



Siembra

ISSN: 1390-8928

ISSN: 2477-8850

xblastra@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador

Ecuador

Valverde- Rodríguez, Agustina; Cornejo y Maldonado, Antonio;
Miguel Villanueva, Nalda; Campos Albornoz, Miltao Edelio
Bacterias y hongos entomopatógenos en el manejo de *Brevicoryne
brassicae* (Homoptera: Aphididae) en los cultivos de la col
Siembra, vol. 11, núm. 1, e4994, 2024, Enero-Junio
Universidad Central del Ecuador
Quito, Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.4994>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=653876227002>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante

Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

Bacterias y hongos entomopatógenos en el manejo de *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) en los cultivos de la col

Entomopathogenic bacteria and fungi in the management of *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) in cabbage crops

Agustina Valverde-Rodríguez¹, Antonio Cornejo y Maldonado²,
Nalda Miguel Villanueva³, Miltao Edelio Campos Albornoz⁴




Siembra 11 (1) (2024): e4994

Recibido: 21/07/2023 Revisado: 13/09/2023 / 13/10/2023 Aceptado: 02/01/2024


¹ Universidad Hermilio Valdizán. Facultad de Ciencias Agrarias. Av. Universitaria 601-607. C.P. 10003. Huánuco, Perú.

✉ avalverde@unheval.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-1522-4827>


² Centro de Investigación Olerícola Frutícola - CIFO. Av. Pabletich. C.P. 10000, Huánuco, Perú.

✉ acornejo@unheval.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0001-7751-2483>


³ Universidad Hermilio Valdizán. Facultad de Ciencias Agrarias. Av. Universitaria 601-607. C.P. 10003. Huánuco, Perú.

✉ mivinaty95@gmail.com.pe

 <https://orcid.org/0000-0001-7811-9587>

⁴ Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Escuela de Ingeniería Agronómica. Av. Los Próceres 703, Cerro De Pasco 19001. Paucartambo, Perú.

✉ mcamposa@undac.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-0356-9799>

*Autor de correspondencia:
avalverde@unheval.edu.pe

Resumen

El uso de hongos y bacterias con capacidad patogénica hacia los insectos se considera una alternativa agroecológica sostenible de lucha eficiente contra las plagas por ser microorganismos de fácil producción en escala industrial, formulación y uso; entonces, el objetivo ha sido evaluar cuatro formulados entomopatógenos en el control de *Brevicoryne brassicae* L, plaga clave de la col (*Brassica oleracea* L.), en diseño de bloques completos al azar de 4 tratamientos, sumado un testigo absoluto y 4 réplicas, siendo las variables evaluadas la cantidad de pulgones muertos y vivos por planta y cantidad de plantas infestadas. Los formulados comerciales Biosafe, BesT-K, Metarrizo y Yurak que contenían cepas de *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* (Btk), *Metarhizium anisopliae* y *Bauveria bassiana*, respectivamente, son los que fueron utilizados mediante la aplicación por aspersion al cultivo en dos épocas de siembra, temporada agosto-diciembre 2019 y agosto-diciembre 2021. Entre los resultados se registró al *M. anisopliae* con hasta 91,11 % de eficiencia, seguida por *B. bassiana* con 89,50 % y Bs con 79,38 % en la reducción de las poblaciones en condiciones de campo; en laboratorio el Btk y *M. anisopliae* alcanzaron el 100 % de mortalidad en un lapso de siete días, por lo que se concluye que a mediano plazo los hongos entomopatógenos en campo resultan ser más eficientes en el control del pulgón, sin embargo, en condiciones controladas el Btk también es eficiente.

Palabras clave: entomopatógenos, eficacia, mortalidad, pulgón, bioplaguicidas

Abstract

The use of fungi and bacteria with pathogenic capacity towards insects is considered a sustainable agroecological alternative for efficient pest control, as they are microorganisms of easy production in industrial scale, formulation and use. Therefore, the objective was to evaluate four entomopathogenic formulations in the control of *Brevicoryne brassicae* L., a key pest of cabbage (*Brassica oleracea* L.), in a randomized complete block design with 4 treatments, plus an absolute control and 4 replicates. The variables evaluated were the number of dead and live

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

ISSN-e: 2477-8850

Periodicidad: semestral

vol. 11, núm 1, 2024

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.4994>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

aphids per plant and the number of infested plants. The commercial formulations Biosafe, BesT-K, Metarrizo and Yurak containing strains of *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* (*Btk*), *Metarhizium anisopliae* and *Bauveria bassiana* respectively, are the ones that were used by spray application to the crop in two seasons: planting, season August-December 2019 and August-December 2021. Among the results, *M. anisopliae* was recorded with up to 91.11 % efficiency, followed by *B. bassiana* with 89.50 % and *Bs* with 79.38 % in the reduction of populations under field conditions. In the laboratory, *Btk* and *M. anisopliae* reached 100 % mortality in a period of seven days, so it is concluded that in the medium term, entomopathogenic fungi in the field are more efficient in aphid control; however, in controlled conditions *Btk* is also efficient.

