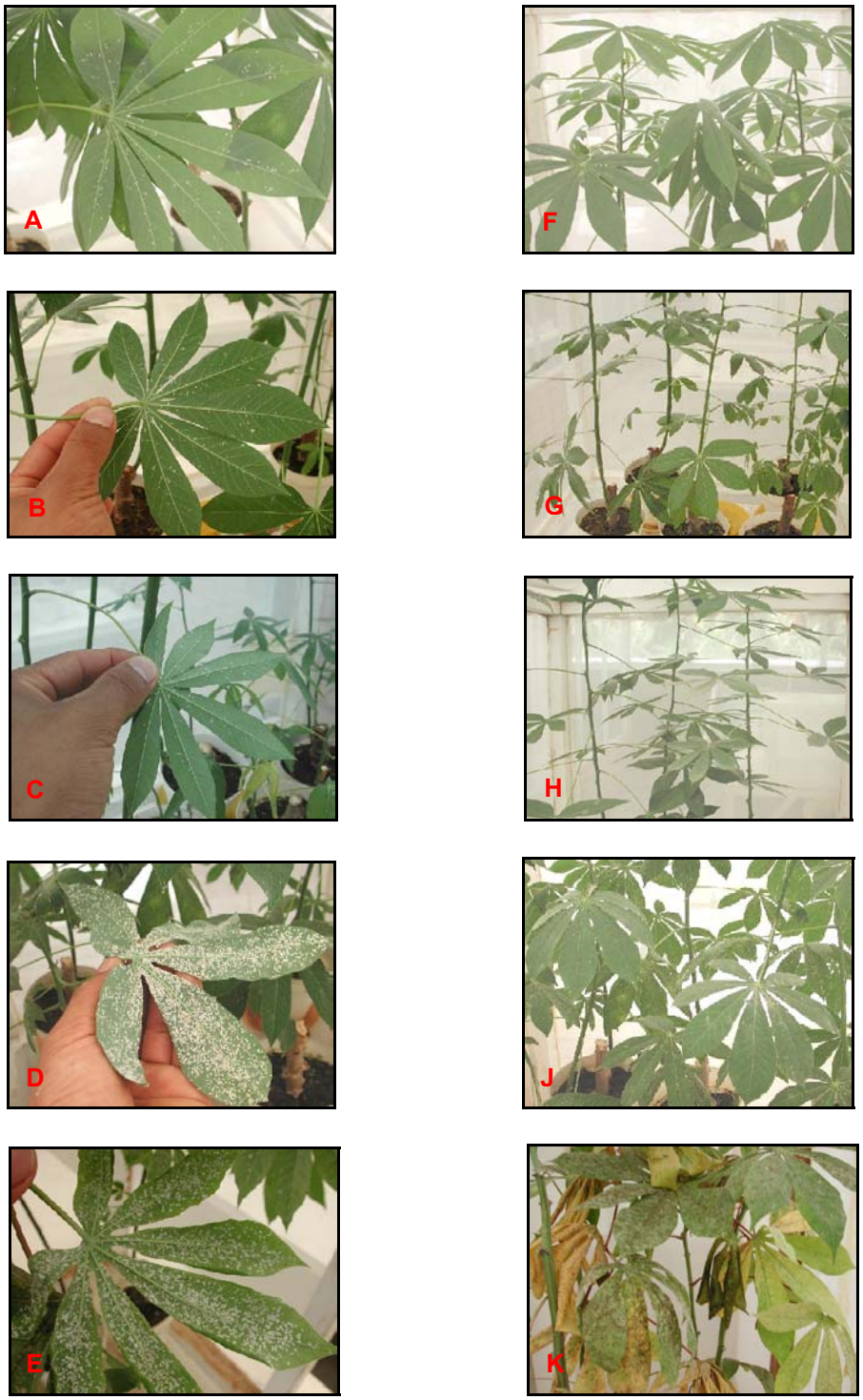

Figura 10. Grado de población: (A) MEcu 64, (B) MPer 334, (C) MPer 273, (D) MEcu 72, (E) CMC 40. Grado de daño: (F) MEcu 64, (G) MPer 334, (H) MPer 273, (J) MEcu 72, (k) CMC 40. Fotografía M. Gómez, CIAT 2003.

4.2.6 Mediciones morfológicas de ninfas de *A. socialis*

En la figura 12 y anexo 6, se obseva el comportamiento de las mediciones morfológicas de las ninfas de segundo, tercero y cuarto ínstar sin preacondicionamiento de *A. socialis,* criadas sobre los cinco genotipos de yuca. Los individuos sobre el genotipo susceptible (CMC 40) en cada uno de los ínstares, mostraron significativamente la mayor longitud, comparados con los genotipos restantes ($P < 0.05$). La menor longitud se presentó en los individuos criados sobre MEcu 64, MPer 334 y MEcu 72, principalmente para las ninfas de segundo y cuarto ínstar. Los resultados para el ancho presentan un comportamiento similar a la longitud, a excepción de las ninfas de tercer ínstar sobre MPer 334 y cuarto ínstar sobre el genotipo resistente (MEcu 72), que presentaron un comportamiento similar al testigo susceptible (CMC 40). Estos resultados corroboran lo reportado por Arias (1995) para las ninfas de segundo, tercero y cuarto ínstar, donde efectivamente las ninfas evaluadas sobre el genotipo susceptible (CMC 40), mostraron mayor tamaño (largo x ancho), comparadas con el genotipo resistente (MEcu 72).

Con preacondicionamiento de *A. socialis* (Figura 13) (Anexo 7), las ninfas sobre el genotipo susceptible (CMC 40) presentaron un comportamiento similar al anterior ensayo. Las ninfas de segundo y tercer ínstar sobre los genotipos MEcu 64, MPer 334 y MEcu 72 mostraron una menor longitud, seguidos por MPer 273 con diferencia intermedia. Las ninfas de cuarto ínstar sobre los

genotipos MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273 no presentaron diferencias significativas entre sí. El ancho en las ninfas de segundo ínstar no presentó diferencias significativas en todos los genotipos, mientras que en las ninfas de tercer ínstar el genotipo susceptible (CMC 40) presentó diferencia estadística significativamente mayor, siendo las ninfas criadas sobre MEcu 64, MPer 334 y MEcu 72 las que presentaron el menor ancho. Las ninfas de cuarto ínstar criadas sobre CMC 40 y MEcu 72 presentaron significativamente el mayor ancho, comparado con los genotipos restantes que no presentaron diferencias estadísticas entre sí.

