

Evaluar el efecto del extracto de chipilín y alcaloide pirrolizidinico de dietas líquidas en *Bactericera cockerelli*

Juan Carlos Delgado-Ortiz¹

Yisa María Ochoa-Fuentes²

Agustín Hernández-Juárez²

Mariana Beltrán-Beache^{3,§}

1 Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación-Departamento de Parasitología- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. (moe-788@hotmail.com).

2 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315. (yisa8a@yahoo.com; chinoahj14@hotmail.com).

3 Departamento de Ciencias Agronómicas-Universidad Autónoma de Aguascalientes. Carretera Jesús María, Posta Zootecnica S/N, Aguascalientes, México. CP. 20920.

Autora para correspondencia: mariana.beltran@edu.uaa.mx.

Resumen

Las plagas *Bactericera cockerelli* es una de mayor importancia económica y más destructivas en cultivos de la familia de las solanáceas, donde el control químico ha sido la principal estrategia de manejo. El uso de extractos botánicos es una alternativa bioracional al manejo de esta plaga. La actividad insecticida del género *Crotalaria* se atribuye a la presencia de alcaloides, saponinas, flavonoides y alcaloides pirrolizidínicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto insecticida del extracto de *C. longirostrata* y la fracción del alcaloide pirrolizidínico (1 β ,2 β -Epoxy-1 α -methoxymethyl-8 α -pyrrolizidina), mediante el suministro de dietas líquidas en *B. cockerelli*. Los bioensayos de alimentación en dietas líquidas se desarrollaron en el Laboratorio de Toxicología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En cámaras de alimentación de plástico se implementó una dieta líquida suplementada con 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 mg ml⁻¹ del extracto metanólico de *C. longirostrata* y el fraccionado del alcaloide pirrolizidínico, donde se evaluó la mortalidad bajo un diseño completamente al azar. Se determinó la CL50 para la fracción 1 β ,2 β -Epoxy-1 α -methoxymethyl-8 α -pyrrolizidina y el extracto metanólico de chipilín, obteniendo una mortalidad en el extracto metanólico entre el 42-78%, mientras que la fracción del alcaloide pirrolizidínico registró una mortalidad del 68-91%; siendo este último el que presentó una CL50 menor. El extracto metanólico de chipilín y la fracción del alcaloide pirrolizidínico presentaron actividad insecticida en las dietas líquidas, demostrando eficiencia para su uso en el control de *B. cockerelli*.

Palabras clave:

alcaloide pirrolizidínico, bioensayos de alimentación, *Crotalaria longirostrata*, psílido del tomate

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza con gran aportación nutricional en la dieta humana. México es uno de los principales productores de esta hortaliza, con una producción de 3 636 927 t (SIAP, 2024; Tamburino *et al.*, 2020). Sin embargo, la producción se ve limitada por el cambio climático (Mutale-joan *et al.*, 2020), lo que ha permitido la aparición de plagas y enfermedades que limitan el rendimiento y la eventual pérdida de la producción (Liu y Wang, 2020).

El psílido del tomate *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) es una de las plagas de mayor importancia económica y más destructivas en solanáceas (Tang *et al.*, 2020). *B. cockerelli* es nativa de norteamérica, se distribuye desde Canadá, Estados Unidos de América y México, pero también se encuentra en varios países de Centroamérica y cuenta con reportes en Nueva Zelanda y Australia (Walker *et al.*, 2015; Olaniyan *et al.*, 2020).

B. cockerelli se encuentra establecida y distribuida en las principales zonas agrícolas de México, excepto en los estados de Colima, Yucatán, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Guerrero (Cadena, 1993; Vega *et al.*, 2008; Swisher *et al.*, 2013; Cerna *et al.*, 2021). *B. cockerelli* es el responsable de la disminución de la producción de tomate en un 60% (Rivera-Martínez *et al.*, 2018); ya que, a través de su alimentación inyecta toxinas que causan amarillamiento de las hojas, entrenudos cortos y engrosados, retraso del crecimiento de las plantas y reducción en el tamaño del fruto.

