

ACTIVIDAD IXODICIDA DEL EXTRACTO DE SEMILLAS DE *Pachyrhizus erosus* SOBRE *Rhipicephalus microplus* Y *Amblyomma mixtum*

[IXODICIDAL ACTIVITY OF *Pachyrhizus erosus* SEED EXTRACT ON *Rhipicephalus microplus* AND *Amblyomma mixtum*]

José Alberto Gío-Trujillo^{1,2}, José Luis Cámara-Romero³, Juan José Sandoval-Gío^{1§}

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Tizimín. Final Aeropuerto Cupul s/n, Col. Santa Rita. C.P. 97700. Tizimín, Yucatán, México. ² Doctorado en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable. Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. Avenida Tecnológico s/n C.P. 97345. Conkal, Yucatán, México. ³ Doctorado en Ciencias Ambientales. Centro de Ciencias de Desarrollo Regional. Universidad Autónoma de Guerrero. Privada de Laurel No. 13. El Roble. C.P. 39640. Acapulco, Guerrero, México.

§Autor para correspondencia: (juan.sandoval@ittizimin.edu.mx).

RESUMEN

Rhipicephalus microplus y *Amblyomma mixtum* (Acari: Ixodidae) son ectoparásitos de importancia económica en la ganadería y para su control se usan acaricidas químicos que ocasionan resistencia, además de que sus residuos son contaminantes. Este estudio evaluó el efecto ixodicida del extracto de semillas de jícama *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb., para el control *in vitro* de garrapatas adultas de *R. microplus* y *A. mixtum*. Para la elaboración del extracto etanólico (95%) de *P. erosus* se utilizaron semillas maduras de jícama var. Blanca de Maxcanú; la colecta de garrapatas se realizó en ganado bovino cruza Suizo-Cebú y Holstein-Cebú, en el rancho El Edén, en Sucilá, Yucatán, México. Para evaluar la actividad ixodicida se realizó un bioensayo de inmersión por 48 h para cada especie de garrapata, empleando un diseño completamente al azar con cinco tratamientos del extracto de *P. erosus* (diluciones al 1, 3, 5, 7 y 10%), Amitraz al 12.5% como control positivo y agua destilada como control negativo. Las diluciones más altas del extracto (7 y 10%) presentaron porcentajes de mortalidad (promedio \pm D.E.) de 84 ± 11.40 y 86 ± 5.47 , en *R. microplus* y de 92 ± 8.36 y 96 ± 5.47 en *A. mixtum*. Estos porcentajes fueron superiores a los obtenidos con el control positivo (58 ± 10.95 para *R. microplus* y 68 ± 8.36 para *A. mixtum*). Los resultados evidencian una eficiente actividad ixodicida del extracto de *P. erosus* sobre los ectoparásitos estudiados.

Palabras clave: Bioplaguicidas, ganado bovino, garrapatas, jícama.

ABSTRACT

Rhipicephalus microplus and *Amblyomma mixtum* (Acari: Ixodidae) are ectoparasites of economic importance in livestock, for their control chemical acaricides are used that cause resistance, in addition to their residues being polluting. This study evaluated the ixodicidal effect of the jicama seed extract *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb., for the *in vitro* control of adult ticks of *R. microplus* and *A. mixtum*. For the elaboration of the ethanolic extract (95%) of *P. erosus*, ripe seeds of jicama variety Blanca de Maxcanú were used; The tick collection was carried out on Swiss-Cebu and Holstein-Cebu cross cattle at the El Edén ranch, in Sucilá, Yucatán, México. To evaluate the ixodicidal activity, a 48 h immersion bioassay was performed for each tick species, using a completely randomized design with five treatments of the *P. erosus* extract (dilutions at 1.3, 5, 7 and 10%), Amitraz 12.5% as a positive control and distilled water as a negative control. The highest dilutions of the extract (7 and 10%) presented mortality percentages (mean \pm S.D.) of 84 ± 11.40 and 86 ± 5.47 in *R. microplus* and of 92 ± 8.36 and 96 ± 5.47 in *A. mixtum*. These percentages were higher than those obtained with the positive control (58 ± 10.95 for *R. microplus* and 68 ± 8.36 for *A. mixtum*). The results show an efficient ixodicidal activity of the *P. erosus* extract on the ectoparasites studied.

Index words: Biopesticides, cattle, ticks, jicama.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la distribución mundial que presenta la familia de los ixódidos, principalmente los géneros *Amblyomma* e *Ixodes*, representa un problema para toda actividad ganadera. En México, la infestación por garrapatas en el ganado ocasiona severas pérdidas económicas a los productores, para *Rhipicephalus microplus* han sido cuantificadas en alrededor de \$600 mdd anuales (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017). En Yucatán, una región subtropical localizada al sureste de México, dos de los principales agentes parasitarios presentes en la ganadería bovina y ovina, son *Rhipicephalus microplus* y *Amblyomma mixtum* (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2016). Entre los daños producidos en el animal destacan abrasiones en la piel y presencia de alergias dérmicas, y otros de carácter fisiológico, como reducción de la inmunidad ante patógenos, lo que compromete la economía de los productores (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2019).

En México, el método más empleado para controlar a estos parásitos externos, es mediante ixodicidas químicos, principalmente los piretroides sintéticos, organofosforados, lactonas macrocíclicas y amidinas, como clorpirifos, diazinón, flumetrina, deltametrina, cipermetrina, amitraz y la ivermectina (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). No obstante, el uso desmedido de estos productos químicos, implicaría la generación de vectores cada vez más resistentes lo que produce estrés físico e incrementa la susceptibilidad al padecimiento de enfermedades secundarias en el ganado, afectando la producción (Fernández-Salas *et al.*, 2012). Así como, reduciendo la diversidad de organismos benéficos no blanco (Basto-Estrella *et al.*, 2011). Otro inconveniente del control químico en la producción bovina en el estado de Yucatán, que presenta un suelo cárstico, es la residualidad de los productos químicos que pueden llegar a los mantos acuíferos subterráneos, maximizando el riesgo ambiental de contaminación (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017).