Keywords: entomopathogens, efficacy, mortality, aphids, biopesticides

1. Introducción

Los pulgones o áfidos de la especie *Brevicoryne brassicae* L, especialistas en el ataque de las crucíferas a nivel mundial (Valverde Cadillo et al., 2021), causan estrés a la planta y, como consecuencia, pérdidas económicas por la baja producción. Ocupan sus piezas bucales modificadas en estiletes altamente especializados para perforar y alimentarse de floema e inyectar la saliva al tejido vegetal (Broekgaarden et al., 2008). La alimentación de los áfidos puede causar clorosis y enrollamiento de las hojas en el cultivo, y los enrollados servir como refugio de las colonias y de las nuevas progenies; en el proceso de la alimentación se constituyen en transmisores de enfermedades virales (Askar, 2021). Iniciadas las infestaciones, invaden los cultivos y nuevas áreas aledañas en menor tiempo, esto se da por parte de un tipo de hembra alada llamada virginopada (Kahan et al., 2002; Villacide y Masciocchi, 2014).

Para su control es común la utilización de plaguicidas de amplio espectro, como los organofosforados, peritros y carbamatos (Dubrovsky Berenzstein et al., 2017), sin embargo, su uso ocasiona graves conflictos socioambientales (Islam et al., 2021), la mayoría de ellos son insecticidas con efecto residual de lixiviación prolongada, lo que genera perjuicio en el ciclo biogeoquímico (Jin et al., 2019; Pohare et al., 2021). Ya está evidenciado que los insectos tienen la capacidad de desarrollar resistencia genética y eso hace que restrinjan el uso prolongado del mismo ingrediente activo (Datta et al., 2021; Zhang et al., 2020). Es necesario la búsqueda de nuevas alternativas de control (Kim et al., 2017; Neuwirthová et al., 2019), entre ellas el uso de los microorganismos entomopatógenos (Lacey, 2017) que suelen ser enemigos naturales de los insectos, con alta eficiencia en el control y sin perjuicio al ambiente y a la salud humana (Islam et al., 2021; Khan et al., 2012).

Diferentes microorganismos, entre ellos los hongos, bacterias, los virus entomopatógenos pueden ser aplicados eficientemente en el manejo de plagas (Chen et al., 2021; Kaczmarek y Bogus, 2021; Chakrabarty et al., 2022). Varios géneros de hongos, entre ellos la *Bauveria*, presentan alta patogenicidad debido a la producción de toxinas capaces de matar al insecto (Rao y Narladkar, 2018; Yari Briones et al., 2021), el género *Metarhizium* afecta a más de trescientas especies de la clase insecta (Gómez Pereira y Mendoza Mora, 2004) así como también el *Bacillus thuringiensis* serovar *kurstaki*, que resulta ser altamente efectivo para reducir la densidad poblacional de numerosas plagas (Daquila et al., 2021; Lentini et al., 2020; Mannu et al., 2020; Straw y Forster, 2022). Sin embargo, la eficiencia de estos biocontroladores sobre las plagas difiere dependiendo de las cepas, el sitio de aislamiento, tiempo de incubación y dosis (Eidy et al., 2016), su uso resulta en una alter-nativa sostenible para el manejo integrado (Silva et al., 2021).

Existen varios antecedentes del uso de entomopatógenos en el control de áfidos de modo general a nivel internacional (Boni et al., 2021; Ek-Ramos et al., 2021; Gebreyohans et al., 2021; Jaber y Araj, 2018; Mukherjee et al., 2020). En Perú, es escasa la información relacionada al tema, esto podría ser por la poca información a nivel nacional y el desconocimiento de los agricultores sobre la efectividad de los microorganismos en el manejo de las plagas; no se ha encontrado reportes sobre el éxito del manejo de los pulgones con el uso de los entomopatógenos, más aún bajo las condiciones ambientales de los valles interandinos de Perú. Aunque los estudios han descrito los efectos de hongos y bacterias en las fases larvianas de los lepidópteros, no se reportan ensayos de manejo en los pulgones. Dada la importancia como un recurso alternativo al uso de insecticidas químicos y en el contexto del cuidado ambiental y la salud de los agricultores (Arias, 2021), en este documento, estudiamos el potencial entomopatógeno de cuatro formulaciones en *B. brassicae*, plaga de la col (*B. oleracea* L.) a nivel de campo y laboratorio, mediante diseños experimentales.

2. Material y Métodos

2.1. Lugar de ejecución

La investigación fue realizada en las parcelas del Centro de Investigación Olerícola Frutícola, adscrito a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, ubicado en el margen izquierdo del río Huallaga a 1.947 m s.n.m., 09°58'12" latitud sur y 76°15'08" longitud oeste, y los laboratorios del área de sanidad vegetal de la misma universidad, en la temporada agosto-diciembre 2019 y agosto- diciembre 2021.

Se ocuparon parcelas infestadas de *B. brassicae* bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA) de 4 tratamientos, sumado a ello un testigo en blanco y 4 réplicas. Se consideró como población a la totalidad de los pulgones existentes en 1.920 plantas de col variedad Globe Máster, y como muestra al total de los pulgones en 24 plantas de cada unidad experimental.

2.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos fueron constituidos a base de los formulados comerciales BioSafe, BesT-K, Metarizo y Yurak que contenían cepas de los entomopatógeno *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* (*Btk*), *Metarhizium anisopliae* y *Bauveria bassiana*, respectivamente (del banco micológico de la empresa PBA-Perú), evaluados mediante aplicación por aspersión al cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos en estudio.
Table 1. Treatments.

Tratamientos	Dosis aplicada
<i>Bacillus subtilis</i>	4 mL.l ⁻¹ de agua
<i>Bacillus thuringiensis</i> var <i>kurstaki</i> (<i>Btk</i>)	4 mL.l ⁻¹ de agua
<i>Metarhizium anisopliae</i>	4 mL.l ⁻¹ de agua
<i>Bauveria bassiana</i>	4 g.l ⁻¹ de agua
Testigo	Sin aplicación

En campo, la unidad de análisis fue una planta de col y en laboratorio fue una placa que contenía 100 individuos adultos.

