



Actividad biológica de hongos entomopatógenos sobre *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae)

Biological activity of entomopatogenic fungi on *Premnotrypes vorax* Hustache (coleoptera: curculionidae)

Jorge Enrique Villamil C.¹; John Wilson Martínez O.²; Elberth Hernando Pinzón³.

1. Profesional de apoyo a la investigación. I.A. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Espinal, Colombia, jvillamil@corpoica.org.co.
2. Docente. M.Sc. Entomología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia, john.martinez@uptc.edu.co.
3. Docente. M.Sc. Fisiología Vegetal. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia, elberth02@gmail.com.

Citar: VILLAMIL, J.; MARTÍNEZ, J.; PINZÓN, E. 2016. Actividad biológica de hongos entomopatógenos sobre *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae). Rev. Cienc. Agri. 33(1): 34 - 42.

Fecha de recepción: Mayo 13 de 2015.

Fecha de aceptación: Marzo 13 de 2016.

RESUMEN

El gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache) ocasiona pérdidas considerables en el cultivo de la papa, las cuales pueden llegar hasta el 100% dependiendo del nivel de infestación y manejo del cultivo. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto individual y combinado de dos aislamientos autóctonos de *Beauveria* spp. en comparación con dos bioplaguicidas a base de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria brongniartii*, sobre *P. vorax* en condiciones de campo. Se empleó el Diseño Completamente al Azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Se hicieron inoculaciones mediante aspersión dirigida a la base de la planta, utilizando una concentración 5×10^8 conidias.g⁻¹. Se evaluó porcentaje de daño, porcentaje de control y rendimiento al momento de cosecha (t ha⁻¹). Los resultados indicaron que las cepas comerciales en combinación Metaril® W.P + *B. brongniartii*® W.P (T6) y el aislamiento autóctono de *Beauveria* sp. Bv01 (T1), presentaron los menores porcentajes de daño ($3,1 \pm 0,06$ y $3,5 \pm 0,2\%$), los mayores porcentajes de control ($77 \pm 0,46$ y $76,7 \pm 1,78\%$), y la mejor producción ($19 \pm 0,40$ t ha⁻¹ y $18 \pm 0,25$ t ha⁻¹) con diferencias significativas (Duncan $p \leq 0,05$) respecto a los demás tratamientos y el control regional. Se destacó el T6, ya que mostró el mejor potencial biológico por su rendimiento en cosecha, representando una alternativa promisoriosa para el control de *P. vorax* al ser incorporado dentro de un esquema de manejo integrado de la plaga en la región.

Palabras clave: aislamiento autóctono, *Beauveria*, control biológico, insecto plaga.

ABSTRACT

Andean potato weevil *Premnotrypes vorax* Hustache causes economic losses in potato crop which could rise until 100% depending upon population level and crop management. The aim of this work was to determine the individual and combined pathogenic effect of two isolates of native *Beauveria* spp. Compared to commercial products (*Beauveria* spp. and *Metarhizium anisopliae*) for controlling *P. vorax* under field conditions. A completed randomized design, eight treatments, and four replicates was used. The inoculation was directed to the stem base, using a 5×10^8 conidia.g⁻¹. Damage percentage, control percentage and yield at harvest time (t.ha⁻¹) were evaluated. Results indicated that commercial products combination, Metaril® W.P + *B. brongniarti*® W.P and *Beauveria* sp. Bv01 native isolate showed the lowest damage (3.1 ± 0.06 and $3.5 \pm 0.2\%$, respectively), the highest control levels (77 ± 0.46 and $76.7 \pm 1.78\%$, respectively), and the highest yield per ha (19 ± 0.40 t ha⁻¹ and 18 ± 0.25 t ha⁻¹, respectively). These results were significantly different (Duncan $P \leq 0.05$) to the other treatments. Treatment T6 was outstanding because it's highest biological potential. This treatment represent a promissory alternative for controlling *P. vorax*.

Key words: native isolate, *Beauveria*, Biological control, insect pest.

INTRODUCCIÓN

En Colombia el cultivo de papa es la principal actividad agrícola en el altiplano Cundiboyacense, la cual integra especialmente a pequeños productores quienes derivan de éste cultivo su principal fuente de ingresos, bienestar y calidad de vida (Alarcón *et al.*, 2011). Este sistema productivo vincula más de 90.000 familias rurales colombianas, ubicadas en un 89% en las zonas altas de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Cauca, Nariño y Antioquia (Rios *et al.*, 2010).