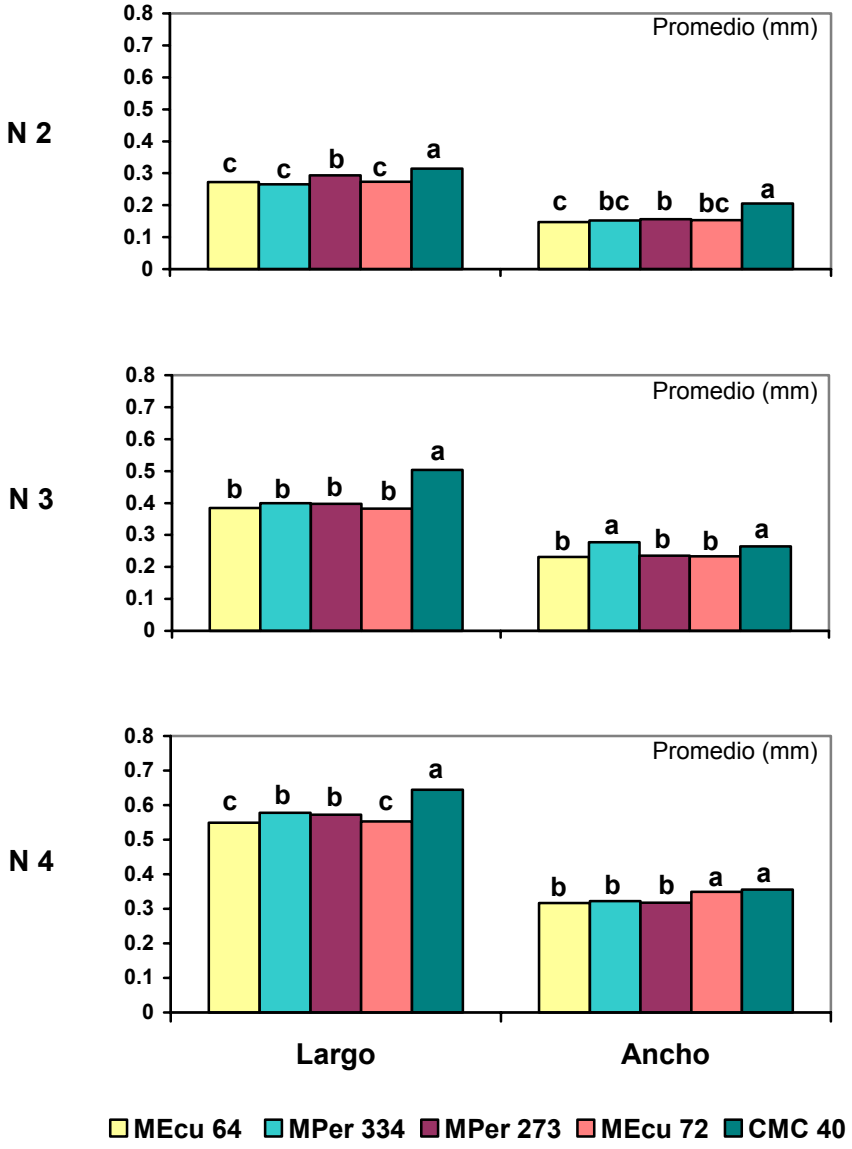

Figura 11. Mediciones morfológicas de ínstares ninfales de *A. socialis* sin preacondicionar sobre cinco genotipos de yuca

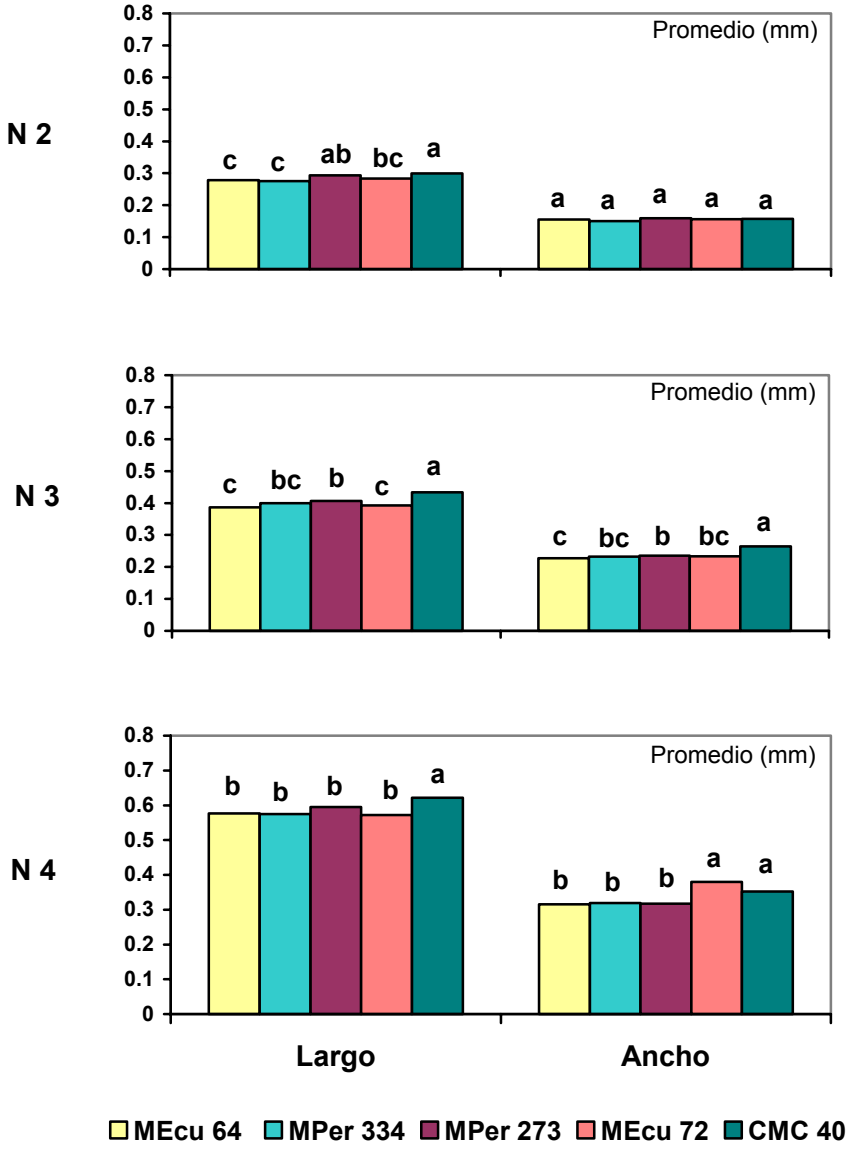

Figura 12. Mediciones morfológicas de ínstares ninfales de *A. socialis* con preacondicionamiento sobre cinco genotipos de yuca

De acuerdo con los anteriores resultados, se puede decir que posiblemente existe algún factor que afecta adversamente el tamaño de los ínstares de *A. socialis*, especialmente para los de edad avanzada, siendo poco significativo

sobre las ninfas de primer ínstar, tal como afirma Arias (1995). Se puede concluír que la resistencia de los genotipos MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273, afecta en gran escala la longitud de las ninfas evaluadas, mientras que el ancho es afectado en menor grado. En general, el desarrollo corporal que el insecto alcanza alimentándose en una variedad susceptible, es mayor con respecto a los insectos que lo hacen sobre variedades resistentes.

Al comparar las dimensiones de los ínstares de *A. socialis* sin y con preacondicionamiento sobre MEcu 72 en este trabajo, con la distribución de la pubescencia en sus hojas, se observa que el tamaño de las ninfas es mayor que la distancia existente entre tricomas. Las dimensiones entre tricomas fueron tomadas de Arias (1995) y se puede apreciar lo siguiente: La mayor separación de pubescencia en la hoja 2 del genotipo MEcu 72, fue de 0.12 mm de largo x 0.11 mm de ancho, mientras que el tamaño de las ninfas de segundo ínstar en este trabajo fue de 0.273 mm de largo x 0.153 mm de ancho en el ensayo sin preacondicionamiento (Anexo 6) y de 0.283 mm de ancho x 0.156 mm en el ensayo con preacondicionamiento de *A. socialis* (Anexo 7).

En la hoja número 6, la mayor separación de pubescencia fue de 0.25 mm de largo x 0.23 mm de ancho (Arias 1995), mientras que las mediciones de las ninfas de cuarto ínstar fueron de 0.553 mm de largo x 0.349 mm de ancho en el primer ensayo (Anexo 6) y de 0.572 mm de largo x 0.380 mm de ancho en el segundo ensayo (Anexo 7).

Con base en el análisis anterior, se puede sugerir que la distancia entre tricomas posiblemente no permite que las ninfas de *A socialis* se fijen perfectamente sobre el envés de las hojas de MEcu 72. Sin embargo, Arias (1995), encontró una correlación negativa (r = -0.39) entre el grado de daño y la pubescencia, indicando que ésta no es muy fuerte y que en un cultivo de yuca pubescente puede haber genotipos con diferentes síntomas de daño. Es posible que la resistencia de la pubescencia a la mosca blanca *A socialis,* esté dada por su estructura o composición bioquímica, lo que habría que estudiar.

