



EFFECTO ACARICIDA DE *Pachyrhizus erosus* SOBRE *Varroa destructor* EN COLONIAS DE *Apis mellifera* †

[ACARICIDAL EFFECT OF *Pachyrhizus erosus* ON *Varroa destructor* IN *Apis mellifera*]

José Alberto Gío-Trujillo^{1*}, José Luis Cámara-Romero²
and Alejandra Monforte-Rodríguez³

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345, Conkal, Yucatán, México. Email: DD20800277@conkal.tecnm.mx

²Universidad Autónoma de Guerrero. Centro de Ciencias de Desarrollo Regional. Privada de Laurel No. 13. El roble. C.P. 39640. Acapulco, Guerrero, México.

³ Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín, Final Aeropuerto Cupul s/n, Col. Santa Rita, CP 97700, Tizimín, Yucatán, México.

*Corresponding autor

SUMMARY

Background: The main problem of beekeeping activity in Mexico is parasitosis by *Varroa destructor*, due to its wide distribution and the damage it produces in apiaries, causing mortality in bees and reduction in honey production levels. Therefore, it is essential to develop sanitary control strategies for varroasis, avoiding causing the presence of resistant vectors, harmful damage to bees, beekeepers, consumers or any type of surrounding contamination or in the main products of the hive. **Objective:** To evaluate the acaricidal activity of *Pachyrhizus erosus* (jicama) on the mite *V. destructor* in colonies of *Apis mellifera*. **Methodology:** For the obtain of the extract from mature jicama seed, the hot maceration/extraction method (bain-marie) was used, using ethanol 95° G.L (95%) as solvent. A completely random design was developed. randomized with two dilutions of *P. erosus* (5 and 10%), a negative control (distilled water) and a positive control (Cumavar®), with three repetitions, respectively. The treatments were applied by means of two plastic strips (between frames 6 and 10) impregnated with the corresponding concentrations. **Results:** The highest count of accumulated mites was presented in the positive control with 386 (128.67±22.74). During the sampling, an initial infestation rate of 4.54±1.64 was determined. On the other hand, the final infestation rate was 2.66±2.69. The effectiveness of the treatments was statistically significant among themselves. The 5 and 10% dilutions of the *P. erosus* seed extract presented an acaricidal effect with percentages greater than 45% (48.99±15.1 and 59.44±13.57% of effectiveness, respectively). Likewise, the positive control presented the highest percentage, 84.41±14.47. **Implications:** Trials should be developed with a greater number of experimental units and records with a longer post-application time, with the aim of evaluating their residual and harmful effect that these may have on non-target individuals such as bees. **Conclusion:** Exploratory data on the acaricidal effect of *P. erosus* seed on *V. destructor* and its application as a means of controlling varroa infestation were presented, as a feasible alternative for the development of strategies for the sanitary control of varroa.

Keywords: Varroa mite; honey bee; Jicama; Plant extract; Toxicity.

RESUMEN

Antecedentes: La principal problemática de la actividad apícola en México es la parasitosis por *Varroa destructor*, debido a su amplia distribución y los daños que producen en los colmenares, ocasionando mortalidad en abejas y reducción en los niveles de producción de miel. Por lo tanto, es indispensable desarrollar estrategias de control sanitario para la varroasis, evitando causar la presencia de vectores resistentes, daños nocivos a las abejas, apicultores, consumidores o algún tipo de contaminación circundante o en los principales productos de la colmena. **Objetivo:** Evaluar la actividad acaricida de *Pachyrhizus erosus* (jícama) sobre el ácaro *V. destructor* en colonias de *Apis mellifera*. **Metodología:** Para la obtención del extracto de semilla madura de jícama, se empleó el método de maceración/extracción en caliente (baño maría), usando etanol 95° G.L (95%) como solvente. Se desarrolló un diseño completamente al azar con dos diluciones de *P. erosus* (5 y 10 %), un control negativo (agua destilada) y positivo (Cumavar®), con tres repeticiones respectivamente. Se aplicaron los tratamientos por medio de dos tiras plásticas (entre el marco 6 y 10) impregnadas con las concentraciones correspondientes. **Resultados:** El mayor conteo de ácaros acumulados se presentó en el control positivo con 386 (128.67±22.74). Durante los muestreos se determinó una tasa

† Submitted August 12, 2022 – Accepted January 10, 2023. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4509>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

de infestación inicial de 4.54 ± 1.64 . Por otro lado, la tasa de infestación final fue de 2.66 ± 2.69 . La efectividad de los tratamientos fue significativa estadísticamente entre sí. Las diluciones al 5 y 10% del extracto de semilla de *P. erosus* presentó un efecto acaricida con porcentajes mayores al 45 % (48.99 ± 15.1 y 59.44 ± 13.57 % de efectividad respectivamente). Asimismo, el control positivo presentó el mayor porcentaje, 84.41 ± 14.47 . **Implicaciones:** Debe desarrollarse ensayos con un mayor número de unidades experimentales y registros con mayor tiempo post-aplicación, con el objetivo de evaluar su efecto residual y nocivo que estos pueden tener en los individuos no objetivos como las abejas. **Conclusión:** Se presentaron datos exploratorios del efecto acaricida de semilla de *P. erosus* sobre *V. destructor* y su aplicación como medio de control de la infestación por varroasis, como una alternativa factible para el desarrollo de estrategias para el control sanitario de la varroasis.

