

Sección Agrícola

Preformulados para control de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en condiciones de laboratorio

Preformulations for control of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) under laboratory conditions

CARLOS ESPINEL¹, LISSETTE TORRES², ERIKA GRIJALBA³, LAURA VILLAMIZAR⁴, ALBA MARINA COTES⁵

Resumen: *Bemisia tabaci* es una plaga de importancia económica debido a su amplia distribución geográfica, al daño que ocasiona, y al gran número de cultivos que afecta. En Colombia el control biológico mediante el uso de bioplaguicidas surge como una alternativa promisorio para programas de manejo integrado de plagas. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar y evaluar preformulados con base en hongos entomopatógenos nativos contra *B. tabaci*. Se evaluaron diferentes sustratos para la producción masiva de los aislamientos Bv 056 de *Beauveria bassiana*, Pc 013 de *Paecilomyces* sp. y V1 026 de *Lecanicillium lecanii*. Se seleccionó como el de mayor rendimiento y fácil manipulación un sustrato sólido con base en cereales que presentó un rendimiento promedio de 1×10^9 conidios/g. El principio activo del bioplaguicida consistente en los conidios separados del medio de cultivo fue caracterizado microbiológica y físicamente. Se evaluó bajo condiciones de laboratorio el efecto de los preformulados sobre ninfas de segundo instar, infestando folíolos de fríjol y aplicándolos a una concentración de 1×10^8 conidios/mL. Se produjo el mayor porcentaje de eficacia con el preformulado a base de *B. bassiana* con un 96,5% a los 14 días postaplicación, seguido por los preformulados de *Paecilomyces* sp. y *L. lecanii*, con 81,8% y de 70%, respectivamente.

Palabras clave: Hongo entomopatógeno. Preformulación. Producción masiva. Insecticida microbiano. Control biológico.

Abstract: The whitefly *Bemisia tabaci* is an economically important insect due to its worldwide distribution, the damage it causes and the great variety of crops it affects. In Colombia, biological control with biopesticides is emerging as a promising alternative for integrated pest management programs. For this reason, the objective of the present work was to develop and evaluate preformulations based on native entomopathogenic fungi against *B. tabaci*. Different substrates were evaluated for mass production of the isolates Bv 056 of *Beauveria bassiana*, Pc 013 of *Paecilomyces* sp. and V1 026 of *Lecanicillium lecanii*. A solid cereal-based substrate was selected because of its higher yield and easy manipulation with a conidia production of 1×10^9 conidia/g. The active component of the biopesticide, constituting the conidia separated from the culture medium, was microbiologically and physically characterized. The effect of the preformulations was evaluated under laboratory conditions against second instar nymphs on bean plants by spraying a concentration of 1×10^8 conidia/mL of each isolate. The greatest percent efficacy was produced by the *B. bassiana* preformulation with 96.5% mortality 14 days after inoculation, followed by the preformulations of *Paecilomyces* sp. and *L. lecanii*, with 81.8% and 70%, respectively.

Key words: Entomopathogen fungi. Preformulation. Massive production. Biopesticide. Biological control.

Introducción

El complejo mosca blanca cuenta con más de 1.200 especies (López y García 2000). Dentro de éstas, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) es una de las más limitantes debido al gran número de hospedantes que ataca, a los daños directos e indirectos que ocasiona, a su amplia distribución geográfica y a la ineficiencia de los insecticidas químicos, debido a su capacidad de generar resistencia a productos organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides (Rodríguez y Cardona 2001).

La mosca blanca *B. tabaci* se ha encontrado atacando más de 500 especies de plantas agrupadas en 74 familias, en hospedantes que incluyen, tomate, pepino, habichuela, fríjol, papa, maní, algodón, soya, melón, patilla y ornamentales como crisantemo y poinsettia (McAuslane 2000). Los daños ocasionados por el insecto se pueden producir por la succión de sa-

via ocasionando el debilitamiento de la planta y/o manchas cloróticas. En ataques intensos se producen síntomas de deshidratación, disminución o detención del crecimiento; de igual forma, la excreción de miel de rocío sobre hojas, flores y frutos proporciona el medio adecuado para el establecimiento del hongo *Capnodium* sp., lo cual ocasiona reducción de la fotosíntesis y respiración de la planta, disminución en la calidad de la cosecha y mayores gastos de comercialización. Asimismo, *B. tabaci* es transmisora de virus patógenos en diversos cultivos, tales como el virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate, el virus dorado del tomate, el virus moteado del tomate y el virus del mosaico dorado del fríjol (Infoagro 2004). En algunos cultivos, tales como tomate, la presencia de un solo adulto de mosca blanca por planta es suficiente para causar el 100% de infección con geminivirus (Faria y Wraight 2001).