Los rendimientos en el cultivo de la papa, año tras año se reducen por la incidencia de insectos plaga, entre los cuales se destaca el gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache) (Coleóptera: Curculionidae), el cual presenta altos niveles de infestación en la mayoría de zonas cultivadas y dificultad para ser controlado, debido al desarrollo de su ciclo biológico a nivel del suelo y rizosfera (Espitia, 2010). En su estado adulto, se alimenta principalmente de las hojas, pero el daño de importancia económica es ocasionado en estado larval, donde se alimentan los tubérculos. Esto disminuye la calidad del producto hasta en un 40%, afectando la competitividad en los mercados regionales y nacionales (Niño *et al.*, 2004). Se han propuesto

varios métodos para disminuir los daños causados por *P. vorax*, tales como la utilización de barreras vegetales o físicas (Bastidas, 2005; Montesdeoca *et al.*, 2012), prácticas culturales (Zapata *et al.*, 2006; Espitia, 2010) y uso de bioplaguicidas como alternativa de control biológico (Cotes *et al.*, 2003; Mena *et al.*, 2003).

No obstante, la medida más utilizada para el control de *P. vorax* es el uso de plaguicidas químicos, los cuales no siempre son exitosos, pero si incrementan los costos de producción (Espitia, 2010). Esta situación ha originado contaminación ambiental, surgimiento de plagas secundarias y efectos nocivos para la salud de agricultores y consumidores (Yanggen *et al.*, 2003). Teniendo en cuenta estos antecedentes, el empleo de agentes biológicos, como los hongos entomopatógenos (Cotes *et al.*, 2003), entre los que se encuentran, los géneros *Beauveria* y *Metarhizium*, resultan ser los más promisorios por su eficacia insecticida a nivel *In vitro* e *In situ* sobre *P. vorax* (Barriga *et al.*, 2002; Mena *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2004; García *et al.*, 2006; Guapi *et al.*, 2011; Villamil *et al.*, 2015). Estos también han evidenciado capacidad patogénica sobre otros tipos de plagas tropicales como *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytinae) (Cárdenas *et al.*, 2007; Bastidas *et al.*,

2009; Vera *et al.*, 2011; Benavides *et al.*, 2012), *Ancognatha scarabaeiodes* Erichson (Coleoptera: Scarabaeoidea) (Lucero *et al.*, 2004) y *Tecia solani-vora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) (Villamil y Martínez, 2014).

Con base en lo anterior, el objetivo, fue determinar el efecto de aislamientos autóctonos de *Beauveria* spp. procedentes de los departamentos de Boyacá y Santander (Colombia), y de los bio plaguicidas *Metarhizium anisopliae* (Metsch. Sorok.) y *Beauveria brongniartii* (Saccardo. Petch.) sobre *P. vorax* en condiciones de campo. De esta manera, se pretende aportar elementos adicionales dentro de la caracterización de aislamientos nativos y cepas comerciales que a mediano o largo plazo permita introducir el componente biológico dentro de los esquemas de manejo integrado de *P. vorax* y otras plagas de importancia, en los diferentes sistemas productivos presentes en el departamento de Boyacá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. El presente trabajo se llevó a cabo durante el segundo semestre de 2014 en la finca Santa Helena, del municipio de Soracá (Boyacá, Colombia), ubicada a 05°30'57,5"LN, 73°17'34,7"LO, 2.856 msnm, con temperatura media 13°C y precipitación promedio 74,8 mm/mes.

Tratamientos. Los tratamientos evaluados (Tabla 1) se diseñaron a partir de dos aislamientos autóctonos de *Beauveria* spp. codificados como Bv01 y Bv05 y dos cepas comerciales identificadas como Metaril® W.P i.a. *M. anisopliae* y *B. brongniartii*® W.P i.a. *B. brongniartii*; un control químico (control regional) con Clorpiricol® 4EC 480 g.l⁻¹ i.a. Clorpirifos y un testigo absoluto donde no se empleó ningún control del insecto plaga.

El aislamiento *Beauveria* sp. Bv01, fue obtenido de adultos de *Rynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) con signos de infección en campo del hongo entomopatógeno *Beauveria* sp.

procedente de un sistema agrícola del municipio de San Gil (Santander, Colombia) y *Beauveria* sp. Bv05 de adultos de *P. vorax* recolectados en el municipio de Ventaquemada (Boyacá, Colombia), los cuales causaron un porcentaje de mortalidad acumulada de 73,8±7,3% y 74,1±6,2%, respectivamente, 16 días después de la inoculación *In vitro* sobre larvas de *P. vorax* colectadas en campo con peso promedio de 0,030g y dejadas por 30 días en suelo estéril para probar que estaban libres de patógenos (Villamil *et al.*, 2015). Se determinó incluir a *Beauveria* sp. Bv05, teniendo en cuenta los procesos de selección natural y coevolución del hongo con el insecto, factores que pueden generar una mayor especificidad en el proceso de infección (France *et al.*, 1999) y a *Beauveria* sp. Bv01 al conocerse la capacidad de los hongos para especializarse en su acción patogénica sobre los insectos a los cuales se les aplica el control (Zimmermann, 2007); lo anterior debido a que su virulencia y especificidad varía entre aislamientos de manera considerable, por la existencia de diferentes especies (Rehner *et al.*, 2011).

