



Invited Review [Revisión Invitada]

COMPUESTOS SECUNDARIOS DE PLANTAS Y SU EFECTO EN
CONTRA DEL ÁCARO *Varroa destructor* †[SECONDARY COMPOUNDS OF PLANTS AND THEIR EFFECT
AGAINST THE *Varroa destructor* MITE]

Jesús Humberto Reyna-Fuentes¹, Cecilia Carmela Zapata-Campos^{1*},
José Octavio Merino-Charrez¹, Daniel López-Aguirre²
and Juan Alberto Ascacio-Valdés³

¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Cd. Victoria – Cd. Mante Km. 4. Ej. Santa Librada.

Ciudad Victoria, Tamaulipas. C.P. 87274. México. Email:

jesushumbertoreyna@gmail.com, * cezapata@docentes.uat.edu.mx,
omerino@docentes.uat.edu.mx.

² Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos. Edificio Centro de Gestión del Conocimiento, 4º piso. Ciudad Victoria, Tamaulipas. C.P. 87149. México.

Email: dlaguirre@docentes.uat.edu.mx

³ Grupo de Bioprocesos y Bioproductos, Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Colonia República Oriente, Saltillo, Coahuila. CP. 25280. México.

Email: alberto_ascaciovaldes@uadec.edu.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background: The honeybee (*Apis mellifera* L.) represents one of the most important species in the maintenance of ecosystems, since it contributes to crop pollination, which improves crop yields and the reproduction of other plants. However, some factors such as climate change, africanization and various pathological processes, including the presence of the *Varroa destructor* mite, have led to a decline in *A. mellifera* populations. **Objective:** To collect scientific information on the plants used for mite control, as well as the organic derivatives and secondary compounds with bioacaricidal potential used for such control. **Main findings:** Due to the fact that infestations of this mite have become a major problem, numerous control methods have been developed and tested, mainly based on synthetic acaricides; however, these have generated disadvantages such as the development of resistance and contamination of products such as honey and pollen. **Implications:** It is necessary to implement an organic, environmentally friendly control method that reduces mite populations without developing resistance, and that does not generate contamination of hive sub-products. **Conclusions:** In general, the most common types of extracts tested were essential oils and hydroalcoholic extracts, which reported mortality ranging from 26.4 to 99.5% on *V. destructor*. Likewise, some species of plants endemic to Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) have been tested against other arthropods and that could be an important source of components that act as acaricides; however, it is necessary to identify and analyze the secondary compounds, as well as the molecules and their activity on *V. destructor*.

Key words: biopesticides; *Varroa destructor*; bees; health.

RESUMEN

Antecedentes. La abeja (*Apis mellifera*) representa una de las especies mas importantes en el mantenimiento de los ecosistemas, ya que contribuye a la polinización de los cultivos con lo cual mejora el rendimiento de las cosechas y la reproducción de otras plantas. No obstante, algunos factores como el cambio climático, la africanización y diversos procesos patológicos entre los cuales destacan la presencia del ácaro *Varroa destructor*, han hecho que las poblaciones

† Submitted August 29, 2022 – Accepted October 5, 2023. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4527>



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

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Jesús Humberto Reyna-Fuentes: <http://orcid.org/0000-0002-1334-0253>; Cecilia Carmela Zapata-Campos: <http://orcid.org/0000-0003-4322-8438>; José Octavio Merino-Charrez: <http://orcid.org/0000-0003-1282-8713>; Daniel López-Aguirre: <http://orcid.org/0000-0003-4128-7207>; Juan Alberto Ascacio-Valdés: <http://orcid.org/0000-0001-6595-863X>

de *A. mellifera* se vean mermadas. **Objetivo.** Recolectar información científica sobre las plantas utilizadas para el control de ácaros, así como los derivados orgánicos y compuestos secundarios con potencial bioacaricida utilizados para dicho control. **Hallazgos principales.** Debido a que las infestaciones de este ácaro se han convertido en un gran problema, se han desarrollado y probado numerosos métodos de control principalmente basados en acaricidas sintéticos, sin embargo, estos han generado inconvenientes como el desarrollo de resistencia y la contaminación de productos como la miel y el polen. **Implicaciones.** Es necesaria la implementación de un método de control orgánico, amigable con el medio ambiente, que reduzca las poblaciones de los ácaros sin desarrollar resistencia, y que no genere contaminación de los subproductos. **Conclusiones.** En general los tipos de extractos mas comúnmente probados fueron los aceites esenciales, extractos hidroalcohólicos y moliendas, estos reportan una mortalidad que varían desde un 26.4 y hasta un 99.5% sobre *V. destructor*. Algunas especies de plantas endémicas de Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) han sido desafiadas contra otros artrópodos y podrían ser una fuente importante de componentes que actúen como acaricidas, sin embargo, es necesario realizar la identificación y el análisis de los compuestos secundarios, así como las moléculas y su actividad sobre *V. destructor*.

Palabras clave: biopesticidas; *Varroa destructor*; abejas; sanidad.

INTRODUCCIÓN

Las abejas pertenecen al orden de los insectos Himenópteros, en donde se describen más de 153,000 especies (Aguir et al., 2013; Peters et al., 2017). Sin embargo, *Apis mellifera* es una de las más utilizadas debido a que posee un impacto benéfico en la polinización de cultivos, ya que su presencia garantiza la producción agrícola, además de mejorar el rendimiento, el tamaño, la forma, el color y el sabor de los frutos (Aizen et al., 2009; Gallai et al., 2009; Klein et al., 2007), así como también para la reproducción de algunas plantas (Ollerton et al., 2011). En los últimos años, dentro del sector apícola se han presentado una serie de factores los cuales limitan la productividad y rentabilidad de dicha actividad, como es el cambio climático (Cornelissen et al., 2019), factores socioeconómicos (Magaña-Magaña et al., 2007; Soto-Muciño et al., 2017), la presencia de la abeja africanizada (Reyes-Quintana et al., 2019) y diversos procesos patológicos entre los cuales destacan la presencia del ácaro *Varroa destructor*.

El uso de plantas con la finalidad de generar efecto curativo se remonta desde épocas milenarias y en la actualidad, su aplicación a manera de aceites esenciales, extractos y polvos botánicos, han demostrado diversas actividades biológicas como efectos antinutricionales, propiedades reguladoras del crecimiento, inhibición de fisiología reproductiva, entre otras, en contra de distintas plagas del sector agrícola-agropecuaria. De esta manera, se les otorga la capacidad de ser una alternativa para el manejo de plagas en el ámbito agroalimentario. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue recolectar información científica sobre las plantas utilizadas para el control de ácaros, así como los derivados orgánicos y compuestos secundarios con potencial bioacaricida y su efecto sobre el ácaro *Varroa destructor*. Dicha búsqueda se estructuró mediante la recopilación de artículos científicos y revisiones bibliográficas, las cuales fueron obtenidas al emplear términos de búsqueda en español o su similar en inglés. La

búsqueda se realizó sin restricción de fecha de publicación, y se seleccionó el material publicado que informara sobre el uso de especies botánicas con efecto acaricida sobre *V. destructor*. Posteriormente, se realizó el estudio y síntesis del material bibliográfico consultado, con el fin de puntualizar de la manera más coherente posible el tema central del documento

FACTORES QUE LIMITAN LA APICULTURA

Cambio climático

La apicultura es una actividad vulnerable entre las prácticas agrícolas, ya que depende directamente de la variabilidad climática, como la temperatura, la precipitación, las ondas gélidas y las sequías (Gallardo-López et al., 2021). Las bajas temperaturas en distintas zonas han ocasionado hasta un 35% de pérdidas de colonias (Langowska et al., 2016). Por otra parte, las temperaturas elevadas de verano y las prolongadas sequías pueden acabar prematuramente con la floración o ausentarla, lo que reduce el polen y el néctar del cual se alimentan las abejas y, por lo tanto, afecta la mortalidad de las colonias (Flores et al., 2019). De esta manera, el cambio climático impacta negativamente a la armonización entre la actividad del polinizador y la floración (Hegland et al., 2009; Castellano-Potenciano et al., 2017). El cambio climático afecta a las abejas en su termorregulación, disrupción de la homeostasis de la colonia (Cunningham et al., 2022), crecimiento (Popovska-Stojanov et al., 2021), supervivencia, ya que debido a la presencia de este fenómeno, la mortalidad de una colonia oscila entre el 30 y 40% (Becsi et al., 2021). Por esto, las colonias con escasas condiciones nutricionales, aunadas al factor estrés climático son propensas al aumento de la prevalencia de patógenos (Piot et al., 2022). Por lo tanto, el desarrollo de *V. destructor* en las colonias depende directamente de la actividad de cría de las abejas (Rosenkranz et al., 2010). Giacobino et al. (2017) describen que los factores ambientales podrían influir en tasas de infestación superiores al 5% en temporada de otoño.

De igual manera, Smolinski *et al.* 2021 mencionan que las temperaturas elevadas de primavera (marzo-mayo) refuerzan la infestación de *V. destructor* en las colonias de abejas, debido a la actividad prolongada de la abeja reina y su oviposición, lo cual es influido en el crecimiento de la población de ácaros y desencadenado por factores ambientales como el flujo abundante de néctar y polén, así como condiciones de humedad óptimas.

Sanidad apícola

Dentro del sector apícola se presentan enfermedades causadas por microorganismos y parásitos, los cuales afectan tanto a las abejas adultas como a la cría (larva y pupa). Debido a esto, es de suma importancia detectar oportunamente la presencia de estos procesos patológicos y así evitar o reducir el impacto negativo en las colonias de abejas, tales como la disminución de cría por parte de la abeja reina (oviposición), lo que desencadena una ruptura en la homeostasis de la colonia, ocasionando una reducción en los niveles de producción de esta (Neumann y Carreck, 2010; Ribani *et al.*, 2021). Un diagnóstico adecuado de enfermedades permite tomar medidas sanitarias de control con el fin de evitar la propagación a colonias sanas dentro de un mismo apiario o apiarios vecinos libres de patógenos (Mráz *et al.*, 2021). En la última década se han observado pérdidas generalizadas de colonias de abejas melíferas, a lo que se le atribuye a una sinergia entre factores con una causa potencial del colapso de la colmena, incluidas enfermedades virales (Schittny *et al.*, 2020) fúngicas, parasitarias (Higes *et al.*, 2009; Higes *et al.*, 2020) y bacterianas (Alonso-Salces *et al.*, 2017) principalmente, sin olvidar el manejo de la colmena, genética y nutrición. Con respecto a los factores sanitarios, el ácaro *V. destructor* (Mesostigmata: Varroidae) representa la parasitosis más dañina en todo el mundo, anteriormente se centraba en la región asiática al infectar a *A. cerana* y posteriormente comenzó a parasitar a *A. mellifera*. Por esto, *V. destructor* ha sido el causante de la mortalidad de colonias de abejas en distintos países, ya que ocasiona un colapso en colmenas con rangos infestación entre el 5 y 10% (Kulhanek *et al.*, 2017; Brown *et al.*, 2018). Por ejemplo, en los Estados Unidos de América la pérdida promedio de colonias oscila en 45.5 % en el 2020-2021 (Steinhauer *et al.*, 2021), por otra parte, en Europa se reportaron pérdidas superiores al 16% en 2019 (Gray *et al.*, 2020). Y en países de América Latina como Uruguay, Antunez *et al.* (2017) estimaron pérdidas de más del 60% generadas por dicho ectoparásito. Así mismo, en las regiones del altiplano y norte de México se estimaron pérdidas superiores al 33% (Medina-Flores *et al.*, 2018).

La varroasis, reduce el periodo de vida de las abejas hasta un 25%, las alteraciones son variables en función

del nivel de infestación, observándose principalmente su presencia en las abejas además ocasionando en los bastidores de cría alteraciones en el comportamiento higiénico y mortalidad (Wegener *et al.*, 2016). *V. destructor* se alimenta de las pupas y abejas adultas, alterando el comportamiento de estas, además de provocar atrofas anatómicas en aquellas abejas que logran eclosionar, esto debido a la escasa cantidad de nutrientes obtenidos en su metamorfosis (Le Conte *et al.*, 2010; Ramsey *et al.*, 2019; Smith *et al.*, 2021). A su vez, este ácaro funge como el principal vector de virus en las colonias de abejas (Chen *et al.*, 2021). Hasta la fecha, ninguna de las opciones de manejo de tratamientos existentes ha podido erradicar los ácaros de *V. destructor*, solo ha permitido mantener las infestaciones controladas (Jack y Ellis, 2021).

PRODUCTOS DERIVADOS DE PLANTAS EN CONTRA *Varroa destructor*

Biología, manejo y control del ácaro *Varroa destructor*

El ciclo biológico de *V. destructor* se divide en dos etapas, la fase forética, la cual se presenta en las abejas adultas y en donde los ácaros se alimentan de estas y la fase reproductiva que se lleva a cabo dentro de las celdas selladas de cría de zánganos y de obreras (Rosenkranz *et al.*, 2010). Una vez que el ácaro hembra llega a la colonia invade las celdas de cría con un promedio de 15 a 20 horas antes de ser operculadas (Chauhan *et al.*, 2020). Posteriormente, cinco horas antes de que la celda sea cubierta (Martin, 1994; Rosenkranz *et al.*, 2004) el ácaro ha consumido la totalidad de alimento y comienza alimentarse de la larva (Vilarem *et al.*, 2021), seguido de esto comienza la ovoposición, en donde 70 horas post operculada la celda se oviposita el primer huevo (Garrido y Rosenkranz, 2003), el cual es macho y este no se fertiliza debido al sistema de determinación del sexo haplo-diploide (Häuber mann *et al.*, 2018; Häuber mann *et al.*, 2020), mientras que los siguientes huevos dan origen a ácaros hembras ya que estos sí son fertilizados con intervalos de 30 horas (Rehm y Ritter, 1989; Ifantidis, 1990) y se estima que un ácaro hembra puede ovipositar hasta siete huevos en la cría de zánganos, mientras que en la cría de obreras un máximo de seis huevos (Infantidis, 1983; Roth *et al.*, 2019). De igual manera, una hembra podría realizar una serie de siete fases reproductivas antes de morir (Häuber mann *et al.*, 2020).

