

Artículo original

## **Efecto de tres hongos benéficos y Azufre sobre insectos nocivos en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L)**

Arianna Morales-Soto<sup>1\*</sup>

Deilyn Moreno-Ramos<sup>2</sup>

Elio Minel del-Pozo Núñez<sup>3</sup>

Irma García-Cruz<sup>3</sup>

Alexis Lamz-Piedra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

<sup>2</sup>Unidad Científica de Base (UCTB Alquizar)

<sup>3</sup>Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, carretera a Tapaste y Autopista Nacional. San José de las Lajas. Mayabeque, Cuba

\*Autor para correspondencia. [ariannams95@inca.edu.cu](mailto:ariannams95@inca.edu.cu)

### **RESUMEN**

El presente trabajo se realizó en la Finca “La Berta” ubicada en el municipio de Alquizar, provincia Artemisa, con el objetivo de evaluar la efectividad de los hongos *Lecanicillium lecanii* (Zimm) Zare & Gams, *Trichoderma harzianum* Rifai y *Metarhizium anisopliae* sensu lato (Metsch) Sorokin a una dosis de  $10^{12}$  conidios  $\text{ha}^{-1}$  y Azufre a una dosis de 3 kg  $\text{ha}^{-1}$  (i.a.), aplicados semanalmente en el área foliar de la planta, en el control de trips (*Thrips palmi* Karny), salta hojas (*Empoasca kraemeri* Ross & Moore) y mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), variedad CC-25-9N. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro réplicas. Se evaluó la población de los insectos semanalmente, después del inicio de las aplicaciones, y en total se hicieron seis evaluaciones. Además, se evaluó el rendimiento y algunos de sus componentes. Los tres hongos redujeron las poblaciones de los insectos en comparación con el control, aunque el mayor efecto se logró con *Metarhizium* y *Lecanicillium*. Las aplicaciones con los hongos y el azufre provocaron también un efecto positivo en el rendimiento del cultivo y en sus componentes.

**Palabras clave:** Frijol, hongos entomopatógenos, azufre, rendimiento

Recibido: 06/12/2018

Aceptado: 05/07/2019

## INTRODUCCIÓN

El frijol común es la especie más importante dentro de las leguminosas de granos alimenticios, por el elevado contenido de nutrientes que posee. Este grano proporciona una fuente esencial de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta de las poblaciones en América, sobre todo en los países en vías de desarrollo <sup>(1)</sup>.

La producción mundial de este cultivo sobrepasó los 26 000 000 t en el 2016 con un rendimiento de 0,91 (t ha<sup>-1</sup>), mientras que en Cuba, en el mismo año se registró un volumen de producción de más de 130 000 t y rendimiento de 1,11 (t ha<sup>-1</sup>) <sup>(2)</sup>. En Cuba, la producción que se alcanza no satisface la demanda de la población, por la incidencia de disímiles factores que limitan la expresión del potencial genético de las variedades. Entre los factores que han contribuido a esta situación está la elevada incidencia de insectos fitófagos, entre los que se destacan *Thrips palmi* Karny, *Empoasca kraemeri* Göethe, *Bemisia tabaci* Gennadius, capaces de producir severos daños por su alimentación directa o como vectores de enfermedades <sup>(3)</sup>.

Tradicionalmente se han utilizado plaguicidas químicos para contrarrestar la incidencia de insectos fitófagos y así obtener mayores rendimientos para cumplir y satisfacer las demandas alimentarias de la población <sup>(4)</sup>. El control de organismos nocivos en este cultivo se ha basado en el control químico, el cual presenta un conjunto de efectos secundarios.

En los últimos años, se han buscado alternativas, donde el control biológico ha sido de lo más estudiado por contribuir al control agroecológico de plagas, que tienen menor incidencia medio ambiental, menos nociva para la salud humana y animal, entre otras ventajas.

Los agentes microbianos constituyen una alternativa fitosanitaria, que puede hacer decrecer los insumos químicos en los sistemas agrícolas integrados <sup>(5)</sup>. Algunos autores han investigado el uso de los hongos entomopatógenos para el control de organismos nocivos, los cuales constituyen los agentes de control biológico más versátiles, debido al amplio rango de hospedantes <sup>(6)</sup>.

*Lecanicillium lecanii* (Zimm) Zare & Gams, es un biorregulador natural de plagas de importancia económica <sup>(7)</sup>. Por su parte, *Trichoderma harzianum* Rifai es conocido como

micoparásito, pero se ha comprobado que puede actuar sobre insectos, demostrando su efecto entomopatógeno <sup>(8)</sup>. *Metarhizium anisopliae* sensu lato (Metsch) Sorokin, es considerado como la segunda de las especies de hongos entomopatógenos con las que más se ha trabajado en todo el mundo, en relación con su producción masiva y comercialización como bioplaguicidas <sup>(9)</sup>.