Altas poblaciones de *B. cockerelli* secretan azúcares en las heces, donde se presenta el desarrollo de fumagina. Además, es el principal transmisor de *Candidatus Liberibacter solanacearum* y otros fitoplasmas (Prager *et al.*, 2018; Swisher *et al.*, 2018; Sumner *et al.*, 2020; Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2021). La principal estrategia de control del insecto se basa en el uso de insecticidas químicos, lo que ha llevado a la necesidad de realizar hasta 30 aplicaciones en el cultivo de papa para el manejo de esta plaga (Cerna *et al.*, 2012; Tucuch-Haas *et al.*, 2020).

Esta práctica ha generado resistencia en poblaciones de *B. cockerelli*, la eliminación de enemigos naturales y fitotoxicidad (Cerna *et al.*, 2015; Kolomiiets *et al.*, 2019), así como pérdidas económicas por el manejo del insecto y las enfermedades que provoca en la planta (Gudmestad y Secor, 2007; Greenway y Rondon, 2018). Una alternativa biorracional a esta problemática es el uso de extractos botánicos con propiedades insecticidas, estos son más seguros y tienen un espectro de actividad más amplio en comparación con los pesticidas sintéticos (Barrios-Díaz *et al.*, 2016; Venkatesh y Arivudainambi, 2024).

El género *Crotalaria* cuenta con alrededor de 600 especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Las especies de este género contienen alcaloides, saponinas, flavonoides y alcaloides pirrolizidínicos a los que se les atribuye alguna actividad biológica (Morton, 1994; Thoden *et al.*, 2009; Miranda-Granados *et al.*, 2018). En este género se han identificado un elevado contenido de alcaloides pirrolizidínicos, como la monocrotalina, que es un compuesto que inhibe las proteasas de los herbívoros generalistas asociados con cultivos agrícolas (Rech *et al.*, 2022). Estos alcaloides pirrolizidínicos han presentado diversas actividades biológicas en nematodos como nematocidas, ovicidas o repelentes (Thoden *et al.*, 2009).

En años recientes se ha documentado el efecto insecticida del extracto metanólico crudo de *C. longirostrata* en ninfas de *B. cockerelli* (López-López *et al.*, 2022), así como del extracto acetónico de *C. paniculata* que presenta una potente actividad insecticida (60–73.33% de mortalidad) y actividad antialimentaria contra *Spodoptera litura*, donde se atribuye el efecto insecticida a la presencia de flavonoides (Venkatesh y Arivudainambi, 2024). La especie *C. retusa* tiene efecto insecticida en *Callosobruchus maculatus* con mortalidades de 54% y reducción de la emergencia de adultos hasta de 62% (Obembe y Kayode, 2013). El extracto en diclorometano de semillas de *C. pallida*, presenta actividad insecticida sobre pupas y larvas de *Drosophila melanogaster* asociado al contenido de usaramina (Peñaloza y Peláez, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto insecticida del extracto metanólico de *C. longirostrata* y la fracción del alcaloide pirrolizidínico (1 β ,2 β -Epoxy-1 α -methoxymethyl-8 α -pyrrolizidina) suministrados en dietas líquidas a *B. cockerelli*.

Materiales y métodos

Colonia de *B. cockerelli*

Los insectos se recolectaron en la Universidad Autónoma Aguascalientes (UAA) en marzo de 2024, en Jesús María, Aguascalientes. El mantenimiento, desarrollo e incremento de la colonia de insectos se llevó a cabo en jaulas entomológicas con plantas de tomate variedad Río Grande, con un fotoperiodo de 14:10 h (luz/oscuridad) y 25 \pm 1 °C (Roque-Enríquez *et al.*, 2021).