Todos los tratamientos evaluados en el ensayo recibieron el mismo manejo agronómico, el cual consistió en preparación del suelo con arado de disco y rastrillo, aplicación de cal dolomita como correctivo de acidez (30 días antes de la siembra), incorporación de materia orgánica al momento de la siembra (gallinaza compostada ABIM-GRA®), fertilización edáfica (a la siembra y en el desyerbe) con base en análisis de suelos, la cual, según Torres *et al.* (2004) no afecta la viabilidad de *Beauveria* spp., manejo de malezas al momento del desyerbe y aporque (60 y 80 días después de la siembra, respectivamente), riego por aspersión según demanda del cultivo y control fitosanitario basado en los estudios de compatibilidad *In vitro* con *Beauveria* spp. y en lo reportado por Rivera (1993), quien sugiere el uso de ingredientes activos como Cipermetrina, Dimethomorph, Metaxil, Mancozeb para el control de *Epitrix* spp., *Alternaria solani* (Sorauer) y *Phytophthora infestans* (Mont. De Bary), entre otros, cuando se trabaja con hongos entomopatógenos.

Tabla 1. Tratamientos evaluados para el control de *P. vorax* en condiciones de campo, municipio de Soracá (Boyacá, Colombia).

Tratamiento	Formulación	Sustrato	Concentración	Dosis aplicada
T1. <i>Beauveria</i> sp. Bv01	formulación sólida	arroz precocido	7,0x10 ⁷ conidias.g ⁻¹	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹
T2. <i>Beauveria</i> sp. Bv05	formulación sólida	arroz precocido	2,5x10 ⁷ conidias.g ⁻¹	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹
T3. <i>B. brongniartii</i> ® W.P	polvo mojable	microtalcó estéril	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹
T4. Metaril® W.P	polvo mojable	microtalcó estéril	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹
T5. Mezcla Bv01 + Bv05	formulación sólida	arroz precocido	4,8x10 ⁷ conidias.g ⁻¹	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹
T6. Mezcla Metaril® W.P + <i>B. brongniartii</i> ® W.P	polvo mojable	microtalcó estéril	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹	5,0x10 ⁸ conidias.g ⁻¹
T7. Clorpiricol® 4EC (Control regional)	concentrado emulsionable	—	480 g.l ⁻¹ del i.a.	3,5 mL.l ⁻¹
T8. Testigo absoluto	NA	NA	NA	NA

i.a.: ingrediente activo; NA: no aplica.

Obtención de aislamientos autóctonos. Los aislamientos evaluados, pertenecen al banco de cepas del Laboratorio de Control Biológico, facilitados por el Grupo Manejo Biológico de Cultivos-GMBC del programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-UPTC. Los aislamientos de *Beauveria* spp. denominados Bv01 y Bv05, fueron incubados a 23°C (Lucero *et al.*, 2004) por diez días en cinco cajas Petri que contenían medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA® ASIMEL) (García *et al.*, 2006). El medio se aciduló al 1% (ácido láctico) suplementado con antibiótico (i.a. cloranfenicol® MK) para evitar la contaminación bacteriana (Lucero *et al.*, 2004).

Producción masiva del inóculo. Se emplearon bolsas de polipropileno en las cuales se adicionaron 100g de arroz blanco y 90mL de agua destilada estéril (A.D.E). El medio de cultivo, se esterilizó en autoclave a 121°C, 15 PSI por 25min. La siembra se realizó tomando 0,5cm² del medio PDA, colonizado por el entomopatógeno, el cual se introdujo en las bolsas que contenían el arroz estéril, para su posterior incubación a 25±2°C durante 25 días (Vélez *et al.*, 1997).

Determinación de la concentración de conidias. Se preparó una suspensión de cada uno de los aislamientos autóctonos en A.D.E en un patrón de 9mL, utilizando 1g de arroz precocido colonizado por el entomopatógeno y una alícuota de 10µL de Tween® 80 al 0,1% (ASIMEL) para favorecer la dispersión de las conidias (Vélez *et al.*, 1997). De la suspensión se hicieron diluciones seriadas hasta 1x10⁻³, tomando de ésta una alícuota de 10µL para realizar los conteos en cámara Neubauer con ayuda de un microscopio Nikon®. La estimación de la concentración de conidias, se efectuó contando en cinco cuadros del cuadrante central de la cámara (Vélez *et al.*, 1997). La densidad de la suspensión de cada uno de los aislamientos fue ajustada a 5,0x10⁸ conidias.g⁻¹ (Fernández y Colmenares, 1997; Torres *et al.*, 2004).