¹ Autor para correspondencia: Biólogo. M. Sc. Investigador Laboratorio de Control Biológico, CORPOICA, C.I. Tibaitatá. Km 14. vía Mosquera. Teléfono: 4227300 Ext. 1409, Fax: 4227328. cespinelc@gmail.com.

² Bióloga. lissettetorrestorres@hotmail.com.

³ Q. F. Investigadora Laboratorio de Control Biológico, CORPOICA, C.I. Tibaitatá. akirep@tutopia.com.

⁴ Q. F. M. Sc. Investigadora Laboratorio de Control Biológico, CORPOICA, C.I. Tibaitatá. laurafernandav@yahoo.es.

⁵ Ph. D. Investigadora Laboratorio de Control Biológico, CORPOICA, C.I. Tibaitatá. acotes@corpoica.org.co.

Los hongos entomopatógenos *Beauveria* spp., *Paecilomyces* spp. y *Lecanicillium lecani* (Zimm.) han sido reconocidos como importantes agentes de control biológico para plagas de la familia Aleyrodidae, en cultivos tanto en campo como en invernadero, atacando principalmente estados ninfales (Wraight *et al.* 1998; Faria y Wraight 2001). Wraight *et al.* (1998), registraron niveles de mortalidad sobre ninfas de *B. tabaci* entre el 68 y el 94%, ocasionados por *Paecilomyces fumosoroseus* (Wise) Brown & Smith. Herrera *et al.* (1999) evaluaron aislamientos de *Beauveria* spp., *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin y *P. fumosoroseus* bajo condiciones de laboratorio, los cuales ocasionaron porcentajes de mortalidad superiores al 50%. Asimismo, en un estudio en el cual se evaluaron 50 aislamientos de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin sobre ninfas de *B. tabaci* se encontraron porcentajes de mortalidad que variaron entre el 10% y el 93% (Vidal *et al.* 1997).

En trabajos previos, el Laboratorio de Control Biológico del Programa de Manejo Integrado de Plagas de CORPOICA realizó investigaciones encaminadas hacia la búsqueda y selección de microorganismos entomopatógenos para el control *B. tabaci*. Es así como se hicieron muestreos en los departamentos de Tolima, Valle del Cauca, Magdalena y Atlántico, seleccionando los aislamientos Bv 056 de *B. bassiana*, Pc 013 de *Paecilomyces* sp. por ocasionar porcentajes de mortalidad del 58,6% y 91,7%, respectivamente a los 13 días de aplicación bajo condiciones de laboratorio (Espinel *et al.* 2004). Asimismo, el aislamiento V1 026 de *Lecanicillium lecanii* (= *Verticillium lecanii*) previamente seleccionado por ocasionar el 100% de mortalidad sobre ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (García 1996) fue evaluado contra *B. tabaci* obteniéndose el 47% de eficacia (Espinel *et al.* 2004). Actualmente, este microorganismo constituye el principio activo de un bioplaguicida que al ser evaluado en un cultivo de habichuela, ocasionó un porcentaje de infección del 76,8% y una producción de 11,7 Ton/ha en contraste con 7 Ton/ha obtenidas en el tratamiento en el que se aplicaron insecticidas químicos (Jiménez 2002). Este mismo producto al ser evaluado en un cultivo de tomate bajo invernadero produjo un porcentaje de infección de 68,1% sobre el estado ninfal, porcentaje que fue significativamente diferente con respecto al tratamiento correspondiente a la combinación del bioplaguicida con insecticidas químicos (36,6%). Asimismo, el tratamiento con el bioplaguicida produjo la mayor producción, siendo ésta de 68 kg/ha (Garzón 2004).