Recolección y elaboración del extracto de *C. longirostrata*

La recolección de *C. longirostrata* se realizó en julio de 2023 en Chiapa de Corzo, Chiapas, México, según lo descrito por Miranda-Granados *et al.* (2018), donde se recolectaron tallos con hojas, de las cuales, se seleccionaron únicamente las hojas para dejarlas secar a la sombra durante siete días. Las hojas deshidratadas se pulverizaron en una licuadora de laboratorio (Waring Commercial, modelo 7011s) y el polvo obtenido se macero en metanol al 96% a una proporción de 0.2 g de materia seca/ml de solvente durante 30 días. Pasados los 30 días, el macerado se filtró al vacío con papel Whatman N° 1 y se almacenó a 4 °C hasta su uso (López-López *et al.*, 2022).

Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)

La determinación de los metabolitos en el extracto metanólico, fue realizada por el laboratorio de Biogeoquímica (UBIPRO) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES), México, donde los metabolitos presentes en el extracto se identificaron en un cromatógrafo de gases modelo 6850 (Agilent Technologies, USA) empleando una columna HP-5MS (Agilent) (30 mm, \varnothing = 25 mm) con película de 0.25 μ m. El horno se programó a 150 °C por 2 min, en seguida, se incrementó 10 °C/min hasta 300 °C por 4 min. En la fase móvil se utilizó Helio con un flujo de 1 ml min⁻¹. El detector de espectrometría de masas 5975C (Agilent Technologies, USA) se acondicionó a un barrido completo a un rango de masas de 35 a 400 m/z⁻¹, con una ionización de 70 eV, a 230 °C como temperatura de la fuente de ionización y 150 °C en la temperatura del cuadrupolo. La identificación de los compuestos se realizó con la base de datos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) versión 08 MS.

Fraccionado de alcaloide

El extracto metanólico se deshidrató en un horno de secado a 50 °C hasta que mantuvo un peso estable. La oleorresina obtenida se colocó en una columna de vidrio de borosilicato de (\varnothing = 30 mm; 60 cm de longitud) en alícuotas de 30 g adicionada con 20 g de sílica gruesa de poro 60-200 (Davisil® grado 22, Sigma-Aldrich) para formar la cabeza de la columna, se añadieron 200 ml de eluyente diclorometano:metanol (4:6) y a estas fracciones se les realizaron las pruebas de Dragendorff, Wagner y Mayer (Hernández *et al.*, 2017) para corroborar la presencia de alcaloides. La determinación del alcaloide pirrolizidínico en el fraccionado se corroboró con la metodología GC-MS antes mencionada.

Densidad relativa del extracto

La densidad relativa del extracto metanólico se realizó según lo descrito por López-López *et al.* (2022) con un picnómetro Gay-Lussac (Glascoco). La densidad relativa del extracto fue calculada con la fórmula 1:

$$\text{Densidad relativa} = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} * d_{24t}$$

1). Donde: m = masa del picnómetro vacío (g); m_1 = masa del picnómetro con la muestra (g); m_2 = masa del picnómetro con agua (g); y d_{24}^t es la densidad del agua a 24 °C ($0.997299 \text{ g cm}^{-3}$). La densidad relativa se expresó en mg ml^{-1} .

Bioensayos de alimentación

Los bioensayos de alimentación se realizaron en el Laboratorio de Toxicología, del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. La dieta líquida estuvo compuesta por sacarosa al 15% y buffer de fosfato [1x] (Oh y Tamborindeguy, 2023), suplementada con 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 mg ml^{-1} del extracto de *C. longirostrata*, preparando las mismas concentraciones para la fracción del alcaloide pirrolizidínico (López-López *et al.*, 2022), se incluyó un control solo con la dieta líquida.

Para el bioensayo se tomaron hembras adultas recién eclosionadas de las colonias establecidas y se colocaron en cámaras de plástico (altura = 5 cm, \varnothing = 3 cm) que facilitarían su alimentación. Las cámaras fueron cubiertas con una lámina de parafilm en la cuales se colocaron 60 ml de la dieta líquida descrita anteriormente, esta fue reemplazada según fuese requerido. Los bioensayos de alimentación se realizaron por triplicado con 22-25 individuos por repetición por tratamiento, donde la mortandad del insecto se contabilizó cada 24 h.