2.3. Análisis de agua

Previo a la dosificación de los tratamientos se realizó el análisis de agua a ocupar, con el propósito de medir el pH, teniendo en consideración que lo ideal está en un rango de 5,5 a 7 y los compuestos minerales en el agua inferiores a 150 mg l⁻¹. Los valores de pH diferentes pueden alterar la germinación de las esporas del entomopatógeno (Enríquez Vara, 2021).

Según los resultados obtenidos el pH fue de 6,93, por lo que no fue necesario ocupar corrector de agua y la presencia de carbonatos en el agua era bajo, siendo favorable para su uso. Se creyó conveniente recolectar agua y realizar su exposición al sol por 48 horas para la eliminación de cloruros y sedimentación de las partículas previa aplicación al campo.

2.4. Dosificación y aplicación de los formulados en campo

En un balde de cinco litros de agua (individual para cada formulado) se incorporó el entomopatógeno y se obtuvo una mezcla homogénea; para el caso de los hongos fue necesario adicionar el aceite agrícola (Ec-oil) a una dosis de 20 ml por cada 20 l de agua, posteriormente se dejó reposar el caldo entomopatógeno por un

tiempo de seis horas. Los aceites protegen las esporas del hongo frente a las inclemencias del tiempo (Gómez Ramírez et al., 2014).

2.5. Frecuencia de las aplicaciones

Los hongos entomopatógenos generalmente se aplican a los cultivos mediante pulverizaciones foliares o por incorporación al suelo (Quesada-Moraga et al., 2006; Russo et al., 2015). En este estudio las aplicaciones del caldo entomopatógeno se realizaron con la ayuda de una mochila pulverizadora manual de 20 litros, cabe resaltar que por cada tratamiento se tuvo una mochila en especial. Las aspersiones se realizaron en horas de la tarde a la puesta del sol (cinco a seis de la tarde), con una frecuencia de cada 7 días por tres veces consecutivas, cabe aclarar que las aplicaciones comenzaron al detectarse un porcentaje considerable de pulgones en campo.

2.6. Aplicación de los tratamientos en condiciones de laboratorio

Se ocuparon los procedimientos de Al-alawi y Obeidat (2014) y Gómez Ramírez et al. (2014) con algunas modificaciones:

- Se colectaron hojas de la col de la parcela testigo como fuente de alimento del pulgón; se desinfectaron por 10 segundos con NaClO 0,5% con enjuague inmediato por tres veces consecutivas utilizando agua destilada y el secado en papel toalla estéril. También se colectaron un total de 2.000 pulgones adultos de la parcela no tratada, ocupando 100 individuos por placa estéril de 50 ml, en 5 tratamientos y 4 repeticiones.
- De los formulados Biosafe, BesT-K, Metarrizo y Yurak, que contenían cepas de los entomopatógenos, se preparó de forma individual el caldo biocontrolador en 60 ml de agua purificada adicionando el entomopatógeno en un rango de 0,12 g, según corresponda; en el caso de los hongos fue necesario incorporar 0,06 ml de aceite agrícola. Luego, los frascos que contenían el entomopatógeno fueron rotuladas como *B. subtilis*, *Btk*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* y testigo, esta solución ya lista se dejó reposar seis horas, posteriormente fueron aplicadas en las placas según los tratamientos en estudio, luego mantenidas en laboratorio a 24 ± 2 °C, 65 ± 10 % HR y 16:8 h. fotoperíodo durante cinco a siete días.
- El recambio de las hojas de col como alimento del pulgón se hizo en forma diaria, aprovechando el momento para las evaluaciones y limpieza de las placas, en el mismo horario durante los siete días consecutivos. El registro de eficiencia fue también en los mismos días, contabilizando los pulgones según su estado (vivos o muertos); considerando insecto muerto al pulgón con ausencia de movimientos, sin respuesta al pinchazo y con la presencia de las estructuras de los hongos en el cuerpo del individuo.

2.7. Análisis de eficacia

La mortalidad en campo y laboratorio fueron expresadas en porcentajes de eficacia, dadas por las fórmulas de Henderson y Tilton (1955) y Abbott (1925), respectivamente, siendo luego sometidos al análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples a través de la prueba LSD de Fisher, ocupando el estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2020).

3. Resultados y Discusión

3.1. Incidencia de *B. brassicae* en campo post aplicación

El registro de la incidencia previa a las aplicaciones fluctuó entre 26 y 28 pulgones por planta, y estadísticamente homogéneo en todo el campo experimental ($p > 0,01$). A los 7 días post aplicación el porcentaje de eficiencia del tratamiento Bs fue de 52,31 % con una población de 16,25 pulgones en promedio por planta, mientras tanto, en el tratamiento *Btk*, *M. anisopliae*, *B. bassiana* y el testigo (grupo control) se incrementaron las poblaciones a un promedio de 35,50; 30,75; 62,75 y 37,75 pulgones planta⁻¹, respectivamente. A los 15 días post aplicación, en el tratamiento Bs, la eficiencia se incrementó al 67,29 %, seguida por el tratamiento *M. anisopliae* con 84,68 %.