Aplicación de los tratamientos. Se efectuó al momento de la siembra y en el desyerbe (60 días después de la siembra) en horas de la tarde (Ebratt *et al.*, 1995), empleando aceite agrícola (Carrier® 862g.l⁻¹ del i.a., de Colinagro) como coadyuvante. La aplicación se hizo localizada a la base de la planta y cubriendo posteriormente con suelo (Peña *et al.*, 1999). Los demás insecticidas

y fungicidas para el manejo fitosanitario, se aplicaron al dosel de la planta, mediante aspersión masiva (Ebratt *et al.*, 1995).

VARIABLES DE RESPUESTA. Al momento de cosecha se determinó el porcentaje de daño, porcentaje de control y rendimiento ($t\ ha^{-1}$). El porcentaje de daño, fue calculado mediante la fórmula de Peña *et al.* (1999), relacionando el número total de tubérculos dañados para cada tratamiento con el número total de tubérculos. El porcentaje de control, se evaluó a partir de la fórmula de Abbott (1925), teniendo en cuenta la diferencia de la constante 100 por el número total de tubérculos para cada tratamiento sobre el número de tubérculos dañados en el testigo (Ebratt *et al.*, 1995). Finalmente, se estableció el rendimiento de tubérculo comercial por hectárea (Ebratt *et al.*, 1995; Guapi *et al.*, 2011).

DISEÑO EXPERIMENTAL. Se empleó el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales, cada una compuesta por una parcela de $9m^2$. Del borde de la parcela al primer surco, se dejaron 0,15m, entre surcos una distancia de 0,90m (tres surcos/parcela) y entre plantas 0,40m (ocho plantas/surco) obteniendo un total de 24 plantas por unidad experimental. En el momento de la cosecha se utilizó como parcela efectiva el surco central (Peña *et al.*, 1999). El ensayo se llevó a cabo en un lote de $480m^2$, el cual presentó una incidencia de *P. vorax* mayor al 50% en el ciclo productivo del primer semestre de 2014. Como material vegetal se empleó el cultivar Diacol Capiro, haciendo uso de tubérculos certificados de tamaño mediano (70-120g). El manejo agronómico del cultivo fue realizado por el productor.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de normalidad y homogeneidad de varianza para cada variable mediante la prueba de Shapiro-Will y Levene, respectivamente. Comprobados los supuestos se realizó Análisis de Varianza (ANDEVA) y Test de Comparación Múltiple de Duncan ($p \leq 0,05$), mediante el paquete estadístico SAS v. 9,2e[®].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de daño en tubérculos de papa. El ANDEVA indicó diferencias significativas entre tratamientos. Los tratamientos que mejor respuesta mostraron (menor porcentaje de daño) fueron los correspondientes a la mezcla Metaril[®] W.P + *B. brongniartii*[®] W.P con un valor de $3,1 \pm 0,06\%$ y *Beauveria* sp. Bv01 con $3,5 \pm 0,2\%$, mientras que la cepa Metaril[®] W.P (T4) y el testigo (T8) tuvieron los porcentajes más altos de daño con valores de $9,2 \pm 0,16\%$ y $10,4 \pm 0,16\%$, seis meses después de la aplicación de los entomopatógenos (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de daño ocasionado por *P. vorax* en tubérculos de papa cv Diacol Capiro, bajo diferentes métodos de control biológico.

Tratamiento	Porcentaje daño (%)
T1. <i>Beauveria</i> sp. Bv01	$3,5 \pm 0,2$ e
T2. <i>Beauveria</i> sp. Bv05	$4,8 \pm 0,1$ d
T3. <i>B. brongniartii</i> [®] W.P	$5,4 \pm 0,3$ d
T4. Metaril [®] W.P	$9,2 \pm 0,1$ b
T5. Mezcla Bv01 + Bv05	$6,9 \pm 0,4$ c
T6. Metaril [®] W.P + <i>B. brongniartii</i> [®] W.P	$3,1 \pm 0,06$ e
T7. Clorpiricol [®] 4EC	$6,9 \pm 0,7$ c
T8. Testigo absoluto	$10,4 \pm 0,1$ a

Promedios con letras distintas, indican diferencias significativas (Duncan; $p \leq 0,05$).

El efecto biológico observado en la mezcla de las cepas comerciales y el aislamiento autóctono de *Beauveria* sp. Bv01, con diferencias significativas respecto al testigo químico, concuerda con lo expuesto por Guapi *et al.* (2011), quienes observaron eficacia entomopatógena en la localidad de Huacanas (Ecuador) evaluando dos bioformulados y un aislamiento nativo multiplicado en sustrato de arroz a base de *B. bassiana* con un daño promedio de 11,2%, comparado con el control químico (23,7%).