Palabras clave: Ácaro varroa; Abeja melífera; Jícama; Extracto vegetal; Toxicidad.

INTRODUCCIÓN

El problema sanitario de la varroasis, reportado en México desde la década de los 90's (Echazarreta-González *et al.*, 1997), representa un punto crítico en el desarrollo socioeconómico de esta importante actividad. Por lo tanto, *V. destructor* (Acari: Varroidae) (Anderson y Trueman, 2000), es considerado el agente etiológico de importancia en la producción melífera de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el mundo (Roberts *et al.*, 2015). El ácaro *V. destructor* se alimenta de la hemolinfa y del cuerpo graso de las abejas durante todos sus estadios, lo que afecta el estado nutricional e inmunológico de la colonia (Aronstein *et al.*, 2012; (Ramsey *et al.*, 2019)), ocasionando daños en abejas maduras (reinas, obreras y zánganos) e inmaduras, ocasionando mortalidad en abejas y reducción en la producción de miel (Nazzi y Le Conte, 2016). En general, existen dos grupos de productos para el control de varroa: los acaricidas sintéticos y de origen natural. Los acaricidas sintéticos, presentan alta eficacia y fácil aplicación (Knolhoff y Onstad, 2014). Entre los más usados están los ixodicidas, empleando piretroides sintéticos (fluometrina y fluvalinato), cumafós, formidinas (amitraz), entre otros (Reyes *et al.*, 2020). No obstante, su uso desmedido puede implicar la presencia de vectores resistentes y contaminación en los principales productos de la colmena (Stanimirovic Stevanović y Ćirković, 2005; Higes *et al.*, 2020; Grindrod y Martin, 2021).

Los tratamientos de origen natural para controlar la varroasis, tienen un menor costo y mayor accesibilidad de los apicultores, los cuales pueden clasificarse en dos grupos, en componentes de aceites esenciales y en ácido orgánicos como timol, el ácido fórmico y el ácido oxálico (Tihelka, 2018). Actualmente, para el desarrollo de estrategias de control sanitario de *V. destructor*, sin causar daños nocivos a las abejas (considerados organismos no objetivo) o algún tipo de contaminación circundante (Eshbah *et al.*, 2018) se han desarrollado evaluaciones para determinar el efecto ixodicida de metabolitos secundarios de diferentes plantas, ácidos orgánicos (fórmico, acético y oxálico) (Reyna-Fuentes *et al.*, 2021) y aceites esenciales (Malika *et al.*, 2019; Huamán y Silva,

2020). Uno de estos compuestos naturales es el compuesto rotenona, de acción neurotóxica y de parálisis (Soto, 2013). De acuerdo con varios autores, la rotenona, posee propiedades biocidas (Subhash *et al.*, 2022) e ixodicidas (Soto, 2013), por lo que es considerado una alternativa factible como bioinsecticida para el control de *V. destructor*, como lo han expuesto, Gregorc y Poklukar, (2003), Eguaras *et al.* (2005) y Gregorc y Škerl (2007) al determinar el efecto acaricida sobre *V. destructor* con una mortalidad mayor al 70 %. Además, una baja toxicidad para *A. mellifera*, durante la aplicación y exposición a la rotenona (Eguaras *et al.*, 2005). Mayormente, la rotenona, se ha extraído de las raíces de plantas *Derris elliptica* (Zubairi *et al.*, 2014) y *Lonchocarpus nicou* (Gomes *et al.*, 2015). No obstante, *P. erosus*, raíz tuberosa de importancia económica en Centroamérica (Hernández-Guzmán *et al.*, 2022), presenta niveles altos de rotenona (Catteau *et al.*, 2013), rotenoides, erosona, paquirrizona, dolineona y paquirrizina (Lautié *et al.*, 2013; Estrella-Parra *et al.*, 2016), reportando los valores más altos en las semillas (Lautié *et al.*, 2012). Con lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la actividad acaricida del extracto de semilla de *P. erosus* sobre *V. destructor* en colonias de *A. mellifera* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El trabajo se desarrolló en el Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín, Tizimín, Yucatán, México. El sitio experimental se localizó entre las coordenadas UTM 16 Q: 0378697; 2340439 (Datum WGS84) (Figura 1).

