

# Patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de *Aleurotrachelus socialis* (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero\*

Pathogenicity of different fungal entomopathogens for the control of *Aleurotrachelus socialis* (Homoptera: Aleyrodidae) under greenhouse conditions

IRINA ALEÁN C.<sup>1</sup>, ANUAR MORALES R.<sup>2</sup>, CLAUDIA MARÍA HOLGUÍN A.<sup>3</sup>, ANTHONY C. BELLOTTI<sup>4</sup>

Revista Colombiana de Entomología 30 (1): 29-36 (2004)

**Resumen.** En Colombia existe un complejo de ocho especies de moscas blancas asociadas al cultivo de yuca. La especie predominante es *Aleurotrachelus socialis* Bondar la cual constituye el 92% de la población total y ocasiona pérdidas en rendimiento hasta del 79% en campos experimentales. Con el propósito de ofrecerle a los cultivadores de yuca una opción diferente al control químico con el cual se reduzcan los costos y el impacto ambiental, se evaluó la patogenicidad de varios aislamientos de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin, *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas y *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown y Smith, sobre los diferentes estados ninfales y huevos de *A. socialis*, para determinar el estado de desarrollo más susceptible, seleccionar el aislamiento más promisorio y con éste la concentración letal media (CL<sub>50</sub>). Así mismo, se evaluaron diferentes formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos sobre el estado de desarrollo más susceptible de *A. socialis*. Con respecto a la mortalidad se encontraron diferencias significativas entre las especies de hongos utilizadas y el testigo. Se seleccionó el aislamiento CIAT 215 de *V. lecanii* como el más promisorio por presentar la mortalidad más alta sobre los estados de desarrollo de *A. socialis* (67,3%). Como estado más susceptible se determinó el de huevo próximo a eclosionar. Sobre este estadio se evaluó el aislamiento CIAT 215 en siete concentraciones y se determinó que la CL<sub>50</sub> fue de 1,4x10<sup>7</sup> conidios/ml con límites de confianza de 3,6x10<sup>5</sup>-1,5x10<sup>9</sup> conidios/ml. Los productos formulados evaluados presentaron porcentajes de mortalidad inferiores al 50%; sin embargo, mostraron diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo.

**Palabras clave:** Mosca blanca de la yuca. *Verticillium lecanii*. Concentración letal media (CL<sub>50</sub>). Hongos formulados. Control biológico.

**Summary.** A complex of eight whitefly species associated with cassava exists in Colombia. The predominant species *Aleurotrachelus socialis* Bondar, which constitutes 92% of the total population and causes yield losses of up to 79% in field experiments. In order to offer cassava growers an alternative to chemical control to reduce costs and environmental degradation we assessed the pathogenicity of various strains of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin, *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas and *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith on different nymphal stages and eggs of *A. socialis* in order to determine the most susceptible developmental stage, select the most promising isolate and identify the lethal concentration (CL<sub>50</sub>). We also evaluated different commercial formulations of entomopathogenic fungi on the most susceptible developmental stage of *A. socialis*. We observed differences in mortality between the fungal species used and the control treatment. The *V. lecanii* strain CIAT 215 was selected as the most promising because it presented the highest mortality to *A. socialis* developmental stages (67,3%). The most susceptible stage were eggs close to hatching. We tested the strain CIAT 215 in seven concentrations on this stage and determined that the CL<sub>50</sub> was 1,4x10<sup>7</sup> conidia/ml with a confidence interval of 3,6x10<sup>5</sup>-1,510<sup>9</sup> conidia/ml. The evaluated commercial formulations caused mortality of less than 50%, however, they were still statistically different than the control treatment.

**Key words:** Cassava whitefly. *Verticillium lecanii*. Median lethal concentration. Formulated fungi. Biological control.

## Introducción

Las moscas blancas son la mayor plaga del cultivo de yuca en casi todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, pues además de alimentarse vorazmente de la savia de la planta, son eficientes vectores de virus (Bellotti *et al.* 2002).

Existe un gran complejo en el Neotrópico, donde quince especies de moscas blancas han sido identificadas alimentándose en yuca: *Aleurodicus dispersus* Russell, *Aleurodonus* sp., *Aleurothrixus aepim* (Goeldi), *Aleurotrachelus socialis* Bondar, *Bemisia argentifolii* (*Bemisia tabaci* biotipo B), *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Bemisia*

*tuberculata* Bondar, *Paraleyrodes* sp., *Tetraleyrodes* sp., *Trialeurodes variabilis* (Quaintance), *Trialeurodes abutiloneus*, (Bellotti 2002), *Aleuroglandulus malangae* Russell, *Tetraleyrodes ursorum* (Cockerell) (Castillo 1996), *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (CIAT 2000) y *Bemisia afer* Priesner & Hosny (CIAT 2001).

1\* Apartes del Trabajo de Grado del primer autor. Estudiante de Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. E-mail: irinaalean@hotmail.com

2 Asistente de Investigación. Bioecología del Salivazo. Entomología de Forrajes, CIAT. Cali-Valle. E-mail: an.morales@cgiar.org

3 Asistente de Investigación. MIPE. Entomología de Yuca, CIAT. Cali-Valle. E-mail: claudia\_holguin@hotmail.com

4 Autor para correspondencia: Líder del proyecto MIPE y Entomología de Yuca, CIAT. A. A. 6713, Cali, Colombia. E-mail: a.bellotti@cgiar.org

En el norte de Sur América (Colombia, Venezuela y Ecuador) *A. socialis* es la especie predominante causante de considerables daños al cultivo; también se encuentra en Brasil aunque en menor proporción donde no produce daño económico (Farias 1994).