Análisis de datos

La mortalidad se corrigió con la fórmula de Henderson y Tilton (1955). El análisis Probit se efectuó con la mortalidad corregida para curva de concentración-mortalidad (CL_{50}). Los datos de mortalidad se analizaron con un análisis de varianza (Anova) y la comparación de medias mediante Tukey ($p = 0.05$), bajo un diseño completamente al azar, mediante el programa estadístico SAS versión 9.0.

Resultados y discusión

La detección de alcaloides en el fraccionado resultó positivo a las pruebas de Dragendorff, Wagner y Mayer. La cromatografía de gases indicó que el extracto contenía nueve compuestos principales: 1 β ,2 β -Epoxy-1 α -methoxymethyl-8 α -pyrrolizidina; 11-Tridecen-1-ol; Phenol, 4-(1-phenylethyl); Phenol, 2,4-bis(1-phenylethyl); Hexadecanoic acid methyl ester; n-Hexadecanoic acid; 9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester (Z,Z,Z); 9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z) y Hexanedioic acid, bis (2-ethylhexyl) ester. Estos nueve compuestos representan el 65.91% de la composición del extracto; mientras que el alcaloide pirrolizidínico 1 β ,2 β -Epoxy-1 α -methoxymethyl-8 α -pyrrolizidina fue el más abundante con 10%.

La detección del alcaloide pirrolizidínico en el extracto y en la fracción presentaron un tiempo de retención de 4 793 min en el CG-MS. Los resultados del bioensayo de alimentación con dietas líquidas mostraron que después de cuatro días de que los psíidos se alimentaran en la dieta suplementada con el extracto de *C. longirostrata*, la mortalidad fue significativa ($p < 0.0001$) en la concentración de 50 mg ml^{-1} con una mortandad del 78.16% (Cuadro 1) y para el bioensayo con la fracción del alcaloide pirrolizidínico, se obtuvieron mortalidades superiores a 80% en la aplicación de 10-50 mg ml^{-1} .



Cuadro 1. Mortalidad de *B. cockerelli* en bioensayos de alimentación.

Concentración (mg ml ⁻¹)	Mortandad ± desviación estándar	
	Extracto	Pirrolizidina
50	78.16 ±7.89 a	91.85 ±7.69 a
40	70.9 ±4.07 a	90.1 ±8.89 a
30	73.54 ±5.5 a	88.38 ±6.72 a
20	73.15 ±7.82 a	87.58 ±11.98 a
15	69.85 ±4.17 a	84.95 ±6.42 a
10	58.02 ±11.21 ab	80.95 ±8.05 a
5	42.17 ±11.33 bc	68.8 ±26.17 a
0	29.52 ±2.16 c	19.89 ±8.73 b
p -valor	<0.0001	

Medias seguidas de la misma letra en cada columna no muestran diferencia estadística (Tukey, $p > 0.05$).

Las concentraciones letales medias (CL₅₀) obtenidas en las evaluaciones de la dieta líquida tanto para el extracto metanólico como para el fraccionado fueron de 3.8 y 1.14 mg ml⁻¹ respectivamente, presentando mayor toxicidad en los insectos que se alimentaron de la dieta líquida suplementada con la fracción del alcaloide (Cuadro 2).

Cuadro 2

Estimación de la CL₅₀ en *B. cockerelli* en los bioensayos de alimentación.

