



Impacto de insecticidas sobre *Brevicoryne brassicae* (L.) y su influencia en el rendimiento del brócoli en Guaytacama, Cotopaxi, Ecuador

Impact of insecticides on *Brevicoryne brassicae* (L.) and its influence on broccoli yield in Guaytacama, Cotopaxi, Ecuador

Autores

¹José Gabriel Ugsha Sabando

✉ jose.ugsha4298@utc.edu.ec

^{2*}Dorys T. Chirinos

✉ dorys.chirinos@utm.edu.ec

¹Eliana Granja Guerra

✉ eliana.granja@utc.edu.ec

¹Mario Javier Chuquiana Caiza

✉ mario.chuquiana8747@utc.edu.ec

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Dirección de Posgrado, Maestría en Sanidad Vegetal, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

²Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Resumen

El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) es una hortaliza importante debido a su valor nutricional y para Ecuador constituye un cultivo de exportación. Su ciclo puede verse afectado por plagas como el áfido de la col, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) que al extraer los fotoasimilados, puede dañar la cabeza floral haciendo que pierda su valor comercial. Estas plagas son tratadas con insecticidas órgano-sintéticos pero su aplicación puede generar desequilibrios ecológicos y resistencia de insectos a plaguicidas. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de insecticidas sobre poblaciones de *B. brassicae* y sobre el rendimiento del cultivo. En Guaytacama, Cotopaxi se sembró un lote (1600 m²), dividido en cuatro bloques completos al azar, incluyendo 13 tratamientos: azadiractina (dosis: 1000, 1500 y 2000 mL·ha⁻¹), extracto de *Sophora* (dosis: 600, 800 y 1000 mL·ha⁻¹), lambdacialotrina (dosis: 200, 250 y 300 mL·ha⁻¹), azadiractina + capsicina + alicina (dosis: 2000, 2500 y 3000 mL·ha⁻¹) y un testigo no tratado. Se evaluó el número de áfidos, la eficacia de control y el rendimiento (t·ha⁻¹). Los resultados mostraron menores poblaciones de áfidos (3,5-4,4 individuos), superior eficacia (94,5-98,7%) y mayor rendimiento (18,5-19,7 t·ha⁻¹) en lambdacialotrina (dosis: 300 mL), en azadiractina + capsicina + alicina (dosis: 3000 mL) y en extracto de *Sophora* (dosis: 1000 mL). La efectividad en el control de *B. brassicae* y los altos rendimientos detectados en los insecticidas botánicos hace su uso promisorio para el manejo sostenible de plagas en este importante cultivo de exportación de Ecuador.

Palabras clave: áfidos; insecticidas botánicos; órgano-sintéticos; eficacia, productividad.

Abstract

Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) is an important vegetable due to its nutritional value and for Ecuador it constitutes an export crop. Its cycle can be affected by pests such as the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) that, by extracting the photoassimilates, can damage the flower head causing loss of its commercial value. These pests are treated with organo-synthetic insecticides but their application can generate ecological imbalances, and insect resistance to pesticides. This research aimed to evaluate the effect of insecticides on *B. brassicae* populations and crop yield. In Guaytacama, Cotopaxi, a plot (1600 m²) was planted, divided into four complete blocks at random, including 13 treatments: azadirachtin (doses: 1000, 1500 and 2000 mL·ha⁻¹), Sophora extract (doses: 600, 800 and 1000 mL·ha⁻¹), lambda-cyhalothrin (doses: 200, 250 and 300 mL·ha⁻¹), azadirachtin + capsaicin + allicin (doses: 2000, 2500 and 3000 mL·ha⁻¹) and untreated check. The number of aphids, control effectiveness and yield (t·ha⁻¹) were evaluated. The results showed smaller aphid populations (3.5-4.4 individual), higher efficiency (94.5-98.7%) and higher yield (18.5-19.7 t·ha⁻¹) in lambda-cyhalothrin (dose: 300 mL), in azadirachtin + capsaicin + allicin (dose: 3000 mL) and in *Sophora* extract (dose: 1000 mL). The effectiveness controlling *B. brassicae* and high yields detected in botanical insecticides make their use promising for the sustainable management of pests in this important export crop of Ecuador.

Keywords: aphids; botanical insecticides; organo-synthetics; efficacy; productivity.

Citación sugerida: Ugsha Sabando, J. G., Chirinos, D. T., Granja Guerra, E. y Chuquiana Caiza, M. J. (2024). Efecto de insecticidas sobre el pulgón, *Brevicoryne brassicae* (L.) y sobre el rendimiento del brócoli en Guaytacama, Cotopaxi, Ecuador. *La Técnica*, 14(2), 86-94. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v14i2.6506>

Recibido: Febrero 29, 2024

Aceptado: Mayo 15, 2024

Publicado: Junio 30, 2024



Introducción

Brassica oleracea L. (Brassicaceae) es una especie de planta diploide de importancia agrícola que incluye algunos cultivos como, brócoli, coliflor, coles de Bruselas, nabo y repollo, entre otros (Golicz et al., 2016). Del brócoli (*B. oleracea* var. *italica* Plenck), se consume la cabeza floral, mientras que tallos y hojas son desechados durante la cosecha (Li et al., 2022; Gomez y Sánchez, 2023). Nagraj et al. (2020) señalaron que el brócoli contiene vitaminas, antioxidantes y compuestos anticancerígenos, por lo que ha sido descrita como una hortaliza de alto valor nutricional. Compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides, carotenoides, sulforafano y glucosinolatos, también están presentes en el brócoli (Nagraj et al., 2020; Li et al., 2022).