La importancia económica de los daños causados por las moscas blancas radica en que afectan el rendimiento de raíces de yuca y la disponibilidad de estacas para la siembra. Las pérdidas en rendimiento muestran que existe una correlación negativa entre la duración del ataque y la producción de raíces. Ensayos en campo realizados por CIAT - CORPOICA Nataima, Tolima, registraron en Colombia pérdidas en rendimiento hasta del 79% (Bellotti y Vargas 1986). Dichas pérdidas son producidas directamente por la disminución de la savia circulante por el floema de la planta e indirectamente por la mielecilla excretada por el insecto, la cual sirve como medio de crecimiento al hongo saprófito *Capnodium* sp., conocido comúnmente como fumagina (Byrne *et al.* 1990; Byrne y Bellows 1991). Este hongo puede tener un efecto adverso en la fotosíntesis, al impedir la llegada de la luz a la superficie foliar (Bellotti y Vargas 1986).

El control químico de las moscas blancas es generalmente muy difícil por su morfología y características autoecológicas (sustancias cerosas como un componente de la cutícula, la colonización en el envés de la hoja y el desarrollo rápido de altas poblaciones). Además, las moscas blancas representan un grupo de insectos con la habilidad de desarrollar poblaciones que son altamente resistentes a plaguicidas químicos (Landa 1992). Los agricultores reaccionan frente al ataque del insecto con el uso indiscriminado de insecticidas, generando una serie de efectos negativos para el equilibrio ambiental y la salud de hombres y animales.

El control microbiológico se presenta como una buena alternativa dentro del manejo integrado del cultivo. De los microorganismos que causan enfermedades a los insectos, incluyendo bacterias, hongos, virus y nemátodos, sólo los hongos entomopatógenos han sido registrados como los capaces de infectar a los insectos pertenecientes a la familia Aleyrodidae, a través de la penetración de su cutícula (Fransen 1990).

En Colombia y otros países se han realizado estudios con hongos entomopatógenos sobre varias especies de moscas blancas, donde se demuestra el potencial de los hongos para controlar este insecto plaga. La mayoría de los estudios publicados han evaluado sobre ninfas de los primeros estadios de mosca blanca los hongos entomopatógenos *Aschersonia aleyrodis*, *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces* spp. y *Verticillium lecanii*; solamente Osborne *et al.* (1990) utilizaron ninfas de IV instar. García (1996) evaluó varias cepas nativas de *V. lecanii* sobre ninfas de

II instar de *Trialeurodes vaporariorum* y obtuvo con la cepa codificada como C26 una mortalidad del 90%. En ensayos específicos sobre *A. socialis*, Sánchez y Bellotti (1997) evaluaron diferentes especies de hongos entomopatógenos sobre ninfas de IV instar de *A. socialis* y establecieron una cepa de la especie *B. bassiana* como la más virulenta, con una mortalidad del 95%; posteriormente se evaluó esta cepa sobre ninfas de I, II y III instar de *A. socialis* y se determinó el segundo instar como el más susceptible por presentar la mortalidad más alta (55%).

El objetivo general de esta investigación fue evaluar la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos en el control de la mosca blanca de la yuca *A. socialis*. Los objetivos específicos fueron (1) Evaluar la patogenicidad de aislamientos de hongos entomopatógenos de las especies *B. bassiana*, *V. lecanii* y *P. fumosoroseus* sobre huevos y ninfas de *A. socialis* bajo condiciones de invernadero, (2) Establecer el estado de desarrollo de *A. socialis* más susceptible a los hongos entomopatógenos, (3) Determinar la concentración letal cincuenta y noventa ( $CL_{50}$  y  $CL_{90}$ ) del aislamiento más virulento sobre *A. socialis*, (4) Realizar el control de calidad de diferentes formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos existentes en el mercado nacional y (5) Evaluar la patogenicidad de estas formulaciones comerciales utilizadas para controlar otras especies de moscas blancas sobre *A. socialis*.

### Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en el laboratorio y cuarto de cría de Bioecología y MIP del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), localizado en el municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca, a 1.000 msnm.

El material vegetal utilizado para evaluar los aislamientos de hongos entomopatógenos sobre huevos y ninfas de *A. socialis* correspondió a plantas de yuca de 30-40 días de siembra de la variedad CMC 40, sembradas en potes plásticos con suelo estéril

de 1 kg, los cuales se mantuvieron en casa de malla a una temperatura de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa de 50-60%.

Los adultos de *A. socialis* utilizados en los diferentes ensayos fueron tomados de la colonia establecida en CIAT desde 1992, sobre plantas de yuca de la variedad CMC 40, mantenidas en invernadero a una temperatura de  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa de 60-70%.

### Reactivación de los hongos entomopatógenos

Entre 1996 y 1999 se realizaron varias exploraciones de campo en diferentes zonas yuqueras del país con el fin de coleccionar hongos entomopatógenos asociados a las moscas blancas presentes en el cultivo. De los aislamientos colectados se escogieron 6, los cuales se encontraban almacenados en el cepario del CIAT en la técnica de papel filtro seco a una temperatura de  $-20^\circ\text{C}$  (Tabla 1). Estos hongos se sembraron en medio PDA y posteriormente se reactivaron sobre adultos de *A. socialis*. Para la reactivación, de la colonia se tomaron 20 adultos con un aspirador bucal y se introdujeron en cajas de Petri de 60 x 15 mm. Las cajas contenían papel filtro húmedo con agua destilada estéril. Sobre estos adultos se inocularon los hongos entomopatógenos aplicando sobre cada individuo veinte microlitros de una suspensión concentrada de conidios. Este procedimiento se realizó con cada uno de los aislamientos nativos. Los insectos se dejaron en estas condiciones por un período de cinco días, después de este período, los adultos con presencia de micelio se sembraron en medio de cultivo PDA.