En 30 días de evaluación todos los tratamientos registran eficiencia en el control de la plaga, siendo el tratamiento *Btk* superior con el 88,67 %, seguido por el *M. anisopliae* con 84,68 %, Bs con 75,17% y *B. bassiana* con 71,01 % (Tabla 2), observándose poblaciones de entre 4,45 a 11,25 individuos por planta ($p < 0,01$) con una marcada diferencia en el tratamiento testigo, donde se registró por sobre los 40 pulgones planta⁻¹. La incidencia de la plaga, previa a las aplicaciones, resultó ser homogénea en todo el campo experimental, para luego decaer los días posteriores a la aplicación de los tratamientos, siendo el mayor porcentaje de reducción con el *Btk*, seguida por el *M. anisopliae*, *B. subtilis* y *B. bassiana*. Similares resultados de *B. bassiana* reportan Al-alawi y Obeidat (2014) al estudiar la eficiencia de tres aislados en el control el pulgón *Myzus persicae* en condiciones de laboratorio e invernadero (41,3 % y 46,5 % de eficiencia, respectivamente). Los hallazgos de Peña et al. (2000) con los biopreparados de *Verticillium lecanii*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *B. bassiana* a nivel de parcelas en el control y del pulgón *Toxoptera citricidus* Kirkaldy, *V. lecanii* también registran el 76 % y 78 % de efectividad técnica, siendo superado por *P. fumosoroseus* con 85 % y *B. bassiana* 83 %, respectivamente. Por su parte Ríos et al. (2020) evidenciaron el 84 % de efectividad con *B. bassiana* en el control de *B. brassicae* en 23 días, mientras tanto, *B. bassiana* + *M. anisopliae* tuvieron el 79 % de eficiencia en los primeros seis días y *M. anisopliae* registra el 88 % en 23 días post aplicación.

Tabla 2. Eficacia (%) de los entomopatógeno en el control de *B. brassicae* en campo.
Table 2. Efficacy (%) of the entomopathogens in the control of *B. brassicae* in the field.

Tratamientos	Previo	Pulgones día ⁻¹ + eficiencia del entomopatógeno (%)*					
	0 días	7 días	15 días	30 días			
<i>B. subtilis</i>	25,50 a	16,25 a	52,31%	15,50 b	67,29%	9,75 b	75,17%
<i>Btk</i>	25,50 a	35,50 d		31,00 c		4,45 a	88,67%
<i>M. anisopliae</i>	26,50 a	30,75 c		6,25 a	84,68%	6,25 a	84,68%
<i>B. bassiana</i>	25,25 a	62,75 e		29,25 c		11,25 b	71,07%
Testigo	28,25 a	37,75 d		52,50 d		43,50 d	
C, V %	5,41	4,86		7,56		10,04	
E, E	0,71	0,84		1,02		0,75	

* Medias con la misma letra en columna sin diferencia estadística (LSD $\alpha = 0,05$).

* Means with the same letter in column with no statistical difference (LSD $\alpha = 0.05$).

3.2. Eficacia de los entomopatógenos en el control de *B. brassicae* en condiciones de laboratorio

La mortalidad de los pulgones ocurrió a partir del segundo día post aplicación para todos los tratamientos (Figura 1) con descenso paulatino de individuos hasta llegar a un máximo de 0,00 pulgones vivos placa⁻¹ en los días cinco y siete post tratamiento.

3.3. Disminución de individuos vivos por placa

Previo a la aplicación, el número de pulgones vivos fue de 100 individuos por placa, poblaciones homogéneas para todos los tratamientos. El primer día post aplicación se registraron cantidades menores a 93 pulgones vivos placa⁻¹ en todos los tratamientos, el segundo día la población se redujo hasta 85 a 49, para luego decaer rápidamente hasta un 53 a 37 en promedio en el tercer día, el día siguiente con descensos de entre 40 a 15 individuos. Hasta este día sin diferencias estadísticas ($p > 0,01$) entre los tratamientos. Al quinto y séptimo días las poblaciones de individuos vivos se reducen a 0,00 en algunos tratamientos, con notoriedad de diferencias estadísticas ($p < 0,01$), siendo los menores promedios en los entomopatógenos *M. anisopliae* y *Btk* (Tabla 3).

La mortalidad sucedió con un descenso paulatino hasta llegar a 0,00 pulgones vivos placa⁻¹ en los días cinco y siete post tratamiento, siendo los de menores promedios los entomopatógenos *M. anisopliae* y *Btk*. Este resultado es coincidente con los reportes de Ek-Ramos et al. (2021) con la disminución poblacional de *M. persicae* a nivel de campo en plantas de pimiento después de aplicar *B. bassiana* (cepa 7R) y *M. brunneum* (cepa metaBr1) a 1×10^7 o 1

