The Biologist (Lima), 2025, vol. 23 (1), XX-XX.
DOI: https://doi.org/10.62430/rtb20252311940

Este artículo es publicado por la revista The Biologist (Lima) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [https:// creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

Effect of the CCB-LE265 strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria Bassiana* Vuillemin, 1912 on *Alphitobius Diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) from poultry farms in Huaral, Peru

Efecto de la cepa CCB-LE265 del hongo entomopatógeno *Beauveria Bassiana* Vuillemin, 1912 sobre *Alphitobius Diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) de granjas avícolas en Huaral, Perú

Dulce Virghynia Villanueva-Salvatierra[1] & José Iannacone[1,2*]

[1] Laboratorio de Zoología. Grupo de Investigación "One Health". Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP), Santiago de Surco 15039, Lima, Perú. virghynia1@gmail.com / joseiannacone@gmail.com

[2] Laboratorio de Investigación en Ecología y Biodiversidad Animal (LEBA). Grupo de Investigación de sostenibilidad ambiental (GISA). Facultad de Ciencias Naturales y Matemática (FCNM), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), El Agustino, Lima, Perú. joseiannacone@gmail.com

*Corresponding author: joseiannacone@gmail.com

Titulillo: Effect of *Beauveria bassiana* on *Alphitobius diaperinus*
Villanueva & Iannacone

Dulce Villanueva: https://orcid.org/0000-0002-8358-3445

José Iannacone: https://orcid.org/0000-0003-3699-4732

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the CCB-LE265 strain of *Beauveria bassiana* Vuillemin, 1912 on adults of *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). Adult beetles were collected in the populated center of 'San Graciano' in the Aucallama district, Huaral, Peru. After verifying the viability of the conidia, four treatments with *B. bassiana* were applied, designated as T1, T2, T3, and T4, each with a concentration of 1 x 10^7 conidia·mL^{-1}, 2 x 10^7 conidia·mL^{-1}, 3 x 10^7 conidia·mL^{-1}, and 4 x 10^8 conidia·mL^{-1}, respectively. The dead beetles were incubated for 21 days to promote mycelial growth and confirm whether the cause of mortality was attributable to *B. bassiana*. The results indicated that all treatments were pathogenic to *A. diaperinus*. Treatment four (T4) showed a significant difference in terms of mortality and was the most effective in inducing mycosis, with 17.71%. In contrast, the other treatments showed lower mycosis values. These findings suggest that *B. bassiana* has potential for use in future trials under poultry production conditions to control *A. diaperinus* populations.

Keywords: *Beauveria bassiana – Alphitobius diaperinus* – integrated pest management – biological control –Entomopathogen – Poultry pests

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la cepa CCB-LE265 de *Beauveria bassiana* Vuillemin, 1912 en adultos de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). Se recolectaron escarabajos adultos en el centro poblado “San Graciano”, en el distrito de Aucallama, Huaral, Perú. Tras verificar la viabilidad de los conidios, se aplicaron cuatro tratamientos con la cepa CCB-LE265, designados como T1, T2, T3 y T4, cada uno con una concentración de 1 x 10^7 conidia·mL^{-1}, 2 x 10^7 conidia·mL^{-1}, 3 x 10^7 conidia·mL^{-1}, y 4 x 10^8 conidia·mL^{-1}, respectivamente. Los escarabajos muertos se incubaron durante 21 días para favorecer el crecimiento del micelio y así confirmar si la causa de la mortalidad fue atribuible a *B. bassiana*. Los resultados indicaron que todos los tratamientos resultaron patógenos para *A. diaperinus*. El tratamiento cuatro (T4) mostró una diferencia significativa en términos de mortalidad, y fue el más efectivo en inducir micosis, con un 17,71%. En contraste, los otros tratamientos presentaron valores de micosis más bajos. Estos hallazgos sugieren que *B. bassiana* tiene potencial para ser utilizada en futuros ensayos bajo condiciones de producción avícola, con el fin de controlar poblaciones de *A. diaperinus*.

ASAP

Palabras clave: *Alphitobius diaperinus* – *Beauveria bassiana* – control biológico – entomopatógeno – manejo integrado de plagas – plaga avícola

INTRODUCCIÓN

El "escarabajo menor de la harina", *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) es una de las plagas más importantes en la industria avícola, debido a que causa daños económicos significativos en la producción. Por un lado, los pollos de engorde, sobre todo los más jóvenes, tienden a priorizar la ingesta de los insectos en lugar de alimento balanceado, resultando en un menor índice de ganancia de peso (Daniel *et al*., 2019). Estos escarabajos, actúan como reservorio y vectores de patógenos aviares, tales como, virus, bacterias, hongos, y parásitos (Rumbos *et al.*, 2019). En consecuencia, el alimento balanceado pierde su calidad, debido a que se encuentra contaminado con residuos fecales y cadáveres de los mismos escarabajos, afectando de esta manera la salud de las aves (Smith *et al*., 2022).

Adicional a ello, provocan un impacto desfavorable en los galpones de crianza de aves, las larvas, con sus piezas bucales, deterioran la infraestructura durante el proceso de excavación de túneles. Este comportamiento persiste como parte de su proceso de desarrollo hasta alcanzar la fase de pupa (Rumbos *et al*., 2019; Arena & Defagó, 2020).

En el año 2022, el Perú se posicionó como el cuarto mayor productor de carne de pollo en Latinoamérica, con 791,7 millones de pollos de engorde (Ruiz, 2023). El consumo de carne de pollo en el país asciende a 55 kg por persona al año (MIDAGRI, 2023). Ante este escenario, es importante implementar mejoras en las condiciones de producción y un mejor control de la sanidad, mitigando el uso excesivo de insecticidas químicos en las granjas (Sammarco *et al*., 2023).

Se ha demostrado la eficacia del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Vuillemin, 1912, como agente de control biológico para *A. diaperinus* (Daniel *et al*., 2019; Dannon *et al.*, 2020; Moreno-Borjas *et al*., 2019; Santoro *et al*., 2008). El mecanismo de acción del hongo empieza cuando la espora (conidio) es depositada en la superficie del escarabajo e inicia el desarrollo de su tubo germinativo y su apresorio para fijarse al escarabajo, después mediante enzimas como las proteasas, lipasas y quitinasas, el hongo ingresa en *A. diaperinus* donde ramifica sus estructuras, colonizando las cavidades del insecto (Daniel *et al*., 2019) y produce toxinas, como beauvericina, beauverolide, bassianolide y ácido oxálico, que actúan como inmunosupresores, invadiendo todos los tejidos y matando al escarabajo. Finalmente, el hongo

ASAP

inicia la fase saprofítica, multiplicándose y creciendo (Geden & Steinkraus, 2003; Imoulan *et al*., 2017).