Una vez purificados los hongos se les realizó un pase sobre "agar insecto" al 0,5%; para la preparación de este agar se coleccionaron adultos de *A. socialis* de la colonia establecida en CIAT y de campo. Se maceraron y se adicionaron a agar PDA esterilizado previamente a razón de 0,5 g del macerado por cada 100 ml de agar. Se llevó nuevamente a la autoclave a una presión de 100 libras durante 10 minutos, se vertió

Tabla 1. Aislamientos de hongos entomopatógenos colectados de moscas blancas

Aislamiento	Origen	Fecha de colección	Hospedero	Identificación*
CIAT 210	Pradera-Valle	26-Jul-99	<i>T. vaporariorum</i>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
CIAT 211	Pradera-Valle	14-May-99	<i>T. vaporariorum</i>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
CIAT 212	Pradera-Valle	10-Jun-99	<i>T. vaporariorum</i>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
CIAT 215	CIAT	04-Dic-97	<i>A. socialis</i>	<i>Verticillium lecanii</i>
CIAT 216	CIAT	27-Abr-97	<i>A. socialis</i>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
CIAT 217	CIAT	16-Nov-96	<i>A. socialis</i>	<i>Beauveria bassiana</i>

\* Identificación realizada por Richard A. Humber de Plant Protection Research Unit US Plant, Soil & Nutrition Laboratory, USDA, Ithaca, NY USA.

el agar en cajas de Petri de 60 x 15 mm y sobre éste se sembraron los seis aislamientos. Posteriormente se les realizó otro pase sobre "agar insecto" con macerado de huevos y ninfas de *A. socialis* (Fig. 1) siguiendo el mismo procedimiento anterior.

#### Determinación del estado de desarrollo más susceptible y selección del aislamiento más promisorio

Para infestar las plantas de yuca, se aspiraron de 20-30 adultos de *A. socialis* y se introdujeron en jaulas pinza ubicadas en las hojas de la planta. Al cabo de 24 h se retiraron los adultos. Este procedimiento se realizó 4, 7, 14 y 23 días después con el fin de obtener todos los estados de desarrollo del insecto en el momento de la aplicación.

La aplicación de los hongos sobre las ninfas y huevos de *A. socialis* se realizó con un microaspersor, a una presión de salida de 10 PSI. El cubrimiento se evaluó sobre una tira de papel hidrosensible. El volumen asperjado por tratamiento fue de  $4,0 \pm 0,5$  ml de suspensión. Después de la aplicación las plantas se llevaron a un cuarto de cría a una temperatura de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa del 80-90%.

La evaluación se realizó con un microscopio estereoscópico a emergencia de adultos. Se contabilizaron exuvias, ninfas vivas y ninfas muertas con y sin evidencias de micosis. Las ninfas muertas sin evidencia de micosis se ubicaron en cajas de Petri con papel filtro húmedo por 4-5 días para determinar la presencia o no del hongo.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con 10 repeticiones por tratamiento. Como unidad experimental se consideró cada hoja de la planta sobre la cual se colocó una jaula pinza y en la que sólo se dejaron 30 ninfas o huevos de *A. socialis*. Los controles consistieron en agua destilada estéril y agua destilada estéril más Tween 80 al 0,05%. Esta misma metodología se empleó para determinar la concentración letal media y noventa ( $CL_{50}$  y  $CL_{90}$ ) y evaluar las formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos.

Se seleccionó como el aislamiento más promisorio aquel que produjo los niveles más altos de infección sobre todos los estados de desarrollo del insecto y como estado más susceptible el que presentó el porcentaje de mortalidad más alto frente a los demás estados evaluados.

#### Concentración letal media y noventa ( $CL_{50}$ y $CL_{90}$ )

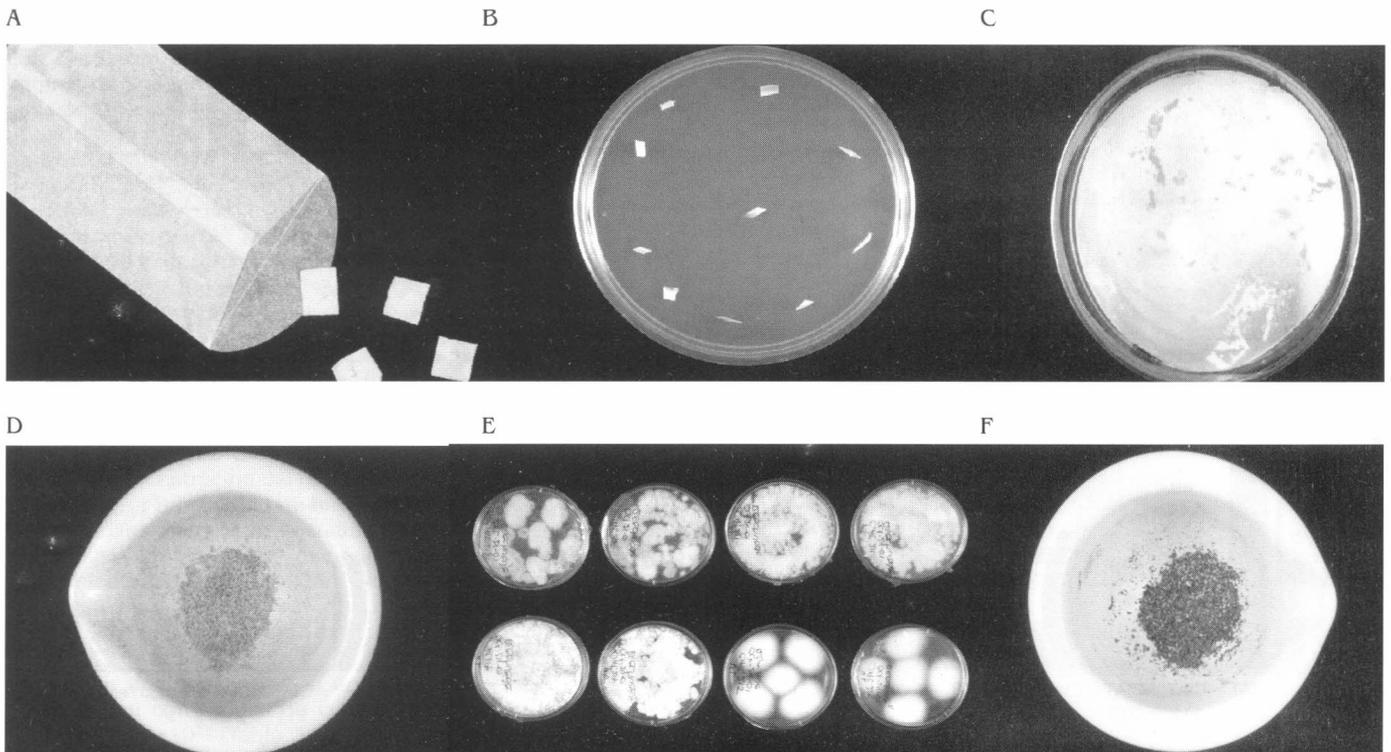
Después de tener el estado de desarrollo más susceptible a los hongos entomopatógenos, se evaluó sobre éste el aislamiento más promisorio en las concentraciones  $1 \times 10^3$ ,  $1 \times 10^4$ ,  $1 \times 10^5$ ,  $1 \times 10^6$ ,  $5,0 \times 10^6$ ,  $1 \times 10^7$ ,  $5,0 \times 10^7$  conidios/ml, además del testigo. Los datos obtenidos en las evaluaciones se sometieron a un análisis Probit para calcular la  $CL_{50}$  y  $CL_{90}$ .