Ante la problemática ocasionada por el uso indiscriminado de productos convencionales, se han evaluado diferentes opciones en el manejo de metabolitos secundarios de plantas sobre artrópodos de importancia económica del sector agropecuario (Arceo-Medina *et al.*, 2016). Existen evidencias de que los metabolitos secundarios principalmente de la familia Fabaceae presentan actividad ixodicida (Rosado-Aguilar *et al.*, 2017; González-López *et al.*, 2019). Uno de estos compuestos naturales es la rotenona, considerado un plaguicida orgánico, poco persistente en el ambiente y con menor toxicidad para animales y el hombre en comparación con los plaguicidas químicos, principalmente presente en vainas y tubérculos de varias leguminosas tropicales como la jicama *Pachyrhizus erosus* (Soto, 2013).

Algunos autores han determinado en la semilla de jicama un efecto inhibitor del crecimiento al reducir la sobrepoblación de *Acanthoscelides obtectus* Say en semillas de frijol almacenadas (Fernández-Andrés *et al.*, 2009; Rangel-Lucio *et al.*, 2011). Yongkhamcha *et al.* (2012) y Pangnakorn y Kanlaya (2014), determinaron que el uso de semillas de *P. erosus*, presenta mortalidad en el mosquito *Aedes aegypti*, y la mosca común (*Musca domestica* L.), lo que implica su efecto toxico en artrópodos comunes. Del mismo modo se determinó un efecto anti-fúngico sobre los hongos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizopus stolonifer* (Barrera-Necha *et al.*, 2004).

Esto, debido a que la semilla presenta niveles altos de rotenona (Catteau *et al.*, 2013), que van desde 0.07 hasta 1.25% (p/p) (Lautié *et al.*, 2012) e isoflavonoides como la erosona, la paquirrizona, la dolineona y la paquirrizina (Barrera-Necha *et al.* 2004). Además, en su follaje se han identificado 21 compuestos orgánicos volátiles (COV), como la ciclohexanona, 3-hexen-1-ol (Z) y 3-hexenal (Z), que han demostrado efectos repelentes a plagas agrícolas (Estrella-Parra *et al.*, 2016). Con lo antes expuesto, el objetivo del estudio fue evaluar en condiciones *in vitro* el efecto ixodicida del extracto de semilla de Jícama (*P. erosus*) para el control de los ectoparásitos *R. microplus* y *A. mixtum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El estudio se realizó en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), Campus Tizimín, localizado en el municipio de Tizimín, Yucatán, México, con ubicación de 21° 09' 29" N, 88° 09' 21" O, con una altitud de 20 m (INEGI, 2017).

Recolecta del material vegetal

Se recolectaron semillas de jícama, var. Blanca de Maxcanú, procedentes del área agrícola del TecNM, Campus Tizimín. Para la selección del material vegetal se colectaron semillas con las características macroscópicas adecuadas para el experimento, retirando semillas dañadas por plaga o mal manejo. Las semillas colectadas presentaron las siguientes características: estado fisiológico: madura; forma: redondeada; diámetro: 0.4-0.7 cm y color: café claro.

Preparación del extracto

Se pesaron 3.17 kg de semillas maduras de jícama, para posteriormente realizar el proceso de secado vertiendo las semillas maduras en charolas de aluminio y colocándolas en una estufa de aire seco a 60 °C durante 72 h para eliminar toda la humedad posible y así facilitar su extracción. La semilla seca se molió utilizando un molino eléctrico de grano marca Rey® con un motor Siemens de 1/2 HP. Posteriormente, el material vegetal molido se colocó en vasos de precipitado para diluirse en etanol al 95%, disolviendo 640 gr de semilla molida en 1.6 l de etanol al 95% (100 ml/40 g de material vegetal), exponiéndose al etanol durante 72 h (Rosado-Aguilar *et al.*, 2008a). El uso de etanol como solvente fue seleccionado de acuerdo con la polaridad del isoflavonoide rotenona para obtener una mayor concentración y aprovechamiento de la toxicidad de la rotenona (Catteau *et al.*, 2013; Dantas *et al.*, 2016). Pasado el tiempo establecido se filtró la solución para eliminar cualquier excedente. Para finalizar, se procedió con la evaporación del solvente (etanol al 95%) en un baño María a 50 °C por 20 min, obteniendo un extracto concentrado el cual fue almacenando en una botella de cristal color ámbar a temperatura ambiente (22 a 25 °C) para evitar pérdidas de sus propiedades por evaporación.

Colecta del material biológico

La colecta de las garrapatas (*R. microplus* y *A. mixtum*) se realizó en horarios entre 8:00 a 10:00 am, en ganado bovino adulto de ambos sexos (hembras y machos) mayores de dos años, cruza Suizo-Cebú y Holstein-Cebú, del rancho El Edén, en el municipio de Sucilá, Yucatán, México; ubicado en 21° 07' y 21° 14" N, y 88° 16' y 88° 25" O, con una altitud de 12 m (INEGI, 2013). La recolecta de las garrapatas se desarrollaron 24 h antes de cada bioensayo, como tiempo de estabilización para evitar algún tipo de alteración por muertes durante su manejo (WingChing-Jones, 2015).

Proceso de recolecta del material biológico

La colecta se realizó en animales parasitados naturalmente, tomando en cuenta la cabeza, cuello, tórax, ingle, etc., como principales zonas de influencia. El proceso para la colecta de garrapatas se realizó en el lado derecho, área expuesta a la manga, el cual consistió en tomar manualmente cada garrapata identificada previamente, sustrayéndola suavemente al girarla y tirarla en dirección opuesta (contrapelo) hasta desprenderla por completo evitando no dañar el hipostoma. Se colectaron animales adultos, no repletas, sin considerar el sexo, de entre 5-10 mm de largo (WingChing-Jones, 2015). La homogeneización del material biológico constó en seleccionar las garrapatas de entre 0.5–1 cm de tamaño y 0.008-0.009 mg de peso para cada especie, evitando individuos malformados o dañados. Esto para que no se presenten diferencias en tamaño y peso entre cada una de las repeticiones (diferencias mayores a 20 mg y 0.5 mm). Las garrapatas

se mantuvieron a temperatura ambiente hasta 24 h antes del desarrollo de los bioensayos.