Basado en lo anteriormente expuesto, el objetivo de este trabajo es evaluar la efectividad de aplicaciones foliares con los hongos *Lecanicillium lecanii* (Zimm) Zare & Gams, *Thrichoderma harzianum* Rifai, *Metarhizium anisopliae* sensu lato y el azufre en el control de *Thrips palmi* Karny, *Empoasca kraemeri* Göethe y *Bemisia tabaci* Gennadius en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Finca “La Berta”, ubicada en el municipio de Alquizar, de la provincia de Artemisa. Se utilizó la variedad de frijol Cuba Cueto 25-9N, sembrada en un suelo Ferralítico rojo típico <sup>(10)</sup>

Para el montaje de los experimentos se utilizaron los hongos entomopatógenos *L. lecanii*, cepa Y-57, *T. harzianum*, cepa T-29 y *M. anisopliae*, aislado Ma-005. A partir de los aislados de los hongos que se conservan en el laboratorio de Sanidad Vegetal de la Facultad de Agronomía, se procedió a su reactivación sobre agar extracto de malta en tubos de ensayo. Para la obtención del material fúngico necesario para el ensayo se procedió a la reproducción de estos hongos, mediante las metodologías convencionales de fermentación en estado sólido (FES).

En el caso del tratamiento donde se emplea el Azufre se evaluó la incidencia poblacional insectos, utilizando una dosis de 3 kg ha<sup>-1</sup> (i.a.), según lo orientado en la Estrategia Fitosanitaria 2013-2014, para el cultivo del frijol <sup>(11)</sup>. Durante el desarrollo del experimento no se emplearon productos químicos.

La siembra del frijol en el campo se realizó manualmente el 11 de noviembre del 2015, a una distancia entre hileras de 0,70 y una distancia entre plantas de 0,05 m. Para la siembra se concibió una preparación de suelos acorde a las normas técnicas del cultivo.

El diseño del experimento fue un bloque al azar con cuatro réplicas. Cada parcela (unidad experimental) tuvo cuatro hileras y cinco metros de longitud para un área de 14 m<sup>2</sup>.

Desde el momento de la siembra se mantuvo una observación constante en el experimento y en los campos cercanos a este, para detectar la presencia de los organismos nocivos. A los

17 días después de la siembra (DDS) se decidió comenzar con una frecuencia cada siete días, pues comenzaron a mostrarse los primeros organismos nocivos en los campos aledaños. En total se realizaron nueve aplicaciones desde el 28 de noviembre de 2015 hasta el 23 de enero de 2016, empleando los tratamientos que aparecen en la Tabla 1. Después de cada aplicación se realizó un riego por gravedad en el experimento.

**Tabla 1.** Tratamientos utilizados en el ensayo para el control de insectos nocivos en el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L)

Tratamientos	Dosis	Aplicaciones
<i>T. harzianum</i>	1,26 x 10 <sup>12</sup> conidios ha <sup>-1</sup>	9
<i>L. lecanii</i>	1,14 x 10 <sup>12</sup> conidios ha <sup>-1</sup>	9
<i>M. anisopliae</i>	1,18 x 10 <sup>12</sup> conidios ha <sup>-1</sup>	9
Azufre	3 kg ha <sup>-1</sup> (i.a.)	9
Control	-	Sin aplicación

Luego de comprobar los supuestos teóricos de normalidad y homogeneidad de varianza, se procedió al análisis estadístico aplicando un análisis de Varianza de clasificación doble y las medias se compararon a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significación del 5 % <sup>(12)</sup>.

### **Efecto de tres hongos benéficos y azufre sobre las poblaciones de insectos nocivos en el frijol**

Para la aplicación de los productos se utilizó una mochila de espaldas, manual, con una capacidad de 16 L y una descarga de 300 L ha<sup>-1</sup>, realizando los ajustes necesarios para, lograr la dosis requerida.

Las evaluaciones se iniciaron el 19 de diciembre del 2015, tres semanas después de la primera aplicación (momento en que aparecieron en el ensayo de campo los primeros organismos) y concluyeron el 23 de enero del 2016, realizándose de la siguiente forma: se seleccionaron diez plantas al azar de los dos surcos centrales de las parcelas, se observó un foliolo del nivel central de la planta. En cada foliolo con la ayuda de una lupa, aumento 10X y de forma manual se contó el número de ninfas y adultos de thrips y salta hojas, el número de ninfas de mosca blanca y el promedio de los 10 foliolos. Se expresó como número de insectos por foliolo (inserto foliolo<sup>-1</sup>).

Con los datos de las seis evaluaciones se realizó un gráfico de líneas para analizar el comportamiento de las poblaciones de cada uno de los organismos nocivos evaluados,

utilizando Microsoft Excel 2010. Con los datos de las evaluaciones primera, segunda y sexta evaluación y con el promedio de los datos de las seis evaluaciones, se realizaron análisis de varianza de clasificación doble y las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante la Prueba de Tukey al 95 % de probabilidad <sup>(12)</sup>. Antes del análisis, los datos de población fueron transformados, según la expresión  $(X+1)^{1/2}$ .