4.2.7 Peso seco de adultos de *A. socialis* sobre cinco genotipos de yuca

El peso seco promedio por adulto de *A. socialis* sin preacondicionar fue significativamente mas bajo cuando éstos se alimentaron sobre MEcu 64, seguido por MPer 334, MPer 273 y MEcu 72, comparados con el testigo susceptible (CMC 40), donde fué más alto ($P < 0.0001$). El peso seco de los insectos con preacondicionamiento de *A. socialis* presentó valores más bajos, comparados con el ensayo sin preacondicionamiento. Los individuos sobre el genotipo susceptible (CMC 40), presentaron diferencia significativamente mayor al compararse con los genotipos restantes ($P < 0.0001$) (Figura 14). El peso seco sobre MEcu 64, que sin preacondicionamiento mostró el valor más bajo, con preacondicionamiento presentó diferencia intermedia y los genotipos restantes el peso más bajo. Esta situación se puede atribuír a la dificultad para pesar los insectos adultos debido a su tamaño pequeño, un defecto en la toma

de los datos por la alta sensibilidad de la balanza (1ɥg) ó al preacondicionamiento de *A. socialis* sobre los diferentes genotipos.

El comportamiento de los resultados es de gran importancia, dado que el pesaje de los insectos después de un determinado período de alimentación en genotipos contrastantes por su nivel de resistencia, es uno de los criterios que se deben tener encuenta para la escogencia de genotipos resistentes de tipo antibiótico o tolerante (DAHMS, 1972). Sin embargo, es importante aclarar que a pesar de que el análisis estadístico detectó diferencias de peso seco entre genotipos, éstas no son muy apreciables puesto que sus valores son muy pequeños y tal vez no muy relevantes.

El análisis combinado del peso seco de los adultos de *A. socialis* en los ensayos sin y con preacondicionamiento, sugiere que hay interacción entre genotipo y ensayo ($P < 0.0001$) (Anexo 8). Esta interacción se pudo presentar por el preacondicionamiento del insecto-plaga o por el microclima existente en el cuarto de cría. Los ensayos son diferentes, por lo tanto, se analizaron de manera independiente.

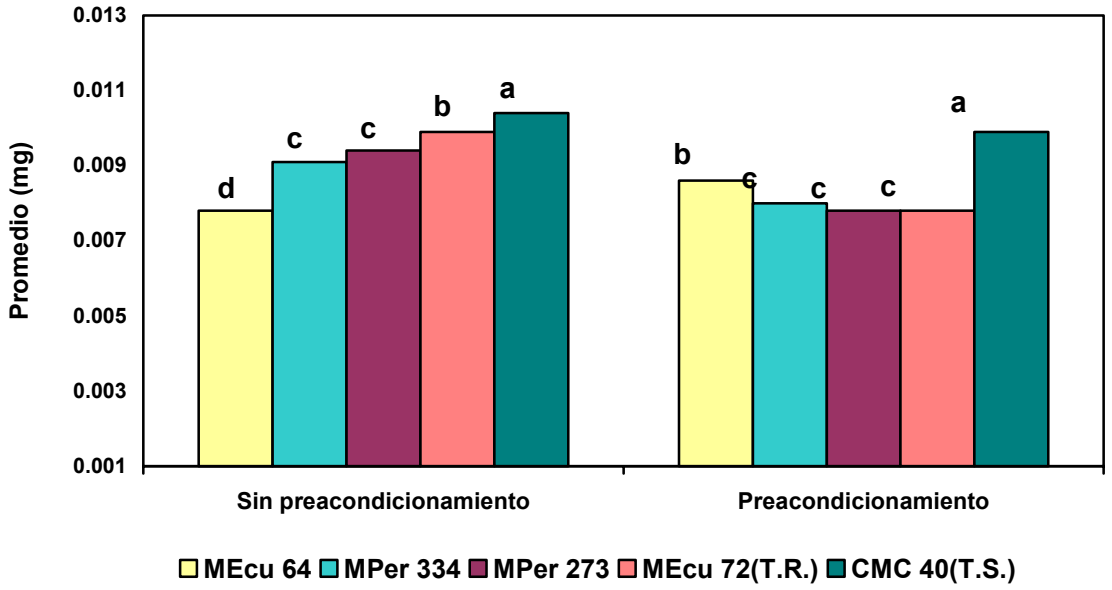

Figura 13. Peso seco de insectos adultos de *A.socialis* criados sobre cinco genotipos de yuca

4.3 Determinación de Antixenosis

4.3.1 Estudio de preferencia para alimentación y oviposición en prueba de libre escogencia por *A. socialis*

Para el análisis de las variables alimentación y oviposición se usó una transformación logarítmica (x+1), seguido por una prueba de rango múltiple de REGW, revelando que existe diferencia estadística significativa para alimentación ($P < 0.0001$) y para oviposición ($P < 0.0006$).

La diferencia estadística en preferencia para alimentación, se mantiene a través de los tres (3) ensayos. Los genotipos no interactúan con el ensayo, hojas, ni con el tiempo de evaluación, siendo el genotipo susceptible (CMC 40) el de

mayor preferencia por el insecto para alimentarse, comparado con los genotipos restantes (MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273), los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre sí (Figura 15).

El modelo de análisis para alimentación mostró una interacción entre ensayo, hora y hoja (Anexo 9), que puede resumirse así: la primera hoja (cogollo) es la preferida por el insecto para alimentarse y en ella, esta actividad no registró cambio entre las 24 y 48 horas. La segunda y tercera hoja con menor nivel de preferencia, presentaron diferencia entre los dos tiempos de evaluación (24 y 48 horas), indicando que los insectos están circulando entre las hojas, buscando donde alimentarse (Figura 16).

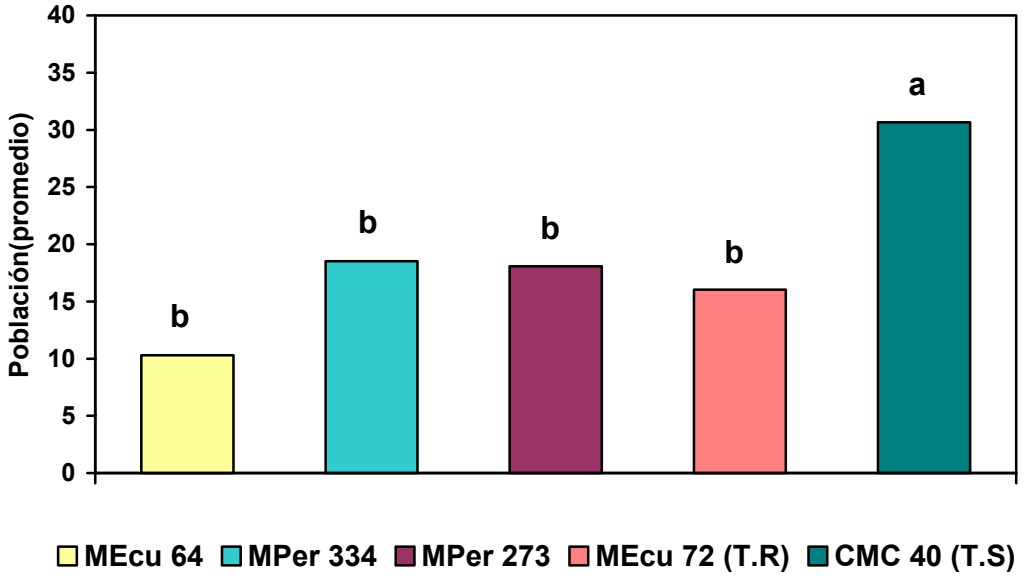

Figura 14. Preferencia de *A. socialis* por alimentación en prueba de libre escogencia sobre cinco genotipos de yuca.