Tratamiento	CL ₅₀	Límites fiduciales		Ecuación de predicción	Coeficiente de correlación
		Inferior	Superior		
Extracto	3.77	3.09	8.56	y= -0.675x +0.87	0.649
Fracción	1.14	0.19	2.53	y= -0.50x +0.87	0.674

En investigaciones recientes, se han detectado otros alcaloides pirrolizidínicos como son la trachelanthamidina y 1#,2#-epoxy-1#-metoximetil-8#-pirrolizidina como compuesto de mayor abundancia en extractos acuosos, etanólicos y metanólico en hoja de *C. longirostrata* (López-López *et al.*, 2022; Hernández-Reyes *et al.*, 2024). El alcaloide 1β,2β-Epoxy-1α-methoxymethyl-8α-pyrrolizidina se clasifica como un iminoazúcar, que son compuestos hidrofílicos de fácil administración oral, el cual actúan como un inhibidor de enzimas glucosidasas modificadoras de carbohidratos, en la absorción y asimilación en el tracto digestivo y como inhibidores en la síntesis de polisacáridos (glucosiltransferasas). Estos inhibidores interfieren en los procesos de hidrólisis de los enlaces glicosídicos en humanos e insectos, por lo que su potencial como insecticidas es alto (Ramesh, 2020).

Los resultados obtenidos con la dieta líquida suplementada con el extracto metanólico fueron inferiores a los obtenidos por López-López *et al.* (2022), quienes reportaron una mortalidad desde 24-100% a concentraciones de 2-30 mg ml⁻¹ a las 72 h de haber aplicado el extracto de chipilín, mientras que la fracción demostró una toxicidad similar a la reportada por de López-López *et al.* (2022), estos mismos autores establecieron una CL₅₀ en los bioensayos de inmersión de hoja de 4.78 mg ml⁻¹, mientras que, en esta investigación para la administración del extracto de crudo la CL₅₀ obtenida fue de 3.77 mg ml⁻¹ y para la fracción fue 1.14 mg ml⁻¹ (Cuadro 2).

El efecto biocida de los alcaloides pirrolizidínicos como la monocrotalina en diversas especies de nematodos ha sido efectivo 0.01-10 mg ml⁻¹ concentraciones con una MIC50 de 0.4-5.8 mg ml⁻¹ (Thoden *et al.*, 2009). De acuerdo con evaluaciones de Hernández-Reyes *et al.* (2024) quienes determinaron las curvas de dosis-respuesta en pez cebra (*Danio rerio*), donde el extracto en agua de hojas de *C. longirostrata* mostró toxicidad con una CL₅₀ de 2.41 µg ml⁻¹, seguido del extracto de EtOH-agua con una CL₅₀ de 2.49 µg ml⁻¹ y el extracto de EtOH con una CL₅₀ de 3.41 µg ml⁻¹, mientras que la oleoresina presentó la menor toxicidad en la evaluación con una CL₅₀ de 4.99 µg ml⁻¹. Estos autores han atribuido el efecto tóxico a la presencia del alcaloide pirrolizidínico trachelanthamidina.

Las concentraciones letales obtenidas para el extracto etanólico son similares a las observadas en esta investigación.

El efecto insecticida de los extractos y fraccionados de *C. longirostrata* se atribuye a la capacidad de los alcaloides pirrolizidínicos para interactuar con los microorganismos del tracto digestivo de los insectos, causando que el intestino del insecto se alcalinice, matando al insecto (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013; Tlak Gajger y Dar, 2021). También se asocian con la capacidad de los alcaloides pirrolizidínicos para inhibir la enzima trehalasa en el intestino delgado del insecto, la cual puede provocar una disminución en la generación de energía a través de la hidrólisis de la trehalosa y afectar los procesos biológicos de crecimiento, síntesis de quitina, metamorfosis y energía para el vuelo; por lo que los alcaloides pirrolizidínicos pueden ser una opción promisorio como insecticidas o larvicidas (Shukla *et al.*, 2015).

Conclusiones

La aplicación del extracto metanólico de *C. longirostrata* y la fracción del alcaloide pirrolizidínico (1 β ,2 β -Epoxy-1 α -methoxymethyl-8 α -pyrrolizidina) en las dietas líquidas fueron eficientes en la mortalidad de *B. cockerelli* con 78.1 y 91.85%. Donde la mayor toxicidad se registró con la aplicación del fraccionado (CL₅₀ de 1.14 mg ml⁻¹) del alcaloide pirrolizidínico a través de los bioensayos de alimentación.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías el financiamiento del proyecto CF-2023-I-1697; así como, el apoyo al proyecto 1048 de programa investigadoras e investigadores por México.