Por estas razones, este cultivo es muy demandado, y, en consecuencia, el brócoli en conjunto con la coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis* L.) ocupan en el mundo aproximadamente una superficie de siembra de 1.378.085 ha de las que se han obtenido 25.843.741,37 t de producto consumible (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2024). En Ecuador en el año 2022 se cosecharon 8.725 ha en las que se produjeron 135.259 t de brócoli (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2024). La provincia de Cotopaxi es la principal productora de este cultivo en las que se cosechan 7.697 ha con una producción de 125.146 t lo que representa el 92,52% de la producción nacional (MAG, 2024). Ecuador destina el 80% de la producción de brócoli a la exportación y el 20% restante es para el consumo nacional (Pazmiño et al., 2015). Para el país, las exportaciones de brócoli recientemente han representado ingresos de 171 millones de dólares cuyos principales destinos los constituyen Japón (43%), Estados Unidos (32%) y Alemania (9%) (MAG, 2023).

La productividad de este cultivo puede verse limitada por varios factores bióticos, como, los artrópodos plagas (Panwar et al., 2023). Entre las plagas destacan especies en varios órdenes, orugas y polillas (Lepidoptera), ácaros (Acari) y áfidos (Hemiptera) (Karso et al., 2022). En este último orden, el áfido harinoso de la col, *Brevicoryne brassicae* (L.) y el áfido verde del melocotón, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) causan daños al extraer los fotoasimilados de las brasicáceas (Costello and Altieri, 1995; Karso et al., 2022; Panwar et al., 2023). Mientras *B. brassicae* prefiere atacar plantas dentro del género *Brassica*, *M. persicae* es más generalista el cual se alimenta sobre unas 400 especies de plantas (Panwar et al., 2023).

Aunque ambas plagas pueden formar sus colonias sobre varios órganos (tallos, hojas, cabeza floral) de la planta, *B. brassicae* prefiere alimentarse de tejidos jóvenes, lo que la convierte en un fitófago de importancia en el brócoli dado que al dañar capullos

florales hace que la cabeza floral pierda su valor comercial (Costello and Altieri, 1995; Ambrosino et al., 2007). En Ecuador, sobre el género *Brassica* está reportado *B. brassicae* (Cerdeja et al., 2019).

Debido a la importancia de los daños, las plagas de brasicas son tratadas con insecticidas químicos, como piretroides, neonicotinoides, avermectinas los cuales son efectivos para el control de las mismas (Mahmood Ahmed et al., 2018; Mpumi et al., 2020; Falcon-Alvarado et al., 2023). Específicamente, el piretroide lambdacialotrina es recomendado para el control de áfidos y otras plagas en brasicáceas, por su amplio espectro de acción (Gill et al., 2013; Mpumi et al., 2020; Panwar et al., 2023). Sin embargo, su uso conlleva efectos colaterales como la reducción de la biodiversidad, en los ecosistemas, contaminación ambiental y generación de mecanismos de resistencia de insectos a estos productos organo-sintéticos (Mpumi et al., 2020; Falcon-Alvarado et al., 2023; Panwar et al., 2023).

El brócoli para Ecuador constituye un producto tanto para el mercado nacional como para la exportación (MAG, 2023). Por esta razón, es necesario ejercer métodos de control de plagas que garanticen la producción de la cabeza floral con la menor cantidad posible de insecticidas organo-sintéticos (Murillo y Giraldo, 2023). El uso de insecticidas a base de azadiractina, alcaloides de *Capsicum*, y de *Sophora* (Fabaceae) entre otros de origen botánico podrían resultar promisorios para el manejo de áfidos en brasicáceas como el brócoli (Mpumi et al., 2020; Panwar et al., 2023). Ngosong et al. (2021) mencionaron que el árbol de neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) contiene azadiractina, un triterpenoide que ha demostrado actividad reguladora del crecimiento y efectos antialimentarios contra un gran número de plagas.

Por su parte, extractos de ajíes y pimientos también han sido utilizados como insecticidas botánicos que han mostrado efectividad contra plagas debido a la presencia de capsaicinoides, metabolitos secundarios que son producidos únicamente en el género *Capsicum* (Claros et al., 2019). Es de resaltar que la efectividad de extractos de ají y ajo para el control de plagas en brasicáceas ha sido poco estudiada. Por otro lado, especies de plantas del género *Sophora* han sido utilizadas como afidicidas, debido a que poseen varios compuestos alcaloides que muestran toxicidad contra especies de áfidos (Ma et al., 2018). También el ajo, *Allium sativum* L. posee una serie de metabolitos secundarios como la alicina con propiedades insecticidas (Meriga et al., 2012; Kumar, 2017).

Estos insecticidas deben ser probados para el control de plagas como áfidos, incluyendo su comparación con insecticidas químicos como lambdacialotrina, recomendado como efectivos

para estas plagas, a los fines de estimar su eficacia. Esto también debe ser complementado con evaluaciones del efecto de las plagas sobre el rendimiento del brócoli. Basado en lo expuesto este trabajo tuvo como fin evaluar el efecto de tres insecticidas de origen botánico y uno químico en varias dosis sobre poblaciones de *B. brassicae*, así como sobre el rendimiento del brócoli, en la zona de Guaytacama, en Cotopaxi, la más importante provincia productora de brócoli en Ecuador.

Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo durante el período abril -junio de 2023, en la localidad de Guaytacama (coordenadas: 0°48'50,82" S; -78°38'12,33" O) ubicada a 2906 msnm de altitud, perteneciente al cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi (figura 1).

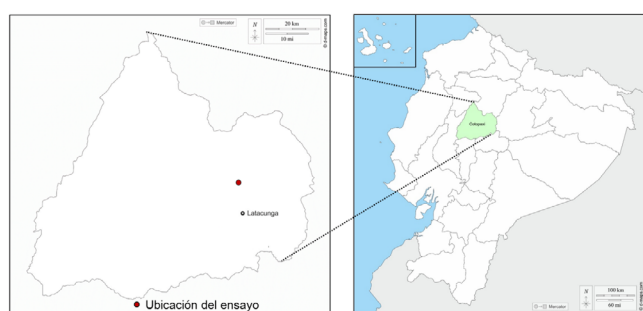


Figura 1. Mapa de Ecuador y de la provincia de Cotopaxi mostrando la zona de estudio. Mapa realizado a partir de los mapas disponibles en el software gratuito <https://d-maps.com/>

La zona de vida donde se realizó el estudio corresponde a un bosque húmedo montano (Holdridge, 1967). Durante el período de evaluación, las variables climáticas fueron obtenidas de una estación meteorológica existente en la zona, registrándose la precipitación y las temperaturas mínimas y máximas (tabla 1).

Tabla 1. Precipitación, temperaturas máximas y mínimas registradas en la zona de estudio. Abril-junio de 2023.

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
Abril	61,5	16,85	8,12
Mayo	35,0	17,96	8,95
Junio	81,5	16,63	8,49

El ensayo se condujo en un lote experimental de aproximadamente 1600 m² (22 x 72 m) en el cual se trasplantaron plantas de brócoli híbrido Steel® que presenta un ciclo de vida de 95 días. El lote fue dividido en cuatro bloques completos al azar en la que se incluyeron 12 tratamientos con insecticidas más una parcela sin aspersiones que constituía la parcela testigo (testigo absoluto).

Cada parcela por tratamiento por bloque medía 30 m² (5 x 6 m). Los surcos fueron sembrados a doble hilera con una separación de 1,00 m entre surcos y las plantas estaban sembradas a una distancia de 0,20 m. Sobre un total de 52 parcelas experimentales

resultantes de los 13 tratamientos, en los cuatro bloques se realizaron las evaluaciones. Se incluyeron tres insecticidas botánicos y un insecticida químico cada uno evaluado a tres dosis (bajas, medias y altas) basadas en la recomendación de sus fichas técnicas. En cada bloque hubo un testigo absoluto por repetición. Así, se evaluaron los 13 tratamientos que se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos con insecticidas evaluados.

No	Producto comercial	Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis·ha ⁻¹
1	Nimbo®	Azadiractina	17%	1000 mL
2				1500 mL
3				2000 L
4	Forte®	Extracto de <i>So-phora</i>	1,5%	600 mL
5				800 mL
6				1000 mL
7	Ninja®	Lambdacialotrina	50 g·L ⁻¹	200 mL
8				250 mL
9				300 mL
10	Butanika®	Azadiractina + capsaicina + alicina	6% + 5,5 % + 15%	2000 mL
11				2500 mL
12				3000 mL
13		Testigo (no tratado)		

Al lote se le practicaron todas las labores agronómicas necesarias para un óptimo desarrollo del cultivo. La primera fertilización se realizó en la segunda semana después del trasplante en la que se aplicaron 30 kg de N, 72 kg de P, 35 kg de K₂SO₄ y 200 kg de CaSO₄ por ha. La segunda fertilización se ejecutó en la semana cinco pos-trasplante en la que se emplearon 150 kg de N, 180 kg de K, 50 kg de Ca y 20 kg de Mg por ha. La tercera fertilización se practicó en la semana ocho usando 120, 170, 50 y 30 kg·ha⁻¹ de N, K, Ca y Mg. Una última fertilización fue efectuada en la semana 10 del ciclo del cultivo, suministrando 100 kg de N y 80 kg de K por ha. El control de malezas fue realizado de manera manual en las semanas 3, 5, 8 y 10 del ciclo del cultivo.

Para el control de enfermedades fue utilizado cobre al 5,34% para combatir hongos en la cabeza floral a dosis de 1,5 L·ha⁻¹ en las semanas 8, 9 y 10 del ciclo. El riego se realizó por aspersión, cada tres días por una hora.

Los tratamientos fueron asperjados semanalmente iniciando dos semanas después del trasplante. Para evaluar el efecto de los tratamientos se seleccionaron 15 plantas al azar de las hileras centrales de las parcelas experimentales en las que se contó el número de áfidos. El primer conteo se realizó previo a la primera aspersión con los plaguicidas. Durante las evaluaciones, se observaron las hojas existentes en las primeras dos semanas y posteriormente se observaron hojas del estrato superior, medio y bajo. En las semanas 7 y 8 además de las hojas, se contaron los áfidos presentes en las inflorescencias. Con esto se obtuvo

el número de áfidos por planta realizándose un total de ocho conteos (un conteo semanal).

Basados en la fórmula planteada por Henderson y Tilton (1955) para poblaciones iniciales diferentes, se determinó, la eficacia de los insecticidas (en porcentaje, %):

$$\% \text{Eficacia} = [1 - (Nca \times Ntd) / (Ncd \times Nta)] \times 100$$

N = el número de individuos.

t = parcelas tratadas.

c = parcelas no tratadas (testigos).

d = después del tratamiento.

a = antes del tratamiento.