Preparación del extracto

Se recolectaron semillas de *P. erosus*, Var. Blanca de Maxcanú, homogeneizadas por medio de un análisis macroscópico, seleccionando semillas sin daño mecánico o por plaga, estado fisiológico en madurez (tonalidad café claro a marrón) y forma cilíndrica con un diámetro de entre 4-7 mm. Para la preparación del extracto, se pesó 3.2 kg de semilla, secándose por medio de una estufa de secado ORL® modelo SD433 a 60 °C por 72 horas. Seguidamente se procedió a su

molienda empleando un molino eléctrico de 1/2 HP (SIEMENS, REY®). De acuerdo con Cateau *et al* (2013) por su polaridad y con el propósito de obtener una mayor extracción-concentración del compuesto, se extrajo/macero en etanol al 95° G.L (95%) a razón de 300 g/litro de solvente, empleando 1.5 kg de polvo macerado de semilla de jícama. La solución etanólica se dejó suspender por 72 horas (Dantas *et al.*, 2016). La evaporación del solvente se realizó por extracción en caliente (baño maría) a 50 °C por 20 minutos hasta obtener 50 ml de solución etanólica concentrada. Por último, el concentrado recuperado fue separado en dos concentraciones, 5 y 10 ml del extracto crudo aforando con agua destilada hasta 100 ml respectivamente por dilución (diluciones al 5 y 10 %).

Descripción de las unidades experimentales

El estudio constó de doce colonias (unidades experimentales) de *A. mellifera*, establecidas en colmenas tipo Langstroth de un solo cuerpo con aproximadamente una población de 20,000 abejas. La ubicación de las instalaciones del apiario se encuentra colindante a una vegetación secundaria y selva baja caducifolia (INEGI, 2017). El manejo de la colonia

durante la evaluación fue uniforme, según las buenas prácticas descritas por la SAGARPA-SENASICA (2018).

Diseño experimental

El estudio utilizó un diseño completamente al azar, distribuidos en dos tratamientos con diferentes diluciones del extracto de *P. erosus*, un control negativo (agua destilada) y control positivo, empleando un acaricida comercial (Cumafós al 8.5 %), con tres repeticiones respectivamente (Tabla 1).

Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se aplicaron por medio de tiras plásticas de PVC. Para el extracto crudo de *P. erosus* (T1 y T2) fueron previamente sumergidos por 24 horas en 100 ml de su dilución correspondiente. El control negativo (CN), se sumergió en agua destilada bajo el mismo criterio. El tiempo de exposición a las diluciones de *P. erosus* se estableció para garantizar un mayor impregnado en las tiras de PVC. Posteriormente, se colocaron dos tiras aun húmedas entre el sexto y décimo marco en la cámara de cría de



Figura 1. Localización del área experimental del estudio. Fuente: Elaboración propia.

todas las unidades experimentales. Por tratamiento, cada colmena recibió una dosificación de 20 g del extracto de *P. erosus*/colmena (5 g por tira de PVC) para T1, 10 g del extracto de *P. erosus*/colmena (10 g por tira de PVC) para T2 y 17 g de Cumafós (8.5 g por tira de PVC) para el grupo positivo (CP).

Tabla 1. Distribución de los grupos experimentales del estudio.

Grupo experimental	ID	Composición del tratamiento
Tratamiento 1	T1	Extracto de <i>Pachyrhizus erosus</i> al 5 %
Tratamiento 2	T2	Extracto de <i>Pachyrhizus erosus</i> al 10 %
Control positivo	CP	Acaricida comercial Cumavar®apilab SRL
Control negativo	CN	Agua destilada

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de la infección por varroasis

La determinación de la parasitosis se realizó en abejas adultas entre los meses de abril-mayo. Para la determinación de la tasa de infestación por varroasis (TIV), se desarrolló la tasa de infestación por varroasis inicial (TIVI) y la tasa de infestación por varroasis final (TIVF).

De acuerdo con la NOM-001-ZOO-1994 (Diario Oficial de la Federación 2005) se colectaron 200 abejas adultas (obreras) obtenidas de la cámara de cría de cada colonia. De las cuales se extrajeron los ácaros varroa para las determinaciones de infestación empleando la técnica de De Jong (1982). La TIVI se desarrolló 24 horas antes del inicio de la aplicación de los tratamientos. A la vez, la TIVF se desarrolló 24 horas posteriores al término del último registro de mortalidad. Asimismo, se determinó la diferencia entre TIVI y TIVF como parámetro (Reyes *et al.*, 2020). La siguiente fórmula se empleó para la estimación de la TIV:

$$\% \text{ de infestación} = \# \text{ de ácaros colectados} / \# \text{ de abejas muestra} \times 100$$

Registro de mortalidad

Para el registro de ácaros caídos/muertos se elaboró una trampa de captura, colocada en la piquera de cada colonia para el trapeo de ácaros caídos. Las trampas presentaron dimensiones de 50 cm de largo, 30 cm de ancho y 0.5 cm de grosor. En su parte inferior se colocó una cartulina blanca cuadrada (10 x 10 cm) para facilitar el conteo. A su vez, para el trapeo, se empleó una malla mosquitera (3 mm) colocada en la parte

superior., sujeta por cada lado por marcos de madera (Reyes *et al.*, 2020). Se desarrollaron tres registros, distribuidos en tres periodos de tiempos, a las 24, 48 y 72 horas post-aplicación. Tomando como criterio de mortalidad el conteo de ácaros caídos (atrapados en la malla de la trampa de captura) con ausencia de movimiento. El registro de la mortalidad de ácaros se llevó a cabo mediante una inspección visual en un estereoscopio, con el apoyo de una aguja punta roma para determinar la ausencia de movimiento (mayor a 10 minutos).