Porcentaje de control de *P. vorax*. Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. La mezcla Metaril® W.P + *B. brongniartii*® W.P (T6), mostró el valor más alto en esta variable ($77 \pm 0,46\%$) seguido de *Beauveria* sp. Bv01 (T1) con $76,7 \pm 1,78\%$. El biológico comercial Metaril® W.P (T4) con un valor de $39,2 \pm 1,44\%$ y el insecticida Clorpiricol® 4EC (T7) con $43,2 \pm 2,6\%$, tuvieron el menor control sobre *P. vorax* (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de control de *P. vorax* en tubérculos de papa cv Diacol Capiro, por efecto de los tratamientos evaluados en condiciones de campo. Soracá (Boyacá, Colombia).

Tratamiento	Porcentaje control (%)
T1. <i>Beauveria</i> sp. Bv01	$76,7 \pm 1,7$ a
T2. <i>Beauveria</i> sp. Bv05	$67,8 \pm 1,4$ b
T3. <i>B. brongniartii</i> ® W.P	$60,6 \pm 1,4$ c
T4. Metaril® W.P	$39,2 \pm 1,4$ e
T5. Mezcla Bv01 + Bv05	$47,3 \pm 1,2$ d
T6. Metaril® W.P + <i>B. brongniartii</i> ® W.P	$77,0 \pm 0,4$ a
T7. Clorpiricol® 4EC	$43,2 \pm 2,6$ de
T8. Testigo absoluto	0 f

Promedios con letras distintas, indican diferencias significativas (Duncan; $p \leq 0,05$).

Se ha demostrado que la actividad biocontroladora de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre *P. vorax* puede ser potencializada mediante su uso combinado presentándose cierta interacción entre ellos, que podría relacionarse con un efecto sinérgico de mecanismos de acción correspondientes a cada cepa (Torres et al., 2004), debida a la acción combinada de las toxinas de *B. bassiana* y *M. anisopliae* a la que es sometida el insecto, como se observó en el presente estudio, en el cual el porcentaje más alto de control se evidenció con el empleo de una mezcla.

De acuerdo con Peña et al. (2000) y Torres et al. (2004), el espectro de acción de *B. bassiana* y *M. anisopliae* está estrechamente relacionado con factores ambientales como radiación solar, pH,

temperatura, humedad y materia orgánica. Por su parte, Inglis et al. (1997) observaron que cepas de *B. bassiana* presentan un buen desempeño a bajas temperaturas, mientras que *M. anisopliae* tiene un óptimo desarrollo a altas temperaturas; las cuales al actuar en mezcla potenciaron su actividad entomopatógena obteniendo mejor control en saltamontes; sin embargo, este disminuyó al hacer uso de las cepas de forma individual.

Rendimiento. El ANDEVA mostró diferencias estadísticas entre tratamientos. Al comparar el rendimiento de papa teniendo en cuenta el efecto de la aplicación de hongos entomopatógenos, se encontró que el mayor valor de rendimiento lo presentó la mezcla de Metaril® W.P + *B. brongniartii*® W.P (T6), con $19 \pm 0,40$ t ha⁻¹ seguido de T1 (*Beauveria* sp. Bv01) con $18 \pm 0,25$ t ha⁻¹. El menor rendimiento se observó en los tratamientos 4 y 5 con valores de $12,6 \pm 0,16$ t ha⁻¹ y $12,5 \pm 0,20$ t ha⁻¹, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Rendimiento de papa cv 'Diacol Capiro' obtenida en cada uno de los tratamientos evaluados bajo condiciones de campo. Soracá (Boyacá, Colombia).

Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)
T1. <i>Beauveria</i> sp. Bv01	$18 \pm 0,25$ b
T2. <i>Beauveria</i> sp. Bv05	$13 \pm 0,40$ de
T3. <i>B. brongniartii</i> ® W.P	$14,7 \pm 0,10$ c
T4. Metaril® W.P	$12,6 \pm 0,10$ e
T5. Mezcla Bv01 + Bv05	$12,5 \pm 0,20$ e
T6. Metaril® W.P + <i>B. brongniartii</i> ® W.P	$19 \pm 0,40$ a
T7. Clorpiricol® 4EC	$17,4 \pm 0,20$ b
T8. Testigo absoluto	$13,6 \pm 0,10$ d

Promedios con letras distintas, indican diferencias significativas (Duncan; $p \leq 0,05$).