#### Evaluación de productos comerciales

Se evaluaron seis formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos en la dosis recomendada por cada casa comercial sobre el estado de desarrollo de *A. socialis* más susceptible a los aislamientos nativos (Tabla 2). Así mismo, se les realizó

**Tabla 2.** Formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos evaluadas

Formulado	Ingrediente activo	Presentación
<i>P.f</i>	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Polvo mojable (producción en arroz)
<i>V.l</i> (a)	<i>Verticillium lecanii</i>	Polvo mojable (microtallo estéril)
<i>B.b</i>	<i>Beauveria bassiana</i>	Polvo mojable (microtallo estéril)
<i>V.l</i> (b)	<i>Verticillium lecanii</i>	Polvo mojable (microtallo estéril)
<i>V.l</i> (c)	<i>Verticillium lecanii</i>	Microglobulizado
<i>V.l</i> (d)	<i>Verticillium lecanii</i>	Polvo mojable (microtallo estéril)



**Figura 1.** Metodología de reactivación de aislamientos nativos de hongos entomopatógenos. (A) Conservación en papel filtro seco. (B) Siembra en PDA. (C) Inoculación sobre adultos de *A. socialis*. (D) Adultos de *A. socialis* recolectados para "agar insecto". (E) Huevos y ninfas de *A. socialis* recolectados. (F) Aislamientos reactivados. (Fotografía: Juan Carlos Quintana).

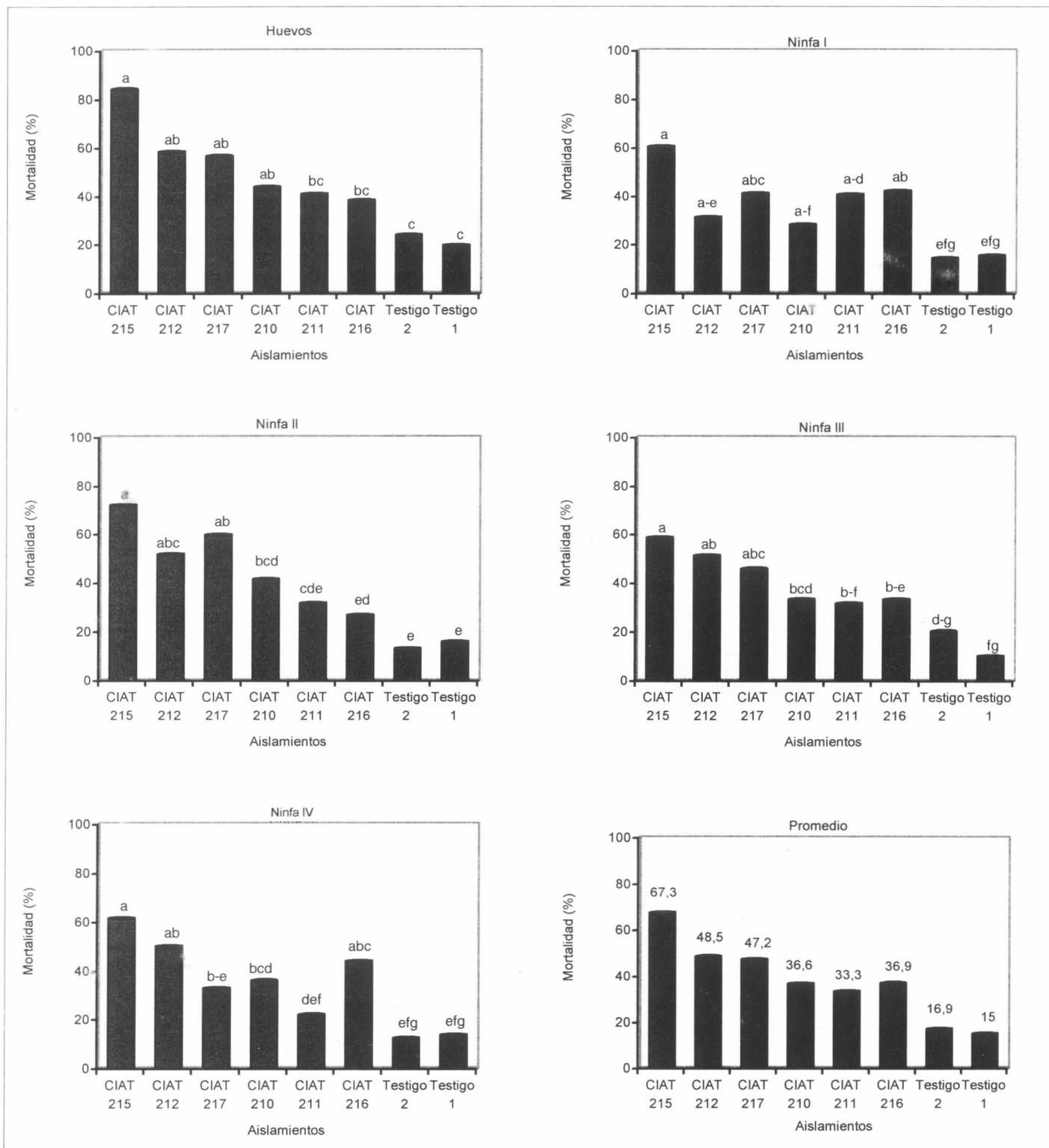
un control de calidad según la metodología establecida por Cenicafé (Vélez *et al.* 1997). Se determinaron los valores para conteo de conidios, viabilidad de éstos a las 24 h, pureza, pH y humectabilidad de los productos formulados. Además se evaluó la patogenicidad de estas formulaciones en la dosis recomendada por cada casa comercial sobre el estado de desarrollo más susceptible.

