

Susceptibilidad de estadios larvales de *Leptophobia aripa* Boisduval (Lepidoptera: Pieridae) a los entomopatógenos

Agustina, Valverde-Rodríguez^{1*}; Nalda, Miguel-Villanueva²;
Henry, Briceño-Yen³; Antonio, Cornejo y Maldonado⁴

Resumen

En condiciones de laboratorio se evaluó la eficacia de cuatro formulados a base de *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* más un testigo (agua destilada) sobre los estados de desarrollo larval de la plaga *Leptophobia aripa* Boisduval. Se colectaron 15 larvas por cada estadio, colocadas en grupos de 5 por placa para un total de cinco tratamientos con tres repeticiones. Como alimento se ocuparon hojas del cultivo de col que fueron asperjadas con los productos según corresponda. Las larvas se examinaron al microscopio estereoscópico por 7 días, y para la determinación del porcentaje de mortalidad se utilizó la fórmula de Abbott. Entre los resultados se tiene que, para el caso del primer y segundo estadio larval, el entomopatógeno *B. thuringiensis* var *kurstaki* tuvo mayor eficiencia con un 56,70% y 60% de mortalidad respectivamente, en el tercer y cuarto estadio la especie *B. bassiana* muestra mayor efectividad con 66,70% y 50%, en el quinto estadio el *M. anisopliae* registra una mortalidad de 36,70%. Se seleccionó al tercer estadio larval como el más susceptible a la aplicación de *B. thuringiensis* var *kurstaki*, *B. bassiana* y *M. anisopliae* respectivamente.

Palabras clave: Entomopatógenos, *Leptophobia aripa*, mortalidad, estadios larvales, plaga agrícola, eficacia, susceptibilidad.

Susceptibility of larval stages of *Leptophobia aripa* Boisduval (Lepidoptera: Pieridae) to entomopathogens

Abstract

Under laboratory conditions, the efficacy of four formulations based on *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* plus a control (distilled water) on the larval development stages of the *Leptophobia aripa* Boisduval plague were evaluated. 15 larvae were collected for each stage, placed in groups of 5 per plate for a total of five treatments with three repetitions. As food, leaves of the cabbage crop were taken and sprinkled with the products as appropriate. The larvae were examined under a stereoscopic microscope for 7 days, and the Abbott formula was used to determine the percentage of mortality. Among the results, in the case of the first and second larval stage, the entomopathogens *B. thuringiensis* var *kurstaki* had higher efficiency with 56.70% and 60% mortality respectively, in the third and fourth stage the species *B. bassiana* shows greater effectiveness with 66.70% and 50%, in the fifth stage *M. anisopliae* registers a mortality of 36.70%. The third larval stage was selected as the most susceptible to the application of *B. thuringiensis* var *kurstaki*, *B. bassiana* and *M. anisopliae* respectively.

Keywords: Entomopathogens, *Leptophobia aripa*, mortality, larval stages, agricultural pest, efficacy, susceptibility.

Recibido: 20 de febrero de 2021

Aceptado: 30 de abril de 2021

¹ MSc. En Ciencias Agrarias mención Sanidad Vegetal; Profesor de Ingeniería Agronómica en Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, Perú; avalverde@unheval.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0003-1522-4827>

² Ing. Agrónomo; Asistente técnico en laboratorio de Fitopatología; Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, Perú; mivinaty95@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7811-9587>

³ MSc. Producción agrícola; Profesor de Ingeniería Agronómica en Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, Perú; hbriceno@unheval.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-0629-3014>

⁴ Dr. En Med. Ambiente y desarrollo sostenible; Profesor de Ingeniería Agronómica en Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco, Perú; acornejo@unheval.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0001-7751-2483>