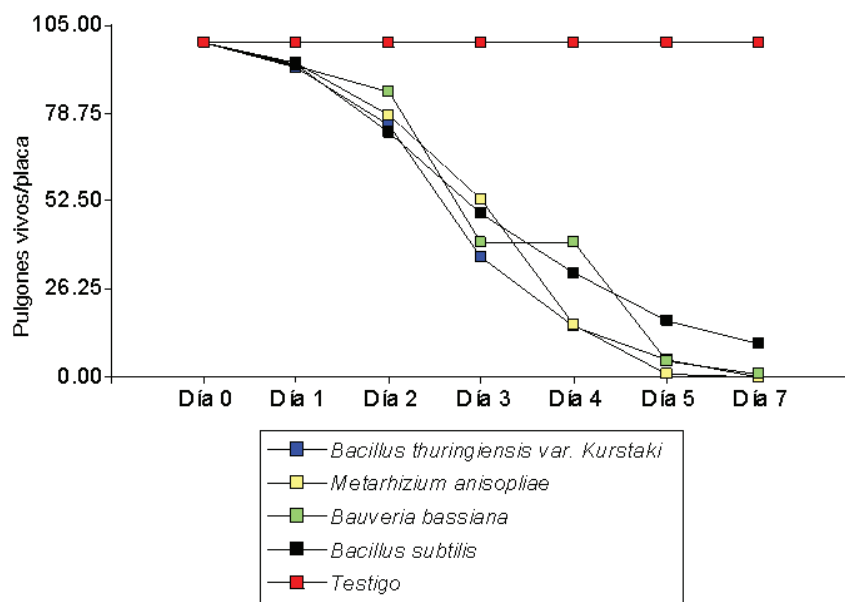


Figura 1. Las líneas representan el descenso de los niveles poblacionales del pulgón según tratamientos, a través del tiempo, pulgones vivos placa⁻¹.

Figure 1. The lines represent the decrease in aphid population levels according to treatments, over time, live aphids plate⁻¹.

Tabla 3. Mortalidad de los pulgones día⁻¹ tratamiento⁻¹.

Table 3. Aphids mortality day⁻¹ treatment⁻¹.

Tratamientos	Previo	Pulgones vivos/tratamiento (mortalidad)*					
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7
Btk	100,00	92,67 a	75,00 a	35,67 a	15,33 a	5,00ab	0,00 a
<i>M. anisopliae</i>	100,00	93,67 a	78,00 a	53,33 a	15,67 a	0,67 a	0,00 a
<i>B. bassiana</i>	100,00	93,00 a	85,00ab	40,33 a	40,00 a	4,67ab	0,67 a
<i>B. subtilis</i>	100,00	93,33 a	73,00 a	49,00 a	31,00 a	17,00 b	10,00 b
Testigo	100,00	100,00 b	100,00b	100,00 b	100,00 b	100,00 c	100,00 b
C, V %		3,08	10,04	34,03	59,44	31,36	35,36

* Medias con la misma letra en columna sin diferencia estadística (LSD $\alpha = 0,05$).

* Means with the same letter in column with no statistical difference (LSD $\alpha = 0.05$).

* 10^8 conidios ml⁻¹, con diferencias significativas de las poblaciones entre la eficiencia de los hongos y el testigo ($p < 0,001$), donde *M. brunneum* redujo las poblaciones a cero en un período de nueve días. Los hongos entomopatógenos, resultan determinantes en el control de los pulgones en los cultivos, evitando la necesidad de aplicar productos químicos (Núñez Seoane, 2021). Cabe señalar que en la reducción de las poblaciones, los entomopatógenos normalmente exhiben un modo de acción inicialmente lento y terminalmente abrupto (Baverstock et al., 2006), y se sabe que después de la penetración del hongo al cuerpo del hospedante se produce una transición dimórfica provocando la formación de hifas con potencial de dispersión, en este proceso secretan toxinas y enzimas que cumplen la función de inhibir el proceso metabólico de los insectos, provocando la muerte (Bergamo et al., 2019; Moraes et al., 1998). También ocurre la muerte celular cuando las toxinas y enzimas son liberadas por *M. anisopliae* (Mwamburi, 2021).

3.4. Porcentaje de eficacia de los tratamientos

Las evaluaciones de eficacia se registraron hasta los siete días después post aplicación, dado que los formulados provocaron alta mortalidad a este nivel. Los entomopatógenos con el 100 % de eficacia en la mortalidad

de los pulgones fueron *Btk* y *M. anisopliae* (Tabla 4) superando a los demás tratamientos, seguido por *B. bassiana* con 99,33 % de mortalidad.

Tabla 4. Eficacia de los tratamientos (%).

Table 4. Efficacy of the treatments (%).

Tratamientos	Eficacia (%)*						
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7
<i>Btk</i>	0,00	7,33	25,00	64,33	84,67	95,00	100,00
<i>M. anisopliae</i>	0,00	6,33	22,00	46,67	84,31	99,33	100,00
<i>B. bassiana</i>	0,00	7,00	15,00	59,67	60,00	95,33	99,33
<i>B. subtilis</i>	0,00	6,67	27,00	51,00	69,00	83,00	90,00

* % de eficacia= $[1 - (Td / Cd)] \times 100$

* % efficacy= $[1 - (Td / Cd)] \times 100$

En cuanto al porcentaje de eficacia de los tratamientos, los entomopatógenos con alta eficacia en la mortalidad de los pulgones fueron *Btk* y *M. anisopliae*, seguidos por *B. bassiana*. Cercanos porcentajes de mortalidad reportaron Gebreyohans et al. (2021) en sus estudios sobre el manejo de *B. brassicae* utilizando hongos entomopatógenos e insecticidas seleccionados, donde *B. bassiana* registra mortalidad de adultos entre 67 % y 100 % después de seis días de incubación y entre 56 % y 83 % con *M. anisopliae* después de cinco días de incubación. De manera similar Murerwa et al. (2014) registran hasta 41 % de mortalidad de adultos con *M. anisopliae* en una concentración de 1×10^7 después de 6 días de tratamiento. Es bueno indicar que la eficacia de los biocontroladores sobre los pulgones difiere dependiendo de las cepas, el sitio de aislamiento, tiempo de incubación y dosis (Eidy et al., 2016; Litwin et al., 2020). Becerra Verdín (2010) al evaluar los formulados comerciales y cepas nativas de *M. anisopliae* y *B. bassiana* en la mortalidad de los pulgones en cucurbitáceas, registró hasta un 63 % de eficacia en cinco días para ambas especies de hongos. Clifton et al. (2018) comprobaron que la aplicación de *B. bassiana* y *M. brunneum* a semillas de soja las convierte en endófitos y estos pueden afectar las interacciones con el pulgón de la soja (*Aphis glycines* Matsumura), en este caso *B. bassiana* fue el más frecuente.