Bibliografía

- 1 Barrios-Díaz, B.; Arellano-Fuentes, M. E.; Vázquez-Huerta, G.; Barrios-Díaz, J. M.; Berdeja-Arbeu, R. y Hernández-Tapia, M. R. 2016. Control alternativo de paratíoz (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Entomología Mexicana. 3(1):146-152. <https://www.acaentmex.org/entomologia/revista/2016/AGR/Em%20146-152.pdf>.
- 2 Cadena, H. M. A. 1993. La punta morada de la papa en México: Incidencia y búsqueda de resistencia. Agrociencia. 4(1):247-256.
- 3 Cerna, C. E.; Ail, C.; Landeros, J.; Sánchez, S.; Badii, M.; Aguirre, L. and Ochoa, Y. 2012. Comparison of toxicity and selectivity of the pest *Bactericera cockerelli* and its predator *Chrysoperla carnea*. Agrociencia. 46(8):783-793. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n8/v46n8a4.pdf>.
- 4 Cerna, C. E.; Beltrán, B. M.; Ochoa, Y. M.; Hernández, B. O. and Delgado, O. J. C. 2021. *Bactericera cockerelli* vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, morfometría y haplotipos en poblaciones de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 26(1):81-94. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i26.2939>.
- 5 Cerna, C. E.; Hernández, O.; Landeros, J.; Aguirre, L. A. and Ochoa, Y. M. 2015. Insecticide-resistance ratios of three populations of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllodea: triozidae) in regions of northern Mexico. Florida Entomologist. 98(3):950-953. <https://doi.org/10.1653/024.098.032>.
- 6 Fürstenberg-Hägg, J.; Zagrobelny, M. and Bak, S. 2013. Plant defense against insect herbivores. International Journal of Molecular Sciences. 14(5):10242-10297. <https://doi.org/10.3390/ijms140510242>.