Efectividad de los tratamientos

La efectividad de los tratamientos determina la mortalidad de ácaros varroa muertos por el efecto residual de los tratamientos evaluados hasta las 72 horas por exposición y por efecto del shock de cada tratamiento.

Para la efectividad se evaluó de acuerdo a la siguiente fórmula (Schmidt *et al.*, 2008):

$$\% \text{ de efectividad} = \text{TIVI} - \text{TIVF} / \text{TIVI} \times 100$$

Análisis de los datos

El análisis de los datos se realizó por medio de un análisis de varianza, comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$), a través del software InfoStat/L, 2020 (FCA-UNC; Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSION

Registro de mortalidad

En total se registraron 793 (66.1 ± 47) ácaros muertos, colectados en las 12 trampas de captura durante los tres registros post-aplicación de los tratamientos. Para T1 y T2, no se observaron variaciones estadísticas. El grupo control positivo presentó el mayor conteo de ácaros acumulados en las trampas de captura durante los tres intervalos de tiempo, cuantificando 386 en las tres repeticiones (128.67 ± 22.74) (Tabla 2). Por otro lado, a las 72 horas post-aplicación de los tratamientos, se presentó un aumento gradual en la colecta de ácaros en las trampas de captura con 346 (28.83 ± 19.65). Lo anterior implicó una actividad progresiva y prolongada de los compuestos químicos, Cumafós (Apilab, 2017) y orgánicos de *P. erosus* (Lautié *et al.*, 2013; Estrella-Parra *et al.*, 2016), evaluados en el estudio. Los efectos prolongados de la rotenona, principal compuesto orgánico de *P. erosus* (Catteau *et al.*, 2013), concuerdan con autores como Satta *et al.*, (2008) y Eguaras *et al.*, (2005), al reportar un efecto progresivo de rotenona inpregnadas en dosis de 0.6 y 0.5 g por tiras plásticas de PVC, con respecto a su toxicidad sobre *V. destructor*.

Tabla 2. Número de ácaros caídos/muertos de *Varroa destructor* durante los registros (24,48 y 72 horas) post-aplicación de los tratamientos.

ID	Primer registro (24 horas)	Segundo registro (48 horas)	Tercer registro (72 horas)	Total de ácaros (media±D. E)
T1	15.33±3.06 B	16.67±1.15 AB	25.3±3.33 B	57.33±1.15 B
T2	19.33±2.31 B	21.67±4.51 B	30.67±7.77 B	71.67±9.24 B
CP	34.00±5.29 C	39.33±11.02 C	55.33±7.02 C	128.67±22.74 C
CN	1.00±1.00 A	1.67±0.58 A	4.00±1.73 A	6.67±2.08 A

Medias± D.E; Medias con una letra en común no son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); CN= Control negativo; CP= control positivo; T= tratamiento. Fuente: Elaboración propia.

Durante los registros post-aplicación de los tratamientos se observó un número relativamente bajo de abejas muertas, al cuantificar entre 8 a 10 abejas muertas por unidad experimental después de 72 horas de exposición al extracto de *P. erosus*. Asimismo, para el activo químico Cumafós (CP) y CN, se registraron 4 y 5 abejas muertas, respectivamente por unidad experimental. Por lo que podemos inferir que la mortalidad de abejas en tratamientos post-aplicación del extracto de *P. erosus*, no supera los porcentajes nocivos mayores al 10% (Eguaras *et al.*, 2005) y puede considerarse para ensayos acaricidas según las normas específicas de regulación de acaricidas en México (NOM-001-ZOO-1994, Diario Oficial de la Federación. 2005).

Tasa de infestación por varroasis

Se muestrearon 7,200 abejas por determinación de tasa de infestación por varroasis (TIV), colectando 109 (9.1±3) ácaros durante la determinación inicial (TIVI) (Tabla 3). Con respecto a la tasa de infección por varroasis (TIV), se estableció una tasa de infección inicial (TIVI) del 4.54±1.64, sin variaciones estadísticas entre colmenas (unidades experimentales). Para su determinación final, se reportó una reducción del 41.41 %, al observar una tasa final de 2.66±2.69 (Tabla 3). La TIV inicial presenta resultados similares con lo reportado en diferentes zonas en México, Martínez-Puc *et al.* (2011) en Yucatán, determinó una tasa de infección de *V. destructor* de 1.70 ± 0.26. Asimismo, en Tamaulipas, Reyes-Fuentes *et al.* (2022), reportan una infestación por varroa del 5.32±1.16 (Tabla 3).