4. Conclusiones

Entre los resultados se muestra la efectividad de los cuatro entomopatógenos en el control del pulgón a nivel de campo y laboratorio. Los tratamientos mostraron un aumento paulatino en el tiempo de mortalidad de los insectos. En campo con una eficiencia de 71,07 a 88,67 % en el lapso de 30 días y en laboratorio causando la mortalidad máxima en 5 a 7 días y una eficiencia de 90 al 100 %.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación Frutícola Olerícola por haber facilitado el uso de las parcelas para la siembra de la col y colecta de los áfidos y materiales utilizados para el experimento.

Contribuciones de los autores

- Agustina Valverde-Rodríguez: conceptualización, curación de datos, software, redacción – revisión y edición.
- Antonio Cornejo y Maldonado: investigación, metodología, validación.
- Nalda Miguel Villanueva: análisis formal, redacción – borrador original.
- Miltao Edelio Campos Albornoz: curación de datos, administración del proyecto.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que no existen implicaciones éticas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés financieros o no financieros que podrían haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Referencias

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Al-alawi, M. S., y Obeidat, M. (2014). Selection of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin isolates for management of *Myzus persicae* (sultzar) (hom.: Aphidae) based on virulence and growth-related characteristics. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 9(1), 94-100. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2014.94.100>
- Arias, M. J. (2021). Control biológico en insectos plagas de importancia agrícola. En C. Castillo, B. Montero, y P. Cuasapaz (eds.), *Memorias del II Congreso de Control Biológico Aplicado* (pp. 28-30). Archivos Académicos USFQ. <https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi36.2313>
- Askar, S. I. (2021). Efficiency of three coccinellid species against *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) in cabbage fields at El-Behera Governorate, Egypt. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 12(1), 31-35. <https://dx.doi.org/10.21608/jppp.2021.149518>
- Baverstock, J., Roy, H. E., Clark, S. J., Alderson, P. G., y Pell, J. K. (2006). Effect of fungal infection on the reproductive potential of aphids and their progeny. *Journal of Invertebrate Pathology*, 91(2), 136-139. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2005.11.005>
- Becerra Verdín, C. A. (2010). *Efectividad biológica de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin, sobre pulgones en calabaza japonesa (*Cucurbita moschata* var. *Chirimén*). Universidad Autónoma de Nayarit.
- Bergamo, R. H. S., Daquila, B. V., y Conte, H. (2019). Sustentabilidade agrícola com fungos entomopatogênicos. En Silva Neto, B. R. da (coord.), *Principais grupos e aplicações biotecnológicas dos fungos* (pp. 41-52). Atena editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.3071918105>
- Boni, S. B., Mwashimaha, R. A., Mlowe, N., Sotelo-Cardona, P., & Nordey, T. (2021). Efficacy of indigenous entomopathogenic fungi against the black aphid, *Aphis fabae* Scopoli under controlled conditions in Tanzania. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(2), 1643-1651. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00365-8>
- Broekgaarden, C., Poelman, E. H., Steenhuis, G., Voorrips, R. E., Dicke, M., y Vosman, B. (2008). Responses of Brassica oleracea cultivars to infestation by the aphid *Brevicoryne brassicae*: an ecological and molecular approach. *Plant, Cell & Environment*, 31(11), 1592-1605. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01871.x>
- Chakrabarty, S., Chakraborty, P., Islam, T., Aminul Islam, A. K. M., Datta, J., Bhattacharjee, T., Minghui, J., y Xiao, Y. (2022). *Bacillus thuringiensis* proteins: structure, mechanism and biological control of insect pests. En M. T. Islam, M. Rahman, y P. Pandey (eds.), *Bacilli in Agrobiotechnology: Plant Stress Tolerance, Bioremediation, and Bioprospecting* (pp. 581-608). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85465-2_25
- Chen, W., Xie, W., Cai, W., Thaochan, N., y Hu, Q. (2021). Entomopathogenic Fungi Biodiversity in the Soil of Three Provinces Located in Southwest China and First Approach to Evaluate Their Biocontrol Potential. *Journal of Fungi*, 7(11), 984. <https://doi.org/10.3390/jof7110984>
- Clifton, E. H., Jaronski, S. T., Coates, B. S., Hodgson, E. W., y Gassmann, A. J. (2018) Efectos de los hongos entomopatógenos endófitos en el pulgón de la soja e identificación de aislados de *Metarhizium* de campos agrícolas. *PLoS ONE*, 13(3), e0194815. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194815>
- Daquila, B. V., Dossi, F. C., Moi, D. A., Moreira, D. R., Caleffe, R. R., Pamphile, J. A., y Conte, H. (2021). Bioactivity of *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs. *Pest Management Science*, 77(4), 2019-2028. <https://doi.org/10.1002/ps.6230>