Debido al impacto económico ocasionado por *B. tabaci* y a las dificultades que existen para su control, es necesario usar bioplaguicidas que tengan diferentes microorganismos como principio activo, ya que esto representa un componente central en programas de Manejo Integrado de Plagas. Sin embargo, para garantizar que el bioplaguicida aplicado sea seguro, eficaz y confiable, es necesario cumplir con varias etapas dentro de su desarrollo, tales como la selección de un medio de producción masiva adecuado, la caracterización microbiológica, la determinación de su estabilidad ante la radiación ultravioleta y su actividad biocontroladora. Por tal razón, el presente trabajo buscó seleccionar sustratos de producción masiva para los aislamientos de hongos entomopatógenos, desarrollar los preformulados a base de los aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces* sp. y evaluar su actividad biocontroladora bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y Métodos

Selección de sustratos de producción masiva. Teniendo en cuenta que la producción masiva de hongos entomopatógenos en medio sólido se realiza generalmente empleando como sustrato granos de cereales y leguminosas (Taborsky 1992, citado por Caro *et al.* 2005), se decidió utilizar los sustratos arroz, millo, avena y soya.

Con el aislamiento Bv056 de *Beauveria bassiana*, se evaluaron dos sistemas de producción masiva previamente estandarizados en el Laboratorio de Control Biológico de CORPOICA para la producción de otros aislamientos de esta misma especie. El primero consistió en arroz precocido estéril con un inductor de virulencia (IV) previamente seleccionado, contenidos en bolsas de polietileno de alta densidad y el segundo en avena con el inductor de virulencia (IV) mantenidos en bandejas metálicas.

Las bolsas se inocularon con dos fragmentos de 1cm² de un cultivo del microorganismo mantenido en cajas de Petri con medio PSA (Papa Sacarosa Agar) de 8 días de edad. La inoculación de cada bandeja se hizo con 5 mL de una suspensión de conidios, ajustada a una concentración de 1×10^7 conidios/mL.

Cada uno de los sistemas de producción fue incubado a 25°C durante 10 días. Transcurrido este tiempo se evaluó el rendimiento de conidios por gramo de sustrato mediante recuento en cámara de Neubauer, para ello se tomó 1 g del sustrato mantenido en bolsas y tres muestras de 1 cm² del sustrato proveniente de bandejas.

Para el aislamiento Pc013 de *Paecilomyces* sp., se evaluaron dos sistemas de producción masiva y cuatro sustratos que consistieron en bolsas con arroz o millo y bandejas con soya o avena. Adicionalmente, a cada sustrato se le adicionó el inductor de virulencia (IV). Las bolsas se inocularon con 2 mL y las bandejas con 5 mL de un preinóculo de *Paecilomyces* sp. preparado en medio líquido Saboureaud a una concentración de 1×10^6 conidios/mL. Posteriormente, cada uno de los sistemas de producción fue incubado a 25°C durante ocho días y se determinó el rendimiento de conidios por gramo de sustrato, de la misma manera descrita anteriormente. El diseño experimental fue completamente al azar y se utilizaron tres unidades experimentales por tratamiento. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

Desarrollo de los preformulados. A partir de los sistemas de producción masiva seleccionados para los aislamientos Bv056 de *B. bassiana* y Pc013 de *Paecilomyces* sp., se obtuvo la biomasa fúngica mediante lavado del sustrato colonizado con una solución de Tween 80 al 0,5% y posteriormente el líquido de lavado se centrifugó a 4.500 rpm por 30 minutos. Al sedimento constituido por los conidios de cada uno de los entomopatógenos, se le determinó el porcentaje de germinación antes y después de adicionarse los auxiliares de formulación previamente seleccionados, los cuales incluyeron filtros UV, diluentes, adherentes y tensioactivos.

Una vez realizada la mezcla de los conidios de cada uno de los microorganismos con los auxiliares de formulación, ésta se liofilizó durante 24 horas. Posteriormente, el producto seco fue triturado y tamizado en una malla con tamaño de poro de 100 micras. Los preformulados fueron caracterizados, determinando su germinación mediante la suspensión de 0,1 g de

cada uno de ellos en 10 mL de Tween 80 al 0,5% y se realizaron las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} , de las cuales fueron sembrados 100 microlitros en medio Agar-Extracto de Malta por triplicado, mantenido en cajas de Petri. Éstas se incubaron a 25°C durante 18 y 24 horas y posteriormente se determinó el porcentaje de germinación para cada tiempo, mediante la observación de 10 campos ópticos por repetición, en un microscopio de luz en el que se contó el número de conidios germinados y no germinados. Para cada dilución se utilizaron tres réplicas. Así mismo, se determinaron la concentración del producto mediante recuento en cámara de Neubauer, el contenido de humedad en una balanza de humedad Ohaus Modelo MB 45 y el tamaño de partícula por microscopía según la metodología descrita por Helman (1982). Cada característica fue determinada por triplicado utilizando tres muestras de cada preformulado.