La fase de foresia, da inicio una vez que la abeja emerge de su celda infestada por hembras de *V. destructor*, las cuales se encuentran adheridas al cuerpo de la abeja (Traynor *et al.*, 2020), posteriormente los ácaros buscan postrarse sobre las abejas nodrizas ya que estas se encargan de alimentar a las crías (Kuenen y Calderone 1997; Xie *et al.*, 2016;

Zanni *et al.*, 2018), en la actualidad se desconoce el número de veces que los ácaros cambian de huésped así como la duración de cada evento de transporte (Reams y Rangel, 2022). El daño físico ocasionado por *V. destructor* genera un impacto negativo en las abejas, debido a que los ácaros perforan la cutícula con sus quelíceros, creando una herida expuesta, inyectando saliva en la hemolinfa para posteriormente alimentarse de ella (De Jong *et al.*, 1982; Koleoglu *et al.*, 2018). Durante la fase foretica los ácaros ingresan comúnmente debido al comportamiento de pillaje (robo de alimento) y deriva de las abejas (Peck *et al.*, 2016). De igual manera, el manejo de la colmena por parte de los apicultores es una forma frecuente de transmisión de ácaros (Peck y Seeley, 2019). Por otra parte, *V. destructor* muestra mayor predilección por los zánganos debido a su ciclo biológico, además de que estos pueden entrar libremente a cualquier colonia y propagar grandes cantidades de ácaros (Mortensen *et al.*, 2018; Galindo-Cardona, *et al.*, 2020). Debido a que las infestaciones de *V. destructor* se han convertido en un problema global latente, se han desarrollado y probado numerosos métodos de control (Rosenkranz *et al.*, 2010; Roth *et al.*, 2020).

Tratamientos tradicionales en contra de *Varroa destructor*

El control de la varroasis ha sido casi exclusivamente mediante el uso de tratamientos acaricidas sintéticos esto ha ocasionado que su uso excesivo genere resistencia en las poblaciones de estos ácaros (Rinkevich, 2020) debido a diversas características biológicas que el ácaro posee (Cobey, 2001), como es el engrosamiento de la cutícula, uso de enzimas que permiten la desintoxicación del acaro y modificación del canal de Na^+ (Wang *et al.*, 2002). Los acaricidas sintéticos como los piretroides, los organofosforados y la formamidina, se han utilizado para el control de *Varroa* sp. en todo el mundo desde 1980 (Bahreini *et al.*, 2020). No obstante, productos como Checkmite+® (cumafós) y Apistan® (fluvalinato) han sido los primeros en reportar resistencia a poblaciones de dichos ácaros (Pettis, 2004; Currie *et al.*, 2010). Por otra parte, productos como Apivar® (amitraz) y Bayvarol® (flumetrina) a pesar de que describen amplia efectividad en la mortalidad de ácaros de *Varroa* sp. superiores al 96% (Olmstead *et al.*, 2019), han demostrado resistencia debido al uso continuo y desmedido de estos (Bahreini *et al.*, 2021). En México, Maya-Martínez *et al.*, (2020) indican que el uso del amitraz tiene una distribución muy amplia en los apiarios debido a que este fármaco tiene una facilidad de replica y aplicación, ellos emplearon 10 mL de amitraz al 1.25% en una toalla absorbente de 28 x 6.5 cm sobre los cabezales de los bastidores de la cámara de cría, realizando dicho procedimiento semanalmente durante cuatro semanas tanto en verano como en invierno, se observó un rápido incremento de los

niveles de infestación en abejas adultas en otoño cuando estas fueron tratadas en el verano, lo cual se atribuyó a que las varroas sobrevivientes al tratamiento son procedentes probablemente de otras colonias no tratadas durante un radio menor a 5 kms (capacidad de pecoreo), sin embargo con este manejo químico se logró obtener que de una infestación en verano del $7.01\% \pm 0.66$ en fase foretica. se redujo a $0.66\% \pm 0.44$. También, Higes *et al.* (2020) evaluaron la eficacia en campo del uso de tres marcas comerciales de amitraz en España y encontraron una mortalidad de varroa del 74% en la primera temporada de estudio y en la siguiente del 79% y para el siguiente año una reducción de la mortalidad del 8% sin embargo, ellos indican que su uso repetitivo puede generar resistencia a este químico.

Por otro lado, El-Wahab *et al.* (2021) utilizaron dos acaricidas comerciales: Mavrik 2F (22% de fluvalinato como ingrediente activo) y Vapcozin-20 (20% de amitraz como ingrediente activo). Ambos acaricidas fueron aplicados en una concentración al 2% (agregando 20 mL/litro de agua). Los tratamientos se aplicaron en distintas metodologías a manera de tiras de algodón (2 x 20 cm), las cuales se impregnaron durante 24 h en cada solución acaricida probada y se mantuvieron en un panal entre los nidos de cría de cada colonia, así como aspersión directa (5 mL por cada colonia) sobre los cabezales de los bastidores de la colmena y utilizando papel cartón (20 x 20 cm) que se impregnó durante 5 min en cada solución acaricida ensayada y se colocó directamente encima de los panales de cría. La totalidad de los tratamientos se replicaron dos veces con intervalos de un mes. De tal manera, describen que los diferentes métodos de control contra *V. destructor* presentan eficacias similares sin diferencias significativas entre los diferentes métodos de aplicación, las cuales oscilan entre 93.8 y 100% para Mavrik 2F (tao-fluvalinato) y 83.75 y 96.37% para Vapcozin (amitraz). Con respecto al fluvalinato, se tiene registro de resistencia del acaro a este químico, debido a la producción elevada de esterasas metabólicas, las cuales oxidan y detoxifican a los piretroides sintéticos y a la modificación de los canales de Na^+ (Sammataro *et al.*, 2005). Se ha registrado resistencia a este químico sin existir una presión de selección (Kanga *et al.*, 2010). Kamler *et al.* (2016) realizaron bioensayos para determinar resistencia en poblaciones de ácaros susceptibles y resistentes, encontrando rangos en ambas poblaciones del 85.4%. Los acaricidas sintéticos fungen como un método de control de primera elección debido a su alta eficacia, sin embargo, es de suma importancia disminuir continuamente el uso de estos o contar con una rotación de tratamientos alternos, con la finalidad de evitar generar resistencia acaricida por parte de *V. destructor*, así como también la residualidad en subproductos de la colmena. Es por esto, que se sugiere rotar estos acaricidas con tratamientos naturales, a

manera de aceites esenciales o ácidos orgánicos con propiedades pesticidas (Gashout *et al.*, 2020).

Entre los ácidos orgánicos con gran potencial destaca el ácido fórmico, debido a que es el único tratamiento capaz de atacar tanto a los ácaros en su etapa reproductiva (dentro de las celdas de cría) como forética (dispersión) (Friest, 1991; Genath *et al.*, 2021). Genath y colaboradores (2020) describen que el ácido fórmico posee la capacidad de interferir con la cadena de respiración celular y así afectar el metabolismo mitocondrial. La metodología de aplicación suele ser distinta, pero comúnmente se utiliza ácido fórmico al 65% con dosis que oscilan desde los 10 mL hasta 20 mL por colmena (Qadir *et al.*, 2021). Por otra parte, la eficacia de este producto ha sido variada en todo el mundo, sin embargo, se ha reportado la efectividad con valores superiores a 39% hasta 92% en mortalidad de ácaros de *Varroa* sp. (Elzen *et al.*, 2004; Eguaras *et al.*, 2008).

El uso del ácido oxálico en la apicultura se presenta desde 1980, dicho ácido se encuentra presente en la miel y debido a su naturaleza funge como una alternativa acaricida (Bogdanov *et al.*, 2002). No obstante, solamente cuenta la capacidad de eliminar a los ácaros presentes en el cuerpo de la abeja (fase forética) (Maggi *et al.*, 2016; Papežíková *et al.*, 2017). Al igual que el ácido fórmico, el ácido oxálico presenta distintas maneras de aplicación, sin embargo, se aplica comúnmente mezclado con jarabe de azúcar y sus concentraciones son variadas, y no suelen sobrepasar el 3%. Como lo describe Rasool *et al.*, (2017) en donde mezclaron 2 g de ácido oxálico con 100 mL de jarabe de azúcar al 50% (agua/azúcar), cabe mencionar que dicha solución previamente se calentó a 60 °C, para posteriormente enfriarse y ser mezclada con el ácido oxálico. Una vez preparada la solución, se aplicaron 50 mL por colmena sobre la parte superior de los bastidores con cuatro repeticiones con intervalos de siete días, obteniendo una eficiencia superior al 72%. Sin embargo, se han evaluado tratamientos individuales con dosificaciones similares (30 - 50 mL por colmena) con distintas concentraciones. Por ejemplo, Charrière e Imdorf (2002) utilizaron el ácido oxálico al 3% obteniendo una eficacia superior al 90%. Así como también, Charrière *et al.* (2004) evaluaron una concentración al 3.5% describiendo una eficacia superior al 95%. El uso de ácido oxálico a manera de sublimación es una alternativa bastante efectiva como lo describe Al Toufaily *et al.* (2018) aplicando 2.25 g de ácido oxálico por colmena, con un aplicador de la marca Varro M308, el cual funciona con rangos de temperatura entre 153-190 °C, colocándose en la entrada de la colmena (piquera) un tiempo aproximado de 10 segundos, evitando presentarse fugas del producto, repitiendo la aplicación 14 días después. La eficacia media de este producto fue de un 99.6%. Es importante enfatizar que este tipo de tratamientos son

muy efectivos para el control de *V. destructor*, sin embargo, el ácido oxálico no posee la capacidad de penetrar en las celdas de cría cerrada, en las cuales reside el 75% de los ácaros (Rademacher y Hartz, 2006; Rosenkranz *et al.*, 2010). Por esto, el momento adecuado para aplicar dicho compuesto es cuando las colmenas no tienen cría y desarrollo larvario (Gregorc *et al.*, 2017), durante un estadio forético de la totalidad de los ácaros, los cuales serán vulnerables al producto (Rademacher y Harz, 2006). Esto se observa por lo general durante el invierno, debido a que la abeja reina deja de ovipositar (Dodoglu y Emsen, 2007). Por lo tanto, las condiciones climáticas dentro y fuera de la colmena y el modo de aplicación deben ajustarse cuidadosamente para obtener el efecto óptimo con este producto.

El timol es un compuesto perteneciente al grupo de los terpenos, el cual se encuentra principalmente en el aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*), posee un alto efecto acaricida y se encuentran naturalmente en la miel. La presentación de este producto, así como su aplicación varía en función de la marca (Api Life, Thymovar, Apiguard, HappyVarr, etc) (Matila y Otis, 2000; Ellis *et al.*, 2001; Espinosa-Montaña y Guzmán-Novoa, 2007; Gregorc y Planinc, 2012). Entre algunas desventajas posterior a la aplicación de timol, se encuentra el daño a las abejas y crías en determinadas condiciones, así como el riesgo de pérdida de reinas y enjambrazón de la colmena (Mutinelli y Baggio, 2004; Mahir, 2018). La eficacia de este compuesto sobre la mortalidad de ácaros de *V. destructor* oscila entre el 66 y el 99.5% (Toomemaa, 2018; Sabahi *et al.*, 2020). Sin embargo, se ha observado que la eficacia es variable ya que depende de la temperatura externa, la humedad y la fortaleza de la colonia (Calderone, 1999; Imdorf *et al.*, 1999).

Naturaleza de los productos derivados de las plantas

El uso de plantas como fuente de agentes antimicrobianos y antioxidantes ha cobrado relevancia debido a las ventajas que estas ofrecen. Principalmente, las plantas son fácilmente accesibles y económicas, por lo que se elaboran extractos o compuestos de dichas fuentes vegetales, los cuales demuestran una actividad contra diversos patógenos, sin presentar efectos secundarios graves (Cavazos *et al.*, 2020; Gorlenko *et al.*, 2020). La actividad farmacológica de las plantas varía en función de la especie analizada. Sin embargo, dicha acción es ejercida gracias a las vías metabólicas secundarias, las cuales producen una diversidad de compuestos llamados metabolitos secundarios. Estos, conceden a las plantas mecanismos de defensa y/o de supervivencia. Estas moléculas bioactivas derivadas del metabolismo secundario incluyen principalmente alcaloides, los cuales han demostrado un efecto sobre

el sistema nervioso central de algunas plagas (Ziegler y Facchini 2008; Juárez-García *et al.*, 2020). Por otra parte, se encuentran los compuestos fenólicos, los cuales poseen una actividad antimicrobiana y antioxidante (Zárate-Martínez *et al.*, 2021). Halliwell (2006) describe que los antioxidantes actúan contrarestando el estrés oxidativo generado por el desequilibrio de especies reactivas de oxígeno. Entre ellos, los taninos, un grupo de compuestos polifenólicos presentes en una amplia variedad de plantas, los cuales se pueden dividir en taninos hidrolizables y taninos condensados con base en su estructura química (Naumann *et al.*, 2017; Serra *et al.*, 2021), estos otorgan efectos positivos, tales como antioxidantes, antimicrobianos, antiparasitarios, inmunomoduladores y antiinflamatorios (Huang *et al.*, 2018; Naumann *et al.*, 2017). De igual manera, el grupo de los terpenos el cual representa el mas numeroso con mas de 80,000 estructuras identificadas, de igual manera, es el principal responsable del olor de muchas frutas y vegetales (Zhou y Pichersky, 2020), Sin embargo, se ha reportado que generan efectos antimicrobianos, antifúngicos y antihelmíntico (Quintana-Obregon *et al.*, 2017; Hernández-Alvarado *et al.*, 2018; Torres-Fajardo y Higuera-Piedrahita, 2021). Por lo anterior, el uso de productos derivados de plantas representa una fuente de posibles tratamientos alternativos para el control de diversas plagas y enfermedades de las abejas (Larayetan *et al.*, 2019), como lo es principalmente el ácaro *V. destructor*. Enan *et al.* (1998) describen que ciertos compuestos monoterpénicos de aceites esenciales son inhibidores competitivos del sistema nervioso de la acetilcolinesterasa, señalando al sistema nervioso octopaminérgico como el sitio de acción en estos insectos. El felandreno y mircenol son monoterpénicos presentes abundantemente en diversas especies botánicas (*Zanthoxylum* spp, *Eucalyptus* spp., *Laurus* spp., etc.), los cuales han mostrado eficacias superiores al 60 % en bioensayos de laboratorio contra *V. destructor* (Ruffinengo *et al.*, 2005). De igual manera, el timol y carvacol son compuestos utilizados en la apicultura contra dicho ácaro. En el caso del timol, se encuentra en especies como el tomillo (*Thymus* sp.) albahaca (*Ocimum* sp.), romero (*Salvia* sp.) y menta (*Mentha* sp.), obteniendo una eficacia entre el 70 % y el 95 % (Ruffinengo *et al.*, 2014). Asimismo, el carvacol está presente en el 80% de los aceites esenciales de especies como *Origanum* sp., con resultados efectividad en mortalidad de ácaros superiores al 70% (Sabahi *et al.*, 2020).