La cosecha del brócoli se realizó en la semana 12 del ciclo. De las hileras centrales de cada parcela experimental se seleccionaron cinco plantas al azar y se pesó con una balanza la cabeza floral. Con el peso promedio de la cabeza floral por tratamiento por bloque y basado en una densidad de 64.000 plantas·ha⁻¹ se estimó el rendimiento en t·ha⁻¹ para cada tratamiento.

Análisis de datos. La normalidad de las variables, número de individuos y rendimiento fueron analizadas con la prueba de Shapiro-Wilks (P<0,05). El rendimiento resultó normal, pero, el número de áfidos no y en consecuencia se aplicaron algunas transformaciones (raíz cuadrada, arcoseno). Posterior a las transformaciones no se consiguió la normalidad del número de áfidos y, por ende, esta variable fue analizada mediante la prueba no paramétrica de Friedman (P<0,05). La eficacia del control de áfidos fue analizada entre tratamientos usando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (P<0,05). El rendimiento estimado en t·ha⁻¹ fue analizado mediante un ANOVA incluyendo bloques y tratamientos como factores de variación. Las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey (P<0,05). Se realizó un análisis de regresión exponencial entre el número áfidos por planta (eje X) y el rendimiento estimado en t·ha⁻¹ (eje Y) (P<0,05). Los análisis fueron realizados con el programa Infostat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020).

Resultados y discusión

Densidades poblacionales de *B. brassicae* por tratamiento. En la figura 2 se observa que, en el conteo inicial, previo a la aspersión de los plaguicidas y en la segunda evaluación, las poblaciones fueron similares entre tratamientos. Las poblaciones comenzaron a diferir desde la tercera semana de evaluación, a partir de la cual el número de áfidos en la parcela no tratada incrementó conspicuamente comparado con las parcelas tratadas mostrando el mayor número de individuos (26,5 áfidos·planta⁻¹). En cuanto

a las parcelas tratadas, el número de áfidos varió dependiendo del tratamiento, lo que resultó en diferencias significativas según lo detectado por la prueba de Friedman (P<0,05).

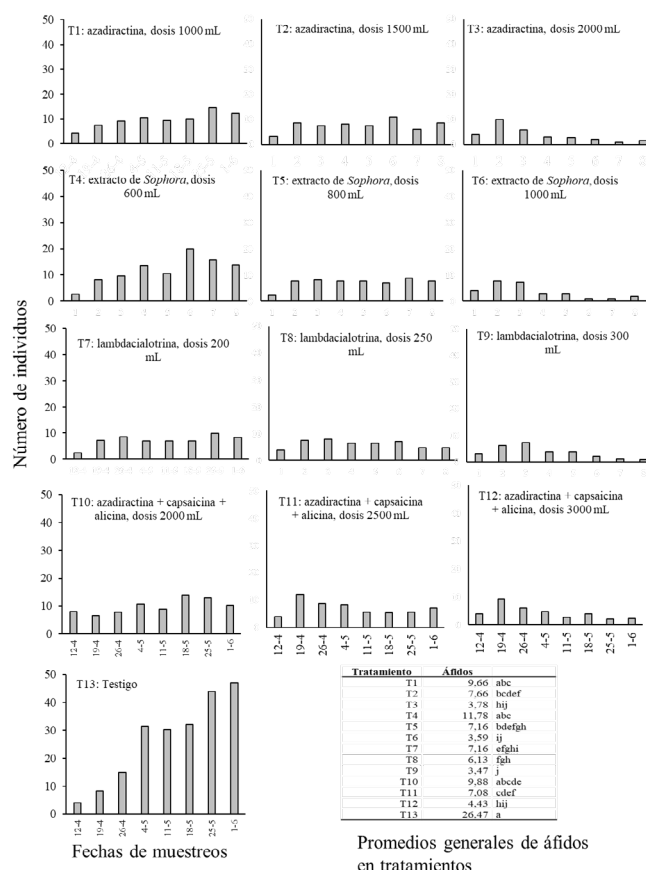


Figura 2. Número de individuos de *B. brassicae* por planta de brócoli por tratamiento en los diferentes muestreos. La tabla final indica los promedios generales de áfidos por tratamiento.

Medias con igual letra no difieren significativamente. Comparaciones de medias realizadas con la prueba de Friedman (P-valor: 0,0001).

Las poblaciones de *B. brassicae* fueron menores en las parcelas asperjadas con lambdacialotrina a dosis de 300 mL, sin diferencias con las alcanzadas en las asperjadas con extracto de *Sophora* a dosis de 1000 mL, así como, con azadiractina + capsaicina + alicina aplicada a dosis de 2500 mL y de 3000 mL. Los tratamientos con azadiractina a dosis de 1000 mL, extracto de *Sophora* a 600 mL y azadiractina + capsaicina + alicina a 2000 mL no lograron reducir las poblaciones de *B. brassicae*,

siendo significativamente superiores en esos tratamientos según lo detectado por la prueba de Friedman (figura 2).

Eficacia de los tratamientos. La tabla 3 muestra eficacias de control de *B. brassicae* significativamente superiores en el tratamiento que incluyó la mezcla de azadiractina + capsaicina + alicina a dosis de 3000 L y el tratamiento con lambdacialotrina a dosis de 300 mL. Estas altas eficacias no difirieron de las alcanzadas por los tratamientos, extracto de *Sophora* a dosis de 1000 mL, azadiractina + capsaicina + alicina 2500 L, lambdacialotrina a dosis de 250 mL y azadiractina a dosis de 2000 mL ($P < 0,05$).