Determinación de la actividad biocontroladora. Para esta evaluación, la infestación del material vegetal se hizo tomando plantas de fríjol variedad ICA-Calima, las cuales se sembraron en materas plásticas de 10 cm de diámetro, mantenidas bajo condiciones de laboratorio a una temperatura de 25 + 5°C y con una humedad relativa de 70 + 10%. Estas plantas con un trifolío formado, se infestaron recluyendo 20 adultos de *B. tabaci* en jaulas pinza por 36 horas para asegurar suficiente oviposición. Posteriormente, los adultos se retiraron y se hicieron observaciones diarias hasta evidenciar la presencia del segundo instar ninfal.

Una vez observado el estado de desarrollo de la plaga requerido, se aplicaron los tratamientos que consistieron en los preformulados ajustados a la concentración de 1×10^7 conidios/mL, mediante un microaspersor con una presión de 50 psi y un volumen de 3 ml por trifolío. Conjuntamente con los preformulados desarrollados a base de *B. bassiana* y *Paecilomyces* sp. se evaluó el insecticida microbiano a base de *Lecanicillium lecanii* debido a que presenta porcentajes de infección superiores al 68% sobre *Trialeurodes vaporariorum* bajo condiciones de campo, desconociéndose su efecto sobre *B. tabaci*; además, se podría contar con una alternativa de control en aquellos cultivos en los que haya presencia de las dos especies de mosca blanca. De igual forma se aplicaron los tres microorganismos sin formular y producidos en el sustrato de producción masiva seleccionado, asimismo se contó con un testigo absoluto, en el cual no se le hizo ninguna aplicación a los foliolos con ninfas de mosca blanca.

Al sexto día post aplicación se realizó el conteo de las ninfas totales y ninfas enfermas que presentaron cambio de coloración y pérdida de turgencia, evidenciada por un aplastamiento corporal. Al día 14 se contaron los adultos emergidos, evidenciados por las exuvias presentes. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con siete repeticiones por tratamiento. Se determinó el porcentaje de eficacia de cada uno de los aislamientos, mediante la fórmula de Schneider-Orelli (Zar 1999):

$$\text{Porcentaje de eficacia} = ((b - k) / (100 - k)) \times 100$$

Donde **b** equivale al porcentaje de individuos muertos en el tratamiento y **k** equivale al porcentaje de individuos muertos en el testigo absoluto. Adicionalmente se realizó un análisis de varianza y una prueba de diferencias mínimas significativas (DMS).

Resultados y Discusión

Selección de sustratos de producción masiva. En los dos sistemas de producción masiva de *B. bassiana* hubo colonización completa del sustrato con abundante micelio blanco y posterior esporulación pulverulenta de color castaño. Según la prueba DMS, no se presentaron diferencias significativas en los rendimientos con los dos sustratos de producción, posiblemente debido a que las dos matrices sólidas presentaron un alto contenido de nutrientes que permitieron un desarrollo similar. En arroz, el rendimiento fue de 1.5×10^9 conidios/g y en avena fue de $2,5 \times 10^9$ conidios/g. De igual manera, no hubo diferencias significativas en la producción masiva de *Paecilomyces* sp. con los sustratos evaluados; los rendimientos fueron de $1,19 \times 10^9$ conidios/g en arroz, $1,44 \times 10^9$ conidios/g en avena, $8,43 \times 10^8$ conidios/g en millo y de $1,16 \times 10^9$ conidios/g en soja. Esto indica que *Paecilomyces* sp. se desarrolla igualmente con cualquiera de los cuatro sustratos. En la elaboración del bioplaguicida sólido la separación de la biomasa se hizo por vía húmeda, siendo en este caso más adecuado trabajar con arroz y millo debido a que se facilitó dicho proceso pues los conidios del hongo presentaron mayor hidrofiliidad, facilitándose su lavado. Sin embargo, finalmente se decidió emplear como matriz de producción el arroz mantenido en bolsas de polietileno, debido a que su inferior costo al del millo y a que presenta mayor producción de conidios por gramo.