Diseño experimental

Para el evaluar el efecto ixodicida del extracto de semilla de jícama se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (diluciones del extracto de 1 al 10%), un control positivo (Amitraz, al 12.5%, Bombard®-Pfizer®) y un control negativo (agua destilada) (Cuadro 1). Cada uno de los tratamientos consto con cinco repeticiones, conformado de diez garrapatas por tratamiento, con un total de 350 garrapatas de *R. microplus* y *A. mixtum*, respectivamente.

Cuadro 1. Distribución de los grupos de estudio en los dos bioensayos con los extractos de *P. erosus* sobre *R. microplus* y *A. mixtum*.

Grupo de estudio	Producto (%)
CN	Agua destilada
CP	Amitraz al 12
T1	Extracto al 1
T2	Extracto al 3
T3	Extracto al 5
T4	Extracto al 7
T5	Extracto al 10

CN= Control negativo; CP= control positivo; T= tratamiento.

Preparación de los bioensayos

Los bioensayos *in vitro* de inmersión de garrapatas *R. microplus* y *A. mixtum* se realizaron durante los meses de abril y mayo de 2013. El montaje de los bioensayos consistió en depositar diez garrapatas por caja de Petri, las cuales estuvieron identificadas por especies utilizando las claves taxonómicas de Guglielmone *et al.* (2010) y los parámetros morfológicos de la guía de identificación de *R. microplus* de Walker *et al.* (2005) y las claves taxonómicas de identificación del género *Amblyomma* de Guzman-Cornejo *et al.* (2011). Anteriormente a la aplicación de los tratamientos se colocó en cada caja de Petri un pequeño trozo de tela absorbente para mantener en contacto a las garrapatas con el tratamiento durante las primeras 24 h. La aplicación de los tratamientos se realizó empleando el siguiente método de aspersión, las garrapatas adultas se expusieron a los tratamientos atomizando 5 ml del tratamiento, humedeciendo con ello el trozo de tela depositado, para exponer a las garrapatas a un contacto continuo con el tratamiento correspondiente. Posteriormente a la aplicación, las cajas de Petri se taparon con papel aluminio, identificando cada unidad experimental (cajas de Petri) con el tratamiento (dilución, testigo positivo y negativo) y hora de exposición.

Registro de la mortalidad

El registro de la mortalidad de las garrapatas se realizó por observación cada 24 h, a partir de la hora 0 (aplicación) hasta la hora 48 post-aplicación. El primer registro se llevó a cabo a las 24 h post-aplicación del tratamiento, momento en el cual se retiró el trozo de tela impregnada con su tratamiento. Se consideraron como garrapatas muertas, aquellas que luego de una inspección con el microscopio estereoscópico mostraron ausencia de cualquier movimiento. Las garrapatas muertas fueron retiradas de su respectiva caja de Petri y desechadas (Rodríguez *et al.*, 2010). El segundo registro y definitivo de la mortalidad se realizó a la hora 48 post-aplicación del tratamiento usando el mismo proceso de inspección descrito. El valor mínimo de mortalidad tomado como ineficiente se consideró un valor inferior al 60% (FAO, 1993). Se evaluó el porcentaje de la mortalidad de las garrapatas, la eficacia de los tratamientos y con el propósito de eliminar

la mortalidad de las garrapatas por causas ajenas al tratamiento; se determinó la mortalidad corregida de las garrapatas mediante las ecuaciones de Abbott (1925) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de medición para el porcentaje de mortalidad, porcentaje de mortalidad corregida y efectividad de los tratamientos mediante las fórmulas establecidas por Abbott (1925).

Variable (%)	Fórmulas
Mortalidad	Garrapatas muertas / Total de garrapatas x 100
Mortalidad corregida	(% M. Tratamiento - % M. Testigo) / (100 -% M. Testigo) x 100
Efectividad	% del testigo – % del tratamiento/ % del testigo x 10

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bioensayo en *R. microplus* (Canestrini, 1887)

Los porcentajes de mortalidad (promedio \pm D.E.), mortalidad corregida y efectividad de los tratamientos y los grupos controles, positivo y negativo se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Mortalidad, mortalidad corregida y efectividad de los tratamientos en el bioensayo de *R. microplus*.

Tratamientos	Mortalidad (%) (promedio \pm D.E.)	Mortalidad corregida (%)	Efectividad del tratamiento (%)
Agua destilada	8 \pm 8.36	No aplica*	No aplica*
Amitraz al 12%	58 \pm 10.95	54.34	62.5
Extracto al 1%	46 \pm 11.40	41.30	47.5
Extracto al 3%	68 \pm 8.36	65.21	75.0
Extracto al 5%	80 \pm 10	78.26	90.0
Extracto al 10%	86 \pm 5.47	84.78	97.5
Extracto al 7%	84 \pm 11.40	82.60	95.0

*No aplica el testigo por los valores bajos que presentó.

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T1 a T5 (diluciones de *P. erosus*) y el grupo control positivo, con respecto al grupo control negativo ($P < 0.05$) (Figura 1). Al comparar los tratamientos con el extracto de jícama y el grupo tratado con Amitraz, se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los tratamientos T3, T4 y T5 (diluciones al 5, 7 y 10%, respectivamente) (Figura 1). Entre los tratamientos T4 y T5 y el grupo control positivo no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) (Figura 1).