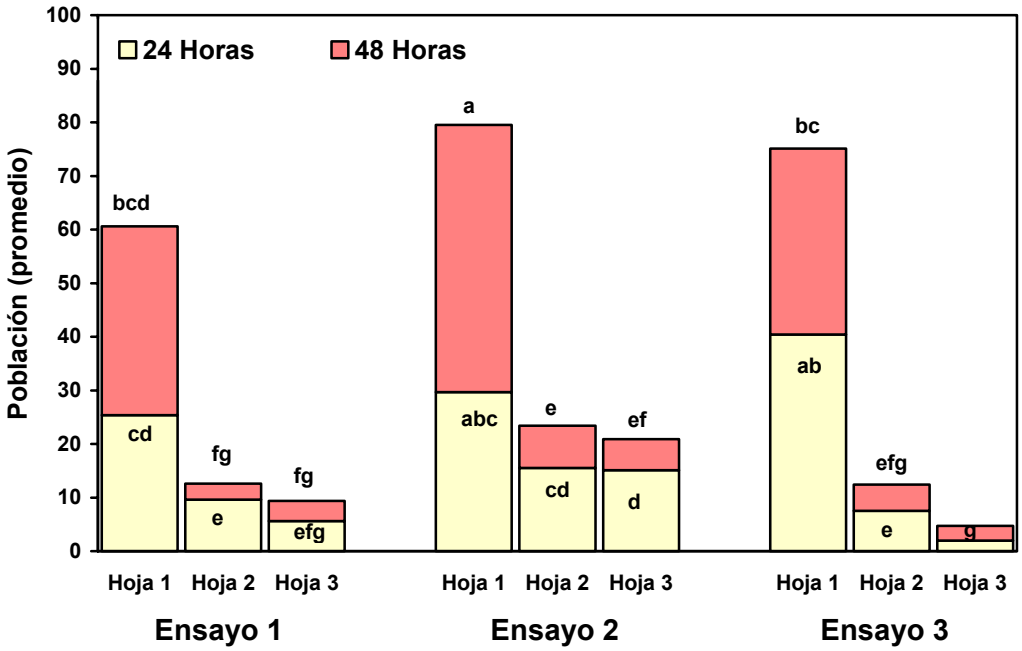

Figura 15. Interacción entre (ensayo-hora-hoja) en prueba de preferencia bajo libre escogencia para alimentación de *A. socialis*.

El modelo de análisis para oviposición mostró interacción entre ensayo y genotipo (Anexo 10). La preferencia para oviposición es diferente a través de los tres (3) ensayos. Cambia con la posición de la hoja y con los genotipos. MEcu 64 presentó menor preferencia para oviposición, comparado con el testigo susceptible (CMC 40), el cual mostró la mayor preferencia (Figura 17). Los genotipos restantes (MPer 334, MEcu 72 y MPer 273), aunque no presentaron una tendencia definida a través de los ensayos, mostraron un comportamiento intermedio sin diferencias estadísticas entre sí.

La tendencia anterior se puede atribuír a la falta de suspensión del alimento sobre el insecto antes de la prueba de antixenosis o al microclima existente en

el cuarto de cría. Los insectos adultos utilizados en el proceso de infestación provienen de la colonia establecida en CIAT sobre el genotipo susceptible (CMC 40) durante varias generaciones. Este factor puede generar un preacondicionamiento del insecto y al cambiar de alimento podría afectar su conducta y las evaluaciones de antixenosis, tal como lo afirma Cardona (1998). Sin embargo, éstos resultados coinciden con los encontrados por Arias (1995), en el ensayo de oviposición por *A socialis*, donde efectivamente el genotipo susceptible (CMC 40) con un promedio de oviposición de 355 huevos, fue el preferido por *A. socialis* para ovipositar, mientras que el resistente (MEcu 72) con un promedio de 108 huevos, fue menos preferido para esta actividad.

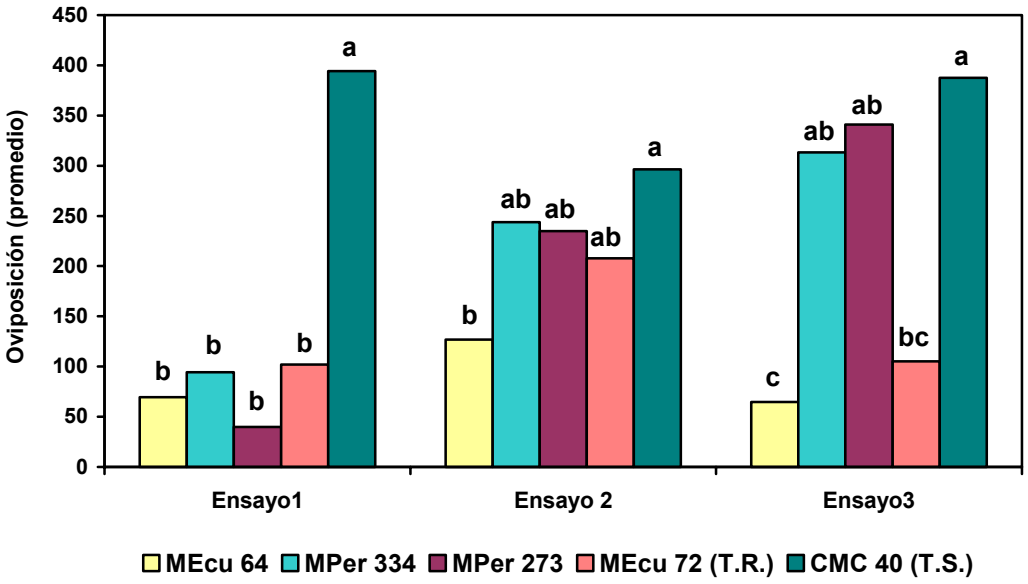

Figura 16. Preferencia para oviposición por *A. socialis* en prueba de libre escogencia sobre cinco genotipos de yuca.

En la Tabla 13, se observa la oviposición de *A. socialis* a las 48 horas teniendo en cuenta la posición de las hojas en la planta. La primer hoja (cogollo) presentó diferencia estadística significativa ($P < 0.0006$), con un 65% de oviposición, comparada con la segunda y tercer hoja con 20 y 15% respectivamente, en los tres ensayos.

Con los anteriores resultados se corrobora la clasificación de los genotipos según la preferencia para alimentación por *A. socialis* sobre la primera hoja (cogollo) y se reafirman los resultados reportados por Arias (1995) en la prueba de distribución vertical de oviposición por *A. socialis,* teniendo en cuenta sólo el genotipo y la posición de las hojas. La mayor oviposición ocurrió efectivamente en las hojas uno y dos enumeradas de arriba hacia abajo y disminuyó drásticamente a medida que se baja en el nivel de las hojas (Tabla 13).

Tabla 13. Promedio de huevos de *A. socialis* ovipositados por hoja sobre cinco genotipos de yuca en prueba de libre escogencia.

Posición de la hoja	Hora	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
1	48	335.3 a[1]	418.8 a	661 a
2	48	50.0 b	135.7 b	93.2 b
3	48	46.6 b	111.7 b	32.9 c

[1]. Prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Promedios dentro de cada columna seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente al 5% de significancia. Análisis con datos transformados Log (x+1).

En general, en los genotipos con mayor presencia del insecto, se observó la mayor oviposición; es decir, la cantidad de huevos ovipositados es el reflejo del número de insectos posados sobre cada uno de ellos. Estos resultados corroboran lo reportado por Choi *et al.*(1979); Reddy y Kalode (1981) y Seetharaman *et al.* (1984), en los estudios de preferencia para alimentación y oviposición por *Nilaparvata lugens*, donde efectivamente la alimentación está directamente relacionada con la oviposición, de tal manera que en variedades resistentes la no preferencia por alimentación conlleva a una baja oviposición.