### **Efecto de tres hongos benéficos y azufre sobre el rendimiento y sus componentes**

La cosecha se realizó cuando cada una de las parcelas llegó al grado de madurez de cosecha (90 % de defoliación de la planta y 20 % de contenido de humedad de los granos). Las dos primeras parcelas con tratamientos de *L. lecanii* y Azufre se cosecharon a los 87 días, después de germinadas las parcelas, los tratamientos con *M. anisopliae* y *T. harzianum* a los 94 días, después de la siembra y las parcelas con el control fueron recolectadas a los 100 días después de la siembra. En el proceso de la cosecha se evaluaron los siguientes indicadores:

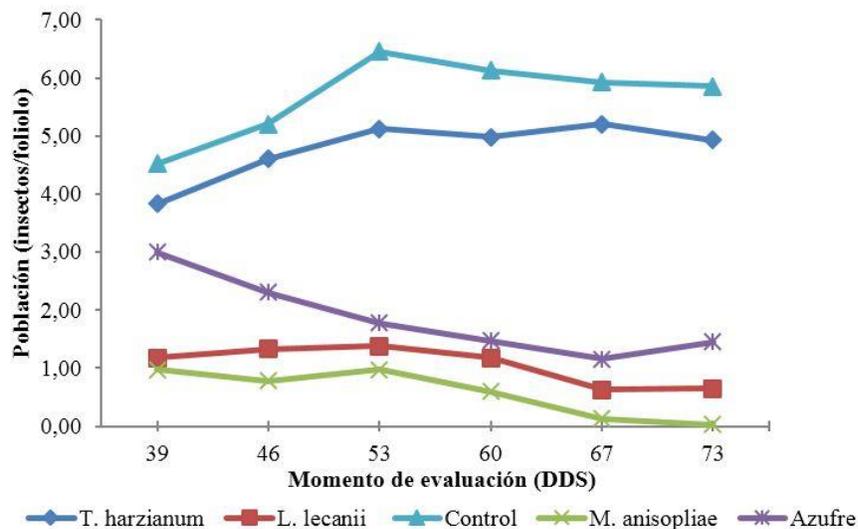
- Números de legumbres por planta
- Número de granos por legumbre
- Masa de 100 semillas (g)
- Rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ )

El número de legumbre por plantas se evaluó después de la cosecha y para esto se seleccionaron diez plantas por parcela al azar y de las hileras centrales, se contó y se promedió el número de legumbres. El número de granos por legumbre se determinó tomando las legumbres de las diez plantas seleccionadas anteriormente, se extrajeron los granos, se contó y se obtuvo el promedio para cada réplica. Para el rendimiento se cosechó un metro lineal ( $0,70\ m^2$ ) de cada parcela, se secaron los granos, se determinó su masa y se estimó el mismo en  $t\ ha^{-1}$  al 12 % de humedad. Con los datos obtenidos para cada uno de las variables evaluadas, se realizaron análisis de varianza de clasificación doble y las medias se compararon mediante la Prueba de Tukey al 95 % <sup>(12)</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de tres hongos benéficos y azufre sobre las poblaciones de insectos nocivos en el frijol común

En la Figura 1 se muestran los resultados de las fluctuaciones poblacionales de *T. palmi* durante el período evaluado. En los tratamientos con hongos se puede apreciar un menor número de insectos por foliolo que en el control, destacándose la efectividad de los hongos *M. anisopliae* y *L. lecanii*, teniendo resultados cercanos al Azufre. Los tratamientos con *T. harzianum* y el control presentaron mayor población de insectos. foliolo<sup>-1</sup>, durante el experimento se desarrolló un período de intensas lluvias.



**Figura 1.** Efecto de las aplicaciones de tres hongos benéficos y azufre en la población de ninfas y adultos de *T. palmi* en frijol, en condiciones de campo

Algunos autores<sup>(5-13)</sup> plantean que *L. lecanii* y *M. anisopliae* son eficientes como agentes de control biológico y compatibles entre ellos. Tratamientos con *M. anisopliae* pueden proteger a las raíces de los cultivos de diversos insectos y de algunos patógenos.