Tabla 3. Eficacia de los tratamientos evaluados en el control de *B. brassicae* en el cultivo de brócoli. Eficacia calculada mediante la fórmula de Henderson y Tilton (1955).

No	Tratamiento	Eficacia
1	Azadiractina, dosis 1000 mL	72,6 c
2	Azadiractina, dosis 1500 mL	70,1 c
3	Azadiractina, dosis 2000 mL	93,1 ab
4	Extracto de <i>Sophora</i> , dosis 600 mL	71,0 c
5	Extracto de <i>Sophora</i> , dosis 800 mL	82,4 bc
6	Extracto de <i>Sophora</i> , dosis 1000 mL	94,5 ab
7	Lambdacialotrina, dosis 200 mL	70,3 c
8	Lambdacialotrina, dosis 250 mL	89,2 abc
9	Lambdacialotrina, dosis 300 mL	96,7 a
10	Azadiractina + capsaicina + alicina, dosis 2000 mL	80,4 bc
11	Azadiractina + capsaicina + alicina, dosis 2500 mL	88,4 abc
12	Azadiractina + capsaicina + alicina, dosis 3000 mL	98,7 a

Comparaciones de medias realizadas con la prueba de Kruskal-Wallis ($H = 30,95$, p -valor: 0,0011). Medias con igual letra no difirieron significativamente.

Eficacias significativamente inferiores fueron observadas en los tratamientos con azadiractina a dosis de 1000 y de 1500 mL, con extracto de *Sophora* a dosis de 600 mL, con lambdacialotrina a dosis de 200 mL y con la mezcla de azadiractina + capsaicina + alicina a dosis de 2000 mL.

Rendimiento y densidades poblacionales de *B. brassicae* para los rendimientos estimados ($t \cdot ha^{-1}$), el análisis de la varianza detectó diferencias entre tratamientos, pero no entre los bloques (tabla 4).

Tabla 4. Análisis de la varianza para el rendimiento estimado ($t \cdot ha^{-1}$). $R^2 = 0,92$; $CV = 2,83\%$.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	94,61	15	6,31	26,22	<0,0001
Tratamiento	93,68	12	7,81	32,45	<0,0001
Repetición	0,93	3	0,31	1,29	0,2918
Error	8,66	36	0,24		

Los rendimientos fueron superiores en las parcelas tratadas con el insecticida químico (lambdacialotrina) a dosis de 300 $mL \cdot ha^{-1}$, así como en las parcelas que fueron asperjadas con los insecticidas botánicos a base de la mezcla de azadiractina + capsaicina + alicina a dosis de 3000 L y a base de extracto de *Sophora*

a dosis de 1000 mL (tabla 5). Por otro lado, los rendimientos fueron significativamente inferiores en las parcelas tratadas con azadiractina a dosis de 1000 mL y con lambdacialotrina a dosis de 200 mL sin diferencias con la parcela no tratada (testigo).

Tabla 5. Rendimiento estimado en $t \cdot ha^{-1}$ de brócoli en los diferentes tratamientos evaluados.

No.	Tratamiento	Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)
1	Azadiractina, dosis 1000 mL	16,1 fg
2	Azadiractina, dosis 1500 mL	16,8 ef
3	Azadiractina, dosis 2000 mL	18,2 bcd
4	Extracto de <i>Sophora</i> , dosis 600 mL	17,2 def
5	Extracto de <i>Sophora</i> , dosis 800 mL	17,6 cde
6	Extracto de <i>Sophora</i> , dosis 1000 mL	18,5 abc
7	Lambdacialotrina, dosis 200 mL	15,2 g
8	Lambdacialotrina, dosis 250 mL	17,9 bcde
9	Lambdacialotrina, dosis 300 mL	19,7 a
10	Azadiractina + capsaicina + alicina, dosis 2000 mL	16,9 ef
11	Azadiractina + capsaicina + alicina, dosis 2500 mL	17,5 cde
12	Azadiractina + capsaicina + alicina, dosis 3000 mL	18,9 ab
13	Testigo (no tratado)	14,8 g

Comparaciones de medias realizadas con la prueba de Tukey ($P < 0,05$). Medias con igual letra no difirieron significativamente.

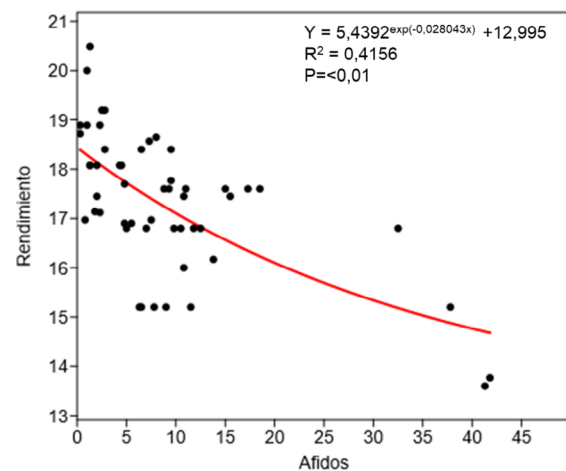


Figura 3. Ecuación exponencial entre el número de individuos de *B. brassicae* por planta (eje X) y el rendimiento del brócoli (eje Y).

La disminución de los rendimientos en brócoli podría estar influenciada al menos en parte por las densidades poblacionales de *B. brassicae*. La ecuación de regresión exponencial calculada (figura 3) indicó que a medida que se incrementaron las densidades poblacionales de *B. brassicae*, el rendimiento disminuyó, donde la variación del rendimiento en función de las densidades poblacionales fue explicada en aproximadamente 41%.