Según Samsinakova y Kalalova (1980), las principales condiciones que se deben tener en cuenta para la producción de microorganismos entomopatógenos son la selección de cepas capaces de producir esporas altamente virulentas, un medio adecuado para la producción óptima de estos conidios a bajo costo, y procesos de formulación y almacenamiento adecuados. En el trabajo desarrollado por estos autores se emplearon sorbitol y peptona como fuentes de carbono y nitrógeno para la producción masiva de *B. bassiana* obteniendo rendimientos de 1×10^{10} conidios/cm²; sin embargo, estos sustratos son costosos y su utilización para la producción masiva resulta poco rentable. Caso contrario a lo obtenido en el presente estudio donde hubo rendimientos inferiores pero utilizando sustratos más económicos. Estas diferencias en los rendimientos, podrían deberse a características propias de cada aislamiento o al efecto del medio de cultivo, ya que la asimilación de carbono en el sorbitol es más baja que en los sustratos arroz y avena, los cuales son ricos en almidón. Asimismo, la alta concentración de fuente de carbono en el medio avena podría haber afectado negativamente la esporulación, ya que como lo reportó Humphreys *et al.* (1989), la concentración de este nutriente está directamente relacionada con la producción de micelio e inversamente relacionada con la esporulación.

Desarrollo de los preformulados. El producto formulado con base en *B. bassiana* consistió en un polvo mojable suspendido en un concentrado emulsificable para aplicación foliar y presentó características adecuadas para este tipo de producto. La germinación de los conidios contenidos en el preformulado fue del 95% y la prueba DMS ($P > 0,001$) no encontró diferencias estadísticas con respecto a la germinación de las células antes de formular, siendo ésta del 98%. Este resultado sugiere que el proceso de formulación no afectó la viabilidad de las células y el producto seco presentó una germinación adecuada para asegurar su efectividad en campo. Por otra parte, la concentración del producto fue de 10^{10} conidios/g y la humedad

del 4,8%, la cual cumple con lo recomendado por diferentes autores (Butt *et al.* 2001).

El tamaño de partícula de este preformulado fue de 45 micrómetros, el cual facilita su suspensión en el volumen de reconstitución, disminuyendo la velocidad de sedimentación de las mismas y evitando el taponamiento de las boquillas de los equipos, cuando sea aplicado en campo.

El preformulado con base en *Paecilomyces* sp. se elaboró de igual forma como un polvo mojable suspendido en un concentrado emulsificable para aplicación foliar. Los conidios de la formulación presentaron un porcentaje de germinación del 80%, siendo estadísticamente diferente al obtenido con los conidios antes de formular, el cual fue del 97%. Los resultados sugieren que la germinación del hongo se vio afectada por el proceso de separación o formulación o por alguno de los auxiliares de formulación empleados, por lo que surge la necesidad de evaluar otros excipientes para la formulación que no afecten la viabilidad del microorganismo. Este efecto posiblemente se debió al filtro U.V, el cual demostró en pruebas preliminares tener un efecto negativo sobre la germinación de los conidios. Así mismo, el excipiente utilizado como protector de secado y/o la proporción de éste, posiblemente no fueron los indicados para garantizar la viabilidad de los conidios en esta etapa tecnológica.

La concentración en el producto fue de $2,45 \times 10^{10}$ conidios/g y se encuentra dentro del límite preestablecido en el Laboratorio de Control Biológico para los bioplaguicidas desarrollados. Esta concentración fue similar a la registrada por Villamizar y Cotes (2004), para un insecticida microbiano a base de *L. lecanii* para el control de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*, la cual fue de 1×10^{10} conidios/g. El porcentaje de humedad fue menor al 5%, valor que se encuentra entre el límite de aceptación para estos productos biológicos, puesto que bajo estas condiciones de humedad el metabolismo de los hongos se hace más lento, lo que contribuye a aumentar su estabilidad y por tanto su vida útil (Butt *et al.* 2001).