## Resultados y Discusión

### Estado de desarrollo más susceptible y aislamiento más promisorio

De los seis aislamientos nativos evaluados sobre los diferentes estados de desarrollo de *A. socialis*, el aislamiento CIAT 215 de *V. lecanii* presentó los porcentajes de mortalidad más altos, superiores al 50%, so-

bre todos los estados de vida del insecto y una mortalidad de 67,3% en promedio (Fig. 2). Este fue seguido por el CIAT 212 de *P. fumosoroseus* y CIAT 217 de *B. bassiana* con 48,5 y 47,2% de mortalidad, respectivamente. Los testigos presentaron una mortalidad promedio del 16%, inferior a todas las cepas evaluadas (Fig. 2). Estos resultados no coinciden con los señalados por Sánchez y Bellotti (1997) quie-



**Figura 2.** Porcentaje de mortalidad de aislamientos de hongos entomopatógenos sobre los diferentes estados de desarrollo de *A. socialis*. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

nes evaluaron diferentes cepas de *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Fusarium* sp. y *V. lecanii* sobre ninfas de cuarto ínstar de *A. socialis* y determinaron una cepa de *B. bassiana* como la cepa más virulenta.

De los cinco estados de desarrollo de *A. socialis* evaluados, el aislamiento CIAT 215 de *V. lecanii* presentó los porcentajes de mortalidad más altos sobre huevos próximos a eclosionar 84,1% y ninfas de II ínstar 72,0% ( $F = 129,56$ ,  $Pr > 0,0001$ ). Aunque no se presentaron diferencias significativas entre estos dos estados de desarrollo, se seleccionó el de huevos próximos a eclosionar como el más susceptible dado que éstos porcentualmente presentan una mayor mortalidad y no han iniciado el daño a la planta. Los demás estadios exhibieron mortalidades de 61,5% para ninfas de IV ínstar, 60,4% ninfas de I ínstar y 58,5% ninfas de III ínstar (Fig. 3). Debido a las características morfológicas de esta mosca blanca que secreta una sustancia cerosa de color blanco, que podría confundirse con el micelio del hongo, se realizó la evaluación a emergencia de adultos, contabilizando las pupas que presentaban aberturas. Se puede afirmar que la aplicación sobre huevos próximos a eclosionar ocasionó una mayor mortalidad; sin embargo, en las evaluaciones hechas al estereoscopio se observaron todos los estados de desarrollo de *A. socialis* afectados por el hongo (Fig. 4). No obstante, Sánchez y Bellotti (1997)\* determinaron el segundo ínstar de *A. socialis* como el estado de desarrollo más susceptible a la cepa Bb 9501 de *B. bassiana*. De otra parte, Fransen (1990) mostró que *V. lecanii* infectaba tanto a ninfas como adultos pero no a huevos de *T. vaporariorum*. Así mismo, informó que las ninfas de segundo ínstar fueron las más susceptibles. Sin embargo, Morales y Cardona (1996) determinaron a los primeros estados de desarrollo de *T. vaporariorum* y *B. tabaci* como los más susceptibles a diferentes especies de hongos entomopatógenos, siendo los huevos próximos a eclosionar el estado ideal para hacer la aplicación por su tasa de mortalidad alta, determinada por la emergencia baja de adultos.

#### Concentración letal media y noventa ( $CL_{50}$ y $CL_{90}$ )

Para el aislamiento CIAT 215 (*V. lecanii*), a mayor concentración del inóculo se presentó mayor mortalidad de huevos próximos a eclosionar de *A. socialis* (Fig. 5). El análisis Probit mostró que la  $CL_{50}$  del aislamiento CIAT 215 se alcanzó con una concentración de  $1,4 \times 10^7$  conidios/ml con límites de confianza de  $3,6 \times 10^5 - 1,5 \times 10^9$  conidios/ml. La  $CL_{90}$  se estimó que sería una concentración de  $2,3 \times 10^{12}$  conidios/ml con límites de confianza de  $9,3 \times 10^9 - 4,1 \times 10^{21}$  (Tabla 3). Estos resultados plantean la necesidad de utilizar concentraciones muy altas de hongos en campo para obtener niveles óptimos de control.

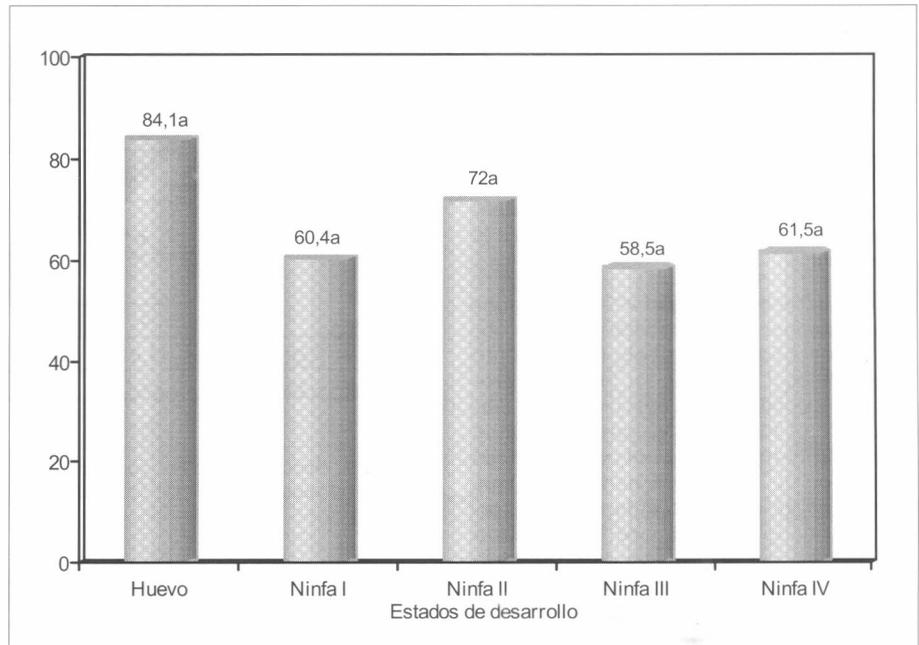


Figura 3. Porcentaje de mortalidad del aislamiento CIAT 215 *Verticillium lecanii* sobre huevos y ninfas de *Aleurotrachelus socialis*. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