Por otro lado, la falta de variaciones estadísticas entre colmenas (Tabla 3), nos puede inferir en una homogeneidad natural entre la infestación de *V. destructor* en el estudio, derivando de una transmisión horizontal de la parasitosis (Fries y Camazine, 2001) y el ciclo de vida del ácaro varroa entre las colmenas manejadas de un apiario (Nazzi y Le Conte, 2016).

Para la TIV se presenciaron variaciones significativas entre los grupos experimentales. El grupo de control

positivo, presentó el valor con la menor tasa de infección, 0.67±0.58 y una reducción en el porcentaje de infección por varroasis con una diferencia en la tasa de infección (DTI %) de 3.00±1.32. Entre los tratamientos de *P. erosus* al 5 y 10 %, se presentó una reducción de la TIV entre el 2.34-2.67 %, respectivamente (Tabla 3).

Porcentaje de efectividad

Por su efectividad (E %), se presentaron variaciones estadísticas entre los grupos experimentales. El grupo de control positivo, fue considerado el de mayor efectividad, al ser el único grupo experimental en superar el 80% sobre *V. destructor* (Tabla 3). En el estudio, el grupo activo Cumafós, se expone como uno de los principales activos químicos empleados en la apicultura. De modo que la efectividad de la dilución del extracto de *P. erosus*, puede ser atribuida a su composición química y la presencia de compuestos orgánicos volátiles. Lo anterior permite que el extracto sea tomado en cuenta como productos eficientes para las normas oficiales correspondientes. Valores similares, son reportados en otros estudios. Crespo *et al.* (2011) y Reyes *et al.* (2020) observaron tasas elevadas de efectividad en el control de ectoparásitos como *V. destructor*, con el 97.72 y 99.50%, respectivamente. Ambos estudios evaluaron la efectividad de Cumavar® y diferentes acaricidas químicos de uso comercial.

Referente a la presencia de rotenona en la semilla de *P. erosus*, como el principal componente biocida, en respuesta a la acción neurotóxica y de parálisis sobre los individuos objetivo (Catteau *et al.*, 2013), se han reportado resultados de efectividad y mortalidad en *V. destructor*. Similares aseveraciones reportaron autores como Lautié *et al.* (2012) al reportar que la semilla de *P. erosus*, presenta altas concentraciones del flavonoide rotenona en sus diferentes accesiones, con un 0.07 % (1.13 mg/g) en hojas, tallo y hasta un 1,25 % (2.76 mg/g) en semillas. Además de la presencia de otros isoflavonoides como rotenoides, erosona, paquirrizona, dolineona y paquirrizona (Lautié *et al.*, 2013; Estrella-Parra *et al.*, 2016).

Tabla 3. Tasas de infestación de *V. destructor* de los grupos experimentales en el estudio.

ID	TIVI (%±D. E)	TIVF (%±D. E)	Diferencia de tasa de infestación (DTI %±D. E)	Efectividad (E % ±D. E)
T1	4.67±0.76 A	2.33±0.58 B	2.34±1.042 A	48.99±15.18 B
T2	4.50±2.78 A	1.83±1.44 B	2.67±1.53 A	59.44±13.57 ABC
CP	3.67±1.76 A	0.67±0.58 B	3.00±1.32 A	84.41±14.47 A
CN	5.33±1.55 A	5.83±1.15A	0.83±0.29 A	9.72±2.41 C

Medias± D.E; Medias con una letra en común no son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$); CN= Control negativo; CP= control positivo; T= tratamiento. Fuente: Elaboración propia.

La rotenona, frecuentemente administrada a dosis altas (≥ 1 g) y bajas (≤ 0.5 g) en formulaciones comerciales al 1 %, representa una alternativa para la fitosanidad de las colmenas en la producción apícola (Eguaras *et al.*, 2005; Satta *et al.*, 2008). Gregorc y Poklukar, (2003), señalan que la aplicación de rotenona en combinación con ácido oxálico presenta resultados significativos en la caída de ácaros con tasas de mortalidad de 77.93 %. Igualmente, Eguaras *et al.* (2005) indicaron que aplicar 0.8 1.2 g de rotenona (ARGENVAR®) impregnadas en tiras plásticas presentó un porcentaje de eficiencia del 79.2 y 83.3 %, respectivamente. Por su parte, Gregorc y Skerl (2007), mencionan que 5 g de polvo de rotenona al 1 % (Sigma Aldrich®, R8875-1G Rotenone $\geq 95\%$), obtuvo un 75.2 % en mortalidad de *V. destructor*. En comparación a la aplicación de otros compuestos orgánicos en México, el extracto de semilla de *P. erosus* presenta niveles similares en efectividad. Recientemente, se menciona a compuestos orgánicos del fruto de *Azadirachta indica*, con efectos de repencia y varroacidas (González-Gómez *et al.*, 2006) y *Guazuma ulmifolia*, con reportes de efectividad entre 41-69 % (May-Itzá *et al.*, 2019). A la vez, el aceite de *Lippia berlandieri* (orégano) (Romo-Chacón *et al.*, 2016), extractos de *Laurus nobilis* (laurel) y *Alium sativum* (ajo) (Reyes-Fuentes *et al.*, 2022), presentan efectividad acaricida entre el 57, 42.46 y 25.67 %, respectivamente, sobre *V. destructor*.