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

I. INTRODUCCIÓN

Las plagas son los factores determinantes para los bajos rendimientos de numerosas hortalizas entre ellas la familia Brassicaceae (King y Saunders, 1984). La especie *Plutella xylostella* es la más frecuente, sin embargo, también se registra *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) comúnmente conocidas como la mariposa blanca. La especie es de importancia en los cultivos de col, coliflor, brócoli (Lastra *et al.*, 2006; CATIE / MIP, 1990; Hernández-Mejía *et al.*, 2015). El estadio perjudicial es la larva que al alimentarse produce grandes perforaciones en la lámina foliar, a tal punto de esquelétizar la planta (Cuevas-Salgado *et al.*, 2015; Jarillo y Muñiz, 2001), logran afectar la arquitectura floral de col y brócoli, son las causantes de las malformaciones en los tallos e imperfecciones en las hojas del repollo (Pérez *et al.*, 2012). Debido a que son de hábitos gregarios pueden dañar completamente la planta (Salinas, 1992). Es característica de *L. aripa* presentarse con generaciones superpuestas durante la temporada por lo que se cataloga como una especie multivoltina (Lastra *et al.*, 2006), las hembras tienden a colocar los huevos sobre el envés de la hoja, agrupadas que presumen formar masas de huevos, sin embargo, estas están aisladas unos de otros; cada grupo de la ovipostura contiene aproximadamente de 40-80 huevos de coloración amarillo anaranjado (Bautista y Vejar 1999) y cuando están próximos a eclosionar cambian de tonalidad a un color oscuro especialmente en la parte distal; son de forma alongada y oval, corrugados con bordes longitudinales (Guardado *et al.*, 2015). Las larvas son de color amarillo verdoso o verde oliva con franja azul grisáceo muy fina y franja amarilla a los costados, cuya capsula cefálica es de color amarillo y los segmentos del cuerpo bastante brillantes provisto de puntos negros (Sánchez-López, 2004) especialmente en los tubérculos cetíferos. La coloración llamativa del cuerpo pueda que proporcione una defensa contra los depredadores y parasitoides (Stamp 1980; Le Masurier 1994). Pasan por cinco estadios, y en la última miden aproximadamente 40 milímetros de largos (Guardado *et al.*, 2015; Trabanino, 1998). Son gregarios al principio, se dispersan sobre su huésped a medida que crecen, dejan sus deyecciones de color verdoso o marrón sobre las nervaduras esquelétizadas (Bustillo y Gutiérrez, 1975). Las pupas de color verde suave que, en la parte media distal presenta dos espinas puntiagudas de color negro (Cochagne y Oré Eusebio,

2017). Posee puntos negros en la cabeza, tórax y abdomen, con dos proyecciones en forma de espinas en la región torácica dorsal y en las partes laterales las alas anteriores levemente visibles (Guardado *et al.*, 2015). La pupa se torna de color oscuro cuando esta próxima la emergencia. Los adultos son mariposas de color crema blancuzca, con el borde de las alas anteriores formando un pequeño triángulo de color negro, su tórax y abdomen presenta franjas de color blanco y los ojos son de color verde, antenas de tipo capitada (Sánchez-López, 2004).

El control de *L. aripa* generalmente se realiza a base de insecticidas convencionales capaces de generar resistencia y resurgencia de nuevas plagas, daños a la salud y contaminación ambiental; El control biológico de plagas es una herramienta compatible con la biodiversidad y el medio ambiente, asimismo generan productos sanos e inocuos, que son de provecho para la salud de los consumidores, y una alternativa al uso indiscriminado de plaguicidas, sin embargo, son pocos los estudios con nuevas alternativas de control sobre la especie y pocos reportes sobre el uso de entomopatógenos frente a esta plaga. En el caso de la bacteria *B. thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* se reporta su control efectivo sobre *L. aripa* (Santiago *et al.*, 2008), además resulta efectivo en el control de dípteros, lepidópteros y coleópteros (Flores *et al.*, 2011) al igual que el hongo *M. anisopliae* que ataca naturalmente a más de 300 especies de insectos de diferentes órdenes (Gómez y Mendoza, 2004) y el género *Beauveria* a más de 200 especies de insectos, incluyendo plagas de interés económica agrícola, entre las que están la broca del café, la palomilla del repollo y el picudo del plátano. (González *et al.*, 2012).

En base a lo descrito y en búsqueda de una alternativa eficaz, amigable con el medio ambiente y la salud de las personas, además como aliados en la protección de la biodiversidad, la presente investigación tuvo el siguiente objetivo: Determinar el efecto de los entomopatógenos *B. thuringiensis* var. *kurstaki*, *B. subtilis*, *M. anisopliae* y *B. bassiana* en el control de plaga *L. aripa* en condiciones del laboratorio.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de fitopatología de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ciencias Agrarias, durante el periodo 2018-2019. Las larvas de la plaga *L. aripa*

en óptimas condiciones de sanidad y rigurosamente seleccionados en los cinco estadios de desarrollo fueron colectados en los huertos hortícolas orgánicos del cultivo de la col (*Brassica oleracea* var. *capitata*) del Centro de Investigación frutícola Olerícola (CIFO)-UNHEVAL, los entomopatógenos *B. subtilis* (T1), *B. thuringiensis* var *kurstaki* (T2), *M. anisopliae* (T3), *B. bassiana* (T4) fueron provenientes de la colección comercial del Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA, Huánuco-Perú. El diseño experimental empleado fue el completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Cada tratamiento consistió en la aplicación de los productos según corresponda en cada estado de desarrollo de *L. aripa* (5 estadios larvales). Se consideró como la unidad experimental a una placa conteniendo cinco larvas del mismo estadio. La mortalidad de las larvas fueron expresados en porcentajes de eficacia empleando la fórmula de Abbott (1925) posteriormente estos datos han sido sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación múltiple de medias a través de la prueba de Duncan al 0,05 y 0,01. Mediante el programa estadístico Infostat, 2013. Se llevó el registro de eficiencia durante los siete días pos aplicación, contando las larvas vivas y muertas, la mortalidad se calificó por la ausencia de movimiento de la larva al ser tocada con una pinza estéril y la sintomatología según los entomopatógenos aplicados.