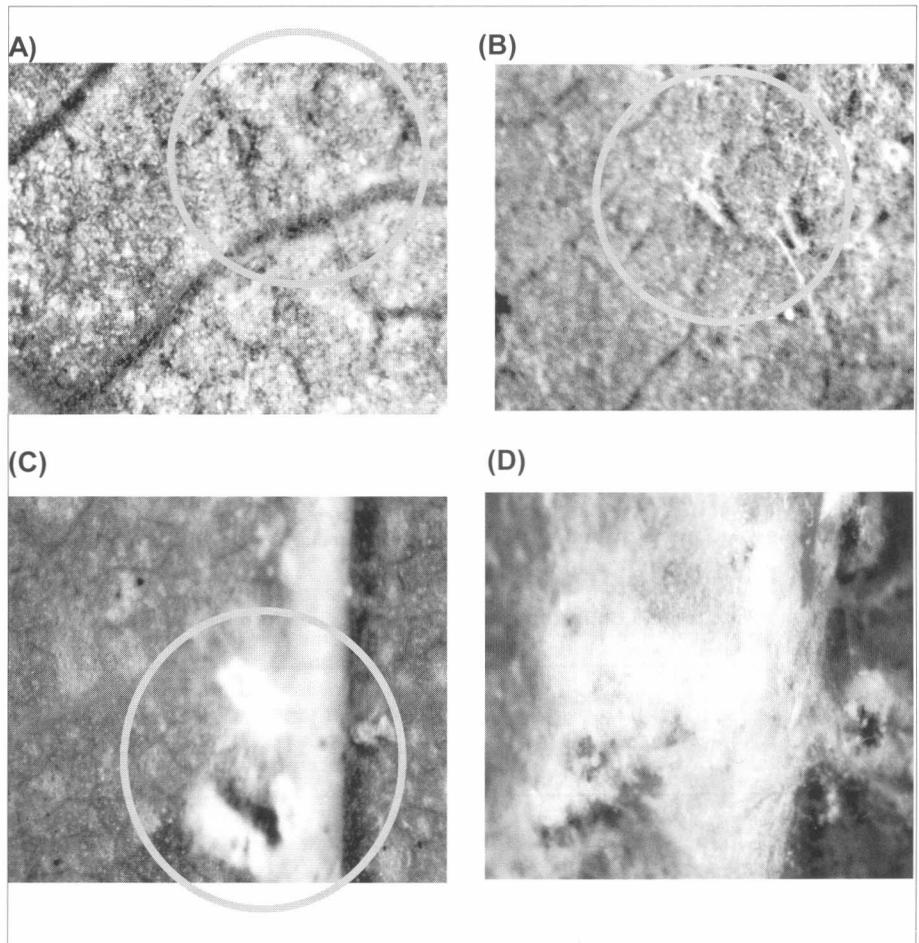


Figura 4. Presencia de micelio de *Verticillium lecanii* sobre los estados de desarrollo de *A. socialis*. (A) Huevos; (B) Ninfas de I Instar; (C) Ninfas de II Instar; (D) Ninfas de III y IV Instar (Fotografía: José María Guerrero).

**Control de calidad y evaluación de productos comerciales**

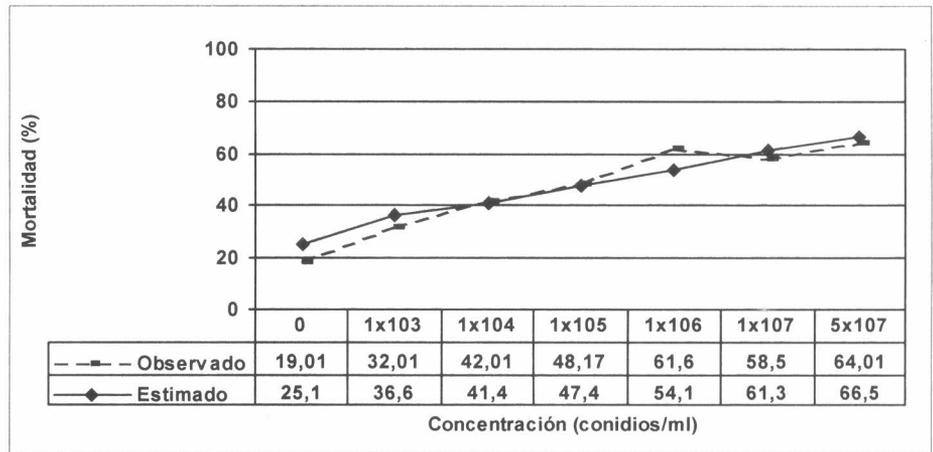
En el recuento de propágulos de los productos formulados, hubo una concentración menor a la cantidad de conidios registrada en la etiqueta (Tabla 4). En el mejor de los casos el contenido de conidios por gramo de formulado fue el equivalente al 40% de las conidios que especifica la formulación.

En la prueba de viabilidad a 24 h, después de siembra en placas de agar agua, se observó que sólo el formulado *P. f.* presentó una viabilidad del 95%; en los otros productos la viabilidad fue inferior al 50% (Tabla 4). Una formulación comercial debe tener una germinación superior al 85% en un tiempo de incubación de 24 h, ya que al asperjar en el campo el hongo debe tener un rápido efecto sobre la población del insecto que está atacando y un corto período de exposición a condiciones ambientales (Vélez *et al.* 1997).