Los análisis estadísticos realizados mostraron diferencias altamente significativas; los tratamientos con *Metarhizium* y *Lecanicillium* mantuvieron un mejor comportamiento con respecto a los demás hongos, con diferencias significativas entre ellos al evaluar la población de ninfas y adultos de *T. palmi*, como puede observarse en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Efecto de las aplicaciones con hongos benéficos y azufre sobre la población de *T. palmi* en frijol, en condiciones de campo

Tratamientos	Población de ninfas y adultos (insectos foliolo <sup>-1</sup> )							
	1ra. evaluación (39 DDS)		4ta. evaluación (60 DDS)		6ta. evaluación (73 DDS)		Promedio de 6 evaluaciones	
	X. orig.	X. transf.	X. orig.	X. transf.	X orig.	X. transf.	X. orig.	X. transf.
<i>Trichoderma</i>	3,83	2,19a	4,98	2,44a	4,93	2,43a	4,88	2,41a
<i>Lecanicillium</i>	1,18	1,47b	1,18	1,47b	0,65	1,28c	1,01	1,43c
<i>Metarhizium</i>	0,98	1,40b	0,60	1,26b	0,03	1,01d	0,50	1,26c
Azufre	3,00	1,98a	1,48	1,57b	1,45	1,56b	1,86	1,69b
Control	4,53	2,35a	6,13	2,65a	5,85	2,62a	5,80	2,58a
C.V. (%)		9,82		10,96		5,96		5,66
ESx		0,092**		0,103**		0,053**		0,053**

Medias con letras iguales, dentro de cada columna, no difieren significativamente, según Tukey ( $p \leq 0,05$ )

En la primera evaluación se pudo observar que los tratamientos de *Lecanicillium* y *Metarhizium* resultaron ser los de mayor efecto sobre las poblaciones de *T. palmi*, sin diferencias significativas entre ellos.

Por otra parte, en la cuarta evaluación los tratamientos de *Lecanicillium*, *Metarhizium* y Azufre mostraron el menor número de insectos por folíolos con diferencias significativas con respecto al control.

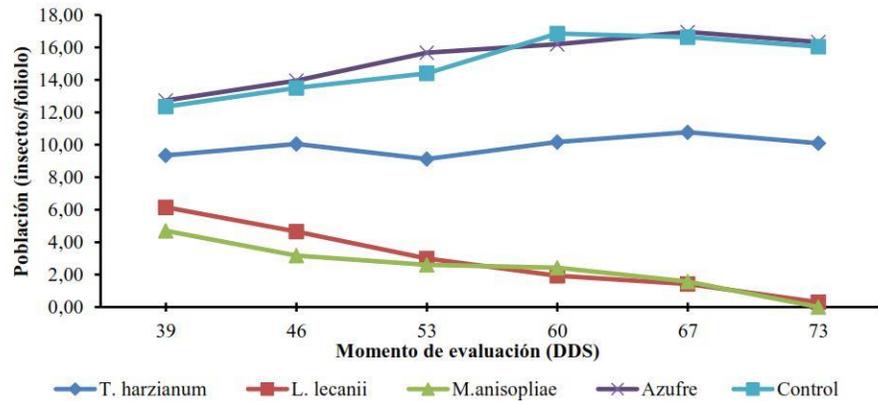
En la sexta evaluación, se destaca *Metarhizium* como el mejor tratamiento, con diferencias significativas, respecto al resto; por su parte, *Lecanicillium* mantuvo un efecto positivo sobre las poblaciones de insectos, con diferencias significativas en relación con el azufre, mientras que *Trichoderma* y el control no presentan diferencias significativas entre ellos.

Las aplicaciones de *Metarhizium* y *L. lecanii* en frijol han sido dirigidas a organismos nocivos, como *T. palmi*, con buenos resultados, tanto solo, como combinado con plaguicidas químicos, con los cuales pueden ser compatibles <sup>(14,15)</sup>.

Diferentes autores han enfatizado en la importancia de esta especie como agente de control biológico de saltamontes en diversas regiones del mundo. En el estado de Chihuahua, México, se ha informado la obtención de aislamientos autóctonos de *M. anisopliae*, con potencialidad como agentes de control biológico de *Brachystola magna* Girard (Orthoptera: Romaleidae), una importante plaga del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y otros cultivos <sup>(16,17)</sup>.

En la Figura 2 se muestra el efecto de las aplicaciones de los tres hongos benéficos sobre la población de ninfas y adultos de *E. kraemeri* en frijol, en condiciones de campo. Se

demuestra que la aplicación de los tratamientos influyeron positivamente en la inhibición de las ninfas y adultos, con respecto al control, resaltando los tratamientos de *M. anisopliae* y *L. lecanii*, los cuales a los 73 días lograron inhibir las poblaciones de insectos, mientras que el Azufre y el control mantuvieron altas las poblaciones de esta especie.



**Figura 2.** Efecto de las aplicaciones de tres hongos benéficos y azufre sobre la población de ninfas y adultos de *E. kraemeri* en frijol, en condiciones de campo

Lo expuesto anteriormente coincide con lo planteado por diferentes autores, quienes consideran a *M. anisopliae* y *L. lecanii* como patógenos fúngicos que se encuentran en muchos ecosistemas y son utilizados en el control biológico contra insectos <sup>(18)</sup>.