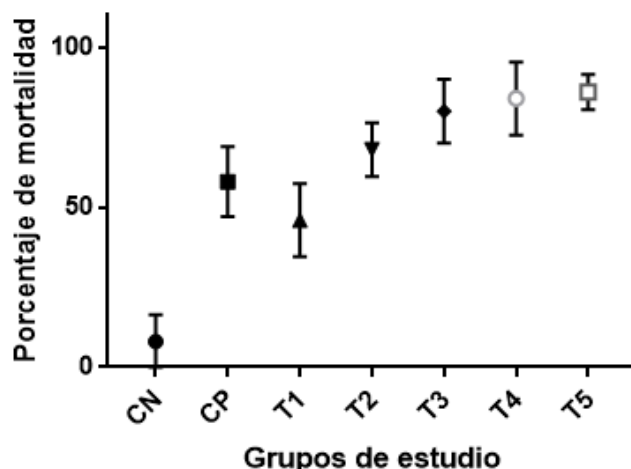


Figura 1. Porcentajes de mortalidad in vitro con los extractos de *P. erosus* sobre *R. microplus* a las 48 h.

Los tratamientos que fueron considerados como eficientes de acuerdo a los valores de eficiencia establecidos por la FAO (1993), son las diluciones del extracto etanólico de semilla de jícama al 3, 5, 7 y 10%, presentando un 68, 80, 84 y 86% de mortalidad, respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos por Rosado-Aguilar *et al.* (2008a), quienes evaluaron en el estado de Yucatán extractos etanólicos de raíz, hoja y corteza de *Diospyros anisandra*, del cual se observó un mayor efecto ixodicida al presentar una mortalidad corregida en larvas de *R. microplus*, de entre 79 a 85%.

Rosado-Aguilar *et al.* (2010) también lograron una efectividad acaricida entre el 26 y 86% de extractos metanólicos de hojas y tallo de *Petiveria alliacea* en contra de adultos de esta especie de garrapata (*R. microplus*). Por su parte, González-López *et al.* (2019), evaluaron extractos de diferentes genotipos de *Leucaena* spp., en concentraciones de 20 al 50% resultando en mortalidades entre 20 y 91.68% sobre garrapatas adultas de *R. microplus*. Lo que implica, que el sureste de México, presenta una gran diversidad de especies con potencial ixodicida sobre larvas y ejemplares adultos (Rosado-Aguilar *et al.* (2017); de las cuales la familia Fabaceae, presenta el mayor número de especies prometedoras como agentes biocidas de los ectoparásitos *R. microplus* entre las que se encuentran los extractos de *Havardia albicans* (Kunth) Britton & Rose, *Caesalpinia gaumeri* Greenm (Rosado-Aguilar *et al.*, 2010), *Acacia pennatula* (Schttldl & Cham) Benth, *Piscidia piscipula* L. Sarg., *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. y *Lysiloma latisiliquum* L. Benth. (Fernández-Salas *et al.*, 2011).

Bioensayo en *Amblyomma mixtum* (Koch, 18844)

Con respecto a la mortalidad corregida y efectividad de los tratamientos las diluciones al 5, 7 y 10% del extracto etanólico de semilla de jícama, demostraron ser los tratamientos con mayor porcentaje de mortalidad y efectividad, ya que presentaron un 86.36, 90.90 y 95.45% de mortalidad corregida y una efectividad de 63.33, 66.66 y 70%, respectivamente. El control químico presentó valores inferiores de mortalidad corregida que los extractos de *P. erosus* con un 63.63% y porcentajes menores de efectividad con un 46.66% (Cuadro 4).

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos T1 a T5 (diluciones con *P. erosus*) y el grupo control positivo, con respecto al grupo control negativo ($P < 0.05$) (Figura 2). Al comparar los tratamientos con el extracto de jícama y el grupo tratado con Amitrax, se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los tratamientos T3, T4 y T5 (diluciones al 5, 7 y 10%, respectivamente). Entre

los tratamientos T1 y T2 y el grupo control positivo no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) (Figura 2).

Cuadro 4. Mortalidad, mortalidad corregida y efectividad de los tratamientos en el bioensayo de *A. mixtum*.

Tratamientos	Mortalidad (%) (promedio \pm D.E.)	Mortalidad corregida (%)	Efectividad del tratamiento (%)
Agua destilada	12 \pm 8.36	No aplica*	No aplica*
Amitraz al 12%	68 \pm 8.36	63.63	46.66
Extracto al 1%	66 \pm 5.47	62.96	45.0
Extracto al 3%	74 \pm 11.40	70.46	51.66
Extracto al 5%	88 \pm 8.36	86.36	63.33
Extracto al 7%	92 \pm 8.36	90.90	66.66
Extracto al 10%	96 \pm 5.47	95.45	70

*No aplica el testigo por los valores bajos que presentó.

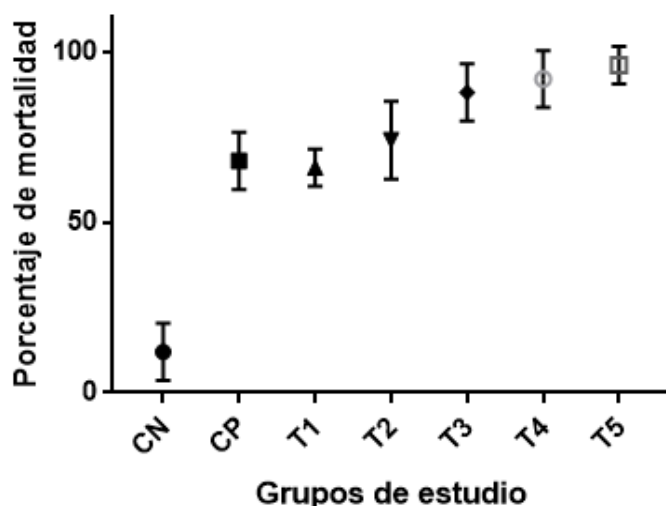


Figura 2. Porcentajes de mortalidad *in vitro* con los extractos de *P. erosus* sobre *A. mixtum* a las 48 h.