En la prueba de pureza los formulados de *V. lecanii* (*V.l.b* y *V.l.c*) no presentaron el crecimiento de las colonias del ingrediente activo (Tabla 4); por el contrario mostraron contaminación por los hongos *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp. Sólo tres formulaciones presentaron una pureza mayor al 95% (*P.f.*, 98%, *V.l.a* y *B.b.* 100%).

El intervalo óptimo de pH para una formulación comercial según Vélez *et al.* (1997) es de 5,5 y 7,0. De las formulaciones evaluadas sólo los productos *V.l.a* y *V.l.d.* se encuentran en este rango con un pH de 5,54 y 5,59, respectivamente. Los dos productos con mayor contaminación y menor viabilidad (*V.l.b* y *V.l.c*) presentaron un pH de 4,80 y 4,87. Estos productos son de la misma casa comercial en diferentes presentaciones. Es posible que el inerte empleado estuviese contaminado y esto afecte la germinación de las esporas del hongo considerado como ingrediente activo.

Los formulados que mostraron mejor humectabilidad son *V.l.b P.f.* y *V.l.a* con 1,3, 2,0 y 4,0 minutos, respectivamente, los



**Figura 5.** Mortalidad de huevos próximos a eclosionar de *A. socialis* a diferentes concentraciones del aislamiento CIAT 215 (*Verticillium lecanii*).

**Tabla 3.** Determinación de la concentración letal media y noventa (CL<sub>50</sub> y CL<sub>90</sub>) del aislamiento CIAT 215 (*Verticillium lecanii*)

N	CL <sub>50</sub> (LC)*	CL <sub>90</sub> (LC)	b ± EEM	χ <sup>2</sup>	P > χ <sup>2</sup>
2146	1,4x10 <sup>7</sup> (3,6x10 <sup>5</sup> - 1,5x10 <sup>9</sup> )	2,3x10 <sup>12</sup> (9,3x10 <sup>9</sup> - 4,1x10 <sup>21</sup> )	0,24±0,05	12,6	0,01

\* Límites de confianza al 95%

formulados de *V.l.d* y *B.b.* no presentaron humectación o es muy lenta; al momento de la aplicación éstos podrían formar grumos y ocasionar taponamiento de las boquillas (Tabla 4).

Después de realizar el control de calidad se evaluaron las diferentes formulaciones comerciales sobre huevos próximos a eclosionar de *A. socialis*. Se encontró que los productos formulados que se evaluaron produjeron porcentajes de mortalidad inferiores al 50%; sin embargo, se encontraron diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo al 95% de confiabilidad (Fig. 6). Esto indica que los productos evaluados no son adecuados para controlar *A. socialis*. Es probable que

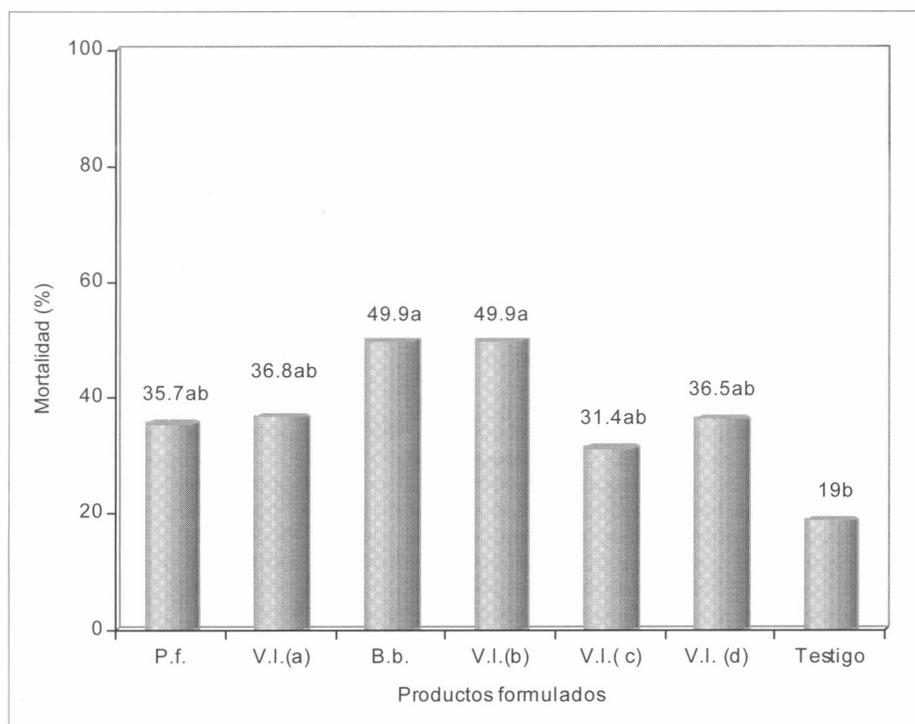
se deba a que dichos productos son recomendados para controlar otras especies de mosca blanca que son menos quitinizadas y no presentan cerosidad alrededor de su cuerpo como es el caso de *A. socialis*.

Se evidencia que la calidad de las formulaciones de hongos entomopatógenos evaluadas no es óptima. Queda la duda si la característica de la formulación es la que afecta la acción entomopatógena del hongo empleado como principio activo y por esto los productos no ejercen un buen control sobre el insecto. Por otra parte, se aprecia el problema de generalizar el control de varias especies de mosca blanca con un sólo aislamiento de hongo entomopatógeno. Es necesario entonces tener en

**Tabla 4.** Control de calidad de los hongos entomopatógenos formulados evaluados en el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus socialis*

Producto	Conteo de conidios/ml		Viabilidad 24 h (%)	Pureza (%)	pH	Humectabilidad (min)
	Lectura	Según casa comercial				
<i>P.f.</i>	6,6x10 <sup>8</sup>	2x10 <sup>10</sup>	95	98	5,35	2
<i>V.l.</i> (a)	8,1x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>7</sup>	35	100	5,54	4
<i>B.b.</i>	1,9x10 <sup>8</sup>	2x10 <sup>9</sup>	40	100	5,14	50
<i>V.l.</i> (b)	1,3x10 <sup>8</sup>	2x10 <sup>10</sup>	22	0	4,80	1,3
<i>V.l.</i> (c)	9,0x10 <sup>7</sup>	2x10 <sup>10</sup>	13	0	4,87	*
<i>V.l.</i> (d)	2,0x10 <sup>7</sup>	2x10 <sup>9</sup>	40	40	5,59	Ninguna

\* La presentación de este producto es un microglobulizado por tal motivo no se le realizó la prueba de humectabilidad



**Figura 6.** Mortalidad de huevos próximos a eclosionar de *A. socialis* con formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

cuenta las especies del complejo que son consideradas plaga en determinados cultivos, para así mismo seleccionar los aislamientos más virulentos y en cada caso dar una recomendación.