Basado en las evaluaciones de las densidades poblacionales de *B. brassicae*, la eficacia en el control y el rendimiento

estimado, tres tratamientos con insecticidas, el organo-sintético, lambdacialotrina aplicado a dosis de 300 mL·ha⁻¹, y dos de origen botánico, es decir, la mezcla de azadiractina + capsicina + alicina asperjado a 3000 mL y el extracto de *Sophora* a dosis de 1000 mL mostraron la mayor efectividad para el control de *B. brassicae* en brócoli y el menor efecto sobre el rendimiento.

La efectividad de estos insecticidas para el control de áfidos ha sido probada en brócoli y otras brasicáceas con resultados similares y contrastantes a los obtenidos en esta investigación.

Falcon-Alvarado et al. (2023) aplicaron varios tratamientos con extractos botánicos para el control de áfidos en repollo, *B. oleracea* var *capitata* L. entre los cuales evaluaron extractos de hojas de neem (dosis: 20%) observando promedios generales de siete áfidos por planta, y una eficacia de control del 61,5% a los 45 días de evaluación. Esto fue similar a lo obtenido en este estudio con las dosis baja y media de azadiractina e inferior a lo observado con la dosis alta evaluada para el mismo extracto. Un extracto de semillas de *A. indica* fue preparado al 5% y aplicado para el control de plagas del repollo (*B. oleracea* var *capitata*) en un ensayo de campo conducido en los años 2016 y 2017 en Ketu-Sur, municipio de la Región del Volta, Ghana (Ngosong et al., 2021). Los resultados mostraron la efectividad del extracto, con promedios post aplicación inferiores a un individuo de *B. brassicae* por hoja (Ngosong et al., 2021). Esas densidades poblacionales si se prorratan a individuos por planta, fueron similares a las observadas en este estudio cuando azadiractina fue aplicada a la dosis más alta.

Para lambdacialotrina, algunos experimentos mostraron efectividades altas y medias de este insecticida piretroide. Coincidiendo con lo encontrado en este estudio, tratamientos que incluyeron lambdacialotrina e imidacloprid mostraron la mayor eficacia en el control de plagas lepidópteras y homópteras de *B. oleracea* en experimentos de campos conducidos en los años 2014 y 2015 en la Universidad de Faisalabad, Pakistan (Saeed et al., 2017; Mahmood et al., 2018). Ali y Zedan (2015) ejecutaron un experimento de campo en la región El-Minia, Egipto para evaluar el efecto de varios insecticidas en el control de *B. brassicae* en repollo. Lambdacialotrina evaluada a dosis de 170 mL·ha⁻¹ mostró una eficacia promedio de 64,3% en el control de esta especie de áfido. Esa eficacia es similar a la obtenida en esta investigación cuando lambdacialotrina fue aplicada a dosis de 200 mL·ha⁻¹.

Varias plagas de brasicáceas han desarrollado resistencia a las aspersiones de estos insecticidas organo-sintéticos (Joseph et al., 2017; Mpumi et al., 2020; Panwar et al., 2023). Estos insecticidas también han mostrado efectos adversos sobre

los enemigos naturales de las plagas de brasicáceas (Anjum y Wright, 2023; Panwar et al., 2023). En consecuencia, el impacto de lambdacialotrina y otros piretroides debe ser considerado al diseñar programas de manejo de plagas (Mpumi et al., 2020).

En el caso de extractos de *Capsicum*, ensayos de laboratorio han mostrado 100% de efectividad de alcaloides de *C. frutescens* L. en el control del áfido, *B. brassicae* (Habimana y Hakizayezu, 2014). Capsaicinoides extraídos de *C. annuum* L. fueron probados en experimentos de campo en Yunnan, China para el control de varias plagas. Estos experimentos mostraron una eficacia de control de 77,80 y 89,74% sobre *B. brassicae* y *M. persicae*, respectivamente, cuando estos alcaloides fueron aplicados a una concentración de 3000 mL (Li et al., 2019). Contrastando con lo obtenido en este ensayo, aplicaciones de extractos de ajo (60 g·L⁻¹) y ají (50 g·L⁻¹) redujeron las poblaciones de *B. brassicae* en 42,05 y 26,36%, respectivamente (Baidoo y Mochiah, 2016).

Extractos de especies de *Sophora* han sido también probados para el control de áfidos. Ma et al. (2018) refirieron que alcaloides de *S. alopecuroides* L. mostraron una alta actividad insecticida contra los áfidos pertenecientes a los géneros *Myzus*, *Aphis*, *Macrosiphum* y *Brevicoryne* con rangos de eficacias entre 40 a 70%.

Un experimento de campo indicó una eficacia de 85,91% en el control del áfido de la rosa, *Macrosiphum rosirvorum* L. cuando extractos de *S. alopecuroides* (15,7%) se asperjaron junto con *Nicotiana tabacum* L. (1,1%) (Xin et al., 2014).

En este estudio se detectó la disminución del rendimiento asociados al incremento de poblaciones de *B. brassicae*. Coincidiendo con estos resultados, Falcon-Alvarado et al. (2023) señalaron que los rendimientos fueron menores en parcelas de repollo que no fueron tratadas con insecticidas en las que se desarrollaron las mayores poblaciones de áfidos. En especies de brasicas de semillas oleaginosas, investigaciones de campo encontraron disminuciones de rendimiento que variaron entre 18,3 y 24,5% debido a altas densidades de áfidos y orugas de lepidópteros (Kumar, 2017).