Manejo del material biológico

Un total de 375 larvas dividido en 5 larvas por placa y según el estadio larval fueron colectadas en las parcelas de col libres de pesticidas. En laboratorio fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 0,5% por 10 segundos y lavadas tres veces con agua destilada estéril, posteriormente secadas con papel toalla estéril.

Preparación y dosificación de los formulados

En principio se preparó una solución de 60 ml de agua destilada en la cual se añadió 0,06 ml de corrector de agua, se dejó reposar por 30 minutos, en el caso de los hongos *M. anisopliae* y *B. bassiana* también se adicionó 0,06 ml de aceite agrícola, inmediatamente después se añadió el formulado según tratamiento a una dosis de 0,12g. Las soluciones preparadas se dejaron reposar por seis horas para luego ser aplicadas.

Como alimento de las larvas, se utilizaron hojas de col previamente lavadas, con el recambio diario o antes si eran totalmente consumidas. En cada placa

con alimento disponible para larvas de *L. aripa*, se asperjaron los entomopatógenos según tratamiento introduciendo las larvas inmediatamente después. Para el caso del testigo se aplicó agua destilada a la misma dosis.

Frecuencia de las evaluaciones

Las evaluaciones de eficacia en larvas y la limpieza de cada placa fueron una vez al día y a la misma hora por un periodo de siete días consecutivas. La mortalidad de las larvas se determinó por la ausencia del movimiento y la sintomatología.

III. RESULTADOS

Eficacia de los entomopatógenos para el primer y segundo estadio larval de *L. aripa*

Al analizar la eficacia de los cuatro entomopatógenos en la mortalidad de las larvas del primer y segundo estado; se observó que, el *B. thuringiensis* var. *kurstaki* manifiesta su eficacia al cuarto día pos aplicación con un 23% y 13,3% respectivamente incrementándose al quinto día a un 36, 70% y 30% para finalizar el día siete con el porcentaje de 56,60% para el primer estado y con un 60% en el segundo estadio larval (estadísticamente superior al resto, $P= 0,0001 < 0,05$). Para el caso de *B. subtilis* un 10% de mortalidad se registra en el primer estado larval en el primer día de evaluación, en el segundo estadio la eficacia se manifiesta recién al cuarto día con un 6,70%, finalizando al séptimo día con un 43,30% y 56,70% respectivamente; en tanto el *M. anisopliae* y *B. bassiana* los primeros días de evaluación registran mínimas porcentajes, para luego incrementarse en el séptimo día a un 40% y 33,3% para el primer estadio respectivamente y en el segundo estadio con un 53,30%. En todos los casos la eficiencia no supera el 60% (Tabla 1 y 2).

Eficacia de los entomopatógenos para tercer estado larval de *L. aripa*

Según los resultados (Tabla 3) es notorio que el tercer estado larval es el más susceptible frente a los entomopatógenos. La eficacia de *B. thuringiensis* var *kurstaki* inicia el cuarto día de evaluación con un 30% para luego incrementarse a un 66,70% al séptimo día (quedando solamente 3 larvas vivas), seguida por *B. subtilis* y *M. anisopliae* con 60% (4 larvas vivas), quedando con un 40% (con 6 larvas vivas) el entomopatógeno *B. bassiana*, en el último

día de evaluación (Figura. 1), sin embargo, la eficacia de los entomopatógenos en estudio no difiere estadísticamente ($P>0.05$), en contraste con el testigo

que mantiene las 10 larvas vivas hasta el final de la evaluación (0% de eficacia).