### Conclusiones

- El aislamiento CIAT 215 de *Verticillium lecanii* fue seleccionado como el aislamiento más promisorio para el control de *A. socialis* por presentar los niveles mayores de infección sobre los diferentes estados de desarrollo del insecto bajo condiciones de invernadero.
- El estado de desarrollo de *A. socialis* más susceptible a los hongos entomopatógenos es el de huevo próximo a eclosionar, esto favorece el manejo del insecto pues se reflejaría en un menor consumo de la savia elaborada y la disminución de pérdidas en rendimiento.
- El aislamiento CIAT 215 de *V. lecanii* alcanza su  $CL_{50}$  a una concentración de  $1,4 \times 10^7$  conidios/ml y su  $CL_{90}$  a una concentración de  $2,3 \times 10^{12}$  conidios/ml.
- Los parámetros de control de calidad evaluados indican que las formulaciones comerciales de hongos entomopatógenos existentes en el mercado nacional no cumplen con los requerimientos mínimos exigidos por el ICA.
- Los hongos entomopatógenos formulados para otras especies de mosca blanca evaluados sobre huevos próximos a eclosionar de *A. socialis* no presentaron un buen control del insecto plaga ya que

ningún producto produjo una mortalidad superior al 50%.

### Recomendaciones

- Evaluar sobre *A. socialis* otras especies de hongos entomopatógenos promisorias como *Aschersonia aleyrodinis* que ha sido señalada parasitando diferentes homópteros entre ellos varias especies de mosca blanca.
- Continuar con las evaluaciones de control de calidad y patogenicidad de otros productos formulados sobre *A. socialis* con el fin de determinar la dosis adecuada para esta especie de mosca blanca.
- Seleccionar el mejor producto comercial formulado a nivel de invernadero para luego ser aplicado en campo.

### Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Dr. R. Humber (USDA) por la identificación de los aislamientos nativos. A Rosalba Tobón, Adriano Muñoz, Oscar Yela y Josefina Martínez por su gran colaboración en el desarrollo de esta investigación. A Jaumer Ricaurte y James Silva por la asesoría estadística. Al Dr. Daniel Peck y María Elena Cuéllar por la revisión del manuscrito.

### Literatura citada

BELLOTTI, A. C. 2002. Arthropod Pests (p. 209-235). En: Hillocks, R.; Thresh, J.; Bellotti, A. Cassava Biology, production and utilization. CABI Publishing. London. United Kingdom. 332 p.

BELLOTTI, A.; VARGAS, O. 1986. Mosca blanca del cultivo de yuca: biología y control; unidad audiotutorial. CIAT. Cali Colombia 40 p.

BELLOTTI, A.; ARIAS, B.; VARGAS, O.; REYES, J.; GUERRERO, J. 2002. Insectos y Acaros dañinos a la yuca y su control (p. 160-203). En: OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (eds.). La yuca en el Tercer Milenio : Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CLAYUCA. Cali. Colombia. 586 p.

BYRNE, D.; BELLOWS, T. 1991. Whitefly biology. Annual Review of Entomology (United States). 36: 431-457.

BYRNE, D.; BELLOWS, T.; PARRELLA, M. 1990. Whiteflies in agricultural systems (p. 227-262). En: GERLING, D. (ed.). Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd. Hants. United Kingdom. 348 p.

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

CIAT 2000. Annual Report, PROJECT-PE 1. Integrated pest and disease management in major agroecosystems. CIAT. Cali Colombia 190 p.

CIAT 2001. Annual Report, PROJECT-PE 1. Integrated pest and disease management in major agroecosystems. CIAT. Cali Colombia 211 p.

FARIAS, A. 1994. Flutuação populacional de *Aleurothrixus aepim* em mandioca, em Sao Miguel das Matas, Bahia. Revista Brasileira de Mandioca (Brasil) 13 (2): 119-122.

FRANSEN, J. 1990. Natural enemies of whiteflies: Fungi. (p.187-205). En: GERLING, D. (ed.). Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd. Hants. United Kingdom. 348 p.

GARCÍA, J. 1996. Evaluación de cepas nativas de *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas en el control de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Trabajo de Grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Bogotá. 121 p.

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

MORALES, A.; CARDONA, C. 1996. Evaluación de diferentes hongos entomopatógenos sobre las moscas blancas *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. Informe final Convenio CIAT - AgrEvo S.A. CIAT. Palmira. Colombia. 37 p.

OSBORNE, L.; STOREY, G.; MCCOY, C.; WALTER, J. 1990. Potential for controlling the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* with the fungus *Paecilomyces fumosoroseus*. International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control (5, 1990, Adelaide, Australia). Proceedings and Abstracts. p. 386.

SÁNCHEZ, D.; BELLOTTI, A. 1997. Evaluación de la patogenicidad de hongos Hyphomycetes sobre la mosca blanca de la yuca

*Aleurotrachelus socialis*. Informe final Convenio Cooperativo CIAT-COLCIENCIAS. CIAT Palmira. Colombia. 21 p.

VÉLEZ, P.; POSADA, F.; MARÍN, P.; GONZÁLEZ, M.; OSORIO, E.; BUSTILLO, A. 1997. Téc-

nicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café Pedro Uribe Mejía.

CENICAFE. Chinchiná, Caldas (Colombia). 37 p.

Recibido: Abr. 22/2003

Aceptado: Ago. 28/2003