CONCLUSIONES

En general, el estudio presentó datos exploratorios para el uso de extractos vegetales con actividad biocida, respaldando que el extracto de la semilla de *P. erosus* al 5 (5 g) y 10 (10 g) % posee un efecto acaricida, por lo que, podría ser tomado en cuenta en el manejo de ácaros de interés apícola y en la planeación sanitaria de los apiarios. Sin embargo, debe desarrollarse ensayos con un mayor número de colmenas y extender sus registros post-aplicación, con el propósito de evaluar su efecto residual y determinar si se presenta algún daño o muertes que, en los individuos no objetivos como las abejas, para no superar una mortalidad del 5 % según las normas oficiales correspondientes.

Agradecimientos

Al M.V.Z. Mario Omar Monforte Sandoval (q.e.p.d.), por su apoyo y participación, clave en el desarrollo exitoso de la investigación.

Funding. This work was funded by TECNM, Campus Tizimín, Mexico.

Conflict of interest. Nothing to declare.

Compliance with ethical standards. Do not apply.

Data availability. Data is available upon reasonable request with the corresponding author DD20800277@conkal.tecnm.mx.

Author contribution statement (CRediT). J.A. Gío Trujillo– Conceptualization, writing original draft, Supervision, Writing, review, editing and statistical analysis., J.L. Cámara-Romero– Conceptualization, Methodology, Supervision, review and editing., A. Monforte-González– Supervision, Writing, review, editing.

REFERENCIAS

- Anderson, D.L., and Trueman, J.W.H., 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & Applied Acarology*, 24(3), pp. 165-189. <https://doi.org/10.1023/A:1006456720416>
- Araneda, X., Solano, J., and Mansilla, K., 2010. Comportamiento de acicalamiento de abejas (Hymenoptera: Apidae) sobre varroa (Mesostigmata: Varroidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2), pp. 232-234. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v36n2/v36n2a10.pdf>
- Aronstein, K.A., Saldivar, E., Vega, R., Westmiller, S., and Douglas, A.E., 2012., How *Varroa* parasitism affects the immunological and nutritional status of the honey bee, *Apis*

- mellifera*. *Insects*, 3(3), pp. 601-615. <https://doi.org/10.3390/insects3030601>
- Catteau, L., Lautié, E., Koné, O., Coppée, M., Hell, K., Pomalegni, C. B., and Quetin-Leclercq, J., 2013. Degradation of rotenone in yam bean seeds (*Pachyrhizus* sp.) through food processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), pp. 11173-11179. <https://doi.org/10.1021/jf402584k>
- Crespo, R.J., Crespo, L.R., Viader, S.A., and López, A.G.. 2011. Ensayo a campo de la eficacia de acaricidas comerciales para el control de *Varroa destructor* (Acari: varroidae). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(3), pp. 225-230. http://ria.inta.gob.ar/sites/default/files/numeros/ria_37-3-2011.pdf
- Dantas, A.C.D.S., Araujo, A.D.C.Pacheco, A.G.M., Branco, A., Sangioni, L.A., Almeida, J.R.G.D.S., and Horta, M.C., 2016. Acaricidal activity of *Amburana cearensis* on the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Ciência Rural*, 46(3), pp. 536-541. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150334>
- De Jong D, De Roma A, and Goncalves L.S., 1982. A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honey bees. *Apidologie*. 13(3), pp. 297-306. <https://doi.org/10.1051/apido:19820308>
- Diario Oficial de la Federación. DOF. Modificación de la NOM-001-ZOO-1994. (Consultado 30 de mayo de 2022). 2005. Disponible en: [http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SAGARPA/Modificaciones/28122005\(1\).pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SAGARPA/Modificaciones/28122005(1).pdf).
- Diario Oficial de la Federación. DOF. 1998. Modificación de la NOM-057-ZOO-1997. (Consultado 30 de mayo de 2022). Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/zoo/zo0057.pdf>
- Echazarreta-González, C.M., Quezada-Euán, J.J.G., Medina, M. L., and Pasteur, K.L., 1997. Beekeeping in the Yucatan peninsula: development and current status. *Bee World* 78, pp. 115-127. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1997.11099346>
- Eguaras, M., Hoyo, M.D., Benavente, A.P., Velis, G., Floris, I., and Satta, A., 2005., Rotenone for *Varroa destructor* control: effectiveness in field trials. *Biopesticide International*, 1(1), pp. 2. Disponible en: https://connectjournals.com/achivestoc2.php?fulltext=101301H_Eguaras_104.pdf&&bookmark=CJ023217&&issue_id=1,2&&yaer=2005
- El-Nagar, A.E., Yousif-Khalil, S.I., El-Shakaa, S.M.A., and Helaly, W.M., 2019. Efficiency of some botanicals against *Varroa destructor* infesting honeybee colonies and their impact on brood rearing activity and clover honey yield. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 46(2), pp. 367-375. Disponible en: <https://research.amanote.com/publication/rYZY0nMBKQvf0BhigCB6/efficiency-of-some-botanicals-against-varroa-destructor-infesting-honeybee-colonies-and>
- Eshbah, H.M., Mohamed, A.A., Hassan, A.R., Mahmoud, M.E., and Shaban, M.M., 2018. Efficiency of feeding honey bee colonies, *Apis mellifera* L., with mixture of natural products and sugar syrup on brood and adult population. *Scientia Agriculturae*, 21(1), pp. 14-18. Disponible en: <https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2018.21.1.1418>
- Estrella-Parra, E.A., Gómez-Verjan, J.C., Céspedes, C.L., Alarcón, J., Cano-Santana, Z., Reyes-García, A., Cerbón.Cervantes, M.A. and Reyes-Chilpa, R., 2016. Volatile organic compounds from *Pachyrhizus ferrugineus* and *Pachyrhizus erosus* (Fabaceae) leaves. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(3), pp. 175-181. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85645293005>
- Fries I., and Camazine S., 2001. Implications of horizontal and vertical pathogen transmission for honey bee *epidemiology*. *Apidologie*, 32, pp. 1-16. <https://doi.org/10.1051/apido:2001122>
- Gómez, W., Rivera, S. and Paredes, W., 2015., Efectividad del uso del barbasco *Lonchocarpus utilis* versus deltametrina, en el control vectorial del *Aedes aegypti*, en el Alto Huallaga 2008-2009. *Ágora Revista Científica*, 1(2), pp. 17-24. <https://doi.org/10.21679/arc.v1i2.16>
- González-Gómez, R., Otero-Colina, G., Villanueva-Jiménez, J.A., Pérez-Amaro, J.A., and Soto-Hernández, R.M., 2006. *Azadirachta indica*