- Datta, J., Monsur, M. B., Chakraborty, P., Chakrabarty, S., Fahad, S., Hossain, A., Mondal, F., Ahmed, S., Ali, P., y EL Sabagh, A. (2021). Obstacle in controlling major rice pests in Asia: Insecticide resistance and the mechanisms to confer insecticide resistance. En S. Fahad, O. Sönmez, S. Saud, D. Wang, C. Wu, M. Adnan, M. Arif, Amanullah (eds.), *Engineering Tolerance in Crop Plants Against Abiotic Stress* (pp. 81-99). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003160717>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2020*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Dubrovsky Berensztein, N., Ricci, M., Polack, L. A., y Marasas, M. E. (2017). Control biológico por conservación: evaluación de los enemigos naturales de *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) en un manejo agroecológico de producción al aire libre de repollo (*Brassica oleracea*) del Cinturón Hortícola de La Plata, Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 116(1), 141- 154. <http://revista-vieja.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/1043>
- Eidy, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Zargarzadeh, F., Golizadeh, A., y Mahdavi, V. (2016). Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) and *Verticillium lecanii* (Zimmerman) against aphid *Macrosiphum rosae*, Linnaeus (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 9(1), 25-28. <https://jjbs.hu.edu.jo/files/v9n1/Paper%20Number%203m.pdf>
- Ek-Ramos, M. J., Mantzoukas, S., Tamez-Guerra, P., Zavala-García, F., y Lagogiannis, I., (2021). Entomopathogenic fungi tested *in planta* on pepper and in field on sorghum, to control commercially important species of Aphids. *Research Square*, PREPRINT (Version 1). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-745448/v1>
- Enríquez Vara, J. N. (2021). Control biológico de plagas con microorganismos entomopatógenos. En J. J. Castañeda Nava (ed.), *Tópicos de Herramientas Biotecnológicas para el Desarrollo Agrícola* (pp. 73-80). CIATEJ. <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/787>
- Gebreyohans, G., Chokel, Y., Alemu, T., y Assefa, F. (2021). Management of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae)) on Ethiopian mustard (*Brassica carinata* Braun) using entomopathogenic fungi and selected insecticides. *SINET: Ethiopian Journal of Science*, 44(1), 13-26. <https://doi.org/10.4314/sinet.v44i1.2>
- Gómez Pereira, P., y Mendoza Mora, J. (2004). *Guía para la producción de Metarhizium anisopliae*. Centro de investigación de la caña de azúcar del Ecuador. CINCAE. <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/Producci%C3%B3n-Metarhizium-anisopliae-Publicaci%C3%B3n-T%C3%A9cnica-N%C2%B05.pdf>
- Gómez Ramírez, H., Zapata Granja, A., Torres del Águila, E., y Tenorio Cantoral, M. (2014). *Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos*. SCB-SENASA. Laboratorio de entomopatógenos. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2017/09/Manual-de-Producci%C3%83%C2%B3n-y-Usode-Hongos-Entomopat%C3%83%C2%B3genos.pdf>
- Henderson, C. F., y Tilton, E. W. (1955). Tests with Acaricides against the Brown Wheat Mite. *Journal of Economic Entomology*, 48(2), 157-161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., Tayyab, M., Noman, A., Nisar, M. S., Khan, K. A., y Ali, H. (2021). Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, 159, 105122. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105122>
- Jaber, L. R., y Araj, S.-E. (2018). Interactions among endophytic fungal entomopathogens (Ascomycota: Hypocreales), the green peach aphid *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae), and the aphid endoparasitoid *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 116, 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.04.005>
- Jing, X., Yuan, Y., Wu, Y., Wu, D., Gong, P., y Gao, M. (2019). Crystal structure of *Bacillus thuringiensis* Cry7Ca1 toxin active against *Locusta migratoria manilensis*. *Protein Science*, 28(3), 609-619. <https://doi.org/10.1002/pro.3561>
- Kaczmarek, A., y Boguś, M. I. (2021). Fungi of entomopathogenic potential in *Chytridiomycota* and *Blastocladiomycota*, and in fungal allies of the *Oomycota* and *Microsporidia*. *IMA fungus*, 12, 29. <https://doi.org/10.1186/s43008-021-00074-y>
- Kahan, A., Ricci, E., y Hasperué, J. (2002). Comportamiento poblacional de *Brevicoryne brassicae* L. en tres cultivares de repollo. *Revista de Protección Vegetal*, 17(3), 225-226. <https://agris.fao.org/search/en/records/647246012c1d629bc9796f87>
- Khan, S., Guo, L., Maimaiti, Y., Mijit, M., y Qiu, D. (2012). Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. *Molecular Plant Breeding*, 3(7), 63-79. <https://doi.org/10.5376/mpb.2012.03.0007>