La toxicidad de metabolitos secundarios de las plantas se ha evaluado poco para el género *Amblyomma* en Yucatán; por lo que, los resultados del estudio se consideran prometedores para el diseño de estrategias de control de infestaciones de este género en las producciones ganaderas. En diversas partes del mundo, resultados similares en toxicidad sobre larvas y adultos se han encontrado en *Bobgunnia madagascariensis* (Desv.) J.H. Kirkbr. & Wiersema., sobre *Amblyomma variegatum* (Fabricius, 1794) (Acari: Ixodidae) (Muyobela *et al.*, 2016) y diversos reportes de compuestos biocidas sobre *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) en extractos de *Tagetes minuta* L. (García *et al.*, 2012), *Lippia sidoides* Kunth. (Gomes *et al.*, 2014), *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen. (Anholetto *et al.*, 2017; Anholetto *et al.*, 2018) y *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Iriarte-Del Hoyo *et al.*, 2018).

Para ambos bioensayos, la mortalidad en el grupo control negativo estuvo en un rango entre 8 y 12%, por lo que al no exceder del 20% se descartó un efecto negativo no asociado al experimento (FAO, 1993). Los resultados obtenidos en este estudio corroboraron la actividad ixodocida *in vitro* del extracto etanólico de las semillas de jícama sobre *R. microplus* y *A. mixtum*, al observar que el uso de diluciones que van del

5 al 10 % alcanzaron resultados efectivos en la mortalidad (del 80 al 96%) y mortalidad corregida (del 86 al 95%) de los ectoparásitos evaluados en fase adulta.

La actividad acaricida en la jícama no se había evaluado anteriormente con las especies estudiadas en la presente investigación, pero sí en otros artrópodos de importancia en agricultura y veterinaria. Fernández-Andrés *et al.* (2009) y Rangel-Lucio *et al.* (2011), evidenciaron, respectivamente, un efecto inhibitor del crecimiento y regulador de la sobrepoblación de *Acanthoscelides obtectus* Say (gorgojo del frijol). De igual manera, Pangnakorn y Kanlaya (2014), reportan que el extracto de semillas de *P. erosus* presentó mortalidad larval del 20 y 50% en la mosca común (*M. domestica* L.) y Yongkhamcha *et al.* (2012), determinaron que el extracto etanólico de semilla de *P. erosus* fue altamente tóxico para el mosquito *Aedes aegypti*, por lo que puede considerarse su eficacia como un agente insecticida eficaz.

El efecto tóxico de las semillas de jícama sobre los ectoparásitos obedece a la presencia de metabolitos secundarios en la semilla, principalmente de la rotenona (Catteau *et al.*, 2013). Sin embargo, el efecto tóxico de la semilla de jícama sobre individuos de la familia ixodidae en el estudio no solo puede ser atribuido exclusivamente a la rotenona, ya que existen en la planta otros componentes como la erosona, paquirrizona, dolienona y paquirrizina, que también se describen con efecto tóxico e inhibitor sobre artrópodos (Barrera-Necha *et al.* 2004).

De acuerdo a varios autores, la rotenona posee una acción neurotóxica y de parálisis sobre los insectos, bloqueando la síntesis de ATP (Gupta, 2012) e inhibiendo su respiración celular (cadena mitocondrial) actuando por ingestión y por contacto (Soto, 2013). Este potencial efecto ixodicida de la rotenona, lo hace considerar entre los plaguicidas botánicos con mayor toxicidad en artrópodos, incluyendo una toxicidad en mamíferos, como lo reportan Catteau *et al.* (2013) mediante ensayos citotóxicos de la semilla de jícama. Por lo que, el uso de la rotenona como plaguicida botánico se ha diversificado en otros ámbitos como la farmacología y de la salud (Heinz *et al.*, 2017).

La evaluación del efecto ixodicida del compuesto rotenona ha sido desarrollado anteriormente en otras plantas como el barbasco, *Lonchocarpus nicou* (Aubl), una especie con alto contenido de rotenona (Fajardo-Vélez *et al.*, 2019), puesto que el extracto de rotenona en base de raíz pulverizada del barbasco redujo la viabilidad larvaria (huevos) y mortalidad de larvas y en garrapatas adultas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en concentraciones de 0.5%, alcanzando mortalidades de hasta el 100% (Mejía-Aguirre y Paredes-López, 2014). Del mismo modo, la rotenona a dosis de 1% ha mostrado resultados positivos en el control del ácaro *Varroa jacobsoni*, Anderson y Trueman (Acari: Varroidade), ectoparásito de importancia en la producción apícola (Gregorc, y Smodis-Skerl, 2007). A su vez, este compuesto extraído en *L. nicou* también presentó un efecto biocida a dosis de 4% para el control de *A. aegypti* (Gómez *et al.*, 2015) y un efecto larvicida sobre *Anopheles benarrochi* (Mariños *et al.*, 2004), la cual, su uso lo convierte en una alternativa como método de control de importantes vectores de enfermedades de interés agropecuario y en la salud humana como el dengue, malaria y ectoparásitos (ácaros, piojos y garrapatas) (Soto, 2013).

Por otro lado, un resultado inesperado en la investigación se presentó al observar valores inferiores de mortalidad en *R. microplus* y *A. mixtum* (56 y 66%, respectivamente); cuando se aplicó Amitraz, en comparación con los tratamientos experimentales T3, T4 y T5 (del 80 al 96%). Un argumento de este escenario es la posible resistencia de las especies estudiadas al ixodicida químico en cuestión, ya que este producto ha sido intensamente empleado, ocasionado un aumento en el nivel de resistencia, principalmente susceptibles al Amitraz, tanto en las producciones ganaderas del estado de Yucatán (Rosado-Aguilar *et al.*, 2008b); como en el sureste del México (Fernández-Salas *et al.*, 2012), en comparación a otros estudios con distintos niveles de resistencia a la cipermetina (Jimenez *et al.*, 2008), ivermectina (Pérez-Cogollo *et al.*, 2010; Alegría-López *et al.*, 2015) y moxidectina (Arieta-Román *et al.*, 2010). La dosis utilizada de Amitraz en el estudio fue la recomendada por el laboratorio fabricante, por lo que para obtener índices más altos de mortalidad en garrapatas se debería incrementar sustancialmente la dosis o realizar mezclas con otros

piretroides sintéticos Amitraz+Cipermetrina+Butóxido de piperonilo (PBO), produjeron eficientes resultados en mortalidad como lo mencionan Rodríguez-Vivas *et al.* (2013) en Yucatán, en pruebas *in vitro* e *in vivo* sobre *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. No obstante, no sería recomendable, ya que aumentar la dosificación o mezclar productos, se consideran factores asociados a la probabilidad de generar niveles más altos de resistencia homocigótica, así como de contaminar el manto freático a través de los residuos del químico (Rodríguez-Vivas *et al.*, 2017; Cen-Pacheco *et al.* 2017).