- 7 Greenway, G. A. and Rondon, S. 2018. Economic impacts of zebra chips in Idaho, Oregon, and Washington. *American Journal of Potato Research*. 95(1):362-367. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-9636-2>.
- 8 Gudmestad, N. C. and Secor, G. A. 2007. Zebra chip: a new disease of potato. *Nebraska Potato Eyes*. 19(1):1-4. <https://www.ndsu.edu/fileadmin/potatopathology/potato-trials/Zebra-Chip-New-Potato-Disease.pdf>.
- 9 Gutiérrez-Ramírez, J. A.; Betancourt-Galindo, R.; Aguirre-Urbe, L. A.; Cerna-Chávez, E.; Sandoval-Rangel, A.; Castro-del Ángel, E.; Chacón-Hernández, J. C.; García-López, J. I. and Hernández-Juárez, A. 2021. Insecticidal effect of zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles against *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) on Tomato *Solanum lycopersicum*. *Agronomy*. 11(8):1460-1469. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081460>.
- 10 Henderson, C. F. and Tilton, E. 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology*. 48(2):157-161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>.
- 11 Hernández, O. L.; Carranza, R. P.; Cobos, P. L. E.; López, L. L. I.; Ascasio, V. J. A. and Silva, B. S. Y. 2017. Bioguided fractionation from *Solanum elaeagnifolium* to evaluate toxicity on cellular lines and breast tumor explants. *Vitae*. 24(2):124-131. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n2a05>.
- 12 Hernández-Reyes, A. J. Guzmán-Albores, M.; León-Rodríguez, A.; Ruíz-Valdiviezo, V. M.; Rodríguez-Ortiz, L. R. and Barba-Rosa, A. P. 2024. Toxicological and sedative effects of chipilin (*Crotalaria longirostrata*) leaf extracts obtained by maceration and supercritical fluid extraction. *ACS Omega*. 9(17):18862-18871. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c08290>.
- 13 Kolomiets, Y. V.; Grygoryuk, I. P.; Butsenko, L. M. and Kalinichenko, A. V. 2019. Biotechnological methods control phytopathogenic bacteria in Tomatoes. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(2):3215-3230. <http://dx.doi.org/10.15666/aer/1702-32153230>.
- 14 López López, H.; Beltrán, B. M.; Ochoa, Y. M.; Castro, E.; Cerna, E. y Delgado, J. C. 2022. Extracto metanólico de *Crotalaria longirostrata*: identificación de metabolitos secundarios y su efecto insecticida. *Scientia Agropecuaria*. 13(1):71-78. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.007>.
- 15 Miranda-Granados, J.; Chacón, C.; Ruiz-Lau, N.; Vargas-Díaz, M. E.; Zepeda, L. G.; Alvarez-Gutiérrez, P.; Meza-Gordillo, R. and Lagunas-Rivera, S. 2018. Alternative use of extracts of chipilín leaves (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn) as antimicrobial. *Sustainability*. 10(3):883-891. <https://doi.org/10.3390/su10030883>.
- 16 Morton, J. F. 1994. Pito (*Erythrina berteroana*) and chipilin (*Crotalaria longirostrata*), (fabaceae) two soporific vegetables of Central America. *Economic Botany*. 48(2):130-138. <https://doi.org/10.1007/BF02908199>.
- 17 Mutale-joan, C.; Redouane, B.; Najib, E.; Yassine, K.; Lyamlouli, K.; Laila, S.; Zeroual, Y. and Hicham, E. 2020. Screening of microalgae liquid extracts for their bio stimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of *Solanum lycopersicum* L. *Scientific Reports*. 10:2820-821. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59840-4>.
- 18 Obembe, O. M. and Kayode, J. 2013. Insecticidal activity of the aqueous extracts of four under-utilized tropical plants as protectant of cowpea seeds from *Callosobruchus maculatus* infestation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 16(4):175-179. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2013.175.179>.
- 19 Oh, J. and Tamborindéguy, C. 2023. Treatment of rapamycin and evaluation of an autophagic response in the gut of *Bactericera cockerelli* (Sul#). *Insects*. 14(2):142-151. <https://doi.org/10.3390/insects14020142>.