4.4 Combinación de los mecanismos de resistencia

Al combinar los resultados de antibiosis con los de antixenosis para dar una expresión de resistencia, como la descrita por Cardona (1998) (Tabla 4), se puede hacer una aproximación del comportamiento de la resistencia a la mosca blanca *A. socialis* en los diferentes genotipos de yuca evaluados.

Los genotipos MEcu 64, MEcu 72, MPer 334 y MPer 273 por presentar alta mortalidad, desarrollo normal de un bajo porcentaje de individuos y poca preferencia para alimentación y oviposición por *A. socialis*, se pueden ubicar en la categoría de resistentes sin mucha probabilidad de biotipos. En contraste, el genotipo CMC 40, por presentar un desarrollo normal de los insectos y preferencia alta para alimentación por parte de la plaga, se puede catalogar como un genotipo susceptible (Tabla 17).

Tabla 14. Resultados que se esperan de una combinación de antibiosis y antixenosis en los genotipos evaluados según esquema propuesto por Cardona (1998).

Cantidad de efecto antibiotico en la siguiente generación	**Conducta**		
	Preferencia	**No preferencia**	**Repelencia**
Desarrollo normal	CMC 40 susceptible		
Alta mortalidad pero un bajo porcentaje de insectos se desarrollan normales		MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273. Resistencia con menor peligro de biotipos	

5. CONCLUSIONES

Los genotipos MEcu 64, MPer 334, MEcu 72 y MPer 273, presentaron una combinación de antibiosis y antixenosis, como mecanismos de defensa al ataque de *A. socialis*. Este efecto resistente es mayor sobre MEcu 64 y MPer 334.

El mecanismo de antibiosis en los genotipos resistentes, se manifestó con alta motalidad de ínstares ninfales, principalmente en las ninfas de primer ínstar, seguido por las de cuarto ínstar, prolongación del tiempo de desarrollo, bajo porcentaje de peso seco en los insectos que llegaron a estado adulto y tamaño reducido de las ninfas.

El mayor rango de duración de los estados inmaduros de *A. socialis* sobre el genotipo susceptible (CMC 40), comparado con el resistente (MEcu 64), se presentó en las ninfas de primer ínstar, seguido por el cuarto ínstar y por último la incubación del huevo.

Las ninfas de primer ínstar sobre los genotipos resistentes, presentaron los máximos porcentajes de mortalidad global en individuos “levantados in situ” (ML), las de tercero y cuarto ínstar en individuos “adheridos y momificados” (MA), seguido por los “caídos” (MC).

El genotipo MEcu 64, presentó menor preferencia tanto para alimentación como para oviposición por *A. socialis*, seguido por MPer 334, MEcu 72 y MPer 273, siendo el susceptible (CMC 40), el preferido para éstas actividades. La preferencia fué mayor sobre la primera hoja (cogollo), seguida por la segunda y tercera, en plantas de de 35 días de edad, sembradas en materas plásticas.

El trabajo permitió detectar otros genotipos de yuca (MEcu 64 y MPer 334), con mayor resistencia que el testigo resistente (MEcu 72), utilizado en los programas de mejoramiento genético de yuca para resistencia a mosca blanca y catalogado como antibiótico, pero no permite establecer con exactitud los factores que causan los mecanismos de antibiosis y de antixenosis.

Se logró comprobar que las fuentes de resistencia a *A. socialis* estan concentradas en el germoplasma originario de Ecuador y Perú, afirmación reportada en la literartura general. Este hecho es de gran importancia, para el programa de mejoramiento, pues ahora se dispone de otros parentales y especialmente del genotipo MPer 334, de mayor resistencia que MEcu 72, que por ser originario de una zona geográficamente distinta, sugiere la posible utilización de genes diferentes de resistencia. Lo anterior permitirá aumentar el nivel de resistencia en las variedades que se entreguen al agricultor en el futuro.

6. RECOMENDACIONES

Realizar estudios físicos y químicos en los genotipos de yuca resistentes a la mosca blanca *A. socialis*, para detectar el ó los factores que estan causando la antibiosis y la antixenosis.

Complementar el estudio de resistencia, mediante la construcción de tablas de vida y comparación de sus parámetros (tasa reproductiva, tiempo generacional, tasa intrínseca y finita de incremento y tiempo de duplicación).

Efectuar estudios de características agronómicas y culinarias en los genotipos resistentes (MEcu 64 y MPer 334), pensando en futuros cruzamientos de mejoramiento genético para resistencia a *A. socialis,* teniendo encuenta que las fuentes de resistencia estan concentradas en los genotipos originarios de Ecuador y Perú.

Desarrolar estudios de resistencia en invernadero y campo sobre los genotipos resistentes a través de generaciones sucesivas de *A. socialis*, para observar el comportamiento de los niveles de resistencia. Es posible que el preacondicionamiento del insecto-plaga, reduzca la efectividad de los factores de resistencia.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALARCON, F. & DUFOUR, D. 2002. Almidón agrio de Yuca en Colombia. *In*: Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 470-502.

ALEAN, I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos en el control de *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Tesis (Microbiologia Agrícola y Veterinaria). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. CO. 112 p.

ARIAS, B. 1995. Estudio sobre el comportamiento de la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homóptera: *Aleyrodidae*) en diferentes genotipos de yuca *Manihot esculenta* Crantz. Tesis (Maestría en fitomejoramiénto). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, CO. 181 p.

ARIAS, B. & GUERRERO, J.M. 2000. Control de plagas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) por resistencia varietal. *In*: Simposio Avances en el Manejo de Plagas. Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (27, 2000, Medellín Colombia). Memorias. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Bogotá, CO. p. 243-259.

BELLOTTI A.C. & VARGAS, O. 1986. Mosca blanca del cultivo de la yuca: Biología y control [Conjunto Audiotutorial]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. Diapositivas (color) + Guia de estudio.

BELLOTTI, A., ARIAS B., VARGAS O., REYES J. y GUERRERO J. 2002a. Insectos y Acaros dañinos a la yuca y su control. *In*: Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 160-203..

BELLOTTI, A.C.; ARIAS, B.; VARGAS, O.; PEÑA, J.E. 2002b. Pérdidas en rendimiento del cultivo de yuca causadas por insectos y ácaros. *In*: Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 204-219.

BELLOTTI, A.C. 2000a. El manejo integrado de las principales plagas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *In*: Primer Curso-Taller Internacional sobre el control biológico. Memorias. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Palmira, Valle, Colombia. Produmedios, Bogotá, CO. p. 210-243.

BELLOTTI, A.C. 2002. Arthropod Pests. In: Cassava Biology, production and utilization. Hillocks, R.; Thresh, J.; Bellotti, A. CABI Publishing. London. United Kingdom. p. 209-235.

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. & BOHORQUEZ, A. 2002. Identification of Genomic Regions Responsible for Conferring Resístanse to Whitefly in Cassava. *In*: Bellotti, A. C., Tohme, J., Tocker, P., Timmerman-Vanghan, G.M. Sustainable Integrated Management of Whiteflies through Host Plant Resístance. Progress Report

2002-2003. Funding Agency: NZAID, New Zeland. CIAT, Cali, Colombia. p. 46-53.

BELLOTTI, A.C. & RIIS, L. 1994. Cassava cyanogenic potential and resistance to pest and disease. *In:* International Workshop on cassava safety, Ibadan, Nigeria, marzo 1994. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 141-151.

BELLOTTI, A.C. & SCHOONHOVEN, A.van. 1978. Mite and insect pests of cassava. Annual Review of Entomology 23(1):39-67.

BORROR, D.J.; TRIPLEHORN, C.A.; JHONSON, N.F. 1992. An introduction to the study of insects. Harcourt Brace College Publishers. Sixth edition. Philadelphia (U.S.A) 825 p.