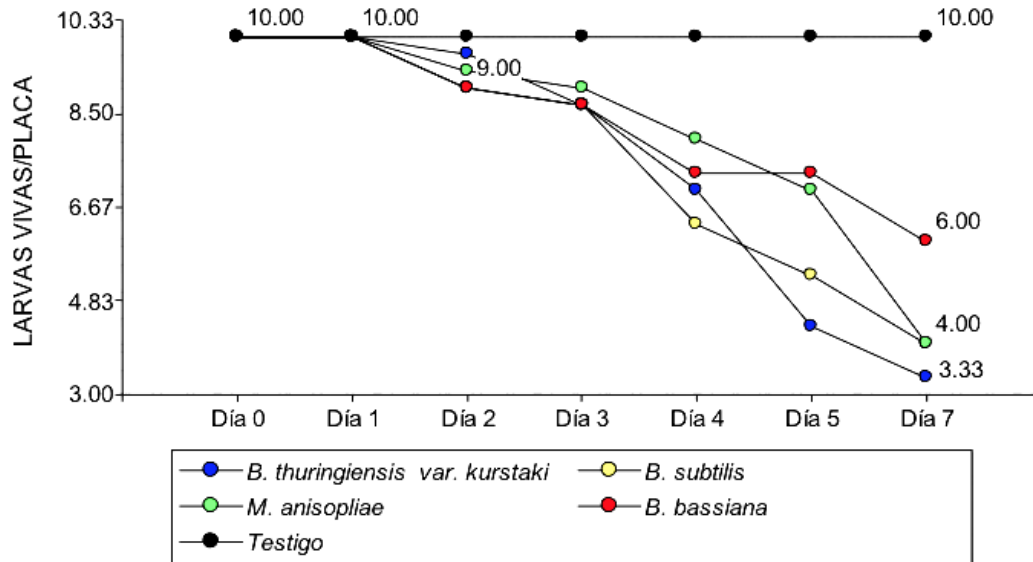


Figura 1. Promedio de larvas del tercer estadio

Tabla 1. Eficacia de los entomopatógenos en el primer estado larval de *Leptophobia aripa*

Tratamientos	Previo	Larvas vivos/Día + Eficacia (%)											
		Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7					
<i>B. thuringiensis var. kurstaki</i>	10	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	7,67 a	23,30 %	6,33 a	36,70 %	4,33 a	56,70 %
<i>B. subtilis</i>	10	9,00 a	10,00 %	9,00 a	10,00 %	9,00 a	10,00 %	8,00 ab	20,00 %	7,00 ab	30,00 %	5,67 ab	43,30 %
<i>M. anisopliae</i>	10	9,67 ab	0,033%	9,67 ab	0,033%	9,33 ab	6,70 %	8,00 ab	20,00 %	7,00 ab	30,00 %	6,00 ab	40,00%
<i>B. bassiana</i>	10	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	9,00 ab	10,00 %	8,67 ab	13,30 %	6,67 ab	33,3%
Testigo	10	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %
C.V %			4,78		4,78		4,82		13,45		20,14		41,73

Valores que comparten letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples Test de Duncan ($p < 0.05$).

Tabla 2. Eficacia de los entomopatógenos en el segundo estado larval de *Leptophobia aripa*

Tratamientos	Previo	Larvas vivos/Día + Eficacia (%)											
		Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7					
<i>B. thuringiensis var. kurstaki</i>	10	10,00 b	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	8,67 ab	13,30 %	7,00 a	30,00 %	4,00 a	60,00 %
<i>B. subtilis</i>	10	9,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	9,33 ab	6,70 %	7,33 a	26,70 %	4,33 a	56,70 %
<i>M. anisopliae</i>	10	9,67 ab	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	8,33 a	0,167	8,00 a	20,00 %	4,67 a	53,30 %
<i>B. bassiana</i>	10	10,00 b	0,00 %	9,67 a	3,30 %	9,67 a	3,30 %	9,33 ab	6,70%	8,00 a	20,00 %	4,67 a	53,30 %
Testigo	10	10,00 b	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %
C.V %				2,60		2,60		7,48		26,35		67,58	

Valores que comparten letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples Test de Duncan ($p < 0.05$).

Tabla 3. Eficacia de los entomopatógenos en el tercer estado larval de *Leptophobia aripa*

Tratamientos	Previo		Larvas vivos/Día + Eficacia (%)										
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	10	10	0,00 %	9,67 a	3,30 %	8,67 a	13,30 %	7,00 ab	30,00 %	4,33 a	56,70 %	3,33 a	66,70 %
<i>B. subtilis</i>	10	10	0,00 %	9,00 a	6,70 %	8,67 a	10,00 %	6,33 a	20,00 %	5,33 a	30,00 %	4,00 a	60,00 %
<i>M. anisopliae</i>	10	10	3,30 %	9,33 a	10,00 %	9,00 a	13,30 %	8,00 ab	36,70 %	7,00 ab	46,70 %	4,00 a	60,00 %
<i>B. bassiana</i>	10	10	0,00 %	9,00 a	10,00 %	8,67 a	13,30 %	7,33 ab	26,70 %	7,33 ab	26,70 %	6,00 a	40,00 %
Testigo	10	10	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %
C.V %				6,44		11,39		20,85		28,1		38,23	

Valores que comparten letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples Test de *Duncan* ($p < 0.05$).