El rendimiento conseguido con el tratamiento T6, se encuentra cerca del promedio para Colombia, el cual correspondió para el año 2014 a $20,4$ t ha⁻¹,

según el Consejo Nacional de la Papa (FEDEPAPA, 2014). El rendimiento obtenido por los tratamientos T6 y T1, representaron un aumento en producción en relación al control regional (insecticida químico), de 3,3 y 3,1% respectivamente. Al respecto, Guapi *et al.* (2011) obtuvieron un aumento en producción frente al testigo del productor utilizando un aislamiento autóctono y un producto bioformulado a base de *B. bassiana*, con valores de 7,6 y 6,9%, en su orden. El bajo efecto de control sobre *P. vorax* por parte del insecticida con ingrediente activo clorpirifos (T7), se debe a que el producto no tiene registro para este blanco biológico (Ángel, 2014), aunque es empleado comúnmente por el agricultor de la zona para este fin.

Finalmente, se puede considerar que la mezcla de Metaril® W.P + *B. brongniartii*® W.P puede llegar a ser una alternativa promisoría dentro del manejo integrado de *P. vorax*. El tratamiento T1 constituye la segunda opción para el productor, al presentar un efecto biológico sin diferencias significativas respecto al T6, en las variables porcentaje de daño y porcentaje de control). Sin embargo por su naturaleza, el control biológico no elimina, sino que disminuye las poblaciones del insecto plaga, y como consecuencia, reduce la incidencia del daño, con lo que se favorece la presencia de otros agentes naturales de control, por ende, es factible emplearlo en propuestas de manejo integrado con énfasis en un mejor control cultural y aplicado de forma continua (López y Espitia, 2000; Lacey *et al.*, 2001).

Por lo tanto, para el aprovechamiento del potencial del control biológico de *P. vorax* en papa, la aplicación de los hongos entomopatógenos, debe hacerse junto con prácticas de manejo integrado de otras plagas y enfermedades, mediante la utilización de métodos de control legal, cultural, físico, y sí se requiere, químico. El control legal involucra medidas de cuarentena, inspección y transporte de material vegetal bajo la reglamentación establecida por el ICA (Alarcón *et al.*, 2011), el control cultural integra el uso de semilla sana y/o certificada, rotación de cultivos, preparación adecuada del suelo para exponer a la luz pupas y larvas del insecto plaga, aporque alto para crear una barrera física a la larva, control de malezas, eliminación de

residuos de cosecha anterior y cosecha en el momento de madurez fisiológica normal del tubérculo (Bastidas, 2005; Zapata *et al.*, 2006; Alarcón *et al.*, 2011). El control físico incluye el manejo de los bordes del cultivo, control de focos y uso de plantas trampa contra adultos antes de la siembra (Bastidas, 2005; Espitia, 2010).

Finalmente, el empleo de productos para el control químico debe hacerse en la época más adecuada, de manera racional (Theodoracopoulos *et al.*, 2008; Espitia, 2010) y basado en estudios de compatibilidad *In vitro* con *Beauveria* spp. (Torres *et al.*, 2004; Díaz, 2013), teniendo en cuenta los modos y mecanismos de acción efectivos, realizando una rotación de grupos químicos según lo recomienda el IRAC (Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas).

CONCLUSIONES

Las cepas Metaril® W.P, *B. brongniartii*® W.P en mezcla (T6) y el aislamiento autóctono *Beauveria* sp. Bv01 (T1) presentaron el menor porcentaje de daño, mayor porcentaje de control de *Premnotrypes vorax* y la mejor producción en tubérculos de papa cv Diacol Capiro, bajo las condiciones agroecológicas evaluadas.

El tratamiento T6, mostró el mejor potencial como entomopatógeno, expresado en mayor rendimiento de cosecha, con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos y al control regional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a COLCIENCIAS, Programa semilleros y jóvenes investigadores, doctorados nacionales y en el exterior de la convocatoria 617 de 2013; a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-UPTC, por la financiación de este proyecto; al profesor Jorge Orlando Blanco Valbuena por su orientación en aspectos metodológicos; al Ingeniero Agrónomo Raúl Tenza Cardenal por sus aportes y conocimientos en campo