En este ensayo, las densidades de *B. brassicae* disminuyeron el rendimiento del brócoli con una determinación de 40% según la ecuación calculada. Factores abióticos, plagas y enfermedades también tuvieron efectos sobre el rendimiento, lo que podría explicar la variación restante. Además de *B. brassicae*, en Ecuador otras plagas que causaron pérdidas en brócoli son *Leptophobia aripa* (Boisduval) (Lepidoptera: Pieridae) y *Plutella* sp. (Lepidoptera: Plutellidae) (Pazmiño et al., 2015; Gomez y Sánchez, 2023). Dada la importancia del brócoli para la economía ecuatoriana investigaciones sobre evaluación

de alternativas de las plagas de menor impacto representan un significativo aporte para el manejo sostenible de plagas.

Conclusión

Las bajas densidades de *B. brassicae*, altas eficacias en el control, así como superiores rendimientos en los tratamientos botánicos, azadiractina + capsaicina + alicina asperjado a 3000 mL y extracto de *Sophora* a dosis de 1000 mL hacen que sus usos puedan resultar promisorios dentro de programas de manejo sostenible de plagas. Esto es especialmente importante en países que dedican parte de la producción a la exportación como es el caso de Ecuador.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Ali, R. A. E. and Zedan, O. A. A. (2015). Selectivity of certain insecticides for controlling the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) and their effect on some predatory insects on cauliflower fields in El-Minia Region-Upper Egypt. *J. Plant Prot. Res. Pathol.*, 6(10), 1427-1437. <https://doi.org/10.21608/jppp.2015.75342>
- Ambrosino, M. D., Jepson, P. C. and Luna, J. M. (2007). Hoverfly oviposition response to aphids in broccoli fields. *Entomol. Exp. Appl.*, 122(2), 99-107. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00499.x>
- Anjum, F. and Wright, D. J. (2023). Foliar residual toxicity of insecticides to *Brassica* pests and their natural enemies. *J. Econ. Entomol.*, 116(1), 153-159. <https://doi.org/10.1093/jee/toac188>
- Baidoo, P. K. and Mochiah, M. B. (2016). Comparing the effectiveness of garlic (*Allium sativum* L.) and hot pepper (*Capsicum frutescens* L.) in the management of the major pests of cabbage *Brassica oleracea* (L.). *Sustain. Agric. Res.*, 5(2), 83-91. <https://doi.org/10.5539/sar.v5n2p83>
- Cerda, H., Carpio, C., Ledezma-Carrizalez, A. C., Sánchez, J., Ramos, L., Muñoz-Shugulí, C., Andino, M. and Chiurato, M. (2019). Effects of aqueous extracts from amazon plants on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) in laboratory, semifield, and field trials. *J. Insect Sci.*, 19(5), 1-9. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez068>
- Claros Cuadrado, J. L., Pinillos, E. O., Tito, R., Mirones, C. S. and Gamarra Mendoza, N. N. (2019). Insecticidal properties of capsaicinoids and glucosinolates extracted from *Capsicum chinense* and *Tropaeolum tuberosum*. *Insects*, 10(132), 10.3390/insects10050132. <https://doi.org/10.3390/insects10050132>
- Costello, M. J. and Altieri, M. A. (1995). Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52(2-3), 187-196. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)00535-M](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)00535-M)
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2020). *InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA*. <http://www.infostat.com.ar>
- Falcon-Alvarado, J., Valverde-Rodriguez, A., Álvarez-Benaute, L., Briceño-Yen, H. y Campos-Albornoz, M. E. (2023). Extractos vegetales en el control del pulgón (*Brevicoryne brassicae* L.) en el cultivo de la col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), en Perú. *Manglar*, 20(4), 317-323. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.036>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). *Food and agriculture data*. Datos Sobre Alimentación y Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gill, H. K., Garg, H. and Gillett-Kaufman, J. L. (2013). Cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* Linnaeus (Insecta: Hemiptera: Aphididae). In: *IFAS Extension, University of Florida*, 10, 1-5. <https://doi.org/10.32473/edis-in1014-2013>
- Golicz, A. A., Bayer, P. E., Barker, G. C., Edger, P. P., Kim, H. R., Martinez, P. A., Chan, C. K. K., Severn-Ellis, A., McCombie, W. R., Parkin, I. A. P., Paterson, A. H., Pires, J. C., Sharpe, A. G., Tang, H., Teakle, G. R., Town, C. D., Batley, J. and Edwards, D. (2016). The pangenome of an agronomically important crop plant *Brassica oleracea*. *Nature Commun.*, 7, 1-8. <https://doi.org/10.1038/ncomms13390>
- Gomez, J. J. M. and Sánchez, C. E. G. (2023). Oviposition preference of *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) on plants of *Brassica oleracea* var. *italica* at different phenological stages. *Bionatura*, 8(3). <https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.25>
- Habimana, S. and Hakizayezu, M. (2014). Biocide effect of alkaloids, saponins and flavonoids extracted from chilli against *Brevicoryne brassicae*, cabbage aphids. *Sky J. Agric. Res.*, 3(11), 234-239. <http://www.skyjournals.org/SJAR>
- Henderson, C. F. and Tilton, E. W. (1955). Tests with acaricides against the brown wheat mite. *J. Econ. Entomol.*, 48(2), 157-161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>
- Holdridge, L. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center. https://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/holdridge_1966_-_life_zone_ecology.pdf