- 20 Olaniyan, O.; Rodríguez-Gasol, N.; Cayla, N.; Michaud, E. and Wratten, S. D. 2020. *Bactericera cockerelli* (Sulc), a potential threat to China's potato industry. *Journal of Integrative Agriculture*. 19(7):338-349. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62754-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62754-1).
- 21 Peñaloza, A. G. C. y Peláez, J. C. A. 2014. Evaluación de la actividad biológica de extractos de semillas de *Crotalaria pallida* (cascabelito) sobre el modelo *Drosophila melanogaster*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 19(3):144-153.
- 22 Prager, S. M. and Trumble, J. T. 2018. Psyllids: biology, ecology and management. In *Sustain. Manag. Arthropod Pests Tomato*. 163-181. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>.
- 23 Ramesh, N. G. 2020. Iminosugars. In: *carbohydrates in drug discovery and development*. Tiwari, V. K. Ed. 331-381 pp. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816675-8.00008-7>.
- 24 Rech, C.; Ribeiro, L. P.; Bento, J. M. S.; Pott, C. A. and Nardi, C. 2022. Monocrotaline presence in the *Crotalaria* (Fabaceae) plant genus and its influence on arthropods in agroecosystems. *Brazilian Journal of Biology*. 84:256916. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256916>.
- 25 Rivera-Martínez, R.; Ramírez-Dávila, J. F. y Acosta-Guadarrama, A. D. 2018. Distribución espacial de las poblaciones de huevos de *Bactericera cockerelli* Sulc. en el cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Acta Universitaria*. 28(5):24-33. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1944>.
- 26 Roque-Enríquez, A.; Delgado-Ortiz, J. C.; Beltrán-Beache, M.; Ochoa-Fuentes, Y. y Cerna-Chávez, E. 2021. Parámetros agronómicos del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculado con "*Candidatus Liberibacter solanacearum*" y tratados con fosfitos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(1):2552. <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2552>.
- 27 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 28 Shukla, E.; Thorat, L. J.; Nath, B. B. and Gaikwad, S. M. 2015. Insect trehalase: physiological significance and potential applications. *Glycobiology*. 25(4):357-367. <https://doi.org/10.1093/glycob/cwu125>.
- 29 Sumner, K. J. C.; Highet, F.; Arnsdorf, Y. M.; Back, E.; Carnegie, M.; Madden, S.; Carboni, S.; Billaud, W.; Lawrence, Z. and Kenyon, D. 2020. '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' distribution and diversity in Scotland and the characterization of novel haplotypes from *Craspedolepta* spp. (Psylloidea: aphalaridae). *Scientific Reports*. 10(9):16567. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73382-9>.
- 30 Swisher, K. D.; Arp, A. P.; Bextine, B. R.; Álvarez, E. A.; Crosslin, J. M. and Munyaneza, J. E. 2013. Haplotyping the potato psyllid, *Bactericera cockerelli*, in Mexico and Central America. *Southwestern Entomologist*. 38(2):201-208. <https://doi.org/10.3958/059.038.0205>.
- 31 Swisher, K. D.; Munyaneza, J. E.; Velásquez-Valle, R. and Mena-Covarrubias, J. 2018. Detection of pathogens associated with psyllids and leafhoppers in *Capsicum annuum* L. in the Mexican states of Durango, Zacatecas and Michoacan. *Plant Disease*. 102(1):146-153. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-17-0758-RE>.
- 32 Tamburino, R.; Sannino, L.; Cafasso, D.; Cantarella, C.; Orrù, L.; Cardi, T.; Cozzolino, S.; D'Agostino, N. and Scotti, N. 2020. Cultivated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) suffered a severe cytoplasmic bottleneck during domestication: Implications from chloroplast genomes. *Plants*. 9(10):1443. <https://doi.org/10.3390/plants9111443>.
- 33 Tang, X. T.; Longnecker, M. and Tamborindéguy, C. 2020. Acquisition and transmission of two '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' haplotypes by the tomato psyllid *Bactericera cockerelli*. *Scientific Reports*. 10(13):14000. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70795-4>.

- 34 Thoden, T. C.; Boppré, M. and Hallmann, J. 2009. Effects of pyrrolizidine alkaloids on the performance of plant-parasitic and free-living nematodes. *Pest Management Science*. 65(7):823-830. <https://doi.org/10.1002/ps.1764>.
- 35 Venkatesh, G. and Arivudainambi, S. 2024. Efficacy of solvent extracts of *Crotalaria paniculata* Willd. (Fabaceae) and *Holoptelea integrifolia* Planch. (Ulmaceae) against *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Entomology Research*. 9(11):139-144. <https://www.entomologyjournals.com/assets/archives/2024/vol9issue11/9327.pdf>.
- 36 Walker, P. W.; Allen, G. R.; Tegg, R. S.; White, L. R. and Wilson, C. R. 2015. The tomato potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc, 1909) (Hemiptera: triozidae): a review of the threat of the psyllid to Australian solanaceous crop industries and surveillance for incursions in potato crops. *Austral Entomology*. 54(6):339-349. <https://doi.org/10.1111/AEN.12129>.



Evaluar el efecto del extracto de chipilín y alcaloide pirrolizidinico de dietas líquidas en *Bactericera cockerelli*

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 1 August 2025
Date accepted: 1 November 2025
Publication date: 7 December 2025
Publication date: Nov-Dec 2025
Volume: 16
Issue: 8
Electronic Location Identifier: e3920
DOI: 10.29312/remexca.v16i8.3920

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

alcaloide pirrolizidinico
bioensayos de alimentación
Crotalaria longirostrata
psílido del tomate

Counts

Figures: 0

Tables: 2

Equations: 1

References: 36