BURBANO M, M. 2003. Multiplicación de material vegetal de especies silvestres y domesticadas del género *Manihot* y estudio de su resistencia natural a tres plagas de cultivo (*Mononychellus tanajoa, Aleurotrachelus socialis y Phenacoccus herren*i). Tesis (Biologia). Universidad del Valle, Santiago de Cali. CO. 110 p

BUTLER, N.S.; Vir, B.K.; KAUR, G.; SINGH, T.H. & RAHEJA, R.K. 1992. Bichemical basis of resistance to whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton. Trop. Agric. 69: 119-122.

CABALLERO, R. 1992. Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from Central America and Coombia including slid–mounted pupal and field keys for identification, natural enemies and economic importance. Tesis (maestría). Kansas State University. Manhatan. USA. 200 p.

CALATAYUD, P-A.; BOHER, B.; NICOLE, M.; GEIGER, J.P. 1996. Interactions between cassava mealybug and cassava: Cytochemical aspects of plant cell wal modifications. Entomología experimentalis et applicata 80: 242-245.

CALATAYUD, P-A & MUNERA, D.F. 2002. Defensas naturales de la yuca a las plagas de artrópodos. *In*: Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 250-254.

CARDONA, C., 1998. Resistencia varietal a insectos. Universidad nacional de Colombia, Palmira, CO. 86 p.

CASTAÑO, O.; BELLOTTI, A.C.; VARGAS, O. 1985. Efecto del HCN y de cultivos intercalados sobre el daño cusado por la chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner al cultivos de la yucca. Revista Colombiana de Entomologia 11(2): 24-26.

CASTILLO, J. 1996. Moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) y sus enemigos naturales sobre cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia. Tesis (maestría) Universidad del Valle, Cali, CO. 174 p.

CASTRILLON, C.E. & PERLAZA, J.F. 2000. Caracterización del microclima de un invernadero y un cuarto de crecimiento (Area biotecnología) en el CIAT, mediante técnicas de instrumentación. Tesis (Ingeniería Electrónica). Universidad del Valle, Santiago de Cali, Co. 398 p.

CEBALLOS, H. 2002. La yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas perspectivas para un cultivo milenario. In: Ospina, B.; Ceballos, H. (eds.). La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 1-13..

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1999. Integrated pest and disease management in major agroecosystems: Annual report, Project PE-1 Cali, CO. 136 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2000. Integrated pest and disease management in major agroecosistems. Annual Report, Project PE-1. Cali, CO. 216 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2001. Integrated pest and disease management in major agroecosistems. Annual Report, Project PE-1. Cali, CO. 211 p.

COCK, J. 1989. La yuca, un nuevo potencial para un cultivo tradicional, CIAT. Cali. Colombia. 240p.

CONN, E.E. 1980. Cyanogenic compounds. Annual Review of Plant Physiology 31: 433-451.

CHOI, S.Y.; HEU, M.M.; & LEE, J.O. 1979. Resistance to the brown planthopper in Korea. In Brown planthopper: Threat to rice production in Asia, International Rice Institute, Philippines. p. 219-232.

DAHMS, R.G. 1972. Techniques in the evaluation and development of host-plant resistance. J. Environ. Quality, 1 (3): 254-259.

DE PONTI, O.M.B.; ROMANOW, L.R. & BERLINGER, M.J. 1990. Whitefly plant relatinships: plant resistance. In: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: Their Bionomics. Pest Status and Management. Intercept Ltd., Andover, Reino Unido. 348 p.

EVANS, G. & CASTILLO J. 1998. Parasites of *Aleurotrachelus socialis* (Homoptera: Aleyrodidae) from Colombia including descriptions of two new species (Hymenoptera: Aphelinidae: Platygasteridae). Florida Entomologist (USA). 81 (2): 171-178

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). 2000. Cassava in latin America and the Caribbean: Resources for global development.

FAO & FIDA. 2000. La Economía Mundial de la yuca, Hechos, Tendencias y Perspectivas. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. Roma. Italia. 59 p.

FARIAS, A.R.N. 1994. Fluctuacão poblacional de *Aleurothrixus aepim* en mandioca, em São Miguel das Matas, Bahia (Brasil). Rev. Bras. de Mandioca. 13(2): 119-22.

GILL, J.R. 1990. The morphology of whiteflies in: Whiteflies their bionomics, pest status and management. Ed. Don Gerling. Departament of Zoology, the George S. Wise Faculty of Life Science. Tel Aviv University, Israel.

GOLD, C.S. 1987. The morfology of whiteflies in: Whiteflies their bionomics, pest status and management. Ed. Don Gerling. Departament of Zoology, the George S. Wise Faculty of Life Science. Tel Aviv University, Israel.

GOLD, C.S.; ALTIERI, M.A.; BELLOTTI, A.C. 1990. Effects of intercropping and varietal mixtures on the cassava hornworm, *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae), and the stemborer, *Chilomima clarkei* (Amsel) (Leidoptera: Pyralidae) in Colombia. Tropical Pest Management 36(4):362-367.

HEINZ, K.M.; ZALOM, F.G. 1995. Variation in trichome-based resistance to *Bemisia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition on tomatoes. J. Econ. Entomol. 88: 1494-1502.

HENRY, G. & HERSHEY, C. 2002. Cassava in South America and the Caribbean. In: Cassava Biology, production and utilization. Hillocks, R.; Thresh, J.; Bellotti, A. CABI Publishing. London. United Kingdom . pp. 17-40.

HOLGUIN, C. y BELLOTTI, A.C. 2002. Efecto de la aplicación de insecticidas químicos en el control de la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondar en el cultivo de yuca *Manihot esculenta* Crantz. *In*: Congreso Sociedad Colombiana de Entomología (29, 2002, Montería). Resúmenes Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Bogotá, CO. P 79

HRUSKA, A.J. 1988. Cyanogenic glucosides as reference compounds: A Review of the evidence. Journal of Chemical Ecology 14: 2213-2217..
http://www.fao.org

KOGAN, M. & ORTMAN, E.F. 1978.. Antixenosis. A new term proposed to define partners “non Preference”. Modality of Resístanse. Bull. Entom. Soc. AMER. 24: 175-176.

KOGAN, M., 1982. Plant resistance in Pest management. In: Introduction to insect Pest management (Metcalf, R. & Luckmann, w., eds). 2ª ed. John Wiley & sons, New York p. 93 – 134.

KOGAN., 1993. Principios de la relación insecto-planta y su aplicación en la resistencia varietal. In: Reyes J. A. (edit) Yuca: Control integrado de plagas. Pnud-CIAT. Palmira. p. 33-44.

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.

LAMBERT, A.L.; McPHERSON, R.M. & ESPELIE, K.E. 1995. Soybean host plant resistance mechanisms that alter abundance of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 24: 1381-1386.

LANDA, Z. & OSBORNE, L. 1992. Biological control of whiteflies with entomopathogenic fungi. Florida Entomologist 75(1): 456-471.

LASKA, P.; BETLACH, J.; HAWRANKOVA, M. 1986. Variable resistance in sweet pepper, *Capsicum annum* to the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidade). 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.

LOPEZ-AVILA, A.; CARDONA, C.; GARCIA, J.; RENDON, F. & HERNANDEZ, P. 2001. Reconocimiento e identificación de enemigos naturales de moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en Colombia y Ecuador. Revista Colombiana de Entomología 27(3-4):137-141.

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 Jr, R.L.; SMITH, C.W. & SMITH, W.J. 1997. Preference of *Gossypium* genotypes to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 90: 1046-1052.

MORALES, P.A. 1997. Resistencia al ataque de *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidade) en ocho cultivares de melón (*Cucumis melo* L.) en Paraguana Estado Falcon, Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 12: 63-72.

MUNTHALI, D.C. 1992. Effect of cassava variety on the biology of *Bemisia afer* (Priesner & Hosny) (Hemiptera: Aleyrodidae). Insect Sci. Applic. 13: 459-465.