La eficacia de *B. bassiana* puede verse influenciada por factores ambientales, como la temperatura y la humedad (Nahian-Al Sabri *et al*., 2022); no obstante, se ha constatado su capacidad para subsistir en las condiciones ambientales inherentes a las granjas avícolas lo que contribuye a un control efectivo de la plaga a largo plazo (Lambkin, 2005; Lambkin *et al*., 2010).

Persistir en la investigación y perfeccionamiento de la aplicación del hongo *B. bassiana* como agente de control biológico de *A. diaperinus* no solo ofrece la posibilidad de reducir los impactos adversos de esta plaga en la industria avícola, sino también de promover la salud y el bienestar de las aves (Sammarco *et al*., 2023). Esta estrategia busca optimizar la producción avícola, mientras ofrece una plataforma para la investigación y el desarrollo de alternativas más sostenibles.

Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue evaluar la patogenicidad del hongo *B. bassiana* en adultos de *A diaperinus* colectados de granjas avícolas del centro poblado "San Graciano", del distrito Aucallama, ubicado en el distrito de Huaral, provincia de Lima del Perú, bajo condiciones de laboratorio. Para ello, se estimó la tasa o porcentaje de mortalidad de adultos de *A. diaperinus* expuestos a cuatro tratamientos con diferentes concentraciones *B. bassiana* y un tratamiento control, y se determinaron las concentraciones de NOEC (Concentración sin efecto observado) y LOEC (Concentración mínima de efecto observado) del hongo *B. bassiana* necesarias para lograr mortalidad en adultos de *A. diaperinus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue experimental. Se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 12 repeticiones y 4 bloques. Se recolectaron los especímenes adultos de *A. diaperinus* del centro poblado "San Graciano", del distrito Aucallama, ubicado en el distrito de Huaral, provincia de Lima del Perú, con la ayuda de envases de plástico para su posterior transporte al laboratorio. Fueron depositados en recipientes de polietileno, etiquetados e identificados, y se llevaron al laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

La identificación de *A. diaperinus* se realizó utilizando un microscopio estereoscópico de la marca Leica, serie Zoom 2000 a 20X, consultando la literatura y con apoyo de la clave

dicotómica de Aballay *et al*. (2016).

La cepa CCB-LE265 de *B. bassiana* se obtuvo del Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú – SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria), Lima, Perú. Esta cepa proviene de Porompata, Yanahuayo, Puno, Perú, y fue aislada originalmente del escarabajo *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) conocido comúnmente como "broca del café". Se reservó en refrigeración a 4°C en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. La cepa fue reactivada en placas y tubos en agar papa dextrosa (PDA). Se tomó una muestra de una placa con PDA con crecimiento fúngico y luego de teñirla con azul de lactofenol a temperatura y humedad ambiental, se verificó la pureza del cultivo usando un microscopio óptico de la marca Leica, serie DM750 a 100X.

Los cultivos de *B. bassiana* fueron incubados durante 15 días a temperatura ambiental, luego de este periodo, se les agregó solución salina y 0,1% de Tween 80 a las placas, se homogenizó y con una micropipeta se obtuvo una cantidad de la solución, que fue colocada en un frasco y se agitó vigorosamente en un vórtex para desprender las esporas. Se dejó en reposo durante 2 h. Luego, se tomó una alícuota y se observaron al microscopio a 100X las esporas (conidios). Para determinar el número de conidios por volumen se utilizó un hematocitómetro (cámara de Neubauer) y se realizó el conteo en el microscopio y se hizo el cálculo de las concentraciones propuestas utilizando la solución salina más 0,1% de Tween 80 como solvente. Se prepararon cuatro tratamientos con las siguientes concentraciones: T1: $1x10^7$ conidia·mL^{-1}, T2: $3x10^7$ conidia·mL^{-1}, T3: $7x10^7$ conidia·mL^{-1}, T4: $4x10^8$ conidia·mL^{-1}, y un testigo (T0) al que solo se le aplicó agua destilada estéril, autoclavada a 121°C/ 15 min. Se realizaron cuatro repeticiones por cada concentración, cada repetición se realizó en 12 placas Petri descartables estériles de 90 x 15 mm, con 8 escarabajos adultos en cada una sin distinción de sexo. En la base de cada placa se colocó papel filtro (20 µ de porosidad), previamente esterilizado y se agregó 700 µL del tratamiento correspondiente. Además, se les proporcionó 1g de alimento formulado para pollos de engorde, previamente esterilizado. Las placas permanecieron en la oscuridad a temperatura ambiente por 21 días y durante este periodo se realizó el monitoreo diario de la mortalidad de los escarabajos adultos.

Finalmente, se realizó la extracción de las estructuras fungosas presentes en los organismos de los adultos de *A. diaperinus*, los cuales fueron incubados en cámara húmeda a 22 °C durante 7 días. Con estas estructuras, y en base a las características típicas del hongo, se confirmó la

ASAP

presencia de la cepa CCB-LE65 de *B. bassiana*.

Análisis de datos

Se llevó a cabo un Análisis de Varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias entre los tratamientos aplicados con a base al hongo *B. bassiana* para el control de *A. diaperinus*, posteriormente se aplicó una prueba de Tukey para determinar que tratamientos fueron diferentes entre sí. De igual manera, fueron determinadas los valores NOEC (Concentración sin efecto observado) y LOEC (Concentración más baja de efectos observables). Previamente los datos fueron analizados para determinar la normalidad de los datos y la homogeneidad de las varianzas. La data fue evaluada usando el paquete estadístico SPSS versión 26 a un nivel de alfa de 0,05.