Autores reportan el uso de especies del género *Trichoderma* con éxito para el control de insectos en cultivos de frijol, pepino, tomate. Planteando también que este género ayuda a las plantas a la absorción de nutrientes, aumentan las raíces y dispara el crecimiento <sup>(19)</sup>.

El análisis estadístico realizado con los datos de 1ra., 4ta. y 6ta., independiente, y el promedio de las seis evaluaciones, mostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Como se puede apreciar en la Tabla 3, en la primera evaluación, realizada a los 39 días, los tratamientos con Azufre y *Trichoderma* resultaron ser los menores inhibidores con un comportamiento similar al control, mientras que *Metarhizium* resultó ser el mejor inhibidor de las ninfas y los adultos de *E. kraemeri*.

**Tabla 3.** Efecto de aplicaciones con hongos benéficos y azufre sobre la población de *E. kraemeri* en frijol, en condiciones de campo

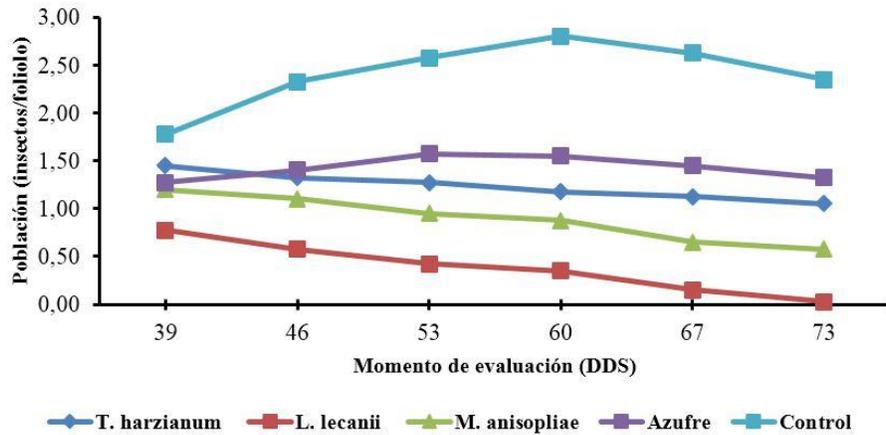
Tratamientos	Población de ninfas y adultos (insectos foliolo <sup>-1</sup> )							
	1ra. evaluación (39 D DS)		4ta. evaluación (60 DDS)		6ta. evaluación (73 DDS)		Promedio 6 evaluaciones	
	X. orig.	X. transf.	X. orig.	X. transf.	X. orig.	X. transf.	X. orig.	X. transf.
<i>Trichoderma</i>	9,35	3,19ab	10,18	3,35b	10,10	3,33b	9,93	3,31b
<i>Lecanicillium</i>	6,15	2,65bc	1,93	1,71c	0,30	1,13c	2,52	1,87c
<i>Metarhizium</i>	4,70	2,38c	2,43	1,84c	0,00	1,00c	2,07	1,75c
Azufre	12,73	3,71a	16,20	4,15a	16,33	4,16a	15,41	4,05a
Control	12,35	3,65a	16,85	4,20a	16,05	4,12a	14,96	4,00a
C.V. (%)		8,10		8,36		6,08		4,25
ESx		0,126**		0,127**		0,083**		0,064**

Medias con letras iguales, dentro de cada columna, no difieren significativamente, según Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Por otra parte, la 4ta. y 6ta., independiente y el promedio de las seis evaluaciones, mostró un comportamiento similar de los tratamientos, destacándose *Lecanicillium* y *Metarhizium* con efectos positivos sobre la reducción de las poblaciones de insectos sin diferencias significativas entre sí; mientras que el control y el tratamiento con Azufre, aún cuando no presentaron diferencias significativas entre sí, inhibieron en menor medida el crecimiento de ninfas y adultos de *E. kraemeri* en el cultivo del frijol común.

*M.anisopliae* ha sido recomendado contra una gran diversidad de insectos fitófagos, de diferentes órdenes y familias, así como de ácaros, en muchos cultivos. Investigaciones realizadas aseguran que el trabajo con estos hongos conducen a mínimos riesgos para el hombre, los vertebrados y el medio ambiente <sup>(16)</sup>.

En la Figura 3 se muestra el efecto de las aplicaciones de los tres hongos benéficos sobre la población de ninfas de *B. tabaci* en frijol, en condiciones de campo, en la cual se aprecia que la aplicación de los mismos influyeron positivamente en la inhibición de las ninfas con respecto al control, destacándose *L. lecanii* como el mejor tratamiento, logrando, al cabo de los 73 días, la inhibición total de las ninfas de *B. tabaci* en el frijol. Sin embargo, el tratamiento donde se empleó el Azufre, disminuyó las poblaciones en menor cuantía que el resto de los tratamientos donde se emplearon los hongos.