Productos derivados de plantas en contra de *Varroa destructor*

En las últimas décadas, se han desarrollado alternativas contra *V. destructor* mediante el uso de productos derivados de plantas, a manera de extractos, aceites esenciales y ácidos orgánicos. Los cuales, poseen una

actividad acaricida, reduciendo riesgos de algún proceso de toxicidad para las abejas (Xavier *et al.*, 2015), así como el mantenimiento de la inocuidad de estos productos, para los consumidores. Sin embargo, la bioactividad de los extractos y/o aceites esenciales se debe en gran medida a su composición química con respecto a metabolitos secundarios y especialmente a los grupos funcionales de los constituyentes principales y sus efectos sinérgicos (Lima *et al.*, 2011; Isman *et al.*, 2011).

A través de los años se han realizado estudios sobre el uso y efecto de aceites esenciales para el manejo del ácaro *Varroa destructor* (Imdorf *et al.* 1999). Por ejemplo, Imdorf *et al.*, (2006) demuestran la actividad acaricida del aceite de tomillo (*Thymus vulgaris* L.), aceite de hisopo (*Hyssopus officinalis* L.) y aceite de salvia (*Salvia officinalis* L.) con valores superiores al 50%. Este último descrito por Bendifallah *et al.* (2018) donde reportan un efecto en la reducción de porcentaje de infestación de *V. destructor* de hasta un 26.4% a comparación de un tratamiento sintético. De igual manera, el uso de aceites esenciales como el eucalipto (*Eucalyptus* spp.), el neem (*Azadirachta indica*) y el pomelo (*Citrus maxima*) reportan toxicidades superiores al 70% sobre este ácaro (Dimetry *et al.*, 2005; Elzen *et al.*, 2000; Melathopoulos *et al.*, 2000). Por otra parte, Ariana *et al.* (2002), describieron un efecto tóxico el cual oscila entre el 45 y 97% mediante el uso de aceites esenciales de *Saturea hortensis* L., *Zataria multiflora* Boiss, *Mentha spicata* L., *Rosemarinus officinalis* L., *Origanum vulgare* L., *Lavandula officinalis* L. y *Anethum graveolens* L en contra *V. destructor*. Igualmente, el uso del orégano (*Origanum vulgare*) gracias a su alta capacidad antioxidante y su potencial antimicrobiano debido a los constituyentes químicos como el carvacol, p-cimeno, linalol, terpineno y timol, descritos por Sabahi *et al.* (2017) le otorgan una capacidad insecticida, reportando hasta un 97% de mortalidad contra esta plaga. Asimismo, Romo-Chacón *et al.* (2016) describen el uso de aceite de orégano puro, el cual reportó eficacias de hasta un 74% en mortalidad de ácaros de *V. destructor*. Por esto que concluyen que el efecto acaricida de este aceite esencial es generado principalmente por el componente químico del carvacol.

Por otra parte, Ruffinengo *et al.* (2007) describen los aceites esenciales de *Tagetes minuta* L. el cual sus principales compuestos destacan; (E)-ocimene, (Z)-ocimene, (E)-ocimene y limoneno, así como *Heterodera latifolia* Buckey, en donde se compone principalmente de; borneol, alcanfor, limoneno y canfeno, los cuales demostraron un efecto acaricida el cual osciló entre el 76 y 84%. No obstante, el aceite esencial de *Eucalyptus* sp. mostró hasta un 71% de mortalidad de abejas. Asimismo, Damiani *et al.* (2009) caracterizaron los aceites esenciales de *Thymus*

vulgaris, *Laurus nobilis*, *Lavandula officinalis* y *L. hybrida*, en donde el *Thymus vulgaris* está compuesto en su mayoría por timol y carvacol, así como *Laurus nobilis* compuesto por grupos terpenicos de 1-8 cineol y linalol. *Lavandula officinalis* y *Lavandula hybrida* en su mayoría igualmente por linalol. Dichos aceites esenciales ocasionaron una mortalidad en un lapso de 72 h con un rango de 4 a 40 ácaros, variando en función de los extractos. Por esto, *Thymus vulgaris* demostró una mayor acción repelente sobre el ácaro *V. destructor*. Sin embargo, Damiani *et al.* (2014) describen el extracto de hojas de *Laurus nobilis* reportando una mortalidad de ácaros de un 50% en las primeras 24 h.

El Zalabani *et al.* (2012) describen el uso de extractos etanólicos de hojas de *Swietenia mahogani* y *Swietenia macrophylla*, en donde fueron utilizados cuatro concentraciones en condiciones de laboratorio y de campo. Sin embargo, reportan que el efecto acaricida dependía de la concentración y el tiempo y dicho efecto acaricida se observó 48 h después de la aplicación a una concentración de 500 ppm, en donde superó el 95% de efectividad. Posterior, describen la presencia de la catequina entre los polifenoles identificados en la corteza del tallo de las dos especies. Sin embargo, el contenido de flavonoles (quercitina y kaempferol) de las hojas superó al de las cortezas del tallo, en donde se detectó la quercetina como principal polifenol aglicona en las hojas de *S. macrophylla* (68.7 mg/100 g dw). El Zalabani *et al.* (2012) concuerdan con los efectos antialimentarios e insecticidas de varios miembros de la familia Meliaceae y humilínolidos aislados como lo describieron Abdelgaleil y El-Aswad (2005) y Omar *et al.* (2007), así como también confirman que los extractos de etanol ejercieron una actividad acaricida pronunciada sin afectar a las abejas.

Ramzi *et al.* (2017) probaron aceites esenciales de *Thymus satureioides* C. & B. y *Origanum elongatum* E. & M. los cuales mostraron diferencias en la composición química, en donde el aceite esencial de *T. satureioides* predominaron el borneol (20.07% - 48.23%) y α -terpineol (5.12% - 18.16%), así como cantidades menores de canfeno (5.10% - 14.44%) y α -pineno (2.43% - 7.63%). Por otra parte, los aceites esenciales de *O. elongatum* contenían en su mayoría carvacol (67.34% - 81.72%), γ -terpineno (3.29% - 10.75%), paracimeno (3.62% - 7.81%) y timol (1.79% - 9.17%). Ambos aceites demostraron una eficacia la cual era fluctuante del 50 al 94% respecto a mortalidad de ácaros de *V. destructor* ya que variaba en función de la composición química de los aceites esenciales. Debido a esto, los tratamientos con carvacol como compuesto principal ocasionaron un mayor efecto, sin embargo, la combinación que contenía altos niveles de carvacol (55.35%) y borneol (20.60%) mostró una actividad mucho mayor que todos los tratamientos. Es por esto que describen un efecto sinérgico entre los

compuestos de *T. satureioides* y *O. elongatum*. Cimmino *et al.* (2021) probaron el extracto orgánico de las partes aéreas de *Dittrichia viscosa*, la cual es planta perenne autóctona de la cuenca mediterránea. Dicho tratamiento elaborado a base del extracto de dicha especie demostró entre los compuestos aislados con mayor predominio el ácido a-costico, el cual mostró una actividad acaricida frente a *V. destructor* superior al 90% 48 h después de la aplicación.

Recientemente en Argentina, se han realizado diversos métodos de extracción de compuestos secundarios de la especie *Humulus lupulus* (lúpulo), con resultados prometedores para el control de *V. destructor*. Dicha especie pertenece a la familia Cannabaceae (Reher *et al.*, 2019). El lúpulo, también es rico en flavonoides como kaempferol, quercetina, quercitrina, rutina y catequinas (Bedini *et al.*, 2015). Así también, se han identificado componentes terpenoides como β -cariofileno, farneseno, humuleno (sesquiterpenos) y mirceno (monoterpeno) (Iglesias *et al.*, 2020). Por otra parte, Iglesias *et al.* (2022) evaluaron la composición química de cuatro variedades de *H. lupulus* (Mapuche, Victoria, Cascade y Spalt), así como su efecto acaricida *in vitro* en contra de *V. destructor*. En donde describen que las cuatro variedades de *H. lupulus*, poseen adecuados compuestos secundarios, encontrándose principalmente acetato de pentilo, linalool, limonene, tetradecano y octadecano. También, reportan que las variedades Cascade (C) y Victoria (V) obtuvieron los contenidos mas elevados de saponinas (C= 307.79 ácido oleanico (AO) $\mu\text{g/mL}$, V= 648.75 AO $\mu\text{g/mL}$), flavonoides (C= 06 Q $\mu\text{g/mL}$, V= 0.25 Q $\mu\text{g/mL}$), polifenoles (C= 133.20 AG $\mu\text{g/mL}$, V= 190.78 AG $\mu\text{g/mL}$), así como capacidad antioxidante (C= 361.25 TROLOX $\mu\text{g/mL}$ y V= 217.31 TROLOX $\mu\text{g/mL}$). El aceite mineral especialmente el hidrolato de la especie Victoria de lúpulo, causó la mortalidad total de ácaros en el bioensayo (LC50: 16.1 $\mu\text{L/mL}$ dosis usada) en 24-48 h después de su aplicación. Ninguna de estas extracciones causó mortalidad en abejas adultas superiores al 20%, lo que convierte al aceite esencial de esta planta en una candidata a ser usada como coayuvante del control químico.

Por su parte Aglagane *et al.* (2021) evaluaron bajo condiciones de laboratorio la toxicidad de los aceites esenciales de *Mentha suaveolens* L. subsp. Timija (Briq.) Harley, *Chenopodium ambrosioides* L. y *Laurus nobilis* L. contra el ácaro *V. destructor*. encontraron en la especie *M. suaveolens* subsp. timija predominancia de los monoterpenos, mentona (40.42%) y pulegona (19.22%), mientras que *C. ambrosioides* es rico en α -terpineno (34.08%), isoascaridol (13.6%), p-cimeno (10.95%), timol (10.26%), ascaridol (10.25%) y carvacol (7.75%), así como *L. nobilis* L., el cual se compone principalmente

por 1.8-cineol (37.5%) y linalol (14.09%). La totalidad de tratamientos demuestran toxicidad varroacida, sin embargo el mayor efecto acaricida lo representa *M. suaveolens* (DL50: 3.36 $\mu\text{L}/\text{L}_{\text{air}}$), mientras que las combinaciones de todos los aceites esenciales demuestran un potente efecto acaricida (1.56 $\mu\text{L}/\text{L}_{\text{air}}$). Por otra parte, los aceites esenciales por separado no mostraron toxicidad en abejas adultas en dosis directas (1 μL), así como en combinación de dos (0.8 μL) y los tres aceites esenciales (0.6 μL). Es por esto, que los hallazgos de los presentes autores demuestran que la combinación de dichas plantas funge como otra alternativa para el control del ácaro *V. destructor*, además de presentar una solución para la sustitución de acaricidas sintéticos, los cuales son perjudiciales para la salud de la abeja, así como la humana.

Por otra parte, en Europa, Bava *et al.* (2022) describen el uso de *Foeniculum vulgare*, la cual es una especie endémica en dicha región y es utilizada comúnmente con fines medicinales. De esta manera, evaluaron la actividad acaricida de la totalidad de la planta, así como de sus hojas, frutos secos y flores, y respectivamente su composición química. Por consiguiente, estragol, anetol y fenchona fueron los compuestos con mayor presencia. Sin embargo, el anetol fue el principal compuesto fitoquímico identificado en el aceite esencial de toda la planta (49.90 %), seguido de sus hojas (29.18%), flores (27.40%) y anquenos (24.16%). De igual manera, la planta entera presentó una mortalidad del 68% de ácaros a la concentración más alta (2 mg/mL) y el tiempo de exposición más alto (48 h), mientras que las hojas, los anquenos y las flores presentaron una

mortalidad del 64%, 52% y 56%, respectivamente.

Recientemente, El-Gendy y Sakla (2022) reportan el uso de *Carum carvi*, conocido comúnmente como “comino persa”, a manera de aceite esencial (100%), el cual fue extraído por hidrodestilación y caracterizado por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/MS). En donde identificaron dieciséis compuestos, los cuales representaron el 97.33% del aceite. Los metabolitos con mayor presencia fueron el limoneno (38.81%), carvona (35.43%), α -mirceno (7.3 %), dihidrocarvona (5.58 %) y limonenoóxido (5.13 %). La aplicación de este tratamiento se realizó con 2 mL/colonia en tiras de carton (2 x 10 cm) sobre los nidos de cría. De igual manera, se contrastó contra tao-fluvalinato al 10% y un grupo testigo (sin tratamientos). Posterior al lapso de 21 días de tratamientos, los porcentajes de infestación con el aceite esencial de *C. carvi* decrementaron hasta un 84.4%, no habiendo diferencias significativas contra el acaricida sintético. Sin embargo, se analizaron abejas obreras con biomarcadores de daño en el ADN, en donde reveló un aumento significativo causado por tao-fluvalinato (21.6 %) en comparación con la tratada con el aceite esencial de *C. carvi* (12.4 %), por esto; el comino persa, representa una alternativa segura, poco dañina para *Apis mellifera* y amigable con el medio ambiente para el fomento de futuros tratamientos para el control natural de *V. destructor*, así como el desarrollo de programas adecuados a cada región sobre el manejo integrado de plagas. A continuación, se describen otras plantas utilizadas con efectos significativos para el control de la varroasis (Tabla 1).