Aspectos éticos

Cada información recopilada para este proyecto de investigación ha sido debidamente citada. Además, se cumplieron con todas las normas éticas nacionales e internacionales. Para la gestión adecuada de las especies de estudio y reactivos, así como su eliminación, se siguieron normas y principios internacionales para avances científicos y enfoques animales desde una ecotoxicología verde. Se siguieron las normas de bioseguridad, disposición y manejo del material biológico y químico del laboratorio acreditado para asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales. También se respetaron el plan de manejo final de residuos sólidos y líquidos biocontaminados (URP/DACTE), así como los protocolos de seguridad del laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas (URP), Lima, Perú.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cepa CCB-LE-265 de *Beauveria bassiana* evidenció patogenicidad frente a los adultos de *A. diaperinus*, con una mortalidad máxima del 17,71% para el T4 ($4x10^8$ conidia·mL^{-1}) a 21 días de exposición y con diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados son similares a Moreno-Borjas *et al.* (2019) que obtuvieron un porcentaje de mortalidad equivalente al 16,6% de adultos de *A. diaperinus* con la cepa Bb4 de *B. bassiana* a una concentración de $1x10^8$ conidia·mL^{-1}. No obstante, difieren de los resultados obtenidos por Rezende *et al*. (2009) que obtuvieron un porcentaje de 62,5% de mortalidad para adultos de *A. diaperinus* con una concentración de $1x10^7$ conidia·mL^{-1} de *B. bassiana*, incluso superiores a otros autores. Por otro lado, se ha demostrado la

acción larvicida de *A. diaperinus* con un porcentaje de mortalidad máximo del 17%, y acción adulticida del 29% utilizando *B. bassiana* a $1x10^9$ conidia·mL^{-1}. Esto debido a que la cepa que utilizaron fue aislada de escarabajos *A. diaperinus* infectados, en cambio la cepa CCB-LE-265 de *B. bassiana* utilizada en este bioensayo fue aislada de *H. hampei*, demostrando especificidad por parte del hongo (Batista *et al*., 2003).

Tabla 1. Variaciones en el porcentaje de mortalidad (%) de *Alphitobius diaperinus* adultos tratados con la cepa CCB-LE65 de *Beauveria bassiana.* T0 = (Tratamiento control); T1= ($1x10^7$ conidia·mL^{-1}), T2= ($3x10^7$ conidia·mL^{-1}), T3= ($7x10^7$ conidia·mL^{-1}), T4= ($4x10^8$ conidia·mL^{-1}). Prueba de Levene = Estadístico para determinar la homogeneidad de las varianzas; Shapiro-Wilk = Estadístico para determinar la normalidad; F = Estadístico de Fisher para determinar la prueba de Anova; Hc = Estadístico para determinar la prueba de Kruskal Wallis; p = significancia.

Días	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	Prueba de Levene	*p*	Prueba de Shapiro-Wilk	*p*	F	*p*	Hc	*p*
1	0	0	4,17	1,04	1,04	6,75	0,00	0,58	0,00	6,75	0,00	12,21	**0,02**
2	0	0	4,17	1,04	1,04	6,75	0,00	0,58	0,00	6,75	0,00	12,21	**0,02**
3	0	0	4,17	1,04	1,04	6,75	0,00	0,58	0,00	6,75	0,00	12,21	**0,02**
4	0	1,04	5,21	5,21	2,08	14,45	0,00	0,77	0,00	2,15	0,12	7,85	0,10
5	0	1,04	7,29	8,33	6,25	2,67	0,07	0,82	0,00	3,82	0,03	11,37	**0,00**
6	0	2,08	8,33	9,38	6,25	4,27	0,02	0,84	0,00	3,36	0,02	10,44	**0,03**
7	0	3,13	8,33	9,38	7,29	4,65	0,01	0,87	0,01	3,30	0,04	10,12	**0,04**
8	0	4,17	9,38	9,38	8,33	2,48	0,09	0,91	0,05	3,75	**0,03**	9,92	0,04
9	0	8,33	9,38	10,42	9,38	3,05	0,05	0,93	0,17	4,32	**0,02**	10,03	0,04
10	0	8,33	9,38	10,42	9,38	3,05	0,05	0,93	0,13	4,32	**0,02**	10,03	0,04
11	0	8,33	9,38	11,46	9,38	2,89	0,01	0,92	0,12	4,27	0,02	10,65	**0,03**
12	0	8,33	10,42	13,54	9,38	5,59	0,01	0,93	0,15	6,07	0,00	11,47	**0,02**
13	0	8,33	10,42	13,54	9,38	5,59	0,01	0,93	0,15	6,07	0,00	11,47	**0,02**
14	0	8,33	10,42	13,54	9,38	5,59	0,01	0,93	0,15	6,07	0,00	11,47	**0,02**
15	0	8,33	10,42	13,54	9,38	5,59	0,01	0,93	0,15	6,07	0,00	11,47	**0,02**
16	0	8,33	10,42	13,54	9,38	5,59	0,01	0,93	0,15	6,07	0,00	11,47	**0,02**
17	0	8,33	10,42	13,54	9,38	5,59	0,01	0,93	0,15	6,07	0,00	11,47	**0,02**
18	0	8,33	10,42	13,54	9,38	5,59	0,01	0,93	0,15	6,07	0,00	11,47	**0,02**
19	0	11,46	14,58	15,63	13,54	21,91	0,00	0,94	0,25	8,10	0,00	10,53	**0,03**
20	0	12,50	15,63	15,63	17,71	6,66	0,03	0,94	0,25	7,87	0,00	10,71	**0,03**
21	0	12,50	15,63	15,63	17,71	6,66	0,03	0,94	0,25	7,87	0,00	10,71	**0,03**

Respecto a los análisis estadísticos realizados para los datos de las evaluaciones correspondientes a los cuatro tratamientos de la cepa CCB-LE-265 de *B. bassiana*, a cuatro días después de la inoculación, no se observa mayor diferencia en cuanto a mortalidad de adultos de *A. diaperinus*, para ningún tratamiento, posiblemente porque en ese plazo, el hongo está recién ejerciendo su proceso infeccioso. No obstante, se puede observar que el T2, desde el primer día, después de la

ASAP

inoculación, presenta notables diferencias entre los tratamientos, en cuanto a mortalidad de adultos de *A. diaperinus*. Al quinto día, los adultos de *A. diaperinus* se muestran significativamente sensibles al tratamiento T3, con una concentración de $7x10^7$ conidia·mL^{-1}. Hasta el día 18, los tratamientos que tienen el mayor porcentaje de mortalidad entre las evaluaciones son el tratamiento T2 y el tratamiento T3, con 10.42% y 13.54% de mortalidad confirmada, respectivamente. El tratamiento T4 con una concentración de 4 $x10^8$ conidia·mL^{-1}, alcanzó su valor más alto en cuanto a mortalidad, 20 días después, con un 17.71% de mortalidad confirmada, mientras que los T1 y T2 llegan a 12,50 % y 15,63% de mortalidad, respectivamente, El T3 alcanza su porcentaje de mortalidad más alto en el día 19 con un 15,63%; sin embargo, sigue siendo menor que el alcanzado por el T4. Estos resultados concuerdan con Rezende *et al*. (2009), donde la mortalidad de adultos de *A. diaperinus* después del quinto día de inoculación para la cepa de *B. bassiana*, aislada de cadáveres *A. diaperinus* infectados con el hongo, a la concentración de $1x10^8$ conidia·mL^{-1}. No obstante, los porcentajes de mortalidad llegan a alcanzar valores del 84% para la concentración de 1 $x10^8$ conidia·mL^{-1}, después de 9 días y del 54% para la concentración 1 $x10^7$ conidia·mL^{-1}, después de 10 días.