- Joseph, S. V., Martin, T., Steinmann, K. and Kosina, P. (2017). Outlook of pyrethroid insecticides for pest management in the Salinas Valley of California. *J. Integr. Pest Manag.*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx001>
- Karso, B. A., Yousif, R., Mustafa, H. and Mohammad, D. (2022). Inventorying the most common broccoli pest insect and assessing the effectiveness of sticky traps in reducing damage. *NTU J. Agric. Vet. Sci.*, 2(1), 5-8.
- Kumar Chaubey, M. (2017). Study of insecticidal properties of garlic, *Allium sativum* (Alliaceae) and bel, *Aegle marmelos* (Rutaceae) essential oils against *Sitophilus zeamais* L. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Entomol.*, 14(5), 191-198. <https://doi.org/10.3923/je.2017.191.198>
- Kumar, S. (2017). Assessment of avoidable yield losses in crop brassicas by insect-pests. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 5(3), 1814-1818.
- Li, B., Yang, M., Shi, R. and Ye, M. (2019). Insecticidal activity of natural capsaicinoids against several agricultural insects. *Nat. Prod. Commun.*, 14(7), 1-7. <https://doi.org/10.1177/1934578X19862695>
- Li, H., Xia, Y., Liu, H. Y., Guo, H., He, X. Q., Liu, Y., Wu, D. T., Mai, Y. H., Li, H. Bin, Zou, L. and Gan, R. Y. (2022). Nutritional values, beneficial effects, and food applications of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *Trends Food Sci. Technol.*, 119, 288-308. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.015>
- Ma, T., Yan, H., Shi, X., Liu, B., Ma, Z. and Zhang, X. (2018). Comprehensive evaluation of effective constituents in total alkaloids from *Sophora alopecuroides* L. and their joint action against aphids by laboratory toxicity and field efficacy. *Ind. Crops Prod.*, 111, 149-157. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.021>
- Mahmood Ahmed, S., Saeed, M., Nawaz, A., Usman, M., Fartab Shoukat, R., Li, S., Zhang, Y., Zeng, L., Zafar, J., Akash, A., Farjad Shoukat, R., Jaleel, W., Zafar, J., Akash, A. and Fartash Shoukat, R. (2018). Monitoring of quantitative and qualitative losses by lepidopteran and homopteran pests in different crop production systems of *Brassica oleracea* L. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 6(3), 6-12.
- Meriga, B., Mopuri, R. and MuraliKrishna, T. (2012). Insecticidal, antimicrobial and antioxidant activities of bulb extracts of *Allium sativum*. *Asian Pac. J. Trop. Med.*, 5(5), 391-395. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(12\)60065-0](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(12)60065-0)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2023). Estado del cultivo del brócoli en Ecuador. In: *Boletín situacional cultivo de brocoli* (Vol. 2). <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional-brocoli>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2024). *Agroproductive data*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Mpum, N., Machunda, R. S., Mtei, K. M. and Ndakidemi, P. A. (2020). Selected insect pests of economic importance to *Brassica oleracea*, their control strategies and the potential threat to environmental pollution in Africa. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/su12093824>
- Nagraj, G. S., Chouksey, A., Jaiswal, S. and Jaiswal, A. K. (2020). Broccoli. p. 5-17. In: Jaiswal, A. K. (Ed.) *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*, First edition. Elsevier, Campus, Dublin. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00001-5>
- Ngosong, N. T., Boamah, E. D., Fening, K. O., Kotey, D. A. and Afreh-Nuamah, K. (2021). The efficacy of two bio-rational pesticides on insect pests complex of two varieties of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) in the coastal savanna region of Ghana. *Phytoparasitica*, 49(3), 397-406. <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00859-8>
- Panwar, N., Thirumurugan, S. and Kumar, S. (2023). Host plant resistance in Brassicaceae against aphids. p. 1-27. In: Kumar S. (Ed.), *Brassica - Recent Advances*. IntechOpen. Princes Gate Court, London. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57353>
- Pazmiño, O., Flores, M., Vallejo, M. J., Iturra, F., Ramón, P. y Medina, L. (2015). Estudio sobre residuos de plaguicidas en brócoli de exportación y consumo nacional. *Ecuador es calidad: Rev. Científ. Ecuatoriana*, 2(2). <https://doi.org/10.36331/revista.v2i2.12>
- Saeed, M., Fartab Shoukat, R., Zafar, J. and Muhammad Saeed, C. (2017). Population dynamics of natural enemies and insect pest in different *Brassica oleracea* (cabbage) growing seasons with different production systems. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 5(6), 1669-1674. <https://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue6/PartW/5-1-239-490.pdf>
- Xin, H., Rong-Juan, M., Jun, H., Yi-Wan, Z., Zhi-Qing, M. and Xing, Z. (2014). Joint aphidicidal action of alkaloids of *Sophora alopecuroides* L. and nicotine. *Acta Entomol. Sin.*, 57(5), 557-563. <http://www.insect.org.cn/EN/Y2014/V57/I5/557>

Declaración de contribución a la autoría según CRediT

José Gabriel Ugsha Sabando: Conceptualización, Investigación, Análisis Formal, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición. **Dorys T. Chirinos:** Análisis Formal, Redacción-revisión y edición. **Eliana Granja Guerra:** Análisis Formal, Redacción-revisión y edición. **Mario Javier Chuquiana Caiza:** Conceptualización, Investigación, Redacción-revisión y edición.