**Figura 3.** Efecto de las aplicaciones de tres hongos benéficos y azufre sobre la población de ninfas de *B. tabaci* en frijol, en condiciones de campo

El análisis estadístico realizado con los datos de 1ra., 4ta. y 6ta., independiente y el promedio de las seis evaluaciones, mostró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Como se puede apreciar en la la Tabla 4 desde la primera evaluación, a los 39 días *Lecanicillium* redujo la población de ninfas de *B. tabaci*; mientras que el resto de los tratamientos no difirieron del control.

**Tabla 4.** Efecto de las aplicaciones con hongos benéficos y azufre sobre la población de *B. tabaci* en frijol, en condiciones de campo

Tratamientos	Población de ninfas (insectos foliolo <sup>-1</sup> )							
	1ra. evaluación (39 DDS)		4ta. evaluación (60 DDS)		6ta. evaluación (73 DDS)		Promedio 6 evaluaciones	
	X. orig.	X. transf.	X. orig.	X. transf.	X orig.	X. transf.	X. orig.	X. transf.
<i>Trichoderma</i>	1,45	1,57a	1,18	1,47c	1,05	1,43b	1,23	1,50b
<i>Lecanicillium</i>	0,78	1,33b	0,35	1,16e	0,03	1,01d	0,38	1,18d
<i>Metarhizium</i>	1,20	1,48ab	0,88	1,37d	0,58	1,25c	0,89	1,38c
Azufre	1,28	1,51ab	1,55	1,59b	1,33	1,53b	1,43	1,56b
Control	1,78	1,66a	2,80	1,95a	2,35	1,83a	2,41	1,85a
C.V. (%)	5,75		2,49		5,09		2,57	
ESx	0,043**		0,019**		0,036**		0,019**	

Medias con letras iguales, dentro de cada columna, no difieren significativamente, según Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Por otra parte, a partir de la cuarta evaluación, el mejor inhibidor de la población de insectos resultó ser *Lecanicillium*, con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos y al control; mientras que el tratamiento con *Trichoderma* y Azufre, inhibieron, en menor

medida, el crecimiento de ninfas y adultos de *B. tabaco*, en el cultivo del frijol común, aún cuando presentaron mejores resultados que el control.

Lo anterior demuestra que, aunque las tres especies fúngicas ejercen cierto grado de control sobre las poblaciones de ninfas de *B. tabaci*, hay diferencias entre ellas, destacándose como el más efectivo el entomófago *L. lecanii*, que fue capaz de inhibir en mayor proporción de dichas poblaciones.

Diferentes autores han indicado que *L. lecanii* es un agente de control biológico ampliamente utilizado por ser un enemigo natural de importantes plagas de insectos y patógenos en los cultivos. Por otra parte se ha demostrado el efecto entomófago de especies del género *Trichoderma* sobre diferentes insectos como es el caso de mosca de la raíz de la col, *Delia radicum* L. (Diptera: Anthomyiidae). Mientras que otros autores evaluaron la patogenicidad de *T. harzianum* sobre ninfas y adultos de *B. tabaci*, resultando efectivo su control <sup>(8,20,21)</sup>.

Por su parte, el azufre juega un papel importante en los mecanismos de defensa de las plantas contra plagas y enfermedades, aplicado de forma foliar es absorbido y metabolizado, actuando contra ácaros, trips y mosca blanca <sup>(22)</sup>

### **Efecto de tres hongos benéficos y azufre sobre el rendimiento y componentes del frijol**

Los resultados obtenidos para los componentes evaluados y el rendimiento estimado se presentan en la Tabla 5. El análisis estadístico realizado mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos.

En cuanto al componente legumbres por planta se obtuvo que todas las variantes difieren estadísticamente entre ellas, con el mayor valor en el caso de los tratamientos con Azufre, seguido de *Lecanicillium*. En el caso de los granos/legumbre no resultó igual, pues, aunque se mantuvo en el mismo orden entre esos últimos tratamientos, resultaron similares estadísticamente los valores correspondientes a los dos restantes hongos. El ordenamiento en el componente masa de 100 granos fue similar al del número de legumbres por planta. También se obtuvo una tendencia similar en las distintas variables en el caso del rendimiento estimado.

**Tabla 5.** Efecto de las aplicaciones con hongos benéficos y azufre sobre el rendimiento del frijol y algunos de sus componentes

Tratamientos	legumbres/planta	Granos/legumbre	Masa de 100 semillas (g)	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )
<i>Trichoderma</i>	11,48 c	5,10 c	16,28 c	1,28c
<i>Lecanicillium</i>	15,68 b	6,15 b	20,13 b	1,47 b
<i>Metarhizium</i>	10,95 d	5,10 c	13,30 d	1,21d
Azufre	17,03 a	7,08 a	21,43 a	1,56 a
Control	7,13 e	4,33 d	10,20 e	1,10e
C.V. (%)	1,70	4,20	2,02	1,96
ESx	0,106***	0,116***	0,164***	0,012***