Tabla 1. Uso de productos derivados de plantas para el control de *Varroa destructor*.

Especie	Componentes principales	Tipo de extracto	Referencia
<i>Eupatorium buniifolium</i>	a-pineno	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Allium sativum</i>	Alicina	Aceite esencial, moliendas y extractos hidroalcohólicos.	Mahmood <i>et al.</i> , 2014; Mazed y El-Solimany, 2020; Reyna-Fuentes <i>et al.</i> , 2022.
<i>Aloysia polystachya</i>	Cis-tujona	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Sophora flavescens</i>	Soforidina, sofocarpina y cistisina	Extracto hidroalcohólico	Tanabe <i>et al.</i> , 2015; Stanimirovic <i>et al.</i> , 2017.
<i>Tagetes minuta</i> L.	b-ocimeno	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Lepidium latifolium</i>	Quercitina	Extracto metanólico	Razavi <i>et al.</i> , 2015; Wang <i>et al.</i> , 2021.
<i>Wedelia glauca</i>	Limoneno	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Zataria multiflora</i>	3-careno, α -terpineno y p-cimeno	Extracto metanólico	Razavi <i>et al.</i> , 2015; Ahsaei <i>et al.</i> , 2020.
<i>Schinus molle</i> L.	B-felandreno	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Azadirachta indica</i>	Azadiractina	Aceites esenciales y extractos hidroalcohólicos	Mohammed y Razzaq, 2022
<i>Minthostachys mollis</i>	Pulegone	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.

Especie	Componentes principales	Tipo de extracto	Referencia
<i>Ginkgo biloba</i>	Quercetina, kaempferol e isorhamnetina	Extracto hidroalcohólico	Pan <i>et al.</i> , 2016; Stanimirovic <i>et al.</i> , 2017.
<i>Acantholippia seriphoides</i>	Timol	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Cinnamomum verum</i>	b-cariofileno, (E)-acetato de cinamilo y eugenol	Aceite esencial	Conti <i>et al.</i> , 2020.
<i>Lippia turbinata</i>	Limoneno	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Lippia berlandieri</i>	Carvacol	Aceite esencial	Romo-Chacon <i>et al.</i> , 2016.
<i>Lippia junelliana</i>	Eucarvona	Aceite esencial	Ruffinengo <i>et al.</i> , 2006.
<i>Cuminum cyminum</i>	Terpinene, α - and β - pineno y p-cimeno	Aceite esencial	Ariana <i>et al.</i> , 2002; Nadeem y Riaz, 2012.
<i>Syzygium aromaticum</i>	Eugenol, cariofileno y oxido de cariofileno	Aceite esencial	Lindberg <i>et al.</i> , 2000; Ainane <i>et al.</i> , 2020.
<i>Origanum majorana</i>	Hesptina, terpinen-4-ol, cis-sabinene hidrato, p-cimeno e y-terpineno	Aceite esencial y extracto de acetato de etilo.	Gashout y Guzmán-Novoa, 2009; Erenler <i>et al.</i> , 2016.

El matorral espinoso Tamaulipeco del noreste de México como un recurso para el control de *Varroa destructor*

La vegetación del noreste de México ha presentado importantes cambios en su estructura y composición, así como una degradación lenta e irreversible, resultado de diversas actividades humanas como la tala selectiva o el sobrepastoreo. Debido a esto, las grandes variaciones en condiciones climáticas en las zonas áridas y semiáridas propician diferentes tipos de comunidades vegetales o matorrales extremadamente diversos en términos de composición, altura, cobertura, densidad y asociación de plantas (Eviner, 2003; Domínguez *et al.*, 2013). El matorral espinoso Tamaulipeco (MET) se extiende desde la planicie costera del Golfo de México hasta la ribera sur de Texas en Estados Unidos de América (Foroughbakhch *et al.*, 2005). Su vegetación consiste en árboles de altura media y arbustos, se denomina matorral espinoso o matorral subinermes, el cual se compone por alrededor de 60 especies leñosas, con principal uso para la producción forestal y silvopastoril (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2013). Es por esto, que los agostaderos son áreas donde predomina la vegetación autóctona, la cual funge como un recurso para la alimentación de pequeños rumiantes y fauna silvestre. Por otra parte, algunas especies botánicas se caracterizan como una opción nutracéutica debido a que demuestran un efecto benéfico en el organismo de pequeños rumiantes gracias a los compuestos del metabolismo secundario de estas plantas (Zapata-Campos y Mellado-Bosque, 2021). Sin embargo, el uso de distintas arbustivas pertenecientes al MET, como *Acacia farnesiana* ha demostrado un potente efecto insecticida contra larvas de *Aedes aegypti*, con porcentajes de mortalidad superiores al 78% en un

lapso de 72 h (Granados-Montelongo *et al.*, 2021). Asimismo, Fernández-Salas *et al.* (2011), describen que *A. pennatula* posee igualmente una acción insecticida debido a que reportan un 54% de mortalidad en larvas de garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Igualmente, se ha reportado el uso de *Leucaena leucocephala* como otra alternativa para el control de *Ae. aegypti*, en donde se ha observado una reducción de hasta un 50% en eclosión de huevos, así como un 25% de retraso en el desarrollo de larvas de estas mismas (Almeida *et al.*, 2017). Negi *et al.* (2016) reportaron efecto antialimentario mediante el uso de extractos de hojas de *L. leucocephala* en contra de *Spodoptera litura* L., una plaga polífaga del arroz alodonero, el tomate, el cacahuete, el ricino y distintas legumbres. Bajo este mismo contexto, el uso de extractos de *Aloe vera* demuestra alta efectividad acaricida con rangos de mortalidad de 80-90% en contra de *Tetranychus cinnabarinus* y *Panonychus citri* los cuales son una plaga distribuida a nivel mundial y afectan principalmente cultivos frutales en México (Wei *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2017). Por otra parte, una especie utilizada con frecuencia en México con fines medicinales y condimentero, es el orégano mexicano (*Lippia graveolens*), el cual se encuentra distribuido por el MET y esta compuesto principalmente por timol (24.59 %), carvacrol (24.54 %), p-cimeno (13.6 %), e y-terpineno (7.43 %), como lo describe Martínez-Velázquez *et al.* (2011), asimismo, reportan un efecto larvicida del 90-100% en contra de *R. microplus* en distintas concentraciones probadas (1.25-20%) de dicho aceite esencial. Otra arbustiva de gran presencia en el MET es *Ricinus communis* L. el cual, su principal compuesto fitoquímico es la ricina, un potente alcaloide que se ha utilizado como método de control de diversas plagas como *Tetranychus urticae* (Ellaithy *et al.*, 2022),

Plutella xylostella, una especie de importancia económica que ataca los cultivos de crucíferas y se ha encontrado resistencia a varias clases de insecticidas (Kodjo *et al.*, 2011), así como también en contra de *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero), el cual gracias a los diversos compuestos que posee *R. communis* L., como el ácido linoléico ocasionando un efecto insectistático en su fase larvaria (Ramos-López *et al.*, 2012).

Es por esto que, gracias a la basta presencia de diversidad botánica, surge una alternativa para el control y manejo del ácaro *V. destructor*, mediante el uso de especies endémicas en determinadas zonas áridas y semiáridas. Sin embargo, es necesario realizar la identificación taxonómica, distribución y disponibilidad de las distintas plantas en estas zonas, así como también analizar el contenido de compuestos secundarios, con respecto a la identificación de

moléculas y actividad antioxidante. En la tabla 2. se muestran algunas plantas endémicas con potencial para el control de esta plaga.

De esta manera, se enfatiza la importancia del uso de plantas autóctonas de los diversos agostaderos como es el MET, ya que son especies de fácil acceso para el productor apícola, además de estar adaptadas a las condiciones de suelo, temperatura y condiciones hídricas de la región. Por lo general, son plantas perennes y presentan biomasa adecuada para poder ser usadas en la mayoría de los meses del año (Foroughbakch *et al.*, 2009). A comparación de especies vegetales aromáticas, de las cuales se han basado la mayoría de las investigaciones sobre acaricidas contra *V. destructor* y en ocasiones su cultivo, manejo y replicabilidad suele ser complejo para futuros experimentos.

Tabla 2. Especies botánicas en el MET con potencial para el control de *Varroa destructor*.

Especie	Nombre común	Componentes principales	Efecto	Referencias
<i>Acacia rigidula</i>	Gavia	Catequina y quercitina.	Efecto antioxidante, antimicrobiano e insecticida.	Cavazos <i>et al.</i> , 2021.
<i>Eysenhardtia texana</i>	Vara dulce	Quercitina, cianidina y procianidina.	Efecto antibacterial y antifúngico.	García-Campoy <i>et al.</i> , 2020; Zapata-Campos <i>et al.</i> , 2020.
<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita	Hesperidina, ácido rosmarínico, quercitina y kaempferol.	Efecto antioxidante y citotóxico.	Viveros-Valdez <i>et al.</i> , 2016; Owis <i>et al.</i> , 2017.
<i>Havardia pallens</i>	Tenaza	Compuestos fenólicos (lignina)	Efecto antioxidante	Zapata-Campos <i>et al.</i> , 2020.
<i>Leucaena leucocephala</i>	Huaje	Fitol, escualeno y ácido n-Hexadecanoico.	Efecto antimicrobiano, antiinflamatorio, antitumoral, anticancerígeno, inmunoestimulante y plaguicida.	Zayed y Samling, 2016.
<i>Cercidium macrum</i>	Palo verde	Taninos y compuestos fenólicos.	Efecto antioxidante	Ramírez y Lara, 1998;
<i>Argemone mexicana</i>	Chicalote, cardosanto, adormidera o adormidera espinosa	Isocoridina, berberina, dehidroqueilantifolina y dehidrocoridalmina	Efecto antimicrobiano, antiinflamatorio, antireproductivo, antialimentario, nematocida e insecticida.	Brahmachari <i>et al.</i> , 2013.
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Isohamnetina, luteolina y 4'-O-Metilcatequina.	Nematocida.	Delgado-Núñez <i>et al.</i> , 2020; Zapata-Campos <i>et al.</i> , 2020.
<i>Ebenopsis ebano</i>	Ebano	Ácido caféico, ácido gálico y quercetina.	Efecto antimicrobiano, antioxidante e insecticida.	Gómez-Flores <i>et al.</i> , 2009.

CONCLUSIÓN

El Noreste de México, específicamente la región de Tamaulipas posee un amplio recurso florístico de importancia para la apicultura, no solo por su diversidad de especies pecoreadoras por *Apis mellifera*, sino también por especies vegetales, las cuales pueden ofrecer alternativas alentadoras para el control de diversas plagas y enfermedades de las abejas, como lo es el ácaro *Varroa destructor*. El uso de especies como el género *Acacia* sp. demuestran efectos en contra de distintas patologías, debido a los grupos de compuestos secundarios que estas poseen, como; fenoles, flavonoides, taninos, saponinas y terpenos. Es por esto que se propone el uso de *Acacia farnesiana* en contra de *V. destructor* con la finalidad de caracterizar y purificar parcialmente algunos compuestos con potencial acaricida, tomando en cuenta no generar algún efecto nocivo en la salud de las abejas. De igual manera, *A. farnesiana* debido a sus efectos insecticidas reportados, demuestra ser una planta con potencial para el control de *V. destructor*. El uso de arbustivas aromáticas como *Litsea glaucescens* por su composición fitoquímica de timol, carvacol, y-terpineno y p-cimeno, representa alentadoras posibilidades para el control de *V. destructor*, ya que los compuestos de dicha especie han demostrado eficacia insecticida en contra garrapatas y otros parásitos. Por esto, el uso de la biodiversidad presente en el MET representa una apertura de sanidad interesante en el área de la apicultura en México. Por esta razón, se pretende analizar, caracterizar y aislar los compuestos fitoquímicos de distintas plantas pertenecientes al MET, como alternativas de control de plagas y enfermedades de las abejas, con la finalidad de generar un manejo integrado de tratamientos.

Acknowledgment

To the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) for the scholarship granted to conduct the PhD. studies of the first author.

Funding. This research was funded by CONACYT through a PhD. scholarship. This PhD. studies are carried out in Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interests related to this publication.

Compliance with ethical standards. The authors having not to declare, due the nature of this publication.

Data availability. The data are available with the corresponding author on request.

Author contribution statement (CRediT). **J.H Reyna-Fuentes** – Conceptualization, investigation,

writing original draft., **C.C. Zapata-Campos** - Supervision, validation, writing – review & editing., **J.O. Merino-Charrez** - writing – review & editing., **D. López-Aguirre** - writing – review & editing., **J.A. Ascacio Valdés** - writing – review & editing.