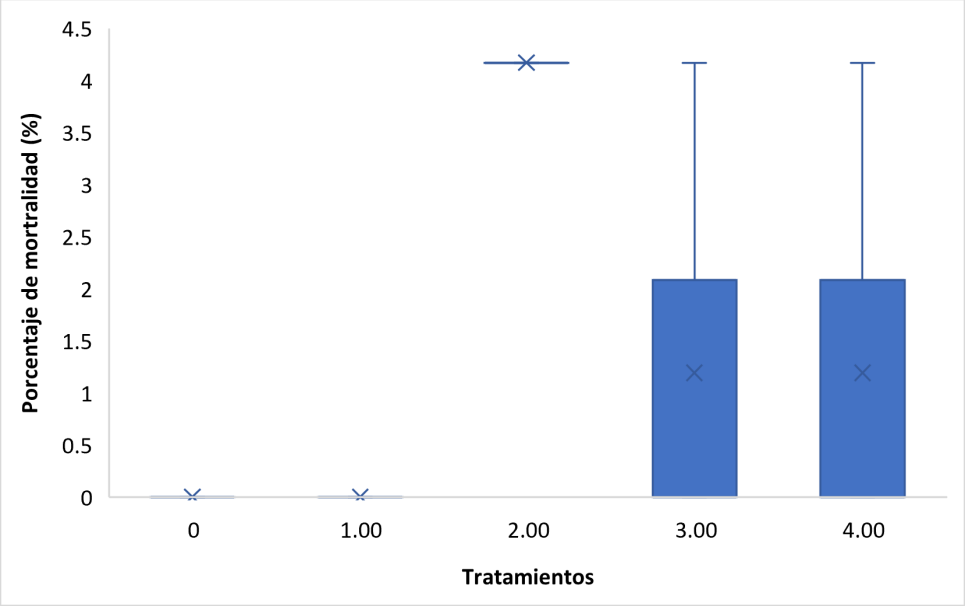

Figura 1. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a un día de exposición.

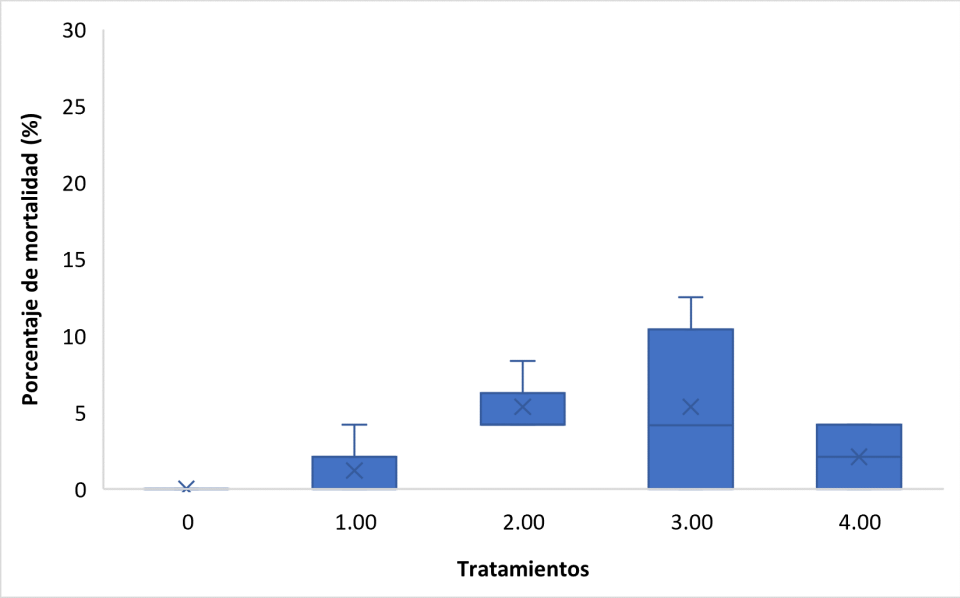

Figura 2. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a cuatro días de exposición.

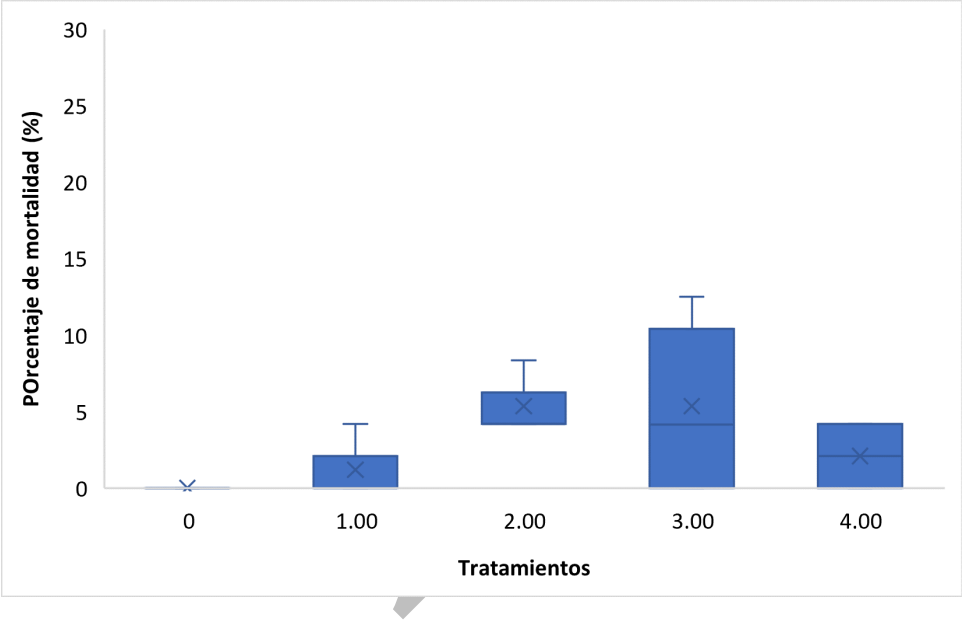

Figura 3. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a cinco días de exposición.