Medias con letras iguales, dentro de cada columna, no difieren significativamente, según Tukey ( $p \leq 0,05$ )

En cuanto a este indicador, se destaca que en todas las variantes, incluyendo el control, se obtuvieron valores superiores a 1 t ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos se comportaron en orden decreciente de la siguiente forma: Azufre, *L. lecanii*, *T. harzianum*, *M. anisopliae* y control, con valores de 1,56, 1,47, 1,28, 1,21 y 1,10 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A pesar de las condiciones climáticas no favorables al cultivo, con lluvias no usuales, así como temperaturas y humedad relativa algo superiores a lo normal para el periodo, los tratamientos alcanzaron buenos rendimientos, puesto que esta variedad, en condiciones óptimas, debe tener rendimientos promedio de 2,5 a 3 t ha<sup>-1</sup> (23).

Por otro lado, debe destacarse que los resultados aquí obtenidos superan el rendimiento promedio informado para Cuba en el año 2016, de 1,11 t ha<sup>-1</sup> y para el mundo, en ese mismo año, de 0,91 t ha<sup>-1</sup>(2).

Los resultados logrados permiten afirmar que las aplicaciones semanales de estos hongos y el azufre son muy beneficiosas para el desarrollo productivo de este cultivo, lo cual corrobora lo señalado por autores quienes aseguraron que las aplicaciones semanales de *T. harzianum* producen efectos positivos sobre el comportamiento agroproductivo en el cultivo del frijol, teniendo resultados de masa de cien semillas, número de legumbres por planta, número de granos por legumbre y rendimientos superiores a la media nacional (24).

Investigaciones recientes exponen que *M. anisopliae* estimula el crecimiento de la planta y tienen actividad endofítica. Además indicaron que el efecto del *M. anisopliae* en el cultivo del frijol estimula el crecimiento tanto de la raíz como de la parte aérea de la planta y que este hongo produce buen efecto *in vitro* como *in vivo* sobre *Fusarium* en el cultivo del frijol; tanto los filtrados libres de células como conidios de este provocan una estabilización en el suelo por lo que se sugiere su uso en contra de algunos patógenos vegetales en la rizosfera (16–25).

Entre los principales beneficios de *Trichoderma* spp. se puede mencionar que ofrece un control eficaz en el control de insectos y de enfermedades de las plantas y estimulan su crecimiento. Además, preserva el ambiente al disminuir el uso de fungicidas. También, al remplazar los agroquímicos sintéticos por estos organismos benéficos, los productores ahorran los costos de producción <sup>(26)</sup>.

Diferentes autores han evaluado los beneficios del azufre sobre el rendimiento en el cultivo del frijol, obteniendo cuantiosos resultado, puesto que forma parte en los procesos de desarrollo de las plantas por ser un nutriente considerado dentro de los macroelementos requerido por los cultivos para su producción <sup>(27)</sup>.

## CONCLUSIONES

- Las aplicaciones con los hongos entomopatógenos *L. lecanii*, y *M. anisopliae* provocaron un efecto positivo en la regulación de *T. palmi* y *E. kraemeri*, destacándose *L. lecanii* en el caso de *B. tabaci*.
- Las aplicaciones de los hongos seleccionados repercutieron favorablemente en los rendimientos del cultivo y algunos de sus componentes, destacándose *L. lecanii* con valores muy cercanos a los del Azufre.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Buruchara RA, Mukaruziga C, Ampofo KO. Bean disease and pest identification and management. Vol. 17. International Center for Tropical Agriculture; 2010.
2. FAO Statistical Databases (Food and Agriculture Organization of the United Nations) - Databases - UW-Madison Libraries [Internet]. 2017 [cited 2019 Nov 14]. Available from: <https://search.library.wisc.edu/database/UWI12320>
3. Miranda Cabrera I, del Toro Benitez M, Sánchez Castro A, Ramírez González S, Díaz B, Lellani H, et al. Coexistencia de Empoasca spp. *Cicadellidae: Typhlocybinæ* y tisanópteros en *Phaseolus vulgaris* L. Revista de Protección Vegetal. 2016;31(3):165–72.
4. Ponce M, Ortiz R, Ríos H, de la Fé C, Verde G, Martínez M, et al. Caracterización de una amplia colección de frijoles y resultados de la selección campesina. Cultivos Tropicales. 2003;24(4):85–8.
5. Siciua O, Dinu S, Dinu M, Fătu C, Valimareanu D, Mincea C, et al. Pests and diseases management using compatible biocontrol bacteria and entomopathogenic fungal strains. Scientific Bulletin Series F. Biotechnologies. 2014;18:66–72.