Eficacia de los entomopatógenos para el cuarto estado larval de *L. aripa*

Al analizar la población se observó que el *B. thuringiensis* var. *kurstaki* comienza a generar eficacia de mortalidad en un 10% al primer día pos aplicación, incrementándose a un 36,70% al cuarto día para finalizar con el 50% de larvas muertas al último día de

evaluación, la eficacia es seguida por *B. subtilis* con 20% al cuarto día incrementándose a un 43,30% al séptimo día. Por su parte *M. anisopliae* registró una mortalidad del 30% al último día de evaluación, quedando *B. bassiana* en el último lugar de eficacia con un 23,30% al final de la evaluación (Tabla 4). En contraste con el testigo que se mantiene hasta el final con todas las larvas vivas, con 0% de eficacia (Figura 2).

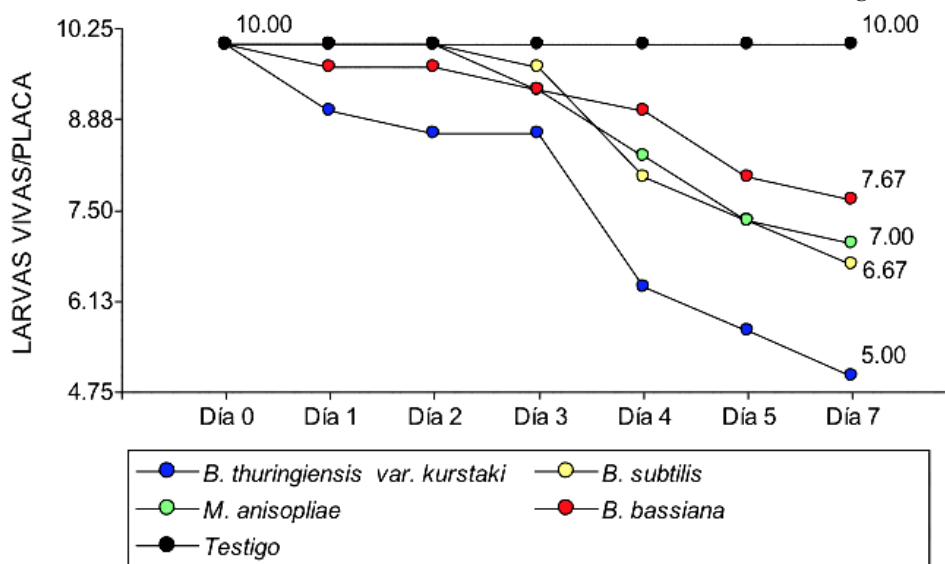


Figura 2. Promedio de larvas del cuarto estadio

Eficacia de los entomopatógenos para el quinto estadio larval de *L. aripa*

Al séptimo día de evaluación para todos los casos se registran porcentajes de eficacia por debajo del 37%, siendo el *B. thuringiensis* var. *kurstaki* con porcentajes de mortalidad ($P= 0,0001 < 0.05$) estadísticamente superior al resto con un 36,70% (6,33 larvas vivas),

entre los tratamientos *M. anisopliae* coincidentemente los porcentajes alcanzados son iguales al 23,30% (7,67 larvas vivas) y entre tratamientos no existe diferencias estadísticas significativas, el entomopatógeno *B. bassiana* alcanzó el porcentaje de eficacia más bajo con un 20% (8 larvas vivas). El testigo mostró 0% de mortalidad hasta el final del ensayo (Tabla 5).

Tabla 4. Eficacia de los entomopatógenos en el cuarto estado larval de *Leptophobia aripa*

Tratamientos	Previo		Larvas vivos/Día + Eficacia (%)										
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	10	9,00 a	10,00 %	8,67 a	13,30 %	8,67 a	13,30 %	6,33 a	36,70 %	5,67 a	43,30 %	5,00 a	50,00 %
<i>B. subtilis</i>	10	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	9,67 a	3,30 %	8,00 ab	20,00 %	7,33 ab	26,70 %	6,67 ab	43,30 %
<i>M. anisopliae</i>	10	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	9,33 a	6,70 %	8,33 ab	16,7%	7,33 ab	26,70 %	7,00 ab	30,00 %
<i>B. bassiana</i>	10	9,67 a	3,30 %	9,67 a	3,30 %	9,33 a	6,70 %	9,00 ab	10,00 %	8,00 ab	20,00 %	7,67 ab	23,30 %
Testigo	10	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 a	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %
C.V %		7,73		6,94		9,11		17,39		24,86		29,03	

Valores que comparten letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples Test de *Duncan* ($p < 0.05$).