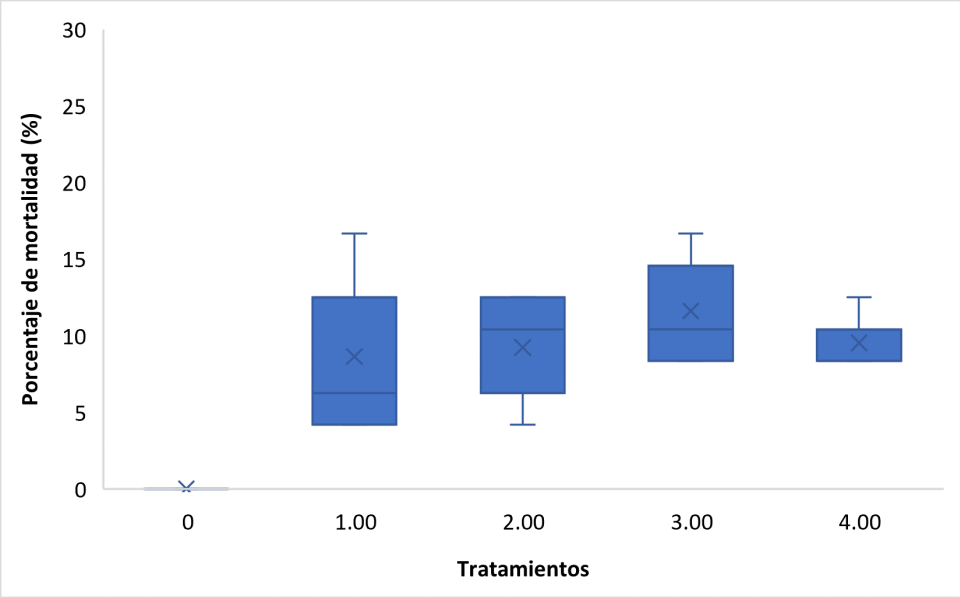

Figura 4. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a 11 días de exposición.

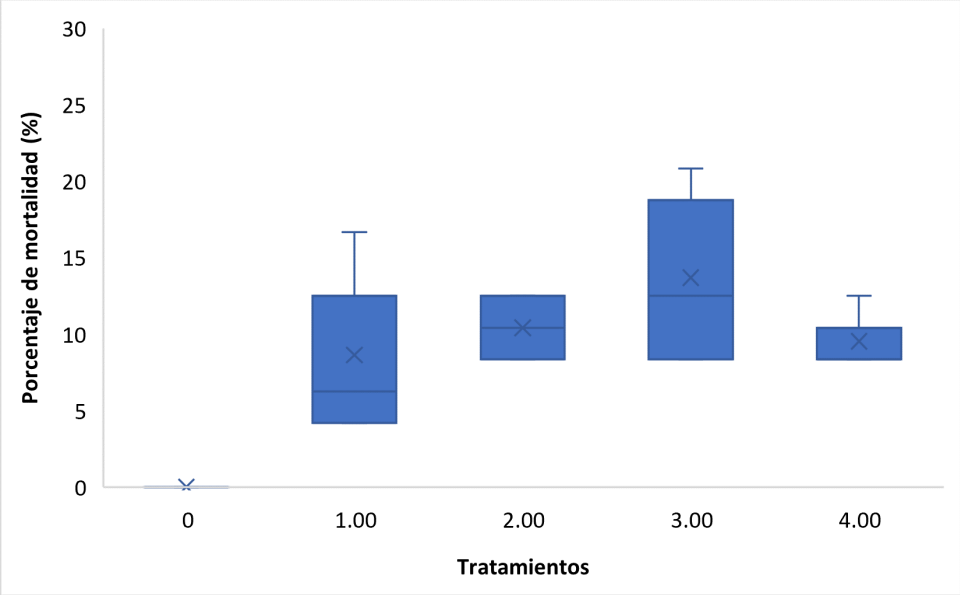

Figura 5. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a 15 días de exposición.

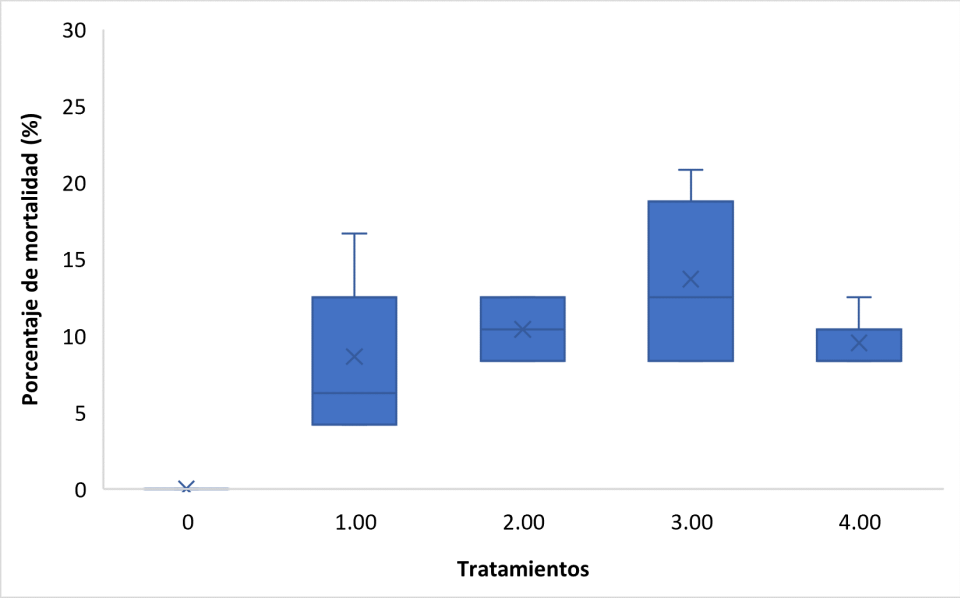

Figura 6. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a 18 días de exposición.