y a todo el equipo de trabajo del Laboratorio de Control Biológico del Grupo Manejo Biológico de Cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Econ. Entomology*. 18:265 - 267.
- ALARCÓN, J.; ARÉVALO, E.; DÍAZ, A.; GALINDO, J.; RIVERO, M.; TOVAR, E. 2011. Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena* y *S. phureja*), medidas para la temporada invernal. ICA, Produmedios. Bogotá D.C. 32 p.
- ANGEL, D. 2014. Ficha técnica Clorpiricol® 4EC Arysta Lifescience Colombia S.A. En: agsesa. [http://www.agsesa.com/files/insecticidas/clorpiricol4EC%";](http://www.agsesa.com/files/insecticidas/clorpiricol4EC%) consulta: marzo, 2016.
- BARRIGA, E.; LANDÁZURI, P.; GALLEGOS, P.; WILLIAMS, R. 2002. Evaluación en laboratorio de la patogenicidad de aislamientos nativos de *Beauveria* sp. y *Metarhizium anisopliae* para el Control de *Premnotrypes vorax*. *Revista Latinoamericana de la Papa*. 13:104 - 111.
- BASTIDAS, S. 2005. El catzo o adulto del gusano blanco de la papa y alternativas de manejo. Guía de aprendizaje para pequeños agricultores. INIAP, Quito. 78 p.
- BASTIDAS, A.; VELÁSQUEZ, E.; MARÍN, P.; BENAVIDES, P.; BUSTILLO, A.; OROZCO, F. 2009. Evaluación de preformulados de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin, para el control de la broca del café. *Revista Agroonomía*. 17(1):44 - 61.
- BENAVIDES, P.; GÓNGORA, C.; BUSTILLO, A. 2012. IPM program to control coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, with emphasis on highly pathogenic mixed strains of *Beauveria bassiana*, to overcome insecticide resistance in Colombia. INTECH, Open Access Publisher. 31 p.
- CÁRDENAS, A.; VILLALBA, D.; BUSTILLO, A.; MONTOYA, E.; GONGORA, C. 2007. Eficacia de mezclas de cepas del hongo *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. *Revista Cenicafe*. 58(4):293 - 303.
- COTES, A.; ZULUAGA, M.; ESPINEL, C.; VILLAMIZAR, L.; TORRES, L.; GÓMEZ, M.; LÓPEZ, J. 2003. Evaluación en campo de un Bioplaguicida a base de *Beauveria bassiana* para el control biológico del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax*) en la región Cundiboyacense y transferencia de la tecnología a los agricultores. *Boletín Técnico, Corpoica, Produmedios*. 10 p.
- DÍAZ, G. 2013. Control al gusano blanco de la papa. *Boletín Técnico Informativo*. En: Información Agrícola. En: <http://www.prensa.bayerandina.com/El-Agro>; consulta: mayo, 2015.
- EBRATT, E.; MADERO, C.; AVILA, C.; SOTELO, G. 1995. Control microbiológico de *Premnotrypes vorax* Hustache. *Ciencia en desarrollo*. 2(2):72 - 81.
- ESPITIA, E. 2010. Manejo integrado de las plagas del cultivo de papa. pp. 1-132. En: Memorias Simposio Nacional de Actualización en el Cultivo de Papa *Solanum tuberosum* L. Tunja, Colombia.
- FEDEPAPA, 2014. Estadísticas Consejo Nacional de la Papa 2008-2014. En: FEDEPAPA, <http://www.fedepapa.com/?page id=409>; consulta: mayo, 2015.
- FERNÁNDEZ, A.; COLMENARES, X. 1997. Evaluación de *Beauveria* spp. para el control de *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) en el cultivo de la papa. *Agronomía Tropical*. 47(3):249 - 257.
- FRANCE, A.; GERDING, A.; SANDOVAL, S.; ESPINOSA, Y.; VIVANCO, E. 1999. *Patología de Insectos*. INIA Quilamapu. 119 p.
- GARCÍA, M.; VILLAMIZAR, L.; TORRES, L.; COTES, A. 2006. Efecto de subcultivos sucesivos de *Beauveria bassiana* sobre su morfología y actividad contra *Premnotrypes vorax*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología de Costa Rica*. 77:50 - 57.
- GUAPI, A.; JACKSON, T.; VÁSQUEZ, W.; GALLEGOS, P.; ASAQUIBAY, C. 2011. Evaluación de la eficacia del bioformulado de *Beauveria bassiana*, y tipos de aplicación para el control del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax*, en dos localidades de la provincia de Chimborazo, Ecuador. pp. 59 - 60. En: Memorias V Congreso Ecuatoriano de la papa. Riobamba, Ecuador.
- INGLIS, D.; JOHNSON, D.; GOETTEL, M. 1997. Use of pathogen combinations to overcome the constraints of temperature on entomopathogenic *Hyphomycetes against grasshoppers*. *Biological control*. 8:143 - 152.
- LACEY, L.; FRUTOS, R.; KAYA, H.; VAIL, P. 2001. Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future?. *Biological Control*. 21:230 - 248.