- toxicity and repellence of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Agrociencia*, 40 (6), pp.741-751. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30240606.pdf>
- Graciano-Villa, L.A., Arredondo, J.J.I., Uribe-Celis, S., and Idárraga-Arredondo, H., 2018. Reporte de mecanismos de defensa natural de abejas africanizadas contra *Varroa Destructor* (mesostigmata: varroidae). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(2), pp. 74-83. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n2.70932>
- Gregorc, A., and Poklukar, J., 2003. Rotenone and oxalic acid as alternative acaricidal treatments for *Varroa destructor* in honeybee colonies. *Veterinary Parasitology*, 111(4), pp. 351-360. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(02\)00408-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(02)00408-9)
- Gregorc, A., and Škerl, M., I., S., 2007. Toxicological and immunohisto chemical testing of honeybees after oxalic acid and rotenone treatments. *Apidologie*, 38(3), pp. 296-305. <https://doi.org/10.1051/apido:2007014>
- Grindrod, I., and Martin, S.J., 2021. Parallel evolution of *Varroa* resistance in honey bees: a common mechanism across continents? *Proceedings of the Royal Society B*, 288(1956), pp. 20211375. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1375>
- Hernández-Guzmán, H., de Jesús Aguilar-Cordero, W., and Gómez-Varela, C.S., 2022. Uso y manejo de raíces y tubérculos comestibles nativos en una comunidad maya de Yucatán, México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. 32 (59), pp. 1-27. <https://doi.org/10.24836/es.v32i59.1177>
- Higes, M., Martín-Hernández, R., Hernández-Rodríguez, C.S., and González-Cabrera, J., 2020. Assessing the resistance to acaricides in *Varroa destructor* from several Spanish locations. *Parasitology Research*, 119(11), pp. 3595-3601. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06879-x>
- Huamán, N., and Silva, G., 2020. Efecto acaricida de aceite esencial de molle (*Schinus molle*) en el control de *Varroa destructor* en colmenas de abejas (*Apis mellifera*). *Agroindustrial Science*, 10(2), 145-151.
- InfoStat/L. 2020 (FCA-UNC; Argentina). Disponible en: <https://www.infostat.com.ar/>
- Instituto de Estadística, Geografía, e Información. INEGI. Anuario estadístico del estado de Yucatán, México. (Consultado: 12 de mayo de 2022). 2017. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095116.pdf
- Knolhoff, L.M., and Onstad, D.W., 2014. Resistance by ectoparasites. In David W. Onstad (ed). *Insect Resistance Management (Second edition)*. Academic Press. pp. 185-231. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396955-2.00006-0>
- Lautié, E., Rozet, E., Hubert, P., Vandelaer, N., Billard, F., Zum Felde, T., Grüneberg, W., J. and Quetin-Leclercq, J., 2013. Fast method for the simultaneous quantification of toxic polyphenols applied to the selection of genotypes of yam bean (*Pachyrhizus* sp.) *Seeds. Talanta*, 117, pp. 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.08.038>
- Lautié, E., Rozet, E., Hubert, P., and Quetin Leclercq, J., 2012. Quantification of rotenone in seeds of different species of yam bean (*Pachyrhizus* sp.) by a SPE HPLC–UV method. *Food Chemistry*, 131(4), pp. 1531–1538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.125>
- Malika, A. S., Cherifi-Habbi, A., Cherifi-Harouz, Z., and Hezil, S., 2019. Evaluation of the efficacy of essential oils from aromatic plants in naturally infested honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies by *Varroa destructor*. *Journal of Entomological Research*, 43(2), pp. 117-124. <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2019.00023.9>
- May-Itzá, W.D.J. and Medina-Medina, L.A., 2019. Eficacia del humo de frutos de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae) y vapores de timol para el control de *Varroa destructor* infestando abejas africanizadas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(3), pp. 778-788. Disponible en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/4810/4118>
- Nazzi, F., and Le Conte, Y., 2016. Ecology of *Varroa destructor*, the major ectoparasite of the Western honey bee, *Apis mellifera*. *Annual Reviews Entomology*, 61, pp. 417-32.