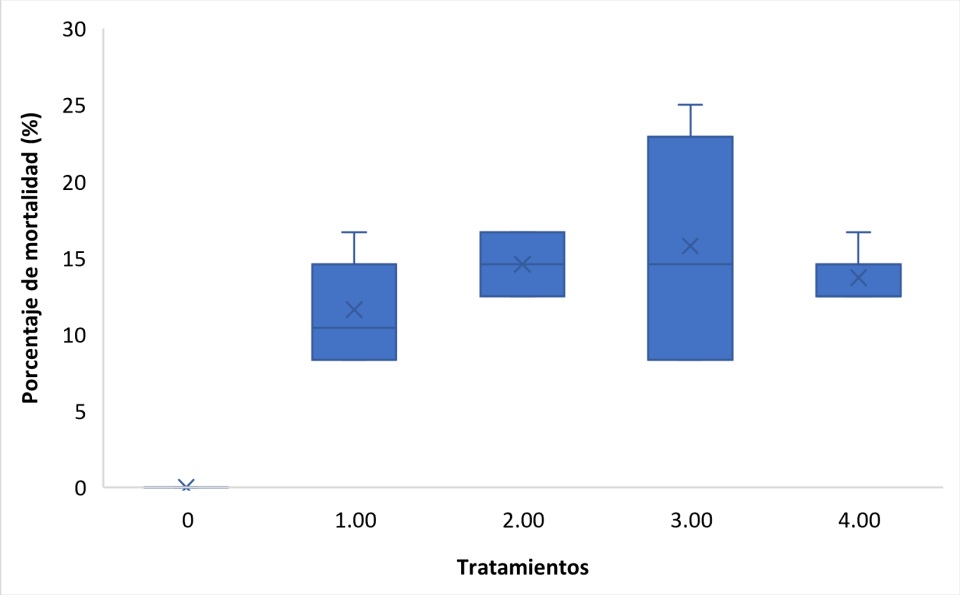

Figura 7. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a 19 días de exposición.

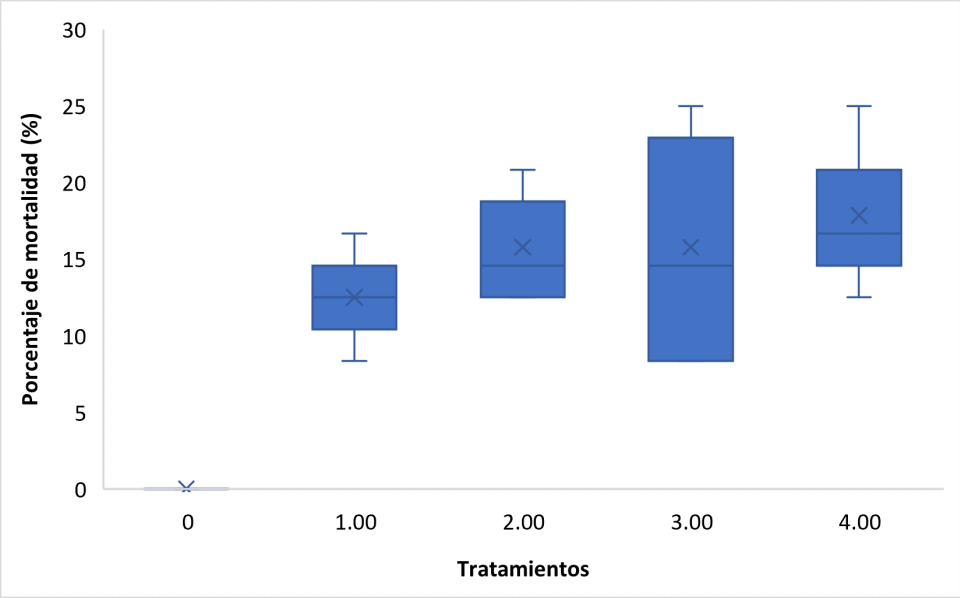

Figura 8. Efecto de *Beauveria bassiana* sobre el porcentaje de mortalidad de adultos de *Alphitobius diaperinus* a 21 días de exposición.

Así también, Rohde *et al.* (2006) al evaluar cuatro cepas de *B. bassiana*, tres aisladas de cadáveres de *A. diaperinus* (UNIOESTE 02, UNIOESTE 04 y UNIOESTE 05) y una aislada de cadáveres de *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (UNIOESTE 40) en diferentes concentraciones (1 x10^5 conidia·mL^{-1}, 1 x10^6 conidia·mL^{-1}, 1 x10^7 conidia·mL^{-1}, 1 x10^8 conidia·mL^{-1} y 1 x10^9 conidia·mL^{-1}), obtuvieron el mayor porcentaje de mortalidad, después del quinto día de inoculación para la cepa UNIOESTE 04 en todas las concentraciones evaluadas. A los 10 días, las cepas UNIOESTE 02, UNIOESTE 04 y UNIOESTE 05, alcanzaron porcentajes de mortalidad más altos, para las concentraciones 1 x10^7, 1 x10^8 y 1 x10^9 conidia·mL^{-1}, con un 96,5% de mortalidad para la cepa UNIOESTE 04 a una concentración de 1 x10^9 conidia·mL^{-1}.

Se han realizado bioensayos en larvas de *A. diaperinus*, debido a que este estadio es más susceptible al hongo, por el grosor de la cutícula siendo la superficie del tegumento de los adultos más esclerotizada, obteniendo mejores resultados, alcanzando el 100% de mortalidad con la concentración de 1 x10^6 conidia·mL^{-1} al quinto día de inoculación (Rezende *et al*., 2009). Por otro lado, no observaron diferencias significativas entre la mortalidad de larvas (77,7% a 95%) y adultos (8,08% a 82,2%) tratados con las cepas UNIOESTE02 y UEL25 de *B. bassiana* incubadas a 26°C, pero al incubar las cepas a 32°C se observa mayor susceptibilidad de las larvas (2,2% a 28,9%) que para los adultos (0 a 26,6%) (Alexandre *et al.,* 2008). Así también, de 58 cepas aisladas de *B.*

bassiana evaluadas, 18 alcanzaron porcentajes mayores al 80% de mortalidad en larvas de *A. diaperinus*, mientras que solo 7 cepas alcanzaron porcentajes entre 50 y 80% de mortalidad para adultos. Los valores de mortalidad para las larvas de *A. diaperinus*, oscila entre 6,7 y el 100 %, mientras que, para los adultos, 0 y el 86,7 %. Observándose que las cepas UNIOESTE04 y UNIOESTE05, aisladas de cadáveres de *A. diaperinus* infectados, alcanzan los mayores porcentajes de mortalidad en adultos. Geden & Steinkraus (2003) evaluaron la diferencia entre el efecto de cuatro cepas de *B. bassiana*, dos cepas aisladas de cadáveres de *A. diaperinus* infectados (WV y NC) y otras dos cepas aisladas de cadáveres de *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (HF88 y HF89), observando que las cepas WV y NC fueron más eficaces, mostrándose las larvas de *A. diaperinus* más susceptibles frente a estas cepas en comparación con los adultos que fueron 1000 veces menos vulnerables. La cepa HF88 alcanzó porcentajes de mortalidad inferiores al 20% en adultos.