Tabla 5. Eficacia de los entomopatógenos en el quinto estado larval de *Leptophobia aripa*

Tratamientos	Previo		Larvas vivos/Día + Eficacia (%)										
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 7	
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	10	9,67 a	3,30 %	9,33 ab	6,7%	8,00 a	20,00 %	7,33 a	26,70 %	6,67 a	43,30 %	6,33 a	36,70 %
<i>B. subtilis</i>	10	10,00 a	0,00 %	8,67 a	13,30 %	8,33 ab	16,7%	7,67 a	23,30 %	7,67 a	23,30 %	7,67 ab	23,30 %
<i>M. anisopliae</i>	10	10,00 a	0,00 %	10,00 b	0,00 %	9,00 bc	10,00 %	8,67 ab	13,30 %	7,67 a	23,30 %	7,67 ab	23,30 %
<i>B. bassiana</i>	10	9,67 a	3,30 %	9,33 ab	6,70 %	9,33 cd	6,70 %	8,67 ab	13,30 %	8,33 ab	16,7%	8,00 ab	20,00 %
Testigo	10	10,00 a	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 d	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %	10,00 b	0,00 %
C.V %		3,93		5,1		5,01		9,27		13,95		15,09	

Valores que comparten letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples Test de *Duncan* ($p < 0.05$).

IV. DISCUSIÓN

Eficacia de los entomopatógenos para el control de *L. aripa*

Entre los resultados el entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki* muestra mayor eficacia para todos los estadios larvales (entre 36,70% a 66,70%) seguida por *B. subtilis* entre los 23,30% a 60%, en tanto que la eficacia de *M. anisopliae* se registra desde 23,30% hasta 53,30%; para el caso de *B. bassiana* la eficacia se sitúa entre los 20% a 40%. Esta reducción de número de larvas se observó en la semana siete. Similar resultado lo obtuvo Malpartida-Zevallos *et al.* (2013) en su estudio sobre patogenicidad de *B. bassiana* sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae), resultando el 3er estadio larval la más susceptible, alcanzando mortalidades hasta el 100% al séptimo día de evaluación. Otro estudio demuestra que los estadios larvales tres y cuatro de la plaga *Spodoptera frugiperda* (SMITH) resultaron las más susceptibles (100% de eficacia) al entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki*; y para

los estadios cinco y seis el entomopatógeno *B. bassiana* fue el más eficiente (100%) (Rodríguez *et al.*, 2021). Se reportan según De la Rosa *et al.*, (2005) que en el caso de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari, el primer estadio larvario es el más susceptible, con un promedio de tiempo letal medio de 6.4 ± 1.8 días. En estudios realizados por Camacho *et al.*, (2017) en el gusano barrenador *Diatraea considerata* Heinrich, aislaron ocho cepas de insectos muertos en campo, causadas por *B. thuringiensis*. Asimismo, García *et al.*, (2018) hicieron aislamientos, de colonias bacterianas de *B. thuringiensis* que causaron 100% de mortalidad en larvas de *Manduca sexta* Linnaeus, a las 96h de exposición. De la misma manera en evaluaciones realizadas por Barboza *et al.*, (1998) con tabaco se demostró la toxicidad de *B. thuringiensis* ssp. *kenyae* contra ocho especies de Lepidoptera, una de Coleoptera y una de Díptera. Coincidiéndose con los resultados obtenidos en el presente estudio donde *B. thuringiensis* demostró que en condiciones de laboratorio una mayor eficacia en el control de larvas de la plaga en evaluación

L. aripa. El empleo de conidios de diversos hongos entomopatógenos es efectivo para llevar a cabo el control larvario de *Aedes aegypti*, los siete tratamientos causaron una mortalidad promedio de 50 a 80% para larvas y de 9 a 30% para pupas (Gandarilla *et al.*, 2020). Cantidades masivas de una o más proteínas cristalizadas producidas en la etapa de esporulación de *B. thuringiensis* resultan ser muy tóxicas para larvas de numerosos insectos especialmente de los órdenes lepidópteros dípteros (Attathom, 2002; Nester *et al.*, 2002). El modo de acción de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* es por ingestión, las tóxicas cry rompen las células epiteliales del estómago o intestino (Alvarez y del Valle, 2012) como resultado de esta actividad el insecto muere por septicemia (García, 2011; Ayala, 2012). El insecto infectado inmediatamente cesa la ingesta, surge parálisis del intestino, vómito, diarrea, descompensación osmótica y muerte del individuo (Vachon *et al.*, 2012). En tanto que del entomopatógeno *B. subtilis* el efecto control se produce por bioacumulación de toxinas que generan el colapso de centros nerviosos, digestivos y reproductivos provocando drásticamente una reducción de la actividad biológica de la plaga (Mendoza-Estrada, 2016). La acción de toxinas como las beauvericinas producidas por *B. bassiana* y las destruxinas producidas por *M. anisopliae*, las que causan además perturbación en la metamorfosis y en los mecanismos de defensa (Azevedo y Vasconcelos 1998). Tanada y Kaya (2012) mencionan que, durante el ciclo de vida de un insecto, las larvas y adultos son más susceptibles al ataque por entomopatógenos que los huevos y pupas.