Determinación de la actividad biocontroladora. Al determinar la actividad biocontroladora de los productos a base de *B. bassiana*, *Paecilomyces* sp. y *L. lecanii*, se encontró que a los seis días post aplicación el mayor porcentaje de mortalidad lo causó el preformulado a base de *B. bassiana* con un 76,5%; la prueba DMS no encontró diferencias significativas con la mortalidad ocasionada por los conidios sin formular, el cual produjo el 66,5%; pero sí presentó diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Cuando se evaluó el aislamiento de *Paecilomyces* sp., se encontró un comportamiento similar al obtenido con el de *B. bassiana*, debido a que el mayor porcentaje de mortalidad se presentó con los conidios formulados en comparación con los no formulados, siendo estos del 52,1% y 42,8%, respectivamente. Caso contrario ocurrió con el aislamiento de *L. lecanii*, cuyos conidios sin formular produjeron una mayor mortalidad que los formulados, siendo de 56,2% y de 40,9% respectivamente (Fig. 1).

A los 14 días post aplicación, no se presentaron diferencias significativas entre los porcentajes de eficacia producidos por el preformulado con base en *B. bassiana* y los conidios sin formular de *Paecilomyces* y *L. lecanii*, los cuales fueron del 96,5%, 95,2% y 92,9%, respectivamente. Adicionalmente, no se presentaron diferencias significativas entre los porcentajes de eficacia alcanzados por los conidios sin formular de

B. bassiana y los preformulados con base en *Paecilomyces* y *L. lecanii* (Fig. 2).

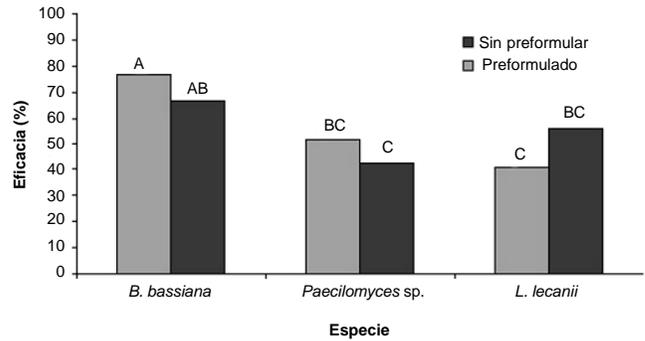


Figura 1. Efecto de los preformulados con base en *B. bassiana* y *Paecilomyces* sp. y del insecticida microbiano con base en *L. lecanii* sobre ninfas de *B. tabaci* a los seis días de aplicación. Columnas con letras diferentes indican diferencias significativas.

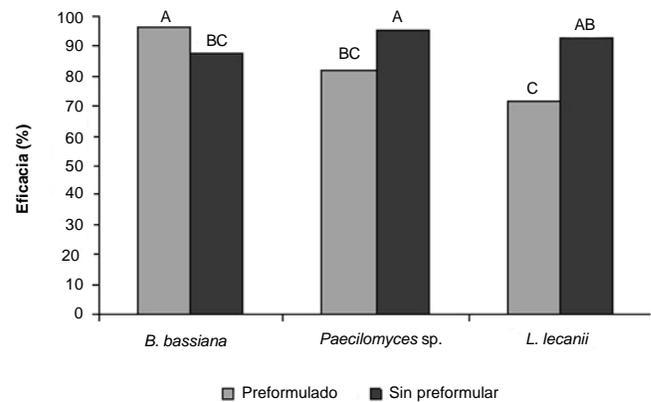


Figura 2. Efecto de los preformulados con base en *B. bassiana* y *Paecilomyces* sp. y del insecticida microbiano con base en *L. lecanii* sobre ninfas de *B. tabaci* a los catorce días de aplicación. Columnas con letras diferentes indican diferencias significativas.

Al comparar los resultados del presente estudio con los registrados por Espinel *et al.* (2004) en el cual se seleccionaron estos mismos aislamientos, los porcentajes de eficacia presentaron un incremento del 3,59%, 29,1% y 45,9% para los mismos aislamientos de *Paecilomyces* sp., *B. bassiana* y *L. lecanii* respectivamente, para el día 14 de evaluación. Esto podría estar relacionado con un efecto del medio de crecimiento del microorganismo sobre su actividad biocontroladora; debido a que en el ensayo de selección de aislamientos los microorganismos se sembraron en medio de cultivo YDB (Espinel *et al.* 2004) y en el presente estudio para la selección de preformulados se utilizaron sustratos de producción masiva los cuales pudieron activar algunos factores determinantes en el mecanismo de acción de los microorganismos. Tal es el caso de un mejoramiento en la capacidad de adherencia de las células, ya sea por modificación en la carga de la pared celular o por un aumento en la producción de muclago que media el proceso de adhesión a la cutícula del insecto. También po-

drían haber aumentado la velocidad de germinación de los conidios, la producción de enzimas como quitinasas o la producción de toxinas que determinan la capacidad de virulencia del microorganismo (Lezama 1994).