6. Rai D, Updhyay V, Mehra P, Rana M, Pandey AK. Potential of entomopathogenic fungi as biopesticides. *Indian Journal of Science Research and Technology*. 2014;2(5):7–13.
7. Kirk P. Dictionary of fungi. Kirk et al. (2008) 10a. Edicao [Internet]. 2008 [cited 2019 Nov 14]. Available from: <https://es.slideshare.net/fitolima/dictionary-of-fungi-kirk-et-al-2008-10a-edicao>
8. Razinger J, Lutz M, Schroers H-J, Urek G, Grunder J. Evaluation of insect associated and plant growth promoting fungi in the control of cabbage root flies. *Journal of economic entomology*. 2014;107(4):1348–54.
9. Jitendra M, Kiran D, Ambika K, Priya S, Neha K, Sakshi D. Biomass Production of Entomopathogenic Fungi using various Agro Products in Kota Region, India. *International Research Journal of Biological Sciences*. 2011;1(4):12–6.
10. Hernández A, Pérez JM, Bosch D, Rivero L. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba.(1ra. ed.) AGRINFOR. La Habana, Cuba. 2015;64.
11. Ministerio de la Agricultura (MINAG). Indicaciones conjuntas No.3 del Ministerio de la Agricultura y del sustituto del Ministro de las FAR. Establecimiento de las medidas para el control de Thrips palmi. La Habana: MINAG; 1997 p. 14.
12. INSTITUTE S. SAS/STAT User's Guide. Version 9.3 th. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA; 2009.
13. Keyser CA, Jensen B, Meyling NV. Dual effects of *Metarhizium* spp. and *Clonostachys rosea* against an insect and a seed-borne pathogen in wheat. *Pest management science*. 2016;72(3):517–26.
14. González LC, Nicao MsMEL, Muiño BL. Effect of six fungicides on *Lecanicillium Verticillium lecanii* Zimm. Zare & Gams. *Contribution of Agricultural Sciences towards achieving the Millenium Development Goals*. 2012;1.
15. Silva AIE, Morales CAM, Labrada MM, Reyes JM, Acosta LM. El insecticida imidacloprid y los hongos *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* para el control de Thrips palmi en el cultivo de la papa *Solanum tuberosum*. *Fitosanidad*. 2013;17(1):31–4.
16. Garcia-Ortiz N, Tlecuil-Beristain S, Favela-Torres E, Loera O. Production and quality of conidia by *Metarhizium anisopliae* var. lepidiotum: critical oxygen level and period of mycelium competence. *Applied microbiology and biotechnology*. 2015;99(6):2783–91.
17. Barajas Ontiveros G, Minel del Pozo E, Rodríguez Aguilar M de L, Palacios Monárrez A, Hermosillo Nieto G. Aislamiento fungosos nativos del estado de Chihuahua, patógenos de *Brachystola magna*. *Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales*. 2011;7.
18. Ortiz-Urquiza A, Luo Z, Keyhani NO. Improving mycoinsecticides for insect biological control. *Applied microbiology and biotechnology*. 2015;99(3):1057–68.

19. Pacheco KR, Viscardi BSM, de Vasconcelos TMM, Moreira GAM, do Vale HMM, Blum LEB. Efficacy of *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* and *T. reesei* against *Sclerotium rolfsii*. *Bioscience Journal*. 2016;32(2):412–21.
20. Khan S, Guo L, Maimaiti Y, Mijit M, Qiu D. Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. *Molecular Plant Breeding*. 2012;3(7):63–79.
21. Anwar W, Subhani MN, Haider MS, Shahid AA, Mushatq H, Rehman MZ, et al. First record of *Trichoderma longibrachiatum* as entomopathogenic fungi against *Bemisia tabaci* in Pakistan. *Pakistan Journal of Phytopathology*. 2016;28(2):287–94.
22. El Azufre como Agente de Defensa Contra Plagas y Enfermedades [Internet]. 2017 [cited 2019 Nov 14]. Available from: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-azufre-como-agente-de-defensa-contra-plagas-y-enfermedades>
23. Fernández L, Shagarodsky T, Suárez R, Muñoz L, Gil F, Sánchez Y, et al. Catálogo de Variedades. INIFAP; 2014.
24. Meléndrez JF, Peña K, Cristo M. Efecto de *Trichoderma harzianum*, microorganismos eficientes y VIUSID agro en el cultivo del frijol. In: *Memorias III Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Sancti Spíritus, José Martí Pérez, YAYABOCIENCIA*. Sancti Spíritus, Cuba. 2015.
25. Sasan RK, Bidochka MJ. Antagonism of the endophytic insect pathogenic fungus *Metarhizium robertsii* against the bean plant pathogen *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. *Canadian journal of plant pathology*. 2014;35(3):288–93.
26. Chiriboga H, Gomez G, Garcés K. Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumotrichoderma spp. para el control biológico de enfermedades. IICA, Asunción (Paraguay); 2015.
27. El azufre como fungicida e insecticida - infoagro.com [Internet]. [cited 2019 Nov 14]. Available from: <https://foro.infoagro.com/foros/viewtopic.php?t=1894>