Por otro lado, Silva *et al*. (2006), al evaluar el efecto de la cepa 986 de *B. bassiana*, en concentraciones de 3,4 x10^6 conidia·mL^{-1} y 3,4 x10^8 conidia·mL^{-1} para todo el ciclo biológico de *A. diaperinus* (estadios de huevo, larvas I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII, pupa y adulto), obtuvieron mayor porcentaje de mortalidad en los estadios de huevo y larvas I, II y III (54% de mortalidad) para la concentración 3,4 x10^6 conidia·mL^{-1}, y para la concentración de 3,4 x10^8 conidia·mL^{-1}, en los estadios de huevo (66,8% de mortalidad) y larvas I, II y III (56% de mortalidad). Sin embargo, en ninguna de las concentraciones evaluadas de la cepa 986 de *B. bassiana* se observó mortalidad en adultos, debido a que la cepa fue aislada de garrapatas.

La efectividad del hongo en el control de *A. diaperinus* depende de varios factores, como la cepa específica del hongo empleada, siendo la cepa CBLE-265, aislada de *H. hampei*, las condiciones ambientales (humedad, temperatura), y la concentración de esporas. En cuanto a la especificidad, las cepas de *B. bassiana* aisladas de *A. diaperinus* pueden haber desarrollado adaptaciones específicas para infectar y matar a este insecto en particular con mayor eficacia. Aunque *B. bassiana* tiene un amplio espectro de acción y capacidad para infectar una variedad de insectos, la evolución y adaptación de ciertas cepas a un huésped específico pueden resultar en una mayor virulencia y especificidad en ese huésped en particular. Esto sugiere que, aunque *B. bassiana* no es inherentemente especie-específico, las cepas aisladas de un huésped particular pueden desarrollar una mayor afinidad y eficacia contra ese huésped, optimizando su uso en programas de control biológico.

Para lograr reducir en gran medida la presencia de *A. diaperinus* como plaga, se deben integrar,

ASAP

junto con el control biológico, otros métodos alternativos, como el control cultural, control mecánico o físico y el monitoreo constante. En cuanto al control cultural, Sammarco *et al*. (2023), proponen como medidas de manejo, el cambio y reemplazo de la cama, lo que eliminaría a la mayor parte de la población de *A. diaperinus* incluyendo adultos, larvas y huevos. Como opción complementaria sugieren la práctica de amontonar la cama en hileras "windrowing", que permite la fermentación y el calentamiento del estiércol de forma controlada con el fin de eliminar patógenos y plagas, en este caso el insecto *A. diaperinus.* No obstante, esta alternativa tiene una efectividad menor en comparación con el cambio y el reemplazo de la cama; debido a que parte de la población de *A. diaperinus*, pueden refugiarse excavando o escondiéndose en grietas (Barker *et al.*, 2013). Otra alternativa es la manipulación de la temperatura; por un lado, aumentar la temperatura del galpón y la cama a 45°C o más, reduciría la población de *A. diaperinus* (Wolf *et al.*, 2005); mientras que, la temperatura debajo de los 20°C también podría reducir la población de los escarabajos (Singh, 2011). Ambas alternativas deben realizarse entre parvadas, para no afectar la salud de las aves. En cuanto al control mecánico, Sammarco *et al*. (2023), proponen instalar vigas envueltas con tiras de polietileno sobre las estructuras que podrían ser afectadas por las larvas perforadoras y los adultos emergentes, esto con el fin de impedir que las larvas escalen o excaven en este material (Kaufman *et al.*, 2005). La integración de métodos como el uso de feromonas de agregación junto con una cepa de *B. bassiana* resulta ser una técnica mucho más efectiva, que el uso exclusivo de la cepa del hongo entomopatógeno, Hassemer *et al*. (2020) diseñaron trampas de caída, que fueron impregnadas con feromonas de agregación sintéticas, a las que se incorporó la cepa de *B. bassiana*, la cual demostró ser exitosa en la inducción de la propagación lateral del hongo entre las poblaciones de *A. diaperinus.*

Dado que la efectividad de *B. bassiana* en el control de *A. diaperinus* puede depender de la cepa utilizada, la concentración aplicada y las condiciones ambientales, futuras investigaciones deberían explorar el potencial de la cepa CBLE-265 en sistemas de producción avícola, así como su integración con otras estrategias de manejo, como el control cultural, mecánico y el uso de feromonas. La combinación de estos enfoques podría optimizar el control de *A. diaperinus* y reducir su impacto en la industria avícola.

Author contributions: Credit (Contributor Roles Taxonomy)

DVVS = Dulce Virghynia Villanueva-Salvatierra

JI = José Iannacone

ASAP

Conceptualization: DVVS

Data curation: DVVS

Formal Analysis: DVVS

Funding acquisition: DVVS, JI

Investigation: DVVS, JI

Methodology: DVVS

Project administration: JI

Resources: DVVS, JI

Software: JI

Supervision: JI

Validation: DVVS, JI

Visualization: JI

Writing – original draft: DVVS, JI

Writing – review & editing: DVVS, JI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aballay, F.H., Flores, G.E., Silvestro, V.A., Zanetti, N.I., & Centeno, N.D. (2016) . An illustrated key to, and diagnoses of the species of Tenebrionidae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *Annales Zoologici, 66*, 703-726.

Alexandre, T. M., Neves, P. M. O. J., Santoro, P. H., & Alves, L. F. A. (2008). Controle associado de *Alphitobius diaperinus* com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* e inseticidas químico. *Arquivos do Instituto Biológico, 75*, 481-489.

Alves, L. F. A., Neves, P. M. O. J., de Oliveira, R. C., & de Oliveira, D. G. P. (2008). Fatores a serem considerados na utilização de *Beauveria bassiana* visando o manejo de populações de *Alphitobius diaperinus* em aviários comerciais. *Arquivos do Instituto Biológico, 75*, 13–20.