Por otra parte, hubo una reducción significativa en los porcentajes de eficacia producidos por el aislamiento de *Paecilomyces* sp. sin formular con respecto al preformulado, los cuales fueron del 95,29% y 81,8% respectivamente, al día 14 de la evaluación. Este mismo efecto se observó para el caso del aislamiento de *L. lecanii*, pero no fue significativo. En contraste, se observó un incremento significativo en los porcentajes de eficacia ocasionados por el preformulado con base en el aislamiento de *B. bassiana*, en comparación con los conidios no formulados.

Cabe destacar que los preformulados fueron evaluados en condiciones de laboratorio, en las que no hay factores ambientales negativos que podrían influenciar la viabilidad de los entomopatógenos. Bajo estas condiciones, se encontró que los excipientes utilizados en el desarrollo del preformulado con base en *B. bassiana* podrían haber favorecido su actividad biocontroladora contra *B. tabaci*, contrario a lo sucedido con *Paecilomyces* sp. y *L. lecanii*. El incremento en la mortalidad cuando el microorganismo es formulado concuerda con estudios realizados por Gómez *et al.* (2005), quienes al evaluar virus de la granulosis formulados sobre *Tecia solanivora* (Povolny, 1973), encontraron porcentajes de eficacia entre el 88% y 100%, resultados significativamente diferentes a los obtenidos por los aislamientos sin formular con un porcentaje de eficacia entre el 36% y 86%. En contraste, Villamizar *et al.* (2004), al evaluar diferentes prototipos de formulación de *Nomuraea rileyi* para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), encontraron una disminución en el porcentaje eficacia hasta del 57% en comparación con este mismo microorganismo sin formular, indicando en este último caso que la formulación afectó la actividad biocontroladora.

Otro aspecto por considerar es que a pesar de no ser objetivo del trabajo, se debe tener en cuenta la influencia que puede ejercer la planta hospedante sobre los resultados de eficacia de los hongos entomopatógenos. Santiago-Álvarez *et al.* (2006), encontraron diferencias en la mortalidad de *B. bassiana* sobre *B. tabaci* y *T. vaporariorum* cuando éstas se criaron sobre tabaco, pepino, tomate, fríjol, repollo, melón, pimentón y algodón. A los siete días después de la inoculación la mortalidad tuvo un rango entre el 52,3% al 91,8%.

Por esta razón es importante evaluar los prototipos desarrollados en condiciones de campo, ya que es bajo condiciones ambientales drásticas en que se podrían apreciar las ventajas de la formulación. Tal es el caso de una formulación desarrollada a base del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para el control de la langosta llanera *Rhammatocerus schistocercoides* (Rhen, 1906) (Orthoptera: Acrididae), la cual al evaluarse bajo condiciones de campo ocasionó una mortalidad del 67,8% en comparación con los conidios del hongo sin formular con los que la mortalidad fue del 9,5% (Espinel *et al.* 1998).