REFERENCIAS

- Abd El- Wahab, T.E., Shalaby, S.E.M., Al-Kahtani, S.N., Al Naggar, Y., Jamal, Z.A. and Masry, S.H.D., 2021. Mode of application of acaricides against the ectoparasitic mite (*Varroa destructor*) infesting honeybee colonies, determines their efficiencies and residues in honey and beeswax. *Journal of King Saud University. Science*, 33(1), p. 101236.
<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.101236>
- Abdelgaleil, S.A.M. and El-Aswad, A.F., 2005. Antifeedant and Growth Inhibitory Effects of Tetranortriterpenoids Isolated from Three Meliaceous Species on the Cotton Leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd). *Journal of Applied Sciences Research*, 1, pp. 234-241.
- Aglagane, A., Laghzaoui, E.-M., Soulaïmani, B., Er-Rguibi, O., Abbad, A., Mouden, E. H. E. and Aourir, M., 2022. Acaricidal activity of *Mentha suaveolens* subsp. timija, *Chenopodium ambrosioides*, and *Laurus nobilis* essential oils, and their synergistic combinations against the ectoparasitic bee mite, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Journal of Apicultural Research*, 61(1), pp. 9-18.
<https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1898787>
- Aguiar, C.M.L., Santos, G.M.M., Martins, C.F. and Presley, S.J., 2013. Trophic niche breadth and niche overlap in a guild of flower-visiting bees in a Brazilian dry forest. *Apidologie*, 44 (2), pp. 153-162.
<http://doi.org/10.1007/s13592-012-0167-4>
- Ahsaei, S.M., Rodríguez-Rojo, S., Salgado, M., Cocero, M. J., Talebi-Jahromi, K. and Amoabediny, G., 2020. Insecticidal activity of spray dried microencapsulated essential oils of *Rosmarinus officinalis* and *Zataria multiflora* against *Tribolium confusum*. *Crop Protection*, 128(104996), pp. 1-35.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104996>
- Ainane, A., Khammour, F., Charaf, S., Elabboubi, M., Elkouali, M., Talbi, M., Benhima, R., Cherroud, S. and Ainane, T., 2019. Chemical composition and insecticidal activity of five

- essential oils: *Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globules*. *Materials Today: Proceedings*, 13; pp. 474-485. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.04.004>
- Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A. and Klein, A.M., 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103(9), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp076>
- Al Toufailya, H., Scandian, L., Shackleton, K. and Ratnieks, F. L. W., 2018. Towards integrated control of varroa: 4) varroa mortality from treating broodless winter colonies twice with oxalic acid via sublimation. *Journal of Apicultural Research*, 57(3), pp. 438-443. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1454035>
- Alanís, E., Jiménez, J., González, M. A., Yerana J. I., Cuellar, L. G. and Mora-Olivo, A., 2013. Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Phyton, Revista Internacional de Botánica Experimental*, 82, pp. 185-191. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572013000200005
- Almeida Filho, L. C., de Souza, T. M., Tabosa, P. M., Soares, N. G., Rocha-Bezerra, L. C., Vasconcelos, I. M. and Carvalho, A. F., 2017. Trypsin inhibitor from *Leucaena leucocephala* seeds delays and disrupts the development of *Aedes aegypti*, a multiple-disease vector: Effect of trypsin inhibitor from *L. leucocephala* seeds on *Ae. aegypti*. *Pest Management Science*, 73(1), pp. 181-187. <https://doi.org/10.1002/ps.4284>
- Alonso-Salces, R.M., Cugnata, N.M., Guaspari, E., Pellegrini, M.C., Aubone, I., De Piano, F.G., Antunez, K. and Fuselli, S.R., 2017. Natural Strategies for the Control of *Paenibacillus larvae*, the Causative Agent of American Foulbrood in Honeybees: A Review. *Apidologie*, 48 (3), pp. 387-400. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0483-1>
- Antunez, K., Invernizzi, C., Mendoza, Y., vanEngelsdorp, D. and Zunino, P., 2017. Honeybee colony losses in Uruguay during 2013-2014. *Apidologie*, 48 (3), pp. 364-370. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0482-2>
- Ariana, A., Ebadi, R. and Tahmasebi, G., 2002. Laboratory evaluation of some plant essences to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Experimental Apply Acarology*, 27, pp. 319-327. <http://doi.org/10.1023/A:1023342118549>
- Bahreini, R., Nasr, M., Docherty, C., de Herdt, O., Muirhead, S. and Feindel, D., 2020. Evaluation of potential miticide toxicity to *Varroa destructor* and honeybees, *Apis mellifera*, under laboratory conditions. *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78561-2>
- Bahreini, R., Nasr, M., Docherty, C., Feindel, D., Muirhead, S. and de Herdt, O. 2021. New bioassay cage methodology for in vitro studies on *Varroa destructor* and *Apis mellifera*. *PloS One*, 16(4), e0250594. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250594>
- Bava, R., Castagna, F., Palma, E., Musolino, V., Carresi, C., Cardamone, A., Lupia, C., Marrelli, M., Conforti, F., Roncada, P., Musella, V. and Britti, D., 2022. Phytochemical Profile of *Foeniculum vulgare* Subsp. piperitum Essential Oils and Evaluation of Acaricidal Efficacy against *Varroa destructor* in *Apis mellifera* by In Vitro and Semi-Field Fumigation Tests. *Veterinary Sciences*, 9(12), pp. 684-695. <https://doi.org/10.3390/vetsci9120684>
- Becsi, B., Formayer, H. and Brodschneider, R., 2021. A biophysical approach to assess weather impacts on honeybee colony winter mortality. *Royal Society Open Science*, 8(9), pp. 1-19. <https://doi.org/10.1098/rsos.210618>
- Bedini, S. Flamini, G. Girardi, J. Cosci, F. and Conti, B., 2015. Not just for beer: Evaluation of spent hops (*Humulus lupulus* L.) as a source of eco-friendly repellents for insect pests of stored foods. *Journal of Pest Science*, 88, pp. 583-592. <http://doi.org/10.1007/s10340-015-0647-1>
- Bendifallah, L., Belguendouz, R., Hamoudi, L. and Arab, K., 2018. Biological Activity of the *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) Essential Oil on *Varroa destructor* Infested Honeybees. *Plants*, 7(2), pp. 1-12. <https://doi.org/10.3390/plants7020044>
- Bogdanov, S., Charrere, J.D., Imdorf, A., Kilchenmann, V. and Fluri, P., 2002. Determination of residues in honey after

- treatments with formic and oxalic acid under field conditions. *Apidologie*, 33(4), pp. 399-409. <https://doi.org/10.1051/apido:2002029>
- Brahmachari, G., Gorai, D. and Roy, R., 2013. *Argemone mexicana*: chemical and pharmacological aspects. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23, pp. 559-575.
- Brown, P., Newstrom-Lloyd, L. E., Foster, B. J., Badger, P. H. and McLean, J. A., 2018. Winter 2016 honeybee colony losses in New Zealand. *Journal of Apicultural Research*, 57(2), pp. 278-291. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1430980>
- Calderone, N.W., 1999. Effective fall treatment of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) with a new formulation of formic acid in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in the northeastern United States. *Journal of Economic Entomology*, 93(4), pp. 1065-1075. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.4.1065>
- Castellanos-Potenciano, B., 2017. Spatio-temporal mobility of apiculture affected by the climate change in the beekeeping of the Gulf of Mexico. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(4), pp. 163-175. https://doi.org/10.15666/aeer/1504_163175
- Cavazos, P., Gonzalez, D., Lanorio, J. and Ynalvez, R., 2021. Secondary metabolites, antibacterial and antioxidant properties of the leaf extracts of *Acacia rigidula* benth. and *Acacia berlandieri* benth. *SN Applied Sciences*, 3, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04513-8>
- Charrière, J. D., Imdorf, A. and Kuhn, R., 2004. Bee tolerance of different winter Varroa treatments. *Schweizerische Bienen-Zeitung*, 127, pp. 19-23.
- Charrière, J. D. and Imdorf, A., 2002. Oxalic acid treatment by trickling against *Varroa destructor*: recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions. *Bee World*, 83(2), pp. 51-60. <https://doi.org/10.1080/0005772x.2002.11099541>
- Chauhan, A., Dabhi, M. V. and Jyotshna, R., 2021. Review on Varroa mite: An invasive threat to apiculture industry. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(1), pp. 535-539.
- <https://www.entomoljournal.com/archives/2021/vol9issue1/PartH/8-6-330-518.pdf>
- Chen, G., Wang, S., Jia, S., Feng, Y., Hu, F., Chen, Y. and Zheng, H., 2021. A new strain of virus discovered in China specific to the parasitic mite *Varroa destructor* poses a potential threat to honeybees. *Viruses*, 13(4), pp. 1-16. <https://doi.org/10.3390/v13040679>
- Cimmino, A., Freda, F., Santoro, E., Superchi, S., Evidente, A., Cristofaro, M. and Masi, M., 2021. α -Costic acid, a plant sesquiterpene with acaricidal activity against *Varroa destructor* parasitizing the honey bee. *Natural Product Research*, 35(9), pp. 1428-1435. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1652291>
- Clements, J., Groves, R. L., Cava, J., Barry, C. C., Chapman, S. and Olson, J. M., 2019. Conjugated linoleic acid as a novel insecticide targeting the agricultural pest *Leptinotarsa decemlineata*. *PloS One*, 14(11), p. e0220830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220830>
- Cobey, S., 2001. The Varroa species complex: Identifying *Varroa destructor* and news strategies of control. *American Bee Journal*, 141(3), pp. 194-196.
- Conti, B., Bocchino, R., Cosci, F., Ascrizzi, R., Flamini, G. and Bedini, S., 2020. Essential oils against *Varroa destructor*: a soft way to fight the parasitic mite of *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 59, pp. 774-782. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1790790>
- Cornelissen, B., Neumann, P. and Schweiger, O., 2019. Global warming promotes biological invasion of a honeybee pest. *Global Change Biology*, 25(11), pp. 3642-3655. <https://doi.org/10.1111/gcb.14791>
- Cunha, M.S., Cardoso, D.C., Cristiano, M.P., de Oliveira Campos, L.A. and Lopes, D.M., 2021. The Bee Chromosome database (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 52 (2), pp. 493-502. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00838-2>
- Cunningham, M.M., Tran, L., McKee, C.G., Ortega, R., Newman, T., Lansing, L., Griffiths, J.S., Bilodeau, G.J., Rott, M. and Guarna, M., 2022. Honey bees as biomonitors of environmental contaminants, pathogens, and

- climate change. *Ecological Indicators*, 134(108457), 108457. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108457>
- Currie, R.W., Pernal, S.F. and Guzmán-Novoa, E. 2010. Honeybee colony losses in Canada. *Journal of apicultural research*, 49 (1), pp. 104-106. <https://doi.org/10.3896/ibra.1.49.1.18>
- Damiani, N., Gende, L.B., Bailac, P., Marcangeli, J.A. and Eguaras, M.J., 2009. Acaricidal and insecticidal activity of essential oils on *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Parasitology Research*, 106, pp. 145-152. <http://doi.org/10.1007/s00436-009-1639-y>
- Damiani, N., Fernández, N.J., Porrini, M.P., Gende, L.B., Álvarez, E., Buffa, F., Brasesco, C., Maggi, M.D., Marcangeli, J. A. and Eguaras, M.J., 2014. Laurel leaf extracts for honeybee pest and disease management: antimicrobial, microsporidicidal, and acaricidal activity. *Parasitology Research*, 113(2), pp. 701-709. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3698-3>
- De Jong, D., Morse, R.A. and Eickwort, G.C. 1982. Mite pests of honeybees. *Annual Review of Entomology*, 27, pp. 229-252. <http://doi.org/10.1146/annurev.en.27.010182.001305>
- Delgado-Núñez, E.J., Zamilpa, A., González-Cortazar, M., Olmedo-Juárez, A., Cardoso-Taketa, A., Sánchez-Mendoza, E., Tapia-Maruri, D., Salinas-Sánchez, D.O. and Mendoza-de Gives, P., 2020. Isorhamnetin: A nematocidal flavonoid from *Prosopis laevigata* leaves against *Haemonchus contortus* eggs and larvae. *Biomolecules*, 10, pp. 773-790. <https://doi.org/10.3390/biom10050773>
- Dimetry, N.Z., El-Wahab, T.E. and Zakaria, M.E., 2005. Effective control of Varroa mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman infesting honeybee colonies *Apis mellifera* by some natural products. *Bulletin Faculty of Agriculture-Cairo University*, 56, pp. 295-308.
- Dodoloğlu, A. and Emsen, B. 2007. Effect of Supplementary Feeding on Honeybee Colony. *Journal of Applied Animal Research*, 32, pp. 199-200. <http://doi.org/10.1080/09712119.2007.9706878>
- Domínguez-Gómez, G., González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R., Estrada-Castillon, A., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M., Villareal-Quintana, J. and Alanís-Flores, G., 2013. Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas seca y húmeda. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4, pp. 106-122.
- Eguaras, M., Del Hoyo, M., Palacio, M.A., Ruffinengo, S. and Bedascarrasbure, E. L., 2008. A new product with formic acid for *Varroa jacobsoni* oud. Control in Argentina. I. efficacy: Efficacy of new product for *V. jacobsoni* control. *Journal of Veterinary Medicine. B, Infectious Diseases and Veterinary Public Health*, 48 (1), pp. 11-14. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.2001.00418.x>
- El Zalabani, S.M., El-Askary, H.I., Mousa, O.M., Issa, M.Y., Zaitoun, A.A. and Abdel-Sattar, E., 2012. Acaricidal activity of *Swietenia mahogani* and *Swietenia macrophylla* ethanolic extracts against *Varroa destructor* in honeybee colonies. *Experimental Parasitology*, 130(2), pp.166-170. <http://doi.org/10.1016/j.exppara.2011.10.013>
- El-Gendy, R. and Sakla, R., 2022. Efficacy of *Carum carvi* essential oil against the parasitic varroa mite and its impact on honeybee *Apis mellifera* L. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 25 (1), pp. 17-26. <https://doi.org/10.21608/cat.2022.134943.1124>
- Ellaithy, A., Abdel-khalek, A. and Mohammed, M., 2021. Castor bean plant, *Ricinus communis*, containing the potent biopesticide ricinine, as an alternative host for mass rearing process of *Tetranychus urticae* and the most common phytoseiid predators. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(6), pp. 535-549. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.107114.4922>
- Ellis, J.D., Delaplane, K.S. and Hood, W.M., 2001. Efficacy of a bottom screen device, Apistan®, and Apilife VAR®, in controlling *Varroa destructor*. *The American Bee Journal*, 141, pp. 813-816.
- Elzen, P.J, Westervelt, D and Lucas, R., 2004. Formic acid treatment for control of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) and safety to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) under southern United States