ORTEGA, G.A. 2000. Determinacion de la efectividad de *Encarsia hispida* De Santis (Himenoptera: Aphelinidae) como parasitoide de mosca blanca de la yuca, *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Tesis (Ingeniera Agrónoma). Universidad Nacional, Sede Palmira, CO. 89 p.

PAINTER, R.H. 1951. Resistance of plants to insects Ann. Rev. Entomol. 3: 267-290.

REDDY, V.V & KALODE, M.B. 1981. Rice varietal resistance to brown planthopper.IRRI. Newslett 6(4):8.

ROMANOW, L.R.; DE PONTI, O.M.B. & MOLLENA, C. 1991. Resístance in tomato to the greenhouse whitefly: analysis of population dynamics. Entomol. Exp. Appl. 60: 247-259.

SÁNCHEZ DE P.M. & PRAGER M, M. 2001. Nociones fundamentales para el manejo ecológico de problemas fitosanitarios. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 43p.

SANCHEZ, D. & BELLOTTI, A. 1997. Evaluación de la patogenicidad de hongos Hyphomycetes sobre la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus socialis*. Informe: Convenio Cooperativo CIAT-COLCIENCIAS. Programa Colciencias-BID para jóvenes Investigadores. CIAT, Palmira, CO. 21 p.

SCHOONHOVEN, A.van. 1974. Resistance to thrips damage in cassava. Journal of Economic Entomology 67(6): 728-730.

SEETHARAMAN, R.; KRISHNAIAH, N.V.; SHOBHA RANIN & KALODE, M.B. 1984. Studies on varietal resistance to brown planthopper in rice. Indian J. Genet.,44(1):65-72.

SMITH, C.M. 1989. Plant resistance to insects. A fundamental approach. John Wiley & Sons, Nwe york. 286 p.

USDA. 2001. The United States Department of Agriculture. Whitefly web page [on line]. The Systematic Entomology Laboratory. Beltsville Agricultural Research Center. [Last updated: 5 de julio de 2001]. Available in: <http://www.sel.barc.usda.gov/whitefly/wfframe.htm>

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.

VARGAS, 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 cálido del alto Magdalena. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO; 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.

8. ANEXOS

Anexo 1. Escala de población para *A.socialis* en el cultivo de yuca.

Grado	Adultos y Huevos	Ninfas y Pupas
1	Limpio	Limpio
2	1 – 50	1-200 individ.
3	51 – 200	201 – 500
4	201 – 500	501 – 2000
5	501 – 1000	2001 – 4000
6	> 1000	> 4000

Fuente: CIAT, 1986 y Arias, 1995.

Anexo 2. Escala de síntomas de daño ocasionado por *A. socialis* en yuca.

Grado de daño	Síntomas de la Planta
1	Cogollo sano
2	Ligera flacidez en las hojas del cogollo; todavía verdes.
3	Iniciación de encrespamiento del borde de las hojas hacia arriba y abajo
4	Encrespamiento severo, presencia de moteado verde-amarillento en el cogollo y hojas medias. Exudado azucarado.
5	Además presencia fuerte de fumagina, algunas hojas secas y tallos delgados. Volcamiento y rebrotes.
6	Planta muerta.

Fuente: CIAT, 1986 y Arias, 1995

Anexo 3. Interacción (genotipo*ensayo) en el tiempo de desarrollo de *A. socialis* sobre cinco genotipos de yuca.

F.V.	G.L.	H		N 1		N 2		N 3		N 4		H a N 4	
		C.M.	Pr.	C.M.	Pr.	C.M.	Pr.	C.M.	Pr.	C.M.	Pr.	C.M.	Pr.
Ensayo	1	395.500455**		395.500455**		395.500455**		395.500455**		395.500455NS		395.500455**	
Bloq(E)	6	3.65996320**		4.86839740**		4.03944774**		0.3655746NS		2.653612750*		24.9563860**	
Gen.	4	25.7442310**		85.9399271**		17.8571181**		8.68264960**		16.85517050**		318.170928**	
G * E	4	11.6171890**		5.77204760**		3.44725920**		5.96333210**		7.545952350**		64.8173660**	
Error	1368	0.33346300**		1.05245700**		0.66568300**		0.43639440**		1.119982000**		3.68415000**	
Total	1383												
C.V.		5.712183000		18.05581000		20.39369000		15.33628000		10.56769000		5.713293000	

F.V. Fuentes de variación. C.M. Cuadrados medios. Pr. Probabilidad. C.V. Coeficiente de variación. G.L. Grados de libertad. N.S. Pr > 0.05. * Pr < 0.05. ** Pr < 0.01.

Anexo 4. Análisis combinado de mortalidad para ninfas de tercer ínstar.

	Tipo de Mortalidad	Genotipos					
		CMC 40	MEcu 64	MEcu 72	MPer 273	MPer 334	Total (%)
Val. Obs.		13	14	23	8	8	66
Val. Esp.		7.8375	16.088	14.438	11.55	16.088	
X^2	MC	3.4005	0.2709	5.0782	1.0911	4.0657	
%		8.13	8.75	14.38	5.00	5.00	41.25
% Fila		19.70	21.21	34.85	12.12	12.12	
% Colum		68.42	35.90	65.71*	28.57	20.51*	
Val. Obs.		0	3	1	0	1	5
Val. Esp.		0.5938	1.2188	1.0938	0.875	1.2188	
X^2	ML	0.5938	2.6034	0.008	0.875	0.0393	
%		0.00	1.88	0.63	0.00	0.63	3.13
% Fila		0.00	60.00	20.00	0.00	20.00	
% Colum		0.00	7.69	2.86	0.00	2.56	
Val. Obs.		6	22	11	20	30	89
Val. Esp.		10.569	21.694	19.469	15.575	21.694	
X^2	MA	1.975	0.0043	3.6838	1.2572	3.1804	
%		3.75	13.75	6.88	12.50	18.75	55.63
% Fila		6.74	24.72	12.36	22.47	33.71	
% Colum		31.58	56.41	31.43	71.43	76.92	
Total (%)		19	39	35	28	39	160
		11.88	24.38	21.88	17.50	24.38	100.00

(X^2 total = 28.1266; 8 g. l., P = 0.0005 *). MC. (Muertos caídos). ML. (Muertos levantados "in situ"). MA. (Muertos adheridos y momificados). * X^2 de celda > 3.84 con 1 g.l.

Anexo 5. Análisis combinado de mortalidad para ninfas de cuarto ínstar.

	Tipo de Mortalidad	Genotipos					
		CMC 40	MEcu 64	MEcu 72	MEcu 273	MEcu 334	Total (%)
Val. Obs.		10	15	25	13	15	78
Val. Esp.		13.6	14	21.6	12.8	16	
X^2	MC	0.9529	0.0714	0.5352	0.0031	0.0625	
%		5.13	7.69	12.82	6.67	7.69	40.00
% Fila		12.82	19.23	32.05	16.67	19.23	
% Colum		29.41	42.86	46.30	40.63	37.50	
Val. Obs.		24	20	29	19	25	117
Val. Esp.		20.4	21	32.4	19.2	24	
X^2	MA	0.6353	0.0476	0.3568	0.0021	0.0417	
%		12.31	10.26	14.87	9.74	12.82	60.00
% Fila		20.51	17.09	24.79	16.24	21.37	
% Colum		70.59	57.14	53.70	59.38	62.50	
Total (%)		34	35	54	32	40	195
		17.44	17.95	27.69	16.41	20.51	100.00

(X^2 total = 2.7086; 4 g. l., P = 0.6077 NS)

Anexo 6. Mediciones morfológicas (promedio ± EE) de ínstares de *A. socialis* sin preacondicionar alimentándose sobre cinco genotios de yuca (*n* = 40).