- <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023731>
- Ramsey, S.D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., and van Engelsdorp, D., 2019. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), pp. 1792-1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>
- Reyes, F., Vargas, J., Martos, A., and Chura, J., 2020. Eficacia de cuatro acaricidas sobre el ácaro *Varroa destructor*. *Anales Científicos*, 81(1), pp. 229-242. <https://doi.org/10.21704/ac.v81i1.1633>
- Reyna-Fuentes, J.H., Martínez-González, J.C., Silva-Contreras, A., López-Aguirre, D., and Castillo-Rodríguez, S.P., 2021. Fitoterapia una alternativa de control de plagas y enfermedades de abejas. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(2), pp. 114-123. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080200114>
- Reyna-Fuentes, J.H., Martínez-González, J.C., Silva-Contreras, A., and López-Aguirre, D., 2022. Efecto de tres moliendas vegetales contra el ácaro *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*. *Nova Scientia*, 14(28), pp. 1-10. <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.3019>
- Roberts, J.M.K., Anderson, D.L., and Tay, W.T., 2015. Multiple host shifts by the emerging honeybee parasite, *Varroa jacobsoni*. *Molecular Ecology*, 24(10), pp. 2379-2391. <https://doi.org/10.1111/mec.13185>
- Romo-Chacón, A., Martínez-Contreras, L.J., Molina-Corral, F.J., Acosta-Muñiz, C.H., Ríos-Velasco, C., de León-Door, A.P. and Rivera, R., 2016. Evaluation of Oregano (*Lippia berlandieri*) Essential Oil and Entomopathogenic Fungi for *Varroa destructor* Control in Colonies of Honey Bee, *Apis mellifera*. *Southwestern Entomologist*, 41(4), pp. 971-982. <https://doi.org/10.3958/059.041.0427>
- SAGARPA, SENASICA, 2018. Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel. Tercera ed. México, DF. (Consultado 30 de mayo de 2022). Disponible en: https://atlasnacionaldelasabejasmx.github.io/atlas/pdfs/Manual_BPP_en_la_Produccion_primaria_de_Miel_octubre_2018.pdf
- Satta, A., Floris, I., Caboni, P., Cabras, P., Eguaras, M., and Velis, G., 2008. New experimental data on use of rotenone as an acaricide for control of *Varroa destructor* in honey bee colonies. *Journal of Economic Entomology*, 101(4), 1075-1080. <https://doi.org/10.1093/jee/101.4.1075>
- Schmidt, V., Neira, M. and Carrillo, R., 2008. Evaluación comparativa de los acaricidas Bayvarol (Flumetrina) y Apilife var (Timol, Eucaliptol, Mentol y Alcanfor) en el control del ácaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman en época primaveral. *Agro Sur* 36(1), pp. 8-14. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2008.v36n1-03>
- Soto, A., 2013. Manejo alternativo de ácaros plagas. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(2), pp. 34-44.
- Stanimirović, Z.Ž., Stevanović, J.B. and Ćirković, D., 2005. Behavioural defenses of the honey bee ecotype from Sjenica–Pešter against *Varroa destructor*. *Acta Veterinaria*, 55(1), pp. 69-82. <https://doi.org/10.2298/AVB0501069S>
- Subhash, S., Raghavendra, K.V., Balodi, R. and Dubey, N.K., 2022. Use of Green Chemicals in Pest and Disease Management. In: S.K., Sharma, S., Shah, M.A. (ed), *Sustainable Management of Potato Pests and Diseases. Chakrabarti*. Springer, Singapore. pp. 495-524. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7695-6_20
- Tihelka, E., 2018. Effects of synthetic and organic acaricides on honey bee health: a review. *Slovenian Veterinary Research*, 55(3), pp. 114-40. <http://doi.org/10.26873/SVR-422-2017>.
- Zubairi, S.I., Sarmidi, M.R. and Aziz, R.A., 2014. A study of rotenone from Derris roots of varies location, plant parts and types of solvent used. *Advances in Environmental Biology*, 8(2), pp. 445-450. Disponible en: <http://www.aensiweb.com/old/aeb/2014/445-449.pdf>