- conditions. *Journal of Economic Entomology*, 97, pp. 1509-1512. <http://doi.org/10.1603/0022-0493-97.5.1509>
- Elzen, P.J., Baxter, J.R., Spivak, M. and Wilson, W.T., 2000. Control of *Varroa jacobsoni* Oud resistant to fluvalinate and amitraz using coumaphos. *Apidologie*, 31, pp. 437-441. <http://doi.org/10.1051/apido:2000134>
- Enan, E.E., 1998. Insecticidal action of terpenes and phenols to the cockroaches: effect on octopamine receptors. *International Symposium on Crop Protection*, Gent, Belgium, May.
- Erenler, R., Sen, O., Aksit, H., Demirtas, I., Yaglioglu, A.S., Elmastas, M. and Telci, İ., 2016. Isolation and identification of chemical constituents from *Origanum majorana* and investigation of antiproliferative and antioxidant activities: Isolation and identification of chemical constituents from *Origanum majorana*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(3), pp. 822-836. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7155>
- Espinosa-Montañón, L.G. and Guzmán-Novoa, E., 2007. Eficacia de dos acaricidas naturales, ácido fórmico y timol, para el control del ácaro *Varroa destructor* de las abejas (*Apis mellifera* L.) en Villa Guerrero, Estado de México, México. *Veterinaria México*, 38(1), pp. 9-19.
- Eviner, V.T. 2003. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*, 34, pp. 455-485. <http://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132342>
- Fernández-Salas, A., Alonso-Díaz, M. A., Acosta-Rodríguez, R., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A. and Rodríguez-Vivas, R.I., 2011. In vitro acaricidal effect oftannin-rich plants against the cattle tick *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology*. 175, pp. 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.09.016>
- Flores, J.M., Gil-Lebrero, S., Gámiz, V., Rodríguez, M.I., Ortiz, M.A. and Quiles, F.J., 2019. Effect of the climate change on honey bee colonies in a temperate Mediterranean zone assessed through remote hive weight monitoring system in conjunction with exhaustive colonies assessment. *The Science of the Total Environment*, 653, pp. 1111-1119. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.004>
- Foroughbakhch, R., G. Reyes, R., Alvarado, M.A., Hernández, J.L. and Rocha, A., 2005. Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 216, pp. 359-366. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.046>
- Fries, I., Wallner, K. and Rosenkranz, P., 1998. Effects on *Varroa jacobsoni* from acaricides in beeswax. *Journal of Apiculture Research*, 37, pp. 85-90. <http://doi.org/10.1080/00218839.1998.111009599>
- Galindo-Cardona, A., Scannapieco, A.C., Russo, R., Escalante, K., Geria, M., Lepori, N., Ayup, M.M., Muntaabski, I., Liendo, M.C., Landi, L., Giray, T. and Monmany-Garzia, A.C., 2020., *Varroa destructor* parasitism and genetic variability at honeybee (*Apis mellifera*) drone congregation areas and their associations with environmental variables in Argentina. *Frontiers in ecology and evolution*, 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.590345>
- Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J. and Vaissière, B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecology Economic*, 68, pp. 810-821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- Gallardo-López, F., Castellanos-Potenciano, B. P., Díaz-Padilla, G., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C. and Sol-Sánchez, Á., 2021. Disonancia cognitiva ante el cambio climático en apicultores: un caso de estudio en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(1), pp. 238-255. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5213>
- García-Campoy, A., García, E. and Muñoz-Ramírez, A., 2020. Phytochemical and pharmacological study of the *Eysenhardtia* genus. *Plants*, 9, pp. 1124-1131. <https://doi.org/10.3390/plants9091124>
- Garrido, C. and Rosenkranz, P., 2003. The reproductive program of female *Varroa destructor* mites is triggered by its host, *Apis*

- mellifera*. *Experimental and Applied Acarology*, 31, pp. 269-273. <https://doi.org/10.1023/b:appa.0000010386.10686.9f>
- Gashout, H. and Guzman-Novoa, E., 2009. Acute toxicity of essential oils and other natural compounds to the parasitic mite, *Varroa destructor*, and to larval and adult worker honeybees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Apiculture Research*, 48, pp. 263-269. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.4.06>
- Gashout, H., Guzman-Novoa, E., Goodwin, P.H. and Correa-Benítez, A., 2020. Impact of sublethal exposure to synthetic and natural acaricides on honeybee (*Apis mellifera*) memory and expression of genes related to memory. *Journal of Insect Physiology*, 121, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2020.104014>
- Genath, A., Sharbati, S., Buer, B., Nauen, R. and Einspanier, R., 2020. Comparative transcriptomics indicates endogenous differences in detoxification capacity after formic acid treatment between honey bees and varroa mites. *Scientific Reports*, 10, pp. 1-14. <http://doi.org/10.1038/s41598-020-79057-9>
- Genath, A., Petruschke, H., von Bergen, M. and Einspanier, R., 2021. Influence of formic acid treatment on the proteome of the ectoparasite *Varroa destructor*. *PloS One*, 16(10), p. e0258845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258845>
- Giacobino, A., Pacini, A., Molineri, A., Bulacio Cagnolo, N., Merke, J., Orellano, E., Bertozzi, E., Masciangelo, G., Pietronave, H. and Signorini, M., 2017. Environment or beekeeping management: What explains better the prevalence of honeybee colonies with high levels of *Varroa destructor*? *Research in Veterinary Science*, 112, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.001>
- Gómez-Calvario, V., Ramírez-Cisneros, M. Á., Acevedo-Quiroz, M. and Rios, M. Y., 2019. Chemical composition of *Helietta parvifolia* and its in vitro anticholinesterase activity. *Natural Product Research*, 33(6), pp. 889-892. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1410808>
- Gómez-Flores, R.H., Gracia-Vázquez, Y.A., Alanís-Guzmán, M.G., Tamez-Guerra, R., García-Díaz, C.L., Monreal-Cuevas, E., and Rodríguez-Padilla, C., 2009. *In Vitro* antimicrobial activity and polyalkaloids content of tender and mature *Ebenopsis ebano* seeds. *Medicinal Plants*, 1, pp. 11-19.
- Gorlenko, C.L., Kiselev, H.Y., Budanova, E.V., Zamyatin, A.A. and Ikryannikova, L.N., 2020. Plant secondary metabolites in the battle of drugs and drug-resistant bacteria: new heroes or worse clones of antibiotics? *Antibiotics*, 9, p. 170. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9040170>
- Granados-Montelongo, J. A., Núñez-Colima, J. A., Trujillo-Zacarías, I., Cano del Toro, J., Chan-Chablefirma, R. J. and Hidalgo de León, A., 2021. Extracto de *Acacia farnesiana* para el control de larva de *Aedes aegypti*. *Nova Scientia*, 13, pp. 1-20. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2840>
- Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J.D., Chlebo, R., Coffey, M.F., Cornelissen, B., Amaro da Costa, C., Dahle, B., Danihlík, J., Dražić, M.M., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., Gajda, A., de Graaf, D.C., Gregorc, A. and Brodschneider, R., 2020. Honeybee colony winter loss rates for 35 countries participating in the COLOSS survey for winter 2018-2019, and the effects of a new queen on the risk of colony winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 59, pp. 744-751. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1797272>
- Gregorc, A. and Planinc, I., 2012. Use of thymol formulations, amitraz, and oxalic acid for the control of the varroa mite in honey bee (*Apis mellifera carnica*) colonies. *Journal of Apicultural Science*, 56, pp. 61-69. <http://dx.doi.org/10.2478/v10289-012-0024-8>
- Gregorc, A., Knight, P.R. and Adamczyk, J., 2017. Powdered sugar shake to monitor and oxalic acid treatments to control varroa mites (*Varroa destructor* Anderson and Trueman) in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Journal of Apicultural Research*, 56, pp. 71-75. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1278912>
- Halliwell, B., 2006. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of

- aerobic life. *Plant Physiology*, 141, pp. 312-322. <https://doi.org/10.1104/pp.106.077073>.
- Häußermann, C.K., Giacobino, A., Munz, R., Ziegelmann, B., Palacio, M.A. and Rosenkranz, P., 2020. Reproductive parameters of female *Varroa destructor* and the impact of mating in worker brood of *Apis mellifera*. *Apidologie*, 51, pp. 342-355. <http://doi.org/10.1007/s13592-019-00713-9>
- Häußermann, C.K., Ziegelmann, B. and Rosenkranz, P., 2018. Spermatozoa production in male *Varroa destructor* and its impact on reproduction in worker brood of *Apis mellifera*. *Experimental and Applied Acarology*, 74, pp. 43-54. <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0216-4>
- Hegland, S.J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A.L. and Totland, Ø., 2009. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, 12, pp. 184-195. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x>
- Hernández-Alvarado, J., Zaragóza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez, A. and Rivero-Perez, N., 2018. Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico Veterinario*, 8, pp. 14-27. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.1>
- Higes, M., Martín-Hernández, R., Garrido-Bailón, E., González-Porto, A. V., García-Palencia, P., Meana, A., Del Nozal, M.J., Mayo, R. and Bernal, J. L., 2009. Honeybee colony collapse due to *Nosema ceranae* in professional apiaries. *Environmental Microbiology Reports*, 1, pp. 110-113. <https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2009.00014.x>
- Higes, M., Martin-Hernandez, R., Hernandez-Rodriguez, C.S. and Gonzalez-Cabrera, J., 2020. Assessing the resistance to acaricides in *Varroa destructor* from several Spanish locations. *Parasitology Research*. 119, pp. 3595-3601. <https://doi.org/10.1007/s00436-020-06879-x>
- Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T. and Wang, Y., 2018. Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4, pp. 137-150. <http://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>
- Ifantidis, M. O., 1983. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oudemans in worker and drone brood cells of the honeybee *Apis mellifera* cecropia. *Journal of Apiculture Research*, 3, pp. 200-206. <http://doi.org/10.1080/00218839.1983.11100588>
- Ifantidis, M.D., 1990. Reexamination of reproduction parameters of the mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. In: Ritter W, Laere van O, Jacobs F, Wael de L (eds) Proc intern symposium on recent research on Bee pathology, Gent 1990. Janssen Pharmaceutica, Beerse, Belgium, pp 20-26.
- Iglesias, A.E., Fuentes, G., Mitton, G., Ramos, F., Brasesco, C., Manzo, R., Orallo, D., Gende, L., Eguaras, M., Ramirez, C., Fanovich, A. and Maggi, M., 2022. Hydrolats from *Humulus lupulus* and Their Potential Activity as an Organic Control for *Varroa destructor*. *Plants*, 11(23), p. 3329. <https://doi.org/10.3390/plants11233329>
- Iglesias, A., Mitton, G., Szawarski, N., Cooley, H., Ramos, F., Meroi-Arcerito, F.R., Brasesco, C., Ramirez, C., Gende, L. and Eguaras, M.J., 2020. Essential oils from *Humulus lupulus* as novel control agents against *Varroa destructor*. *Industrial Crops and Products*, 158, p. 113043. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113043>
- Imdorf, A., Bogdanov, S.O., Choa, R.I. and Calderone, N.W. 1999. Use of essential oils for the control of *V. jacobsoni* Oud in honeybee colonies. *Apidologie*, 30, pp. 209-228. <https://hal.science/hal-00891579/document>
- Imdorf, A., Kilchenmann, V. and Berger, T., 2006. Toxic effects of essential oils and some of their components on *Varroa destructor* Oud and *Apis mellifera* L under laboratory conditions. Eidgenössische Forschungsanstalt. Milchwirtschaft. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CH2006000172>
- Isman, M.B., Miresmaili, S. and Machial, C., 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry, and consumer products. *Phytochemistry Reviews*, 10, pp. 197-204. <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-010-9170-4>
- Jack, C.J. and Ellis, J.D., 2021. Integrated Pest Management control of *Varroa destructor*