Genotipo	Ínstar	Largo (mm)[1]	Ancho (mm)[1]
MEcu 64		0.272 ± 0.002c	0.147 ± 0.001c
MPer 334		0.265 ± 0.005c	0.152 ± 0.002bc
MPer 273	Ninfa 2	0.293 ± 0.002b	0.156 ± 0.001b
MEcu 72		0.273 ± 0.003c	0.153 ± 0.002bc
CMC 40		0.314 ± 0.002a	0.205 ± 0.001a
MEcu 64		0.384 ± 0.004b	0.231 ± 0.002b
MPer 334		0.400 ± 0.004b	0.277 ± 0.011a
MPer 273	Ninfa 3	0.397 ± 0.003b	0.235 ± 0.002b
MEcu 72		0.382 ± 0.004b	0.233 ± 0.002b
CMC 40		0.504 ± 0.010a	0.264 ± 0.004a
MEcu 64		0.549 ± 0.005c	0.317 ± 0.004b
MPer 334	Ninfa 4	0.578 ± 0.006b	0.322 ± 0.004b
MPer 273	(Pupa)	0.572 ± 0.004b	0.318 ± 0.003b
MEcu 72		0.553 ± 0.006c	0.349 ± 0.004a
CMC 40		0.644 ± 0.005a	0.356 ± 0.005a

[1] Prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Promedios dentro de cada columna seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente al 5% de significancia. EE. Error estandar.

Anexo 7. Mediciones morfológicas (promedio ± EE) de ínstares de *A. socialis* preacondicionados alimentándose sobre cinco genotipos de yuca (*n* = 40)

Genotipo	Ínstar	Largo (mm)[1]	Ancho (mm)[1]
MEcu 64		0.278 ± 0.002c	0.155 ± 0.001a
MPer 334		0.275 ± 0.004c	0.150 ± 0.003a
MPer 273	Ninfa 2	0.293 ± 0.002ab	0.159 ± 0.001a
MEcu 72		0.283 ± 0.003bc	0.156 ± 0.002a
CMC 40		0.299 ± 0.002a	0.157 ± 0.002a
MEcu 64		0.386 ± 0.004c	0.227 ± 0.003c
MPer 334		0.399 ± 0.003bc	0.232 ± 0.003bc
MPer 273	Ninfa 3	0.407 ± 0.003b	0.235 ± 0.002b
MEcu 72		0.392 ± 0.004c	0.233 ± 0.002bc
CMC 40		0.434 ± 0.010a	0.264 ± 0.003a
MEcu 64		0.577 ± 0.006b	0.315 ± 0.005b
MPer 334	Ninfa 4	0.575 ± 0.006b	0.319 ± 0.005b
MPer 273	(Pupa)	0.595 ± 0.007b	0.317 ± 0.004b
MEcu 72		0.572 ± 0.007b	0.380 ± 0.020a
CMC 40		0.622 ± 0.007a	0.352 ± 0.005a

[1] Prueba de rango múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch. Promedios dentro de cada columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente al 5% de significancia. EE. Error estandar.

Anexo 8. Interacción (ensayo*genotipo) en el análisis combinado del peso seco sobre adultos de *A. socialis*.

		Variable dependiente (Peso seco prom/adulto)	
Fuente de variacion	G.L.	C.M.	Significancia
Ensayo	1	0.00023716	0.0001
Bloque (Ensayo)	6	0.00000469	0.0001
Genotipo	4	0.00002400	0.0001
Ensayo*Genotipo	4	0.00007345	0.0001
Error	1013	0.00000052	
Total	1028		
C.V		8.28679700	

Anexo 9. Interacción (ensayo*hora*hoja) en el estudio de preferencia bajo libre escogencia para alimentación por *A. socialis*.

Fuente de variacion	G.L.	Variable dependiente (Población promedio)	
		C.M.	Significancia
Ensayo	2	21.2463984	0.0003
Rep. (Ensayo)	9	0.95962200	0.0064
Genotipo	4	11.2689820	0.0001
Hoja	2	99.1838637	0.0001
Genotipo*Hoja	8	0.48477120	0.8161
Ensayo*Genotipo	8	1.58542110	0.0849
Ensayo*Hoja	4	2.11801570	0.0541
Ensayo*Gen*Hoja	16	1.08768390	0.2543
Gen*Rep*Hoja(Ensayo)	108	0.88113100	0.0001
Hora	1	6.22129290	0.0001
Ensayo*Hora	2	1.47836850	0.0165
Genotipo*Hora	4	0.27401840	0.5296
Hora*Hoja	2	5.33199520	0.0001
Gen*Hora*Hoja	8	0.40014310	0.3293
Ensayo*Gen*Hora	8	0.17302100	0.8501
Ensayo*Hora*Hoja	4	2.72231810	0.0001
Ensayo*Gen*Hora*Hoja	12	0.51345680	0.1416
Error	85	0.34323600	
Total	287		
C.V		26.9555600	

Anexo 10. Interacción (ensayo*genotipo) en el estudio de preferencia bajo libre escogencia para oviposición por *A. socialis*.

Fuente de variación	G.L.	Variable dependiente (Oviposición promedio)	
		C.M.	Significancia
Ensayo	2	21.15960620	0.0129
Repetición(Ensayo)	9	2.882826800	0.0005
Genotipo	4	9.486844600	0.0001
Hoja	2	68.80773420	0.0001
Genotipo*Hoja	8	0.632121500	0.6052
Ensayo*Genotipo	8	2.469218400	0.0030
Ensayo*Hoja	4	4.137961100	0.0006
Ensayo*Gen*Hoja	16	0.840539200	0.3989
Error	125	0.791901400	
Total	178		
C.V		20.35347000	

Anexo 11. Descripción morfológica de los genotipos estudiados.

DATOS DE CARACTERIZACION MORFOLÓGICA
Fuente: Base de datos CIAT-URG (Feb. 10 del 2004)

Genotipo	Pubes. cogollo	Forma Lóbulo central	Long. filotaxia	Presen. Pedún. raíz	Color externo raíz	Color corteza raíz	Color pulpa raíz	Text. epider. raíz	Floración	Color ramas termin.	Constric. raíz	Hábito ramifi.	For. raíz
CMC 40	0	5	5	5	4	3	1	7	1	5	1	2	1
MEcu 64	1	2	7	3	1	3	1	3	1	3	1	3	2
MEcu 72	1	5	5	3	1	4	1	3	1	3	2	3	2
MPer273	1	2	3	5	4	3	1	7	0	3	1	3	2
MPer334	1	5	3	3	4	3	1	7	0	3	1	3	2

Pubescencia del cogollo y floración**:** 0= ausencia. 1= presencia.
Forma del lóbulo central: 1= ovoide. 2= elíptica-lanceolada. 3= obovada-lanceolada. 4= oblongo-lanceolada. 5= lanceolada. 6= recta o linear. 7= pandurada. 8= linear-piramidal. 9= linear-pandurada. 10= linear-hostatilobada.
Longitud de la filotaxia: 3= corto (menor de 8 cm). 5= medio (de 8 a 15 cm). 7= largo (mayor de 15 cm).
Presencia de pedúnculo en la raíz: 0= sésil. 3= pedunculado. 5= mixto (ambos).
Color externo de la raíz: 1= blanco o crema. 2= amarillo. 3= café claro. 4= morado.
Color de la pulpa de la raíz: 1= blanco. 2= crema. 3= amarillo. 4= rosado.
Textura de la epidermis de la raíz: 3= lisa. 7= rugosa.
Color de ramas terminales en plantas adultas: 3= verde. 5= verde-morado. 7= morado.
Constricciones de la raíz: 1= poca o ninguna. 2= intermedia. 3= muchas.
Hábito de ramificación: 1= no ramificado. 2= dicotómico. 3= tricotómico. 4= tetracotómico.
Forma de la raíz: 1= cónica. 2= cónica-cilíndrica. 3= cilíndrica. 4= irregular.