CONCLUSIONES

Las diluciones al 5, 7 y 10% del extracto de semillas de *P. erosus* (L). Urb. demostraron ser las concentraciones que presentaron mayor actividad ixodocida en la mortalidad de las especies *R. microplus* y *A. mixtum*. Los porcentajes de mortalidad determinados en este estudio de entre el 80 al 96% sientan la base para realizar otros estudios bajo condiciones de campo, ya que podrían disminuir los costos de producción, así como la toxicidad tanto para los animales o trabajadores, y reducir la contaminación ambiental. Evaluar la efectividad del extracto de semillas de jícama en condiciones *in vivo* representaría un paso más para impulsar el uso de extractos vegetales, como un medio de control de ectoparásitos, convirtiéndolos en una alternativa económica y ambientalmente sustentable para las producciones ganaderas del estado de Yucatán.

LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.
- Alegría-López, M.A., R.I.Rodríguez-Vivas, J.F.J Torres-Acosta, M.M.Ojeda-Chi and J.A. Rosado-Aguilar 2015. Use of ivermectin as endoparasiticide in tropical cattle herds generates resistance in gastrointestinal nematodes and the tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of medical entomology*, 52(2), 214-221. <https://doi.org/10.1093/jme/tju025>.
- Anholetto, L.A., P.R. de Oliveira, R.A.F. Rodrigues, L.T. Yamane, K.N.D.C.Castro and M.I. Camargo-Mathias. 2018. Morphological alterations in the ovaries of *Amblyomma cajennense* semi-engorged ticks exposed to ethanolic extract of *Acmella oleracea*. *Microscopy research and technique*, 81(11), 1347-1357. <https://doi.org/10.1002/jemt.23145>.
- Anholetto, L.A., P.R. de Oliveira, R.A.F. Rodrigues, M.B.C. dos Santos Spindola Labruna, M.A. Pizano, K.N.D.C.Castro and M.I.Camargo-Mathias. 2017. Potential action of extract of *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen to control *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) (Acari: Ixodidae) ticks. *Ticks and tick-borne diseases*, 8(1), 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2016.09.018>.
- Arceo-Medina, G.N., J.A. Rosado-Aguilar, R.I. Rodríguez-Vivas and R. Borges-Argaez. 2016. Synergistic action of fatty acids, sulphides and stilbene against acaricide-resistant *Rhipicephalus microplus* ticks. *Veterinary Parasitology*, 228, 121-125. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2016.08.023>.
- Arieta-Román, R.D.J., R.I. Rodríguez-Vivas, J.A. Rosado-Aguilar, G.T. Ramírez-Cruz and G. Basto-Estrella. 2010. Persistent efficacy of two macrocyclic lactones against natural *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* infestations in cattle in the Mexican tropics. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(1), 59-67.
- Barrera-Necha, L.L., S. Bautista-Baños, L. Bravo-Luna, F. García-Suarez, D. Álvarez-Solano, and R. Reyes-Chilpa. 2004. Antifungal activity of seed powders, extracts, and secondary metabolites of *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban (Fabaceae) against three postharvest fungi. *Revista Mexicana de Fitopatología*, Vol. 22. No. 003: 356-361.
- Basto-Estrella, G.S., R.I. Rodriguez-Vivas, H. Delfin-Gonzalez y E. Reyes-Novelo. 2011. Escarabajos estercoleros (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 380-386. <https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2012.2.943>.
- Cabrera-Jiménez, D., R.I. Rodriguez-Vivas y J.A. Rosado-Aguilar. 2008. Evaluación de la resistencia a la cipermetrina en cepas de campo de *Boophilus microplus* obtenidas de ranchos bovinos del estado de

- Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 46(4), 439-448. <https://doi.org/230422C47173-10>.
- Catteau, L., E. Lautié, O. Koné, M. Coppée, K. Hell, C.B. Pomalegni and J. Quetin-Leclercq. 2013. Degradation of rotenone in yam bean seeds (*Pachyrhizus* sp.) through food processing. *J Agric Food Chem* 61(46):11173–11179. <https://doi.org/10.1021/jf402584k>.
- Cen-Pacheco, F., A. Peniche-Cardena, M.G. Sánchez-Otero, K. Mondragón-Vásquez, J.G. Domínguez-Chávez y U. Antonio-Olivares. 2017. La garrapata común del ganado: antecedentes, problemática actual y alternativa de control. *UVserva* 3: 37-43. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i3.2531>.
- Dantas, A.C., A. Araujo, A.G. Pacheco, A. Branco, L.A. Sangioni, J.R. Almeida, and M.C. Horta. 2016. Acaricidal activity of *Amburana cearensis* on the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Ciência Rural*, 46(3), 536-541. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150334>.
- Estrella-Parra, E.A., J.C. Gómez-Verjan, C.L. Céspedes, J. Alarcón, Z. Cano-Santana, A. Reyes-García, M.A. Cerbón-Cervantes and R. Reyes-Chilpa. 2016. Volatile organic compounds from *Pachyrhizus ferrugineus* and *Pachyrhizus erosus* (Fabaceae) leaves. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(3), 175-181.
- Fajardo-Vélez, A.E., J.T. Morán-Bajaña, P.H. Centanaro-Quiroz, M.I. Cartagena-Faytong, C.E. Cruz-Romero y P.J. Andrade-Alvarado. 2019. Efecto biocida del fruto del barbasco (*Lonchocarpus nicou*) en el control del caracol (*Pomacea canaliculata*) en el arroz en Naranjal-Ecuador. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(20): 1-4. <https://doi.org/10.29018/ISSN.2588-1000VOL3ISS20.2019PP1-4>.
- Fernández-Andrés, M.D., J.A. Rangel-Lucio, J.M. Juárez-Goiz, R. Bujanoz-Muñíz, S. Montes-Hernández y M. Mendoza-Elos. 2009. Oleorresina de jícama para controlar *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae) en semilla de frijol. *Agronomía Mesoamericana*, 20(1), 59-69. <https://doi.org/10.15517/AM.V20I1.4981>.
- Fernandez-Salas, A., M.A. Alonso-Díaz, R. Acosta-Rodríguez, J. F.J. Torres-Acosta, C.A. Sandoval-Castro and R.I. Rodríguez-Vivas. 2011. *In vitro* acaricidal effect of tannin-rich plants against the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology*, 175(1-2), 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.09.016>.
- Fernández-Salas, A., R.I. Rodríguez-Vivas and M.A. Alonso-Díaz. 2012. First report of a *Rhipicephalus microplus* tick population multi-resistant to acaricides and ivermectin in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, 183(3-4), 338-342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.07.028>.
- Garcia, M.V., J. Matias, J.C. Barros, D.P.D. Lima, R.D.S. Lopes, and R. Andreotti. 2012. Chemical identification of *Tagetes minuta* Linnaeus (Asteraceae) essential oil and its acaricidal effect on ticks. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 21(4), 405-411. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612012000400011>.
- Gomes, G.A., C.M.O. Monteiro, L. de Santana-Julião, R. Maturano, T.O.S. Senra, V. Zeringóta, F. Calmon, R.S. Matos, E. Daemon and M.G. de Carvalho. 2014. Acaricidal activity of essential oil from *Lippia sidoides* on unengorged larvae and nymphs of *Rhipicephalus sanguineus* (Acari: Ixodidae) and *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae). *Experimental Parasitology*, 137, 41-45. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2013.12.003>.
- Gómez, W., S. Rivera y W. Paredes. 2015. Efectividad del uso del barbasco *Lonchocarpus utilis* versus deltametrina, en el control vectorial del *Aedes aegypti*, en el Alto Huallaga 2008-2009. *Ágora Revista Científica*, 1(2), 17-24. <https://doi.org/10.21679/arc.v1i2.16>.
- González-López, G., M.M. Ojeda-Chi, F. Casanova-Lugo, I. Oros-Ortega, L.I. Hernández-Chávez, Á.T. Piñero-Vázquez y R.I. Rodríguez-Vivas. 2019. Actividad acaricida de extractos etanólicos de tres genotipos de *Leucaena* spp., sobre *Rhipicephalus microplus* en condiciones *in vitro*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10: 692-704.
- Gregorc, A. and M.I. Smodis-Škerl. 2007. Toxicological and immunohistochemical testing of honeybees after oxalic acid and rotenone treatments. *Apidologie*, 38(3), 296-305. <https://doi.org/10.1051/apido:2007014>.
- Guglielmone, A.A., R.G. Robbins, D.A. Apanaskevich, T.N. Petney, A. Estrada-Pena, I.G. Horak, R. Shao,

- and S.C. Barker. 2010. The Argasidae, Ixodidae and Nuttalliellidae (Acari: Ixodida) of the world: a list of valid species names. *Zootaxa* 2528, 1-28. <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.2528.1.1>.
- Gupta, C.R. 2012. Rotenone. *Veterinary Toxicology*, Academic Press. 1,454 p.
- Guzman-Cornejo, C., R.G. Robbins, A.A. Guglielmone, G. Montiel-Parra and T.M.Pérez. 2011. The *Amblyomma* (Acari: Ixodida: Ixodidae) of Mexico: identification keys, distribution and hosts. *Zootaxa*, 2998(1), 16-38. <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.2998.1.2>.
- Heinz, S., A. Freyberger, B. Lawrenz, L. Schladt, G. Schmuck, and H. Ellinger-Ziegelbauer. 2017. Mechanistic investigations of the mitochondrial complex I inhibitor rotenone in the context of pharmacological and safety evaluation. *Scientific Reports* 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/srep45465>.
- Instituto de Estadística, Geografía, e Información (INEGI) 2017. Anuario estadístico del estado de Yucatán, México. (Consultado: 12-14-21). Disponible: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095116.pdf.
- Iriarte-Del hoyo, P., L. Loya-Olguien, A. Gómez-Danés, Y. Valdez-García, B. Velázquez-Fernández and S. Martínez-González. 2018. Chemical composition of *Melinis minutiflora* extract and its repellent and ixodicide effect on *Amblyomma cajennense* larvae. *Revista Científica, FVC-LUZ / Vol. XXVIII, N° 2*, 112 –120. <https://doi.org/10.1038/srep45465>.
- Lautié, E., E. Rozet, P. Hubert and J. Quetin-Leclercq. 2012. Quantification of rotenone in seeds of different species of yam bean (*Pachyrhizus* sp.) by a SPE HPLC–UV method. *Food Chem* 131(4):1531–1538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.125>.
- Mariños, C., J. Castro, y D. Nongrados. 2004. Efecto biocida del «barbasco» *Lonchocarpus utilis* (Smith, 1930) como regulador de larvas de mosquitos. *Revista peruana de Biología*, 11(1), 87-94. <https://doi.org/10.15381/rpb.v11i1.2437>.
- Mejía-Aguirre, Y. y D. Paredes-López. 2014. Control *in vitro* e *in vivo* de garrapatas (*Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*) utilizando la raíz pulverizada del barbasco (*Lonchocarpus nicou* (Aublet) DC.). *Folia Amazónica*, 23(1), 1-6. <https://doi.org/10.24841/fa.v23i1.2>.
- Muyobela, J., P.O.Y. Nkunika and E.T. Mwase. 2016. *In vitro* acaricidal activity of *Bobgunnia madagascariensis* Desv. against *Amblyomma variegatum* (Fabricius)(Acari: Ixodidae). *Tropical Animal Health and Production*, 48(3), 625-631. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1009-6>.
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1993. Norma Mexicana N 006–Zoo, requisitos de efectividad biológica para los ixodicidas de uso en bovinos y métodos de prueba; México; Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (Consultado:12-02-2021). Disponible en: https://www.gob.mx/cm/uploads/attachment/data/file/202275/NOM-006-ZOO-1993_210994_Oring.pdf.
- Pangnakorn, U. and S. Kanlaya. 2014. Efficiency of wood vinegar mixed with some plants extract against the Housefly (*Musca domestica* L.). *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 8(9), 1064–1068. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1097405>.
- Perez-Cogollo, L.C., R.I. Rodríguez-Vivas, G.T Ramirez-Cruz, and R.J. Miller. 2010. First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico. *Veterinary Parasitology*, 168(1-2), 165-169. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.10.021>.
- Rangel-Lucio, J.A, J.M Juárez-Goiz, E. García-Moya, M.D. Fernández-Andrés, C. Rodríguez-Hernández y E. Alvarado-Bárceñas. 2011. Oleoresina de jícama y calidad de semilla de frijol infestada con *Acanthoscelides obtectus* Say. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 109-116. <https://doi.org/10.15517/am.v22i1.8673>.
- Rodríguez, Á., C. Rodríguez y A. Cruz. 2010. Efecto ixodicida de los extractos etanólicos de algunas plantas sobre garrapatas *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus*. *Revista MVZ Córdoba*, 15(3) 2175-2184. <https://doi.org/10.21897/rmvz.304>.
- Rodríguez-Vivas, R.I., A. Y. Li, M.M. Ojeda-Chi, I. Trinidad-Martinez, J.A. Rosado-Aguilar, R.J Miller and A.P. de León. 2013. *In vitro* and *in vivo* evaluation of cypermethrin, amitraz, and piperonyl butoxide mixtures for the control of resistant *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* (Acari: Ixodidae) in the