- (Acari: Varroidae), the most damaging pest of (*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)) colonies. *Journal of Insect Science*, 21(5), p. 6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab058>
- Juárez-García, J., Sanzón-Gómez, D., Ramírez-Santoyo, L. and Gonzales- Castañeda, J., 2020. REVISIÓN: El género argemone (papaveraceae) y los usos para el control de plagas en el sector agrícola. *Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato*, 1, pp. 71-83. <http://reiagro.ugto.mx/images/pdf/vol2/2/5-Juarez-Garcia-et-al-2020-El-genero-Argemone-y-el-sector-agricola.pdf>
- Kamler, M., Nesvorna, M., Stara, J., Erban, T. and Hubert, J., 2016. Comparison of tau-fluvalinate, acrinathrin, and amitraz effects on susceptible and resistant populations of *Varroa destructor* in a vial test. *Experimental & Applied Acarology*, 69, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10493-016-0023-8>
- Kanga, L.H.B., Adamczyk, J., Marshall, K. and Cox, R., 2010. Monitoring for resistance to organophosphorus and pyrethroid insecticides in *Varroa* mite populations. *Journal of Economic Entomology*, 105, pp. 1797-1802. <https://doi.org/10.1603/ec10064>
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. and Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings Biological Sciences*, 274, pp. 95-96. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721.191>
- Kodjo, T.A., Gbénonchi, M., Sadate, A., Komi, A., Yaovi, G., Dieudonné, M. and Komla, S., 2011. Bio-insecticidal effects of plant extracts and oil emulsions of *Ricinus communis* L. ((Malpighiales: Euphorbiaceae) on the diamondback, *Plutella xylostella* L. ((Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Applied Bioscience*, 43, p. 2899-2914. <https://m.elewa.org/JABS/2011/43/3.pdf>
- Koleoglu, G., Goodwin, P.H., Reyes-Quintana, M., Hamiduzzaman, M.M. and Guzman-Novoa, E., 2018. *Varroa destructor* parasitism reduces hemocyte concentrations and prophenol oxidase gene expression in bees from two populations. *Parasitology Research*, 117, pp. 1175-1183. <http://doi.org/10.1007/s00436-018-5796-8>
- Kuenen, L.P.S. and Calderone, N.W., 1997. Transfers of *Varroa* mites from newly emerged bees: preferences for age and function-specific adult bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insects Behaviour*, 10, pp. 213-228. <http://doi.org/10.1007/BF02765554>
- Kulhanek, K., Steinhauer, N., Rennich, K., Caron, D.M., Sagili, R.R., Pettis, J.S., Ellis, J.D., Wilson, M.E., Wilkes, J.T. and Tarry, D.R., 2017. A national survey of managed honey bee 2015-2016 annual colony losses in the USA. *Journal of Apiculture Research*, 56, pp. 328-340. <http://doi.org/10.1080/00218839.2017.1344496>
- Langowska, A., Michał, Z., Sparks, T.H., Adam, G. and Peter, W.T., 2016. Long-Term Effect of Temperature on Honey Yield and Honeybee Phenology. *International Journal of Biometeorology*, 61, pp. 1125-1132. <http://doi.org/10.1007/s00484-016-1293-x>
- Larayetán, R., Ololade, Z., Ogunmola, O. and Ladokun, A., 2019. Phytochemical constituents, antioxidant, cytotoxicity, antimicrobial, antitrypanosomal, and antimalarial potentials of the crude extracts of *Callistemon citrinus*. *Evid-Based Complement Alternative Medicine*, 2019, p. e5410923. <https://doi.org/10.1155/2019/5410923>
- Le Conte, Y., Ellis, M. and Ritter, W., 2010. *Varroa* mites and honeybee health: can *Varroa* explain part of the colony losses? *Apidologie*, 41, pp. 353-363. <http://doi.org/10.1051/apido/2010017>
- Lima, R.K., Graças-Cardoso, M., Campos-Moraes, J., Malfitano-Carvalho, S., Gregório-Rodrigues, V. and Lima-Guimarães, L.G., 2011. Chemical composition and fumigant effect of essential oil of *Lippia sidoides* cham. and monoterpenes against *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ciência e Agrotecnologia* 35, pp. 664-671. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000400004>
- Lindberg, C., Melathopoulos, A. and Winston, M., 2000. Laboratory evaluation of miticides to control *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae), a honeybee (Hymenoptera: Apidae) parasite. *Journal of Economy Entomology*, 93, pp. 189-198. <http://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.189>

- Magaña-Magaña, M., Aguilar, A., Lara y Lara, P. and Sanginés, G.R., 2007. Caracterización socioeconómica de la actividad apícola en el estado de Yucatán, México. *Agronomía, Universidad de Caldas, Colombia*, 15, pp. 17-24.
- Maggi, M., Tourn, E., Negri, P., Szawarski, N., Marconi, A., Gallez, L., Medici, S., Ruffinengo, S., Brasesco, C., De Feudis, L., Quintana, S., Sammataro, D. and Eguaras, M., 2016. A new formulation of oxalic acid for *Varroa destructor* control applied in *Apis mellifera* colonies in the presence of brood. *Apidologie*, 47, pp. 596-605. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0405-7>
- Mahir, M. C. 2018. Effectiveness of combining certain biotechnical methods with thymol treatment against *Varroa destructor* infestation. *African Journal of Agricultural Research*, 13, pp. 2735-2740. <https://doi.org/10.5897/ajar2018.13572>
- Mahmood, R., Asad, S., Raja, S., Atta-ul-Moshin, Wagchoure, E.S., Sarwar, G.R., Islam, N. and Ahmad, W., 2014. Control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) by using plant oils and extract. *Pakistan Journal of Zoology*, 46, pp. 609-615.
- Martin, S., 1994. Ontogenesis of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in worker brood of the honeybee *Apis mellifera* L. under natural conditions. *Experimental Applied Acarology*, 18, pp. 87-100. <http://doi.org/10.1007/BF00055033>
- Martinez-Velazquez, M., Rosario-Cruz, R., Castillo-Herrera, G., Flores-Fernandez, J.M., Alvarez, A.H. and Lugo-Cervantes, E., 2011. Acaricidal effect of essential oils from *Lippia graveolens* (Lamiales: Verbenaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiales: Lamiaceae), and *Allium sativum* (Liliales: Liliaceae) against *Rhipicephalus* (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology*, 48(4), pp. 822-827. <https://doi.org/10.1603/me10140>
- Mattila, H.R. and Otis, G.W., 2000. The efficacy of Apiguard against varroa and tracheal mites, and its effect on honey production: 1999 trial. *The American Bee Journal*, 140, pp. 969-973.
- Maya-Martínez, O., Medina-Flores, C., Aquino-Pérez, G., Olmos-Oropeza, G. and López-Carlos, M., 2020. Tratamiento estacional con amitraz contra *Varroa destructor* y sus efectos en colonias de *Apis mellifera*. *Abanico Veterinario*, 10 pp. 1-13. <https://doi.org/10.21929/abavet2020.38>
- Mazeed, A. and El-Solimany, E., 2020. Garlic, *Allium sativum* L. and Onion, *Allium cepa* L. as a Potent Anti-mite *Varroa destructor*, Parasited on Honeybee, *Apis mellifera* L. in Egypt. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 11, pp. 25-28. <https://doi.org/10.21608/jppp.2020.82425>
- Melathopoulos, A.P., Winston, M.L., Whittington, R., Smith, T., Lindberg, C. and Mukai, A., 2000. Comparative laboratory toxicity of neem pesticides to honey bees (Hymenoptera: Apidae), their mite parasites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae), and brood pathogens *Paenibacillus larvae* and *Ascosphaera apis*, *Journal of Economic Entomology*, 93, pp. 199-209. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.199>
- Melo, G.A. and Gonçalves, R.B., 2005. Higher-level bee classifications (Hymenoptera, Apoidea, Apidae sensu lato). *Revista Brasileira de Zoologia*, 22, pp. 153-159. <http://doi.org/10.1590/s0101-81752005000100017>
- Medina-Flores, C.A., Esquivel-Marín, N.H., López-Carlos, M., Medina-Cuellar, S.E. and Aguilera-Soto, J.I., 2018. Estimación de la pérdida de colonias de abejas melíferas en el altiplano y el norte de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5, 365-371. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1459>
- Mohammed, A. and Razzaq, K., 2022. Evaluation of oils and extracts of some natural materials in the management of *Varroa Jacobsoni* Oudemans mites on *Apis Mellifera* honey bees in Basrah province. *Natural Volatiles & Essential Oils*, 9, pp. 561-574. <https://www.nveo.org/index.php/journal/article/view/4550>
- Mortensen, A.N., Jack, C.J. and Ellis, J.D., 2018. The discovery of *Varroa destructor* on drone honey bees, *Apis mellifera*, at drone congregation areas. *Parasitology Research*, 117, pp. 3337-3339. <http://doi.org/10.1007/s00436-018-6035-z>
- Mráz, P., Hýbl, M., Kopecký, M., Bohatá, A., Hoštičková, I., Šipoš, J., Vočadlova, K. and Čurn, V., 2021. Screening of honeybee

- pathogens in the Czech Republic and their prevalence in various habitats. *Insects*, 12, p. 1051. <https://doi.org/10.3390/insects12121051>
- Mutinelli, F. and Baggio, S. 2004. Use of medical drugs against varroosis. *Apiacta*, 39, pp. 53-62.
- Nadeem, M. and Riaz, A. 2012. Cumin (*Cuminum cyminum*) as a potential source of antioxidants. *Pakistan Journal of Food Science*, 22, pp. 101-107.
- Neumann, H., Tedeschi, L., Zeller, W. and Huntley, N., 2017. The role of condensed tannins in ruminant animal production: Advances, limitations, and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, pp. 929-949. <http://doi.org/10.1590/s1806-92902017001200009>
- Negi, P., Rawat, B.S. and Negi, D.S., 2016. Antifeedant Constituents from *Leucaena leucocephala*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6, 028-031. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.601204>
- Neumann, P. and Carreck, N.L., 2010. Honeybee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, 49, pp. 1-6. <http://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.01>
- Ollerton, J., Winfree, R. and Tarrant, S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, pp. 321-326. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Olmstead, S., Menzies, C., McCallum, R., Glasgow, K. and Cutler, C., 2019. Apivar® and Bayvarol® suppress varroa mites in honeybee colonies in Canadian Maritime Provinces. *Journal of the Acadian Entomology Society*, 15, pp. 46-49. https://acadianes.org/journal/papers/olmstead_19-7.pdf
- Omar, S., Macotte, M., Fields, P., Sanchez, P.E., Poveda, L., Mata, R., Jimenez, A., Durst, T., Zhang, J., Mockinnon, S., Leaman, D., Arnason, J.T. and Philogene, B.J.R., 2007. Antifeedant activities of terpenoids isolated from tropical Rutales. *Journal of Stored Products Research*, 43, pp. 92-96. <http://doi.org/10.1016/j.jspr.2005.11.005>
- Owis, A.I., Abo-Youssef, A.M. and Osman, A.H., 2017. Leaves of *Cordia boissieri* A. DC. as a potential source of bioactive secondary metabolites for protection against metabolic syndrome-induced in rats. *Zeitschrift Für Naturforschung. C, Journal of Biosciences*, 72, pp. 107-118. <https://doi.org/10.1515/znc-2016-0073>
- Pan, L., Ren, L., Chen, F., Feng, Y. and Luo, Y., 2016. Antifeedant Activity of *Ginkgo biloba* Secondary Metabolites against *Hyphantria cunea* Larvae: Mechanisms and Applications. *PLoS ONE*, 11(5), p. e0155682. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0155682>
- Papezikova, I., Palikova, M., Kremserova, S., Zachova, A., Peterova, H., Babak, V. and Navratil, S., 2017. Effect of oxalic acid on the mite *Varroa destructor* and its host the honey bee *Apis mellifera*. *Journal of Apiculture Research*, 56, pp. 400-408. <http://doi.org/10.1080/00218839.2017.1327937>
- Peck, D.T., Smith, M.L. and Seeley, T.D., 2016. *Varroa destructor* mites can nimbly climb from flowers onto foraging honeybees. *PloS One*, 11, p. e0167798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167798>
- Peck, D.T., and Seeley, T.D., 2019. Mite bombs or robber lures? The roles of drifting and robbing in *Varroa destructor* transmission from collapsing honey bee colonies to their neighbors. *PLoS One*, 14, p. e0218392. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0218392>
- Peters, R.S., Krogmann, L., Mayer, C., Donath, A., Gunkel, S., Meusemann, K., Kozlov, A., Podsiadlowski, L., Petersen, M., Lanfear, R., Diez, P. A., Heraty, J., Kjer, K.M., Klopstein, S., Meier, R., Polidori, C., Schmitt, T., Liu, S., Zhou, X. and Niehuis, O. 2017. Evolutionary history of the Hymenoptera. *Current Biology*, 27, pp. 1013-1018. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.027>
- Pettis, J.S., 2004. A scientific note on *Varroa destructor* resistance to coumaphos in the United States. *Apidologie*, 35, pp. 91-92. <http://doi.org/10.1051/apido:2003060>
- Piot, N., Schweiger, O., Meeus, I., Yañez, O., Straub, L., Villamar-Bouza, L., De la Rúa, P., Jara, L., Ruiz, C., Malmstrøm, M., Mustafa, S., Nielsen, A., Mänd, M., Karise, R., Tlak-Gajger, I., Özgör, E., Keskin, N., Diévar, V., Dalmon, A. and Miranda, J. R., 2022. Honeybees and climate explain viral

- prevalence in wild bee communities on a continental scale. *Scientific Reports*, 12, pp. 1904-1910. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05603-2>
- Popovska-Stojanov, D., Dimitrov, L., Danihlík, J., Uzunov, A., Golubovski, M., Andonov, S. and Brodschneider, R. 2021. Direct economic impact assessment of winter honeybee colony losses in three European countries. *Agriculture*, 11, p. 398. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050398>
- Qadir, Z.A., Idrees, A., Mahmood, R., Sarwar, G., Bakar, M.A., Ahmad, S., Raza, M.M. and Li, J., 2021. Effectiveness of different soft acaricides against honeybee ectoparasitic mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Insects*, 12, pp. 1032-1043. <https://doi.org/10.3390/insects12111032>
- Quintana-Obregón, A., Sánchez-Maríñez, R., Cortes-Rocha, M. and González-Aguilar, M., 2017. Actividad antifúngica in vitro de mezcla de terpenos de naranja contra *Alternaria tenuissima*. *Scientia Fongorum*, 45, pp. 7-12. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802017000100007
- Rademacher, E. and Harz, M. 2006. Oxalic acid for the control of varroosis in honeybee colonies-a review. *Apidologie*, 37, pp. 98-120. <https://doi.org/10.1051/apido:2005063>
- Ramírez, R.G. and Lara, J.A., 1998. Influence of native shrubs *Acacia rigidula*, *Cercidium macrum* and *Acacia farnesiana* on digestibility and nitrogen utilization by sheep. *Small Ruminant Research*, 28, pp. 39-45. [http://doi.org/10.1016/s0921-4488\(97\)00066-7](http://doi.org/10.1016/s0921-4488(97)00066-7)
- Ramos-López, M.A., González-Chávez, M.M., Cárdenas-Ortega, N.C., Zavala-Sánchez, M.A. and Pérez, G.S., 2012. Activity of the main fatty acid components of the hexane leaf extract of *Ricinus communis* against *Spodoptera frugiperda*. *The African Journal of Biotechnology*, 11, pp. 4274-4278. <http://doi.org/10.5897/AJB11.3727>
- Ramsey, S.D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J.D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J.M. and Ellis, J.D., 2019. *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, pp. 1792-1801. <http://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>
- Ramzi, H., Ismaili, M.R., Aberchane, M. and Zaanoun, S., 2017. Chemical characterization and acaricidal activity of *Thymus satureioides* C. & B. and *Origanum elongatum* E. & M. (Lamiaceae) essential oils against *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae). *Industrial Crops and Products*, 108, pp. 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.031>
- Rasool, K., Ahad, I. and Rasool, R., 2017. Efficacy of various botanicals and chemicals on ectoparasitic mite, *Varroa destructor* feeding on European honeybee, *Apis mellifera*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5, pp. 589-595. <https://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue5/PartH/5-4-291-787.pdf>
- Razavi, S.M., Asadpour, M., Jafari, A. and Malekpour, S.H., 2015. The field efficacy of *Lepidium latifolium* and *Zataria multiflora* methanolic extracts against *Varroa destructor*. *Parasitology Research*, 114, pp. 4233-4238. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4661-2>
- Reams, T. and Rangel, J., 2022. Understanding the Enemy: A Review of the Genetics, Behavior and Chemical Ecology of *Varroa destructor*, the Parasitic Mite of *Apis mellifera*. *Journal of Insect Science*, 22, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab101>
- Reher, T., Van Kerckvoorde, V., Verheyden, L., Wenseleers, T., Beliën, T., Bylemans, D. and Martens, J.A., 2019. Evaluation of hop (*Humulus lupulus*) as a repellent for the management of *Drosophila suzukii*. *Crop Protection*, 124, p. 104839. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.033>
- Rehm, S. and Ritter, W., 1989. Sequence of the sexes in the offspring of *Varroa jacobsoni* and the resulting consequences for the calculation of the developmental period. *Apidologie*, 20, pp. 339-343. <http://doi.org/10.1051/apido:19890406>
- Reyes-Quintana, M., Espinosa-Montaña L.G., Prieto-Merlos, D., Koleoglu, G., Petukhova, T., Correa-Benítez, A. and Guzman-Novoa, E., 2019. Impact of *Varroa destructor* and deformed wing virus on emergence, cellular immunity, wing integrity and survivorship of Africanized honeybees in Mexico. *Journal of*