V. CONCLUSIONES

En condiciones de laboratorio, los estadios larvales más susceptibles de *Leptophobia aripa* son el segundo y tercer estadio, siendo *B. thuringiensis* var. *kurstaki* el más eficaz en la reducción del número de larvas.

La eficacia de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* fue superior al evaluar la mortalidad de larvas de *L. aripa* en todos los estadios; seguida por *B. subtilis* y *M. anisopliae*, siendo *B. bassiana* el que reporto menor efectividad en todos los estadios larvales, bajo condiciones controladas de laboratorio.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott, W.S (1925). Un método para calcular la efectividad de un insecticida. *J. Econ. Entomol*; 18:

265-267.

Alvarez, A., & del Valle Loto, F. (2012). Characterization and biological activity of *Bacillus thuringiensis* isolates that are potentially useful in insect pest control. *Biodiversity Enrichment in a Diverse World*, 133.

Attathom, T. (2002). Biotechnology for insect pest control. *Sustainable Agricultural System in Asia*, 2, 73-84.

Ayala, L., Bocourt, R., Castro, M., Milián, G., Oliva, D., y Herrera, M. (2012). Suministro de un cultivo de *Bacillus subtilis* a cerdas gestantes. Respuesta productiva en su descendencia. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19 (4).

Azevedo, S. M. F. O., & Vasconcelos, V. (1998). Toxinas de cianobacterias: causas e conseqüências para a saúde pública. *Medicina on line*, 3(1), 1-19.

Barboza C., J. E., López- M., & Ibarra, J. E. (1998). Caracterización de una cepa mexicana de *Bacillus thuringiensis* ssp. *kenyae*: Un análisis de su baja toxicidad hacia lepidópteros. *Vedalia* 5: 3-12

Bautista, N., y Véjar. G (1999). Lepidópteros más comunes en las hortalizas, In S. Anaya and J. Nápoles [eds.], *Hortalizas Plagas y Enfermedades*. Trillas, México.

Bustillo, P. A. E., & Gutiérrez, B. D. (1975). Ciclo de vida de *Leptophobia aripa* (Boisduval) (Lepidoptera: Pieridae) plaga del repollo y la col. *Rev. Colomb. Entomol*, 1, 1-5.

Camacho M., R., E. M. Aguilar M., H. Quezada, O. Medina C., G. Patino L., H. M. Cárdenas C., and R. Ramos P. (2017). Characterization of Cry toxins from autochthonous *Bacillus thuringiensis* isolates from Mexico. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*. 74 (3): 193-199. <https://doi.org/10.1016/j.bmhimx.2017.03.002>

Cuevas-Salgado, M. I., & Rodríguez-Morales, M. P. (2015) infusiones botánicas para el control de *Leptophobia aripa* elodia Boisduval (Lepidoptera:

- Pieridae) en brócoli (*Brassica Oleracea* var. *Italica*) bajo condiciones de laboratorio. *Bol. Soc. Mex. Ento.* (nueva serie) Número especial 1: 71-77.
- De la Rosa, W., Figueroa, M. and Ibarra, J. E. (2005). Selection of *Bacillus thuringiensis* strains native to Mexico and active against the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Vedalia* 12 (1): 3-9.
- Flores, A., Egúsqüiza, R., Alcarraz, M., Woolcott, J., Benavides, E., Godoy, J.,....., Patiño Y .(2011). Biodiversidad de *Bacillus thuringiensis* aislados de agroecosistemas peruanos y evaluación del potencial bioinsecticida. *Ciencia e Investigación*, 14(1): 29-34.
- Gandarilla-Pacheco, F. L., Garza, C. E. P., de Luna-Santillana, E. D. J., alemán-Huerta, M. E., & Quintero-Zapata, I. (2020). Evaluación de hongos entomopatógenos sobre estadios larvares de *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 (Diptera: Culicidae).
- García Cochagne, J., & Oré Eusebio, E. V. (2017). Guía ilustrada de plagas en plantas medicinales. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/725>
- García R., A., A. Reyes R., E. Ruíz S. y J. E. Ibarra. (2018). Aislados nativos del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(3): 539- 551. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1213>
- García Rodríguez, A. P. (2011). Obtención de microorganismos con actividad probiótica a partir de excretas de pollo de ceba fermentada. Tesis DrSci. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Laja, 133
- Gómez, Mendoza. (2004). Guía para la producción de *Metarhizium anisoplia*. Ecuador. Publicación técnica No. 5, 13.
- González-Castillo, M., Aguilar, C. N., & Rodríguez-Herrera, R. (2012). Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas. *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 4(8), 42-55.
- González, M., Posada, F. & Bustillo, A. (1993). Desarrollo de un bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. *Revista Cenicafé* (Colombia), 44 (3), 93-102.
- Guardado, Y. M., Faggioli, C. E., Vega, S., de Bioma, P. W., & do Su, A (2015). Orthalicidae “*Drymaeus* (Mesembrinus) cf. *discrepans* (Sowerby, 1833)”... Locación:“Laguna de las Ranas”, Ahuachapán, El Salvador, América Central Fotografía: Diego Galdamez. Bioma N° 34.
- Hernández-Mejía, C., Flores-Gallardo, A., & Llorente-Bousquets, J. (2015). Morfología del corion en *Leptophobia* (Lepidoptera: Pieridae) e importancia Taxonómica. *Southwestern Entomologist*, 40(2), 351-368.
- Jarillo, M. A., y Muñis R. B. (2001). Insectos plaga de brócoli y coliflor y sus enemigos naturales en la región del Bajío, México. Publicación especial número 2. INIFAP, 26 p.
- King A.B.S., y Saunders, J.L. (1984). Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica, C.A. p. 50-51.
- Lastra, J. A. S., Barrios, L. E. G., Rojas, J. C., & Rivera, H. P. (2006). Host selection behavior of *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae). *Florida Entomologist*, 89 (2), 127-134.
- Le Masurier, A. D. (1994). Costs and benefits of egg clustering in *Pieris brassicae*. *Journal of animal Ecology*, 677-685.
- Malpartida-Zevallos, J., Narrea-Cango, M., & Dale-Larraburre, W. (2013). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada*, 12(2), 75-81.
- Marín, P., & Bustillo, A. (2002). Pruebas microbiológicas y fisicoquímicas para el control de calidad de los hongos entomopatógenos. Memorias Curso Internacional Teórico-Práctico sobre entomopatógenos, parasitoides y otros enemigos

- naturales de la broca del café. Cenicafé, Chinchiná, 72-89.
- Mendoza-Estrada, L. J., Hernández-Velázquez, V. M., Arenas-Sosa, I., Flores-Pérez, F. I., Morales-Montor, J., & Peña-Chora, G. (2016). Anthelmintic effect of *Bacillus thuringiensis* strains against the gill fish trematode *Centrocestus formosanus*. *BioMed research international*.
- Nester, E.W., Thomashow, L.S., Metz, M., and M. Girdon. (2002). 100 years of *Bacillus thuringiensis*, a Critical Scientific Assesment, ASM/Washington. D.C.
- Pérez, A., Elcure, F. M., Sánchez, J., Penna, D. A., y Monroy, C. S. (2012). Registro de *Conura* sp. grupo *immaculata* (Hymenoptera: Chalcididae) parasitando *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) en *Brassica oleracea* var. *italica*. *Entomotropica*, 27(2): 99–101.
- Rodríguez, A. V., Cornejo, A., Sánchez, K. C., Herrera, H. C., & Salinas, S. J. (2021). importancia de los entomopatógenos en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (SMITH) en el cultivo del maíz morado. *REBIOL*, 40(2), 206-217. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.08>
- Salinas, J. P. (1992). Los insectos de las Crucíferas en Venezuela. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela, 17 p.
- Sánchez López, R. (2004). Protocolo de cría para dos especies de mariposas, *Ascia monuste* y *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) bajo condiciones controladas en el municipio de La Mesa, Cundinamarca. Tesis Lic. Bogotá, Col. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. 159 p.
- Santiago, J. A., Garcia Barrios, L., Perales Rivera, H., & Rojas, J. C. (2008) Alternativas de control de *Leptophobia aripa* en el cultivo de repollo en Los altos de Chiapas, Mexico. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica), (79-80), 49-58.
- Stamp, N. (1980). Egg deposition patterns in butterflies: why do some species cluster their eggs rather than deposit them singly. *The American Naturalist*, 115, 367-380.
- Tanada, Y. y Kaya, HK (2012). Patología de insectos. Prensa académica.
- Trabanino, R. (1998). Guía para el manejo integrado de plagas invertebradas en Honduras. Zamorano Academic Press. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Tegucigalpa, Honduras, 24-26.
- Vachon, V., Laprade, R. y Schwartz, JL (2012). Modelos actuales del modo de acción de las proteínas cristalinas insecticidas de *Bacillus thuringiensis*: una revisión crítica. *Revista de patología de invertebrados*, 111 (1) ,1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213016787013>