- Kim, K.-H., Kabir, E., y Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of The Total Environment*, 575, 525–535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>
- Lacey, L. A. (2017). Chapter 1 - Entomopathogens used as microbial control agents. En L. A. Lacey (ed.), *Microbial Control of Insect and Mite Pests* (pp. 3-12). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803527-6.00001-9>
- Lentini, A., Mannu, R., Cocco, A., Ruio, P. A., Carboneschi, A., y Luciano, P. (2020). Long-term monitoring and microbiological control programs against lepidopteran defoliators in Sardinian cork oak forests (Italy). *Annals of Silvicultural Research*, 45(1), 21-30. <https://doi.org/10.12899/asr-1846>
- Litwin, A., Nowak, M., y Różalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19(1), 23-42. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09525-1>
- Mannu, R., Cocco, A., Luciano, P., y Lentini, A. (2020). Influence of *Bacillus thuringiensis* application timing on population dynamics of gypsy moth in Mediterranean cork oak forests. *Pest Management Science*, 76(3), 1103-1111. <https://doi.org/10.1002/ps.5622>
- Moraes, I. O., Capalbo, D. M. F., y Arruda, R. O. M. (1998). Produção de bactérias entomopatogênicas. En S. B. A. Alves (ed.), *Controle microbiano de insetos* (2ª ed.) (pp. 815-843). FEALQ. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/12933/producao-de-bacterias-entomopatogonicas>
- Mukherjee, A., Debnath, P., Ghosh, S. K., y Medda, P. K. (2020). Biological control of papaya aphid (*Aphis gossypii* Glover) using entomopathogenic fungi. *Vegetos*, 33(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s42535-019-00072-x>
- Murerwa, P., Arama, P. F., Kamau, A. W., y Maniania, N. K. (2014). Effect of infection by *Metarhizium anisopliae* isolate ICIPE 51 on developmental stage, fecundity, and intrinsic rate of increase of *Rhopalosiphum padi* and *Metopolophium dirhodum*. *Journal of Entomology and Nematology*, 6(11), 154-160. <https://doi.org/10.5897/JEN2014.0114>
- Mwamburi, L. A. (2021). Endophytic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, confer control of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in two tomato varieties. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00357-3>
- Neuwirthová, N., Trojan, M., Svobodová, M., Vašíčková, J., Šimek, Z., Hofman, J., y Bielská, L. (2019). Pesticide residues remaining in soils from previous growing season(s) - Can they accumulate in non-target organisms and contaminate the food web? *Science of The Total Environment*, 646, 1056-1062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.357>
- Núñez Seoane, E. (2021). Gestión integrada de plagas en el cultivo de la alfalfa. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, (1051), 42-46. <http://hdl.handle.net/10532/5488>
- Peña, E., Villazón, L., Jiménez, S., Vázquez, L., y Licor, L. (2000). Alternativas para el control biológico del pulgón pardo de los cítricos (*Toxoptera citricidus* Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). *Fitosanidad*, 4(1-2), 75-78. <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/213/191>
- Pohare, M. B., Wagh, S. G., y Udayasuriyan, V. (2021). *Bacillus thuringiensis* as potential biocontrol agent for sustainable agriculture. En A. N. Yadav, J. Singh, C. Singh, y N. Yadav (eds.), *Current Trends in Microbial Biotechnology for Sustainable Agriculture* (pp. 439-468). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6949-4_18
- Quesada-Moraga, E., Landa, B. B., Muñoz-Ledesma, J., Jiménez-Díaz, R. M., y Santiago-Álvarez, C. (2006). Endophytic colonisation of Opium Poppy, *Papaver somniferum*, by an entomopathogenic *Beauveria bassiana* strain. *Mycopathologia*, 161(5), 323-329. <https://doi.org/10.1007/s11046-006-0014-0>
- Rao, G., y Narladkar, B. W. (2018). Role of entomopathogenic fungi in tick control: a review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 1265-1269. <https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartR/6-1-112-205.pdf>
- Ríos, R., Vargas-Flores, J., Sánchez-Choy, J., Oliva-Paredes, R., Alarcón-Castillo, T., y Villegas, P. (2020). *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como controladores compatibles y eficientes de insectos plaga en cultivos acuapónicos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 419-426. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.14>
- Russo, M. L., Pelizza, S. A., Cabello, M. N., Stenglein, S. A., y Scorsetti, A. C. (2015). Endophytic colonisation of tobacco, corn, wheat and soybeans by the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales). *Biocontrol Science and Technology*, 25(4), 475-480. <https://doi.org/10.1080/09583157.2014.982511>
- Silva, C. V. da, Daquila, B. V., Schneider, L. C. L., Caleffe, R. R. T., Polonio, J. C., Canazart, D. A., Nanya, S., y Conte, H. (2021). Potential of Two *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitaceae) Isolates for Biological

- Control of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) Eggs. *Advances in Entomology*, 10(1), 63-76. <https://doi.org/10.4236/ae.2022.101005>
- Straw, N. A., y Forster, J. (2022). The effectiveness of ground-based applications of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* for controlling oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Annals of Applied Biology*, 181(1), 48-57. <https://doi.org/10.1111/aab.12751>
- Valverde Cadillo, A., Valverde Apfata, N., y Solano Porras, R. (2021). Eficacia del aceite de neem, aceite de eucalipto y caolín en el control biológico de *Brevicoryne brassicae*. *Agroindustrial Science*, 11(2), 185-192. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.08>
- Villacide, J., y Masciocchi, M. (eds.). (2014). *Pulgones*. Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria, N° 11. https://inta.gob.ar/sites/default/files/11_-_boletin_pulgones_para_web.pdf
- Yari Briones, D. I., Paredes-Valderrama, J. R., Milla Pino, M. E., y Murga Valderrama, N. L. (2021). Efecto del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el control de garrapatoxis en ganado bovino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), e19586. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19586>
- Zhang, L., Liu, B., Zheng, W., Liu, C., Zhang, D., Zhao, S., Li, Z., Xu, P., Wilson, K., Withers, A., Jones, C. M., Smith, J. A., Chipabika, G., Kachigamba, D. L., Nam, K., d'Alençon, E., Liu, B., Liang, X., Jin, M., Wu, C., Chakrabarty, S., Yang, X., Jiang, Y., Liu, J., Liu, X., Quan, W., Wang, Fan, G. W., Qian, W., Wu, K., y Xiao, Y. (2020). Genetic structure and insecticide resistance characteristics of fall armyworm populations invading China. *Molecular Ecology Resources*, 20(6), 1682-1696. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13219>