- Mexican tropics. *Veterinary parasitology*, 197(1-2), 288-296. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.07.018>.
- Rodríguez-Vivas, R.I., D.A. Apanaskevich, M.M. Ojeda-Ch, I. Trinidad-Martínez, E. Reyes-Novelo, M.D. Esteve-Gassent and A.P. de León. 2016. Ticks collected from humans, domestic animals, and wildlife in Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology*, 215, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.11.010>.
- Rodríguez-Vivas, R.I., J.A. Rosado-Aguilar, M.M. Ojeda-Chi, L.C. Pérez-Cogollo, I. Trinidad-Martínez y M.E. Bolio-González. 2014. Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3), 295-308. <https://doi.org/10.19136/era.a1n3.660.g>.
- Rodríguez-Vivas, R.I., L. Grisi, A.A. Pérez-de León, H. Silva-Villela, J.F.J. Torres-Acosta, H. Frugoso-Sánchez, D. Romero-Salas, R. Rosario-Cruz, F. Saldierna and D. Garcia-Carrasco. 2017. Potential economic impact assessment for cattle parasites in Mexico. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8(1): 61-74. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4305>.
- Rodríguez-Vivas, R.I., M.M. Ojeda-Chi, M.E. Bolio-González y J.A. Rosado-Aguilar. 2019. Las garrapatas como vectores de enfermedades zoonóticas en México. *Bioagrociencias*, 12(1).16-26. <https://doi.org/04-2017-062617313100-203>.
- Rosado-Aguilar, J.A., A.J. Aguilar-Caballero, R.I. Rodríguez-Vivas, Z. García-Vázquez, M. Méndez-González, M. Cáceres-Farfán y A. Dorantes-Euán. 2008. Actividad ixodocida de extractos crudos de *Diospyros anisandra* contra larvas de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: ixodidae) *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 8, No. 3, 297-301.
- Rosado-Aguilar, J.A., A. Aguilar-Caballero, R.I. Rodríguez-Vivaz, R. Borges-Argaéz, Z. García-Vázquez and M.M. Méndez-González. 2010. Acaricidal activity of extracts from *Petiveria alliacea* (Phytolaccaceae) against the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: ixodidae). *Vet. Parasitol.* 168: 299–303. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.11.022>.
- Rosado-Aguilar, J.A., R.I. Rodríguez-Vivas, R. Borges-Argaéz and K.A. Arjona-Cambranes. 2017. Acaricidal activity of *Havardia albicans* and *Caesalpinia gaumeri* methanolic leaf extracts on *Rhipicephalus microplus* and its toxicity to laboratory animals. *Experimental and Applied Acarology*, 71(4), 345-354. <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0130-1>.
- Rosado-Aguilar, J.A., R.I. Rodríguez-Vivas, Z. Garcia-Vazquez, H. Fragoso-Sanchez, A. Ortiz-Najera and R. Rosario-Cruz. 2008. Development of amitraz resistance in field populations of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) undergoing typical amitraz exposure in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, 152(3-4), 349-353. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.12.026>.
- Soto, A. 2013. Manejo alternativo de ácaros plagas. *Revista de Ciencias Agrícolas* 30 (2): 34-44.
- Walker, J.B., J.E. Keirans and I.G. Horak. 2005. The genus *Rhipicephalus* (Acari: Ixodidae): A guide to the brown ticks of the World. Second Edition. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 628 p.
- WingChing-Jones, R. 2015. Extracción manual de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en ganado bovino como estrategia de control. *Nutrición Animal Tropical* 9: 88-101. <https://doi.org/10.15517/nat.v9i1.19393>.
- Yongkhamcha, B. and K. Indrapichate. 2012 Insecticidal efficacy of mintweed, yam bean and celery seed extracts on *Aedes aegypti* L. *Int J Agric Sci* 4(3):207–212.