- Invertebrate Pathology*, 164, pp. 43-48
<http://doi.org/10.1016/j.jip.2019.04.009>
- Reyna-Fuentes, J. H., Martínez González, J. C., Silva Contreras, M., y López Aguirre, D. 2022. Efecto de tres moliendas vegetales contra el ácaro *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*. *Nova Scientia*, 14, 1-10.
<http://doi.org/10.21640/ns.v14i28.3019>
- Ribani, A., Utzeri, V.J., Taurisano, V. and Fontanesi, L., 2020. Honey as a source of environmental DNA for the detection and monitoring of honey bee pathogens and parasites. *Veterinary Sciences*, 7, pp. 113-120.
<https://doi.org/10.3390/vetsci7030113>
- Rinkevich, F.D., 2020 Detection of amitraz resistance and reduced treatment efficacy in the Varroa mite, *Varroa destructor*, within commercial beekeeping operations. *PLoS One*, 15, p. e0227264.
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0227264>
- Romo-Chacón, A., Martínez-Contreras, L. Molina-Corral, J., Acosta-Muñiz, F. J., Ríos-Velasco, C. H., León-Door, C. and Rivera, R., 2016. Evaluation of Oregano (*Lippia berlandieri*) Essential Oil and Entomopathogenic Fungi for *Varroa destructor* Control in Colonies of Honeybee, *Apis mellifera*. *The Southwestern Entomologist*, 41, pp. 971-982.
<https://doi.org/10.3958/059.041.0427>
- Rosenkranz, K. and Rothwell, J.C., 2004. The effect of sensory input and attention on the sensorimotor organization of the hand area of the human motor cortex: Muscle vibration and sensorimotor organization. *The Journal of Physiology*, 561, 307-320.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.069328>
- Rosenkranz, P., Aumeier, P. and Ziegelmann, B., 2010. Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, pp. 96-119.
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016>
- Roth, M.A., Wilson, J.M., Taylor, K.R., and Gross, A.D., 2020. Biology and management of *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Journal of Integrate Pest Management*, 11, pp. 1-8.
<https://doi.org/10.1093/jipm/pmz036>
- Ruffinengo, S.R., Maggi, M., Marcangeli, J., Eguaras, M., Principal, J., Barrios, C., De Piano, F. and Mitton, G., 2014. Integrated Pest Management to control *Varroa destructor* and its implications to *Apis mellifera* colonies. *Zootecnia Tropical*, 32(2), pp. 149-168.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692014000200006
- Ruffinengo, S., Eguaras, M., Floris, I., Faverin, C., Bailac, P. and Ponzi, M. 2005. LD50 and repellent effects of essential oils from Argentinian wild plant species on *Varroa destructor*. *Journal of Economic Entomology*, 98(3), pp. 651-655.
<https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.3.651>
- Ruffinengo, S., Maggi, M. and Fuselli, S., 2006. Laboratory evaluation of *Heterothalamus alienus* essential oil against different pests of *Apis mellifera*. *Journal of Essential Oils Research*, 18, pp. 704-707.
<http://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699211>
- Ruffinengo, S., Maggi, M., Faverin, C., De la Rosa, S.G.B., Bailac, P. and Principal, J., 2007. Essential oils toxicity related to *Varroa destructor* and *Apis mellifera* under laboratory conditions. *Zootecnia Tropical*, 25, pp. 63-69.
https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692007000100009&script=sci_abstract&tlng=en
- Sabahi, Q., Gashout, H., Kelly, P. G. and Guzman-Novoa, E., 2017. Continuous release of oregano oil effectively and safely controls *Varroa destructor* infestations in honey bee colonies in a northern climate. *Experimental and Applied Acarology*, 72, pp. 263-275.
<https://doi.org/10.1007/s10493-017-0157-3>
- Sabahi, Q., Morfin, N., Emsen, B., Gashout, H. A., Kelly, P.G., Otto, S., Merrill, A.R. and Guzman-Novoa, E., 2020. Evaluation of dry and wet formulations of oxalic acid, thymol, and oregano oil for Varroa mite (Acari: Varroidae) control in honeybee (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Journal of Economic Entomology*, 113, pp. 2588-2594.
<https://doi.org/10.1093/jee/toaa218>
- Sammataro, D., Untalan, P., Guerrero, F. and Finley, J., 2005. The resistance of varroa mites (Acari: Varroidae) to acaricides and the presence of esterase. *International Journal of Acarology*, 31(1), pp. 67-74.
<https://doi.org/10.1080/01647950508684419>

- Schittny, D., Yañez, O. and Neumann, P., 2020. Honeybee virus transmission via hive products. *Veterinary Sciences*, 7, pp. 96-103. <https://doi.org/10.3390/vetsci7030096>
- Serra, V., Salvatori, G. and Pastorelli, G., 2021. Dietary Polyphenol Supplementation in Food Producing Animals: Effects on the Quality of Derived Products. *Animals*, 11, 1-44. <http://doi.org/10.3390/ani11020401>
- Smith, J., Cleare, X.L., Given, K. and Li-Byarlay, H., 2021. Morphological changes in the mandibles accompany the defensive behavior of Indiana mite biting honeybees against *Varroa destructor*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, p. 638308. <http://doi.org/10.3389/fevo.2021.638308>
- Smoliński, S., Langowska, A. and Glazaczow, A., 2021. Raised seasonal temperatures reinforce autumn *Varroa destructor* infestation in honey bee colonies. *Scientific Reports*, 11, pp. 124-141. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01369-1>
- Soto-Muciño, L., Elizarraras-Baena, R. y Soto-Muciño, I., 2017. Situación apícola en México y perspectiva de la producción de miel en el Estado de Veracruz. *Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial*, 3, pp. 40-64.
- Stanimirović, Z., Glavinić, U., Lakić, N., Radović, D., Ristanić, M., Tarić, E. and Stevanović, J., 2017. Efficacy of plant-derived formulation "Argus Ras" in *Varroa destructor* control. *Acta Veterinaria*, 67, pp. 191-200. <https://doi.org/10.1515/acve-2017-0017>
- Steinhauer, N., vanEngelsdorp, D. and Saegerman, C., 2021. 'Prioritizing changes in management practices associated with reduced winter honeybee colony losses for US beekeepers,' *Science of The Total Environment*, 753, p. 141629. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141629>
- Tanabe, N., Kuboyama, T., Kazuma, K., Konno, K. and Tohda, C., 2015. The extract of roots of *Sophora flavescens* enhances the recovery of motor function by axonal growth in mice with a spinal cord injury. *Frontiers in Pharmacology*, 6, pp. 326-340. <https://doi.org/10.3389/fphar.2015.00326>
- Toomemaa, K., 2018. The synergistic effect of weak oxalic acid and thymol aqueous solutions on *Varroa* mites and honeybees. *Journal of Apicultural Research*, 58, pp. 37-52. <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1486695>
- Torres-Fajardo, R.A. and Higuera-Piedrahita, R.I., 2021. Actividad antihelmíntica in vivo de terpenos y aceites esenciales en pequeños rumiantes. *Revista MVZ Cordoba*, 26, e2317. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2317>
- Traynor, K.S., Mondet, F., de Miranda, J.R., Techer, M., Kowallik, V., Oddie, M.A. Y., Chantawannakul, P. and McAfee, A., 2020. *Varroa destructor*: A complex parasite, crippling honeybees worldwide. *Trends in Parasitology*, 36, pp. 592-606. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.04.004>
- Vilarem, C., Piou, V., Vogelweith, F. and Vétillard, A., 2021. *Varroa destructor* from the laboratory to the field: Control, biocontrol and IPM perspectives-A review. *Insects*, 12, pp. 800-815. <https://doi.org/10.3390/insects12090800>
- Viveros-Valdez, E., Jaramillo-Mora, C., Oranday-Cardenas, A., Mordn-Martinez, J. and Carranza-Rosales, P., 2016. Antioxidant, cytotoxic and alpha-glucosidase inhibition activities from the Mexican berry "Anacahuita" (*Cordia boissieri*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66, pp. 211-218. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2016/3/art-7/>
- Wang, R., Liu, Z., Dong, K., Elzen, P. J., Pettis, J. and Huang, Z.Y., 2002. Association of novel mutations in a sodium channel gene with fluvalinate resistance in the mite, *Varroa destructor*. *Journal of Apiculture Research*, 40, pp. 17-25. <http://doi.org/10.1080/00218839.2002.11101064>
- Wang, X., Zhang, Y., Wu, N., Cao, J., Tao, Y. and Yu, R., 2021. A method to separate two main antioxidants from *Lepidium latifolium* L. extracts using online medium pressure chromatography tower and two-dimensional inversion/hydrophobic interaction chromatography based on online HPLC-DPPH assay. *Separations*, 8, p. 238. <https://doi.org/10.3390/separations8120238>
- Wegener, J., Ruhnke, H., Scheller, K., Mispagel, S., Knollmann, U., Kamp, G. and Bienefeld, K., 2016. Pathogenesis of varroosis at the level of the honeybee (*Apis mellifera*) colony. *Journal*

- of *Insect Physiology*, 91, pp. 1-9.
<http://doi.org/j.jisphys.2016.06004>
- Wei, J., Ding, W., Zhao, Y.G. and Vanichpakorn, P. 2011 Acaricidal activity of *Aloe vera* L. leaf extracts against *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acarina: Tetranychidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14, pp. 353-356. <http://doi.org/j.aspen.2011.04.006>
- Xavier, V.M., Message, D., Picanço, M.C., Chediak, M., Júnior, P.A.S., Ramos, R.S. and Martins, J.C., 2015. Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honey bees. *Journal of Insect Science*, 15, p. 137. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev110>
- Xie, X., Huang, Z.Y. and Zeng, Z., 2016. Why do Varroa mites prefer nurse bees? *Scientific Reports*, 6, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1038/srep28228>
- Yousef, H., El-Lakwah, S.F. and El Sayed, Y.A., 2013. Insecticidal activity of linoleic acid against *Spodoptera littoralis* (boisd.). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 91(2), pp. 573-580. <https://doi.org/10.21608/ejar.2013.163516>
- Zanni, V., Değirmenci, L., Annoscia, D., Scheiner, R. and Nazzi, F., 2018. The reduced brood nursing by mite-infested honeybees depends on their accelerated behavioral maturation. *Journal of Insect Physiology*, 109, pp. 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2018.06.006>
- Zapata-Campos, C.C. and Mellado-Bosque, M.A., 2021. La cabra: selección y hábitos de consumo de plantas nativas en agostadero árido. *CienciaUAT*, 15, pp. 169-185. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1409>
- Zapata-Campos, C.C., García-Martínez, J.E., Chavira, J.S., Valdés, J.A., Morales, M.A. and Mellado, M., 2020. Chemical composition and nutritional value of leaves and pods of *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata* and *Acacia farnesiana* in a xerophilous shrubland. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32, pp. 723-730. <http://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i10.2148>
- Zárate-Martínez, W., González-Morales, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A. and Juárez-Maldonado, A. 2021. Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía Mesoamericana: Organó Divulgativo Del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales*, 854-868. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45101>
- Zayed, M.Z. and Samling, B., 2016. Phytochemical constituents of the leaves of *Leucaena leucocephala* from Malaysia. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8, pp. 174-179. <https://doi.org/10.22159/ijpps.2016v8i12.11582>
- Zhang, Y., Zhang, Q., Luo, J. and Ding, W., 2017. Acaricidal active fractions from acetone extract of *Aloe vera* L. against *Tetranychus cinnabarinus* and *Panonychus citri*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2496-4>
- Zhou, F. and Pichersky, E., 2020. The complete functional characterisation of the terpene synthase family in tomato. *The New Phytologist*, 226, pp. 1341-1360. <https://doi.org/10.1111/nph.16431>
- Ziegler, J. and Facchini, P.J., 2008. Alkaloid biosynthesis: Metabolism and trafficking. *Annual Review of Plant Biology*, 59, pp. 735-769. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092730>