- LOPEZ, A.; ESPITIA, E. 2000. Plagas y beneficios en el cultivo de la papa en Colombia. Boletín técnico divulgativo. Corpoica, Produmedios. 24 p.
- LUCERO, A.; PEÑA, L.; BACCA, T. 2004. Evaluación de la actividad biocontroladora de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre larvas de *Ancognatha scarabaeoides* (Coleoptera: Scarabaeidae). Ciencia & Tecnología Agropecuaria. 5(1):43 - 48.
- MENA, J.; PEÑA, L.; GONZÁLEZ, R. 2003. CL50 y variación de la patogenicidad en aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* evaluados en poblaciones de *Premnotrypes vorax*. Innovación & Cambio Tecnológico de Corpoica. 4(1):49 - 54.
- MONTESDEOCA, F.; PANCHI, N.; PALLO, E.; YUMISACA, F.; TAPE, A.; MERA, X.; ESPINOZA, S.; ANDRADE-PIEDRA, J. 2012. Produzcamos nuestra semilla de papa de buena calidad-Guía para agricultoras y agricultores. Centro Internacional de la Papa (CIP). 82 p.
- NIÑO, L.; ACEVEDO, E.; BECERRA, F.; GUERRERO, M. 2004. Aspectos de biología y fluctuación poblacional del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* Hustache (Coleoptera: Curculionidae) en Mucuchíes estado de Mérida, Venezuela. Entomotrópica. 19(1):15 - 19.
- PEÑA, L.; BOLAÑOS, M.; YEPES, B.; MENA, J.; SÁNCHEZ, J.; GÓMEZ, L.; MAYA, L. 1999. Evaluación del control del gusano blanco mediante la utilización del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Boletín técnico. Corpoica, Produmedios. 10 p.
- PEÑA, L.; BOLAÑOS, M.; YEPES, B.; MENA, J.; ENRÍQUEZ, J. 2000. Hongos entomopatógenos para el manejo del gusano blanco *Premnotrypes vorax* de la papa. Boletín técnico No. 15. Corpoica, Produmedios. 17 p.
- REHNER, S.; MINNIS, A.; SUNG, G.; LUANGSA-ARD, J.; DEVOTTO, L.; HUMBER, R. 2011. Phylogeny and systematics of anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. Mycologia. 103(5):1055 - 1073.
- RIOS, J.; JARAMILLO, S.; GONZÁLEZ, L.; COTES, J. 2010. Determinación del efecto de diferentes niveles de fertilización en Papa (*Solanum tuberosum* spp. Andígena) Diacol capiro en un suelo con propiedades ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. Rev. Facultad Nacional de Agronomía de Medellín. 63(1):5225 - 5237.
- RIVERA, M. 1993. Estudio sobre la compatibilidad del hongo *Beauveria bassiana* (Balls.) Vuill. con formulaciones comerciales de fungicidas e insecticidas. Revista Colombiana de Entomología. 19(4):151 - 158.
- TORRES, L.; ESPINEL, C.; VILLAMIZAR, L.; GÓMEZ, M.; ZULUAGA, M.; LÓPEZ, J.; COTES, A.; LÓPEZ, A. 2004. Desarrollo de un insecticida microbiano para el control biológico del gusano blanco de la papa. Boletín Técnico. Corpoica, Produmedios. 75 p.
- THEODORACOPOULOS, M.; ARIAS, S.; AVILA, H. 2008. Manual de producción de papa- Entrenamiento y desarrollo para agricultores. Edición FHIA. La Lima, Honduras. 47 p.
- VERA, J.; MONTOYA, E.; BENAVIDES, P.; GÓNGORA, C. 2011. Evaluation of *Beauveria bassiana* Ascomycota: Hypocreales as a control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae emerging from fallen, infested coffee berries on the ground. Biocontrol Science and Technology. 21(1):1 - 14.
- VÉLEZ, P.; POSADA, F.; MARÍN, P.; GONZÁLEZ, M.; OSORIO, E.; BUSTILLO, A. 1997. Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. Boletín Técnico No. 17, Cenicafé. Chinchiná. 37 p.
- VILLAMIL, J.; MARTÍNEZ, J. 2014. Evaluación de aislamientos nativos de *Beauveria* spp. sobre *Tecia solanivora* (Lepidóptera: Gelechiidae) *In vitro*. Revista de Ciencias Agrícolas. 31(1):92 - 105.
- VILLAMIL, J.; MARTÍNEZ, J.; PINZÓN, E. 2015. Actividad entomopatógena de aislamientos autóctonos de *Beauveria* spp. sobre *Premnotrypes vorax* (Hustache) *In vitro*. Temas Agrarios. 20(1):21 - 35.
- YANGGEN, D.; CRISSMAN, C.; ESPINOSA, P. 2003. Los plaguicidas: impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador. Primera edición. Abya Yala, Quito. 198 p.
- ZAPATA, J.; NAVAS, G.; TAMAYO, A.; DÍAZ, C. 2006. Manejo agronómico de la papa criolla para el procesamiento industrial. Boletín Técnico No. 19, Corpoica, Produmedios. Rionegro. 44 p.
- ZIMMERMANN, G. 2007. Review on safety of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. Biocontrol Science and Technology. 7(5:6):553 - 596.