Barker, K. J., Coufal, C.D., Purswell, J.L., Davis, J.D., Parker, H.M., Kidd, M.T., McDaniel,

ASAP

C.D., & Kiess, A.S. (2013). In-house windrowing of a commercial broiler farm during early spring and its effect on litter composition. *Journal of Applied Poultry Research, 22*, 551–558.

Batista, J. S. S. (2003*). Influência do meio de cultivo na virulência de isolados do fungo entomopatogênico Beauveria bassiana (Bals.) Vuil.* Anais da 18º Semana de Biologia, Cascavel, Paraná. Brasil: Unioeste.

Daniel, J. F. S., Scalco, A. V., de Souza, R. M., Ocampos, F. M. M., Barison, A., Alves, L. F. A., & Neves, P. M. O. J. (2019). Susceptibly of *Alphitobius diaperinus* to *Beauveria bassiana* extracts. Natural product research, 33(20), 3033–3036.

Dannon, H. F., Dannon, A. E., Douro-Kpindou, O. K., Zinsou, A. V., Houndete, A. T., Toffa-Mehinto, J., Elegbede, I. A. T., Olou, B. D., & Tamò, M. (2020). Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. *Journal of Cotton Research, 3*, 1-21.

Geden, C.J., & Steinkraus, D.C. (2003) Evaluation of three formulations of *Beauveria bassiana* for control of lesser mealworm and Hide Beetle in Georgia poultry houses. *Journal of Economic Entomology, 96*, 1602-1607.

Hassemer, M. J., Borges, M., Withall, D. M., Pickett, J. A., Laumann, R. A., Birkett, M. A., & Blassioli-Moraes, M. C. (2019). Development of pull and push–pull systems for management of lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus*, in poultry houses using alarm and aggregation pheromones. *Pest management science, 75*, 1107–1114.

Imoulan, A., Hussain, M., Kirk, P. M., El Meziane, A., & Yao, Y. J. (2017). Entomopathogenic fungus Beauveria: Host specificity, ecology and significance of morpho-molecular characterization in accurate taxonomic classification. *Journal of Asia-Pacific Entomology, 20*, 1204-1212.

Kaufman, P. E., Reasor, C., Rutz, D. A., Ketzis, J. K., & Arends, J. J. (2005). Evaluation of *Beauveria bassiana* applications against adult house fly, *Musca domestica*, in commercial caged-layer poultry facilities in New York state. *Biological Control, 33*, 360–367.

Lambkin, T. A. (2005). Baseline responses of adult *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Fenitrothion and susceptibility status of populations in Queensland and New South Wales, Australia. *Journal of Economic Entomology, 98*, 938–942.

ASAP

Lambkin, T. A., Rice, S. J., & Furlong, M. (2010). Responses of susceptible and cyfluthrin-resistant broiler house populations of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) to γ-Cyhalothrin. *Journal of Economic Entomology, 103*, 2155–2163.

MIDAGRI. (2023). *Comercio al por mayor en Lima Metropolitana y Callao.* https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/diarias/aves/2023/12/sisap-aves-15dic23.pdf

Moreno-Borjas, M., Prado-Rebolledo, O., García-Casillas, A., Ángel-Sahagún, A., Sánchez-Chiprés, D., & García-Márquez, L. (2019). Efecto de diferentes cepas de *Beauveria bassiana* contra *Alphitobius diaperinus* de granjas avícolas en el estado de Colima. *Abanico veterinario, 9*, e925.

Nahian-Al Sabri, M. D., Jahan, M., Gotoh, T., Döker, İ., & Ullah, M. S. (2022). Effect of relative humidity on the efficacy of entomopathogen *Beauveria bassiana*-based mycopesticide against red spider mite *Tetranychus macfarlanei*. *Systematic and Applied Acarology, 27*, 2414–2425.

Rezende, S., Curvello, F., Fraga, M., Reis, R., Castilho, A., & Agostinho, T. (2009). Control of the *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) with Entomopathogenic Fungi. *Brazilian Journal of Poultry Science, 11*, 121–127.

Rohde, C., Alves, L. F., Neves, P. M., Alves, S. B., da Silva, E. R., & de Almeida, J. E. (2006). Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. contra o cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Neotropical Entomology, 35*, 231-240.

Ruiz, B. (2023). Ranking de producción avícola latinoamericana en 2022. *Cátedra avícola latam.* https://catedralatam.com/ranking-de-produccion-avicola-latinoamericana-en-2022/

Rumbos, C.I., Karapanagiotidis, I.T., Mente, E., & Athanassiou, C.G. (2019). The lesser mealworm *Alphitobius diaperinus*: ¿a noxious pest or a promising nutrient source? *Reviews in Aquaculture, 11*, 1418–1437.

Sammarco, B. C., Hinkle, N. C., & Crossley, M. S. (2023). Biology and Management of Lesser Mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) in Broiler Houses. J*ournal of Integrated Pest Management, 14*, 2.

ASAP

Santoro, P. H., Neves, P. M., Alexandre, T. M., Sartori, D., Alves, L. F., & Fungaro, M. H. (2008). Selection of *Beauveria bassiana* isolates to control *Alphitobius diaperinus*. *Journal of Invertebrate Pathology, 97*, 83–90.

Singh, N. (2011). *Chemical ecology, population dynamics and insecticide susceptibility of lesser mealworm Alphitobius diaperinus (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae).* Ph.D. dissertation, University of Arkansas, Fayetteville.

Silva, A. S. D., Quintal, A. P. N., Monteiro, S. G., Doyle, R. L., Santurio, J. M., & Bittencourt, V. R. E. P. (2006). Ação do fungo *Beauveria bassiana*, isolado 986, sobre o ciclo biológico do cascudinho *Alphitobius diaperinus* em laboratório. *Ciência Rural, 36*, 1944-1947.

Smith, R., Hauck, R., Macklin, K., Price, S., Dormitorio, T., & Wang, C. (2021). A review of the lesser mealworm beetle (*Alphitobius diaperinus*) as a reservoir for poultry bacterial pathogens and antimicrobial resistance. *World's Poultry Science Journal, 78*, 197–214.

Wolf, J., Potrich, M., Lozano, E. R., Gouvea, A., & Pegorini, C.S. (2015). Combined physical and chemical methods to control lesser mealworm beetles under laboratory conditions. *Poultry science, 94*, 1145–1149.

Received January 15, 2025.

Accepted March 25, 2025.

ASAP