Literatura citada

- BUTT, T.; JACKSON, C.; MAGAN, N. 2001. Fungi as biocontrol agents, progress, problems and potential. CABI Publishing, UK, 259 p.
- CARO, L.; VILLAMIZAR, L.; ESPINEL, C.; COTES, A. 2005. Efecto del medio de cultivo en la virulencia de *Nomuraea rileyi* sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología 31 (1): 79-88.
- ESPINEL, C.; EBRATT, E.; COTES, A. 1998. Evaluación de cepas nativas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Rhammatocerus schistocercoides* (Orthoptera: Acrididae). Revista Colombiana de Entomología 24 (1-2): 1-6.
- ESPINEL, C.; TORRES, L.; GARCÍA, J.; GONZÁLEZ, V.; COTES, A. 2004. Aislamiento y selección de hongos entomopatógenos para el control de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). En: Resúmenes del XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá. pp. 99.
- FARIA, M.; WRIGHT, S. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop protection 20: 767-778.
- 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 Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 121 p.
- GARZÓN, I. 2004. Evaluación de un bioplaguicida a base de *Lecanicillium lecanii* aplicado con un equipo neumático, para el control de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Trabajo de grado. Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 48 p.
- GÓMEZ, J., VILLAMIZAR, L., ESPINEL, C., COTES, A. 2005. Evaluación de tres virus de la granulosis nativos aislados a partir de *Tecia solanivora* en el departamento de Cundinamarca. En: Resúmenes del XXXII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Ibagué. pp. 81.
- HELMAN, H. 1982. Farmacotécnica teórica y práctica. Segunda edición. Editorial Continental. Ciudad de México. p 1685-1750.
- HERRERA, F.; CARBALLO, M.; SHANNON, P. 1999. Eficacia de cepas nativas de hongos entomopatógenos sobre *Bemisia tabaci* en el laboratorio. <<http://web.catie.ac.cr/informacion/RMIP/rmip54/art6-a.htm>>. [Fecha última revisión: 5 noviembre 2005].
- HUMPHREYS, A.; MATEWELE, P.; TRINCI, B.; GILLESPIE, A. 1989. Effects of water activity on morphology, growth and blastospore production on *M. anisopliae*, *B. bassiana* and *P. farinosus* in batch and fed batch culture. Mycological Research 92: 257-264.
- INFOAGRO. 2004. Métodos de control de la mosca blanca *Bemisia tabaci*. <<http://www.infoagro.com/abonos/moscablanca.htm>>. Fecha última revisión: 19 octubre 2005. [Fecha último acceso: 27 octubre 2005].
- JIMÉNEZ, L. 2002. Evaluación de técnicas de aplicación de un bioplaguicida a base de *Verticillium lecanii*, para el control de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* en un cultivo de habichuela. Trabajo de grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 83 p.
- LEZAMA, R. 1994. Patogenicidad de hongos parásitos de insectos. En: I Seminario Patología. FCBA. U de Tecmán, Colima. pp. 47-69.
- LÓPEZ, A.; GARCÍA, J. 2000. Manejo Integrado sostenible de moscas blancas como plagas y vectores de virus en los trópicos. 1. Reconocimiento, diagnóstico y caracterización de moscas blancas como plagas en el trópico alto de América Latina. Informe final. Convenio Danida – Corpoica. CIAT. 43 p.
- McAUSLANE, H. 2000. Sweet potato whitefly B biotype or silverleaf whitefly. <<http://www.nysaea.cornell.edu/ent/biocontrol/parasitoids/whitefly>>. Fecha última revisión: 10 octubre 2005. [Fecha último acceso: 25 octubre 2005].
- RODRÍGUEZ, I.; CARDONA, C. 2001. Problemática de *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) como plagas de cultivos semestrales en el Valle del Cauca. Revista Colombiana de Entomología 27 (1-2): 21-26.

- SAMSINAKOVA, B.; KALALOVA, S. 1980. Mass production of *Beauveria bassiana* for regulation of *Leptinotarsa decemlineata* populations. *Journal of Invertebrate Pathology* 38: 169-174.
- SANTIAGO-ÁLVAREZ, C.; MARANHÃO, E.; MARANHÃO, E.; QUESADA-MORAGA, E. 2006. Host plant influences pathogenicity of *Beauveria bassiana* and its sporulation on cadavers. *Bicontrol* 51: 519-532.
- VIDAL, C.; LACEY, L.; FARGUE, J. 1997. Pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against *Bemisia argentifolli* (Homoptera: Aleyrodidae) with a description of a bioassay method. *Journal of Economic Entomology* 90: 765-772.
- VILLAMIZAR, L.; ARRIERO, C.; BOSA, F.; COTES, A. 2004. Desarrollo de preformulados a base de *Nomuraea rileyi* para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología* 30 (1): 99-105.
- VILLAMIZAR, L.; COTES, A. 2004. Desarrollo de un bioplaguicida a base de *Verticillium lecanii* para el control de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). En: Resúmenes del XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá. pp. 101.
- WRAIGHT, S.; CARRUTHERS, R.; BRADLEY, C.; JARONSKI, S.; LACEY, L.; WOOD, P.; GALINI – WHAIGHT, S. 1998. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silverleaf whitefly *Bemisia argentifolli*. *Journal of Invertebrate Pathology* 71: 217-226.
- ZAR, J. 1999. *Biostatistical analysis*. Cuarta edición. Prentice Hall. New Jersey. 663 p.

Recibido: 25-mar-2006 • Aceptado: 13-mar-2008